

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА  
СПОРТУ УКРАЇНИ**

**Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя**

**Збірник  
тез доповідей**

**XVI**

**НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя**

**Том I**

**ПРИРОДНИЧІ НАУКИ ТА  
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**



5-6 грудня 2012 року

**ТЕРНОПІЛЬ, УКРАЇНА**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА  
СПОРТУ УКРАЇНИ**

**Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя**

**Збірник  
тез доповідей**

**XVI**

**НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя**

**Том I**

**ПРИРОДНИЧІ НАУКИ ТА  
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**



5-6 грудня 2012 року

**ТЕРНОПІЛЬ, УКРАЇНА**

## ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова: П. Ясній – д.т.н., проф., ректор.

Заступник голови: Р. Рогатинський – д.т.н., проф.

Вчений секретар: В.Дзюра – к.т.н., доц.

Члени: д.ф.-м.н., проф. О.Шаблій, д.т.н., проф. В.Андрійчук, д.е.н., проф. Андрушків, д.п.н., проф. Н.Буняк, д.т.н., проф. Т.Вітенько, д.т.н., проф. Б.Гевко, д.ф.-м.н., проф. Л.Дідух., д.ф.н., проф. А. Довгань, д.т.н., проф. П.Євтух, к.т.н., доц. О.Закалов, к.т.н., доц. К.Зеленський, к.т.н., доц. В.Калушка, д.е.н., проф. Н.Кирич, д.ф.-м.н., проф. В.Кривень, к.п.н., доц. В.Кухарська, к.т.н., доц. А.Лупенко, д.т.н., проф. С. Лупенко, д.т.н., проф. І.Луців, к.ф.н., проф. В. Лобас, к.т.н., доц. О.Мацюк, д.т.н., доц. П.Марущак, к.ф.н., проф. В. Ніконенко, к.т.н., доц. М.Паламар, к.т.н., доц. М.Петрик, д.біол.н., проф. О.Покотило, д.т.н., проф. М.Підгурський, к.т.н., доц. А.Пік, д.т.н., проф. М.Пилицець, д.т.н., проф. М. Приймак, к.т.н., проф. Я.Проць, д.т.н., проф. Т.Рибак, д.н.д.у., проф. М. Рудакевич, к.т.н., доц. Л.Скоренький, д.т.н., проф. П.Стухляк, д.іст.н., проф. Я. Стоцький, к.т.н., доц. М. Тарасенко, к.е.н. проф. Р.Федорович, к.ф.-м.н., доц. Б.Шелестовський, д.б.н., проф. В. Юкало, к.т.н., доц. Яськів В.І., д.т.н., проф. Б.Яворський, нач. Відділу ВІД О.Дубик.

**Адреса оргкомітету:** ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001,

тел. (0352) 255798, факс (0352) 254983

E-mail: [volodymyrdzyura@gmail.com](mailto:volodymyrdzyura@gmail.com)

Відповідальний за випуск: к.т.н., доц. Дзюра В.О.

Верстка: к.т.н., доц. Дзюра В.О.

## НАПРЯМКИ РОБОТИ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Математичне моделювання і механіка.
- Машинобудування.
- Інформаційні технології.
- Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва.
- Матеріалознавство, міцність матеріалів і конструкцій.
- Електротехніка та світлотехніка.
- Імовірнісні моделі біофізичних сигналів і полів та обчислювальні методи і засоби їх ідентифікацій.
- Математика.
- Фізика.
- Хімія. Хімічна, біологічна та харчова технології.
- Обладнання харчових виробництв.
- Менеджмент у виробництві та соціальній сфері.
- Економіка та підприємництво.
- Гуманітарні науки.

Секція: МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І МЕХАНІКА

Керівники: проф. О. Шаблій, проф. В. Кривень, доц. М. Михайлишин

Секретар: ст. викл. Д. Михалик

УДК 539.375

Н. Блащак, А. Бойко, Г. Козбур, В. Кривень

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

**АНАЛІТИЧНИЙ РОЗВ'ЯЗОК ПРУЖНОЇ АНТИПЛОСКОЇ ЗАДАЧІ  
ДЛЯ СМУГИ З КУТОВИМИ ТОЧКАМИ**

Для дослідження напружено-деформівного стану (НДС) тіл з концентраторами напружень розроблено чимало чисельно-аналітичних методів. Проте залишаються актуальними аналітичні розв'язки задач для тіл складної форми, особливо за наявності кутових точок на їх межі, яка в граничних випадках стає гладкою.

Дослідимо антиплоский пружний (НДС) в смугі  $|x| \leq a + |y| \operatorname{ctg} \alpha$  ( $-\infty < y < +\infty$ ),  $-\infty < z < +\infty$  під впливом пари зосереджених сил  $\pm Q$ , прикладених паралельно осі апікат у точках  $x = 0, y = \pm b$ . На межі смуги знаходяться дві її вершини  $x = \pm a, y = 0$  з кутами при вершинах величиною  $2\alpha$  ( $\alpha \in (0; \pi/2)$ ). Точки прикладання сил знаходяться настільки далеко від центра смуги ( $b \gg a$ ), що впливом величини  $b$  на розподіл напружень при вершинах смуги можна знехтувати. Якщо  $\alpha \rightarrow 0$  смуга вироджується у площину з двома розрізами  $|x| \geq a, y = 0$ , а коли  $\alpha \rightarrow \pi/2$  переходить у смугу з гладкими паралельними краями  $x = \pm a, |y| < \infty$ .

За вказаних умов складена із компонент напружень функція  $\tau(\zeta) = \tau_{yz}(x, y) + i\tau_{xz}(x, y)$  є аналітичною в області  $D = (x, y) | x > 0, y > 0, y > a + x \operatorname{tg} \alpha$  і задовольняє на  $\partial D$  таким умовам:  $\operatorname{Im} \tau(\zeta) = 0$  ( $\zeta = iy, 0 < y < +\infty$ );  $\operatorname{Im} \tau(\zeta) = 0$  ( $\zeta = x, 0 \leq x < a$ );  $\arg \tau(\zeta) = \frac{\pi}{2} - \alpha$  ( $\zeta = x + iy, y = x \operatorname{tg} \alpha, a \leq x < +\infty$ );  $\tau(\zeta) = o(1)$  ( $\zeta \rightarrow \infty$ );

$$\int_{-a}^a \tau_{yz}(x, 0) dx = Q.$$

Аналітичний розв'язок поставленої задачі, знайдений з допомогою конформних відображень, виглядає так:

$$\tau(t) = \frac{\tau_0}{(1-t)^{1/p}}, \quad \zeta = \frac{a}{C} \int_0^t \frac{d\eta}{\sqrt{\eta(\eta-1)^{\alpha/\pi}}},$$

$$\text{де } C = \int_0^1 \eta^{-1/2} (1-\eta)^{-\alpha/\pi} d\eta, \quad p = \frac{2\pi}{\pi-2\alpha} \cdot \tau_0 = \frac{a}{QC} \int_0^1 \frac{d\eta}{\eta^{1/2} (1-\eta)^{(\pi+\alpha)/(2\pi)}}.$$

Поле напружень в околі вершин вирізів сингулярне з показником  $\frac{\pi-2\alpha}{2(\pi-\alpha)}$ :

$$\tau(\zeta) = \tau_0 \left( C \frac{\pi-\alpha}{\pi} \right)^{-\frac{\pi-2\alpha}{2(\pi-\alpha)}} + o \left( (\zeta \pm a)^{-\frac{\pi-2\alpha}{2(\pi-\alpha)}} \right) \text{ при } \zeta \rightarrow \pm a.$$

УДК 539.3

**Н. Гащин**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ТЕХНОЛОГІЯ ЗДІЙСНЕННЯ ПРЕСОВОЇ ПОСАДКИ З НАГРІВОМ ОХОПЛЮЮЧОЇ ДЕТАЛІ.**

На сучасному етапі пресова посадка з нагріванням охоплюючої деталі здійснюється різними методами :

- з нагріванням у звичайній печі з газовим нагрівом;
- з нагріванням у електричній пічці;
- з нагріванням у рідкому середовищі (у масляній ванні або у розплаві солі);
- з індукційним нагрівом струмами високої частоти поверхні печі;
- з індукційним нагрівом струмами високої частоти охоплюючої деталі.

Перевагою нагріву у звичайній газовій печі є дешевизна обладнання (печі) та теплоутворюючого агенту (газу). Проте, цьому методу притаманні суттєві недоліки – нерівномірність нагріву по об'єму деталі, неможливість чіткого контролю за температурою нагрітої деталі, окислення матеріалу і можливість зміни хімічного складу (науглецювання) за рахунок процесу горіння .

Нагрівання у електричній пічці дає можливість уникнути попередніх недоліків, властивих процесу горіння, покращити контроль за температурою середовища і забезпечити змінний у часі процес нагріву. Недоліком цього методу нагрівання є висока вартість електричної енергії у порівнянні з газовим паливом.

Індукційний нагрів поверхні печі можливий для печі, виготовленої із феромагнітного матеріалу (сталі) і його доцільно застосовувати лише у економічно обґрунтованих випадках, так як у нього практично відсутні переваги перед попереднім методом.

Використання рідкого середовища у якості теплового агенту забезпечує достатньо рівномірний нагрів деталі за товщиною та високоточний контроль за температурою нагрівання. Можливо нагрівання здійснювати як газовим пальником, так і електричним нагрівником. Як недолік треба відмітити можливість зміни хімічного складу деталі під час знаходження її у розплавленому середовищі масла, солі чи іншої речовини.

Індукційний нагрів струмами високої частоти деталі забезпечує максимальну ефективність нагріву за рахунок керування процесом нагрівання в часі та використання індукторів складної форми, які дають можливість нагріти лише ті частини деталі, які необхідні для здійснення посадки [1].

Незалежно від методу, нагрівання здійснюється до температури, більшої розрахункової на 15 – 30 %, що компенсує часткове охолодження деталі, а також забезпечує необхідний проміжок між поверхнями при виконанні з'єднання.

Як правило, температура нагрівання не перевищує 350 - 400 град. Цельсія. При вищих температурах починаються структурні і фазові перетворення у матеріалі деталі, що негативно впливає на її працездатність.

### ***Перелік посилань***

1. Шаблій О.М., Гащин Н.Б. Посадка кільцевого диска на круглий вал з використанням теплових джерел сталюї питомої потужності.- Львів: Машинознавство.- 2001.- №8. –С6-9.

УДК 539.3

**С. Гладь, С. Федак**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СТАРТУ ТРІЩИНИ БІЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОТВОРІВ СИЛОВИХ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

Функціональні отвори силових конструктивних елементів широко використовуються в різних галузях машинобудування та транспортних конструкціях. До них належать літаки цивільної авіації призначені для виконання різноманітних завдань в процесі експлуатації. Експлуатаційні навантаження призводять до процесів втоми, пошкодження структури матеріалу та накопичення дефектів як на мікро-, так і на макро рівнях. Особливо важливими є отвори довговічність яких визначається зовнішніми навантаженнями, залишковими напруженнями і мікроструктурою матеріалу. Від моменту зародження короткої тріщини до моменту виходу її на поверхню процеси руйнування відбуваються на мікрорівні. Для прогнозування залишкового ресурсу з'єднання та конструкції в цілому важливим завданням є визначення початкового втомного пошкодження в формі короткої тріщини, яка ініціюється від кругового отвору, як концентратора напружень, в основному матеріалі листа силового конструктивного елемента, та первинного поширення тріщини.

В багатьох дослідженнях старт тріщини за сталої асиметрії оцінюється кількістю циклів до виходу тріщини на поверхню. За критерій первинного приросту тріщини приймається параметр зони передруйнування  $d^*$  [1]. Тож задача буде зводитись до визначення періоду зародження втомної тріщини біля кругового концентратора за допомогою відомої діаграми росту макротріщини  $da/dN - \Delta\epsilon$  або  $da/dN - \Delta K_{eff}$ .

Для зразка з концентратором у вигляді отвору, спочатку визначається розмах номінальних напружень в його перерізі  $\Delta\sigma_N$ , що залежить від заданого розмаху навантаження  $\Delta P$ , товщини  $t$  та ширини зразка  $W$ . За відомим теоретичним коефіцієнтом концентрації напружень  $K_t$  визначається розмах напружень біля поверхні концентратора  $\Delta\sigma_y(0) = K_t \Delta\sigma_N$ . Після цього, за відомим значенням  $d^*$  та розподілом напружень  $\Delta\sigma_y(x, 0)$ , визначається розмах локальних напружень  $\Delta\sigma_y$  для  $x = d^*$ . Далі розраховується розмах  $\Delta K_{eff} = 0,886 \Delta\sigma_y \sqrt{d^*}$ . За діаграмою  $da/dN - \Delta K_{eff}$  визначається відповідна швидкість  $da/dN$  для знайденого  $\Delta K_{eff}$ . Тоді, використовуючи співвідношення  $N^* = d^* / (da/dN)$ , розраховується кількість циклів до зародження початкової втомної макротріщини  $N^*$ .

Для визначення параметру  $d^*$  доцільно використати відому залежність  $d^* = 1,25 \beta^2 (K_{th\ eff} / \Delta\sigma_R)^2$ , де  $\beta = 1$  для алюмінієвих сплавів та  $0,7$  для сталей;  $\Delta K_{th\ eff}$  – ефективний поріг втоми зразка з макротріщиною,  $\Delta\sigma_R$  – границя витривалості гладкого зразка [1]. У випадку попередньої пластичної деформації матеріалу біля функціонального отвору, наприклад, після дорнування, зміниться зона передруйнування, що призведе до зміни кількості циклів до зародження первинної втомної мікротріщини.

### **Перелік посилань**

1. Механіка руйнування і міцність матеріалів Т. 9: Довідн. посібник. / Під заг. ред. В.В. Панасюка. – Львів: Вид-во “Сполом”, 2007. – 2007. – 1068 с.

УДК 620.171.3

Г. Козбур, О. Шкодзінський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## УМОВИ МІЦНОСТІ ОСЕСИМЕТРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ, НАВАНТАЖЕНОЇ РОЗТЯГУЮЧИМ ЗУСИЛЛЯМ $n$ ТА ВНУТРІШНІМ ТИСКОМ $q$

Беручи за основу критерій максимального навантаження Дорна, авторами отримано дві умови міцності осесиметричної оболонки товщиною  $h$  із врахуванням ізотропності і нестисливості матеріалу та великих залишкових деформацій:

$$\sigma_t = C_1 \cdot \frac{\varepsilon_t + 1^{\nu} \left( \varepsilon_t + \frac{1 - \frac{\nu}{2} - \frac{\mu}{2}}{1 - \frac{\nu}{2} + \frac{\mu}{2}} \right)^{\left( \frac{1 - \nu}{2} \right)^{1 - \nu}}}{\varepsilon_t - \frac{1}{n + 1}}, \quad (1a)$$

$$\sigma_m = C_2 \cdot \frac{\varepsilon_m + \frac{1 - \frac{\nu}{2}}{2n}}{\left( \varepsilon_m + \frac{1 - \frac{\nu}{2} - \frac{1}{2k}}{1 - \frac{\nu}{2} - \frac{1}{2k}} \right) \left( 1 + \frac{1}{n} \varepsilon_m \right) \left( 1 - \frac{n + 1}{n} \varepsilon_m \right)}, \quad (1б)$$

де  $k = \frac{\sigma_z}{\sigma_{\theta}}$  – відношення головних напружень,  $n = \frac{2k - 1}{2 - k}$ ,  $\nu = \frac{\rho_t}{\rho_m}$ ,  $\mu = \frac{h}{\rho_t}$ , причому  $\rho_m$  і  $\rho_t$  – меридіональний та широтний радіуси кривизни оболонки;  $C_1$ ,  $C_2$  – сталі матеріалу.

Для тонкостінних циліндричних трубчастих зразків (при  $\rho_m \rightarrow \infty$ ) умови граничної рівноваги мають вигляд:

$$\sigma_t = C_1 \cdot \frac{1 - \frac{\mu}{2} + \left( 1 + \frac{\mu}{2} n + 1 \right) \varepsilon_t}{1 - n + 1 \varepsilon_t}, \quad (2a)$$

$$\sigma_m = \frac{C_2}{\left( 1 + \frac{1}{n} \varepsilon_m \right)^{\frac{2k - 1}{2k - 1 + \frac{\mu}{2}}} \cdot \left( 1 - \frac{n + 1}{n} \varepsilon_m \right)^{\frac{2k - 1 + \mu}{2k - 1 + \frac{\mu}{2}}}}, \quad (2б)$$

Формули (1a), (2a) є умовами втрати стійкості пластичного деформування оболонки внаслідок досягнення максимуму внутрішнім тиском, а (1б), (2б) – розтягуючим зусиллям. В обидвох випадках факторами впливу на втрату стійкості процесу пластичного деформування є вид напруженого стану (коефіцієнти  $k$  та  $n$ ) та форма зразка (коефіцієнти  $\mu$  та  $\nu$ ).

Умови (1a), (1б), (2a) та (2б), отримані аналітично, добре узгоджуються з результатами експериментів.



УДК 539.372

**М. Михайлишин, Б. Головатий**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СИЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА КІЛЬЦЕВУ ПЛАСТИНУ, ЗДАТНОГО СТВОРИТИ ПОЛЕ ПЛАСТИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ, БЛИЗЬКЕ ДО ЗАДАНОГО

Побудуємо математичну модель термопружнопластичного деформування кільцевої пластинки під дією температурного навантаження і радіального силового навантаження на контурах  $r=r_0$  і  $r=R$  з використанням методу додаткових деформацій. Ми вважаємо, що умови навантаження і нагріву такі, що має місце осьова симетрія і постійність напружень і деформацій за товщиною пластини.

Ставиться задача досягти поле пластичних деформацій на кінець активного пластичного деформування, яке буде якнайменше відхилитися від заданого.

Повна система рівнянь задачі

$$\frac{d\sigma_1}{dr} = \frac{\nu-1}{r}\sigma_1 + \frac{E}{r}\left(\frac{u}{r} - \varepsilon_\theta^p - \alpha_T T^*\right), \quad \frac{du}{dr} = \frac{1-\nu^2}{E}\sigma_1 - \nu\frac{u}{r} + \nu\varepsilon_\theta^p + \varepsilon_r^p + \nu\alpha_T T^*,$$

$$\sigma_2 = \nu\sigma_1 + E\left(\frac{u}{r} - \varepsilon_\theta^p - \alpha_T T^*\right),$$

$$\varepsilon_r^p = \psi - 1 - \frac{1+\nu}{3E}(\sigma_1 - \sigma_2), \quad \varepsilon_\theta^p = \psi - 1 - \frac{1+\nu}{3E}(\sigma_2 - \sigma_1), \quad \psi = 3G \frac{\varepsilon_i}{\sigma_i}$$

Приймаємо функціонал задачі у вигляді

$$I = \int_{r_0}^R \left\{ a - \beta \left[ \sigma_r^p - \varepsilon_r^{p0} \right] + b \left[ \sigma_\theta^p - \varepsilon_\theta^{p0} \right] + \beta p_0^2 \frac{\delta(r-r_0)}{r} + \gamma \left[ \sigma_r - p_0 \frac{\delta(r-r_0)}{r} \right] \right\} r dr$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $\beta$  – вагові коефіцієнти, а  $\gamma$  – множники Лагранжа.

Побудувавши розширений функціонал, з умови його мінімуму знаходимо систему рівнянь прямої задачі і такі рівняння для спряженої задачі

$$\frac{d}{dr} \lambda_1 = (1-\nu) \left( \lambda_1 - \lambda_2 r \frac{1+\nu}{E} \right) + \gamma \delta(r-r_0) +$$

$$+ \left( \psi - 1 - \frac{1+\nu}{3E} [2a - \beta \left[ \sigma_r^p - \varepsilon_r^{p0} \right] + \nu + b \left[ \sigma_\theta^p - \varepsilon_\theta^{p0} \right] \nu - 1 \right)$$

$$\frac{d}{dr} \lambda_2 = \lambda_2 \psi_{pr} + \left( \nu \lambda_2 - \lambda_1 \frac{E}{r} \right) \left[ 1 - 2\psi_{pr} - 2 \left[ a - \beta \left[ \sigma_r^p - \varepsilon_r^{p0} \right] - 2b \left[ \sigma_\theta^p - \varepsilon_\theta^{p0} \right] \right] \right)$$

де позначено

$$\psi_{pr} = \frac{\psi - 1}{3 + 2(\psi - 1)} \frac{1 + \nu}{1 + \nu}.$$

Рівняння зв'язку між прямою і спряженою задачами наступне

$$2\beta p_0 - \gamma \delta(r-r_0) = 0,$$

з якого випливає, що  $\gamma = 2\beta p_0$ .

Для спряженої задачі повинні виконуватися такі граничні умови

$$\lambda_1(r_0) = 0, \quad \lambda_2(r_0) = 0$$

Створене програмне забезпечення для розв'язку диференціальних рівнянь чисельними методами, отримані розв'язки задачі.

УДК 539.374, 539.214

М. Михайлишин, С. Дячук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАНОЇ ФОРМИ ПОВЕРХНІ ТОНКОЇ ОБОЛОНКИ ОБЕРТАННЯ ШЛЯХОМ ПРУЖНОПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ НА КІНЕЦЬ ПРОЦЕСУ НАВАНТАЖЕННЯ

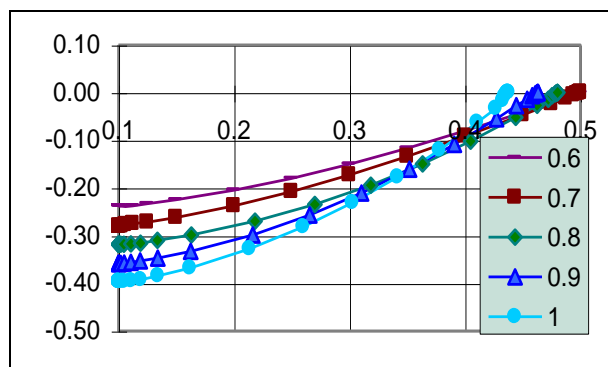
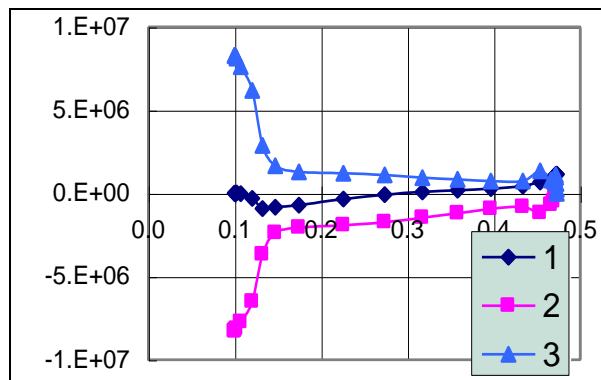
Розглядається задача знаходження закону розподілу зовнішнього навантаження, під дією якого плоска круга заготовка деформується в осесиметричну оболонку обертання з заданою формою меридіану  $Z=Z(r)$ . Вважається, що задана форма значно відрізняється від форми заготовки і для розв'язування задачі весь процес оптимізації розбивається на ряд окремих етапів, на кожному з яких знаходиться такий оптимальний закон розподілу зовнішнього навантаження, який приводить до зменшення різниці між формою zdeформованої за попередній етап заготовки і шуканою формою. У зв'язку з цим на  $m$ -му етапі сформулюємо наступний критерій якості

$$I = \int_0^{s_k} \alpha \left( \Delta_m q_r^2 + \Delta_m q_z^2 \right) + (1-\alpha) \mu \left( \Delta_{m-1} \right) + \Delta_m u_z - \beta_m Z \left( \Delta_{m-1} \right) r_{m-1}^2 dS = \min$$

де  $\mu$  – ваговий коефіцієнт,  $\beta_m$  – коефіцієнт, який вказує долю сумарного вертикального переміщення заготовки, яка досягається на даному етапі. Вибір числового значення  $\beta_m$  дозволяє регулювати процес оптимізації таким чином, щоб залишатися на кожному етапі в рамках точності прийнятої моделі, параметр  $\alpha$  введений з метою побудови в подальшому ітераційного процесу по цьому параметру для визначення оптимального навантаження на кожному етапі.

Для розв'язування задачі використовується варіаційний метод, згідно з яким всі необхідні рівняння і крайові умови задачі оптимізації знаходимо з умови стаціонарності розширеного функціоналу Лагранжа, де в якості обмежень виступають всі рівняння прямої задачі. Розглядається випадок, коли внутрішній контур заготовки радіусом  $r_0$  зацімлений у вільну круглу жорстку шайбу цього ж радіусу, а зовнішній – зацімлений з деяким зусиллям, яке допускає горизонтальне переміщення цього краю при перевищенні радіальним зусиллям, що виникає в цьому січенні, деякого заданого значення  $N_{r0}$ .

При уточненні фізичної нелінійності по методу змінних параметрів пружності необхідно розв'язувати лінійну крайову задачу для системи дванадцяти звичайних диференціальних рівнянь. Послідовність лінійних крайових задач розв'язується методом дискретної ортогоналізації С. Годунова. На рисунках наведені деякі результати чисельного моделювання.

Рис. 1 Залежність  $Z(r)$ Рис. 2 Залежність  $q_r, q_z, q_n(s)$ 

УДК: 519.2, 537, 539

<sup>1</sup> М. Наконечний, <sup>2</sup>Ю. Бачинський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

(Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка)

## КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ НАМАГНІЧЕНОСТІ НА ПОВЕРХНІ ТОНКОЇ ПЛІВКИ ЗАЛІЗА

Розроблена нами комп'ютерна модель дає можливість моделювати мікромагнітний розподіл на поверхні тонких плівок феромагнітних та антиферомагнітних зразків. В якості елементарного диполя використовувалась комірка заліза (Fe). Магнітні диполі розміщені рівномірно по всій поверхні плівки. Енергія одного диполя складається з суми обмінної енергії, енергії дипольної взаємодії, енергії анізотропії та енергії зовнішнього магнітного поля:

$$E = E_{об} + E_{дип} + E_{аніз} + E_3,$$

$$E_{об} = \frac{1}{2} J \sum_{j=1}^N M_i M_j, \quad E_{дип} = \frac{1}{2} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \frac{M_i M_j}{r_{ij}^3} - 3 \frac{M_i r_{ij} M_j r_{ij}}{r_{ij}^5}, \quad (1)$$

$$E_{аніз} = K_1 M \sin^2 \theta + K_2 M \sin^4 \theta, \quad E_3 = -MH,$$

де  $J$ - обмінний інтеграл,  $\overline{M}_i$ ,  $\overline{M}_j$  - магнітний момент  $i$ -го,  $j$ -го диполя,  $K_1, K_2$  - константи анізотропії, які залежить від роду матеріалу,  $\theta$  - кут між  $\overline{M}$  і віссю легкого намагнічування (ВЛН),  $\overline{H}$  - зовнішнє магнітне поле.

Рівноважна конфігурація розподілення магнітних моментів відповідає мінімуму вільної енергії системи.

$$\partial E / \partial (M_1 + M_2 + \dots M_n) = 0. \quad (2)$$

В процесі моделювання у випадковим чином вибраного диполя змінювали орієнтацію так, щоб повна енергія отриманої системи була меншою за попередню. При багатократному повторенні такої вибірки можна добитися конфігурації близькій умові

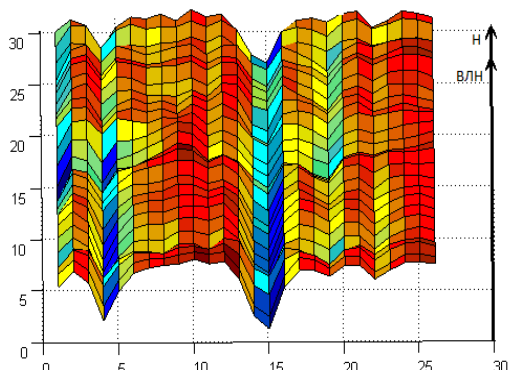


Рис 1 Рівноважна конфігурація магнітних моментів.  $H=300$  Ое.

