

ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Збірник
тез доповідей

XVII
НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя
Том I
ПРИРОДНИЧІ НАУКИ ТА
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ



20-21 листопада 2013 року

ТЕРНОПІЛЬ, УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Збірник
тез доповідей

XVII
НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя
Том I
ПРИРОДНИЧІ НАУКИ ТА
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ



20-21 листопада 2013 року

ТЕРНОПІЛЬ, УКРАЇНА

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

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

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

Вчений секретар: Р. Золотий – 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. К.Зеленський, к.т.н., доц. В.Калушка, д.е.н., проф. Н.Кирич, д.ф.-м.н., проф. В.Кривень, д.в.н., проф. М.Кухтин, к.п.н., доц. В.Кухарська, д.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, д.е.н., доц. О.Панухник, д.т.н., доц. О.Пастух, 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.Пилипець, 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., доц. І. Стадник, д.т.н., проф. П.Стухляк, д.іст.н., проф. Я.Стоцький, д.т.н., доц. М. Тарасенко, д.т.н., проф. Р.Ткачук, 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, нач. НДЧ к.т.н., доц. В.Дзюра

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

тел. (0352) 258851. моб.: 0685155028

Е-mail: zolyty@gmail.com

Відповідальний за випуск: к.т.н., доц. Золотий Р.З.

Верстка: к.т.н., доц. Золотий Р.З.

НАПРЯМКИ РОБОТИ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Математичне моделювання і механіка.
- Машинобудування.
- Інформаційні технології.
- Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва.
- Приладобудування.
- Імовірнісні моделі біофізичних сигналів і полів та обчислювальні методи і засоби їх ідентифікації.
- Матеріалознавство, міцність матеріалів і конструкцій.
- Електротехніка та світлотехніка.
- Електроніка та мікропроцесорна техніка.
- 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,
доц. М. Петрик

Секретар: Д. Михалик

УДК 621.365.5

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

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВИЗНАЧЕННЯ ІМПЕДАНСУ ІНДУКТОРА

Повний опір індуктора (імпеданс) є важливою електротехнічною характеристикою індуктора. При знаходженні сили струму, яку споживає індуктор, необхідно визначити, крім імпедансу навантаження, ще й власний повний опір індуктора.

Спочатку визначимо активний опір індуктора та його індуктивність [1]. Відомо, що активний опір провідника визначається так

$$R_{\text{ін}} = \rho_{\text{ін}} \frac{l_{\text{ін}}}{S_{\text{ін}}},$$

де $l_{\text{ін}}$ – довжина індуктора, м; $S_{\text{ін}}$ – площа поперечного перерізу індуктора, м²;
 $\rho_{\text{ін}}$ – питомий опір матеріалу індуктора, Ом · м.

Відповідно довжина дроту індуктора

$$l_{\text{ін}} = 2\pi \left(r_i + \frac{n_{\text{ін}}}{2} d_{\text{ін}} \right) N_i,$$

тут r_i – внутрішній радіус індуктора, м; $n_{\text{ін}}$ – кількість шарів індуктора, $d_{\text{ін}}$ – діаметр дроту у випадку круглого провідника, а у випадку використання шини – висота, м;
 N_i – кількість витків індуктора.

Щоб знайти реактивний опір визначимо індуктивність індуктора через енергію магнітного поля.

Згідно теореми про повний струм в індукторі, маємо

$2a_{\text{ін}} \cdot \dot{H}_{\text{ме}} = \sqrt{2} N_i \dot{I}_i$, звідки $H_{\text{ме}} = \frac{\sqrt{2} N_i \dot{I}_i}{2a_i}$. Таким чином енергія магнітного поля визначається так

$$W_{\text{ін}} = \frac{1}{2} \mu_0 \cdot \mu_i \cdot H_{\text{ме}}^2 \cdot l_{\text{ін}} \cdot S_{\text{ін}}. \quad (1)$$

З другого боку енергія магнітного поля визначається за формулою [1]

$$W_{\text{ін}} = \frac{1}{2} L_{\text{ін}} \cdot \dot{I}_i^2,$$

звідси отримаємо

$$L_{\text{ін}} = \frac{2 \cdot W_{\text{ін}}}{\dot{I}_i^2}. \quad (2)$$

Використовуючи (1) та (2) індуктивність буде:

$$L_{\text{ін}} = \frac{1}{2} \mu_0 \cdot \mu_i \cdot \frac{N_i^2}{a_i^2} \cdot l_{\text{ін}} \cdot S_{\text{ін}},$$

тут $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ – магнітна стала, μ_i – магнітна проникність матеріалу провідника.

Таким чином повний комплексний опір індуктора можна знайти за формулою:

$$\dot{Z}_{\text{ін}} = R_{\text{ін}} + j\omega L_{\text{ін}},$$

або

$$\dot{Z}_{\text{ін}} = \rho_{\text{ін}} \frac{l_{\text{ін}}}{S_{\text{ін}}} + \frac{1}{2} j\omega \mu_0 \mu_i \frac{N_i^2}{a_i^2} l_{\text{ін}} S_{\text{ін}}.$$

1. Матвеев, А.М. *Электричество и магнетизм [Текст] / А.М. Матвеев. – М.: Высшая школа, 1983. – 463 с.*

УДК 519.632

І. Баран, О. Дуда

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ АБО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ У ДВОШАРОВОМУ ЦИЛІНДРИЧНОМУ ТІЛІ З ТОНКИМ ВКЛЮЧЕННЯМ

Вертикальна фільтрація рідини в дренажному ґрунтовому середовищі з вертикальною шаровістю і температурні поля в околах протяжних, циліндричних шарових стінок підземних сховищ в пластах великої потужності породжують фільтраційні та теплові потоки, на які мають відповідний вплив тонкі прошарки із характеристиками, які різко відрізняються від основної складової. Фізичні параметри фільтрації та тепловиділення в реальному об'єкті з довільно орієнтованими тонкими включеннями можна записати за допомогою умов спряження неідеального контакту. Враховуючи складність об'єктів та режимів зовнішнього впливу, якісне дослідження можливе лише за допомогою засобів сучасного математичного моделювання. Необхідно проаналізувати фізичні особливості досліджуваного об'єкту, виконати постановку і аналіз математичної моделі, розробити обчислювальні алгоритми її розв'язання, створити програмне забезпечення, провести обчислювальні експерименти на ЕОМ, якісно відобразити та представити отримані результати [1].

В роботі розглядається задача розрахунку стаціонарного фільтраційного процесу або температурного поля в циліндричному об'єкті, що складається з двох циліндричних тіл різнорідних матеріалів, з'єднаних між собою тонким включенням. На границі контакту конструкції із зовнішнім середовищем задаються різні варіанти крайових умов: для першого випадку – крайова умова I роду, для другого – крайові умови I і II роду, для третього – крайові умови I і III роду. На тонкому включенні наявне внутрішнє джерело фільтрації або тепла, з врахуванням якого задаються неоднорідні умови спряження неідеального контакту.

Формулюється крайова осесиметрична задача, що зводиться до деякої варіаційної задачі, для розв'язування якої використовується дискретизація розглядуваної області на основі методу скінчених елементів (МСЕ). Необхідно відзначити, що у побудованій функціонал енергії увійшли як параметри крайових умов II та III роду, так і параметри умов спряження неідеального контакту. Врахування неоднорідної крайової умови I роду відбувається на етапі побудови матриці МСЕ шляхом її переформування. Врахування умов спряження неідеального контакту при дискретизації відбувається шляхом подвійної нумерації точок, які належать включенню, тобто по різні сторони від включення точки з однаковими координатами мають різні номери. З використанням класів кусково-поліноміальних розривних функцій МСЕ побудовані високоточні алгоритми дискретизації розглядуваних задач.

Із використанням розробленого програмного забезпечення в середовищі C++ Builder 6, в основі якого лежать отримані алгоритми, розв'язано модельні приклади. Проведені обчислювальні експерименти показали, що для всіх трьох випадків осесиметричної задачі використання для апроксимації кусково-лінійних та кусково-квадратичних функцій МСЕ для однакової кількості вузлів розбиття дає розв'язки однакового порядку точності. Отримані результати дають змогу відобразити процес фільтрації або температурне поле у кожній вузловій точці розглядуваного об'єкту.

1. В.С. Дейнека, И.В. Сергиенко. Модели и методы решения задач в неоднородных средах. – Киев: Наукова думка, 2001. – 606 с. – ISBN 966-00-0701-9

УДК 539.3

Н.Гашин, Ю.Гладь

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ ДЖЕРЕЛ ПОСТІЙНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ НАГРІВАННЯ КІЛЬЦЕВОГО ДИСКА

В реальних виробничих умовах нагрівання кільцевих дисків з метою несилової посадки на відповідний вал часто здійснюється з використанням теплових джерел постійної питомої потужності. Такими є печі з електричним чи газовим нагрівом постійної інтенсивності по області і в часі. Їх перевага в тому, що в піч завантажується зразу ціла партія дисків без урахування їх конфігурації, розмірів та внутрішнього розташування. Використовуючи піч, яка реалізує такий режим, можна суттєво зекономити час реалізації посадки для значної кількості дисків.

В даній роботі визначається необхідна питома потужність теплових джерел, що є постійною в часі і по області, яка створює за час нагріву необхідне збільшення радіуса диска для здійснення його посадки на круглий вал.

Нехай кільцевий диск товщиною $2h$ і радіусами внутрішнього та зовнішнього контурів R_1 і R_2 відповідно нагрівається протягом заданого часу τ рівномірно розподіленими по всьому об'єму диска тепловими джерелами постійної питомої потужності W . Потрібно знайти таке значення питомої потужності джерел W , дія яких протягом заданого часу приведе до збільшення внутрішнього радіуса диска наперед задану величину u_0 .

Для розв'язку поставленої задачі підемо шляхом, який використовувався у попередніх роботах: застосуємо відомі рівняння рівноваги елементарної ділянки пружного тіла, геометричні співвідношення та фізичні залежності для матеріалу моделі Максвелла. Для знаходження температурного поля запишемо рівняння теплопровідності

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{\partial T}{r \partial r} - m^2 T + \frac{W}{\lambda} - \frac{1}{a} \dot{T} = 0$$

в якому T - середня по товщині диска температура, W - стала питома потужність теплових джерел, u - радіальне переміщення, $m^2 = \frac{\alpha}{\lambda h}$, α - коефіцієнт тепловіддачі на поверхнях диска $z = \pm h$, λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу диска, a - коефіцієнт температуропровідності

Через те, що $W = const$, то розв'язок рівняння, знайдений методом розділення змінних, після задоволення граничних і початковим умовам, для температури T має вигляд

$$T = \sum_{v=1}^{\infty} \frac{P_v}{\lambda_v^2} \left(1 - e^{-\lambda_v^2 \tau} \right) \left[M J_0(l_v r) + Y_0(l_v r) \right], \quad \text{де} \quad P_v = \frac{W}{\lambda_g} N_v, \quad \lambda_v^2 = l_v + m^2,$$

Остаточний розв'язок, що визначає необхідну сталу потужність теплових джерел визначається за формулою

$$W = \frac{u_0 \lambda}{\alpha \tau a} \sum_{v=1}^{\infty} \frac{1}{N_v \left(e^{-\lambda_v^2 \tau} u_1 + e^{-\tau_n^{-1} \tau} u_2 + e^{-A \tau} u_3 + e^{(-\tau_n^{-1} + A) \tau} u_4 + e^{(\tau_n^{-1} - A) \tau} u_5 + u_6 \right)},$$

де величини u_i є сталими і визначаються за складними залежностями, які враховують геометрію та властивості матеріалу.

УДК 519.651

Л.П. Дмитроца

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ПРО НАБЛИЖЕННЯ ФУНКЦІЙ ЗІ ЗМІННИМ ПЕРІОДОМ

При дослідженні коливних явищ, процесів, які фіксуються у вигляді відповідних періодичних сигналів, зустрічаються сигнали, період яких певним чином змінюється. Прикладами сигналів із змінним періодом є електрокардіограми під час чи після фізичного навантаження; звучання сирени швидкої допомоги; робота робота двигунів, генераторів в перехідних режимах тощо. Наявність таких сигналів викликає потребу дослідження, створення та розробки на базі моделей відповідних методів їх вивчення.

В [1] був введений клас функцій із змінним періодом, які можуть бути використані як модель відповідних сигналів із змінним періодом. Виникає проблема вибору алгоритму «реалізації» цієї математичної моделі, для створення певних програм на ЕОМ з метою дослідження таких сигналів. При цьому модель подається у формі придатній для застосування числових методів.

Ефективність чисельного алгоритму у великій мірі залежить від правильного вибору класу наближуваних функцій. Найчастіше наближуваними функціями обирають поліноми (алгебраїчні, тригонометричні, експоненційні). Проте для функцій із змінним періодом необхідна система елементарних, найпростіших функцій (подібно до тригонометричної системи для звичайних періодичних функцій), характерною ознакою яких була б змінність.

Нагадаємо, що при дослідженні періодичних функцій часто використовується тригонометрична система функцій

$$\{\sin \omega_n x, \cos \omega_n x\}, n = 1, 2, \dots,$$

де $\omega_n = m \times \omega_1$, $\omega_1 = 2\pi/T$, T – період функції. У випадку, коли $T = 2\pi$, отримуємо систему

$$\{\sin mx, \cos mx\}, m = 1, 2, \dots$$

В нашому випадку для побудови тригонометричної системи функцій із змінним періодом використаємо функції $\sin x^\alpha$, $\cos x^\alpha$ та утворимо систему таких функцій.

Тригонометрична система функцій

$$\sin mx^\alpha, \cos mx^\alpha, x \geq 0, \alpha > 0, m = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

із змінним періодом $T_\alpha(x) = -x + (x^\alpha + 2\pi)^{1/\alpha}$, $x \geq 0$, є ортогональною із ваговою функцією $\rho_\alpha(x) = \alpha x^{\alpha-1}$ в просторі $L^2_\rho(x, x + T_\alpha(x))$, причому норма кожної із функцій системи (1) рівна $\sqrt{\pi}$. При цьому довжина інтервалу ортогональності $[x, x + T_\alpha(x)]$ вже не є постійною, а змінюється у відповідності до значення періоду $T_\alpha(x)$, $x \geq 0$ – довільна точка.

Отримані результати утворюють фундамент для розробки конструктивної теорії функцій із змінним періодом, зокрема побудови теорії рядів Фур'є таких функцій.

1. Приймак М.В., Боднарчук І.О., Лупенко С.А. Умовно періодичні випадкові процеси із змінним періодом. // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2005. – Т.10, №2. – С. 132-141.

УДК 539.3

Г. Козбур, Н. Крива

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗВ'ЯЗОК АНТИПЛОСКОЇ ПРУЖНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ ТІЛА З ПІВБЕЗМЕЖНИМ ПРЯМОКУТНИМ ВИРІЗОМ

При визначенні напружено деформованого стану (НДС) тіл із тріщинами їх, як правило, моделюють математичними розрізами. До навантаження віддалі між берегами тріщин вважають нульовою, а береги – невзаємодіючими. Вершини тріщин приймають за точки звороту. Важливим продовженням таких досліджень є визначення розподілів НДС в околі прямокутних щілин, які за нескінченно малої ширини переходять у класичну тріщину.

Дослідимо НДС при вершинах вузької прямокутної щілини під впливом зсувного навантаження, прикладеного на великій віддалі від її торців. Довжину щілини вважатимемо великою проти її ширини настільки, що саму щілину можна приймати півнескінченною: $x \leq 0$, $-b \leq y \leq b$, $-\infty < z < +\infty$. За такого підходу щілина буде тріщиноподібною з вершиною, відмінною від точки звороту та із відмінною від нуля початковою віддаллю між берегами.

Навантаження задаватимемо асимптотикою поля напружень на нескінченності рівною асимптотиці такого поля для півбезмежної тріщини.

Приведемо крайову задачу для аналітичної у верхній півплощині $\zeta = x + iy$ без смуги $x \leq 0$, $0 \leq y \leq b$ (область D) функції $\tau(\zeta) = \tau_{yz}(x, y) + i\tau_{xz}(x, y)$:

$$\operatorname{Im} \tau(\zeta) = 0 \quad (\zeta = x + ib, -\infty < x < 0); \quad \operatorname{Re} \tau(\zeta) = 0 \quad (\zeta = iy, 0 < y < b);$$

$$\operatorname{Im} \tau(\zeta) = 0 \quad (\zeta = x, 0 < x < +\infty); \quad \tau(\zeta) = K_3 / \sqrt{2\pi\zeta} + o(\zeta^{-1/2}), \text{ якщо } \zeta \rightarrow \infty, \quad (1)$$

де K_3 – коефіцієнт інтенсивності напружень.

Для розв'язання задачі (1) зауважимо, що функція $\tau(\zeta)$ конформно відображає область D площини ζ на четвертий квадрант площини τ (рис. 1, $\tau_0 = \min_{[0;b]} \tau_{yz}(0, y)$).

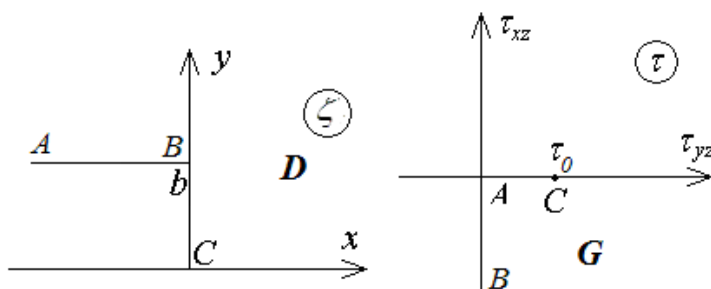


Рис. 1. – Області для конформного відображення

Аналітичний розв'язок задачі (1) є таким

$$\tau(t) = \frac{K_3}{2\sqrt{bt}},$$

$$\zeta(t) = ib + \frac{2b}{\pi} \sqrt{t^2 - t} +$$

$$+ \frac{2b}{\pi} \ln(\sqrt{1-t} - \sqrt{-t})$$

$$(t \in H = \{\operatorname{Im} t > 0\}).$$

Тут під $(p-t)^{1/2}$ ($p=0$ або 1) розумітимемо

аналітичну в області H функцію, яка приймає дійсні додатні значення, коли $t > 1$; $\ln(\sqrt{1-t} - \sqrt{-t})$ – аналітична в H функція, що приймає дійсні значення, коли аргумент логарифма дійсний і додатний.