(2). В якості диполя було вибрано елементарну комірку кристалічної решітки. Моделювання проводилося для плівки заліза розмірністю  $26 \times 26$  диполів, для якої значення обмінного інтегралу рівне  $J=1 \times 10^{-6}$  erg/cm<sup>3</sup>, константи анізотропії  $K_1=4,3 \times 10^5$  erg/cm<sup>3</sup>,  $K_2=2,05 \times 10^5$  erg/cm<sup>3</sup>,  $M_s=1120$  emu/cm<sup>3</sup>. Вважалось, що вісь легкого намагнічування лежить в площині плівки.

Під час моделювання розподілу без впливу зовнішнього магнітного поля поверхня плівки складалася з тонких продовгуватих доменів розміщених вздовж осі легкого

намагнічування. Зростання зовнішнього поля призводить до переорієнтації магнітних моментів вздовж напрямку поля  $H$ , що відповідає швидкому зростанні намагніченості. Подальше зростання  $M$  відбувається менш інтенсивно, що спричинене укрупненням доменів орієнтація яких була енергетично не вигідною.

УДК 519.6

М. Петрик, Д. Михалик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ПАРАМЕТРИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ДИФУЗІЇ ДЛЯ БЕНЗОЛ-ГЕКСАН СУМІШЕЙ

Представлено результати проведеної процедури параметричної ідентифікації розподілів коефіцієнтів дифузії бензол-гексан сумішей для різних положень частинок в пористому шарі вздовж товщини шару середовища.

Для проведення параметричної ідентифікації коефіцієнтів дифузії, часовий інтервал протікання процесу дифузії  $0, T$  розбито на  $S$  інтервалів, на основі чого отримано формулу для градієнту функціонала нев'язки для  $j$ -го часового інтервалу  $j = \overline{1, S}$  у вигляді

$$\nabla J_{D_{\text{inter}_m}}^n = \int_{\tau_{j-1}}^{\tau_j} \int_0^1 \frac{\partial^2 N_m(t, X)}{\partial X^2} \Psi_m(t, X) dXd t, t \in \tau_{j-1}, \tau_j \quad (1)$$

і формулу для визначення  $n+1$ -го наближення  $D_{\text{inter}_m}^{n+1}$  для  $j$ -го часового інтервалу  $j = \overline{1, S}$

$$D_{\text{inter}_m}^{n+1} = D_{\text{inter}_m}^n - \frac{\nabla J_{D_{\text{inter}_m}}^n \left\| 2N_m \left( D_{\text{inter}_m}^n; t, \frac{1}{2}, z \right) - g_m(t) \right\|^2}{\left\| \nabla J_{D_{\text{inter}_m}}^n \right\|^2}, t \in \tau_{j-1}, \tau_j. \quad (2)$$

На основі записаного регуляризаційного виразу та використовуючи криві апроксимації і розроблену раніше методику ідентифікації, отримано розподіли кінетичних параметрів у вигляді коефіцієнтів дифузії для міжчастинкового простору  $D_{\text{inter}}$  та внутрішньочастинкового простору  $D_{\text{intra}}$ .

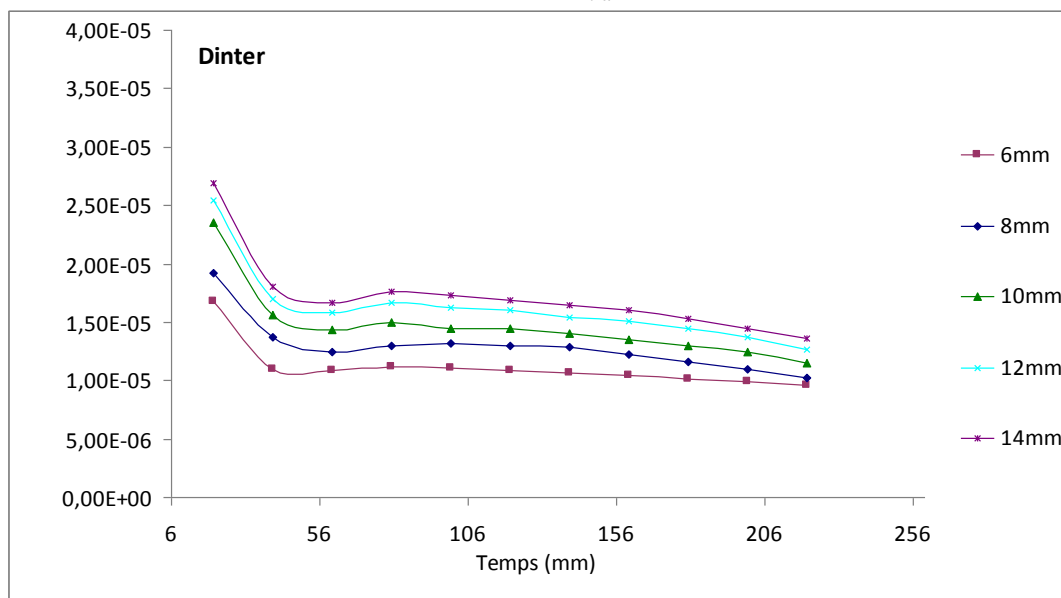


Рис. 1. Відновлені функціональні залежності коефіцієнтів дифузії  $D_{\text{inter}}$  для гексану

УДК 519.6

**М. Петрик, Д. Михалик**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ КІНЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ БАГАТОШАРОВИХ МУЛЬТИКОМПОЗИТІВ

Для багатошарового середовища, що складається з  $n$  подвійних шарів двох середовищ з різними властивостями Fe/Dy, в якому процес дифузії атомів компоненти 1 (Fe) і компоненти 2 (Dy) між суміжними шарами, спричинений наявністю градієнтів концентрацій, змінних в часі на інтерфейсних межах приводять до хімічного змішування границь розділу, виконано ідентифікацію кінетичних коефіцієнтів для речовин Fe і Dy.

Вважаючи, що коефіцієнти дифузії  $D_{sp}$  є невідомими, але відомі значення концентрацій речовин в середовища (отримані експериментально):

$$U_{s_k} \left. t, z \right|_{\gamma_k} = f_{s_k} \left. t, z \right|_{\gamma_k}, \quad (1)$$

з використанням методу мінімальних похибок, для визначення функціональної залежності ідентифікації компоненти коефіцієнта дифузії від часу для кожного  $m$ -го шару отримуємо регуляризаційний вираз для наступного  $n+1$ -го кроку ідентифікації:

$$D_{sp_m}^{n+1} \left. t \right| = D_{sp_m}^n \left. t \right| - \frac{\nabla J_{D_{sp_m}^n} \left. t \right| \left[ U_{s_m} \left. t, l_m, D_{sp_m} - f_{s_m} \right]^2}{\left\| \nabla J_{D_{sp_m}^n} \left. t \right| \right\|_{z=l_m}^2}, \quad t \in [0, T], s, p = \overline{1, 2}. \quad (2)$$

де  $U_{s_k} \left. t, z \right|$  - концентрація компоненти в середовища ( $s=1, 2$ ),  $\nabla J_{D_{sp_m}^n}$  - градієнт функціоналу нев'язки.

Проведено ідентифікацію розподілів коефіцієнтів дифузії для двох компонент (Fe і Dy) для різних часових дифузійних зрізів тривалістю 48, 36, 24, 16 і 12 год. Загальна товщина досліджуваного мультикомполімеру складала 20 нм. Розглядалось чотири шари по 5 нм кожен. В якості експериментальних значень використовувались результати, отримані в Лабораторії Фізики матеріалів Руанського університету (Франція).

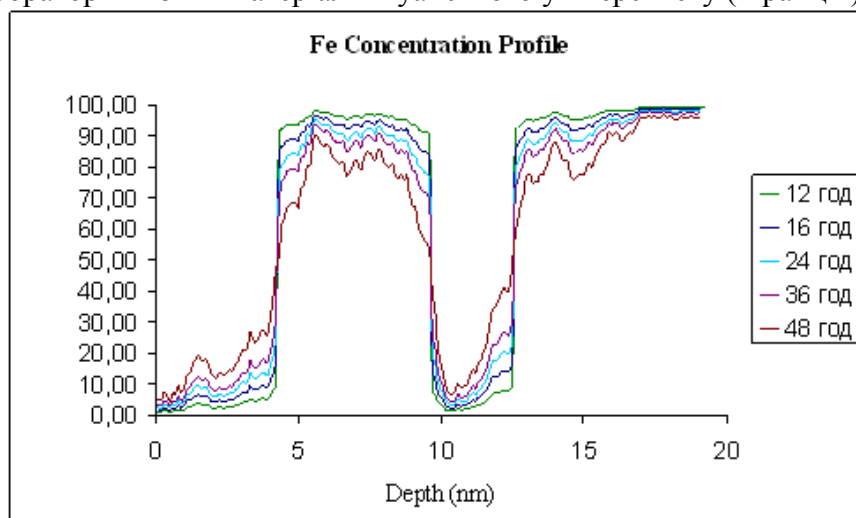


Рис. 1. Еволюція концентраційного профілю для Fe

УДК 621.791.927.7

**Ч. Пулька, В. Гаврилюк, В. Сенчишин, В. Груша**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ЗОНІ НАПЛАВЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНОГО ЕКРАНУВАННЯ ТЕПЛОВИХ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ**

При індукційному наплавленні з використанням додаткових технологічних операцій (вертикальної і горизонтальної вібрації), важливе значення відіграє температурне поле на поверхні тонкої деталі, яка підлягає наплавленню, оскільки порошкоподібний твердий сплав в цьому випадку розплавляється від поверхні основного металу. В залежності від розподілу температури досягається відповідна стабільність товщини шару наплавленого металу. Самою конструкцією індуктора дуже складно досягнути необхідного розподілу температури. Для цього використовують додаткові засоби для її керування. Тому, для досягнення більш рівномірної температури по ширині зони наплавлення тонких дисків зубчатої форми, авторами запропоновано використання комбінованого екранування теплових та електромагнітних полів, тобто систему ІТЕЕ (індуктор, тепловий і електромагнітний екрани).

В даному випадку тепловий екран розташовується на торці і в нижній поверхні диска з протилежної сторони зони наплавлення, а електромагнітний екран – на торці диска. Тепловий екран зменшує конвективний теплообмін між поверхнею деталі і оточуючим середовищем, а електромагнітний екран регулює потужність електромагнітного поля на поверхні деталі. Така конструкція нагрівальної системи розширює технологічні можливості для досягнення більш рівномірної температури по ширині зони наплавлення.

Експериментальні дослідження температурного поля при індукційному наплавленні проводились за спеціально розробленою методикою. В якості термопар використовували хромель-алюмелеві електроди діаметром  $d = 0,3$  мм, вихідні кінці яких виведені в коробку для під'єднання до вторинних приладів. Для запису температури в чотирьох точках використовували чотирьохканальний прилад НЗ38-4П.

Необхідно відмітити, що термопари вмонтовані в спеціальному пристрої, з можливістю вертикального їх переміщення і підпружинені з метою надійного дотику спаю з поверхнею деталі, яка підлягає наплавленню.

З метою підсилення електрорушійної сили термопар використовували тензопідсилювач типу “Топаз-4-01” з регулюючим приладом живлення “Агат-7”. При градуюванні термопар проводилось записування їх ЕРС при різних температурах і цей запис співставлявся із записом електрорушійної сили контрольної термопари.

Точність контролю температури за допомогою термопар складала  $\pm 1$  %. При вимірюванні температури в області, характерній для наплавлення похибка складала  $\pm 12$  °С.

Розроблена методика дослідження температурного поля декількома термопарами одночасно по ширині зони наплавлення дозволяє дуже швидко досліджувати характер зміни температури при заміні деталей і конструкції індукторів та нагрівальних систем для розробки нових технологічних процесів індукційного наплавлення тонких плоских деталей, в тому числі і дисків, з урахуванням комбінованого екранування теплових та електромагнітних полів.

УДК 536.24

**В. Михайлишин, Г. Семенишин**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ В ПОРОЖНИННИХ ЦИЛІНДРАХ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В ПРОЦЕСАХ НАПЛАВЛЕННЯ ЇХ ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ

Задачі математичного моделювання процесів, які протікають при наплавленні робочої поверхні порожнинних циліндрів з метою відновлювання експлуатаційних властивостей (наприклад роликів МБЛЗ) є надзвичайно складні. В зв'язку з цим бажано розробити інженерні методи, які б з достатньою для практики точністю дозволяли моделювати теплові процеси при таких технологічних операціях.

Розглядається задача теплопровідності для порожнинного циліндра довжиною  $2l$  і внутрішнім та зовнішнім радіусами  $R_1$  і  $R_2$ .

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a^2 \left( \frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t}{\partial r} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{W(r, z, \tau)}{\lambda}, \quad \frac{\partial t}{\partial z} \pm h^\pm (t - t_c) = 0 \quad \text{при } z = \pm l. \quad (1)$$

$$\frac{\partial t}{\partial r} - k_1 (t - t_{1r}) = 0 \quad \text{при } r = R_1, \quad \frac{\partial t}{\partial r} + k_2 (t - t_{2r}) = 0 \quad \text{при } r = R_2. \quad (2)$$

$t = t_c$  при  $\tau = 0$

Розв'язок задачі шукається у вигляді розкладу за власними функціями задачі по  $z$  у вигляді

$$T(r, z, \tau) = \sum_{k=1}^{\infty} \theta_k(r, \tau) \cos v_k z + \beta_k \sin v_k z, \quad (3)$$

де  $v_k$  - додатні корені рівняння  $\operatorname{tg} 2v_k l = \frac{v_k (h^- + h^+)}{v_k^2 - h^- h^+}$ ,  $k = 1, 2, \dots$

Для знаходження функції  $\theta_k(r, \tau)$  отримана крайова задача

$$\frac{\partial \theta_k}{\partial \tau} = a^2 \left( \frac{\partial^2 \theta_k}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta_k}{\partial r} - v_k^2 \theta_k \right) + \frac{w_k(r, \tau)}{\lambda}, \quad \theta_k(r, \tau) = 0 \quad \text{при } \tau = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \theta_k}{\partial r} - k_1 (\theta_k - t_{1k}) = 0 \quad \text{при } r = R_1, \quad \frac{\partial \theta_k}{\partial r} + k_2 (\theta_k - t_{2k}) = 0 \quad \text{при } r = R_2, \quad k = 1, 2, \dots \quad (5)$$

$$\text{де } w_k(r, \tau) = \frac{2v_k}{2v_k l (1 + \beta_k^2) + 1 - \beta_k^2} \cdot \int_{-l}^l W(r, z, \tau) Z_k(z) dz,$$

$W(r, z, \tau)$  - інтенсивність розподілених джерел тепла;  $\beta_k = \frac{v_k \sin v_k l - h^+ \cos v_k l}{v_k \cos v_k l + h^+ \sin v_k l}$

Отримана крайова задача розв'язується числовим способом, запропонованим в роботі [1].

### Перелік посилань

1. Михайлишин М. С. Про один числовий метод розв'язування осесиметричних задач теплопровідності тонких оболонок обертання // Михайло Михайлишин // Вісник Тернопільського державного технічного університету. - 1999. - Том 4. - № 1. - С.10-15.

УДК 519.6

В. Скочиляс

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

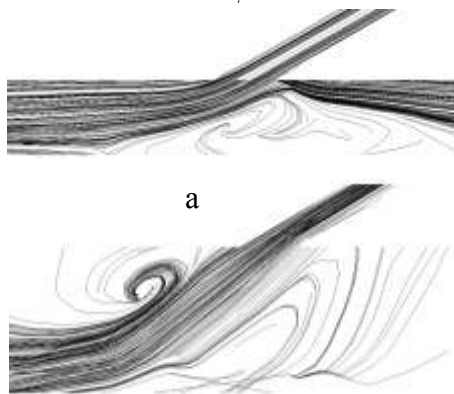
## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКУ ГАЗУ В СТРУМИННИХ ЗАХОПЛЮВАЧАХ

Розроблена математична модель процесу витікання газу крізь кільцеву конічну щілину струминного захоплювача. Рух газу описується рівняннями Нав'є-Стокса з використанням ефективної в'язкості  $\mu_e = \mu + \mu_t$ , де  $\mu_t$  - турбулентна в'язкість. Для замикання математичної моделі додаються також рівняння нерозривності, та рівняння моделі турбулентності – рівняння кінетичної енергії турбулентності та. Серед існуючих моделей турбулентності для опису потоків обмежених стінками найкраще підходить модифікована  $k-\omega$  модель [1] переносу напружень зсуву, яка у термінах кінетичної енергії турбулентності  $k$  та питомої швидкості дисипації кінетичної енергії турбулентності  $\omega$  має вигляд –

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial \rho v_x k}{\partial x} + \frac{\partial \rho v_y k}{\partial y} + \frac{\partial \rho v_z k}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial z} \right) + \min \left( \mu_t \Phi, C_{lm} \varepsilon \right) - C_\mu \rho k \omega + \frac{C_4 \beta \mu_t}{\sigma_k} \left( g_x \frac{\partial T}{\partial x} + g_y \frac{\partial T}{\partial y} + g_z \frac{\partial T}{\partial z} \right); \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho \omega}{\partial t} + \frac{\partial \rho v_x \omega}{\partial x} + \frac{\partial \rho v_y \omega}{\partial y} + \frac{\partial \rho v_z \omega}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\omega} \right) \frac{\partial \omega}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\omega} \right) \frac{\partial \omega}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\omega} \right) \frac{\partial \omega}{\partial z} \right) + \gamma \rho \Phi - \beta' \rho \omega^2 + \frac{(1 - F_1) 2 \rho \sigma_{\omega 2}}{\omega} \left( \frac{\partial k}{\partial x} \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{\partial k}{\partial y} \frac{\partial \omega}{\partial y} + \frac{\partial k}{\partial z} \frac{\partial \omega}{\partial z} \right), \quad (2)$$

де  $\mu_t = \rho \frac{k}{\omega}$ ;  $\omega = \frac{\varepsilon}{C_\mu k}$ ;  $F_1$  – емпірична функція, вираз якої наведений в [1].



б)  
Рис. 1

Для проведення чисельного експерименту із застосуванням методу скінченних елементів було використано такі значення емпіричних констант:

$$C_{lm} = 10^{15}; C_\mu = 0,09; \sigma_{k1} = 1,176; \sigma_{k2} = 1;$$

$$\sigma_{\omega 1} = 2; \sigma_{\omega 2} = 1,168; \beta_1 = 0,075; \beta_2 = 0,0828;$$

$$\gamma_1 = 0,5532; \gamma_2 = 0,4403.$$

На рис. 1 представлені отримані в результаті експерименту лінії потоку утвореного при витіканні струменю повітря, через кільцеву конічну щілину струминного захоплювача, у радіальні проміжки висотою 0,25 мм (а) та 0,5 мм (б).

### Перелік посилань

1. F. R. Menter. "Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications". *AIAA Journal*. Vol. 32. pp. 1598–1605. 1994.



УДК 621.3.095

**О. Шаблій, Ч. Пулька, М. Базар, Л. Цимбалюк, О. Король**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ЕЛЕКТРИЧНИЙ НАГРІВАЛЬНИЙ ПРИЛАД ІНДУКЦІЙНОЇ ДІЇ

Використання електричних опалювальних приладів в даний час є найбільш актуальним та перспективним. Електричні нагрівачі можна використовувати як основне джерело тепла для опалення жилих будинків, квартир, і як додаткове, працююче в парі з газовим або твердопаливним котлом. Електрокотли мають ряд переваг над установками іншого типу: прості в експлуатації та обслуговуванні, не потрібно встановлювати димохід, володіють високим ККД. Крім того враховуючи складні стосунки України з країнами постачальниками природного газу, використання електроенергії для опалення стає питанням енергетичної безпеки.

Для цього авторами розроблено електричний нагрівальний прилад індукційної дії (рис.1) [1] який дозволяє зменшити затрати електроенергії за рахунок зменшення магнітного розсіювання та спрощення конструкції пристрою в цілому, а також використання промислової частоти при нагріванні. Він складається з циліндричної магнітопровідної ємкості 1 виготовленої у формі суцільного циліндра в якому на концентричних колах виконані наскрізні отвори 2, які з обох боків закриті кришками 3, утворюючи при цьому вільний простір 4, двох штуцерів 5 для входу і виходу теплоносія. На зовнішній поверхні циліндричної магнітопровідної ємкості 1 намотаний індуктор 6, які розташовані в екранованому корпусі 7.

Площі поперечних перерізів отворів у магнітопровідній циліндричній ємкості і патрубків входу і виходу теплоносія підібрані таким чином, що теплоносій не проходить магнітопровідну циліндричну ємкість відразу, а затримується в ній на деякий час для нагрівання. Запропонована конструкція має техніко-економічні переваги в порівнянні з існуючими приладами в напрямку економії електроенергії, простоті в обслуговуванні, надійності в експлуатації і дешевші за собівартістю, які випускає вітчизняна і закордонна промисловість.

Розроблена конструкція приладу запатентована, проходить випробування на ТОВ «ОСП Корпорація ВАТРА», де буде розглянуто питання про налагодження виробництва індукційних нагрівальних систем.

### *Перелік посилань*

1. О. Шаблій Електричний нагрівальний прилад індукційної дії / Шаблій О., Пулька Ч., Базар М. позитивне рішення по заявці на видачу патенту № u201203985 від 02.04.2012 р.

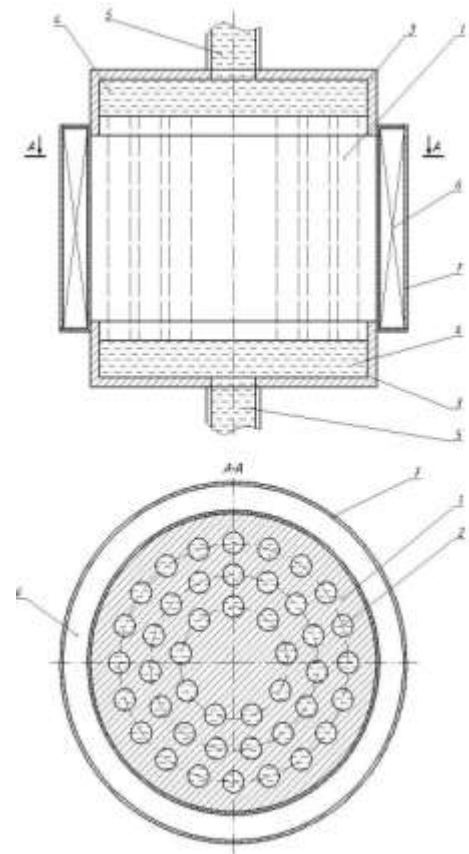


Рис. 1. Схема електричного нагрівального пристрою індукційної дії

УДК 537.8

О. Шаблій, О. Король, Л. Цимбалюк, Ч. Пулька, М. Базар

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНА ІНДУКЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ТІЛ ОБЕРТАННЯ

На основі аналізу існуючих нагрівальних індукційних систем, розроблено електротермічну індукційну систему (ЕТІС) для одночасного відновлення зношених робочих поверхонь тіл обертання, для прикладу металевих коліс по всій поверхні кочення. Варіанти нагрівальних систем представлені на рис *а, б*.

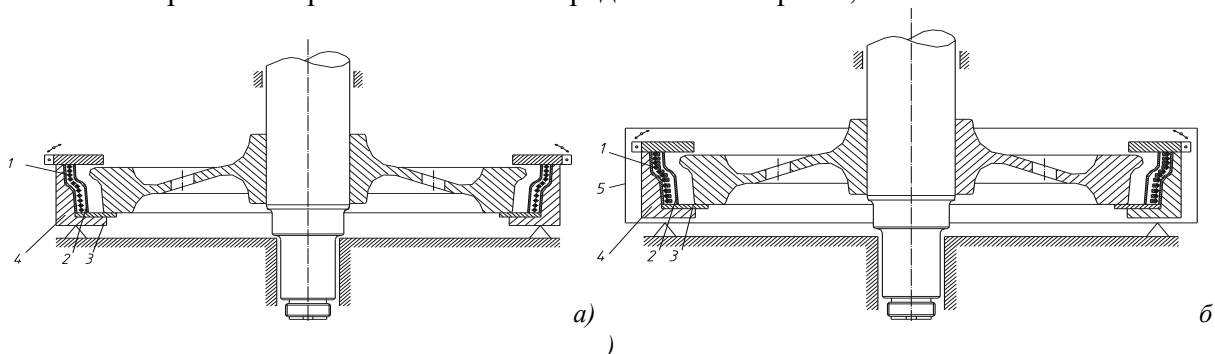


Рис. 1. Схема електротермічної індукційної системи (ЕТІС) для відновлення залізничних коліс з криволінійною поверхнею: *а)* без електромагнітного екрану; *б)* з електромагнітним захисним екраном.

1 – обвитка, 2 – тороїдальний тигель, 3 – вогнетривкий ізолюючий диск, 4 – магнітопровід, 5 – електромагнітний екран.

В індукторі відбувається перетворення електричної енергії джерела живлення в енергію електромагнітного поля. Електромагнітне поле збуджує поверхневий індукційний струм, в результаті чого колесо нагрівається.

Індуктор являє собою обвитку, виготовлену із тонкостінної профільованої мідної трубки. Товщина стінки трубки вибирається у відповідності із частотою струму. Для зменшення потоку розсіювання магнітного поля та збільшення його індукції, використовують магнітопровід, який вибираються з міркувань забезпечення необхідної потужності індуктора. Для виготовлення сталевих магнітопроводів для частот від 0.5 до 2.5 кГц застосовуються пластини товщиною від 0.25 до 0.35 мм, виготовлених з кременистої трансформаторної сталі, покритої термостійким шаром ізоляції при допомозі лакування, оксидування або фосфатування. Для частот від 2.5 до 10 кГц застосовуються аналогічні пластини товщиною від 0.01 до 0.35 мм. Магнітопроводи, які використовують в пристроях з частотами радіодіапазону (70 кГц) і більше, виготовляють з фериту.

Розроблена нагрівальна система забезпечує необхідну температуру в залежності від технології нарощування металу на зношену поверхню методом заливки рідкого металу в тигель.

**Секція: ІМОВІРНІСНІ МОДЕЛІ БІОФІЗИЧНИХ СИГНАЛІВ І ПОЛІВ  
ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЇХ ІДЕНТИФІКАЦІЙ**

**Керівники: проф. Б. Яворський, доц. Р. Ткачук**

**Секретар: доц. М. Хвостівський**

УДК 612.843.363

**М. Бачинський, О. Дозорська, В. Дозорський**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

**МЕТОД ВІДБОРУ СИГНАЛУ ПУЛЬСОВОЇ ХВИЛІ ДЛЯ СИСТЕМ  
СВІЛОТЕРАПІЇ**

Відповідно до даних, що наведені в працях [1, 2], одним із перспективних методів підвищення адаптаційних можливостей організму до несприятливих чинників навколишнього середовища є метод світлоімпульсного впливу на зоровий аналізатор (світлотерапія), внаслідок чого відбувається стимуляція адаптаційних реакцій, спрямованих на підвищення резистентності організму до дії несприятливих чинників. При цьому наголошується важливість забезпечення синхронізації імпульсів світлового подразнення з частотою серцевих скорочень [1, 2].

В працях [1, 2] для синхронізації імпульсів світлового подразнення з частотою серцевих скорочень проводиться відбір та опрацювання електрокардіосигналу (ЕКС) з наступним формуванням сигналів запуску світлових імпульсів, що відповідають часовим моментам появи R-зубців в ЕКС.

Такий метод синхронізації відзначається значною складністю реалізації апаратних засобів відбору ЕКС та програмних засобів виділення часових моментів появи R-зубців і формування сигналів запуску світлових імпульсів подразнення.

В роботі пропонується використати для задачі синхронізації імпульсів світлового подразнення з частотою серцевих скорочень сигнал пульсової хвилі (ПС), який характеризує зміну кровонаповнення судин та корелює з ЕКС. ПС пропонується відбирати сфінгографічним способом, що ґрунтується на опрацюванні відбитого від поверхні шкіри інфрачервоного випромінювання, яке модулюється пульсаціями стінок кровоносних судин. Для забезпечення компактності, джерело світлостимулюючих імпульсів розміщується в окулярах, а відбір ПС має проводитись від поверхні мочки вуха. При цьому, блок опрацювання сигналу повинен розміщуватись безпосередньо в окулярах, які здійснюють світлоімпульсну стимуляцію, та бути складовою частиною джерела світлостимулюючих імпульсів.