УДК 537.8

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

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ СПРАЦЬОВАНИХ ПОВЕРХОНЬ ТІЛ ОБЕРТАННЯ

Розроблено математичну модель створення енергії магнітного поля при відновленні спрацьованих тіл обертання циліндричної форми методом заливання розплавленого металу в технологічний тигель, яка враховує, як геометричні так і фізичні властивості матеріалів, з яких вони виготовлені. Проведено аналітичне та графічне дослідження залежності енергії магнітного поля, яка зосереджена на зношеній поверхні, від низки геометричних параметрів індуктора, проведено аналіз результатів досліджень.

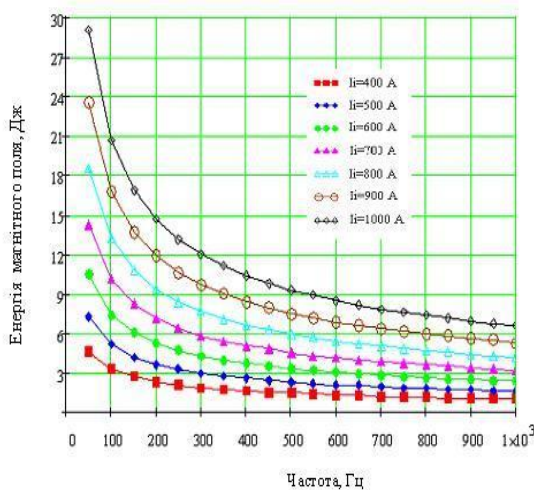


Рис. 1 Графік залежності енергії магнітного поля, від частоти при різних значеннях сили струму

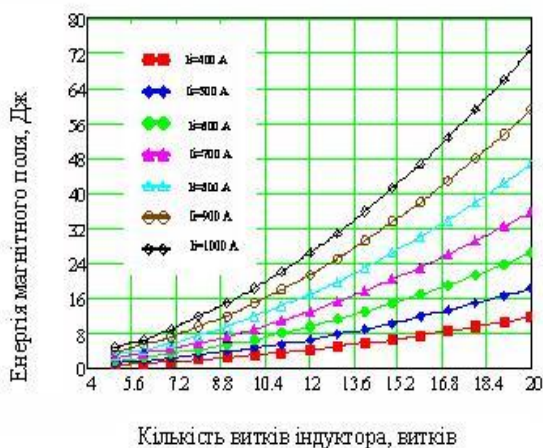


Рис. 2. Графік залежності енергії магнітного поля, від кількості витків індуктора, при різних значеннях сили струму.

струму, які є квадратичними залежностями, тобто енергія магнітного поля інтенсивніше зростає при більшій силі струму та кількості витків індуктора.

Проведено чисельне дослідження отриманих результатів з побудовою графіків та проаналізовано їх, щоб в подальшому використати ці дослідження для знаходження індуктивності системи.

Індуктивність системи індуктор-деталь визначено у випадку, коли температура в деякій області деталі перевищує температуру Кюрі. При цьому енергія магнітного поля визначається за формулою

$$W_m = \frac{1}{2} \mu_a \frac{2N^2 I^2}{a^2} \int_{x_0}^x e^{-2k(x-x_0)} 2\pi a(l-x) dx,$$

де μ_a – активна магнітна проникливість; N – кількість витків індуктора; I – струм індуктора; a – висота індуктора; l – віддаль від внутрішньої поверхні індуктора до осі деталі; $k = \sqrt{\frac{\omega \mu_a \gamma}{2}}$, ω – кругова частота.

На рис. 1 – 2 подано залежності енергії магнітного поля в деталі від сили струму в індукторі, частоти струму в індукторі, кількості витків індуктора.

З рис.1 видно, що енергія магнітного поля на поверхні деталі із ростом частоти, швидко зменшується.

На рис. 2 подано залежності енергії магнітного поля в деталі від кількості витків індуктора при різних значеннях сили

УДК 66.023:519.86

І. Лучейко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ЗБУРЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕАГЕНТУ В СИСТЕМІ “РЕАКЦІЯ $A_1 \rightleftharpoons \alpha_{i+1} A_{i+1}$ + ПРОТОЧНИЙ РЕАКТОР ЗМІШУВАННЯ”: ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Математична модель – задача Коші для системи рівнянь балансу концентрацій інгредієнтів A_j паралельної оборотної реакції $A_1 \xrightleftharpoons[m_i, k_{(i+1)}]{n_i, k_{(i+1)}} \alpha_{i+1} A_{i+1}$ в ізотермічному режимі функціонування реактора з єдиним змінним параметром $c_1^{\text{вх}}(\bar{\tau})$ концентрації реагенту A_1 на вході

$$\begin{cases} dc_1/d\bar{\tau} = c_1^{\text{вх}} - c_1 - \sum_1^N \bar{w}_{1(i+1)}^{\text{витр}} + \sum_1^N \bar{w}_{(i+1)1}^{\text{накоп}} \\ dc_{i+1}/d\bar{\tau} = -c_{i+1} + \bar{w}_{1(i+1)}^{\text{накоп}} - \bar{w}_{(i+1)1}^{\text{витр}} \\ \bar{\tau} = 0, c_j = c_{0j}, \end{cases} \quad (1)$$

де $\bar{w}_{1(i+1)}^{\text{витр}}(A_1)$, $\bar{w}_{(i+1)1}^{\text{витр}}(A_{i+1})$ – швидкості витрачання A_j внаслідок реакції; $\bar{w}_{(i+1)1}^{\text{накоп}}(A_1)$, $\bar{w}_{1(i+1)}^{\text{накоп}}(A_{i+1})$ – швидкості накопичення A_j ; $i = \overline{1, N}$ – номери стадій; $j = \overline{1, N+1}$ – номери A_j ($N \geq 1$ – кількість паралельних стадій, рівна кількості продуктів, $N+1$ – кількість інгредієнтів).

Із врахуванням стехіометрії реакції $\bar{w}_{(i+1)1}^{\text{накоп}} = (1/\alpha_{i+1})\bar{w}_{(i+1)1}^{\text{витр}}$, $\bar{w}_{1(i+1)}^{\text{накоп}} = \alpha_{i+1}\bar{w}_{1(i+1)}^{\text{витр}}$, і тоді

$$\begin{cases} dc_1/d\bar{\tau} = c_1^{\text{вх}} - c_1 - \sum_1^N \bar{w}_{1(i+1)}^{\text{витр}} + \sum_1^N \alpha_{i+1}^{-1} \bar{w}_{(i+1)1}^{\text{витр}} \\ d\tilde{c}_{i+1}/d\bar{\tau} = -\tilde{c}_{i+1} + \bar{w}_{1(i+1)}^{\text{витр}} - \alpha_{i+1}^{-1} \bar{w}_{(i+1)1}^{\text{витр}} \\ \bar{\tau} = 0, \tilde{c}_j = \tilde{c}_{0j}, \sum_1^{N+1} \tilde{c}_{0j} = 1, \end{cases} \quad (2)$$

де величини $\tilde{c}_j(\bar{\tau}) = c_j(\bar{\tau})/\alpha_j$ – миттєві зведені концентрації всіх A_j , зокрема, $\tilde{c}_1 \equiv c_1$.

У випадку степеневі моделі кінетики отримаємо нелінійну систему $N+1$ рівнянь

$$\begin{cases} dc_1/d\bar{\tau} = c_1^{\text{вх}}(\bar{\tau}) - c_1 - \sum_1^N \bar{k}_{1(i+1)} c_1^{n_i} + \sum_1^N \alpha_{i+1}^{m_i-1} \bar{k}_{(i+1)1} \tilde{c}_{i+1}^{m_i} \\ d\tilde{c}_{i+1}/d\bar{\tau} = -\tilde{c}_{i+1} + \bar{k}_{1(i+1)} c_1^{n_i} - \alpha_{i+1}^{m_i-1} \bar{k}_{(i+1)1} \tilde{c}_{i+1}^{m_i} \\ \bar{\tau} = 0, \tilde{c}_i = \tilde{c}_{0i}, \tilde{c}_{0(N+1)} = 1 - \sum_1^N \tilde{c}_{0i} = x_0 - \sum_2^N \tilde{c}_{0i}, \end{cases} \quad (3)$$

де $x_0 = 1 - c_0$ – ступінь перетворення A_1 . При числових розв’язках на ЕОМ обмеження очевидні: $\alpha_{i+1} > 0$, $-\infty < \{n_i, m_i\} < \infty$, $\bar{k}_{1(i+1)} > 0$, $\bar{k}_{(i+1)1} \geq 0$, $0 < \tilde{c}_{0j} < 1$, $\bar{\tau} \geq 0$. Для будь-яких концентраційних збурень стаціонарного режиму $c_1^{\text{вх}}(\bar{\tau} = 0) = 1$, $c_1^{\text{вх}}(\bar{\tau} > 0) \geq 0$.

УДК 66.023:519.86

І. Лучейко, Р. Коцюрко, В. Коваль

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

РОЗРАХУНОК ДОПУСТИМОЇ ТОВЩИНИ НАКИПУ ЗА ВІДНОСНИМ ЗБІЛЬШЕННЯМ ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ ПОТОКУ РІДИНИ В ТРУБЧАСТОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ

Утворення на теплообмінних поверхнях шару накипу є однією з головних проблем теплоенергетики.

Крім збільшення термічного опору, через зменшення поперечного перерізу $A = \pi r^2$ ($r = r_0 - \delta$ – внутрішній радіус r_0 труби з накипом товщиною δ) трубопроводу збільшується (при заданій об'ємній витраті $v = \bar{w}A = \text{const}$) середня лінійна швидкість \bar{w} потоку, що веде до росту гідравлічного опору і додаткових затрат потужності N на подолання сил внутрішнього тертя в рідині.

Для усталеного ламінарного режиму потоку виконується закон Пуазейля

$$v = \frac{\pi r^4}{8\mu} \frac{\Delta p}{l}, \quad (1)$$

де μ – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини; $\Delta p / l$ – лінійний перепад тиску, створюваний, зокрема, помпою.

Тоді затрачувана потужність

$$N = -\int_1^2 v dp = v(p_1 - p_2) \equiv v \Delta p = \frac{\pi r^4 l}{8\mu} \left(\frac{\Delta p}{l} \right)^2. \quad (2)$$

Із (1) і (2) лінійна потужність (Вт/м)

$$N/l = \frac{8\mu}{\pi r^4} v^2 \propto r^{-4}, \quad (3)$$

звідки відносна різниця опорів як критерій оцінки допустимої товщини накипу

$$\varepsilon_N = (N/N_0) - 1 = (1 - x)^{-4} - 1 \leq (\varepsilon_N)_{\text{max}}^{\text{доп}} \quad (v = \text{const}), \quad (4)$$

де $x = \delta / r_0$ – симплекс товщини накипу та внутрішнього радіусу труби.

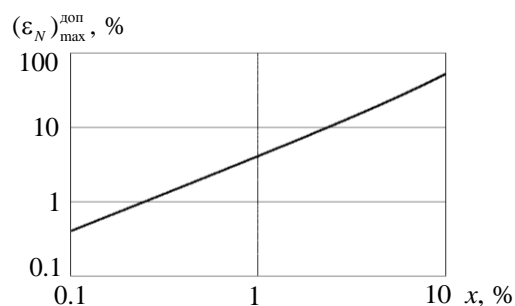


Рисунок. Номограма для визначення можливої відносної товщини x накипу в трубці колового перерізу за максимально-допустимою величиною $(\varepsilon_N)_{\text{max}}^{\text{доп}}$ збільшення гідравлічного опору потоку рідини

Як видно з рисунка, вже при $x = 1\%$ $(\varepsilon_N)_{\text{max}}^{\text{доп}} \approx 4\%$, тобто товщина накипу суттєво впливає на енергоефективність теплообміну.

УДК 537.8, 539.3

М. Михайлишин, Б. Головатий

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ І ДЕФОРМАЦІЙ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В РЕЗУЛЬТАТІ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТІЛ

В сучасних технологіях з метою покращення експлуатаційних властивостей деталей широко використовуються різноманітні способи термообробки — цементація, азотування, загартовування, відпал, відпуск. Для забезпечення необхідної точності температурного режиму і простоти технологічного процесу, а також з економічних міркувань, найбільш простим способом нагріву є індукційний.

Побудовано математичну модель процесу індукційного нагріву нескінченного суцільного циліндра індуктором скінченної довжини, отримано розв'язки задач для деяких часткових випадків методами інтегральних перетворень Фур'є для наближення, коли струмами зміщення для електропровідного тіла нехтують.

Отримано потужність джерел тепловиділення при індукційному нагріві суцільного нескінченного циліндра індуктором такої ж довжини:

$$Q(r) = \frac{\sigma(\mu_0 \mu \omega R_1 j_0)^2}{2R_0^2(e^2 + g^2)} [A^2(r) + B^2(r)],$$

де $A(r) = -[Y_1(k_0 R_1) \text{ber}_1(k^* r) + J_1(k_0 R_1) \text{bei}_1(k^* r)],$

$$B(r) = J_1(k_0 R_1) \text{ber}_1(k^* r) - Y_1(k_0 R_1) \text{bei}_1(k^* r), \quad e = \mu k_0 a_{10} + \frac{\mu_0 k^*}{\sqrt{2}} (a_{01} + b_{01}),$$

$$g = \mu k_0 b_{10} + \frac{\mu_0 k^*}{\sqrt{2}} (b_{01} - a_{01}), \quad a_{mn} = \text{ber}_m(k^* R_0) J_n(k_0 R_0) - \text{bei}_m(k^* R_0) Y_n(k_0 R_0),$$

$b_{mn} = \text{bei}_m(k^* R_0) J_n(k_0 R_0) + \text{ber}_m(k^* R_0) Y_n(k_0 R_0),$ $k^* = \sqrt{\omega \mu \sigma}$, j_0 – густина струму в індукторі, R_0, R_1 – радіус циліндра та індуктора, $\text{ber}_n(x), \text{bei}_n(x)$ – функції Кельвіна, $J_n(x), Y_n(x)$ – функції Бесселя.

Для знаходження температурних полів розв'язується задача нестационарної теплопровідності для індукційного нагріву із джерелами знайденої потужності. Для моделювання процесів деформування використовуються співвідношення деформаційної теорії термопружнопластичності з використанням методу додаткових деформацій. Значення компонент пластичної деформації для нульового наближення береться рівним цим компонентам, досягнутим на попередньому етапі деформування. За знайденими повними деформаціями обчислюється їх інтенсивність та інтенсивність відповідних напружень, потім k -те наближення параметра пластичності і компоненти пластичної деформації, які використовуються для знаходження повних деформацій на наступному кроці. Враховано температурну залежність електрофізичних і механічних характеристик матеріалу. Для визначення параметра пластичності залежність між інтенсивностями напружень і деформацій будують на основі принципу Мазінга. Для отримання числових результатів використовується метод Годунова інтегрування крайових задач для систем звичайних диференціальних рівнянь першого порядку.

Знайдено розподіл температурних полів, часові та залишкові поля напружень і деформацій при індукційному нагріві циліндричних тіл.

УДК 517.954; 51-74; 519.63

О. Муль

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

**АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ АВТОКОЛИВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ В
ДЕЯКИХ ГЛИБОКОВОДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВКАХ**

Розглянемо складні неперервно-дискретні системи транспортних трубопроводів, призначені для піднімання корисних копалин з великих глибин. Основним конструктивним елементом таких глибоководних технологічних установок є трубний став великої довжини L , пружно закріплений на одному кінці та зв'язаний з платформою значної маси M на іншому. У таких системах під дією хвиль та нелінійних гідродинамічних сил збуджуються інтенсивні динамічні процеси різної фізичної природи, у тому числі шкідливі автоколивання. Для аналізу можливих автоколивальних процесів використаємо нову математичну модель системи у вигляді дисипативного хвильового рівняння (1) та складних граничних умов (2) – (3):

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(u + \beta \frac{\partial u}{\partial t} \right) = 0, \quad (1)$$

$$x = 0: \quad ES \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(u(0, t) + \beta \frac{\partial u(0, t)}{\partial t} \right) \right) = ku(0, t), \quad (2)$$

$$x = L: \quad M \frac{\partial^2 u(L, t)}{\partial t^2} + ES \frac{\partial}{\partial x} \left(u(L, t) + \beta \frac{\partial u(L, t)}{\partial t} \right) = \alpha_1 \frac{\partial u(L, t)}{\partial t}, \quad (3)$$

де $u(x, t)$ – поздовжнє зміщення точок стержня; β – коефіцієнт, що враховує внутрішнє тертя в матеріалі; S – площа поперечного перерізу стержня; E – модуль пружності матеріалу конструкції; ρ – його густина; k – поздовжня жорсткість пружної підвіски; $a^2 = E/\rho$; α_1 – коефіцієнт, який характеризують середовище, що чинить опір.

Нестандартні граничні умови задачі ускладнюють аналітичне визначення її власних значень, тому з цією метою використаємо чисельний метод нормальних фундаментальних систем розв'язків. Для цього спочатку перейдемо до безрозмірних змінних $\bar{x} = x/L$, $\bar{u} = u/L$, $\tau = ta/L$ та безрозмірних параметрів $\varepsilon_1 = a\beta/L$, $\varepsilon_2 = \alpha_1 L/Ma$, $\mu = \rho SL/M$, $r = kL/ES$. Оскільки гранична задача є неконсервативною через наявність в її рівнянні руху та граничних умовах непарних похідних по часу, то її власні значення можуть бути комплексними числами, а отже розв'язок шукаємо у вигляді

$$\bar{u}(\bar{x}, \tau) = [\bar{u}_1(\bar{x}) + i\bar{u}_2(\bar{x})]e^{(q+i\omega)\tau}, \quad (4)$$

де ω – уявна частина власного значення крайової задачі; q – його дійсна частина.