***Перелік посилань***

1. Левицький П.Р., Мисула І. Р. Вплив фотостимуляції органа зору на адаптацію молодих людей різної статі до фізичного навантаження // Збірка тез міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених Одеського державного медичного університету "Вчені майбутнього" – Одеса, 2005. – С. 101-102.

2. Левицький П.С. Вплив світлоімпульсної стимуляції органа зору на розвиток адреналінової міокардіодистрофії та адаптацію організму до дії надзвичайних чинників: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. мед. наук : 14.03.04 «Патологічна фізіологія» / Левицький Петро Ростиславович. – Тернопіль : Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського, 2006. – 23 с.

УДК 004.891:614.47:612.19:612.06

**Н. Беляєва, Є. Яворська, О. Гевко**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРИФЕРИЧНОГО КРОВООБІГУ ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ**

Актуальність цієї теми стає зрозумілою, коли взяти до уваги статистику поширення серцево-судинних захворювань по Україні і у світі загалом. За даними національного наукового центру «Інститут кардіології ім. М.Д. Стражеска» АМН України (Київ), щороку у нас реєструються майже 50 тис. випадків інфаркту міокарда, 20 тис. миготливих аритмій, 100–120 тис. інсультів, 4 тис. набутих та понад 3500 вроджених вад серця. Так, у загальній структурі смертності країн Європи та Північної Америки питома вага захворювань серцево-судинної системи становить 40–50%, в Україні ж цей показник перевищує 60%. Кількість хворих в Україні, що страждають на серцево-судинні хвороби, сягає близько 25 мільйонів. Щороку в Україні 6 з 10 смертей спричинені саме серцево-судинними захворюваннями, а помирає від них 160 тисяч осіб.

Науковці країн СНД досліджують методи оцінки параметрів периферичного кровообігу. Зокрема, в м. Перм (Росія) проф. Зубарев М. А. на основі грудної тетраполярної реографічної методики Кубечека розробив нову методику, яку назвав методикою поліреокардіографії, яка полягає в об'єднанні аналізу реографічного сигналу та сигналу ехокардіодослідження. Труднощі цієї методики полягають у численній реєстрації кривих: криві похідних тетраполярної реограми, відведень ЕКГ, фонокардіосигналу та ехокардіосигналу. У Вітебську (Білорусія) науковець В. П. Подпалов використовував венооклюзивну плетизмографію, при цьому параметри периферичного кровообігу оцінювались за зміною пульсового кровоплину в передпліччі при проведенні проби з реактивною гіперемією. Завдяки недостатній інформативності та точності, метод широкого застосування не набув.

Пропонується створити математичну модель для обробки електрокардіо- та реовазосигналів. Ідея є простою і перспективною, оскільки уможливить на базі нової математичної моделі створення програмного забезпечення у комп'ютерних системах аналізу цих сигналів.

На даний момент проаналізовано електрокардіо- та реовазосигнали в нормі. Знайдено спільні або пов'язані між собою параметри цих сигналів. На разі перевіряється важливість та інформативність цих сигналів, методом накладання патології на нормальний сигнал, і спостереження за обраними параметрами. Після підтвердження інформативності параметрів, буде побудовано математичну модель, яка і виділятиме ці параметри на передній план. Наступним етапом є створення програмного забезпечення, для запису та аналізу реовазо- та електрокардіосигналів. Це програмне забезпечення уможливить автоматизацію аналізу сукупності реовазо- та електрокардіосигналів з метою попередження патологічних змін у серцево-судинній системі людини.

Дослідження виконані на базі кафедри біотехнічних систем ТНТУ імені Івана Пулюя (НДР ДІ 191-12, № д. р. 1112U002206).

УДК 004.78:617.3:616.7:612.7:519.7

**Т. Бентковський, Є. Яворська**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА МЕТОДУ ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЇ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОТЕЗОМ ПЕРЕДПЛІЧЧЯ**

Протезування – компенсація відсутньої кінцівки, або лікування спеціальними апаратами порушеної функції апарата руху та опори за допомогою механічних пристроїв. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я в світі нараховує приблизно 320 млн. людей з ампутованими кінцівками. Згідно статистики в Україні щороку виконуються більше 10 тис. ампутацій кінцівок на різних сегментах і рівнях. Вони потребують заміни втраченої кінцівки за допомогою протезуванням. Сучасні протези в більшості випадках виконують тільки косметичну функцію. Дослідження показали, що за допомогою біоелектричних потенціалів, які присутні на ампутованих кінцівках, можна керувати протезом так само як втраченою кінцівкою. В даному напрямку працюють дві компанії Touch Bionic ( Шотландія) та RSLSteeper ( Англія ).

Існує декілька методів за допомогою яких здійснюється керування протезом кінцівки. Одним із таких є метод електроміографії, який надає можливість відбору біоелектричного потенціалу з поверхні шкіри. Такий спосіб керування є найбільш близький до природного. Всяке скорочення (напруження) скелетних м'язів супроводжується появою в них електричної активності. Інтенсивність цієї активності тим вище, чим сильніше скорочення м'яза. Біоелектричні потенціали м'язів можуть бути зареєстровані за допомогою електродів, які вводяться всередину м'язів або під шкіру, або з допомогою поверхневих електродів, накладених на шкіру над відповідними м'язами. В останньому випадку реєструються сумарні потенціали багатьох м'язових волокон. При поверхневому відведенні біоелектричних потенціалів електроміограма являє собою складний по амплітудних і частотних спектрах змінний електричний сигнал. Встановлено, що в залежності від ступеня скорочення м'язів амплітуди біоелектричних сигналів можуть змінюватися від кількох мікрвольт до декількох мілівольт, а смуга частот становить кілька сотень герц. Встановлено також, що для управління протезами практично достатніми є амплітуди біоелектричного сигналу від 20 - 30 мкВ і вище, а робочий діапазон частот-100-400 Гц. Потужність біоелектричного сигналу дуже мала, тому для практичного використання її необхідно посилювати. Для цього використовуються електронні підсилювачі, за допомогою яких рівень біоелектричного сигналу з м'язів підвищується до необхідної величини і перетворюється у форму, придатну для управління виконавчими органами протеза. Таким чином, біоелектрична система керування включає в себе електроди, попередній підсилювач, перетворювач, кінцевий підсилювач, виконавчий пристрій і джерело живлення.

В біоелектричній системі керування існують недоліки, які потрібно вирішити: електроди, які реєструють біоелектричні потенціали м'язів, джерело живлення, безпровідна передача сигналу і компактність всієї системи.

Також метод електроміографії може знайти свої використання у військових технологіях. Але основною галузю застосування залишається медицина, реабілітація інвалідів після ампутації кінцівки або при паралічі м'язів.

Тому удосконалення математичної моделі та методу електроміографії для побудови системи керування протезом передпліччя є актуальним в Україні та у світі.

УДК 681.518.26:616-71

**О. Сенік, Є. Яворська**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ НИЗЬКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ФОТОСТИМУЛЯТОРА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ У РЕТИНОГРАФІЧНИХ СИСТЕМАХ**

Проблема діагностики захворювань сітківки ока є однією з найбільш актуальних в офтальмології, вона має велике медико-соціальне значення зважаючи на високу поширеність цих захворювань, прогресуючого характеру перебігу, тяжкості наслідків, нерідко призводять до сліпоти і інвалідності (Лібман Е.С., 2006). Наприклад, вікова макулярна дегенерація (ВМД) в індустріально розвинених країнах займає перше місце серед причин ослаблення зору та сліпоти (Evans M., 2008) і відзначається тенденція до збільшення числа пацієнтів з ВМД. Так, до 2020 року у зв'язку із зростанням тривалості життя кількість хворих ВМД може бути збільшене на 50% (Неровов В.В., 2007; Klein В., 2004). Поширеність дистрофій сітківки, за даними різних авторів, становить 1:1490 у Франції (Puech В., Et al., 1991), 1:2000 у Великобританії (Bird А., 2000) серед дорослих та 1:10 000 - 1: 8 000 у дітей (Blacharski P., 1988).

Завдяки досягненням світової та вітчизняної електрофізіологічної діагностики, зростає роль функціональних методів дослідження. Одним із них є метод електроретинографії (ЕРГ). Клінічна електроретинографія спрямована на визначення ступеня вираженості, глибини і поширеності патологічного процесу в структурах сітківки та їх виявлення. Безперечними перевагами методу є об'єктивність, неінвазивність і можливість кількісного аналізу (Кравков С.В., 1969; Богословський А.І., 1978).

В останні роки активно застосовується метод мультифокальної електроретинографія (МФ-ЕРГ), запропонований Еріхом Саттером (1991), де використано m-послідовності та їх властивості для створення стимулу, що дозволяє зареєструвати біоелектричну активність у зонах центральної області сітківки ока. Однак, незважаючи на численні дослідження в цій області, залишається актуальним питанням вивчення топографії біоелектричної активності сітківки методом МФ-ЕРГ та визначення її ролі в офтальмологічній діагностиці.

Важливим є удосконалення методу формування низької інтенсивності фотостимулятора біоелектричної активності сітківки ока. Це визначається необхідністю не лише ранньої діагностики, але і виявлення кореляцій з показниками інших електрофізіологічних, психофізичних, морфометричних і клінічних досліджень, що важливо для розкриття механізмів розвитку відповідних захворювань (Шамшінова А.М. з співавт., 2004; Зуєва М.В., 2009; Шелудченко В.М., 2009; Hood D., 1999, 2000; Palmovski А., 2003; Kretschmann et al., 1998; Seeliger M. et al., 1998; Keating D. et al., 2000; Рудольф Г. с співавт., 2001; Fishman L. et al., 2002; Greenstein V. et al., 2004; Kondo M. et al., 2004; Gerth С. et al., 2007).

Дослідження виконані на базі кафедри біотехнічних систем ТНТУ імені Івана Пулюя (НДР ВК 32-11, № д. р. 0111U002593).

УДК 53.05: 617.753

П. Тимків, В. Забитівський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## АВТОМАТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ОПТИМАЛЬНОГО РЕКУРСИВНОГО НИЗЬКОЧАСТОТНОГО ФІЛЬТРУ ДЛЯ КВАНТОВОГО ЕЛЕКТРОРЕТИНОСИГНАЛУ

Діагностика стану організму за допомогою електроретинографічного дослідження дозволяє вчасно виявити та запобігти нейротоксикації. При цьому роздільна здатність дослідження згідно закону Вебера-Фехнера зростає з зменшенням енергії подразнення (до сотень квантів), проте це викликає збільшення рівня шумів у відібраному квантовому електроретиноосигналі (КЕРС). У стандартах регламентовано застосування фільтрації типового ЕРС фільтром низьких частот (ФНЧ), проте його ефективність для КЕРС — низька, тому постає задача оптимізації процесу фільтрації КЕРС [1].

Для опрацювання ЕРС застосовують математичну модель [2] у вигляді рівняння (1):

$$a_2 y_{n-2} + a_1 y_{n-1} + x_n = y_n, \quad (1)$$

де  $y_n$  — математична модель відгуку сітківки на світлове подразнення,  $a_1$ ,  $a_2$  та  $y_{n-1}$ ,  $y_{n-2}$  визначають параметри хвиль ЕРС,  $x_n$  — світлове збурення,  $n$  — номер відліку. Виникає задача визначення коефіцієнтів математичної моделі для досягнення оптимальної фільтрації.

Коефіцієнти визначаються шляхом прямого направлено перебору у два етапи для зменшення обчислювальної складності. На першому етапі перебір проводився з великим кроком, визначається величину середньоквадратичної похибки фільтрування КЕРС (рис. 1, а) та її мінімум. На другому етапі перебір значення коефіцієнтів проводиться в околі мінімуму з меншим кроком (рис. 1, б). Критерій вибору коефіцієнтів оптимального фільтру — мінімум похибки.

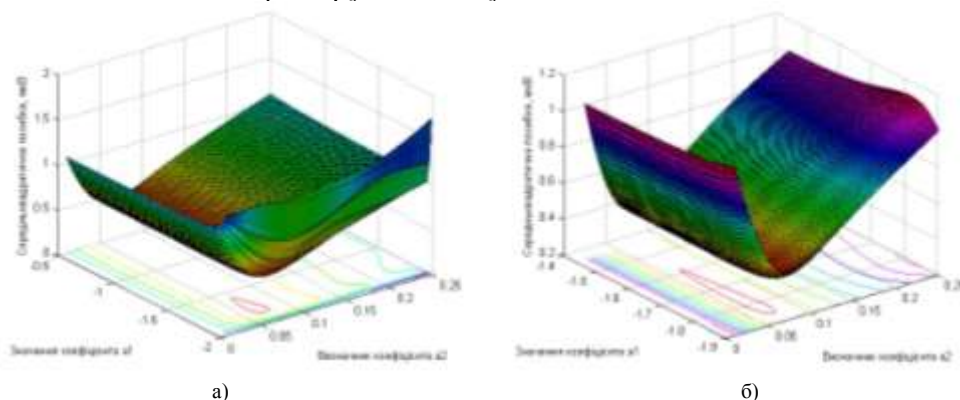


Рис.1. Ілюстрація визначення похибки фільтрації при заданих коефіцієнтах.

Реалізований метод забезпечив автоматичне визначення коефіцієнтів оптимального рекурсивного ФНЧ для опрацювання КЕРС.

1. Р.А. Ткачук, Підвищення ефективності біотехнічних систем для активних біомедичних досліджень / Ткачук Р.А., Цуприк Г.Б., Яворський Б.І. // Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів: тези доповіді. – Київ, 15-19 жовтня 2012.– С.145

2. Ткачук Р. А. Метод побудови оптимальної обробки електроретиноосигналу та оцінювання вірогідності її результату / Р.А. Ткачук // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – № 2. – 156 – 162.

УДК 614.4

**Д. Щербина, Є. Яворська**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗПЕРЕРВНОГО МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ГЛЮКОЗИ В КРОВІ ЛЮДИНИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРАХУНКУ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ІНСУЛІНУ**

Діабет відноситься до невиліковних хронічних захворювань. Проте, його можна контролювати, щодня спостерігаючи рівні глюкози в крові.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я у 2012 році хворих на цукровий діабет налічувалось 200 млн. чоловік. Вони потребують постійного контролю рівня глюкози в крові. Пацієнти з цукровим діабетом усвідомлюють важливість самоконтролю рівня цукру крові і, як правило, проводять його за допомогою індивідуальних глюкометрів, що надто важливе для попередження розвитку ускладнень захворювання. За даними досліджень рутинні точкові вимірювання в денний час не дозволяють адекватно оцінити амплітуду коливань цукру в крові протягом доби (як наприклад, дослідження Д. Ейнхорна з співавт.). Про необхідність проведення безперервного тривалого моніторингу глікемії для оцінки контролю вуглеводного обміну у хворих цукровим діабетом свідчать результати дослідження, проведеного Bruce W. Vode (USA, Atlanta). Крім того, найбільш складним як для лікаря, так і для пацієнта є оцінка рівня цукру в крові протягом ночі.

Широке розповсюдження здобули портативні глюкометри для проведення вимірювань в домашніх умовах. За принципом дії глюкометри діляться на фотометричні, електрохімічні, раманівські.

До недоліків глюкометричних вимірювань відносять: невисоку точність, неможливість встановити точний графік зміни рівня глюкози протягом доби, інвазивність (крім раманівських), потреба в купівлі тест-смужок, особливі умови зберігання тест смужок. Недоліками приладів *CGMS Gold* та *Paradigm Real-Time* є: наявність з'єднуючого кабелю між сенсором та монітором, потреба носити монітор безпосередньо на поясі; незручність при носінні; втрата даних; опрацювання даних можливе лише після зняття сенсора та за допомогою спеціального програмного забезпечення; небезпека виникнення глікемії.

На підставі аналізу відомих глюкометрів, систем безперервного моніторингу зроблено висновок про відсутність ідеального приладу, який би був точним та зручним у користуванні людьми різної вікової категорії та особами з вадами зору. В Україні немає аналогів представлених вище моделей. Тому, в галузі медичного приладобудування актуальним є удосконалення системи безперервного моніторингу рівня глюкози в крові людини *Guardian® REAL-Time*, за рахунок автоматизації обрахунку необхідної кількості інсуліну. Для цього розроблено алгоритм роботи мікроконтролера, який дозволяє автоматично обрахувати необхідну кількість інсуліну.



УДК 62-408.64

**Б. Яворський, Ю. Стоянов**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **СИНТЕЗ РЕКТЕНИ ДЛЯ БЕЗДРОТОВОГО ЗАРЯДЖАННЯ АКУМУЛЯТОРА В ІМПЛАНТОВАНОМУ ЕЛЕКТРОКАРДІОСТИМУЛЯТОРІ**

У медичній практиці часто виникає необхідність застосування пристроїв, імплантованих в тіло людини – біоімплантантів. При їх використанні існує проблема поновлення елементів живлення. Її вирішують заміною джерел енергії або методом безконтактної передачі енергії для заряду акумулятора. При цьому система складається з парних антен (ректен) [1]. Відомими методами бездротової передачі енергії є такі методи: ультразвуковий, лазерний, мікрохвильового випромінювання, електростатичної індукції та електромагнітної індукції – у якому використовується електромагнітна хвиля [2]. Ультразвуковий та лазерний методи неможливо використовувати із-за поглинання енергії тканинами тіла та інвазивного впливу.

Геометричні розміри ректен залежать від частоти електромагнітної хвилі - відношення  $c/\lambda$  [3]. Основні проблеми при розробленні ректен виникають коли відношення геометричних розмірів системи передачі енергії до довжини хвилі набагато менше одиниці. Частота електромагнітної хвилі визначається умовою інвазивності (частоти до 100 КГц є електронезбезпечними, а частоти від 1 МГц до 40 МГц є діатермічними) [4]. Конструктивно розміри антени не повинні перевищувати 120x60x80 мм, а відстань між випромінювальною та приймальною ректенами - 40 мм. Крім того необхідно забезпечити відповідну форму діаграми спрямованості випромінювання, що необхідно для мінімізації впливу електромагнітного поля на людину.

Електричне поле поглинається м'язовою тканиною людини у 10 разів краще, ніж магнітне [4], тому для передачі енергії обрано магнітну складову хвилі частотою приблизно 120 кГц [1]. При розв'язанні рівнянь Максвелла при синтезі ректен з наведеними граничними умовами виникають значні труднощі.

Для досягнення ефективного синтезу ректен створено комп'ютерну імітаційну модель, що включає евристичний підбір матеріалів та форми сердечників котушок ректен. Крім того, заплановано використання оптимізаційних процедур генетичних алгоритмів вибору параметрів ректен.

### ***Перелік посилань***

1. Лепераев А. Н., Клыпін Д. Н. Моделирование электромагнитных полей в системе чрезкожной бесконтактной передачи энергии, Ползунковый вестник №2, 2010
2. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. - 3 ред. – Наука, 1989. - 543 с.
3. Фальковский О. І. Технічна електродинаміка: – М.: Связь, 1978. – 432 с.
4. Березовский В.А., Колотилов Н.Н. Биофизические характеристики тканей человека. Справочник. – Київ: Наукова думка, 1990. – 223 с.

УДК 004.891:614.47:612.19:612.06

**Н. Яцук, Є. Яворська**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕОГРАФІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ**

Патологія судинної системи ока займає провідне місце серед причин сліпоти та інвалідності по зору в розвинених країнах світу (Л.А. Кацнельсон, 1995; G.Chalme, Ph.Attall, F.Candric, 1986; RWHoll, GELang, 1998). За останнє десятиліття патологія органу зору при судинних захворюваннях зайняла перше місце у світі як за поширеністю, так і за непоправними наслідками. Згідно з епідеміологічними даними, опублікованими на конгресі в Лондоні (1990р.), в 1972-1986, сліпота (гострота зору 0,02 і нижче) внаслідок захворювань судинного генезу складала: при діабетичній ретинопатії – 15%, при увеїті ендогенної етіології - 6,6%. Дослідження патогенетичних механізмів судинних захворювань шляхом вивчення мікроциркуляторного русла ока завжди залишалося важливим завданням сучасної офтальмології. Такі захворювання як ревматоїдний артрит, цукровий діабет і подагра, протікають з порушеннями мікроциркуляції крові органів і систем (у тому числі і очей), тому патогенез цих порушень є предметом дослідження багатьох фахівців з різних галузей медицини (А.Ю.Юсупов, 1989; Т.Г. Ільїна, 1990; Х.Я. Карімов, 1991; Н.С. Салахова, 1994; І.Ф.Гогіна, 1995; У.А.Аріпов, 1996; С.О.Салугіна, А.В.Шайков, 1997; J.Cunha-Vaz, C.Lobo, 1998; H.Nagasaki, K.Shinagawa, 1998).

Відомо, що в мікросудинних руслах реалізується транспортна функція серцево-судинної системи і забезпечується транскapілярний обмін, який створює необхідний для життя гомеостаз. Судини кон'юнктиви та судинної оболонки ока є важливим об'єктом вивчення мікроциркуляторної системи організму (А.Я. Бунін, Л.А. Кацнельсон, 1984; АМ Чорнух, 1985).

Багато дослідників (С.Н.Дормідонтов, 1985; Н.К.Еров, 1986; Sternitsky R. et al., 1986; Gargner TW, Eller A. et al "1995; В.Ю.Евграфов, М.Ю.Алябьева, 1996), займаючись цією темою, досліджували тільки гемореологічні особливості або особливості стану судин сітківки. Показники мікроциркуляції, оцінювані в комплексі, досить повно відображають сутність процесів, що відбуваються при судинних захворюваннях, в цих роботах не відображені. Не проведені порівняльні дослідження, що стосуються змін мікроциркуляції бульбарної кон'юнктиви і судин сітківки.

Реоофтальмографія - метод, що дозволяє кількісно оцінювати зміни об'єму та швидкості крові в тканинах ока. Оцінюється кровонаповнення головним чином у зоні задніх довгих цилиарних артерій, так як електроди розміщують лімбально в області цилиарного тіла. За її даними можна розрахувати, неінвазивним методом, величину внутрішньоочного тиску.

Дослідженнями встановлено, що мала площа контактних електродів реоофтальмографічного давача, зумовлена габаритами ока, приводить до спотворення форми та збільшення спаду напруги на електроді в порівнянні з електродами з великою контактною площею, в яких форма спаду напруги не спотворюється. Електроніка перетворювача в цьому випадку працює в режимі періодичного насичення, що унеможливорює реєстрацію достовірної реоофтальмограми.

Дослідження виконані на базі кафедри біотехнічних систем ТНТУ імені Івана Пулюя (НДР ВК 32-11, № д. р. 0111U002593).

Секція: МАТЕМАТИКА

Керівник: доц. Б.Шелестовський

Секретар: Г. Габрусєв

УДК 517.9

Г. Габрусєв, І. Габрусєва

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

### МЕТОДИКА НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ РІВНЯНЬ ФРЕДГОЛЬМА ПЕРШОГО РОДУ

Безпосереднє використання класичних методів регуляризації рівнянь

$$\int_a^b y(t)K(t,r) dt = f(r), \quad a \leq r \leq b, \quad (1)$$

у прикладних задачах механіки деформівного твердого тіла утруднюється необхідністю відшукування параметра регуляризації. В багатьох випадках, зокрема при розв'язанні контактних задач теорії пружності, доцільніше звести інтегральне рівняння (1) до нескінченної системи лінійних алгебраїчних рівнянь.

Для цього представимо шукану функцію у вигляді:

$$y(t) = \sqrt{t} \sum_{n=1}^{\infty} a_n L_n(t, \gamma_n), \quad (2)$$

де  $L_n(t, \gamma_n) = N_0(\gamma_n) J_0\left(\frac{t}{a}\gamma_n\right) - J_0(\gamma_n) N_0\left(\frac{t}{a}\gamma_n\right)$ ,  $J_0(t)$  та  $N_0(t)$  – циліндричні функції,

$\gamma_n$  – додатні корені рівняння  $N_0(x) J_0\left(\frac{b}{a}x\right) - J_0(x) N_0\left(\frac{b}{a}x\right) = 0$ ,  $a_n$  – невідомі коефіцієнти. Враховуючи вираз (2), інтегральне рівняння (1) набуде вигляду:

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n K_n(r) = f(r), \quad a \leq r \leq b, \quad \text{де } K_n(r) = \int_a^b \sqrt{t} L_n(t, \gamma_n) K(t, r) dt. \quad (3)$$

Оскільки в прикладних задачах, як правило, функції  $K_n(r)$  та  $f(r)$  перетворюються в нуль при  $r=a$  та  $r=b$  і є кусково неперервними на відріжку  $a;b$ , то кожен з них можна подати у вигляді узагальненого ряду Фур'є:

$$K_n(r) = \sqrt{r} \sum_{j=1}^{\infty} c_j^n L(r, \gamma_j), \quad f(r) = \sqrt{r} \sum_{j=1}^{\infty} b_j L(r, \gamma_j). \quad (4)$$

Вирази для коефіцієнтів  $c_j^n$  та  $b_j$  можна легко отримати помноживши на  $\sqrt{r} L(r, \gamma_q)$  ліву і праву частину рівностей (4) та проінтегрувавши отримані вирази по  $r$  від  $a$  до  $b$ . Врахувавши представлення (4) отримаємо систему, рівносильну (3):

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \left( \sum_{j=1}^{\infty} c_j^n L_n(r, \gamma_j) \right) = \sum_{j=1}^{\infty} b_j L_n(r, \gamma_j). \quad (5)$$

Помноживши ліву і праву частину співвідношення (4) на  $\sqrt{r} L_n(r, \gamma_q)$  та проінтегрувавши по  $r$  на відріжку  $a;b$ , одержимо рівність

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n c_q^n = b_q, \quad (6)$$

що є нескінченною системою лінійних алгебраїчних рівнянь відносно невідомих  $a_n$ .  $N$  – кількість доданків частинної суми ряду (2) можна вибирати довільно. Чим більшим є це число, тим ближчою до точного розв'язку (1) є побудована функція (2).

УДК 532.526

**Л. Романюк**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## АЛГЕБРАЇЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ В РОЗРАХУНКАХ ПРИСТІННИХ ТУРБУЛЕНТНИХ ТЕЧІЙ

Усі використовувані моделі турбулентності залежать від емпіричної інформації. Їх ефективність забезпечується коефіцієнтами, які можуть розглядатися як змінні з метою врахування того чи іншого фактора, що впливає на розвиток течії.

При дослідженні конвекційного теплообміну в турбулентних течіях часто використовують напівемпіричні моделі коефіцієнта турбулентної теплопровідності або турбулентного числа Прандтля. Для коефіцієнта турбулентної теплопровідності запропоновано формулу виду

$$a_t = \chi_h \Delta v_* \gamma \bar{y} \text{ th} \frac{l_h \sqrt{\tau^+}}{C_1 \Delta \sqrt{E}},$$

$$l_h = k_h y \text{ th} \frac{sh^2 \chi_{1h} y^+ \text{ th} [sh^2 \chi_{2h} y^+]}{k_h y^+ \sqrt{\tau^+}},$$

(1)

де  $l_h$  - аналог довжини шляху перемішування;  $\chi_{1h}$ ,  $\chi_{2h}$ ,  $k_h$ ,  $\chi_h$  - емпіричні коефіцієнти моделі.

Особливість розвитку теплового пограничного шару полягає в залежності його параметрів та характеристик від теплофізичних властивостей потоку – від

молекулярного числа Прандтля  $Pr$ . Тому коефіцієнти моделі (1) задаються у вигляді

$$\chi_{1h} = f_1 Pr \chi_1, \chi_{2h} = f_2 Pr \chi_2, k_h = f_k Pr k, \chi_h = f Pr \chi.$$

З формул (1) видно, що  $Pr_t = \frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_h}$  знаходиться в залежності від поперечної координати пограничного шару і від теплофізичних властивостей рідини. Для газів  $Pr = 1$  при відсутності ділянок, що нагріваються і при ізотермічній обтічній поверхні гідродинамічний та тепловий пограничні шари розвиваються однаково, мають однакову товщину і їх структурні зони співпадають. У цьому випадку:

у в'язко-перехідній зоні  $Pr_t = \frac{sh^2 \chi_1 y^+}{sh^2 \chi_{1h} y^+},$

у логарифмічній зоні  $Pr_t = \frac{1}{f_k Pr},$

у зовнішній області  $Pr_t = \frac{1}{f Pr}.$

Використання даної моделі теплопровідності разом зі степеневими апроксимаціями для розподілів відносних напружень тертя та густини теплового потоку впоперек течії дозволяє знаходити наближено-аналітичні залежності для профілів швидкості та температури як для турбулентних пограничних шарів, так і для течій в каналах та струменях з врахуванням діючих ускладнюючих фізичних факторів.

УДК 539. 3.

**О.Самборська**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБІЖНОСТІ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧІ ПРО НЕСТІЙКІСТЬ РЯДУ ПОРОЖНИСТИХ ВОЛОКОН У НЕСКІНЧЕНІЙ МАТРИЦІ

На основі тривимірної лінеаризованої теорії стійкості розглядається задача про внутрішню нестійкість ряду порожнистих волокон у нескінченній матриці. Дослідимо втрату стійкості у структурі волокнистого матеріалу у випадку, коли довжина хвилі форми втрати стійкості визначається не довжиною чи формою елемента конструкції, а співвідношеннями між механічними та геометричними характеристиками волокон і матриці. Задача розглядається для випадку малих докритичних деформацій.

Представляючи розв'язки для кожного волокна та матриці у вигляді рядів Фур'є, використовуючи теорему Графа для функцій Макдональда і задовольняючи граничні умови на зовнішній та внутрішній поверхнях кожного волокна, отримуємо нескінченну однорідну систему лінійних рівнянь для визначення невідомих коефіцієнтів, які входять у розв'язки. Нескінченний визначник цієї системи  $\Delta \chi, \tilde{d}$  є визначником нормального типу. Тому при розв'язанні характеристичного рівняння

$$\Delta \varepsilon, \chi, \tilde{d} = 0 \quad (1)$$

можна застосувати метод редукції.

При чисельному розв'язанні характеристичного рівняння (1) застосована наступна методика:

- 1) фіксується значення параметрів  $E^{(1)}/E$ ,  $\delta/R$ ,  $\tilde{d}$ ; характеристичний визначник при цьому буде залежати тільки від  $\varepsilon$  та  $\chi$ ;
- 2) задається значення параметра  $\chi \neq 0$  і з рівняння (1), обчислюється відповідне значення  $\varepsilon$ ;
- 3) при повторенні дій 1) та 2) отримуються залежності  $\varepsilon = \varepsilon(\chi)$  для різних значень параметрів  $E^{(1)}/E$ ,  $\delta/R$ ,  $\tilde{d}$ ;
- 4) критичні значення вкорочення  $\varepsilon$ , параметра хвилеутворення  $\chi$  та довжини півхвилі форми втрати стійкості  $\ell$  визначаються за формулами

$$\varepsilon^* \tilde{d} = \min_{\tilde{d}=\text{const}} \varepsilon \chi, \tilde{d}, \quad \varepsilon_{кр} = \min_{\tilde{d} \in 0;1} \varepsilon^* \tilde{d}, \quad \varepsilon_{кр} = \varepsilon \chi_{кр}, \tilde{d}_{кр}, \quad \ell_{кр} = \pi R \chi_{кр}^{-1} \quad (2)$$

Розглядалися такі значення параметрів: відношення жорсткостей волокон і матриці

$$E^1 / E = 50; 100; 200; 500;$$

безрозмірна відстань між центрами поперечних перерізів волокон  $\delta / R = 2; 4; 5; 7$ ; відношення величини зсуву до довжини півхвилі форми втрати стійкості  $\tilde{d} = 0; 0,25; 0,50; 1$ . Для дослідження збіжності вибраного методу розглядалася різна кількість рівнянь у нескінченній однорідній системі. Порядок характеристичного визначника вибирався шляхом порівняння результатів різних наближень з метою досягнення потрібної точності. З одержаних результатів зроблено висновок, що для заданих значень механічних та геометричних параметрів з достатньою точністю можна обмежитися дослідженням визначника двадцятого порядку.

УДК 517. 944.

**Л.Фурсевич**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## СПЕЦІАЛЬНІ ПОЧАТКОВО-ГРАНИЧНІ ЛІНІЙНІ ЗАДАЧІ ДЛЯ ІНТЕГРО-ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ

Розглядається спеціальна початково-гранична лінійна задача для інтегро-диференціального рівняння теплопровідності, яке має вигляд:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \nabla^2 u + \varepsilon * \frac{\partial u}{\partial t} - \lambda * \nabla^2 u = f_0 \quad t, x \quad x \in \Omega; \quad t > 0; \quad (1)$$

$$u|_{0, x} = u_0 \quad x; \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla u + \varepsilon * \frac{\partial u}{\partial t} + \lambda * \vec{v} \cdot \nabla u = f_1 \quad t, s \quad s \in \Gamma_1, \quad (3_1)$$

$$\vec{v} \cdot \nabla u = 0 \quad s \in \Gamma_2, \quad 3_2$$

де  $\varepsilon = \frac{d\varepsilon}{d\tau}$ ,  $\lambda = \frac{d\lambda}{d\tau}$ ,  $\vec{v}$  - зовнішня нормаль до границі  $\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2$  області  $\Omega$ .

Формулюється задача в операторному вигляді у просторі  $L^2 \bar{\Omega} = L^2 \Omega \oplus L^2 \Gamma_1$  для одержання аналітичних розв'язків, збіжних як в області, так і на її границі:

$$\frac{d\bar{u}}{dt} + A_1 \bar{u} + \varepsilon * \frac{d\bar{u}}{dt} + \lambda * A_1 \bar{u} = \bar{f}, \quad \bar{u}|_0 = \bar{u}_0. \quad (4)$$

Для її розв'язання використовується метод розкладу за власними функціями оператора  $A_1$ , який є симетричним, додатньо визначеним, його розширенням у просторі  $L^2$  є самоспряжений додатньо визначений оператор, а область щільна у просторі  $L^2$ .

Враховуючи властивості оператора  $A_1$ , задача на його власні функції набуває вигляду:

$$A_1 \bar{\varphi} = \beta \bar{\varphi}, \quad (5)$$

його спектр  $\beta_n$   $n=1$  дійсний і дискретний, а система власних елементів  $\bar{\varphi}_n$   $n=1$  повна у гільбертовому просторі  $L^2 \bar{\Omega}$ . Остання властивість дозволяє представити довільну функцію з  $L^2 \bar{\Omega}$  у вигляді узагальненого ряду Фур'є за ортонормованими власними функціями  $\bar{e} \quad x = \bar{\varphi}_n \quad x / \|\bar{\varphi}_n\|$  задачі (5), яка може бути записана в еквівалентній диференціальній формі

$$-\nabla^2 \varphi = \beta \varphi \quad x \in \Omega; \quad (6)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \nu} = \beta \varphi \quad (s \in \Gamma_1), \quad \frac{\partial \varphi}{\partial \nu} = 0 \quad (s \in \Gamma_2).$$

Задача (6) для канонічних областей  $\Omega$  в ортогональних криволінійних системах координат розв'язується в аналітичному вигляді тому вважаємо, що власні значення і власні функції оператора  $A_1$  відомі. Необхідно відмітити, що на відміну від класичного випадку в спектральній задачі (5) параметр входить як у рівняння, так і у граничну умову. Таким чином, операторна задача (4), а з нею і початково-гранична задача (1) – (3) теплопровідності середовищ з пам'яттю розв'язується поєднанням методу перетворення Лапласа і методу розкладу за власними функціями спектральних задач.

УДК 517.52/524:517.58/589

**Б. Шелестовський**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## РОЗВ'ЯЗОК СЕПАРАТНОЇ СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ДЛЯ МОДИФІКОВАНИХ ФУНКЦІЙ

Побудуємо обмежений на множині

$$I_2 = \{r : r \in (R_0, R_1) \cup (R_1, R_2) \cup (R_2, R_3); R_0 \geq 0, R_3 < \infty\}$$

розв'язок сепаратної системи звичайних диференціальних рівнянь 2-го порядку Фур'є, Бесселя і Лежандра для модифікованих функцій

$$\left( \frac{d^2}{dr^2} - q_1^2 \right) u_1(r) = -g_1(r), \quad r \in (R_0, R_1), \quad (1)$$

$$(B_a - q_2^2) u_2(r) = -g_2(r), \quad r \in (R_1, R_2), \quad (2)$$

$$(\Lambda_\mu - q_3^2) u_3(r) = -g_3(r), \quad r \in (R_2, R_3) \quad (3)$$

за умовами спряження

$$\left[ \left( \alpha_{j1}^k \frac{d}{dr} + \beta_{ji}^k \right) u_k(r) - \left( \alpha_{j2}^k \frac{d}{dr} + \beta_{j2}^k \right) u_{k+1}(r) \right]_{r=R_k} = \omega_{jk}; \quad j, k = 1, 2 \quad (4)$$

і крайовими умовами

$$\left( \alpha_{11}^0 \frac{d}{dr} + \beta_{11}^0 \right) u_1(r) \Big|_{r=R_0} = g_0, \quad \left( \alpha_{22}^3 \frac{d}{dr} + \beta_{22}^3 \right) u_3(r) \Big|_{r=R_3} = g_R. \quad (5)$$

У системі (1)-(3) беруть участь диференціальні оператори Лежандра

$$\Lambda_\mu = \frac{d^2}{dr^2} + cthr \frac{d}{dr} + \frac{1}{4} - \frac{\mu^2}{sh^2 r} \text{ та Бесселя}$$

$$B_\alpha = r^2 \frac{d^2}{dr^2} + (2\alpha + 1)r \frac{d}{dr} + \alpha^2 - \lambda^2 r^2; \quad \mu \geq 0, \quad \alpha \geq -\frac{1}{2}, \quad \lambda \in (0, \infty).$$

Фундаментальну систему розв'язків рівняння (1) утворюють функції  $chq_1 r$  та  $shq_2 r$ ; (2)- модифіковані функції Бесселя  $I_{q_2, \alpha}(\lambda r)$  і  $K_{q_2, \alpha}(\lambda r)$ ; (3)- приєднані функції Лежандра  $P_{-\frac{1}{2}+q_3}^\mu(chr)$  і  $L_{-\frac{1}{2}+q_3}^\mu(chr)$ .

Розв'язок крайової задачі (1)- (5) побудовано методом функцій Коші

$$u_1(r) = A_1 chq_1 r + B_1 shq_1 r + \int_{R_0}^{R_1} E_1(r, \rho) g_1(\rho) d\rho,$$

$$u_2(r) = A_2 I_{q_2, \alpha}(\lambda r) + B_2 K_{q_2, \alpha}(\lambda r) + \int_{R_1}^{R_2} E_2(r, \rho) g_2(\rho) \rho^{2\alpha-1} d\rho, \quad (6)$$

$$u_3(r) = A_3 P_{v_3}^\mu(chr) + B_3 L_{v_3}^\mu(chr) + \int_{R_2}^{R_3} E_3(r, \rho) g_3(\rho) sh\rho d\rho, \quad v_3 = -\frac{1}{2} + q_3.$$

У рівностях (6)  $E_j(r, \rho)$ - функції Коші:  $E_j(r, \rho) \Big|_{r=\rho+0} - E_j(r, \rho) \Big|_{r=\rho-0} = 0$ .

Секція: **ФІЗИКА**

Керівники: **проф. Л.Дідух, доц. Л.Скоренький**

Секретар: **О. Сіткар**

УДК 538.935

<sup>1</sup>**П. Ваврик, <sup>2</sup>Ю. Скоренький**

<sup>1</sup> (Тернопільське обласне комунальне територіальне відділення МАН України)

<sup>2</sup> (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ПЕРСПЕКТИВНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ГРАФЕНОВОЇ НАНОКОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДНК**

Нещодавно було запропоновано новий спосіб використання двовимірного вуглецевого матеріалу – графену, вперше виділеного та дослідженого у 2004 році [1]. Цей спосіб відкриває можливість встановлення послідовності нуклеотидних основ ДНК: аденіну, гуаніну, цитозину і тиміну [2]. На сьогоднішній день усі інші доступні методи є надзвичайно вартісними та займають великий обсяг часу. Для найбільш якісного зчитування ДНК перспективно використовувати новітні наноматеріали, що дозволять значно полегшити процес встановлення основ ДНК. В роботі запропоновано використати графен, як основний матеріал для створення наноконструкції для встановлення послідовностей основ ДНК. Ланцюг ДНК або молекулу іРНК яка пройшла транскрипцію, пропускають через графенову наноконструкцію. Основним завданням методу є в довільний момент часу встановити яка основа РНК або яка пара основ ДНК знаходиться в наноконструкції, таким чином встановити послідовність усіх основ даного ланцюга. Конструкція складається з двох паралельних шарів графену. Відстань між двома графеновими площинами становить 0,34 нм, що дорівнює відстані між основами в молекулі ДНК. В центрі кожного листа розташований отвір, так звана графенова нанопора, через яку пропускається ланцюг ДНК. Графенові площини виступають у ролі електродів, на які подається певна різниця потенціалів. Коли в нанопорі з'являються різні основи ДНК, відбуваються зміни в загальній провідності конструкції, що виражаються формулою:

$$G = \frac{2e^2}{h} \frac{\Gamma_L \Gamma_R}{(\varepsilon_f - \varepsilon_0)^2},$$

де  $\Gamma_{R(L)}$  позначає ймовірність переходу електрона з верхнього шару графену на основу ДНК і з неї на нижній шар графену,  $\varepsilon_f$  – енергія Фермі графену,  $\varepsilon_0$  – енергія найвищої зайнятої молекулярної орбіталі, чи наступної за енергією орбіталі кожної основи ДНКчи РНК. Енергії орбіталей ми розрахували за допомогою програми *Firefly*, яка розв'язує стаціонарне рівняння Шредінгера за допомогою метода Хартрі-Фока. Таким чином, ми отримуємо окремі значення опору для системи, коли в ній перебуває кожна з основ ДНК. Пропускаючи невідомий ланцюг ДНК, значення опору необхідно вимірювати на кожному кроці ланцюга в 0,34 нм. Вимірюючи величини пікового опору, можна встановити послідовність основ в ланцюгу ДНК.

### **Перелік посилань**

1. Novoselov K. S., et al. Electric field effect in atomically thin carbon films // Science. –2004.– Vol. 306. – p. 666.
2. Ye Lu et al. DNA decorated graphene chemical sensors // Appl. Phys. Lett. – 2010. –Vol. 97. – p. 083107.



УДК 538.1; 539.2

Л. Дідух

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## КВАЗІКЛАСИЧНЕ НАБЛИЖЕННЯ В ПОЛЯРНІЙ МОДЕЛІ МЕТАЛУ: ЗАСТОСУВАННЯ ДО ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ У СИЛЬНОКОРЕЛЬОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ

Вихідним у пропонованому підході до опису фазових переходів у сильнокорельованих електронних системах (ССЕС) є представлення відповідного гамільтоніана модифікованої форми полярної моделі металу [1] у представленні оператора Хаббарда з наступним переходом до представлення Шубіна-Вонсовського (ШВ) з використанням квазікласичного наближення, яке полягає в заміні операторів ШВ  $s$ -числами. У такий спосіб розглядаються переходи діелектрик-метал, фазові переходи в антиферромагнітних та зарядовпорядкованих системах (спостережувани, зокрема, в оксидах, сульфідах і селенідах перехідних металів).

Проілюструємо пропонований підхід на прикладі опису переходу метал-діелектрик в парамагнітному стані. У цьому випадку можна обмежитися наступним гамільтоніаном –

$$H = \sum_{ij\sigma} t_{ij\sigma} \alpha_{i\sigma}^+ h_i h_j^+ \alpha_{i\sigma} + d_i \alpha_{i\sigma} \alpha_{j\sigma}^+ d_j + U \sum_i d_i^+ d_i + H', \quad (1)$$

де  $t_{ij\sigma}$  – інтеграл переносу електронів між вузлами  $j$  і  $i$ ,  $U$  – величина внутрішньоатомного відштовхування двох електронів з протилежними спінами на вузлі,  $\alpha_{i\sigma}^+$ ,  $\alpha_{i\sigma}$  – оператори народження і знищення електрона на вузлі у стані  $|i\sigma\rangle$ ,  $h_i^+$ ,  $h_i$  – оператори народження і знищення стану вузла з незайнятим електроном,  $d_i^+$ ,  $d_i$  – оператори народження і знищення стану вузла з двома електронами.  $H'$  описує переходи електронів, пов'язані із парним народженням і знищенням діркових і двійкових станів. Гамільтоніан (1) записаний для принципово важливого (для встановлення критерію переходу метал-діелектрик) випадку напівзаповненої  $s$ -зони ( $n$  – середнє число електронів на вузол, дорівнює одиниці).

Заміна  $\alpha$ ,  $h$ ,  $d$  – операторів  $s$ -числами [1] приводить до наступного виразу для середньої енергії системи в розрахунку на вузол

$$\frac{\langle H \rangle}{N} = 8d - 2d \sum_k \varepsilon_{\bar{k}} + Ud; \quad (2)$$

$\sum_k \varepsilon_{\bar{k}} < 0$  – середня кінетична енергія не взаємодіючих електронів (сумування по  $k < k_F$ ).

Мінімізація (2) по  $d$  дає вираз для середнього числа двійок (і дірок) на вузол:

$$d = \frac{1}{4} \left( 1 - \frac{U}{U_c} \right),$$

де  $U_c = 8 \left| \sum_k \varepsilon_{\bar{k}} \right|$ . Звідси отримується умова існування металічної фази:  $U < U_c$  у згоді з

теорією сильнокорельованого газу Гутцвіллера-Брінкмана-Райса (і теорією середнього динамічного поля).

### Перелік посилань

1. Didukh L. Acta Physica Polonica B. – 2000. – Vol. 31. – № 12. – P.1–36.

УДК 378.147.34, 531, 536

**Ю. Довгоп'ятий**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

### **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТТЯ З ФІЗИКИ: ДЕЯКІ ВАЖЛИВІ ПРОБЛЕМИ ТА СПОСОБИ ЇХ ВИРІШЕННЯ**

Ефективне проведення практичних занять з фізики вимагає приділяти достатню увагу до всіх трьох основних етапів роботи зі студентами та їх самостійної роботи: викладу нового матеріалу, засвоєнню і вивченню цього матеріалу, перевірці знань і вмінь студента по даній темі. Як правило, на заняттях зі студентами більшість зусиль і часу приділяється першому етапу- викладу нового матеріалу, а на вивчення його і перевірку знань – набагато менше. Автором була запропонована методика, яка враховує важливість всіх етапів роботи і дозволяє ефективно працювати з студентами, які мають слабкі знання з фізики.

Досвід роботи з великими групами студентів-першокурсників виявив типові проблеми при проведенні практичних занять з фізики. Зокрема у великих групах (більше 20 студентів) процес розв'язування задач і перевірки знань можна проводити паралельно. Пропонується спосіб перевірки і засвоєння математичних перетворень у формулах до задач. Особливу методику можна застосовувати до найслабших студентів – і теоретичний матеріал і задачі для них можна розбивати на частини. Також пропонується методика проведення фронтальних відробок практичних занять.

УДК 537.611.44, 537.622.4

**О. Крамар**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ВПЛИВ ДЕФОРМАЦІЇ ГРАТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МОТТ-ГАББАРДІВСЬКОГО ФЕРОМАГНЕТИКА ПРИ РІЗНИХ ФОРМАХ НЕЗБУРЕНОЇ ГУСТИНИ ЕЛЕКТРОННИХ СТАНІВ

При прикладанні зовнішнього тиску до вузькозонного матеріалу кореляційні ефекти можуть бути коректно описані при умові врахування перенормування параметрів переносу за рахунок деформації кристалічної ґратки. Під дією зовнішнього тиску  $p$  залежність ширини зони від відносної зміни об'єму  $u = \Delta V / V_0 \sim p$  ( $V_0$  – об'єм елементарної комірки) можна записати у вигляді [1]:  $w = w_0 \sqrt{1 + au}$ ,  $a = (V_0 / w_0) \cdot (\partial w / \partial V) < 0$ , де  $w_0$  – напівширина незбуреної зони. Отже інтеграли переносу в моделі мотт-габбардівського матеріалу з нееквівалентними підзонами [2] повинні бути перенормовані  $t \rightarrow t \sqrt{1 + a_1 u}$ ,  $\tilde{t} \rightarrow \tilde{t} \sqrt{1 + a_2 u}$ , де  $a_2$  має зміст аналогічний до  $a_1$ . Подібне перенормування потрібно провести і для інших матричних величин, що описують трансляцію електрона між вузлами кристалічної ґратки. Для подальшого спрощення викладу розглянемо випадок  $a_1 = a_2$ , тобто підзони розширюються однаково.

Для аналізу впливу деформації ґратки на феромагнітні властивості мотт-габбардівського матеріалу спочатку на основі методу функцій Гріна було отримано квазічастинкові енергетичні спектри у випадку сильної кулонівської взаємодії. Далі одержані спектри було застосовано у процедурі мінімізації енергії основного стану, а також при розрахунку намагніченості для довільних температур (деталі розробленої методики описані у роботі [3]) при різних формах незбуреної густини електронних станів (ГС). У роботі показано, що при деформації ґратки під дією зовнішнього тиску чи легування аніонної підсистеми, яке може бути еквівалентне прикладанню тиску, характер зміни феромагнітних параметрів (намагніченості, температури Кюрі) залежить від форми ГС. Зокрема, у випадку напівеліптичної ГС стабільність феромагнітного стану лише незначно підвищується у всьому концентраційному інтервалі існування спонтанного магнітного моменту, причому збільшення різниці енергій парамагнітного та феромагнітного станів  $\Delta E^{FM}$  максимальне в області піку цієї залежності. Для простої кубічної (sc) ґратки при заповненні зони  $n$ , близькому до половинного, величина  $\Delta E^{FM}$  також збільшується, однак при  $n < 2/3$  стабільність феромагнітного впорядкування дещо послаблюється, що має наслідком незначне зменшення намагніченості та спадання температури Кюрі при збільшенні параметра деформації  $au$ . У цьому зв'язку відзначимо, що для вузькозонної системи  $\text{CoS}_{2-x}\text{Se}_x$  з кубічною симетрією ґратки, в якій легування Se еквівалентне прикладанню зовнішнього тиску та зростанню ширини енергетичної зони, також спостерігається зменшення температури Кюрі [4]. Отримані нами результати при значеннях модельних параметрів системи ( $zJ_{\text{eff}}/w=0,1$ ,  $2w=1$  еВ) дають якісно правильний хід залежності температури Кюрі  $T_C$  від тиску та її кількісно відповідні експериментальним значення.

### Перелік посилань

1. Григорчук Р.А., Стасюк И.В. // Укр. физ. журн. – 1980. – Т.25. – № 3. – С.404-410.
2. Didukh L. // Acta Physica Polonica B. – 2000. – vol. 31.- № 12. – P.3097-3133.
3. Didukh L., Skorenkyu Yu., Kramar O. // Condensed Matter Physics.- 2008.- vol. 11.- No. 3(55).- pp. 443-454.
4. Goto T., Shindo Y., Takahashi H. // Phys. Rev. B.- 1997.- vol. 56.- pp. 14019-14028; Yamada H., Fukamichi K., Goto T. // Phys. Rev. B.- 2001.- vol. 65.- pp. 024413(1-6).

УДК: 537.8 (07) (043)

**В. Кульчицький**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ФОРМУВАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ПОНЯТЬ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ ТА ВИХРОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

Вивченню явищ електромагнітної індукції (ЕМІ) у профільних класах та технічних вузах приділяється значна увага, оскільки вони лежать в основі багатьох виробничих та наукових застосувань. Окрім того, зміст фундаментальних понять вихрове електричне поле та електромагнітне поле навряд чи може бути розкритий успішно поза детальним аналізом фізичної природи ЕМІ.

У розумінні М. Фарадея, ЕМІ – збудження електричного струму у провідному контурі, який перебуває у МП у наступних випадках:  $\Delta\alpha \Rightarrow I$ ;  $\Delta S \Rightarrow I$ ;  $\Delta B \Rightarrow I$ . При вивченні ЕМІ з'ясовуємо зв'язок ЕРС індукції  $\varepsilon_i$  зі змінами  $\Delta\alpha$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta B$  та природу сторонніх сил  $\vec{F}_{cm}$ , які діють у індукційному джерелі. В якості ядра причинно-наслідкового зв'язку, який визначає протікання явищ ЕМІ, слід визнати наступне:  $\Delta\Phi \Rightarrow \varepsilon_i$ . Останнє є підставою для означення поняття ЕМІ, яке відрізняється від означення М. Фарадея, однак є більш строгим і більш потужним у пізнавальному відношенні. ЕМІ – збудження ЕРС (виникнення джерела струму) у провідному контурі внаслідок зміни магнітного потоку, зчепленого з ним, зумовленого механічним рухом ланок контуру або змінами магнітної індукції поля, у якому контур перебуває.

При вивченні ЕМІ в учнів профільних класів та студентів технічних спеціальностей вузів розкриваємо зміст фундаментальних понять вихрове електричне поле (ЕП) та електромагнітне поле (ЕМП), аналізуючи фізичну природу ЕМІ (рис.1).

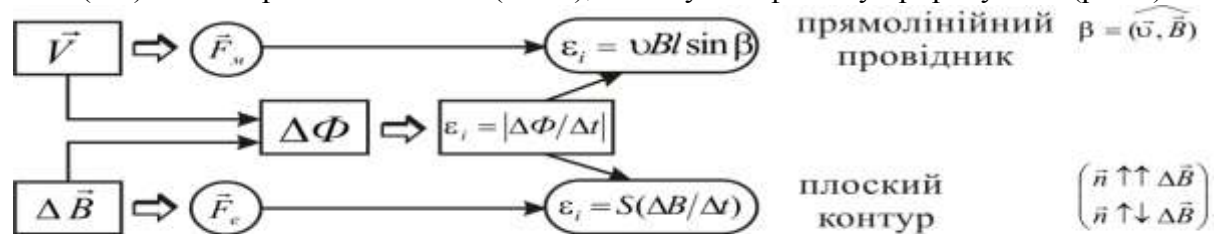


Рис. 1

Коли з точки зору Фарадея ЕМІ полягає у збудженні електричного струму у провідному замкнутому контурі у випадках, перерахованих на рис. 1, то Максвелл бачить сутність ЕМІ у збудженні в довільному середовищі змінним МП вихрового ЕП. Саме цим пояснюється універсальність закону ЕМІ Фарадея і саме цієї точки зору притримується сучасна фізика. Останнє пояснюється тим, що як фізична реальність існує лише ЕМП, тоді як окремий розгляд ЕП або МП можливий лише у зв'язку із вибором тієї чи іншої системи відліку (СВ). Тобто мова повинна йти не про магнітну або електричну природу сторонніх сил, а про їх електромагнітну природу. Так що, взагалі кажучи, стосовно ЕМІ для сторонніх сил у довільній СВ:

$$\vec{F}_{cm} = \vec{F}_e + \vec{F}_m = q \vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} = q\vec{E} + \vec{n}q|\vec{v}||\vec{B}|\sin \alpha = \vec{F}_L, \text{ де } - \vec{n} \perp \vec{B}, \vec{n} \perp \vec{v}, |\vec{n}|=1,$$

$\vec{E}$  і  $\vec{B}$  – напруженість електричного і індукція магнітного полів відповідно у СВ, по відношенню до якої розглядають те чи інше явище ЕМІ.