Введення нових функцій $\bar{u}_1 = \gamma_1$, $\bar{u}_2 = \gamma_2$, $\bar{u}_1' = \gamma_3$, $\bar{u}_2' = \gamma_4$ зводить задачу до системи диференціальних рівнянь першого порядку у нормальній формі з лінійними граничними умовами. Її розв'язки шукаємо у виді лінійної комбінації розв'язків задач Коші для цієї системи з початковими умовами, рівними 1 та 0, що складають нормальну фундаментальну систему розв'язків. Це дозволяє одержати алгебраїчне рівняння, з якого можна визначити комплексні власні значення граничної задачі та частоти можливих автоколивань, а також проаналізувати вплив параметрів системи на ці частоти та розробити пропозиції по її вдосконаленню.

УДК 612.16+616-073.173

М. Свередюк

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

СУЧАСНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ЗА ПУЛЬСОВОЮ ХВИЛЕЮ

На сьогодні серед широкого спектру діагностичних експрес-методик популярною в світовій медицині є методика аналізу пульсограм – кривих, що реєструють пульсові коливання в різних відділах серцево-судинної системи.

Зміни сигналу пульсу від періоду до періоду за формою є проявом адаптаційних механізмів серцево-судинної системи та може змінюватись залежно від сили і швидкості серцевих скорочень, ударного об'єму та в'язкості крові, артеріального тиску, еластичності та тонуусу стінок артерій.

Інформація, виділена із пульсового сигналу, може бути представлена в двох різних варіантах. Перший вид – значення параметрів форми пульсової хвилі. В багатьох дослідженнях було показано наявність взаємозв'язку між різноманітними захворюваннями і формою пульсового сигналу, обумовленою числом і ступенем вираженості локальних піків в межах основного періоду пульсової хвилі. Другий вид – інформація, що відбиває динамічні зміни форми пульсової хвилі. Людина – це динамічна система з певним ступенем збалансованості внутрішніх біоритмів, як між собою, так і з ритмічними змінами зовнішнього середовища. Таким чином, виникає можливість ранньої діагностики захворювань завдяки обліку інформації про дисбаланс біоритмів.

Серед методів аналізу пульсограм можна виділити дві групи:

1. Методи часової області: аналіз прямої та відбитої пульсових хвиль (індекс принадбавки), амплітудні та часові значення пульсової хвилі, індекс відображення та індекс жорсткості, залежність коливань кровотоку від коливань температури пальців, швидкість розповсюдження пульсової хвилі (для визначення тонуусу судин, еластичності стінок судин), класи форм пульсової хвилі (виділено 5 основних класів), параметр на основі 2-ї похідної (прогнозує лише статистику закономірностей, не моделює фізіологію роботи організму), зміна форми пульсової хвилі в людини у різні декади життя, варіацію висоти та довжини пульсової хвилі, варіація діастолі, передаточна функція (описує зв'язок між фотоплетизмограмою та пульсовим кровонаповненням), фазові портрети пульсограм.

2. Методи частотної області: флуктуації інтервалів і амплітуд, варіабельність серцевого ритму (коефіцієнт кореляції між варіабельністю пульсу та серцевого ритму), спектральні характеристики (встановлена кореляція між значеннями енергетичного коефіцієнта ЕК спектру і коефіцієнта варіації КВ вейвлет-коефіцієнтів), тип форми спектральної щільності (виділено 6 основних типів спектральної щільності), параметр пульсової хвилі згідно з типом адаптаційної реакції.

При огляді існуючих методів ряд авторів що досліджують другий вид інформації, а саме динамічність форми пульсової хвилі, застосовують певні показники, такі як: систолічна та діастолічна варіації, варіація інтервалів та амплітуд, варіація ритмів пульсу, та її кореляція із варіабельністю серцевих ритмів і т.д.

В доповіді наведено результати аналізу стану сучасних методів діагностики за пульсовою хвилею, встановлено що залишається невирішеним завданням автоматизація оцінювання змін форми пульсової хвилі від періоду до періоду в межах однієї серії спостережень як у нормі так і при порушеннях.

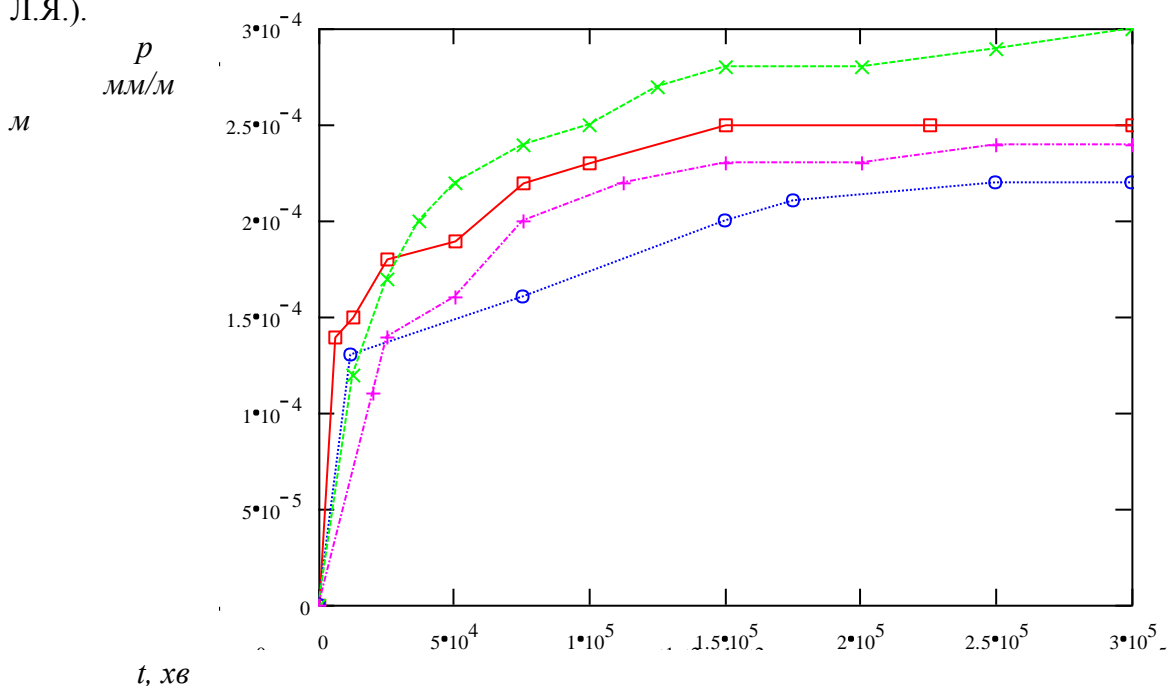
УДК 539.3

С. Федак

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ЛОГАРИФМІЧНА ДОВГОТРИВАЛА ПОВЗУЧИСТЬ СТАЛЕЙ

Питання низькотемпературної повзучості актуальне з міркувань опису процесів в матеріалах, що експлуатуються в температурному діапазоні $T: T/T_{пл} \leq 0,5$ ($T_{пл}$ – температура плавлення) та напруженнях $\sigma: 10^{-6} \leq \sigma/\mu$ (μ – коефіцієнт Пуассона). Локально такі рівні напружень досягаються в небезпечних перерізах конструкцій. Довготривала повзучість вимірюється часовою характеристикою порядку від 10^5 с. В таких умовах перебуває значна частка матеріалів. Агресивне середовище сприяє накопиченню пошкоджень та зменшує час до руйнування. Сумарно з локальними деформаціями повзучості процес суттєво зменшує термін експлуатації конструкцій. Такі явища притаманні для трубопроводів під дією високого тиску, що піддаються монтажним напруженням: сумарна локальна складова напруження достатня для переходу через межу пружності, а довготривала її дія призводить до збільшення деформації повзучості, агресивне середовище (наприклад наводнення металів в нафтопроводах) не лише прискорює процеси, але й змінює сам характер деформування. Аналіз кривих повзучості сталей, що використовуються в трубопроводах це підтверджує (дослідження проведені в університеті ІФНТУНГ проф. Побережним Л.Я.).



В логарифмічних координатах для зразків при однакових значеннях температури залежності деформації повзучості p від часу t є лінійними за різних рівнів напружень σ . Це дає змогу використовувати для їх опису простіші теорії (наприклад, старіння $\Phi(p, \sigma, t) = 0$), а в подальшому - відомі методики прогнозування логарифмічної повзучості. Однак середовище спричинює зміни в характері кривих, не притаманних низькотемпературній повзучості. Це можна пояснити комбінацією двох процесів - деформації та наводнення матеріалу. І лише за деякий час (перехідний період) залежності повзучості знову набувають лінійного вигляду.

УДК 623.407

О. Шкодзінський, І. Белякова, В. Медвідь, В. Пісцьо,

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОПТИМІЗАЦІЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПОПЕРЕЧНО-ПОПЕРЕЧНОГО ТИПУ У ОДНОМІРНИЙ ПОСТАПНОВЦІ

Розглянемо задачу оптимізації форми плоского п'єзотрансформатора струму (ПТ) з поляризацією за товщиною пластини. Нехай пластинка має товщину h , а її середня площина співпадає з площиною xOy , а матеріал має густину ρ . Припустимо, що бічні поверхні п'єзотрансформатора вільні від електродів, а верхня і нижня поверхні покриті системою електродів, зазор між якими наближається до 0. Для зменшення втрат енергії п'єзотрансформатор звичайно закріплюють так, щоб його поверхні не передавали зусилля на закріплення, така умова приводить до граничної умови: $\sigma_{ij}n_j = 0$, де n_j - вектор зовнішньої нормалі. У якості мети оптимізації оберемо максимізацію коефіцієнта використання матеріалу, що визначається за формулою:

$$k = \frac{V(M(\sigma) = [\sigma])}{V},$$

де V - загальний об'єм матеріалу ПТ, $V(M(\sigma) = [\sigma])$ - об'єм матеріалу, у котрому напруження рівні максимальнодопустимим.

У випадку одномірних коливань з коловою частотою ω по довжині (координаті x) при змінній ширині $b(x)$ п'єзотрансформатора та симетрії ПТ відносно осі Ox рівняння, що описують його можуть бути записані у виді:

$$\frac{d}{dx}(b\sigma_{11}) + \rho\omega^2 b u_1 = 0; \quad \frac{d}{dx} u_1 = s_{11}\sigma_{11} + \frac{d_{31}}{h \cdot b} \int_{-b/2}^{b/2} \varphi(x, y) dy,$$

де $\varphi(x, y)$ - різниця потенціалів між верхнім і нижнім електродами ПТ, залежна, в загальному випадку, від двох координат. Звідки, вводячи заміну $z = y/b$ та $\phi(x, z) = \varphi(x, b \cdot z)$ маємо:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{b} \frac{d}{dx} (b\sigma_{11}) \right) + \rho\omega^2 s_{11}\sigma_{11} = - \frac{\rho\omega^2 s_{11} d_{31}}{h} \int_{-1/2}^{1/2} \phi(x, z) dz.$$

У випадку оптимальної форми ПТ напруження σ_{11} у матеріалі ПТ наближаються до $[\sigma]$, а форма ПТ має наближатись до такої, що описується наступним рівнянням:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{b} \frac{d}{dx} (b[\sigma]) \right) + \rho\omega^2 s_{11}[\sigma] = - \frac{\rho\omega^2 s_{11} d_{31}}{h} \int_{-1/2}^{1/2} \phi(x, z) dz.$$

Легко бачити, що дане рівняння диференціальне рівняння відносно b має загальний розв'язок, котрий може бути записаний у вигляді:

$$b(x) = V \exp \left(- \frac{\rho\omega^2 s_{11} d_{31}}{h \cdot [\sigma]} \left(x \int_0^{x/2} \int_{-1/2}^{1/2} \phi(v, z) dz dv - \int_0^x v \int_{-1/2}^{1/2} \phi(v, z) dz dv \right) - \frac{\rho\omega^2 s_{11} x^2}{2} + A \cdot x \right).$$

Де A та V невідомі сталі, причому, V визначається необхідною потужністю ПТ.

$$b(x) = V \exp \left(- \frac{\rho\omega^2 s_{11} d_{31}}{h \cdot [\sigma]} \left(x \int_0^{x/2} \int_{-1/2}^{1/2} \phi(v, z) dz dv - \int_0^x v \int_{-1/2}^{1/2} \phi(v, z) dz dv \right) - \frac{\rho\omega^2 s_{11} x^2}{2} \right).$$

Як легко зрозуміти, дефект такої оптимальної форми полягає в тому, що оптимальна форма п'єзопластини може мати нескінчену довжину, але, якщо примусово задати при $|x| > l_{\max}$ ширину $b(x)$ рівну 0, отримана форма ПТ буде близькою до оптимальної, і тим ближче до оптимальної чим більше l_{\max} .

Секція: ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

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

Секретар: **Н. Загородна**

УДК 681.3

С. Балабан¹, В. Чиж¹, М. Александер²

1. Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

2. Державна вища професійна школа в Новому Сончі, Польща.

ВИБІР МЕТОДУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ СИЛИ СИГНАЛІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВУЗЛІВ У БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Темпи розширення зон використання бездротових сенсорних мереж (БСМ) і зростання об'єму інформації, що ними транспортується, вимагають адекватного підвищення рівня захищеності інформації і збільшення надійності роботи БСМ. Одним із факторів, які дозволяють успішно вирішувати дані завдання є розроблення і постійне удосконалення механізмів контролю за силою сигналів інформаційних вузлів (ІВ) таких мереж. Як засіб такого контролю авторами запропоновано використання геометричного моделювання БСМ. В основу геометричної моделі покладено кластери у вигляді правильних шестикутників, які характеризують 18 сигнальних точок (СТ) і 36 функціональних зв'язків (ФЗ). В свою чергу, в основу побудови кластерів покладено чотирикутні симплекси у вигляді ромбів у вершинах яких розміщені СТ. В процесі моделювання приймають, що у конфігураційному просторі двох вимірів ІВ геометрично представлені СТ, а відстані між СТ є функціями сили їх сигналів, які називають функціональними зв'язками.

При стабільній роботі ІВ у симплексі фіксується двовимірний евклідов простір із ФЗ, які визначаються характером роботи ІВ і визначають положення СТ, що представляють ІВ у симплексі. Зміна сили сигналу ІВ приводить до зміни довжини ФЗ у симплексі. В залежності від того, яким чином встановлюють залежність між ФЗ і СТ у симплексі запропоновано два види візуалізації сили сигналів ІВ. Перший вид візуалізації ґрунтується на тому, що первинне положення сигнальних точок фіксується у кластері. Зміна сили сигналу ІВ або групи ІВ спричиняє зміну відповідних ФЗ, які здійснюють викривлення простору навколо відповідних СТ. Другий вид візуалізації полягає у можливості переміщення СТ в залежності від довжини ФЗ, які визначають точки. При стабільній роботі ІВ геометрична модель БСМ представлена однаковими симплексами-ромбами. Геометрія симплекса змінюється в результаті зміни сили сигналу одного або декількох ІВ внаслідок того, що ФЗ, які характеризують роботу ІВ, змінюють свою довжину. Зміна довжини приведе до переміщення відповідних СТ. Таким чином, відбудеться трансформація простору симплекса навколо відповідної СТ. Для реалізації такого виду візуалізації запропоновано метод чотирьохточкових симплексів (4С), метод фіксованих сигнальних точок (ФСТ) і метод еталонних сигнальних точок (ЕСТ). Для вибору методу візуалізації авторами запропоновано схему класифікації атак на БСМ і схему класифікації БСМ.

Класифікувати БСМ запропоновано за радіусом дії, середовищем передачі інформації, архітектурою (структурою), характером роботи, джерелами живлення ІВ, принципами розміщення, характером використання, характером модуляції радіосигналів. Крім цього мережі поділяють: за радіусом дій на персональні, локальні, муніципальні; за середовищем передачі інформації на інфрачервоні і радіочастотні; за архітектурою на гомогенні та гетерогенні; за характером роботи на мережі постійної дії (асинхронні), мережі періодичної дії (синхронні) і комбіновані; за джерелами живлення ІВ – з централізованим і автономним живленням; за принципом розміщення на планово розміщені і хаотичні; за характером використання на стаціонарні та мобільні; за характером модуляції сигналів на шумоподібні, з лінійною частотою модуляції, з вузькополосною модуляцією.

Розповсюдження БСМ набуває все більших масштабів – це сприяє розвитку технологій самих мереж швидкими темпами. В такому випадку, класифікації мереж та системи захисту від атак на них необхідно постійно оновлювати і вдосконалювати.

УДК 519.7

І. Баран, О. Дуда

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ

Останнім часом у світі бурхливо розвивається нова прикладна область математики, що спеціалізується на штучних нейронних мережах. Актуальність досліджень, у цьому напрямі підтверджується масою різних застосувань нейромереж. Це автоматизація процесів розпізнавання образів, адаптивне управління, апроксимація функціоналів, прогнозування, створення експертних систем, організація асоціативної пам'яті, тощо.

Програмне забезпечення для моделювання нейромереж можна розділити на готові нейропакети загального призначення, системи розробки нейрозастосувань та комплексні рішення з елементами нейромережної обробки інформації. Більш дорогі системи розробки нейрозастосувань, мають ширші можливості та вимагають більших знань. Структура та особливості архітектури готових комплексних рішень зазвичай приховані від користувача.