УДК 539.12.04

**Ю. Нікіфоров, Б. Ковалюк, В. Мочарський, А. Сорочак**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ЛАЗЕРНА УДАРНО-ХВИЛЬОВА ОБРОБКА НАНОПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

Порошкові матеріали використовуються у багатьох галузях промисловості. Напівпровідникові порошки надзвичайно важливі у мікро- та наноелектроніці, особливо у оптоелектроніці та газовій сенсоріці. Тому створення нових та покращення існуючих порошкових матеріалів має велике практичне значення.

Перспективним напрямком для вдосконалення порошкових матеріалів є спосіб лазерної ударно-хвильової обробки. Така модифікація дозволяє отримувати необхідні властивості в глибині матеріалу, що мінімум як на порядок більше, ніж глибина обробки працюючого в режимі вільної генерації лазера.

В роботі розглянуто результати лазерної ударно-хвильової обробки нанопорошкових матеріалів.

В якості оброблюваного матеріалу використовувався нанопорошок ZnO. Опромінення здійснювалося за допомогою неодимового лазера ГОС-1001, що працював в режимі модульованої добротності. Тривалість лазерного імпульсу становила 50 нс, потужність випромінювання –  $5 \times 10^8$  Вт/см<sup>2</sup>. Обробку проводили з використанням мідного екрану, який повністю захищав нанопорошок від термічної дії лазерного імпульсу. На поверхню екрану наносили епоксидну смолу, що виконувала роль прозорого конденсованого середовища, для обмеження розльоту плазми, збільшення часу взаємодії плазми з екраном та підвищення амплітуди тиску лазерної ударної хвилі.

Проведені математичні розрахунки показали, що створюваний на поверхні мідного екрану тиск становить декілька ГПа.

Дослідження морфології нанопорошку та мідного екрану до і після обробки проводили за допомогою растрової електронної мікроскопії.

Аналіз фотографій з електронного мікроскопу показав, що лазерна ударно-хвильова обробка привела до зменшення ступеня конгломерації нанопорошку ZnO.

Незвичайна картина була виявлена при аналізі фотографій зворотної сторони мідного екрану. Після опромінення уся поверхня вкрилася великою кількістю пор. Діаметр пор становить близько 1 мкм, глибина пор також біля 1 мкм в центрі опроміненої ділянки. Кількість, діаметр та глибина пор зменшується від центру опромінення до країв мідного екрану.

Існує два можливих механізми пошкодження поверхні. Перший пов'язаний з вдавлюванням конгломератів нанопорошку в екран, оскільки твердість ZnO є більшою, ніж твердість міді. Другий пов'язаний з вириванням частинок із зворотної сторони мідного екрану при лазерному опроміненні внаслідок відкольного ефекту. Останнє підтверджується енергодисперсійним аналізом нанопорошку ZnO після обробки, який показав наявність в ньому міді (0,56 – 0,78 мол. %).

Отримані експериментальні результати потребують подальших досліджень з метою виявлення точного механізму пошкодження поверхні.

УДК 378.1

**Ю. Нікіфоров, Ю. Скоренький, Б. Ковалюк**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ПРО ГЛОСАРІЙ З ФІЗИКИ ДЛЯ ВИШІВ**

Одним із сучасних напрямків методичної роботи є створення глосаріїв. Глосарії включають набір різноманітних варіантів підходу до висвітлення конкретних питань, означень, окремих понять і слів. Цим вони нагадують словники. В роботі наведено декілька означень глосаріїв, в тому числі із словників групи Webster's dictionaries різного рівня.

На основі аналізу глосаріїв з технічного, фізичного, суспільного та інших напрямків застосування розглянуто спільні та відмінні риси, особливості сучасних глосаріїв, орієнтованих на різний рівень підготовки користувачів, схеми їх побудови, зміст окремих розділів. Для глосаріїв характерними є різноманітність стилів оформлення та обсягу. Кількість термінів, що тлумачаться, як правило, складає від декількох десятків до сотень. В той же час рекордсмен – глосарій з хімії, – включає 8400 термінів. Кількість сторінок, зазвичай, не перевищує 100. В певних випадках застосовують поділ глосаріїв на ранги і підглосарії.

Важливою рисою багатьох глосаріїв є їх багатомовність (полілінгвістичність) та взаємозв'язок і перехресність із глосаріями іншого призначення, що виражається у спільності окремих обраних для пояснення глосів. (Глоса – незрозумілий вираз із тлумаченням або із перекладом). На побудові глосаріїв відчувається вплив новітніх технологій, в тому числі вплив всевітньої мережі (онлайніві глосарії). При значній кількості глосаріїв взагалі існує небагато глосаріїв з фізики для університетів, (а глосаріїв з фізики для технічних вишів на українській мові, що був би призначеним для іноземних студентів і супроводжувався би перекладом на англійську та французьку мови, нами в доступній інформації не було знайдено).

На основі аналізу літератури та власного досвіду роботи із іноземними слухачами підготовчого відділення та студентами нами пропонується скласти глосарій на трьох мовах, враховуючи контингент іноземних студентів та включити в зміст глосарію такі пункти, що тісно пов'яжуть його із посібниками з фізики, виданими для іноземних студентів в ТНТУ ім. І. Пулюя. Наведено можливі варіанти оформлення окремих сторінок глосарію. Передбачається, що глосарій буде враховувати неоднорідний початковий рівень підготовки студентів із різних країн та навчальних закладів, а також характерні відмінності методики викладання фізики в різних країнах. Крім того, до уваги буде прийнято особливості приймальної кампанії і набору студентів-іноземців, специфіку типової робочої програми з фізики, скоординованої із паспортом спеціальності для кожної окремої групи студентів, в тому числі випускників підготовчого відділення.

УДК 373:378.1

**О. Сіткар**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ З ФІЗИКИ**

Сучасна соціально-економічна ситуація в країні й у системі освіти така, що традиційні форми одержання освіти і моделі навчання не можуть задовольнити потребу в освітніх послугах, зосереджених в основному у великих містах. Неважко уявити собі категорії людей, що мають потребу в освітніх послугах, але не мають можливості отримати їх традиційним способом у рамках сформованої освітньої системи. Вихід полягає в пошуку нових форм освіти. Однією з них стало дистанційне навчання. Будучи результатом об'єктивного процесу інформатизації і вбираючи в себе кращі риси інших форм, дистанційне навчання входить в ХХІ століття як найбільш перспективна, синтетична, гуманістична, інтегральна форма освіти.

Дистанційне навчання фізики забезпечується за допомогою електронного навчального курсу, який розглядається як сукупність навчальних ресурсів необхідних для аудиторної, самостійної та індивідуальної роботи студентів.

Щоб досягти високої ефективності дистанційного навчання курсу фізики, як і усіх інших курсів, потрібна взаємодія наступних факторів: оптимальне поєднання інформаційних технологій та організаційної форми дистанційної освіти; сукупність педагогічних методів та прийомів, які використовуються в навчальному процесі; формування усвідомленої мотивації отримання високопрофесійної освіти; відкритість нової системи освіти; залучення сучасного технічного забезпечення. Поряд із використанням електронного курсу при дистанційному типі навчання дидактичні матеріали курсу фізики широко застосовуються і в навчальному процесі при традиційному навчанні. Це в свою чергу сприяє кращому осмисленню матеріалу (точність ілюстрацій) та засвоєнню знань студентами базових питань фізики.

В цілому використання такого типу навчання, як дистанційне, має як переваги, так і недоліки. До *переваг* слід віднести:

- Можливість спілкування у реальному часі для людей, які розділені значними відстанями. Можливість міжкультурного спілкування.
- Оперативний доступ до актуальної інформації будь-якого змісту, можливість порівнювати різні точки зору і самостійно робити висновки.
- Широкі перспективи для пошукової та творчої роботи.
- Доступ до багатьох джерел інформації.
- Навчання можна суміщати з основною професійною діяльністю, а також можуть навчатися особи, які обмежені в русі.

Основні *недоліки* дистанційного навчання:

- Небезпека особистості опинитися у полоні віртуального світу.
- Відсутність невербальної сторони спілкування.
- Складність сприйняття великого обсягу текстової інформації з екрану комп'ютера.
- Дистанційний студент обов'язково має володіти певними навичками самостійної навчальної діяльності, мати достатній стартовий рівень освіти.
- Від студента вимагається висока вмотивованість, самоорганізація.

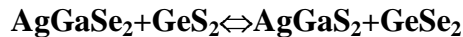
Необхідність створення електронного курсу з фізики диктується процесом вдосконалення процесу навчання. В процесі розробки дистанційного курсу необхідно враховувати специфіку викладання фізики у вищих технічних навчальних закладах .

УДК 621.315.592

**А. Скарвінко**

(Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки)

### **ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СКЛОПОДІБНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ**



Халькогенідним склоподібним сплавам притаманний широкий спектр різних фізичних властивостей (явище оптичного затемнення, фотокристалізації, фотоіндуковані зміни об'єму і т.п.). Переваги халькогенідних склоподібних сплавів перед іншими склоподібними матеріалами полягають у здатності протистояти кристалізації під час синтезу і після технологічної обробки, більшій прозорості в інфрачервоній ділянці спектру, високому показнику заломлення світла, значній розчинності рідкоземельних елементів в халькогенідній матриці скла, високому квантовому виході люмінесценції і ін. Це створює передумови для можливого використання ХСС в оптоелектронній техніці та волоконній оптиці.

Метою роботи було

1. Провести дослідження спектрів оптичного поглинання стекол системи  $\text{AgGaSe}_2 + \text{GeS}_2 \leftrightarrow \text{AgGaS}_2 + \text{GeSe}_2$  при  $T=290$  К у видимому та ближньому інфрачервоному спектральному діапазоні.
2. Оцінити ширину енергетичної щілини та визначити термічний коефіцієнт зміни ширини енергетичної щілини.

Спектри оптичного поглинання склоподібних сплавів системи  $\text{AgGaSe}_2 + \text{GeS}_2 \leftrightarrow \text{AgGaS}_2 + \text{GeSe}_2$  досліджено при кімнатній температурі в спектральному діапазоні 1,2-3 еВ.

При збільшенні вмісту атомів Se край фундаментального поглинання зміщується в низькоенергетичному напрямку. В області власного поглинання функціональні залежності  $\alpha(h\nu)$  є експоненційними, тобто описуються правилом Урбаха.

$$\alpha(h\nu, T) = \alpha_0 \exp \frac{h\nu - E_g}{E_0}$$

При  $\alpha=80$  см<sup>-1</sup> оцінено ширину енергетичної щілини досліджених стекол. Згідно із проведеними дослідженнями і розрахованими даними, при зменшенні вмісту S і при еквівалентному збільшенні вмісту Se відбувається поступове зменшення ширини енергетичної щілини.

Отже, склоподібні сплави системи  $\text{AgGaSe}_2 + \text{GeS}_2 \leftrightarrow \text{AgGaS}_2 + \text{GeSe}_2$ , при заміні сірки на селен, в широких межах змінюють ширину енергетичної щілини, тому є добрими середовищами для введення рідкоземельних елементів і для використання в телекомунікаційних пристроях.



**Секція: ХІМІЯ, ХІМІЧНА, БІОЛОГІЧНА ТА ХАРЧОВА  
ТЕХНОЛОГІЇ**

**Керівники: проф. В. Юкало, проф. О. Покотило**

**Секретар: Л. Сторож**

УДК621.326.

**Л. Бейко, Н. Лялик**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

**ЗАМОРОЖЕНІ ОВОЧІ – НЕЗАМІННІ КОМПОНЕНТИ В  
ХАРЧУВАННІ ЛЮДИНИ**

Харчування – це суттєва складова здорового способу життя і інтерес до питань харчування дуже великий. Стан фактичного харчування населення країни сьогодні свідчить про значні порушення в харчовому статусі.

Одним із життєво необхідних компонентів, які складають будь – який тип харчування людини, є овочі. Вони посилюють виділення шлункового соку і поліпшують процес травлення. Також підтримують кислотно-лужну рівновагу і рідинний обмін в організмі. Деякі овочі (часник, цибуля, хрін, редька) містять бактерицидні речовини — фітонциди, які знищують хвороботворні мікроби або стримують їх розвиток.

Цінність овочів полягає в наявності в них насамперед вітамінів та мінеральних речовин. Зокрема: капуста, картопля, перець, петрушка, зелена і ріпчаста цибуля основне джерело вітаміну С, морква, помідори – каротину, зелені листяні овочі - вітамінів груп К, Е. Також овочі містять в собі значну кількість солей калію, кальцію, натрію, фосфору, заліза.

На сьогоднішній день проблема забезпечення людського організму вітамінами, стосується кожної людини. Адже вітаміни — це органічні сполуки різної хімічної структури, що регулюють процеси обміну речовин у живих організмах, беруть участь в утворенні ферментів і тканин, підтримують захисні властивості організму. Вони не синтезуються організмом людини, а надходять з продуктами харчування. Важлива роль вітамінів полягає в антистресових властивостях, що є на сьогодні надзвичайно актуально. Проведено дослідження по вмісту основних вітамінів в овочах. Для проведення експерименту відібрали швидкозаморожені перець червоний солодкий, горошок зелений, кукурудзу цукрову, моркву та корінь селери трьох торгових марок: «Премія» (виробник ВАТ ТВФ «Полюс»), «Рудь» (виробник «Оерлеманс Фудз Семятиче» Польща) та «Bonduelle» (виробник Бондюель, Польща). В якості контролю було взято свіжі аналогічні овочі місцевого вирощування, та вони ж після зберігання.

Як показують проведені дослідження максимальна кількість основних вітамінів знаходиться в свіжих, регіональних овочах. Проте зберігання цих овочів, часто неправильне, без дотримання належних технологічних вимог, приводить до колосальних втрат поживних речовин. Заморожені овочі корисніші від імпортованих свіжих, які продаються не в сезон. Свіжі, на вигляд, овочі долаючи тривалий шлях від збирання урожаю до столу споживача, втрачають значну кількість вітамінів та мінеральних речовин. Заморожені ж, навпаки – обробляють свіжозібраними, і їх харчова поживність зберігається.

Ці дослідження, підтверджуються подібними дослідженнями, які були проведені спеціалістами Британії.

Тому, основна рекомендація щодо здорового харчування овочами, які б забезпечили організм людини основними вітамінами та мінеральними речовинами слідуюча: не потрібно рахувати заморожені продукти (при умові, що заморожування, транспортування та зберігання проходить при дотриманні всіх технічних та технологічних умов) менш корисними ніж свіжі овочі, особливо, в зимово - весняний період.

УДК 664.2.002

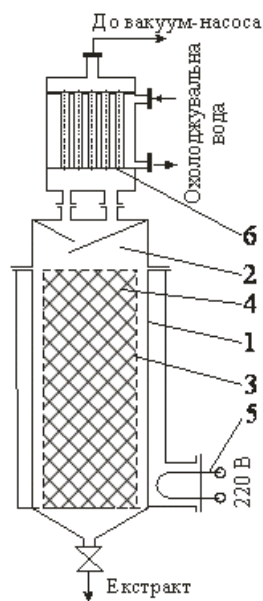
О. Бессараб, В. Шутюк, В. Гейнце

(Національний університет харчових технологій)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ ТОПІНАМБУРА ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ

Харчова цінність бульб топінамбура зумовлена високим вмістом функціональних макро- і мікронутрієнтів, таких як інулін, пектинові речовини, харчові волокна та мінеральні елементи. Це визначає перспективність використання бульб топінамбура в якості сировини для виробництва фізіологічно цінної продукції — інуліну.

Найістотнішими чинниками, що впливають на ефективність процесу екстракції в системі «Подрібнені бульби топінамбура — вода», є температура, тривалість екстрагування і співвідношення «екстрагент – подрібнений топінамбур» (гідромодуль). Забезпечуючи підвищення значення коефіцієнта молекулярної дифузії, одним із основних чинників, що визначають кінетику екстракції інуліну з подрібнених бульб топінамбура, вважають рушійну силу масообмінного процесу — різницю концентрацій інуліну в сировині та екстракті, що визначається гідромодулем.



Проведені дослідження впливу значення гідромодуля на ступінь екстрагування інуліну в діапазоні від 0,5 до 3,0. При цьому тривалість процесу становила від 30 до 60 хв, а температура — 50...80 °С. Нижню межу діапазону варіювання гідромодуля вибрано на підставі результатів попередніх дослідів, що показали низьку ефективність екстрагування за значення гідромодуля нижчого від 0,5. Верхня межа зумовлена економічною і технологічною доцільністю реалізації процесу.

Для проведення досліджень на кафедрі технології консервування Національного університету харчових технологій розроблено дослідну установку, зображену на рисунку. З метою дослідження екстракції для різних режимів під вакуумом установка складалася з вертикального циліндричного резервуара з водяною оболонкою 1, в який завантажувалась стружка топінамбура 4 і заливалася вода відповідно до значень гідромодуля. Зверху резервуар закривався паросепаратором 2 для відокремлення крапель рідини від пари, на якому розміщувався дефлегматор 6. Теплоенергонагрівником 5 нагрівалась вода у водяній оболонці, екстрагент нагрівався до температури кипіння і проводилась екстракція при кипінні соко-стружкової суміші. Дефлегматор 6 повертав сконденсовану пару. Температура кипіння регулювалась розрідженням, яке створював вакуум-насос. Екстракт зливався через патрубок кінцевого днища резервуара. Для відокремлення екстракту від стружки призначена сітка 3.

У результаті дослідження екстракції топінамбура під час кипіння під розрідженням визначено такі раціональні технологічні режими: температура — 50...60 °С, тривалість — 30...45 хв, гідромодуль — 1,5...2,0. За таких умов вихід інуліну становить понад 70 % від початкового вмісту.

УДК 664

**І. Вареник, Г. Агрес, В. Бицок, Н. Островська, Л. Сторож, В. Юкало**  
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ПІДБІР ПРОТЕОЛІТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ХАРЧОВИХ БІЛКОВИХ ГІДРОЛІЗАТІВ**

Отримання гідролізатів молочних білків є важливим завданням їх переробки. Гідролізати використовують для збагачення харчових продуктів незамінними амінокислотами, покращення засвоєння білків організмом, регуляції функціональних властивостей білкових продуктів. Важливим є використання процесу ферментативного гідролізу для отримання гіпоалергенної суміші, яка містить пептиди з молекулярною масою не більше 5000 Да, з яких більшість має 500 Да і не викликає алергії у дітей. Великого поширення набули також гідролізати білків сироватки молока у харчуванні спортсменів.

Зважаючи на відомості, отримані в останні роки, при одержанні гідролізатів білків казеїнового комплексу та сироватки молока необхідно враховувати можливість утворення біоактивних пептидів, які здатні впливати на різні фізіологічні системи організму. Виходячи з цього, виникає необхідність проведення направленої протеолізу білків сироватки молока та казеїнового комплексу з використанням препаратів протеолітичних ферментів, які забезпечать необхідну глибину гідролізу та утворення біоактивних пептидів.

Метою даної роботи було порівняти дію різних протеаз ферментних препаратів на білки сироватки молока та білки казеїнового комплексу. Для роботи були використані ферментні препарати тваринного, рослинного та мікробіологічного походження.

З тваринних ферментів було застосовано лужні протеази: трипсин і хімотрипсин. Трипсин гідролізує пептидні зв'язки, утворені карбоксильними групами лізину та аргініну. Часто в результаті гідролізу трипсином утворюються відносно великі пептиди. Хімотрипсин розщеплює пептидні зв'язки, утворені карбоксильними групами ароматичних амінокислот (тирозин, триптофан, фенілаланін). В окремих випадках хімотрипсин викликає глибший гідроліз білків, ніж трипсин, а також є порівняно з ним стійкішим і повільніше інактивується.

Серед рослинних протеаз було відібрано папаїн – гідролітичний фермент класу цистеїнових протеаз, виділений із папайї (*Carica papaya*). Він розщеплює білки по пептидних зв'язках, в утворенні яких беруть участь лейцин і гліцин.

З мікробіологічних препаратів використали нейтральну протеазу, продуцентом якої є бактерії *Bacillus subtilis*.

Протеоліз проводили в оптимальних умовах концентрацій субстратів, рН і температури для кожного з обраних ферментних препаратів. Хід протеолізу контролювали за зміною концентрації пептидів, які не осаджувалися трихлороцтовою кислотою. Концентрацію продуктів протеолізу в гідролізатах визначали з використанням реактиву Фоліна.

Ферменти мікробіологічного і рослинного походження володіють високою активністю та широкою специфічністю. Проте при їх застосуванні може втрачатися біологічна активність окремих пептидів. Ферменти підшлункової залози тварин мають нижчу протеолітичну активність, але їх використання забезпечує збереження біоактивних пептидів і отримання гідролізатів з відносно вищою біологічною цінністю.

УДК 665.53.03

**О. Мельнічук, О. Швець**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФЕРМЕНТАЦІЇ МЕЗГИ ЙОШТИ**

Наявність у складі ягід йошти великої кількості полі фенольних сполук та проведені дослідження показали, що їх кількість при використанні попередньої теплової обробки зменшується, а максимальний вихід соку був отриманий при використанні ферментних препаратів, висуває необхідність подальшого вивчення цієї проблеми.

Головною перешкодою для вилучення соку з йошти є стінки клітин, що складаються переважно з целюлози та геміцелюлози. Саме полісахариди утворюють матрикс клітинної оболонки, а зміни, які з ними відбуваються у процесі технологічних операцій, визначають консистенцію мезги та вихід соку. Для того, щоб підвищити соковіддачу, таку сировину піддають попередній обробці, яка сприяє руйнуванню клітинної оболонки.

У ході раніше проведених досліджень було встановлено, що найефективнішим способом отримання соку, особливо із сировини, що важко пресується, але багата біологічно-активними речовин (БАР) була попередня обробка мезги ягід ферментними препаратами пектолітичної, целюлолітичної та комплексної дії.

Робочі зони дії препаратів мають спільний температурний інтервал  $45 \div 55$  °C і рекомендовану тривалість обробки  $60 \div 120$  хвилин. Дослідження проводили при температурах 45, 50, 55 °C і середній тривалості обробки 90 хвилин.

Вплив ферментів на вихід соку та його якісні показники перевірили, провівши обробку подрібненої мезги йошти трьома видами ферментів. Масова частка ферментних препаратів, яку вносили у подрібнену мезгу, становила 0,01 0,02 0,03 % від маси мезги. Після попередньої обробки мезги сік вилучали методом пресування. Контрольним зразком був сік із ягід йошти, які пройшли лише механічне подрібнення (вихід соку склав 29 %).

Поліфеноли є нестійкими сполуками та в процесі технологічної обробки і зберігання руйнуються, що в результаті призводить до зменшення біологічної цінності продукту, погіршення його кольору і відповідно якості. Тому, для максимального вилучення БАР та підвищення соковіддачі було обрано найефективніший з досліджуваних способів ферментний, оскільки вихід соку склав близько 60 %.

Для обробки мезги ягід йошти використовували ферментні препарати різнонаправленої дії (виробництва Німеччини): - пектолітичної дії (Pectinex XXL); - целюлолітичної дії (Amylaze AG XXL); - комплексної дії (Фруктозим Колор).

Вибір саме цих ферментів був не випадковим, оскільки йошту відносить до дикорослих ягід, в хімічному складі, якої, окрім пектинових речовин присутній ще комплекс інших біополімерів (таких як клітковина, геміцелюлоза та інші), які тісно взаємопов'язані між собою. Тому, для попередньої обробки такої сировини, доцільно було б використати ферментні препарати з певним комплексом відповідних властивостей.

Використання для попередньої обробки мезги йошти ферментів Pectinex XXL та Фруктозим Колор підвищує вихід соку, порівняно з контрольним зразком (сік, отриманий із сировини після механічного подрібнення) на 31%.

Таким чином, використання ферментів пектолітичної та комплексної дії є ефективним технологічним прийомом, який приводить до збільшення виходу соку та швидкості його витягування.

УДК [544+544.77](07)+378

**І. Назарко**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ПІД ЧАС ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ**

Як показують дослідження і практика у вищій школі, навчально-виховний процес повинен організовуватись таким чином, щоб задовольняти освітні потреби кожного студента відповідно до його інтересів та можливостей і потреби суспільства у навчанні та вихованні нового покоління фахівців. Цьому сприяє модульна технологія навчання, основним завданням якої є запровадження системи академічних кредитів, що аналогічна Європейській кредитно-трансферній системі (ECTS). Кредитно-модульна система (КМС) – це модель організації навчального процесу, що базується на поєднанні модульних технологій навчання та залікових освітніх одиниць (залікових кредитів), які є одиницями виміру навчального навантаження для засвоєння змістових модулів. Обсяг навчального навантаження студента встановлюється в академічних кредитах, які дають можливість враховувати всі досягнення студента.

На факультеті машинобудування та харчових технологій (ФХМ) було теоретично обґрунтовано та експериментально апробовано технологію кредитно-модульного навчання. Основу її конструювання склали модульна побудова змісту кредитів та вимірювання результатів навчання в балах. Зокрема, курс «Фізична і колоїдна хімія», який має 6 кредитів (216 годин) розділений на 7 змістових модулів (ЗМ). До кожного ЗМ розробляються методичні рекомендації, які включають: зміст модуля, перелік видів навчальної діяльності, тексти лекцій, інструкції до лабораторних робіт, плани семінарських занять, алгоритми розв'язування задач, рекомендовану літературу, завдання різних рівнів складності, список рекомендованої літератури. Кожний вид навчальної діяльності студента в межах залікового кредиту (модуль) оцінюється, тобто визначається рейтинг. У ньому враховуються всі форми діяльності кожного студента протягом всього процесу навчання (семестру, року).

Проте, у процесі реалізації КМС при вивченні курсу «Фізична і колоїдна хімія» виникли й певні проблеми. Зокрема: 1) навчальним планом передбачено аудиторні заняття, самостійну та індивідуальну роботу, однак розкладом не регулюються ці форми самостійної та індивідуальної роботи, що зумовлює певні складності; 2) не передбачено творчий диференційований підхід до занять. Для вирішення першої проблеми лабораторні заняття були поділені нами на лабораторний практикум (лабораторні роботи) та семінарські заняття, на яких здійснюється контроль за самостійною роботою студентів з окремих питань. Для вирішення другої проблеми пропонуються індивідуальні завдання, які мають творчий характер, що дозволяє враховувати індивідуальні особливості та інтереси студентів.

Незважаючи на ряд проблем, КМС займає чільне місце у системі вищої школи, підвищує ефективність навчального процесу, покращує та урізноманітнює зміст та форми роботи, стимулює студентів до самостійної роботи, посилює індивідуальний підхід викладача до студентів. Як показує практика, впровадження технології КМС у навчальний процес спонукає студентів систематично працювати над освоєнням відповідних курсів і як результат – ґрунтовне оволодіння знаннями, вміннями і навичками; створює мотиваційні установки, що забезпечує прийняття нових цілей навчання та набуття фундаментальності; дисциплінує студентів, що сприяє формуванню провідних якостей особистості: активності, самостійності, самовдосконаленню, критичного мислення, творчого потенціалу.

УДК 579.6

**В. Сельський, О. Мельничук, Я. Джур.**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **МІКРОБНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

Мікробне забруднення харчових продуктів залежить від вологості продукту, температури зберігання, способу технологічної обробки, консистенції продукту хімічного складу, консистенції. Найсприятливіші умови для розмноження мікроорганізмів створюються у рідких та напіврідких продуктах, в яких мікроорганізми інтенсивно поширюються по всьому об'ємі продукту. У твердих продуктах, сухих та порошкових спостерігається їх гніздове розташування.

Хімічний склад продукту також впливає на розвиток мікроорганізмів. Ріст та розмноження протеолітичних мікроорганізмів відбувається в харчових продуктах з більшим вмістом білкових речовин, а коків, дріжджів з більшим вмістом вуглеводів. У кислому середовищі добре розмножуються мікроскопічні гриби, які нейтралізуючи його, сприяють розвитку гнильних мікроорганізмів.

Важливе значення для розвитку мікроорганізмів у харчових продуктах має кількість незв'язаної, доступної для них води – водна активність, тобто відношення тиску водяної пари над розчином до тиску водяної пари над дистильованою водою в умовах однакової температури. Продукти, які швидко псуються (м'ясо, фрукти, овочі) мають найвищу водну активність (0,98-0,99). Вони оптимальні для розвитку мікроорганізмів. Більшість мікроорганізмів, що викликають псування харчових продуктів, розмножуються при активності понад 0,98 і не розмножуються у разі активності 0,90. серед мікроорганізмів значну стійкість мають стафілококи, які розмножуються, якщо водна активність знижується до 0,86. такий рівень водної активності мають 18,2% розчин кухонної солі та 59% розчин сахарози. Для дріжджів мінімальна водна активність становить 0,85-0,88, для плісняви – 0,80. Осмофільні та галофільні дріжджі розмножуються, якщо водна активність становить 0,62-0,75. А така кількість вільної води міститься в сухих фруктах. Активність води може бути неоднаковою в різних частинах харчового продукту. Якщо відносна вологість повітря нижча, ніж значення відповідної водної активності, то такі продукти підсихають з поверхні і їх водна активність на поверхні знижується. Якщо висушуванням продуктів знизити водну активність нижче 0,69, то вони можуть тривалий час не пошкоджуватись мікробами.

Зниження водної активності можна досягти і додаванням до харчових продуктів розчинних солей та вуглеводів. Активність води через осмотичний тиск впливає на проникність та транспортні системи мікроорганізмів. Механізм антимікробної дії солей та вуглеводів не обмежується тільки впливом на осмотичний тиск. Величина осмотичного тиску, за якої ріст і розмноження бактерій припиняються, для солей значно нижча, ніж для цукрів. Кінцева концентрація цукру в консервах та плодово-ягідних продуктах становить 60-70%. Середня концентрація солі в солених і квашених овочах дорівнює 1,5-4%.

УДК 664.66.047

**<sup>1</sup>В. Шутюк, <sup>1</sup>В. Турчин, <sup>2</sup>В. Василів**

<sup>1</sup>(Національний університет харчових технологій)

<sup>2</sup>(Національний університет біоресурсів і природокористування України)

## **ВПЛИВ СПОСОБІВ І ТЕХНОЛОГІЙ СУШІННЯ НА СПОЖИВЧІ ЯКОСТІ СУШЕНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

Мікрохвильове сушіння продуктів рослинного походження – перспективний спосіб отримання якіснішої продукції за короткий час. Висока потужність мікрохвильових сушарок значно скорочує час сушіння продукції, але призводить до її обуглювання. Термочутливість продуктів до потужності височастотного генератора особливо виразно виявляється в кінці процесу сушіння. Важливу роль у мікрохвильовому сушінні відіграють також швидкість руху і температура повітря, які впливають на швидкість і однорідність перебігу процесу. На відміну від теоретичних засад лабораторні дослідження показують неоднорідність розподілу мікрохвильового поля, що призводить до нерівномірного розподілу температури в матеріалі. За тривалої мікрохвильової дії збільшується температура у місцях з вищою концентрацією сухих речовин і внаслідок перегрівання та обуглювання. Для подолання цієї проблеми можна використовувати комбіноване сушіння – мікрохвильове у поєднанні з іншими способами. Застосування одночасного двох способів сушіння мікрохвильового і сублімаційного, дає можливість не тільки значно зменшити тривалість проведення процесу та витрати енергії, порівняно з характеристиками звичайного сублімаційного сушіння, а й значно поліпшити якість готових продуктів. Гнучкість застосування мікрохвильового оброблення за рахунок використання різної потужності дає змогу отримувати різноманітні вироби без значного переналаштування режимів сушіння.

Мікрохвильово-вакуумне сушіння – технологія, що не тільки має переваги височастотного нагрівання (швидке нагрівання, висока продуктивність, добра керованість), а й знижує температуру випаровування води внаслідок зниження тиску середовища в сушарці. Використання цього способу дає можливість збільшити коефіцієнт розширення й поліпшити текстуру готової продукції. Висушені таким способом фрукти й овочі мають вищу регідративну відновлюваність кінцевого продукту. В результаті мікрохвильового сушіння в псевдозрідженому стані висушений продукт (кубики моркви та картоплі) має однорідний колір, за повторної гідратації морквяні частини майже не відрізняються від отриманих сублімаційним сушінням. Крім того, втрати -каротину і вітаміну С найменші порівняно з іншими способами. Проте витрати енергії за мікрохвильового сушіння в псевдозрідженому найвищі.

Однією з найвдаліших комбінацій є використання мікрохвильово-конвективного сушіння. Мікрохвильова складова дає змогу уникнути в процесі сушіння ущільнення і розтріскування продукту, не допустити місцевого перегрівання. В результаті мікрохвильово-конвективного сушіння готовий продукт набуває однорідної структури та вищої якості.

Застосування мікрохвильового поля для сушіння харчових продуктів надає унікальні можливості для розвитку сучасних сушильних технологій. Значні переваги підтверджено великою кількістю наукових робіт з питань застосування різноманітних комбінацій мікрохвильового сушіння з класичними способами.

УДК 664

**А. Юкало, К. Дацишин, Н. Кушнірук, О. Шпилик, Я. Джур**  
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## БІОАКТИВНІ ПРОДУКТИ ПРОТЕОЛІЗУ БІЛКІВ СИРОВАТКИ МОЛОКА

Використання білків сироватки молока залишається важливою проблемою не дивлячись на велику кількість публікацій і досліджень. Пропонується її використання як субстрату для вирощування мікроорганізмів, як харчової добавки для збагачення і підвищення біологічної цінності різних продуктів, виробництва гідролізатів для дитячого, геродієтичного харчування, харчування спортсменів та отримання гіпоалергенних сумішей. У зв'язку з цим в останні роки суттєво зріс інтерес до продуктів ферментативного гідролізу білків сироватки молока. Цікаво, що й самі білки сироватки, на відміну від білків казеїнового комплексу, володіють біологічною активністю. Це транспорт жирних кислот і ретинолу, антиоксидантна дія ( $\beta$ -лактоглобулін); участь у синтезі лактози в секреторних клітинах молочної залози, транспорт кальцію, імуномодуляторна та антиканцерогенна дія ( $\alpha$ -лактальбумін); імунний захист (імуноглобуліни); транспортна функція (альбумін сироватки крові); зв'язування іонів феруму, антимикробна та антиоксидантна дія (лактоферин). Окрім того, всі названі білки є попередниками біологічно активних пептидів. Приклади окремих пептидів, які утворюються у процесі протеолітичного розщеплення білків сироватки молока, наведені у таблиці.

Біологічно активні пептиди з білків сироватки молока

Білок-попередник і назва пептиду	Первинна структура біоактивного пептиду	Спосіб отримання	Біологічна дія
<i><math>\beta</math>-лактоглобулін</i>			
LGDT-2	VAGTWY	Трипсин	Бактерицидна
LGDT-4	AASDISLLDAQAPLR	Трипсин	Бактерицидна
без назви	SAPLRVY	Протеаза N з <i>B. Subtilis</i>	Інгібітор АПФ
$\beta$ -лакторфін	YLLF-NH <sub>2</sub>	Трипсин, синтез	Інгібітор АПФ, опіоїдна
<i><math>\alpha</math>-лактальбумін</i>			
LDT-1	EQLTK	Трипсин	Бактерицидна
$\alpha$ -імунолактокінін	YG		Імуномодуляторна, інгібітор АПФ
<i>Альбумін сироватки крові</i>			
Серорфін	YGFQNA	Пепсин	Опіоїдний агоніст

Аналіз продуктів протеолізу показує, що для розщеплення білків сироватки молока доцільно застосовувати ферментні препарати, які діють у шлунково-кишковому тракту ссавців. Такими ферментами є пепсин (шлунок), а також протеази підшлункової залози (трипсин, хімотрипсин). Ці ферменти можуть забезпечити утворення природних біологічно активних пептидів, які позитивно впливають на різні системи органів. Оскільки з окремих фракцій білків сироватки молока можуть утворюватися пептиди з різною біологічною активністю, актуальним є використання для протеолізу гомогенних білкових фракцій.



УДК 664

**А. Юкало, Л. Сторож, К. Дацишин, В. Юкало**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **КЛАСИФІКАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

Перше визначення біотехнології було дано Карлом Ерекі в 1917 році. За ним біотехнологія – це «всі види робіт, за яких із сировинних матеріалів за допомогою живих організмів можна виробляти ті або інші продукти». Сучасне визначення стверджує, що біотехнологія – це використання в промисловості біологічних систем або процесів. Біотехнологія знайшла широке застосування у сільському господарстві (кормові дріжджі, ферменти, засоби захисту рослин, рекомбінантні організми), фармацевтичній промисловості (антибіотики, вітаміни, гормони, вакцини і т.д.), енергетиці (біоетанол, біодизель, біогаз). До біотехнологій також можна віднести ряд технологій виробництва харчових продуктів і харчових речовин, у яких беруть участь живі клітини та ензими (бродильні виробництва, виробництво харчових добавок, молочних продуктів і т.д.). Враховуючи сучасні дані біохімії і фізіології харчування, нами пропонується наступна класифікація біотехнологій харчових продуктів:

<b>Біотехнології харчових продуктів</b>		
<b>Біотехнології традиційних продуктів</b>	<b>Біотехнології харчових речовин</b>	<b>Харчова біотехнологія або біотехнологія природних харчових продуктів</b>
<hr/> – технологія хліба – технологія пива, вина, харчового спирту – технологія дріжджів – технологія квашених продуктів	<hr/> – технологія оцту – технологія харчових добавок – технологія харчових білків	<hr/> – технології молока і молочних продуктів

Продукти третьої групи відрізняються принципово від перших двох тим, що вони виготовляють за участі живих клітин та ензимів з природної сировини, яка створена для харчування ссавців, у тому числі й людини, та може повністю забезпечити їх потреби у харчових речовинах та енергії. Їх біотехнологія починається від синтезу і комплектації в клітинах тварин (біологічна стадія). Друга стадія (технологічна) – промислове виробництво на підприємствах. Технологічна стадія також може відтворювати біологічні процеси. Так, згортання молока при виробництві сирів або сичужного казеїну дуже нагадує коагуляцію казеїну в шлунку ссавців у період молочного живлення. Також продукти третьої групи не можливо повністю оцінити за такими традиційними показниками харчової цінності, як хімічний склад, амінокислотний скор, доступність до дії травних ферментів, калорійність. Дослідження останніх років показали, що до складу молока, зокрема його білків, входять послідовності амінокислотних залишків, які можуть проявляти біологічну дію на організм. Виявлено десятки різних видів біоактивних пептидів, які можуть утворюватися у процесі протеолізу під час травлення молочних білків у шлунково-кишковому тракті. Доведено, що такі пептиди можуть утворюватися під час протеолітичних процесів при виробництві ферментованих молочних продуктів, сирів, гідролізатів білків молока (фосфопептиди, антигіпертензивні, імуномодуляторні, бактерицидні пептиди та ін.). Підсумовуючи, можна сказати, що біологічна цінність і біологічна дія продуктів третьої групи остаточно не встановлені і потребують подальшого вивчення. А завдання харчової біотехнології полягає в тому, щоб зберегти і використати їх в продуктах харчування.

## Секція: **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

Керівники: **проф. М.Приймак, доц. С.Лупенко, доц. О.Мацюк**

Секретар: **доц. Н. Загородна**

УДК 531.374; 539.213

**Е. Довговецький, Р. Жаровський, Л. Щербак**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

### **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В ПІРИНГОВИХ МЕРЕЖАХ**

P2P-мережі засновані на ідеї децентралізації, спільного використання ресурсів по великому числу користувачів. Така децентралізація дозволяє мережі перевершувати всі інші технології доставки контенту. У всіх параметрів, таких як загальна сума завантаження, швидкість, доступність, масштабованість і економічність - P2P переваги не має собі рівних. Є багато P2P реалізацій в даний час, однак найбільш популярним є протокол BitTorrent з 60-90 відсотків від загального обсягу трафіку P2P.

При передачі інформації протокол Torrent генерує значну кількість службової інформації тому доцільним є дослідження та оптимізація передачі даних в P2P мережах. В доповіді розглянуті методи зменшення об'єму технічних даних між користувачами мережі. Для зменшення об'єму технічної інформації було застосовано відсіювання надмірної (системні команди та биті байти інформації) інформації та кешування даних. На графіку (рис. 1) показано, що за рахунок кешування з 150 найпопулярніших торрентів можна заощадити до 20% трафіку BitTorrent.

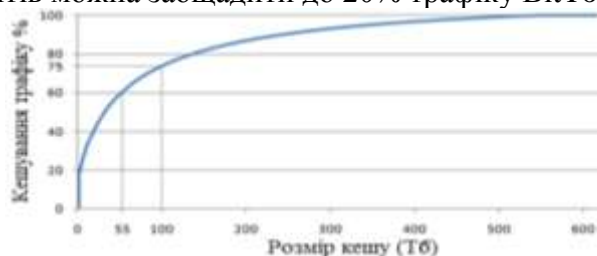


Рис. 1. Об'єм кеш-пам'яті

Простір дискового кеша може бути представлений як принцип Парето. За кешування 20 відсотків активного вмісту BitTorrent до 80 відсотків вірогідність попадання може бути досягнута. Під час тестування в якості сервера було використано стаціонарний комп'ютер з параметрами: процесор – Core2 Duo 2.4 ГГц, ОЗП – 8 Гб, HDD – 320 Гб 7200 Об/с. Тестування проводилося на протязі трьох робочих днів за цей період системою проксі-кеш було захоплено 24 мільйонні GET запитів розмір журналу склав 18 Гб. Відносно тестування, оптимальний розмір кеша для активних торрентів становить від 55 ТБ до 100 ТБ.

Також розглядався захист мережі від атак злоумисників та закриття доступу для заражених комп'ютерів (додатків), методом фільтрування та обробки даних клієнтів. Захист проводиться методом аналізу та формування білих та чорних списків веб сайтів, та перевірку завантажувальних файлів через бази антивірусних програм. Відносно обробленої інформації в разі знаходження шкідливого файлу (веб сторінки) система повідомляє користувача що дана інформація (веб сторінка) може зашкодити роботі його комп'ютера. У разі якщо комп'ютер користувача вже заражений то система блокує його запити до мережі щоб не було заражена інших користувачів та не були проведені дії з боку вірусних програм в глобальну мережу.

УДК 519.7

**О. Дуда**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ**

Безперебійне забезпечення споживачів водою на сьогоднішній день для багатьох населених центрів України є досить актуальною проблемою. Хоча, останнім часом йде оновлення водопровідних мереж та насосного обладнання, вони характеризуються значним ступенем зношення. Тому оперативне реагування при виникненні аварійних ситуацій в даній галузі є особливо актуальним.

При застосуванні автоматизованої системи контролю й обліку телеметричних показників [1] для динамічного спостереження витрат води доцільно оперативне прогнозування (в межах поточної доби) з метою виявлення аварійних ситуацій.

Завдяки розвитку теорії штучного інтелекту було запропоновано рішення задачі оперативного прогнозування з використанням моделей на основі експертних систем і штучних нейронних мереж. Їх переваги над традиційним моделям зумовлені високою працездатністю при неповній вхідній інформації та відсутністю потреби в побудові точних моделей об'єкта. Внаслідок зростання обчислювальних потужностей сучасних інформаційних систем зростає стійкість до перешкод та складність програмних реалізацій нейромереж, їх продуктивність.

Поставлена задача повинна характеризуватись значною кількістю ознак [2], щоб застосування нейронних мереж було виправданим та нейронна мережа могла бути застосована для її вирішення:

- відсутній алгоритм або не відомі принципи вирішення задач, але накопичене достатнє число прикладів;
- проблема характеризується великими обсягами вхідної інформації;
- дані неповні або надлишкові, зашумлені, частково суперечливі.

Таким чином, нейронні мережі добре підходять для прогнозування водоспоживання, та для виявлення аварійних ситуацій в процесі їх експлуатації. У великій кількості публікацій по прогнозуванню споживання використовується конфігурація штучних нейромереж прямого поширення з навчанням по методу зворотного поширення помилки.

В процесі синтезу нейронної мережі важливим етапом є формування вектора вхідних даних. Залежно від розмірності цього вектора слід провести визначення кількості входів та шарів нейромережі. При недостатньому розмірі мережі для вирішення поставленої задачі буде погано навчатися і неправильно працювати, а при розмірі, що перевищує складність вирішуваної задачі, процес навчання ШНМ буде дуже тривалим, або мережа взагалі може бути непридатна для вирішення поставленої задачі. Це питання в кожному конкретному випадку вирішується експериментальним шляхом.

### ***Перелік посилань***

1. О. Мацюк, Ю. Гладько, О. Дуда, Структура автоматизованої системи контролю й обліку телеметричних показників. // Збірник тез доповідей Матеріали I науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. – Тернопіль ТНТУ, 2011. – С.27.

2. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. Теория и практика.– М. Мир, 1992. –186с.

УДК 004.4

**О. Кареліна**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ЗАСОБАМИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ARIS**

Процесний підхід до управління підприємством виник у 80-х роках для вирішення проблем на виробництві, підвищення якості продукції та рівня задоволеності споживача. Принципи цього методу управління буди узагальнені для різних організацій і сформульовані у стандарті якості ISO 9000. В Україні зараз діє стандарт ДСТУ ISO 9001:2009 [1], який дає основні визначення процесного підходу до управління та регламентує його впровадження на підприємстві.

Для опису бізнес-процесів у 1981 р. департаментом військово-повітряних сил США був розроблений стандарт IDEF0 [2], який еволюціонував до 1993 р. в IDEF3. Опис процесу являє собою «чорну скриньку» із входами, виходами, управлінням та механізмом реалізації. Складність сприймання таких діаграм полягає у тому, що на одній схемі зображені і характеристики бізнес-процесу, і елементи організаційної структури підприємства, у яких здійснюється процес, і регламенти, що керують процесом. При значному ступені деталізації з однієї діаграми зрозуміти суть процесу неможливо, потрібно звертатись до великої кількості батьківських та дочірніх діаграм. Така методика моделювання бізнес-процесів була вдосконалена у 1984 р. професором університету землі Саар А.-В. Шеєром і реалізована у пакеті прикладних програм ARIS (Architecture of Integrated Information Systems).

У методології ARIS створюється кілька взаємопов'язаних моделей:

- організаційна модель підприємства, яка демонструє структуру підрозділів та кадрове забезпечення;
- мережа бізнес-процесів, яка дозволяє зрозуміти взаємозв'язок основних та забезпечувальних процесів підприємства;
- моделі окремих бізнес-процесів, побудова яких є основою для реінжинірингу та постійного покращення роботи підприємства;
- модель даних, яка створюється для реалізації їх структури у вибраній системі управління базами даних;
- модель IT-інфраструктури, яка ілюструє апаратне і програмне забезпечення інформаційної системи;
- довільна діаграма, яка дозволяє реалізувати методики моделювання, які не представлені у названих вище видах моделей.

Компанія Software AG, яка розробляє програмне забезпечення ARIS, надає всебічну підтримку студентам, викладачам ВНЗ, що вивчають моделювання бізнес-процесів. На сайті <http://www.ariscommunity.com/> можна безкоштовно завантажити програму ARIS Express для загального ознайомлення з методологією ARIS. Також доступні інтерактивні дистанційні курси для вивчення теорії моделювання бізнес-процесів, відеоуроки по роботі з програмним забезпеченням. Сайт постійно поповнюється статтями із практики використання ARIS для впровадження системи менеджменту якості на підприємстві шляхом реінжинірингу бізнес-процесів.

### ***Перелік посилань***

1. ДСТУ ISO 9001:2009. Національний стандарт України. Система управління якістю. Вимоги. (ISO 9001:2008, IDT) [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.gereelo.dp.ua/index/info\\_dstu\\_iso\\_9001-2009.html](http://www.gereelo.dp.ua/index/info_dstu_iso_9001-2009.html)

2. IDEF0 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/IDEF0>

УДК 004.043

**В. Крамар, С. Лупенко**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ПРОБЛЕМА СТРУКТУРИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ**

У публікації розглянуто проблему структуризації інформації в мережі Інтернет для її інтелектуального аналізу та пошуку. Проаналізовано сучасний стан проблеми та підходи до її вирішення. Запропоновано використання моделей та методів теорії самоорганізації для розробки систем структуризації інформації [1].

Як відомо, сьогодні обсяг інформації в мережі Інтернет збільшується стрибкоподібним чином. Тому постає проблема структуризації цієї інформації для її інтелектуального аналізу та пошуку. Структуризація – це створення такої множини елементів, які знаходяться у взаємодії та специфічному порядку, необхідному для виконання певних функцій. Зокрема, структуризація інформації здійснюється насамперед для інформаційного пошуку.

Можна виділити два підходи до структуризації інформації в мережі Інтернет: шляхом розробки систем структуризації інформації та структуризації інформації в самій мережі, шляхом створення метаданих опису інформаційних ресурсів. Останній підхід є нічим іншим як створенням семантичного web. Семантичний web – це концепція розвитку мережі Інтернет, в якій основну роль відіграють метадані та їх машинна обробка. Ця концепція прийнята консорціумом W3. Однак застосуванню семантичного web перешкоджають декілька складних проблем. Це, насамперед, складність впровадження цієї концепції, незважаючи на існування цілої низки стандартів, таких як XML, RDF, OWL. На сьогодні величезний обсяг інформації в Інтернеті є беззмстовним з точки зору програм і орієнтований, в основному, на використання цих ресурсів людиною, що помітно обмежує розвиток інформаційних систем та інформаційних технологій [2]. Звичайно, практично вирішуватись більш ефективно ця проблема повинна з застосуванням цих двох підходів одночасно.

Щодо першого підходу, то такі системи є досить складними. Для їх розробки необхідно використовувати якісно нові принципи розробки таких систем. Ними можуть виступити принципи самоорганізації. Зокрема, пропонується використовувати підхід з використанням теорії Рамсея із застосуванням правил самоорганізації до неструктурованої інформації для її організації [3].

### ***Перелік посилань***

1. Крамар В.І. Самоорганізація в задачах проектування інформаційно-пошукових систем / В.І Крамар, С.А. Лупенко // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 12-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2010. – К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2010. – С. 276.

2. Марчук А.Г. Semantic Web - на пути к новому поколению информационных систем / А.Г. Марчук // Труды 7-ой Всероссийской научной конференции "Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции", Ярославль, Россия, 4-6 октября 2005 г. – С. 122-125.

3. Крамар В.І. Новий підхід до формалізації процесів самоорганізації на основі теорії Рамсея / В.І. Крамар, С.А. Лупенко // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2012. – №2. – С. 143-151.

УДК 003.26.09; 519.688

**А. Луцків**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ АЛГЕБРАІЧНОГО МЕТОДУ КРИПТОАНАЛІЗУ**

На сьогодні в криптології все більшої актуальності набувають алгебраїчні криптоаналітичні методи [1, 2], які теоретично можуть бути застосовані до симетричних та асиметричних, блокових та поточкових шифрів. Практичне використання даного методу пов'язане з розв'язанням наступних задач:

- 1) автоматизованого представлення алгоритму шифрування у вигляді системи рівнянь у аналітичній формі з урахуванням вхідних даних алгоритму;
- 2) спрощення системи рівнянь у аналітичній формі;
- 3) перетворення аналітичної форми криптоалгоритму до кон'юнктивної нормальної форми;
- 4) розв'язання системи рівнянь великої розмірності у кон'юнктивній нормальній формі;
- 5) коректна інтерпретація розв'язків системи рівнянь.

Таким чином з метою практичного використання даного методу криптоаналізу доцільно створити програмну систему, яка б поєднувала в собі розв'язання усіх вищенаведених задач. Для цього можна скористатися наявними розробками з відкритим вихідним кодом, зокрема [3], які дають змогу розв'язувати п.1 — п.4. На даний момент відповідне програмне забезпечення адаптоване для дослідження поточкових алгоритмів шифрування, що базуються на регістрах зсуву зі зворотніми зв'язками: Grain, Trivium, Bivium-B, HiTag2 та Crypto1. Проте дане програмне забезпечення, а саме програмна компонента п.4 у ряді випадків дає некоректні результати для деяких вхідних даних, а також є доцільність адаптувати її для виконання в системах із розподіленою пам'яттю. Розв'язання даної задачі можливе шляхом удосконалення наведеного програмного забезпечення.

Іншим обмеженням наведеного програмного забезпечення є неможливість досліджувати блокові шифри. Розв'язання цієї задачі можливе шляхом розробки математичного, алгоритмічного та програмного забезпечення, на основі ідей запропонованих у роботах Н. Куртуа [1, 2] та згаданої програмної системи [3].

### ***Перелік посилань***

1. Courtois N., Klimov A., Patarin J, Shamir A. Efficient Algorithms for Solving Overdefined Systems of Multivariate Polynomial Equations B.Prenell (Ed.): EUROCRYPT 2000, LNCS 1807, pp.392-407, 2000. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2000.
2. Johannes Buchmann, Jintai Ding, Mohamed Saied Emam Mohamed, Wael Said Abd Elmageed Mohamed MutantXL: Solving Multivariate Polynomial Equations for Cryptanalysis. Dagstuhl Seminar Proceedings 09031. Symmetric Cryptography. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2009/1945> — Назва з екрану.
3. Mate Soos Grain of Salt [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <http://www.msoos.org/grain-of-salt/> — Назва з екрану.

УДК 517.217.1

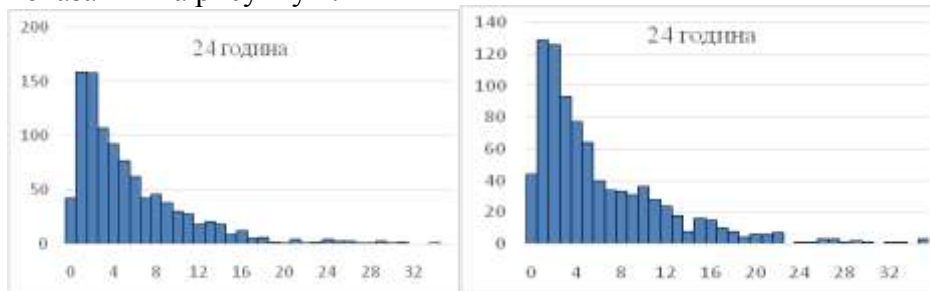
**О.Маєвський, О.Мацюк, М.Приймак**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ОЦІНКА ПЕРІОДИЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ВХІДНОГО ПОТОКУ

При дослідженні систем масового обслуговування (СМО) значну увагу привертають її вхідні потоки. Це природно, оскільки знання особливостей вхідного потоку є необхідною умовою вирішення задач оптимізації процесу обслуговування замовлень, підвищення ефективності функціонування СМО в цілому. В переважній більшості потоки мають випадковий характер. Тому, щоб була можливість вивчати потоки, із всієї їх множини стараються виділити певний клас потоків, що дозволяє розробити відповідні методи дослідження. Один із таких класів – це найпростіші потоки [1]. Однак припущення про те, що потік є найпростішим, може бути обґрунтованим тільки на відносно невеликих часових інтервалах. Практика свідчить, що коли вхідні потоки розглядати на достатньо тривалих інтервалах часу (день, тиждень, сезон, рік), то для багатьох СМО вони мають стохастично періодичний характер. Обґрунтування моделі таких потоків базується на припущенні, що інтенсивність є періодичною функцією, в результаті чого їх моделлю є періодичний пуассонівський потік однорідних подій [2,3]. Щоб була можливість знаходити оцінку інтенсивності потоку, в роботі замість періодичного пуассонівського потоку вибрана модель у вигляді періодичного пуассонівського потоку із кусково стаціонарною структурою. Оскільки для періодичного пуассонівського потоку його період  $T=24$  год., а для потоку із кусково стаціонарною структурою вибрано довжину інтервалів стаціонарності  $\Delta t=3$  год., то значення періоду  $L = T/\Delta t = 24/3 = 8$ .

В доповіді розглядається питання оцінки періодичної інтенсивності вхідного потоку викликів на швидку допомогу м. Тернополя. Результат оцінювання інтенсивності потоку в літній (графік 1) та зимовий (графік 2) періоди 2009 року показаний на рисунку 1.