Готові нейропакети – це функціонально завершені програмні продукти, призначені для широкого класу задач, в основному – для прогнозування та статистичної обробки даних. Безкоштовні продукти, зазвичай, є багатошаровими перцептронами з одним або кількома правилами навчання. Винятком є професійний SNNS (Stuttgart Neural Network Simulator) з великим набором можливостей, що працює тільки на UNIX-машинах. Комерційні програмні пакети (BrainMaker Professional, NeuroForecaster, Лора-IQ300) відрізняються великим набором засобів імпорту та обробки даних, додатковими можливостями аналізу значущості входів та оптимізації структури мережі. Такі пакети придатні до застосування в умовах потокової обробки даних та націлені на вирішення інформаційних завдань в діалоговому режимі. Крім того, вони не пристосовані для розробки складних систем обробки даних з блоковою структурою, що містять багато адаптивно налаштовуваних нейромереж.

Інструменти розробки нейрозастосувань мають здатність генерувати програмний код, що використовує навчені нейромережі для обробки даних. Такий код може бути вбудований в якості підсистеми в будь які складні інформаційні комплекси. Прикладами подібних систем, є NeuralWorks Professional II Plus фірми NeuralWare і російський Bench.

Зручним інструментом розробки складних нейросистем є MATLAB з доданим до нього нейромережним інструментарієм. MATLAB надає зручне середовище для синтезу нейромережних методик з іншими методами обробки даних (вейвлет-аналіз, статистика, фінансовий аналіз і т.д.). Розроблені в системі MATLAB рішення можуть бути трансльовані в C++.

В готових рішеннях на основі нейромереж методи обробки приховані від користувача в структурі готових автоматизованих комплексів, що призначені для вирішення конкретних виробничих завдань. Наприклад, продукт Falcon вбудовується в банківську автоматизовану систему обслуговування платежів по пластикових картках. Багато таких готових рішень мають унікальні можливості і забезпечують реальні конкурентні переваги, їх ціна може бути досить високою – значно вищою, ніж вартість нейро-апаратних засобів.

УДК 004.94

О. Кареліна

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ЗАСОБИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ARIS ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Актуальною версією пакету ARIS для моделювання бізнес процесів є ARIS 9, у якому реалізована технологія хмар, є можливості для використання мобільних пристроїв та соціальних мереж.

Software AG – розробник ARIS – відзначає [1], що комунікація у соціальних мережах змінює методи співпраці та спілкування і впливає на підтримку бізнес-процесів. Із новим продуктом ARIS Connect підприємства мають змогу відкрити силу соціальної співпраці для бізнесу та ІТ-системи. ARIS Connect пропонує клієнтську технологію, яка базується на HTML5 і може використовуватись на смартфонах та планшетах. Можливості ARIS Connect: проведення дискусій щодо процесів, утворення та приєднання до груп; перегляд будь-якої інформації із ARIS за допомогою браузера; візуалізація процесів чи будь-якої інформації про компанію; моніторинг активності у мережі компанії; трансформація моделей процесів у прості для читання веб-сторінки.

Оскільки підтримкою процесів повинні займатись усі працівники компанії, усім повинні бути доступні і зрозумілі ефективні інструменти моделювання та реінжинірингу бізнес-процесів. Тому Software AG запропонував інтерфейс, подібний до продуктів Microsoft Office та популярних браузерів.

Однією із сучасних особливостей ІТ-систем компаній є стрімке зростання обсягу даних, які потрібно зберігати та опрацьовувати, тому в ARIS 9 з'явилися такі нові можливості: доступ до ARIS-репозитарію; створення запитів за допомогою графічного побудувача та визначення того, як повинні бути візуалізовані дані – у таблицях Microsoft Excel, документах Microsoft Word чи інформаційних дошках ARIS MashZone; перегляд бази даних у реальному часі.

Для опису бізнес-процесів в ARIS обрано нотацію BPMN 2.0, яка функціонально аналогічна моделям EPC (event-driven process chain) і надає такі засоби: розробка моделей процесів «як є» та «як буде»; проведення кількісного аналізу через динамічну анімацію моделі та отримання статистичних даних за час експерименту; проведення експериментів «що якщо» для визначення впливу на процес окремих факторів, наприклад – що буде, якщо вилучити із процесу один ресурс; аналіз процесу на відповідність допустимим межах, визначеним для зміни ключових показників ефективності (KPI) – наприклад, чи відповідає заданій величині кількість замовлень товарів чи послуг.

Важливим модулем ARIS 9 є Risk & Compliance Manager, який забезпечує: сигналізацію у реальному часі про перевищення встановленого рівня ризику чи настання виняткових подій; підвищення прозорості усіх процесів задля прийняття ефективних рішень.

Висновок. Програмне забезпечення ARIS для моделювання бізнес-процесів надає можливість використовувати актуальні тенденції розвитку інформаційних технологій, вивчення програм ARIS студентами ТНТУ ім. І. Пулюя підвищить їх конкурентоздатність на ринку праці фахівців економічного моделювання та аналізу.

Література:

1. ARIS9 innovation [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.softwareag.com/corporate/images/SAG_ARIS9_BRO_Feb13-Web_tcm16-102671.pdf

УДК 681.004

М. Карпінський¹, Н. Мороз², А. Яворський²

1. Університет в Бельську-Бялій і Державна вища професійна школа в Новому Сончі, Польща.

2. Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ЯК ОСНОВА БЕЗПЕКИ МЕРЕЖ

Вразливість інформації в автоматизованих комплексах обумовлена великою концентрацією обчислювальних ресурсів, їх територіальною розподіленістю, довгостроковим збереженням великого об'єму даних на магнітних та оптичних носіях, одночасним доступом до ресурсів багатьох користувачів. У цих умовах необхідність вживання заходів захисту, напевно, не викликає сумнівів. В основі комплексу заходів щодо інформаційної безпеки повинна бути стратегія захисту інформації. У ній визначаються мета, критерії, принцип і процедури, необхідні для побудови надійної системи захисту.

Найважливішою особливістю загальної стратегії інформаційного захисту є дослідження системи безпеки. Можна виділити два основних напрямки: аналіз засобів захисту та визначення факту вторгнення.

Методологічною основою політики розробки практичних заходів для її реалізації є концепція захисту інформації, тобто офіційно прийнята система поглядів на проблему інформаційної безпеки і шляхи її рішення з урахуванням сучасних тенденцій.

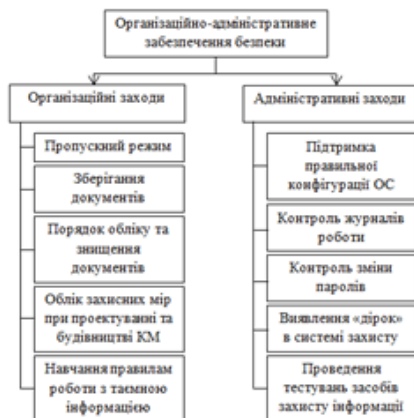


Рисунок 1. Організаційно-адміністративні засоби захисту

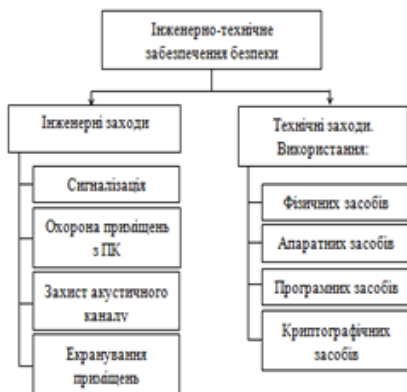


Рисунок 2. Інженерно-технічні засоби захисту

На базі сформульованих у концепції цілей, задач і можливих шляхів їх рішення формуються конкретні плани забезпечення інформаційної безпеки. Всі заходи протидії комп'ютерним злочинам, що безпосередньо забезпечують безпеку інформації, можна розділити на правові, організаційно-адміністративні (рис.1) та інженерно-технічні (рис.2). Серед них найважливішу роль відіграють саме технічні заходи для забезпечення безпеки. Вони формують потужне ядро, яке включає використання різноманітних засобів, що дозволяє забезпечити захист інформації на найвищому рівні. На основі концепції безпеки інформації розробляються стратегія безпеки інформації, архітектура системи захисту інформації та політика безпеки інформації.

Автоматизований комплекс можна вважати захищеним, якщо всі операції виконуються у відповідності з чітко визначеними правилами, що забезпечують безпосередній захист об'єктів, ресурсів і операцій. Основу для формування вимог до захисту складає список загроз. Коли такі вимоги відомі, можуть бути визначені відповідні правила забезпечення захисту. Ці правила, в свою чергу, визначають необхідні функції і заходи захисту.

Захист інформації в комп'ютерній мережі ефективніший в тому випадку, коли проектування і реалізація системи захисту відбувається в три етапи: аналіз ризику, реалізація політики безпеки, підтримка політики безпеки. В сучасних умовах захист інформації стає пріоритетною задачею, але забезпечення належного рівня захисту є складним і трудомістким процесом, який вимагає врахування великої кількості деталей і чіткої концепції захисту інформації.

УДК 004.9

С. Лупенко, Н. Луцик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЙМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕРЦЕВОЇ АКТИВНОСТІ

Переважна більшість процесів, що визначають та супроводжують серцеву активність мають циклічну часову структуру, дослідження якої уможливило проведення діагностики та прогнозування функціонального стану серця та серцево-судинної системи. У ряді робіт, показано, що циклічні сигнали серця можуть бути адекватно описані на основі математичного апарату циклічних випадкових функцій, а саме, шляхом використання циклічного випадкового процесу та вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів, скільки дані математичні моделі та розроблені на їх основі методи статистичної обробки кардіосигналів враховують як циклічність та стохастичність їх морфологічної структури, так і мінливість ритмічної структури сигналів серця, а також при належній модифікації дають змогу врахувати і стохастичність їх ритму. Крім того, використання вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів як математичної моделі синхронно зареєстрованих кардіосигналів дає змогу врахувати спільність їх ритму, що уможливило проведення їх сумісної (паралельної) статистичної обробки.

Доповідь присвячена методам статистичного оцінювання ймовірнісних характеристик циклічних сигналів серця різної фізичної природи. Наприклад, реалізація статистичної оцінки початкової моментної функції k -го порядку кардіосигналу:

$$\mathfrak{R}_{\xi}^k(t) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{n=0}^{M-1} \xi_{\omega}^k(t + T(t, n)), t \in \mathbf{W}_{c_1} = [\tilde{t}_1, \tilde{t}_2]. \quad (1.1)$$

Реалізація статистичної оцінки змішаної центральної моментної функції порядку

$$p = \sum_{i=1}^k R_i :$$

$$\begin{aligned} \mathfrak{E}_{p_{\xi}}(t_1, \dots, t_k) &= \frac{1}{M - M_1} \cdot \\ &\cdot \sum_{n=0}^{M-M_1} \left[\left(\xi_{\omega}(t_1 + T(t_1, n)) - \mathfrak{R}_{\xi}(t_1 + T(t_1, n)) \right)^{R_1} \cdot \dots \cdot \left(\xi_{\omega}(t_k + T(t_k, n)) - \mathfrak{R}_{\xi}(t_k + T(t_k, n)) \right)^{R_k} \right], \\ t_1 \in \mathbf{W}_{c_1}, t_2, \dots, t_k \in \bigcup_{m=1}^{M_1} \mathbf{W}_{c_m}. \end{aligned} \quad (1.2)$$

де $T(t, n)$ - функція ритму досліджуваного кардіосигналу; \mathbf{W}_{c_m} - область визначення m -го циклу; M - кількість зареєстрованих повних циклів; M_1 ($M_1 \ll M$) - кількість циклів, у рамках яких набирають свої значення аргументи t_2, \dots, t_k .

УДК 519.7

О. Мацюк, Ю. Гладь, О. Дуда

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ПРОЦЕДУРИ ТА ФУНКЦІЇ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖІ

При застосуванні автоматизованої системи контролю й обліку телеметричних показників для динамічного спостереження витрат води доцільно оперативне прогнозування (в межах поточної доби) з використанням нейромережі. Нейропередиктор доцільно інтегрувати в програмну компоненту “Дані” [1] котра використовується як підсистема компоненти “Термінали” та виконує функції обробки, класифікації, вибірки та візуалізації даних про телеметричні показники.

Для програмного моделювання нейропередиктора доцільно розробити наступні набори процедур та функцій:

- Група процедур для ініціалізації нейромережі. Як зазначено в [2] важливим етапом синтезу нейронної мережі є формування вектора вхідних даних. Залежно від розмірності цього вектора визначається кількість входів нейромережі. Процедури включають вибір функцій суматора та порогових функцій, задання архітектури та розмірності нейромережі (кількість перцептронів у вхідному шарі, кількість та розмірність проміжних шарів, способи взаємодії шарів та поширення похибки).

- Процедури для використання попередньо збережених нейромереж. Включають відновлення ініціалізації нейромережі та використання існуючого набору вагових коефіцієнтів.

- Функції для зміни стану нейромережі. Задають переключення між режимами навчання та використання, вибір режиму навчання (з вчителем, без вчителя, з підкріпленням).

- Процедури навчання та оцінки якості функціонування нейромережі. Включають функції для оцінки результатів навчання та точності прогнозів. Критерії оцінки можна поділити на внутрішні та зовнішні. Внутрішні критерії формуються на основі множини даних, котра була використана для навчання. Зовнішні критерії використовують нову інформацію з тестової множини, елементи якої не використовувались при навчанні.

- Функції для модифікації структури нейромережі. Включають оптимізацію кількості нейронів проміжних шарів та зв'язків між ними.

- Процедури для вивантаження згенерованої архітектури нейромережі та набору вагових коефіцієнтів у вигляді масивів для зберігання у файлах або СКБД.

- Процедури для деініціалізації нейромережі з метою звільнення обчислювальних потужностей для подальшого використання.

- Службові процедури та функції для проведення обчислень та виконання дій наведеними вище процедурами.

Перелічені набори процедур та функцій доцільно оформити у вигляді окремої бібліотеки з розробкою супровідної документації.

1. О. Мацюк, Ю. Гладь, О. Дуда, Інтеграція нейромережі в систему контролю й обліку телеметричних показників. // Збірник тез доповідей Матеріали III науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 24 квітня 2013). – Тернопіль ТНТУ, 2013 – с. 20.
2. О. Дуда, Формування вектора вхідних даних нейромережі. // Збірник тез доповідей Матеріали III науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 24 квітня 2013). – Тернопіль ТНТУ, 2013 – С. 9

УДК 681.518

Б. Млинко, М. Фриз

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОТОПЛЕТИЗМОДІАГНОСТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ОРТОГОНАЛЬНИХ РОЗКЛАДІВ

Фотоплетизмосигнали (ФПС) – це зареєстровані у часі ритмічні зміни світлопроникності органів або частин тіла людини, обумовлені змінами величини їх кровонаповнення. Такі сигнали несуть інформацію про функціональний стан тканин організму за показниками динаміки кровонаповнення на рівні системи мікроциркуляції, яка відіграє першочергову роль у забезпеченні й підтримці гомеостазу тканин, розлади у функціонуванні системи мікроциркуляції є початком розвитку практично усіх патологічних процесів.

ФПС за своєю природою є випадковими, тобто їхні реалізації змінюються від спостереження до спостереження. Тому в задачах обробки ФПС використовують стохастичний підхід. Необхідно також враховувати ритмічну структуру ФПС, викликану циклічними скороченнями серця.

Завданням доповіді є аналіз інформаційної технології (ІТ) обробки ФПС з використанням їх ортогональних розкладів в задачах підтримки медичних діагностичних рішень (фотоплетизмодіагностики). Технологія охоплює реєстрацію реалізацій ФПС, статистичну обробку з врахуванням циклічності, оцінювання інформативних параметрів, побудову діагностичних просторів, формулювання та перевірку статистичних гіпотез.

Першим етапом ІТ є відбір ФПС з допомогою оптоелектронного перетворювача, аналого-цифрове перетворення та реєстрація сигналу в пам'яті ЕОМ. Можливі два режими обробки ФПС – навчання та діагностика.

У режимі навчання спочатку здійснюється перевірка гіпотези про нормальний розподіл ФПС (оскільки наступні критерії прийняття рішень ґрунтуються саме на нормальності розподілу ФПС) за χ^2 -критерієм Пірсона. Якщо гіпотеза про нормальність розподілу не підтверджується, то приймається рішення про завершення роботи або про повторну реєстрацію даних. В іншому випадку здійснюється: оцінювання періоду ФПС, оцінювання діагностичних характеристик, на основі чого далі встановлюється відповідність між отриманими значеннями діагностичних характеристик та патологією, тобто здійснюється побудова діагностичних просторів.

У режимі діагностики спочатку також здійснюється перевірка розподілу ФПС на гауссовість. Якщо ця гіпотеза не підтверджується, то приймається рішення про завершення роботи або про повторну реєстрацію даних. В іншому випадку здійснюється оцінювання періоду, після чого приймається рішення щодо комплексу інформативних характеристик, за яким буде здійснюватись діагностика.

У розробленій ІТ передбачено три комплекси діагностичних ознак. А саме: коефіцієнти ортогонального розкладу математичного сподівання ФПС з використанням базису дискретних експоненціальних функцій (ДЕФ), власні числа кореляційної матриці ФПС, власні вектори кореляційної матриці ФПС.

Підтримка діагностичних рішень здійснюється шляхом формулювання та перевірки статистичних гіпотез відносно діагностичних ознак.

Запропонована інформаційна технологія використовується при здійсненні медичної діагностики серцево-судинної системи організму людини.

УДК 33:004.5

Д. Сікорський

(Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЕКОНОМІКИ В УКРАЇНІ

Випередження ринку матеріальних продуктів і послуг інформаційними породжує необхідність розвитку інформаційних технологій в економіці.

Метою даної роботи є обґрунтування необхідності розвитку інформаційних технологій економіки для забезпечення розвитку інформаційної економіки.

Станом на 2011 рік за даними Міжнародного інституту управлінського розвитку світу Україна посіла 57-е місце (з 59) у рейтингу країн по конкурентоспроможності. Тому важливим є забезпечення умов для інформатизації економіки з метою забезпечення зростання її рівня.

Найбільшого кардинального впливу та змін зазнає сфера послуг: торгівля, фінанси, платежі, податки, продаж квитків, телефонізація, телебачення, радіомовлення, ЗМІ. Наукові дані, дослідження ринків, пошукові системи, менеджерські, бухгалтерські, програмні послуги тощо стають онлайн-овими, миттєвими, недорогими, і головне, необмеженими у своїх потужностях і масштабах.