Візуальний аналіз рисунків показує, що густина розподілу інтенсивності викликів на швидку допомогу близька до експоненційного закону, залежить від періоду доби та пори року.

### Перелік посилань

1. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1983. – 398 с.
2. Приймак М.В. Основи теорії моделювання, аналізу і прогнозу в автоматизованих системах управління ритмічними процесами: Автореф. дис...докт. техн. наук: 05.13.06 / Київ: НАУ, 2001. – 34 с.
3. Приймак М.В., Мацюк О.В., Маєвський О.В., Драпак Р. Стохастично періодичні потоки та їх модель // Збірник тез доповідей XV наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя 14-15 грудня 2011 року. – Тернопіль, ТНТУ. – С.88.



УДК 517.217.1

**О. Маєвський, М. Приймак**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

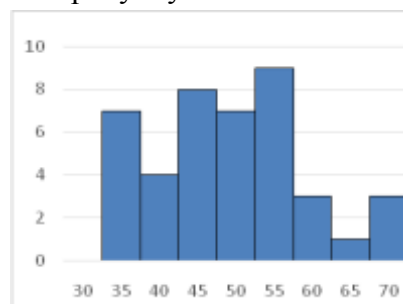
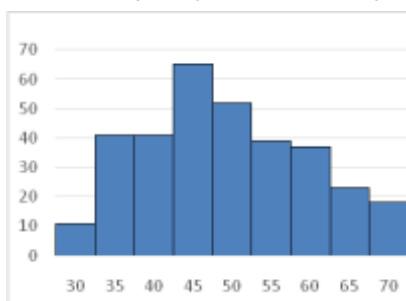
## ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТЕЙ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВИМОГ СТОХАСТИЧНО ПЕРІОДИЧНИХ СМО

При дослідженні систем масового обслуговування (СМО) увага звертається в першу чергу на вхідний потік вимог, його ймовірнісні характеристики. В порівнянні із вхідними потоками питання дослідження тривалостей (інтервалів часу) обслуговування має свої особливості. Може виявитися, що хоча для однотипових СМО їх вхідні потоки практично однакові, тривалості обслуговування вимог можуть суттєво відрізнятися. В значній мірі це залежить від встановленого порядку обслуговування вимог, ритмічності функціонування СМО, людського фактору. Тому для всестороннього дослідження тривалостей обслуговування вимог вдаються до методів математичної статистики.

В цій доповіді розглядається питання гістограмного аналізу тривалостей обслуговування вимог на прикладі функціонування центральної станції швидкої допомоги м. Тернополя, враховуючи стохастично періодичний характер її функціонування. Зауважимо, що при цьому розглядалося декілька варіантів тривалостей:

- ✓ тривалістю виконання вимог (для швидкої допомоги – викликів) є інтервали часу  $T_i$  між моментом надходження виклику і моментом повернення бригади швидкої допомоги, що обслуговувала виклик;
- ✓ замість тривалостей  $T_i$  фіксується дві величини:  $T_i^{\leftarrow}$  – тривалість між часом надходження виклику і часом виїду бригади на виклик і  $T_i^{\rightarrow}$  – тривалість між часом виїзду бригади на виклик і часом її повернення.

В роботі проведено гістограмний аналіз для кожного із трьох видів тривалостей –  $T_i$ ,  $T_i^{\leftarrow}$  та  $T_i^{\rightarrow}$ . Щоб врахувати стохастичну періодичність тривалостей, використовується наступний підхід. Кожна доба місяця (сезону) розбивається на  $L = 8$  проміжків часу  $\Delta_k$ ,  $k = \overline{0,7}$ , кожний довжиною 3 години. Спочатку всі тривалості  $T_i$  розподіляються по групах  $\Gamma_k$ ,  $k = \overline{0,7}$ , в залежності від того в яку із груп попадає початок кожної із тривалостей. Після цього гістограмний аналіз проводиться для кожної із груп тривалостей. Така ж процедура гістограмного аналізу може здійснюватися для тривалостей  $T_i^{\leftarrow}$  та  $T_i^{\rightarrow}$ . Гістограми тривалостей  $T_i$  для груп:  $\Gamma_1 = \{0 \text{ год}, 3 \text{ год}\}$  і  $\Gamma_6 = \{18 \text{ год}, 21 \text{ год}\}$  показані на рисунку.



Аналіз гістограм показує, що вони між собою відрізняються. Гістограма для групи  $\Gamma_1 = \{0 \text{ год}, 3 \text{ год}\}$  близька до нормального розподілу, для групи  $\Gamma_6 = \{18 \text{ год}, 21 \text{ год}\}$  – до рівномірного. Цей результат сприяє вирішенню питання, чи можна станції швидкої допомоги, як СМО, відносити до систем марківського типу, чи така кваліфікація буде хибною.



УДК 519.7

**О. Мацюк, Ю. Гладь, О. Дуда**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ Й ОБЛІКУ ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ**

Спроектувавши структуру інформаційної системи для дистанційного обліку телеметричної інформації [1] доцільно визначитись з переліком та призначенням програмних компонент системи. Програмні компоненти виконують основні групи операцій, тому їх склад повинен відповідати функціональному призначенню інформаційної системи:

“Налаштування системи” – програмна компонента, котра використовується для зміни параметрів використання сервера, налаштування параметрів безпеки системи, особливостей реалізації користувацького інтерфейсу. Також засобами компоненти можна виконати дії по блокуванню IP-адрес, переглянути список помилкових запитів до системи.

“Розміщення” – програмна компонента використовується для керування записами про адміністративно-територіальні структури та їх підпорядкування. Дозволяє створювати та редагувати записи про області, райони, населені пункти, вулиці, тощо.

“Організації” – програмна компонента використовується для керування записами про організації, котрі виконують обслуговування пристроїв для передачі телеметричних показників.

“Користувачі” – програмна компонента використовується для адміністрування облікових записів користувачів. Засобами цієї компоненти регулюються та регламентуються права доступу до інших програмних компонент системи. Виконується створення, редагування, встановлення прав доступу, блокування, розблокування та видалення облікових записів користувачів.

“Термінали” – програмна компонента дозволяє керувати записами про типи входів терміналів, терміналів та давачів. Після створення потрібних інформаційних записів до системи можна додавати записи про термінали від котрих будуть отримані дані про телеметричні показники. Для всіх інформаційних записів доступні операції редагування. Знищувати можна тільки ті записи, котрі не використовуються іншими інформаційними сутностями. Засобами програмної компоненти відбувається формування команд для дистанційного керування терміналами.

“Дані” – програмна компонента використовується як підсистема компоненти “Термінали” та виконує функції завантаження, обробки, класифікації, вибірки, візуалізації та експорту даних про телеметричні показники.

“Прогноз” – програмна компонента використовується як підсистема компоненти “Дані” та реалізує програмні функції нейромережі для короткочасного прогнозу телеметричних показників.

### **Перелік посилань**

1. О. Мацюк, Ю. Гладь, О. Дуда, Структура автоматизованої системи контролю й обліку телеметричних показників. // Збірник тез доповідей Матеріали I науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. – Тернопіль ТНТУ, 2011. – С.27.

УДК 004.94

**Г. Осухівська, Т. Лобур, Т. Білостоцький**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕРНЕТ-ТРАФІКУ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ**

Темпи зростання кількості користувачів Інтернету в Україні вже перевищують загальносвітові (40-45% - в Україні і 30-35% - у світі). Відповідно до даних нового дослідження, станом на початок другого півріччя 2012 року постійними (такими, що виходять в мережу не рідше одного разу на місяць) користувачами інтернету вже було 17,6 мільйонів українців, тобто 45% дорослого населення країни. Щоденна аудиторія інтернету зросла до 12,2 мільйонів українців. Тому дослідження та моделювання інтернет-трафіку комп'ютерної мережі є актуальною задачею на сьогоднішній день.

В роботі дослідження проводились на базі комп'ютерної мережі з доступом до інтернет гуртожитку №1 Тернопільського державного медичного університету імені І. Я. Горбачевського.

При дослідженні завантаженості комп'ютерної мережі використано математичну модель у вигляді періодично корельованих випадкових процесів, а саме синфазний метод аналізу. В даному випадку сигнал, який передається між робочими станціями та інтернет-сервером є випадковим нестационарним, але при його дослідженні відмічалась певна повторюваність параметрів, таких як пропускна здатність та рівень затримок сервера.

На рисунку 1 показано сигнал передачі інформації та навантаженість інтернет-мережі гуртожитку №1 Тернопільського державного медичного університету імені І. Я. Горбачевського протягом тижня, на рисунку 2 - графік отриманих спектральних компонент синфазним методом.

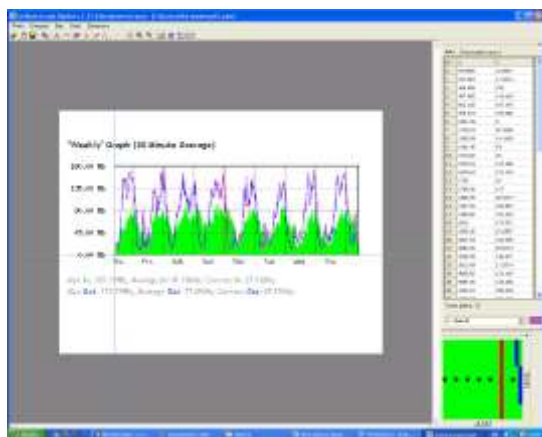


Рис. 1. Оцифрування сигналу

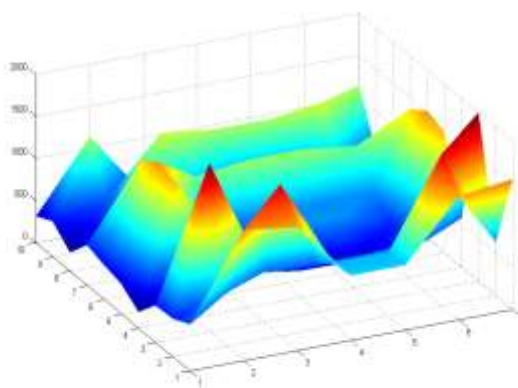


Рис. 2. Графік спектральних компонент

За даними досліджень можна робити висновки про параметри та характеристики засобів передачі інформації та їх ефективність, а також провести математичне моделювання завантаженості інтернет-трафіку для прогнозування даних характеристик.

УДК 61:681.3

**Г. Поліщук, С. Лупенко**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ЗАГАЛЬНА АРХІТЕКТУРА ТЕЛЕМЕДИЧНИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ ТА МОНІТОРИНГУ**

Для задач діагностики та моніторингу основних показників життєвої активності та віддаленого сповіщення пацієнтів про стан їхнього здоров'я на сьогодні розроблено ряд телемедичних систем [2,4]. У загальному випадку такі системи складаються з підсистеми збору даних, підсистеми попередньої обробки даних, віддаленої підсистеми моніторингу та діагностики та підсистеми збереження медичних даних. Деякі підсистеми можуть бути логічно об'єднані між собою.

Підсистема збору медичних даних складається з медичних приладів, які включають в себе інтерфейси передачі даних та давачі. Для обміну інформацією між підсистемами збору даних та попередньої обробки використовуються як провідні (USB, Ethernet, POTS), так і безпроводні (GSM, WPAN, WLAN) канали зв'язку. Перспективними в цьому напрямку є розробка мереж давачів тіла на основі передачі даних безпроводним середовищем (body sensor networks) [1], а також застосування пристроїв, які створюють найменший дискомфорт пацієнту, зокрема у вигляді годинників, браслетів, пов'язок, одягу тощо. Сигналами для телемедичних систем можуть бути ЕКГ, пульс, тиск, температура, рівень глюкози в крові, вага, дані спірометрії, тривалість сну та ін.

Підсистема попередньої обробки даних в більшості випадків є програмним продуктом, який встановлений на комп'ютері або телефоні пацієнта, що аналізує основні показники, одержані з давачів, передає дані на більш детальне опрацювання та збереження за допомогою інтернет з'єднання і за необхідності зберігає їх на локальному пристрої. Підсистема віддаленого моніторингу та діагностики передбачає значні обчислювальні потужності для швидкого та якісного діагностування, а для підсистеми збереження даних необхідні великі об'єми для збереження даних пацієнтів. Для зменшення вартості цих складових телемедичних систем доцільно застосувати програмно-апаратні засоби запропоновані в роботі [3].

Найбільш проблемним аспектом в галузі телемедичних систем є відсутність єдиного стандарту передачі та збереження медичних даних. Фірми виробники діагностичних приладів в більшості випадків використовують свої приватні стандарти, що унеможливує їх інтегровуваність, а стандарти збереження і передачі медичної інформації (DICOM, HL7) є спрямованими на певний тип даних, що призводить до складності об'єднання вже існуючих систем.

В доповіді розглянуто загальну архітектуру телемедичних систем діагностики та моніторингу, її основні складові компоненти та технології обробки і передачі даних, що в них використовуються. Проведено аналіз сучасних рішень в області віддаленого діагностування в Україні та світі та запропоновано шляхи зменшення вартості та підвищення якості надання медичних послуг телемедичними системами діагностики та моніторингу.

### ***Перелік посилань***

1. Kai Lin System Design and Data Fusion in Body Sensor Networks // Kai Lin, Min Chen, Joel J. P. C. Rodrigues, Hongwei Ge // Telemedicine and E-Health Services, Policies, and Applications: Advancements and Developments. – 2012. USA – P.1-25.

2. <http://www.cardiocom.com>.

3. Поліщук Г.В. Програмно-апаратні засоби високопродуктивних обчислювальних систем для задач біометрії // Г.В. Поліщук, С.А. Лупенко, А.М. Луцків // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – № 22.9 – С.352-359.

4. <http://www.telcomed.ie>

УДК 517.217.1

**М. Приймак, О. Приймак**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **МОДЕЛІ РИТМІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЕКОНОМІЦІ**

Економіка є однією із найбільш складних галузей науки. Причина, очевидно, в тому, що на її функціонування впливає величезна кількість різноманітних, часто важко контрольованих факторів, в тому числі і людський фактор. В таких умовах вирішення багатьох проблемних задач економіки неможливе без залучення потужних методів математики і в першу чергу методів теорії ймовірностей і математичної статистики. Це стало причиною появи ряду математико-економічних дисциплін, зокрема таких, як економічна кібернетика, стохастична фінансова математика, економетрика (іноді використовується термін економетрія). В свою чергу потреби економіки стимулюють розвиток чи появу нових математичних дисциплін, до яких відноситься лінійне програмування, динамічне програмування, теорія ігор, теорія графів та інших.

В економіку проникають також вивірені в прикладній математиці методології, схеми досліджень. Один із найбільш результативних підходів до розв'язку багатьох задач вкладається в тріаду «модель-алгоритм-програма». Згідно цієї схеми досліджень на першому етапі будується модель об'єкта, що вивчається, на другому – на базі моделі розробляється алгоритм розв'язку задачі, на третьому етапі створюється відповідне програмне забезпечення. Основним в цьому підході, безумовно, є перший етап – побудова моделі, оскільки від адекватності об'єкта і його моделі залежить успішність розв'язку наступних задач тріади.

Саме такий підхід зручно використовувати при вивченні багатьох процесів в економіці, дослідженні та оптимізації функціонування систем масового обслуговування, характерною особливістю яких є стохастична періодичність. Як приклад, на рисунку 1 наведений графік споживання електроенергії в Тернополі за сім днів в липні 2010 року. Візуальний аналіз графіка показує наявність випадковості і приблизної повторюваності значень графіка.

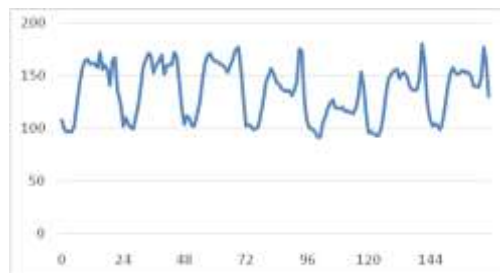


Рис. 1. графік споживання електроенергії в Тернополі за сім днів в липні 2010 року.

Для опису стохастично періодичних навантажень існує ціла низка моделей, які дозволяють цю періодичність врахувати. Наведемо деякі із цих моделей, які розглядаються в доповіді.

1. Сума періодичної функції і стаціонарного процесу.
2. Періодично корельовано процеси.
3. Періодичні за Слуцьким процеси.
4. Лінійні періодичні процеси.
5. Періодичні процеси Маркова.

Важливо, що для цих процесів розроблені методи статистичного аналізу, що важливо для розв'язку наступних задач: прогнозу енергоспоживання; оптимізації генеруючих потужностей; енергозбереження та інших.

УДК 517.217.1

М. Приймак, Л. Дмитроца

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ЗМІННІ ПЕРІОДИ ФУНКЦІЇ ІЗ ЗМІННИМ ПЕРІОДОМ ТА ЇХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК

Нагадаємо, що функція  $f(t)$ ,  $t \in I$ , називається періодичною із змінним періодом, якщо існує така неперервна функція  $T(t) > 0$ ,  $T'(t) > -1$ , що для всіх  $t$  і  $t+T(t)$  із області визначення  $I$  значення функції  $f(t)$  в цих точках повторюються, тобто

$$f(t) = f(t+T(t)). \quad (1a)$$

Відомо, що для періодичної функції  $g(t)$ ,  $t \in I$ , з постійним періодом  $T$  виконується рівність  $g(t) = g(t+T) = g(t-T)$ . Нескладні міркування показують, що для функції  $f(t)$  із змінним періодом  $T(t)$  аналогічна рівність  $f(t) = f(t+T(t)) = f(t-T(t))$  в загальному не виконується. Тому для знаходження точки, розміщеної через період зліва відносно  $t$ , в якій значення функції повторюється, необхідно розглянути змінний період  $T^-(t)$ , такий що

$$f(t) = f(t-T^-(t)). \quad (1b)$$

Аналіз виразів (1a) і (1b) та нескладні міркування переконують, що між змінними періодами  $T(t)$  і  $T^-(t)$  існує функціональний взаємозв'язок:

$$T(t) = T^-(t+T(t)), \quad (2a)$$

$$T^-(t) = T(t-T^-(t)). \quad (2b)$$

Перевіримо це твердження для змінних періодів тригонометричних функцій  $\sin t^\alpha$  та  $\cos t^\alpha$ ,  $t \geq 0$ ,  $\alpha > 0$ . Як показано в [1], для цих функцій їх змінні періоди

$$T_\alpha(t) = -t + t^\alpha + 2\pi^{1/\alpha}, \quad t \geq 0, \quad (3a)$$

$$T_\alpha^-(t) = t - t^\alpha - 2\pi^{1/\alpha}, \quad t \geq 2\pi^{1/\alpha}. \quad (3b)$$

Наявність індексу  $\alpha$  у виразах для змінних періодів  $T_\alpha(t)$  та  $T_\alpha^-(t)$  вказує на їх залежність від  $\alpha$ , і коли не виникає непорозуміння, індекс можна опускати.

Перевіримо рівність (2a). Підставивши у вираз  $T^-(t+T(t))$  змінний період (3a)

$T(t) = -t + (t^\alpha + 2\pi)^{1/\alpha}$ , маємо

$$\begin{aligned} T^-(t+T(t)) &= T^-(t - t + t^\alpha + 2\pi^{1/\alpha}) = T^-(t^\alpha + 2\pi^{1/\alpha}) = \\ &= t^\alpha + 2\pi^{1/\alpha} - \left\{ \left[ t^\alpha + 2\pi^{1/\alpha} \right]^\alpha - 2\pi \right\}^{1/\alpha} = t^\alpha + 2\pi^{1/\alpha} - \left[ t^\alpha + 2\pi - 2\pi \right]^{1/\alpha} = \\ &= -t + (t^\alpha + 2\pi)^{1/\alpha} = T(t). \end{aligned}$$

Рівність (2b) перевіряється аналогічним чином.

### Перелік посилань

1. Приймак М.В. Змінні періоди деяких періодичних функцій із змінним періодом // Матеріали одинадцятої наукової конференції Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль, вид. ТДТУ, 2007. – С. 71.

УДК 621.865.8

**В. Савків, В. Бігус**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУМИННИХ ЗАХОПЛЮВАЛЬНО-ОРІЄНТУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

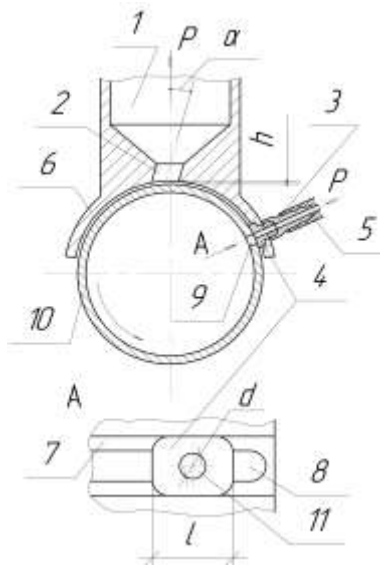


Рис. 1. Струминний захоплювально-орієнтувальний пристрій

### Умовні позначення

ОМ – об'єкт маніпулювання; СЗОП – струминний захоплювально-орієнтувальний пристрій;  $p_K$  – тиск повітря в камері 1.

Для точної безконтактної орієнтації та транспортування деталей нами було запропоновано СЗОП [1] із нахиленим соплом (рис. 1). В результаті досліджень ми отримали такі графіки [2] (рис. 2, 3):

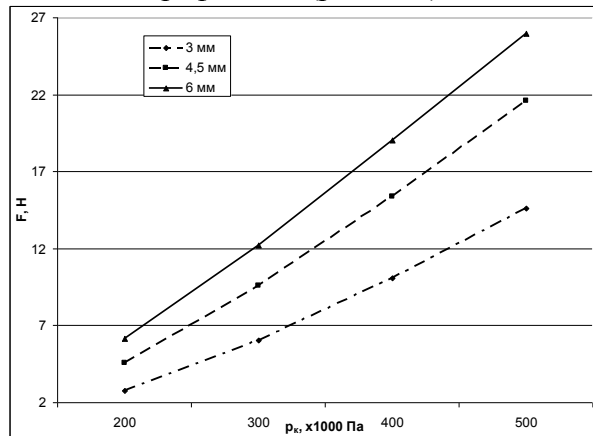


Рис. 2. Залежність сили притягування СЗОП циліндричної поверхні ОМ від  $p_K$  і діаметру сопла 2.

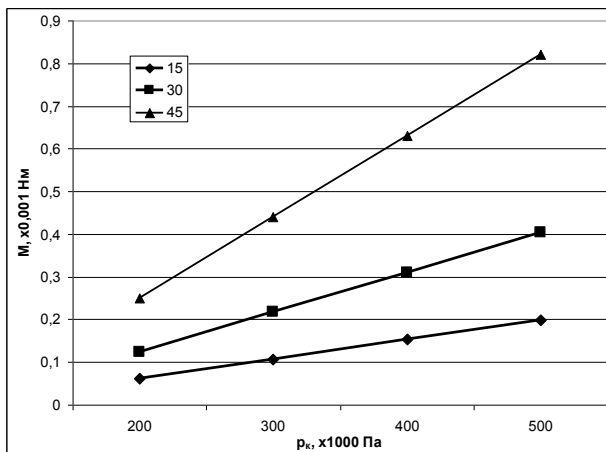


Рис. 3. Залежність крутного моменту, що передається ОМ, від тиску  $p_K$ , кута  $\alpha$  і

Із рис. 2 видно, що для СЗОП [1] із соплом, нахиленим під деяким кутом відносно поверхні захоплення, сила притягування ОМ зростає із зростанням  $p_K$  та діаметру сопла 2. Також на рис. 3 можна побачити, що крутний момент, який передається ОМ, зростає майже лінійно аналогічно при збільшенні  $p_K$  та діаметру сопла 2.

### Перелік посилань

1. Савків В. Б. Аналіз конструктивних схем струменевих захоплювально-орієнтувальних пристроїв / В. Б. Савків, В. В. Бігус, Г. В. Савків // Науковий вісник Херсонського державного морського інституту.-2011.-№2 (5).-С. 262-267.

2. Савків В. Б. Дослідження силових характеристик струминних захоплювально-

орієнтувальних пристроїв / В. Б. Савків, В. В. Бігус // Вісник Тернопільського національного технічного університету.-2012.-№3 (67).-С. 134-142.

УДК 519.23

М. Стадник

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗОРОВИХ ВИКЛИКАНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ СТІЙКОГО СТАНУ

Актуальною проблемою в офтальмології є дослідження функціонального стану зорової сенсорної системи в цілому, включаючи як периферичні, так і центральні ланцюги. Метод зорових викликаних потенціалів дозволяє оцінити роботу зорової системи на різних рівнях. Нервова активність визначає взаємозв'язок компонентів викликаних потенціалів із роботою структур нервової системи, що дозволяє встановлювати діагноз ураження.

Зорові викликані потенціали (ЗВП) – це сумарна реакція нейронів кори мозку на подразнення. Для реєстрації ЗВП використовувався електроенцефалограф DXNT-32. Частота дискретизації системи становить 100 Гц, розрядність – 10 біт. Джерелом стимуляції є три світлодіодні лампочки.

Реалізація ЗВП має випадковий характер, проте для реєстрації використовувались стимули з різними частотами подавання, відповідно для отриманого сигналу спостерігається певна повторюваність у часі певних ймовірнісних характеристик. Для моделювання такого сигналу використовуються стохастично періодичні випадкові процеси. У таких моделях ймовірнісні характеристики є періодичними функціями часу.

Для оцінки ймовірнісних характеристик стохастично періодичного сигналу типу ЗВП використовувався метод на основі  $\phi$ -серій, кожна з яких є впорядкованою за часом сукупністю відліків процесу  $\xi(t)$ , взятих через період.  $\phi$ -серії є стаціонарними та стаціонарно зв'язаними послідовностями, що дозволяє будувати оцінки їх ймовірнісних характеристик уже відомими методами.

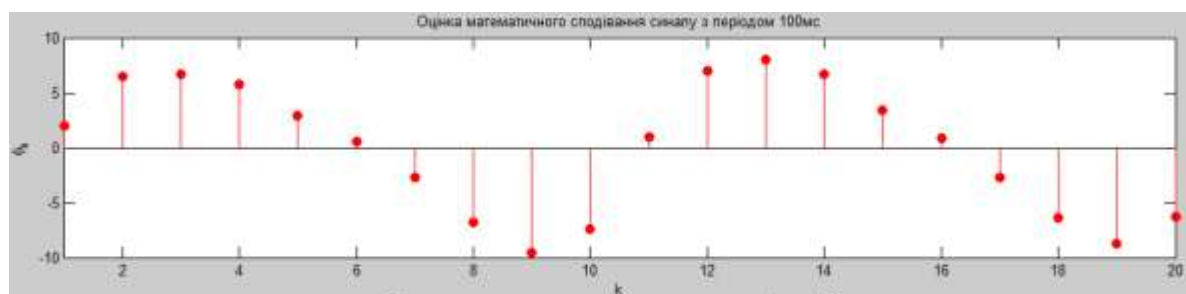


Рис. 1. Реалізація оцінки математичного сподівання ЗВП

Перш за все, було оцінено для реалізацій ЗВП із різними частотами стимуляції періоди  $T$  - одну з найважливіших характеристик стохастично періодичного процесу. Отримані оцінки є конзистентною та асимптотично незсуненою. Знаючи період, було оцінено також математичне сподівання (рис.1), середньоквадратичне відхилення, кореляційну функцію.

Для оцінки щільності розподілу досліджуваного сигналу було використано гістограмний метод, а для прийняття рішення щодо функції розподілу кожної  $\phi$ -серії застосовувався критерій згоди  $\chi^2$  Пірсона. Отримані результати дозволяють стверджувати, що щільність розподілу сигналу є гауссівською.