Аналізуючи світовий досвід можна зробити висновок, що модернізація та прискорення економічного розвитку досягаються при підтримці високотехнологічного бізнесу і залучення приватних інвесторів до розвитку інноваційної інфраструктури. В Україні ж станом на 2013 рік існує лише один науково-дослідний центр в ІТ-галузі - НДІ корпорації «Самсунг», а через проблеми в правовому регулюванні галузі українські ІТ-проекти реєструються за межами країни. Це говорить про недостатньо сприятливі умови для інвестування в ІТ-галузь. [1; 2]

Основою розвитку інформаційного суспільства в Україні є прийнятий в 2007-му році закон «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки».

В грудні 2012 року створений Парламентський Комітет з питань інформатизації та інформаційних технологій, підготовлено вісім законопроектів, які будуть сприяти розвитку високих технологій. В комітеті також розраховують, що найближчим часом буде прийнятий законопроект реалізації національного проекту «Технополіс», який передбачає створення інфраструктури інноваційного розвитку ІТ-технологій. [1]

Зауважимо, що поки законопроекти не стануть законами – висновки з приводу покращення інвестиційного клімату в ІТ-галузі зробити неможна.

Отже, ринок інформаційно-комунікаційних технологій є досить новим, але перспективним для України. І метою повинен бути перехід українських компаній від аутсорсингової моделі розвитку до продажів власних програмних продуктів на світовому ринку.

Література:

1. Информационные технологии: перспективы развития [Электронный ресурс] / О. Ксенин. // Вечерняя Одесса. – 2013. № 96-97. – Режим доступа: <http://vo.od.ua/rubrics/ehkonomika-i-finansy/25861.php>.

2. Официальный сайт Ассоциации «Информационные технологии Украины» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://itukraine.org.ua>.

3. Соснін О. Про поточні питання розбудови інформаційного суспільства України [Електронний ресурс] / О. Соснін // Економічний часопис XXI. — 2011. — № 2. — Режим доступу: <http://www.viche.info/journal/>.

УДК 004.942:53.05:617.735

Г.Цуприк

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОГЕРЕНТНОСТІ ВИБІРОК БІОСИГНАЛУ В ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІЙ БІОМЕДИЧНІЙ СИСТЕМІ

При контролі функціонального стану біооб'єктів, діагностиці типу відхилення функціонального стану від норми тощо використовуються активні біомедичні дослідження. При цьому на біооб'єкт впливають тестовим подразненням (звуком або світлом, хімічного, механічного, електричного типів тощо). Відгук біооб'єкта на подразнення (біосигнал) містить початкову, приховану (латентну) частину. Тривалість цієї частини для відгуків на серію подразнень різна. В медичній практиці використовують оцінки морфологічних параметрів (характерні інтервали, амплітуди тощо) біосигналів, оскільки ці параметри для спеціаліста медичного профілю найбільш наочно віддзеркалюють стан біооб'єкту. Оскільки їх оцінювання потрібно виконувати достатньо швидко, з потрібною достовірністю, то виникає необхідність застосування інформаційних технологій для цього. При цьому, вимога представлення біосигналу у власному просторі (у біофізичному просторі траєкторій — змін морфологічного координати параметру біосигналу з часом) залишається (через наочність такого представлення). Якість біомедичного дослідження, його ефективність потребують високої роздільної здатності, точності визначення морфологічних параметрів біосигналу, врахування стохастичності виміряних траєкторій (ансамблю), спеціального їх опрацювання — оцінювання. Типовою процедурою оцінювання є усереднення (когерентна фільтрація) — оцінювання початкового моменту першого порядку функції розподілу ймовірності значень траєкторії. Це регламентується й медичною статистикою (як і моментів вищого порядку, аж до четвертого — через існування наочної інтерпретації їх). Проте, природна нестационарність біосигналів вимагає спеціальних заходів для забезпечення когерентності вибірок біосигналу в ансамблі для забезпечення точності оцінювання та достовірності вибору рішення про значення оцінки. На практиці застосовується інтерактивна процедура синхронізації (спеціальними зсувами вибірок) та автоматизована — до фаз перфузії (ритміки серця) тощо. Це значно ускладнює як апаратну так і програмну реалізацію оцінювання і разом з тим й експлуатацію інформаційно-аналітичної системи. Тому удосконалення, автоматизації синхронізації (забезпечення когерентності вибірок при формуванні ансамблю) є актуальним.

У доповіді наведено результати дослідження та розробки автоматизованого забезпечення когерентності між вибірками біосигналу шляхом їх попередньої підготовки (синхронізації).

Введено критерій когерентності та розроблено тестові процедури для верифікації методів її досягнення. Алгоритм автоматизованого забезпечення когерентності вибірок біосигналу в ансамблі включає: відкидання вибірок з артефактами, оцінювання тривалості латентних інтервалів, зсуви вибірок в ансамблі відповідно до оцінки їх латентних інтервалів, статистичне опрацювання ансамблю — визначення математичного сподівання, дисперсії та середньо квадратичного відхилення оцінки біосигналу (відгуку на подразнення). Розроблено також метод оцінювання достовірності результату когерентної статистичної обробки (фільтрації) при заданих ймовірностях його хибного затвердження для різних критеріїв синхронізації.

Результати використано при виконанні науково-дослідної роботи за планами фундаментальних досліджень МОН України, номер держреєстрації 0111U002593.

УДК 681.004

В. Чиж, Н. Мороз, А. Яворський

(Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя)

РОЛЬ І МІСЦЕ БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ В ПОБУДОВІ НОВІТНІХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Входження України в світовий інформаційний простір тягне за собою широке використання новітніх інформаційних технологій і, в першу чергу, комп'ютерних мереж. Доречно зазначити, що сучасні комп'ютерні мережі є системою, можливості та характеристики якої в цілому істотно перевищують відповідні показники простої суми складових елементів мережі персональних комп'ютерів при відсутності взаємодії між ними.

Комп'ютерні мережі і мережеві технології обробки інформації стали основою для побудови сучасних інформаційних систем. Комп'ютерна мережа (КМ) є системою розподіленої обробки інформації між комп'ютерами за допомогою засобів зв'язку. Їхня класифікація наведена на рис. 1.

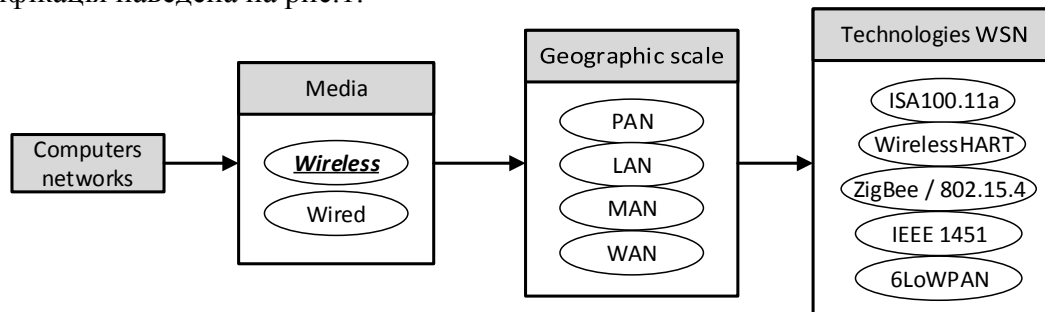


Рисунок 1. Класифікація мереж

Новими і найперспективнішими серед усіх різновидів мереж стали безпроводні мережі, тобто зв'язок, при якому передача інформації на відстані відбувається без використання електричних провідників. Безпроводні сенсорні мережі (Wireless Sensor Network - WSN) – це новітні технології в галузі телекомунікацій та комп'ютерних мереж. Ключовим елементом WSN є сенсори, які реєструють зміни певних параметрів, наприклад, температури, тиску, вологості повітря, звуку, магнітних полів, радіації і т.п. Сенсори здатні зчитувати (приймати) певну інформацію, перетворювати її в електромагнітні сигнали, передавати їх в ефір, приймати сигнали від сусідніх сенсорів і повторно передавати їх в ефір. При цьому WSN повинна задовольняти такі критерії:

- покривати задану територію і виконувати покладені на неї завдання з високою надійністю;
- сенсори, які входять до її складу, повинні самоорганізовуватися в бездротову мережу, через яку передається інформація без втрат і з необхідною швидкістю;
- споживати мінімально можливу кількість енергії і, при цьому, працювати якнайдовше;
- швидко реагувати на події в зоні покриття;
- мати найменшу вартість.

Сенсорні мережі мають ряд переваг над іншими системами: можливість розташування в важко доступних місцях, де інші мережі незручно або дорого прокладати, зручність в розгортанні та обслуговуванні систем, надійність системи в цілому – при виході одного сенсора з ладу система передаватиме дані через сусідні елементи, можливість легкого підключення довільної кількості елементів з мережі та видалення елементів з мережі за умови збереження цілісності системи, високий рівень проникності через перешкоди і високий рівень завадостійкості, довгий час роботи без заміни елементів живлення.

WSN були створені на фоні всіх сучасних здобутків і зараз якісно виділяються серед інших представників даного класу.

Секція: МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Керівники: проф. Р. Рогатинський, проф. Т. Рибак

Секретар: А. Цьонь

УДК 631.352.2

А. Бабій, М. Бабій, А. Матвішин

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ПРИВОДНОГО МЕХАНІЗМУ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ

Процес скошування трав реалізується косарками різних типів. Серед них основними є косарки з сегментно-пальцевим різальним апаратом та кривошипно-шатунним приводом. Розглядаючи енергоспоживання такими косарками, встановлено, що найбільша питома вага споживаної потужності – це затрати енергії на подолання інерційних сил, що виникають при роботі рухомих мас апарату. Тому є доцільним вивчити це питання, визначивши приведений момент інерції приводного механізму та встановивши значення кінетичної енергії для окремих елементів приводу, на прикладі експериментального зразка косарки.

Кінетична енергія механізму рівна сумі кінетичних енергій його ланок

$$T = \sum_{i=1}^n T_i = \sum_{i=1}^n \left(m_i \frac{g_{S_i}^2}{2} + J_{S_i} \frac{\omega_i^2}{2} \right), \quad (1)$$

де m_i і J_{S_i} – маса та момент інерції i -тої ланки; g_{S_i} і ω_i – відповідно лінійна швидкість руху центра маси i -тої ланки і її кутова швидкість.

Вираз для приведенного моменту інерції механізму в розгорнутому вигляді

$$J_{S_{np}} = J_O + J_{S_2} \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 + m_2 \left(\frac{g_{S_2}}{\omega_1} \right)^2 + m_3 \left(\frac{g_{S_3}}{\omega_1} \right)^2, \quad (2)$$

де $J_O = J_{S_1} + m_1 l_{OS_1}^2$, причому $J_{S_1} = 0.175 m_1 l_{OA}^2$ – момент інерції для кривошипа;

$J_{S_2} = \frac{m_2 l_{AB}^2}{12}$ – момент інерції шатуна. Графік показано на рис. 1, а.

Для визначення лінійних і кутових швидкостей центрів мас окремих ланок механізму використано метод замкнутих контурів.

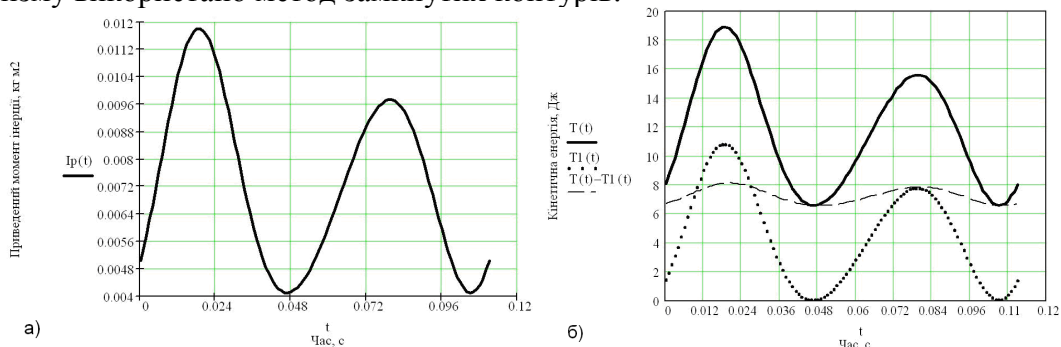


Рис.1. Графіки зміни приведенного моменту інерції (а) та кінетичної енергії (б) механізму

Висновок. Знайдена кінетична енергія механізму, що приведена до шарніра кривошипа (суцільна лінія) є вдвічі більшою у порівнянні з енергією, яка приведена до шарніра шатуна (лінія крапками), їх різниця показана на графіку рис. 1, б пунктирною лінією. Це пояснюється тим, що тут існує «зайва» енергія, яка витрачається для забезпечення динамічної зрівноваженості приводу. Тому розробка більш досконалого приводного механізму косарки дозволить зменшити динамічну незрівноваженість механізму, а від того і суттєво зменшити затрати енергії на привод в цілому.

УДК 631.352

М.Бабій, А.Бабій

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПРИ СКОШУВАННІ ТРАВ

При дослідженні енергетичних затрат на привод ріжучого апарату важливо виважено підходити до кожної із складових сумарної потужності.

Для найбільш поширеного сегментно-пальцевого різального апарату з кривошипно-шатунним приводом загальна потужність на привод N складається з потужності на подолання сил інерції N_i , потужності, що затрачається на процес різання N_p та потужності, яка витрачається на подолання сил тертя, що виникають в різальному апараті N_m , тобто

$$N = N_i + N_p + N_m. \quad (1)$$

Звичайно, затрачену потужність для роботи всієї косарки потрібно ще доповнити потужністю на переміщення машини, але оскільки в роботі досліджуються затрати енергії на привод різального апарату, тому її тут не враховано.

Метою роботи є дослідження процесу різання при скошуванні трав через встановлення значення перерізуючої сили як критерію для визначення мінімальної швидкості руху сегмента.

Розділення стебел в реальних умовах проходить за рахунок удару леза сегмента та наступного більш повільного перерізування (розриву, зминання), оскільки швидкість руху ножа в такому апараті є змінною протягом його ходу.

Моделюючи взаємодію леза сегмента з стеблом, вважаємо, що при першій ударній взаємодії стебло здеформувалося на деяку величину f , а сила опору згину при цьому становить (за моделлю балки, що вільно лежить на двох опорах)

$$P_f = \frac{3fEI}{l\delta^2(1-\delta/l)^2}, \quad (2)$$

де E - модуль пружності стебла; I - момент інерції; l - зазор між опорними поверхнями пальця ножа; δ - зазор між лезом сегмента та протиріжучою пластиною.

З іншого боку

$$f = m\Delta t, \quad (3)$$

де m - маса стеблини, що приведена в точку удару лезом сегмента, Δt - максимальний час дії леза на стебло.

Крім того, сила інерції стебла P_i також буде додатковим підпором при різанні

$$P_i = -mj, \quad (4)$$

тут $j = v/\Delta t$ - середнє прискорення за час удару зі швидкістю v .

Сюди можна ще додати силу підпору сусідніх стебел та силу опору повітря при згині стебла, але їх значення у порівнянні з описаними мають порівняно малі величини і при розрахунку перерізуючої сили не враховуються.

Отже, сума сил опору згину стеблини та сила її інерції є визначальними для створення перерізуючої сили. Інакше кажучи, перерізуюча сила завжди буде мати менше або рівне значення від цієї суми, тобто

$$\overline{P}_f + \overline{P}_i \geq \overline{R}. \quad (5)$$

Підставляючи отримані значення в умову перерізування стебла (5), знаходимо мінімальну швидкість руху сегмента v_{\min} , при якій відбуватиметься чистий зріз стебла.

УДК 669.539

В. Олексюк, А. Матвішин

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ АКТИВІЗАЦІЇ СЕПАРАЦІЇ ҐРУНТУ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

В практиці конструювання картоплезбиральних машин довгий час спостерігалася тенденція розробки універсального робочого органу, який під час роботи в різних умовах, при відносно простій конструкції, був би вискоєфективним, довговічним та не пошкоджував бульб. Робота відомих конструкцій картоплезбиральних машин в умовах важких ґрунтів і значної вологості є незадовільною та супроводжується недостатньою сепарацією компонентів ґрядки, що пояснюється фізико-механічними властивостями ґрунту, які є несприятливими для здійснення сепарації.

В картоплекопачах і картоплезбиральних комбайнах застосовують сепаруючі робочі органи найрізноманітніших типів з різними кінематичними схемами. Основними типами є грохоти з коливальним рухом решіт, пруткові елеватори, барабанні і валкові (кулачкові) грохоти. Практично жодна із відомих конструкцій робочих органів для сепарації бульбоносної маси, не дають бажаної інтенсивності і якості сепарації ґрунту. Тому їх обладнують додатковими механізмами для інтенсифікації процесу, або ж вносять деякі зміни в їхню конструкцію.

Розглянемо детальніше найбільш поширені конструкції пристроїв для активізації сепарації ґрунту.

Для інтенсифікації просіювання ґрунту робоча частина пруткових елеваторів струшується. Струшування зазвичай проводиться струшувачами – еліптичними зірочками, які знаходяться в зачепленні з полотном елеватора, число коливань робочої гілки визначається її швидкістю і параметрами зірочки. Існують конструкції механізмів струшувачів, які забезпечують число коливань робочої гілки елеватора, яке не залежить від її швидкості. Такі струшувачі мають власний привід. Недоліком цих пристроїв є те, що вони викликають значні динамічні навантаження в ланках елеватора та самої конструкції. Над елеватором може встановлюватись пальцевий бітер, який дозволяє значно підвищити сепаруючі властивості шляхом руйнування грудок вже на початку сепарації. Спільним недоліком розглянутих пристроїв є те, що внаслідок використання ударів для руйнування грудок значних пошкоджень зазнають і бульби, особливо на легких піщаних ґрунтах.

Серед пристроїв, які використовують розтягування пласта слід відмітити шнекові активізатори та додаткові елеватори. До речі останній пристрій дозволяє поряд з підвищенням сепаруючих здатностей елеватора збільшити допустимий кут підйому маси до 40...50°.

Існують пристрої, які з метою активізації процесу сепарації ґрунту мають криволінійну форму поверхні елеватора, або ж постійно змінюють кривизну поверхні. Це призводить до виникнення в матеріалі бульбоносного пласта деформацій згину та інтенсивного його руйнування.

Нами запропоновано конструкцію пристрою для сепарації бульбоносної маси з активним сепаруючим органом, у вигляді сепаруючого елеватора, яка враховує вищезгадані особливості збирання картоплі, має просту конструкцію, невисоку енергоємність процесу та високу продуктивність.

УДК 631.356.22

О. Цьонь, П. Попович, Г. Цьонь

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ПРОГРАМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АКТИВНИХ ПЛОСКИХ НОЖІВ

Суттєвий вплив на подальше зберігання та переробку цукрових буряків чинить якість виконання технологічного процесу дообрізування залишків гички з головок коренеплодів [1]. Конструкція дообрізувачів гички передбачає використання двох типів ножів: активних дискових та плоских ножів [2]. Перевагою плоских ножів, які кріпляться до рами жорстко, з можливістю обертання навколо осі чи здійсненням зворотно – поступального руху є значно менша маса відносно активних дискових ріжучих органів.

На основі визначеної мети роботи та поставлених наукових задачах, а також для підтвердження достовірності отриманих результатів при теоретичних дослідженнях, програма експериментальних досліджень активних плоских ножів передбачає такі етапи:

- обґрунтування технологічного процесу дообрізування головок коренеплодів активним плоским ножем та розробка конструктивно – технологічної схеми дообрізувача;
- визначення вихідних даних, які використовуються при теоретичних дослідженнях процесу дообрізки гички з головок коренеплодів;
- підтвердження характеру різання активного ножа дообрізувача гички;
- проведення лабораторних експериментальних досліджень основних показників, які характеризують технологічну ефективність процесу дообрізування гички цукрових буряків та встановлення їх оптимальних значень при різних параметрах та режимах роботи.

Метою експериментальних досліджень є забезпечення мінімального значення сили різання активним ножем, оптимального кута встановлення дообрізувача гички відносно рядка, узгодження зворотно – поступальної швидкості ножа з поступальною швидкістю машини.

Література

1. Рибак Т.І. Обґрунтування схеми зрізування гички цукрових буряків плоским ножем / Т.І. Рибак, О.П. Цьонь // Матеріалознавство та машинобудування: матеріали XVI наук. конф., 5-6 груд. 2012 р., Тернопіль, Україна / Терноп. нац. тех. ун-т ім. І. Пулюя. – Тернопіль, 2012. – Т. II. – С. 128.
2. Рибак Т.І. Огляд гичковидальючих апаратів бурякозбиральних машин та шляхи їх вдосконалення / Т.І. Рибак, О.П. Цьонь // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 134. «Технічний сервіс машин для рослинництва». – Х.: Віровець А.П. «Апостроф», 2013. – 342с.

УДК 631.356.22

О. Цьонь, М. Сташків, Н. Хомик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

СТЕНД ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ АКТИВНИХ ДООБРІЗУВАЧІВ ГИЧКИ

Лабораторні дослідження проводились для визначення конструктивних та технологічних параметрів активного дообрізувача гички цукрових буряків за допомогою стенду для випробувань ножів коренезбиральних комбайнів з певною модернізацією згідно до поставлених задач дослідження.

Лабораторний стенд для дослідження ножів коренезбиральних комбайнів (рис.1) складається із станини 1, на якій встановлені плоский ніж 2 і рухома платформа 3, із закріпленим на ній коренеплодом цукрових буряків 4.

Блок приводу 5 прикріплений до плоского ножа 2 болтами 6. Рухома платформа 3 з'єднана з динамометром 7, що гнучкою стрічкою 8 з'єднаний з приводом, виконаним у вигляді електродвигуна 9, на валу якого закріплений барабан 10. Рух рухомої платформи 3 обмежений датчиками 11, які керуються електродвигуном 9.

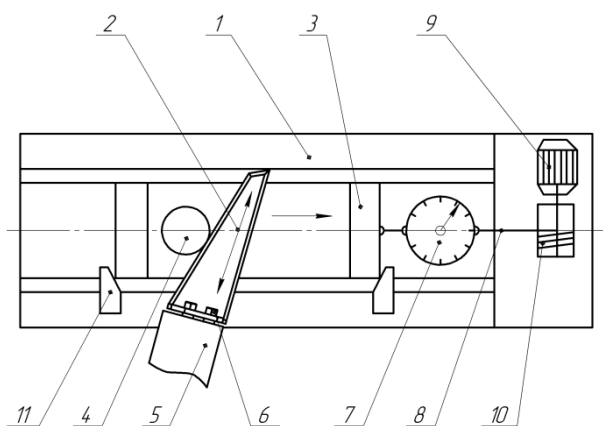


Рис.1. Стенд для випробування ножів коренезбиральних машин

Лабораторний стенд працює наступним чином. Коренеплід з гичкою 4 підводиться на рухомій платформі 3 до плоского ножа 2. Електродвигун 9, який керується датчиками 11 забезпечує робочу швидкість рухомій платформі 3. Зворотно – поступальний рух плоского ножа 2 відбувається завдяки блоку приводу 5 плоского ножа 2.

Завдяки даному стенду можливо проводити реальну імітацію роботи бурякозбирального агрегату та отримати дані по результатах експериментальних досліджень процесу різання плоскими ножами головок коренеплодів цукрових буряків.

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

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

Секретар: **І. Дедів**

УДК 615.831

М.Бачинський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОЇ СВІТЛОВОЇ СТИМУЛЯЦІЇ

Значного поширення сьогодні одержала світлова стимуляція, яка використовується для підвищення адаптивних можливостей організму людини до фізичних навантажень та ґрунтується на стимуляції зорового аналізатора імпульсами світла з різною довжиною хвилі, частотою та часом стимуляції.

Найкращий ефект від такого світлового впливу досягається у випадку, коли імпульси світлового подразнення синхронізовані з роботою серцево-судинної системи. В дослідженнях, що проводяться спільно кафедрою біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя та Тернопільським державним медичним університетом ім. І. Горбачевського, виконувалось узгодження світлового впливу з частотою серцевих скорочень, а саме з R-зубцями електрокардіосигналу (ЕКС). Вимірювання і опрацювання ЕКС при цьому є трудоемким, а технічна реалізація є досить громіздкою. Тому, було запропоновано розробити методи побудови пульсового сигналу для керування світловим стимулятором у випадку проведення світлової стимуляції.

Проаналізовані відомі методи відбору сигналу пульсової хвилі не завжди враховують чинники, що зумовлені фізіологічними особливостями організму людини та чинники, що пов'язані з технічною реалізацією приладів, а саме вплив стороннього світла і рухових артефактів на вірогідність вимірювань та ін. Програмні методи опрацювання пульсового сигналу характеризуються значною обчислювальною складністю, що не завжди оправдано і призводить до часових затримок між сигналом пульсової хвилі та сигналом керування світловим стимулятором, і, відповідно, зниженням ефективності проведення світлової терапії.

Розроблено комп'ютерну імітаційну модель пульсового сигналу (рис.1) для задачі тестування схеми електричної принципової з метою оцінювання її чутливості, стійкості і точності при формуванні пульсового сигналу.

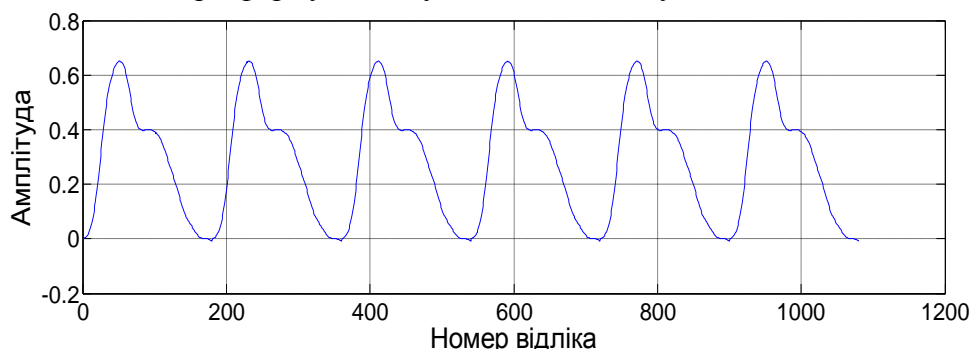


Рис.1 Тестовий сигнал пульсової хвилі

В результаті проведених експериментів побудовано схему електричну принципову блоку відбору та опрацювання пульсового сигналу. Встановлено, що така схема електрична принципова не є чутливою до впливу стороннього світла і рухових артефактів при відборі сигналу пульсової хвилі, тобто відповідає поставленим вимогам і може бути реалізована у вигляді складового блоку системи світлової стимуляції.

УДК 004.891.3:612.821:612.19:612.06:612.08

О.Гевко, Є.Яворська

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОЦІНКИ ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА

Проведення оцінки психофізіологічного стану людини є важливим моментом перед виконанням відповідальних робіт. Адже окремі професії (авіадиспетчери, оператори енергетичних систем, космонавти тощо) вимагають підвищеної зосередженості та уваги. Тому, для професійного відбору працівників даної сфери потрібно визначати психофізіологічні показники такі, як емоційна стійкість, стійкість до впливу стресів, втоми. Не менш важливим є діагностування електрофізіологічних показників (електрокардіограми, міограми, фонограми, електроенцефалограми), які відображають психоемоційний стан людини-оператора.

Низка наукових праць відобразила перспективними у цьому напрямку автоматизований аналіз мовного сигналу у сукупності з електрокардіографічним (Баєвський Р.М., 1984; Темніков В.А., 2008). Відомо, що зміна ритму серця відбувається на будь-який вплив факторів зовнішнього середовища, тому оцінка варіабельності серцевого ритму є однією з найбільш актуальних методик (Баєвський Р.М., 2004). Аналізуючи варіабельність серцевого ритму, можливо не тільки визначити функціональний стан людини, але й прослідкувати за його динамікою, відмітити ймовірність раптової смерті. Стосовно мовного сигналу, то відомим є той факт, що в стані навіть легкого хвилювання у людини змінюється частота основного тону і декількох перших формант, змінюється спектральний склад мови, підвищується енергія високочастотних компонент, збільшується гучність і темп мови, тощо (Лук'яниця А.А., 2009; L.Rothkrantz, 2004). Є очевидною практична значущість даного параметру. Науковці (Губкіна Д.Г. та ін., 2009) також визначили роль оцінки електроенцефалограми в аналізі психофізіологічних характеристик за допомогою автоматизованих систем, які пов'язують пульсометрію з електричними імпульсами кори головного мозку. Проте електроенцефалограма є дещо складною у виконанні та потребує ізолюваного приміщення.

Дослідження окремих авторів (Кочіна М.Л., Фірсов А.Г., 2010) вказують на важливу роль зорового аналізатора при проведенні психофізіологічних досліджень. В науковій літературі недостатньо уваги приділено питанню діагностики психоемоційного стану, неінвазивному, простому у виконанні методу – електроретинографії. Даний метод, як і вище наведені методи аналізу біосигналів, в комплексі з варіабельністю серцевого ритму, є важливим у використанні для оцінки психоемоційного стану, так як він доповнюючи обстеження, внесе нові інформативні ознаки. Очевидним є взаємозв'язок відповіді електрофізіологічних параметрів на стрес, вплив факторів зовнішнього середовища.

Тому, перспективним є створення автоматизованої системи для проведення психофізіологічних досліджень операторів, яка б об'єднувала такі фізіологічні параметри, як варіабельність серцевого ритму, голосовий сигнал та електроретинограму. Крім того, застосування інноваційних технологій допоможе створити автоматизовану систему, яка об'єднає апаратно-програмний комплекс для відбору та аналізу вище вказаних параметрів та експертну систему з тестовою оцінкою психічного стану.

УДК 519.218:612.216.1

І. Дедів, Л. Дедів, В. Дозорський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ДОСТОВІРНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ОПРАЦЮВАННЯ ДИХАЛЬНИХ ШУМІВ В РАМКАХ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ У ВИГЛЯДІ ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ

В праці [1] обґрунтовано математичну модель ДШ у вигляді періодично корельованого випадкового процесу для задач діагностики дихальної системи, а у праці [2] – методи статистичного опрацювання ДШ та обґрунтовано інформативність для задач діагностики оцінок кореляційних компонент. Однак важливим є питання оцінювання достовірності запропонованих інформативних оцінок.

Для оцінювання достовірності результатів опрацювання ДШ використано статистичну теорію вибору рішень та розроблено метод, що ґрунтується на використанні критерію Неймана-Пірсона. При цьому, враховуючи структуру кореляційних компонент [2] ДШ, отримано вираз для обчислення достовірності їхніх оцінок:

$$p_d = 1 - \Phi \left(\frac{\sqrt{D(\xi/H_0)} \Phi^{-1}(1 - p_f) + m(\xi/H_0) - m(\xi/H_1)}{\sqrt{D(\xi/H_1)}} \right),$$

де: $m(\xi/H_0), D(\xi/H_0)$ – математичне сподівання і дисперсія спектральної густини

потужності ДШ як стаціонарного випадкового процесу, $m(\xi/H_1) = \frac{1}{N_u N_k} \sum_u \sum_k B_k(u)$ –

математичне сподівання та $D(\xi/H_1) = \left(\sum_u \sum_k (B_k(u) - m(\xi/H_1))^2 \right) / ((N_u - 1)(N_k - 1))$ –

дисперсія кореляційних компонент нестационарного ДШ як ПКВП.

За отриманими результатами обчислених значень достовірностей p_d кореляційних компонент ДШ при заданій ймовірності помилки $p_f = 0,001$ встановлено, що оцінки кореляційних компонент ДШ є слухними та чутливо-інформативними ознаками, за допомогою яких можна з високою достовірністю (0,973-0,999) оцінити стан дихальної системи людини (норма чи патологія).

Література:

1. Драган Я.П. Обґрунтування математичної моделі дихальних шумів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу [Текст] / Я.П. Драган, І.Ю. Дедів // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наук. праць. Вип. 426: Фізика. Електроніка.: Тематичний випуск “Комп’ютерні системи та компоненти”. – Чернівці : Рута, 2008. – С. 93-97.

2. Дедів І. Комп’ютерне опрацювання дихального шуму синфазним методом для підвищення інформативності аускультативних систем [Текст] / І. Дедів // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Комп’ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : НУЛП, 2011. – №744. – С. 77-81.

УДК 53.05: 617.753

В. Забитівський, Ю. Лещин

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОРЕТИНОСИГНАЛІВ З МАЛОЮ ВИБІРКОЮ

В ході дослідження відповідності енергетичних характеристик електроретино-сигналу (ЕРС) до енергії світлового стимулу в рамках науково-дослідної роботи ДП191-12 отримано статистику (рис. 1), де для кожного значення енергії стимулу отримано 5 значень енергії ЕРС.

Визначити закон розподілу енергій ЕРС чи візуально його оцінити за гістограмою, отриманою з 5-ти значень неможливо, а побудова гістограми з усієї статистики дасть хибну оцінку, в наслідок залежності енергії відгуку від енергії стимулу. Оскільки дана статистика отримана в рамках одного експерименту з одного біооб'єкту, припустимо, що закон розподілу енергії відгуку не залежить від енергії стимулу. Тому отримані значення статистики з метою переведення у відносні значення нормовано за допомогою виразу:

$$\xi_{i,j} = \frac{E_{i,j} - M_j\{E_{i,j}\}}{3\sigma_j\{E_{i,j}\}}, \quad (1)$$

де $E_{i,j}$ — i -те значення енергії відгуку при j -му значенні енергії стимулу, $M_j\{E_{i,j}\}$ та $\sigma_j\{E_{i,j}\}$ — математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення i -тих значень відповідно. З отриманих відносних значень (в даному випадку їх 65) отримано гістограму та застосовано перевірку гіпотези на належність значень статистики до нормального закону розподілу.

Перевірку коректності такого методу опрацювання виконано за допомогою 2-х згенерованих статистик з рівномірним та нормальним законами розподілу, що імітують статистику енергій ЕРС. Після нормування за (1), побудовано гістограми (рис. 2) та проведено перевірку гіпотези на належність генерованих значень до нормального закону розподілу за допомогою низки тестів: Шапіро-Вілка, χ^2 , Lilliefors.

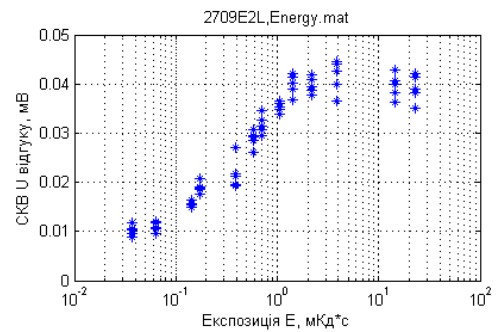


Рис. 1. Відповідність енергії відгуку до енергії стимулу

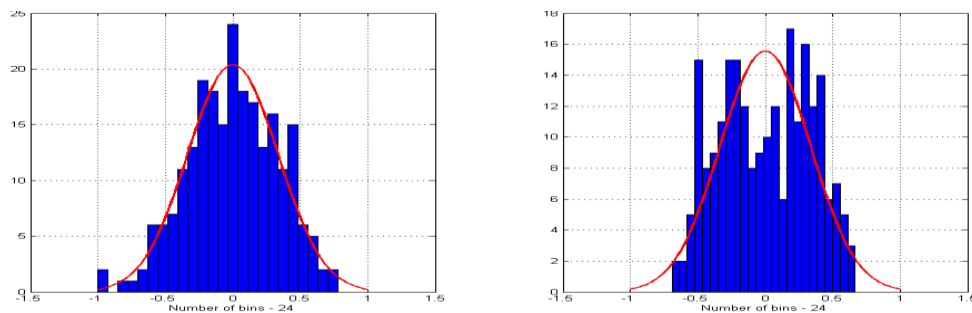


Рис. 2. Гістограми розподілу тестових статистик з заданим законом розподілу: зліва — нормальним, справа — рівномірним

Результат тестування для довірчого рівня $\alpha = 0,05$ підтвердив коректність запропонованого методу опрацювання.