УДК 621.372.88

Г. Химич, Ю. Умзар

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## МІНІМІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ У ІНТЕГРОВАНОМУ ПРИЙМАЛЬНОМУ АНТЕННО - ХВИЛЕВОДНОМУ ТРАКТІ НВЧ С ТА КУ-ДІАПАЗОНІВ ЧАСТОТ

Один із основних напрямів розвитку супутникових та наземних систем зв'язку – ширококутові та надширококутові системи. Для створення нових та модернізації існуючих систем з такими характеристиками використана оригінальна інтегрована антенно-хвильоводна структура (рис.1) з паралельною селекцією частотних діапазонів та поляризацій:

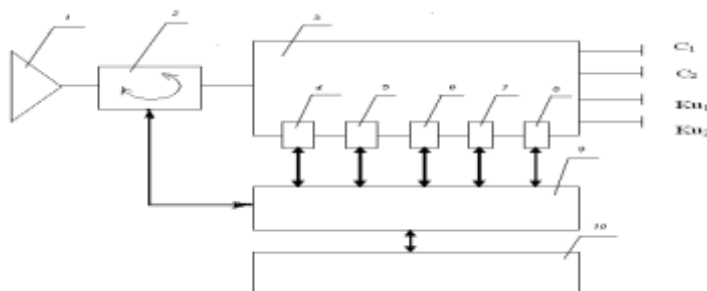


Рис.1.

1 – інтегрований опромінюючий блок, 2 – обертовий вузол для встановлення лівого або правого напрямів кругової поляризації, 3 – інтегрований НВЧ приймальний тракт С- та Ku- діапазонів частот, 4 – магнітоелектричний вузол встановлення площини поляризації (кругова, лінійна ортогональна), 5 – блок автопідстройки фазової складової електромагнітних хвиль С-діапазону, 6 – електромеханічний вузол перемикачів площини поляризації (лінійна, кругова) Ku-діапазону, 7 - електромеханічний вузол прецизійної підстройки площини поляризації (лінійна) Ku-діапазону в залежності від розташування штучних супутників Землі на геостационарній орбіті, 8 – система дегідратації тракту НВЧ, 9 – система керування, 10 – комп'ютер.

Даний НВЧ тракт функціонально дозволяє високоефективно приймати електромагнітні хвилі С та Ku діапазонів, розділяти їх за частотними діапазонами, видами і площинами поляризацій у різних діапазонах, виконувати за межеве фільтрування нижчих частотних діапазонів. Виходи  $C_1$  та  $C_2$  відповідають за частотний діапазон 4ГГц, виходи  $Ku_1$ ,  $Ku_2$  - за частотний діапазон 11ГГц. Основні характеристики, які повинні забезпечуватись у тракту, це: - мінімальні динамічні втрати електромагнітних хвиль при проходженні через тракт, враховуючи всі маніпуляції з сигналом, що визначаються за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n,$$

де,  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  – реальні втрати сигналу в окремих хвильоводних вузлах тракту.

- оптимальний коефіцієнт стоячої хвилі у всіх плечах та відгалуженнях тракту;
- міні допустимі фазові спотворення сигналів у каналах (плечах);
- тах частотна та поляризаційна розв'язка сигналів НВЧ.

Сумарні динамічні втрати сигналу у кожному з каналів на дослідному взірці не перевищують мінус (0,3 – 0,4) dB, або (21-28) K° при перерахунку на шумову температуру. Втрати залежать від конфігурації інтегрованої системи, узгодження хвильоводних каналів окремих вузлів, внутрішнього покриття каналів, електричних характеристик діелектричних матеріалів всередині хвильоводів, технологічної точності обробки каналів, інтермодуляційних та кросполяризаційних спотворень електромагнітних хвиль всередині хвильоводів. За допомогою системи керування, комп'ютера, виконавчих електромеханічних та відлікових механізмів здійснюється прецизійне налагодження та функціонування інтегрованого тракту в цілому.



УДК 004.891

**Б. Хомів, С. Лупенко**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТЕРМІНІВ В ОБЛАСТІ ОЦІНЮВАННЯ ОПІНІЇ**

У доповіді наведено основні поняття та означення в області оцінювання опінії. Представлено методи роботи та опрацювання даних на основі математичної моделі опінії та застосування математичного опису моделей якості програмного забезпечення, базованого на стандарті ISO 9126 при оцінюванні опінії висловлювань користувачів.

Автори пропонують наступне тлумачення англійських термінів:

1. *Opinion Mining* – галузь добування опінії (оціночних суджень) висловлювань. При цьому кожному висловлюванню (або об'єкту котрий обговорюється у висловлюванні) присвоюється мітка позитивності чи негативності. Галузь добування опінії знаходиться по ієрархії нижче ніж *Text Mining* (добування тексту), а добування тексту відповідно входить у *Data Mining*.

2. *Sentiment Analysis* – галузь аналізу емоційного забарвлення висловлювань. При цьому кожному висловлюванню (або об'єкту котрий обговорюється у висловлюванні) присвоюється мітка що відповідає емоційному забарвленню висловлювання: Любов, Гнів, Радість, Смуток та ін. *Sentiment Analysis* розташована на рівні з *Opinion Mining* та пересікається з нею.

Відповідно до вдосконаленої авторами моделі оцінювання опінії (1) запропоновано наступні пояснення елементів опінії:

$$Opinion = O_j, \{F_{j,k}, W_{j,k}\} SO_{j,k,i,l}, \{H_i, W_i\} \{I_l, W_l\}, \quad (1)$$

Об'єкт – будь-який предмет думки, дослідження, художнього відображення тощо.

Опінія – думка, уявлення про якість, характер, значення когось або чогось (в даному випадку об'єкта).

Компонент – різновид, складова частина чогось (в даному випадку об'єкта).

Атрибут – невід'ємна, необхідна для забезпечення цілісності об'єкта чи його компоненти, властивість, його частина, додаток.

Метрика – діапазон значень, який може приймати підкомпонент чи компонент об'єкта та в чому він вимірюється.

Міра – конкретне числове значення атрибута об'єкта чи його компонент.

Також у доповіді наведено приклади використання метрик для обрахунку значень лінгвістичних змінних, що потрібно для обрахунку інтегрального показника опінії досліджуваного об'єкта.

Використання лінгвістичних змінних дає змогу значно розширити діапазон оцінюваних значень, що в свою чергу забезпечить більш точніший та достовірний результат.

Авторами звернено увагу на те, що проблема уніфікації в більшій мірі полягає в розумінні та правильній формалізації атрибутів, метрик та мір для певної предметної області.

Таким чином, для аналізу висловлювань, стосовно якості програмного забезпечення, автори звертаються до стандарту ISO 9126. Даний стандарт дозволяє розподілити висловлювання по конкретних стандартизованих атрибутах.

Відповідно до проаналізованих висловлювань, зветраючись до стандарту ISO 9126, автори пропонують будувати ієрархічний граф об'єкта з вагами, відповідно до значень мір метрик та визначати інтегральний показник опінії об'єкта.

УДК 618.3

**В. Чиж, С. Балабан, О. Демчишин**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **МЕТОД АНАЛІЗУ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ЗАЛИШКОВОЇ ЕНЕРГІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВУЗЛІВ У БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ З АВТОНОМНИМ ЖИВЛЕННЯМ.**

Постійне розширення сфер використання бездротових сенсорних мереж (БСМ) і ускладнення завдань, які вини повинні виконувати приводить до створення різних за принципами організацій роботи та архітектурою мереж. За способом живлення інформаційних вузлів БСМ поділяють на ті, що використовують централізоване або автономне живлення. Інформаційним вузлом (сенсором) БСМ називають пристрій, що складається з датчика, який збирає інформацію, мікроконтролера, вузла пам'яті, радіопередавача, джерела живлення і виконавчого механізму. За функціями у БСМ інформаційні вузли розділяють на три види: функціональні (ФІВ) – збирають і передають інформацію, транспортні (ТІВ) – передають інформацію і керують маршрутизацією; базові (БІВ) – забезпечують глобальну координацію, організацію і встановлення параметрів мережі. БСМ до складу, яких входять інформаційні вузли одного виду називають гомогенними. БСМ, які складаються з інформаційних вузлів різних видів називають гетерогенними або спеціалізованими. Основними характеристиками БСМ являються тривалість функціонування та якість виконання завдань поставлених перед ними. Для БСМ, в яких використовують інформаційні вузли з автономним живленням особливий вплив на вказані параметри має залишкова енергія джерел живлення, оскільки, від неї залежить сила сигналу, точність виконання функцій і стійкість до атак направлених на пошкодження інформації та руйнування сигналу. Отже, для організації роботи та оцінювання надійності такої мережі необхідно отримувати інформацію про залишкову енергію джерел живлення інформаційних вузлів. Оскільки, сила сигналів інформаційних вузлів залежить від залишкової енергії їхніх джерел живлення, доцільно використовувати контроль за силою сигналів кожного із інформаційних вузлів БСМ. Такий контроль організують шляхом вимірювання відстаней між інформаційними вузлами на підставі рівнів потужностей прийнятих сигналів, реконструюванні топологічної поверхні БСМ з використанням тріангуляції Делоне. Для аналізу візуалізованої форми реконструйованої топологічної поверхні БСМ використовують сітку рівносторонніх трикутників, які об'єднують у чотирьохточкові симплекси. Реконструйовану топологічну поверхню БСМ представляють, як кластер із шестикутною структурою. Під час візуалізації віртуального аналога реальної БСМ у вершинах кластера розміщують сигнальні точки, які представляють інформаційні вузли. Відстань між сигнальними точками називають функціональними зв'язками  $l_j$  і розглядають як функцію сигналу відповідного інформаційного вузла  $\Omega_j$ . При стабільній роботі інформаційних вузлів у кластері фіксується двовимірний евклідовий простір з функціональними зв'язками довжиною  $l_j$ . Функціональні зв'язки визначають положення сигнальних точок. Змінені у довжині, внаслідок зміни сили сигналу інформаційного вузла, функціональні зв'язки стають дугами кіл, які відділяються від кола хордами довжиною  $l_j$ .

Запропонований метод аналізу та візуалізації зміни сили сигналів інформаційних вузлів БСМ, дозволяє відслідковувати та оцінювати залишкову енергію джерел автономного живлення. Його доцільно використовувати для оцінювання надійності роботи гетерогенних БСМ з автономним живленням інформаційних вузлів.

УДК 004.422.8; 004.056

**Н. Шингера**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ПРОГРАМА TRUECRYPT ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ІНСТРУМЕНТУ WINDOWS BITLOCKER**

Як відомо, BitLocker Drive Encryption є потужною технологією, що дозволяє захищати дані шляхом повного шифрування дисків (логічних, карток, usb-накопичувачів, томів). Коли потрібне шифрування? У випадку зберігання користувачами на власних комп'ютерах конфіденційних даних (наприклад, особистих фінансових документів). Шифрування посилить захист таких відомостей від зловмисників. Особливо це стосується власників ноутбуків (є загроза їх втрати або крадіжки).

Використання BitLocker є не єдиним можливим вирішенням. Прекрасною альтернативою може стати TrueCrypt – потужний і надійний засіб для електронного захисту секретних даних, який до того ж є безкоштовною утилітою із відкритим кодом. Цей продукт ні в чому не уступає комерційним і навіть має багато переваг в порівнянні з ними. Працює в ОС сімейства Microsoft Windows XP/2000/2003/Vista і Linux. Програма підтримує роботу через командний рядок і має детальну документацію, яка містить навіть опис алгоритмів шифрування.

TrueCrypt створює на диску комп'ютера захищений том. Усе, що збережене у цьому томі, повністю шифрується, включно із іменами файлів і папок. Фізично том – це файл, який може мати будь-яку назву (на вибір користувача). Операційна система «бачить» цей файл як окремий диск. Під час запису на цей «диск» дані автоматично зашифровуються, при зчитуванні – розшифровуються. Усе відбувається миттєво. Користувач працює так само, як працював би із звичайним диском.

Файли на віртуальних дисках можна копіювати, переміщувати, знищувати, тобто виконувати з ними усі операції, які є доступними для будь-якого іншого файлу. Для отримання доступу до вмісту файлу, зашифрованого за допомогою TrueCrypt, необхідно змонтувати том (файловий контейнер) як окремий диск. Заздалегідь потрібно задати пароль для шифрування. В середовищі Windows файловий контейнер представляється у вигляді окремого накопичувача (такого ж, як диски C: і D:) Після цього можна отримувати доступ до зашифрованого файлового контейнера, додавати туди файли і папки, а також видаляти їх чи змінювати.

У список алгоритмів шифрування, які підтримуються у TrueCrypt входять AES, Serpent і Twofish. Усі три алгоритми дуже надійні, і на сьогодні не існує навіть теоретичного способу злому, окрім методу повного перебирання. При виборі одного із запропонованих алгоритмів слід керуватися швидкістю його роботи на конкретній машині. Протестувати алгоритми на швидкість роботи можна за допомогою відповідної вбудованої в програму функції. Також можливе використання каскадного шифрування різними шифрами, наприклад: AES+Twofish+Serpent і т.п. Усі алгоритми шифрування використовують режим LRW, який є безпечнішим, ніж режим CBC.

Зашифрованим сховищем («дискон») може бути як частина вільного місця на диску, так і цілий розділ жорсткого диску, а також flash-карти або інші знімні пристрої зберігання даних.

Маючи такі потужні переваги, TrueCrypt все ж дуже проста у використанні програма. Те ж саме стосується її встановлення і налаштування.

Отже, справедливим буде зауваження, що TrueCrypt – це той випадок, коли на тлі розрекламованих криптографічних систем, насправді якісні і потужні розробки нерідко залишаються непоміченими.

УДК 004.4

<sup>1</sup>В. Яцишин, <sup>2</sup>Р. Ладика, <sup>1</sup>С. Череватюк

<sup>1</sup>(Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя)

<sup>2</sup>(Тернопільський державний медичний університет ім. І. Горбачевського)

## ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ ЯКОСТІ СТАНДАРТУ ISO 25010

Ефективність бізнес процесів будь-якої сфери діяльності підприємств, організацій та установ неможлива без інформаційної підтримки та супроводу відповідних процесів. А це в свою чергу вимагає організації якісних бізнес систем, які реалізуються шляхом побудови інформаційних систем (ІС). При цьому основними вимогами до ІС, в залежності від класу та призначення, є вимоги до надійності, функціональності, продуктивності, зручності використання, безпечності та ряду інших. На сучасному етапі розвитку ІС оцінити їх якість досить складно, оскільки формальні методи оцінювання якості є недосконалими, не уніфікованими та корпоративними. А це породжує неоднозначність трактувань результатів відповідності реалізованих в ІС вимог потребам замовників. Тому актуальною задачею у сфері інформаційних технологій є розробка методів та засобів оцінювання якості ІС, які б дали змогу більш повно, адекватно та однозначно виразити ступінь задоволеності потребам замовника ІС.

Під якістю ІС будемо розуміти сукупність властивостей системи, які обумовлюють її використання для задоволення визначених потреб. Прикладною сферою дослідження обрано інформаційні системи обліку та обробки інформації на основі архітектури «клієнт-сервер». При цьому компонентами даної архітектури є робочі станції та сервери з відповідним програмним забезпеченням, а також комутаційне обладнання і канали зв'язку. Відомо, що одним з підходів гарантування якості та чинником введення ІС в експлуатацію, є сертифікація ІС. Основними критеріями якості, згідно нормативних документів, є критерії, які наведені на рис. 1.



Рис. 1. Критерії якості ІС

Класифікація критеріїв якості, наведена на рис.1, є досить загальною і прямо використовувати наведені критерії неможливо. Тому для вирішення поставленої задачі запропоновано застосувати моделі якості стандарту ISO 25010. При цьому критерії якості ІС представляють ієрархічними трьохрівневими структурами з наборами відповідних характеристик якості, атрибутів та метрик. Такі структури пропонується застосувати для оцінювання якості кожного компонента архітектури ІС.

**ЗМІСТ**

<b>Н. Блащак, А. Бойко, Г. Козбур, В. Кривень</b> АНАЛІТИЧНИЙ РОЗВ'ЯЗОК ПРУЖНОЇ АНТИПЛОСКОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ СМУГИ З КУТОВИМИ ТОЧКАМИ	5
<b>Н. Гащин</b> ТЕХНОЛОГІЯ ЗДІЙСНЕННЯ ПРЕСОВОЇ ПОСАДКИ З НАГРІВОМ ОХОПЛЮЮЧОЇ ДЕТАЛІ.	6
<b>С. Гладьо, С. Федак</b> МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СТАРТУ ТРІЩИНИ БІЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОТВОРІВ СИЛОВИХ КОНТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	7
<b>Г. Козбур, О. Шкодзінський</b> УМОВИ МІЦНОСТІ ОСЕСИМЕТРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ, НАВАНТАЖЕНОЇ РОЗТЯГУЮЧИМ ЗУСИЛЛЯМ $N$ ТА ВНУТРІШНІМ ТИСКОМ $q$	8
<b>М. Михайлишин, Б. Головатий</b> ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СИЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА КІЛЬЦЕВУ ПЛАСТИНУ, ЗДАТНОГО СТВОРИТИ ПОЛЕ ПЛАСТИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ, БЛИЗЬКЕ ДО ЗАДАНОГО	9
<b>М. Михайлишин, С. Дячук</b> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАНОЇ ФОРМИ ПОВЕРХНІ ТОНКОЇ ОБОЛОНКИ ОБЕРТАННЯ ШЛЯХОМ ПРУЖНОПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ НА КІНЕЦЬ ПРОЦЕСУ НАВАНТАЖЕННЯ	10
<b>М. Наконечний, Ю. Бачинський</b> КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ НАМАГНІЧЕНОСТІ НА ПОВЕРХНІ ТОНКОЇ ПЛІВКИ ЗАЛІЗА	11
<b>М. Петрик, Д. Михалик</b> ПАРАМЕТРИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ДИФУЗІЇ ДЛЯ БЕНЗОЛ-ГЕКСАН СУМІШЕЙ	12
<b>М. Петрик, Д. Михалик</b> ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ КІНЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ БАГАТОШАРОВИХ МУЛЬТИКОМПОЗИТІВ	13
<b>Ч. Пулька, В. Гаврилюк, В. Сенчишин, В. Груша</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ЗОНІ НАПЛАВЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНОГО ЕКРАНУВАННЯ ТЕПЛОВИХ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ	14
<b>В. Михайлишин, Г. Семенишин</b> МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ В ПОРОЖНИННИХ ЦИЛІНДРАХ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В	15

ПРОЦЕСАХ НАПЛАВЛЕННЯ ЇХ ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ <b>В. Скочиляс</b>	16
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКУ ГАЗУ В СТРУМИННИХ ЗАХОПЛЮВАЧАХ <b>О. Шаблій, Ч. Пулька, М. Базар, Л. Цимбалюк, О. Король</b>	17
ЕЛЕКТРИЧНИЙ НАГРІВАЛЬНИЙ ПРИЛАД ІНДУКЦІЙНОЇ ДІЇ <b>О. Шаблій, О. Король, Л. Цимбалюк, Ч. Пулька, М. Базар</b>	18
ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНА ІНДУКЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ТІЛ ОБЕРТАННЯ <b>М. Бачинський, О. Дозорська, В. Дозорський</b>	19
МЕТОД ВІДБОРУ СИГНАЛУ ПУЛЬСОВОЇ ХВИЛІ ДЛЯ СИСТЕМ СВІТЛОТЕРАПІЇ <b>Н. Беляєва, Є. Яворська, О. Гевко</b>	20
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРИФЕРИЧНОГО КРОВООБІГУ ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ <b>Т. Бентковський, Є. Яворська</b>	21
УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА МЕТОДУ ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЇ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОТЕЗОМ ПЕРЕДПЛІЧЧЯ <b>О. Сеник, Є. Яворська</b>	22
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ НИЗЬКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ФОТОСТИМУЛЯТОРА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ У РЕТИНОГРАФІЧНИХ СИСТЕМАХ <b>П. Тимків, В. Забитівський</b>	23
АВТОМАТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ОПТИМАЛЬНОГО РЕКУРСИВНОГО НИЗЬКОЧАСТОТНОГО ФІЛЬТРУ ДЛЯ КВАНТОВОГО ЕЛЕКТРОРЕТИНОСИГНАЛУ <b>Д. Щербина, Є. Яворська</b>	24
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗПЕРЕРВНОГО МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ГЛЮКОЗИ В КРОВІ ЛЮДИНИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРАХУНКУ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ІНСУЛІНУ <b>Б. Яворський, Ю. Стоянов</b>	25
СИНТЕЗ РЕКТЕНИ ДЛЯ БЕЗДРОТОВОГО ЗАРЯДЖАННЯ АКУМУЛЯТОРА В ІМПЛАНТОВАНОМУ ЕЛЕКТРОКАРДІОСТИМУЛЯТОРІ <b>Н. Яцук, Є. Яворська</b>	26
УДОСКОНАЛЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕОГРАФІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ	

<b>Г. Габрусєв, І. Габрусєва</b> МЕТОДИКА НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ РІВНЯНЬ ФРЕДГОЛЬМА ПЕРШОГО РОДУ	27
<b>Л. Романюк</b> АЛГЕБРАЇЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ В РОЗРАХУНКАХ ПРИСТІННИХ ТУРБУЛЕНТНИХ ТЕЧІЙ	28
<b>О. Самборська</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБІЖНОСТІ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧІ ПРО НЕСТІЙКІСТЬ РЯДУ ПОРОЖНИСТИХ ВОЛОКОН У НЕСКІНЧЕНІЙ МАТРИЦІ	29
<b>Л. Фурсевич</b> СПЕЦІАЛЬНІ ПОЧАТКОВО-ГРАНИЧНІ ЛІНІЙНІ ЗАДАЧІ ДЛЯ ІНТЕГРО-ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ	30
<b>Б. Шелестовський</b> РОЗВ'ЯЗОК СЕПАРАТНОЇ СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ДЛЯ МОДИФІКОВАНИХ ФУНКЦІЙ	31
<b>П. Ваврик, Ю. Скоренький</b> ПЕРСПЕКТИВНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ГРАФЕНОВОЇ НАНОКОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДНК	32
<b>Л. Дідух</b> КВАЗІКЛАСИЧНЕ НАБЛИЖЕННЯ В ПОЛЯРНІЙ МОДЕЛІ МЕТАЛУ: ЗАСТОСУВАННЯ ДО ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ У СИЛЬНОСКОРЕЛЬОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ	33
<b>Ю. Довгоп'ятий</b> МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТТЯ З ФІЗИКИ: ДЕЯКІ ВАЖЛИВІ ПРОБЛЕМИ ТА СПОСОБИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	34
<b>О. Крамар</b> ВПЛИВ ДЕФОРМАЦІЇ ГРАТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МОТТ-ГАББАРДІВСЬКОГО ФЕРОМАГНЕТИКА ПРИ РІЗНИХ ФОРМАХ НЕЗБУРЕНОЇ ГУСТИНИ ЕЛЕКТРОННИХ СТАНІВ	35
<b>В. Кульчицький</b> ФОРМУВАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ПОНЯТЬ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ ТА ВИХРОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ	36
<b>Ю. Нікіфоров, Б. Ковалюк, В. Мочарський, А. Сорочак</b> ЛАЗЕРНА УДАРНО-ХВИЛЬОВА ОБРОБКА НАНОПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ	37
<b>Ю. Нікіфоров, Ю. Скоренький, Б. Ковалюк</b> ПРО ГЛОСАРІЙ З ФІЗИКИ ДЛЯ ВИШІВ	38

<b>О. Сіткар</b> ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ З ФІЗИКИ	39
<b>А. Скарвінко</b> ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СКЛОПОДІБНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ $AgGaSe_2 + GeS_2 \Leftrightarrow AgGaS_2 + GeSe_2$	40
<b>Л. Бейко, Н. Лялик</b> ЗАМОРОЖЕНІ ОВОЧІ – НЕЗАМІННІ КОМПОНЕНТИ В ХАРЧУВАННІ ЛЮДИНИ	41
<b>О. Бессараб, В. Шутюк, В. Гейнце</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ ТОПІНАМБУРА ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ	42
<b>І. Вареник, Г. Агрес, В. Бицок, Н. Островська, Л. Сторож, В. Юкало</b> ПІДБІР ПРОТЕОЛІТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ХАРЧОВИХ БІЛКОВИХ ГІДРОЛІЗАТІВ	43
<b>О. Мельнічук, О. Швець</b> ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФЕРМЕНТАЦІЇ МЕЗГИ ЙОШТИ	44
<b>І. Назарко</b> ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ПІД ЧАС ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ	45
<b>В. Сельський, О. Мельничук, Я. Джур</b> МІКРОБНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	46
<b>В. Шутюк, В. Турчин, В. Василів</b> ВПЛИВ СПОСОБІВ І ТЕХНОЛОГІЙ СУШІННЯ НА СПОЖИВЧІ ЯКОСТІ СУШЕНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	47
<b>А. Юкало, К. Дацишин, Н. Кушнірук, О. Шпилик, Я. Джур</b> БІОАКТИВНІ ПРОДУКТИ ПРОТЕОЛІЗУ БІЛКІВ СИРОВАТКИ МОЛОКА	48
<b>А. Юкало, Л. Сторож, К. Дацишин, В. Юкало</b> КЛАСИФІКАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	49
<b>Е. Довговецький, Р. Жаровський, Л. Щербак</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В ПІРИНГОВИХ МЕРЕЖАХ	50
<b>О. Дуда</b> ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ	51
<b>О. Кареліна</b> МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ЗАСОБАМИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ARIS	52
<b>В. Крамар, С. Лупенко</b> ПРОБЛЕМА СТРУКТУРИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖІ	53



ІНТЕРНЕТ	
<b>А. Луцків</b>	54
ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ АЛГЕБРАЇЧНОГО МЕТОДУ КРИПТОАНАЛІЗУ	
<b>О.Маєвський, О.Мацюк, М.Приймак</b>	55
ОЦІНКА ПЕРІОДИЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ВХІДНОГО ПОТОКУ	
<b>О. Маєвський, М. Приймак</b>	56
ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТЕЙ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВИМОГ СТОХАСТИЧНО ПЕРІОДИЧНИХ СМО	
<b>О. Мацюк, Ю. Гладь, О. Дуда</b>	57
ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ Й ОБЛІКУ ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ	
<b>Г. Осухівська, Т. Лобур, Т. Білостоцький</b>	58
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕРНЕТ-ТРАФІКУ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ	
<b>Г. Поліщук, С. Лупенко</b>	59
ЗАГАЛЬНА АРХІТЕКТУРА ТЕЛЕМЕДИЧНИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ ТА МОНІТОРИНГУ	
<b>М. Приймак, О. Приймак</b>	60
МОДЕЛІ РИТМІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЕКОНОМІЦІ	
<b>М. Приймак, Л. Дмитроца</b>	61
ЗМІННІ ПЕРІОДИ ФУНКЦІЇ ІЗ ЗМІННИМ ПЕРІОДОМ ТА ЇХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК	
<b>В. Савків, В. Бігус</b>	62
ГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУМИННИХ ЗАХОПЛЮВАЛЬНО-ОРІЄНТУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ	
<b>М. Стадник</b>	63
СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗОРОВИХ ВИКЛИКАНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ СТІЙКОГО СТАНУ	
<b>Г. Химич, Ю. Умзар</b>	64
МІНІМІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ У ІНТЕГРОВАНОМУ ПРИЙМАЛЬНОМУ АНТЕННО - ХВИЛЕВОДНОМУ ТРАКТІ НВЧ С ТА КУ-ДІАПАЗОНІВ ЧАСТОТ	
<b>Б. Хомів, С. Лупенко</b>	65
ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТЕРМІНІВ В ОБЛАСТІ ОЦІНЮВАННЯ ОПІНІЇ	
<b>В. Чиж, С. Балабан, О. Демчишин</b>	66
МЕТОД АНАЛІЗУ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ЗАЛИШКОВОЇ ЕНЕРГІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВУЗЛІВ У БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ	

МЕРЕЖАХ З АВТОНОМНИМ ЖИВЛЕННЯМ. <b>Н. Шингера</b>	67
ПРОГРАМА TRUECRYPT ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ІНСТРУМЕНТУ WINDOWS BITLOCKER <b>В. Яцишин, Р. Ладика, С. Череватюк</b>	68
ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ ЯКОСТІ СТАНДАРТУ ISO 25010	