УДК 621.391.7:612.172.2

Ю. Лещин

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВІКОННОЇ ФУНКЦІЇ ПРИ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗЛАДКИ РИТМОКАРДІОСИГНАЛУ

Обчислення тестової статистики визначення розладки ритмокардіосигналу (РКС) методами спектрального аналізу зтикається з явищами «розмивання» та «просочування» спектру [1], що викликані особливостями застосування Фур'є перетворення до періодичних та слабо періодичних функцій. Ці явища призводить не тільки до появи амплітудних помилок у спектрах РКС, але може також маскувати присутність слабких складових РКС а, отже, перешкоджати їх визначенню та зменшувати достовірність визначення розладки РКС.

Застосування ряду функцій вікна зменшує вплив явищ «розмивання» та «просочування» спектру однак потребує кількісної оцінки характеристик цих віконних функцій та ефективності їх застосування до задачі визначення розладки РКС. За критерій кількісної оцінки характеристик віконних функцій вибрано максимум варіації спектральних компонент тестової статистики визначення розладки РКС [1], для якого отримані результати наведено в таблиці:

Визначення оптимальної віконної функції

Тип віконної функції:	Бартлета	Ганна	Гемінга	Гауса	Кайзера
Варіація у відносних одиницях:	0.8265	0.8894	0.9786	0.6792	1.0000

А критерієм ефективності застосування віконних функцій є характеристики достовірності визначення розладки РКС рис. 1.

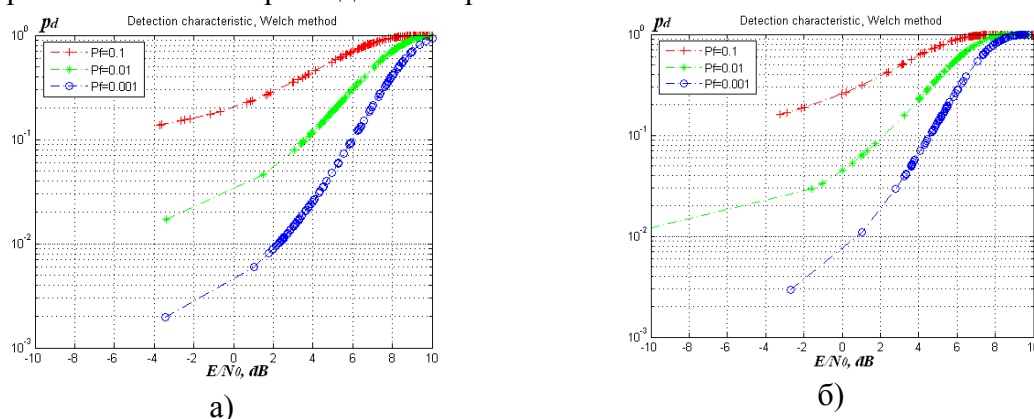


Рис. 1. Характеристики достовірності визначення розладки РКС обчислені із застосуванням вікон: а) прямокутного, б) Кайзера ($\beta=5$).

Таким чином при застосуванні вікна Кайзера достовірність визначення розладки зростає до 0,65 ($p_f=0,1$), при відношенні $E/N_0=4dB$, в порівнянні із застосуванням прямокутного вікна 0,45 ($p_f=0,1$), що свідчить про підвищення достовірності визначення розладки РКС в 1,8 рази.

1. Лещин Ю.З. Вибір віконної функції при цифровому спектральному аналізі для обчислення статистики визначення розладки ритмокардіосигналу / Ю.З. Лещин // Матеріали всеукраїнської наукової конференції ТДТУ імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2009.–С.161.

УДК 534.16:611.314:519.218

В. Никитюк

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АЛГОРИТМ РЕАЛІЗАЦІЇ СИНФАЗНОГО МЕТОДУ ОПРАЦЮВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО СИГНАЛУ

Відповідно до методики реєстрації фотоелектричного сигналу є результатом відбиття від композитного стоматологічного матеріалу серії УФ спалахів, тому ці імпульси зображено на одній осі часу у вигляді ансамблю, як періодичне його продовження, що дає можливість побачити залежність зміни у часі відбиття сигналу від спалаху до спалаху[1].

Фотоелектричний сигнал, як сукупність імпульсів, враховує періодичність спалахів, яка забезпечує однаковість фаз процесу породження сигналу через інтервал часу, який рівний фіксованому періодові УФ спалаху.

Оскільки при реєстрації проведених досліджень, УФ спалахи подаються періодично із заданим періодом $T_{СПАЛ}$ та тривалостями, тому сигнал відбиття від стоматологічного матеріалу також буде містити періодичність властивостей із тим самим періодом[2].

Враховуючи такий механізм формування фотоелектричного сигналу можна опрацювати алгоритм реалізації синфазним методом.

Послідовність операцій реалізації синфазного методу опрацювання фотоелектричних сигналів можна зобразити у вигляді блок-схеми зображеної на рис. 1.

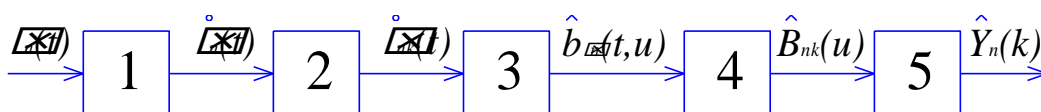


Рис. 1. Блок-схема алгоритму опрацювання фотоелектричних сигналів синфазним методом.

Відповідно до рис. 1, блок 1 описує центрування сигналу $\xi(t)$: $\xi^0(t) = \xi(t) - m_\xi(t)$, де $\xi^0(t)$ – центроване значення сигналу, блок 2 – формування стаціонарних компонент $\xi_k^0(t)$, блок 3 – числення оцінки кореляції $\hat{b}_\xi(t, u)$, блок 4 – перетворення Фур'є, блок 5 – оцінювання інформативних ознак.

Тому наступним етапом досліджень є опрацювання фотоелектричного сигналу синфазним методом, проведення аналізу та фізичної інтерпретації одержаних результатів в середовищі Matlab.

1. Никитюк В.В. Метод комп'ютерного оцінювання міцності стоматологічного матеріалу за фотоелектричним сигналом / В.В. Никитюк, Л.Є. Дедів, М.О. Хвостівський // Вісник Сумського державного університету. Технічні науки. – Суми : Видавництво СумДУ, 2012. – № 3. – 182 с.

2. Я. П. Драган, В. В. Никитюк, Л. В. Хвостівська. Математична модель фотоелектричного сигналу полімеризації стоматологічного матеріалу у вигляді імпульсного періодичного корельованого випадкового процесу // Вісник Національного Університету «Львівська Політехніка» – Львів, 2013.

УДК 612.17:519:218

Ю.Підгурська, М. Хвостівський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

КОМПОНЕНТНИЙ МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ МАГНІТОКАРДІОСИГНАЛУ

На базі математичної моделі магнітокардіосигналу (МКС) як періодично корельовано випадкового процесу поставлено задачу використання компонентного методу для опрацювання МКС. Застосування цього методу дасть змогу підвищити інформативність магнітокардіографічних систем шляхом впровадження в область кардіології нового класу інформативних ознак.

Компонентний метод базується на тому, що характеристики МКС є періодичними функціями від часу, а тому можуть бути представлені за допомогою розкладів типу рядів Фур'є:

$$b_{\xi}(t, u) = \sum_{k \in Z} B_k(u) \exp\left(ik \frac{2\pi}{T} t\right), \quad (1)$$

де T – період корельованості МКС; $b_{\xi}(t, u)$ – оцінка параметричної коваріації.

Коефіцієнти $B_k(u)$ розкладу (1), які називаються також компонентами характеристик, обчислюються за формулою:

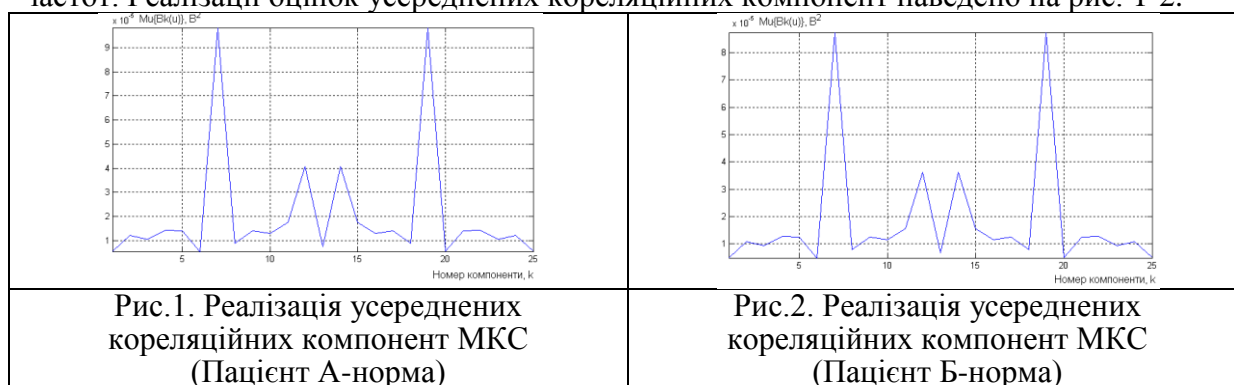
$$B_k(u) = \frac{1}{T} \int_0^T b_{\xi}(t, u) \exp\left(ik \frac{2\pi}{T} t\right) dt. \quad (2)$$

Кореляційні компоненти $B_k(u)$ є кількісним показником оцінювання фазово-часової структури МКС, який дає змогу оцінити зміни сигналу в часі, що є важливим при ранній діагностиці стану серцево-судинної системи.

Для оцінювання кореляційних компонент (2) використано їх усереднену оцінку:

$$M_u \{B_k(u)\} = \frac{1}{N_u} \sum_{u=1}^{N_u} B_k(u), u = \overline{1, N_u}, k = \overline{1, N_k}, \quad (3)$$

де k – номер кореляційної компоненти, u – зсув, N_u – кількість зсувів, N_k – кількість частот. Реалізації оцінок усереднених кореляційних компонент наведено на рис. 1-2.



На рис. 1-2 видно, що значення максимумів усереднених кореляційних компонент для пацієнтів А та Б в стані норми зосереджені на одних і тих самих компонентах (7-ма, 12-та, 14-та і 19-та компоненти) (ідентичні за структурою), проте їх амплітудні значення різняться між собою. Отже, обчисленні оцінки кореляційні компонент МКС (нові інформативні ознаки) є чутливо-кількісним показниками при виявленні ранніх змін у функціонуванні серцевої системи (норма чи патологія).

УДК 612.13:519:218

О.Ригайло, М. Хвостівський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РЕОСИГНАЛУ У ВИГЛЯДІ ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ

По ступеню поширеності і важкості наслідків серцево-судинні захворювання останніми роками вийшли на перше місце серед причин смертності і непрацездатності населення. Своєчасне виявлення цих захворювань істотно спрощує процес подальшого лікування, сприяє збільшенню тривалості життя. Зважаючи на реальну загрозу важких, а часто і невиліковних інфекційних захворювань перевага віддається неінвазивним методам діагностики стану серцево-судинної системи. Одним з них є реографія. В основі методу лежить аналіз зміни провідності біологічної тканини під час її кровонаповнення. Завдяки умовам реєстрації (відсутня механічна дія на судини, немає больових відчуттів) реосигналу (рис. 1) властива висока інформативність. Оскільки при відборі реосигналу реєструється пасивний параметр електричного кола (опір), який істотно знижується вплив електричних завод і наведень.

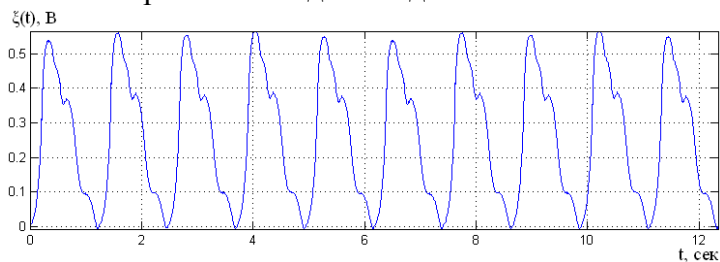


Рис.1. Реалізація реосигналу в стані норми

Для автоматичного опрацювання реосигналів та інтерпретації їх інформативних ознак потрібні математичні методи, які б давали змогу оцінити функціональний стан серцево-судинної системи

Відомі методи опрацювання реосигналу, зокрема кореляційний, спектральний та спектрально-кореляційний, базуються на математичній моделі у вигляді стаціонарного випадкового процесу, що є неадекватним для сигналів даного типу. Оскільки реосигнал по природі є нестаціонарно-періодичним випадковим процесом, який характеризується властивостями періодичності (періодична робота серця людини) і випадковості (вплив зовнішніх – забруднення повітря, фізичне навантаження (ходьба, зміна положення тіла, втома) та внутрішніх факторів – хвилювання, емоції, порушення функціонування систем кровообігу, дихання, травлення і ін.). З аналізу реосигналу та властивостей періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП) випливає, що математична модель процесу такого класу дає змогу адекватно описати сигнал у вигляді виразу (поєднання періодичності із випадковістю):

$$\xi(t) = \sum_{k \in Z} \xi_k(t) e^{ik2\pi/T}, \quad (1)$$

де $\xi_k(t)$ - випадкова складова реосигналу у вигляді стаціонарних та стаціонарно пов'язаних процесів (стаціонарні компоненти), $e^{ik2\pi/T}$ – періодична складова реосигналу з періодом T .

Подання реосигналу у вигляді ПКВП (1) обґрунтовує застосовність до нього відомих методів статистичного опрацювання (синфазного, компонентного) для обчислення статистичних оцінок його ймовірнісних характеристик, які є показниками стану серцево-судинної системи людини.

УДК 616.314

М. Тимчак

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОБГРУНТУВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИНФАЗНОГО МЕТОДУ ОПРАЦЮВАННЯ ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНТЕРО СИГНАЛУ

Згідно аналізу властивостей характеристик електрогастроентеро сигналу та описаних властивостей періодично корельованих випадкових процесів у роботі [1] впливає, що математична модель процесу такого класу дає змогу адекватно описати сигнал, а саме врахувати поєднання випадковості та періодичності сигналу, а тому і розробити методи визначення інваріантних інформаційних ознак електрогастроентеро сигналу виходячи із статистики таких сигналів для задач ранньої діагностики.

Для ергодичності процесу із дискретним часом в цілому відносно середнього необхідно і достатньо, щоб векторний процес з дискретним часом був ергодичним відносно середнього:

$$\overset{o}{\xi}(n\Delta t) = \xi(n\Delta t) - \hat{m}_{\xi}^T(n\Delta t), \quad n = \overline{0, N-1} \quad (1)$$

де $\xi(n\Delta t)$ - послідовність ЕРС із дискретним часом;

Δt - крок дискретизації ($\Delta t \geq \frac{1}{2\Delta f}$, де Δf - частота дискретизації ЕГЕС з умов

теореми Котельникова);

n - номер відліку; N - довжина послідовності ЕГЕС $\xi(n\Delta t)$;

$\hat{m}_{\xi}^T(n\Delta t)$ - періодичне продовження математичного сподівання ЕГС як послідовності $\xi(n\Delta t)$ із дискретним часом:

$$\hat{m}_{\xi}^T(n\Delta t) = \sum_{k=1, N} \chi_{D_k}(n\Delta t) \hat{m}_{\xi}(n\Delta t + k\Delta t N_T), \quad n \in \overline{0, N-1} \quad (2)$$

де k - номер періоду;

N_T - кількість точок, які лежать в межах одного періоду ЕГЕС T , $N_T = \frac{T}{\Delta t}$;

$\chi_{D_k}(n\Delta t) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } n\Delta t \in D_k \\ 0, & \text{якщо } n\Delta t \notin D_k \end{cases}$ - індикаторна функція;

$D_k = [k\Delta t N_T, (k+1)\Delta t N_T)$ - часовий діапазон тривалості k -го відгуку ЕГЕС;

$\hat{m}_{\xi}(n\Delta t)$ - оцінка математичного сподівання ЕГЕС.

Синфазний метод статистичного оцінювання характеристик послідовності ЕГЕС із дискретним часом є незначними модифікаціями статистики стаціонарних випадкових процесів. Тому обґрунтування методів статистичного оцінювання характеристик базується на понятті h -ергодичності, яка виражається як властивість випадкових процесів із дискретним часом.

1. Тимчак М., Хвостівський М., Дедів Л. математична модель електрогастроентеросигналу для підвищення достовірності електрогастроентеросистем / Тимчак М. // Вісник Національного Університету «Львівська Політехніка» №744, – Львів, 2012. – С. 181-186.

УДК 621.326

В. Фалендиш, М. Бачинський

(Тернопільський Національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДДІЛІВ ПРОФІЛАКТИЧНИХ ОГЛЯДІВ ЛІКУВАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Основами законодавства України про охорону здоров'я, Законами України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» та «Про захист населення від інфекційних хвороб», зокрема, встановлено, що з метою охорони здоров'я населення організуються профілактичні медичні огляди ряду категорій громадян, професійна чи інша діяльність яких пов'язана з обслуговуванням населення і може спричинити поширення інфекційних захворювань, виникнення харчових отруєнь, а також працівників, зайнятих на важких роботах і на роботах зі шкідливими або небезпечними умовами праці, військовослужбовців. Розрізняють попередні, періодичні та щорічні обов'язкові профілактичні огляди.

Такі профілактичні огляди проводяться спеціалістами спеціальних відділів профілактичних оглядів в поліклінічних відділеннях лікувальних закладів.

Перелік професій, виробництв та організацій, працівники яких підлягають обов'язковим профілактичним медичним оглядам, порядок проведення цих оглядів та видачі особистих медичних книжок затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 23 травня 2001 року № 559 «Про затвердження переліку професій, виробництв та організацій, працівники яких підлягають обов'язковим профілактичним медичним оглядам, порядку проведення цих оглядів та видачі особистих медичних книжок».

З метою автоматизації ведення обліку проходження громадянами обов'язкових профілактичних оглядів та видачі особистих медичних книжок у відділах профілактичних оглядів розроблено спеціальну інформаційну систему, яка складається з комп'ютерної програми «ПрофОгляд» та спеціальної бази даних та основі MySQL.

Комп'ютерна програма «ПрофОгляд» призначена для автоматизації робочих місць лікарів різного профілю, які працюють у відділах профілактичних оглядів поліклінічних відділень лікувальних закладів, а саме:

- ведення (внесення, редагування, пошук) єдиної бази даних громадян, яким необхідно проходити періодичні профілактичні огляди;
- формування звітів про проходження профілактичних оглядів працівниками по підприємствах.

База даних складається з таких таблиць:

- PERSON (прізвище, ім'я та по-батькові, дата народження, адреса, місце роботи, посада, періодичність оглядів, місяць проходження першого огляду, примітка);
- FIRM (назва підприємства, приналежність до категорії підприємств);
- SUBDIV (підрозділи підприємства);
- CATEGORY (категорії підприємств);
- OGLAD (громадянин, результати оглядів спеціалістів (дерматолог, гінеколог, терапевт, отоларинголог, стоматолог, нарколог, психіатр) та аналізів (флюорографія, кишкові інфекції, черевний тиф, гельмінтози, стафілокок, бруцельоз), допуск до виконання службових обов'язків, дата проходження профілактичного огляду, дата проходження наступного огляду).

У звіті про проходження профілактичних оглядів відображається інформація про підприємства, підрозділи у вигляді кількості осіб, які повинні були пройти, пройшли та не пройшли профілактичний огляд у звітному періоді.

УДК 611.83:519:218

Я.Чернецький, О. Гевко, М.Хвостівський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АКТУАЛЬНІСТЬ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОМІОСИГНАЛУ

Електроміографія (ЕМС) є єдиним об'єктивним і інформативним методом дослідження функціонального стану периферичної нервової системи, патологія якої в структурі неврологічних захворювань займає провідне місце. Електроміографічні дослідження дають змогу не тільки встановити характер захворювання, але й проводити його типічну діагностику, але і об'єктивно контролювати ефективність лікування, прогнозувати час і етапи відновлення.

Автоматизовані системи вимірювання і опрацювання медико-біологічної інформації, що використовують сучасні програмні засоби, істотно розширюють діагностичні можливості сучасної медицини. Це стосується і електроміографії - методу дослідження нервово-м'язової системи за допомогою реєстрації електричних потенціалів м'язів – електроміосигналів (рис. 1).

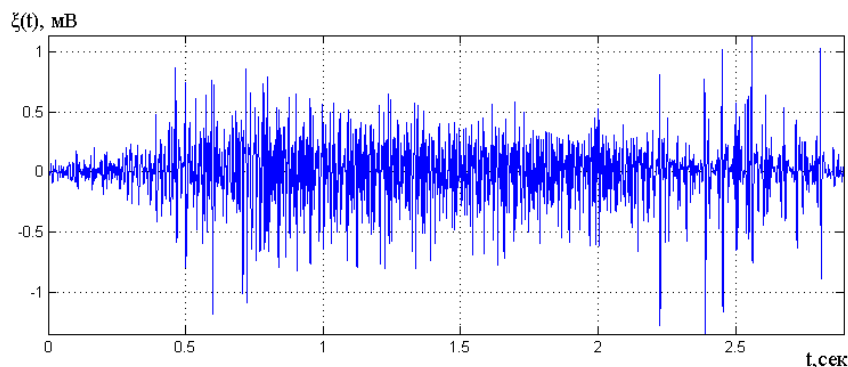


Рис.1. Реалізація електроміосигналу пацієнта в стані норми

Опис ЕМС за допомогою їхніх моделей на кожному етапі дослідження виходить із необхідності відобразити суттєві, для даного типу задач, закономірності досліджуваних об'єктів і явищ, і втілити їх у математичній формі.

На сьогодні можна виділити два типи моделей ЕМС, а саме детерміновані та стохастичні. Детермінована модель ЕМС є досить спрощеною, тому що не враховує у своїй структурі властивість випадковості, що характеризує сигнали біологічного походження, тому він не знайшов використання в сучасних автоматизованих системах аналізу ЕМС. Стохастична модель електроміосигналу у вигляді стаціонарного випадкового процесу все частіше використовується при проектуванні автоматизованих систем діагностики нервової-м'язової системи людини. Проте ця стохастична модель електроміосигналу в повній мірі не відображає у своїй структурі цілісність механізму його породження, тому що електроміосигнал є складним за своєю природою сигналом, що містить в собі випадковість та повторність.

Наведені аргументи вказують на актуальність побудови математичної моделі ЕМС та розроблення методу аналізу її для автоматизованих комп'ютерних електроміографів, зорієнтованих на підвищення достовірності ранньої діагностики функціонального стану периферичної нервової системи людини шляхом впровадження в область неврології нового класу інформативно-достовірних ознак, базуючись на моделі ритміки у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

УДК 612.161:519:218

Б.Яворський, Л. Хвостівська, Є.Яворська

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИНФАЗНОГО ТА КОМПОНЕНТНОГО МЕТОДІВ ЩОДО АНАЛІЗУ ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛУ СУДИН ЛЮДИНИ

Для визначення параметрів судин і способів оцінки їх стану у сучасній кардіології застосовують сфінгографічний метод (неінвазивний метод) (Терехова Л.Г., Йонаш В., Власова С. П., Валтнерис А.Д., Савицький Н.И), який базується на аналізі форми пульсового сигналу (ПС) (рис.1).

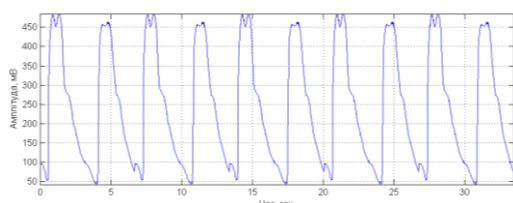
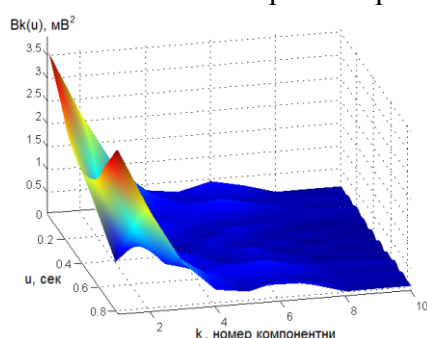


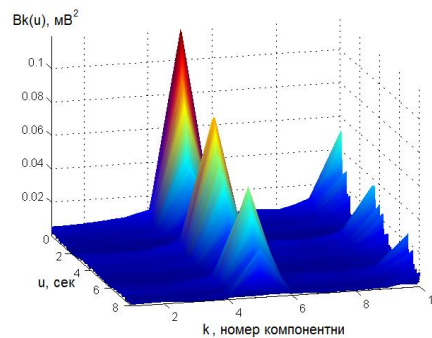
Рис.1. Реалізація ПС в стані норми

За формою та параметрами пульсового сигналу можна судити про зміни гемодинамічних характеристик, ритму серця, швидкості кровонаповнення в досліджуваній частині тіла.

З аналізу ПС та властивостей періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП) встановлено у праці Хвостівської Л. та Яворської Є., що така математична модель дає змогу адекватно описати сигнал, а саме врахувати у своїй структурі поєднання випадковості з повторністю сигналу (природа утворення ПС), а тому і розробити методи визначення нових в області кардіології інформативних ознак (параметрів) ПС виходячи із статистики таких сигналів для задач підвищення об'єктивності діагностики стану судин людини. Обґрунтування методів статистичного оцінювання ПС базується на понятті \hbar -ергодичності, яка виражається як властивість випадкових процесів. Вирази, які виражають ПС як ПКВП через його компоненти (модельовані гармоніки кратних частот), показують що міра „випадковості” у ньому визначається випадковими властивостями цих компонент. Тому умову ергодичності ПС як ПКВП сформульовано як вимогу ергодичності векторного стаціонарного випадкового процесу його стаціонарних компонент, тобто стаціонарну і ергодичну пов'язаність компонент цього векторного процесу. \hbar -ергодичність обґрунтовує різні методи оцінювання характеристик ПС як ПКВП, зокрема синфазного та компонентного. Результати опрацювання ПС в стані норми зображено на рис. 2.



Синфазний метод



Компонентний метод

Рис. 2 Кореляційні компоненти ПС в стані норми

Отримані оцінки кореляційних компонент ПС (рис.2) синфазним та компонентним методами дають змогу підвищити об'єктивність діагностики стану судин людини шляхом впровадження в область кардіології нових (додаткових) інформативних ознак – кореляційних компонент.

Секція: ЕЛЕКТРОТЕХНІКА І СВІЛОТЕХНІКА, ЕЛЕКТРОНІКА

Керівники: проф. В. Андрійчук, проф. П. Євтух, проф. М. Тарасенко.

Секретар: В. Коваль

УДК 628.9.038

В.Андрійчук, І. Белякова, В.Медвідь, В.Пісьціо

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СВІЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

Поява світлодіодних джерел світла, в першу чергу світлодіодних лінійних ламп та світлодіодних прожекторів, незважаючи на їх порівняно більшу вартість, дозволила при їх використанні для освітлення різних об'єктів уникнути недоліків, характерних для люмінесцентних джерел світла.

Для дослідження електричних характеристик деяких типів лінійних світлодіодних ламп та світлодіодних прожекторів нами використовувалась схема вимірювання, зображена на рис.1.

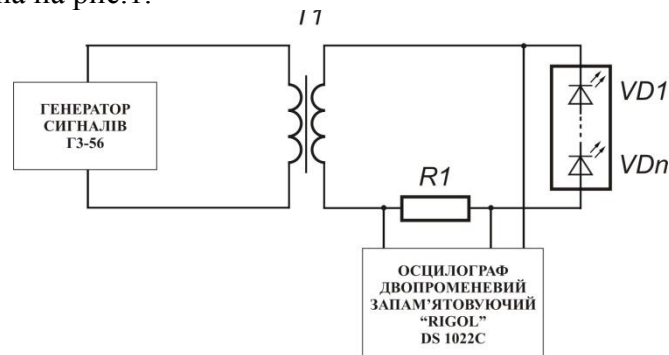


Рис.1. Схема вимірювання параметрів світлодіодних джерел світла

В досліджуваних світлодіодних джерелах світла використовувалась схема лінійного драйвера. Із збільшенням струму через лампу ємнісний характер навантаження зростає. Разом з тим, форма струму лампи при різних значеннях напруги живлення не є синусоїдальною, а містить певний відсоток третьої гармоніки, що пояснюється наявністю в схемі живлення лампи діодного моста.

Деякі інші характеристики напруги та струму отримані для світлодіодного прожектора (тип FL-F-10W-01). Цей прожектор містить 12 SMD-світлодіодів, для живлення яких використовується імпульсний стабілізатор напруги. Така схема не містить конденсатора, ввімкненого послідовно з діодним мостом, тому зсув струму по відношенню до напруги прожектора відсутній.

Спостерігається зменшення струму, споживаного перетворювачем світлодіодного прожектора, при збільшенні напруги живлення, що свідчить про стабілізацію струму, який протікає безпосередньо через світлодіоди. Разом з тим, форма струму є такою ж, як і попередньому випадку.

В результаті досліджень було встановлено, що для світлодіодних джерел випромінювання, схема ввімкнення яких містить діодний міст з послідовно з'єднаним конденсатором, залежності відносної амплітуди третьої гармоніки, коефіцієнта гармонік та $\cos\phi$ від зміни напруги живлення є схожими, а їх значення спадають із збільшенням напруги живлення. При номінальній напрузі джерела живлення значення коефіцієнта гармонік для лінійної світлодіодної лампи не перевищує 0,5, а $\cos\phi$ - 0,6.

Для світлодіодних джерел з імпульсним стабілізатором напруги значення $\cos\phi$ практично не змінюється з ростом напруги живлення. Разом з тим, відносна амплітуда третьої гармоніки та коефіцієнт гармонік при цьому зростають (коефіцієнт гармонік досягає значення 0,9, а $\cos\phi$ - 1,0).

УДК 623.407

І. Белякова, В. Медвідь, В. Пісьціо, О. Шкодзінський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОДИКА АПРОКСИМАЦІЇ ПОЗИТИВНОЇ ГІЛКИ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЇ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОДІОДІВ

У процесі моделювання світлодіодних світильників виникає потреба отримання PSPICE-моделей світлодіодів. Окремі виробники дають моделі тих світлодіодів, що випускаються ними, але найчастіше відповідні PSPICE-моделі відсутні. Тому виникає задача апроксимації позитивної гілки вольт-амперної характеристики (ВАХ) і залежності світлового потоку від струму на основі експериментальних даних. Позитивна гілка ВАХ світлодіодів може бути наближена типовим чином:

$$I = I_0 \left(\exp\left(\frac{U - IR}{U_T}\right) - 1 \right),$$

де I_0 - струм насичення, U_T - теплова напруга, R - омичний опір переходу у пряму напругу. Проте, так як світлодіод може мати велику кількість р-п переходів, напруга U_T вже не буде визначатись за формулою Шоклі. За аналогією із звичайними діодами припустимо, що робочий прямий струм I значно більший струму I_0 , тоді апроксимація може бути переписана у лінійній формі:

$$U = IR + U_T \ln(I) + B, \quad \text{де } B = -U_T \ln(I_0).$$

В свою чергу, світловий потік легко апроксимувати виразом:

$$\Phi = A_0 + A_1 I + A_2 I^2 + A_3 I^3.$$

Для побудови апроксимацій будемо мінімізувати суму квадратів похибки між значенням напруги U_i та його апроксимацією $\hat{U}(I_i)$ та між значенням відносного світлового потоку Φ_i світлодіода та його апроксимацією $\hat{\Phi}(I_i)$. Враховуючі, що у точці мінімуму похибки похідні по шуканим параметрам R , U_T , B та A_i рівні 0 отримаємо системи рівнянь

$$\begin{bmatrix} 1 & \sum_i I_i & \sum_i I_i^2 & \sum_i I_i^3 \\ \sum_i I_i & \sum_i I_i^2 & \sum_i I_i^3 & \sum_i I_i^4 \\ \sum_i I_i^2 & \sum_i I_i^3 & \sum_i I_i^4 & \sum_i I_i^5 \\ \sum_i I_i^3 & \sum_i I_i^4 & \sum_i I_i^5 & \sum_i I_i^6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i \Phi_i \\ \sum_i I_i \Phi_i \\ \sum_i I_i^2 \Phi_i \\ \sum_i I_i^3 \Phi_i \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} \sum_i I_i^2 & \sum_i I_i \cdot \ln(I_i) & \sum_i I_i \\ \sum_i I_i \cdot \ln(I_i) & \sum_i (\ln(I_i))^2 & \sum_i \ln(I_i) \\ \sum_i I_i & \sum_i \ln(I_i) & N \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ U_T \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i I_i \cdot \\ \sum_i \ln(I_i) \cdot \\ \sum_i U \end{bmatrix}$$

:

розв'язавши котрі отримаємо шукані апроксимації, а також $I_0 = \exp(U_T/B)$.

Для порівняння апроксимації і експериментальних даних розглянемо світлодіоди білого кольору свічення використані у світлодіодному прожекторі Magnum LHF150. Після проведення відповідних розрахунків отримаємо наступні параметри апроксимацій:

R (Ом)	$U_T B$	B (В)	I_0 (А)	A_0	A_1 (A^{-1})	A_2 (A^{-2})	A_3 (A^{-3})
15,8	$59,4 \cdot 10^{-3}$	2,985780	$1,480 \cdot 10^{-22}$	$1,72 \cdot 10^{-2}$	$2,70 \cdot 10^1$	$3,18 \cdot 10^1$	$-2,7310^3$

Зауважимо, що робочий струм на декілька порядків перевищує струм I_0 . Тому припущення про малу величину I_0 відносно I справджується. На рис. 1 а зображена отримана ВАХ та її апроксимація, на рис. 1 б – значення відносного світлового потоку та його апроксимація. З графіків випливає, що обрані види апроксимацій досить точно описують відповідні залежності.

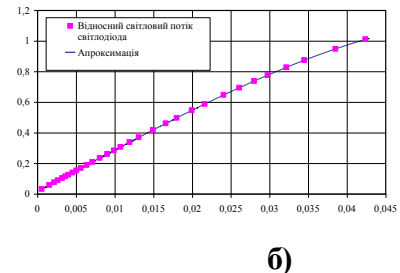
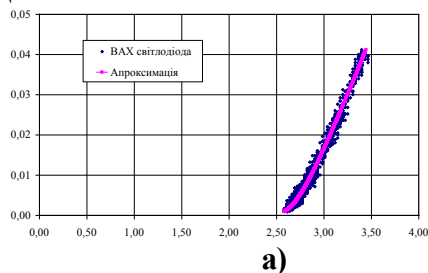


Рис. 1. Вольт-амперна характеристика (а), світлова характеристика (б) та їх апроксимації

УДК 628.979, 621.327

М. Гнатович

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВПЛИВ РІВНЯ ОСВІТЛЕНОСТІ НА СВІТЛОКУЛЬТУРУ РОСЛИН

Оптичне випромінювання все в більшій мірі використовується в сучасних технологічних процесах в промисловості і сільському господарстві, стає невід'ємною частиною фотохімічних виробництв, відіграє всезростаючу роль в підвищенні тваринництва і птахівництва, врожайності рослинних культур. [1]

Тривале вирощування рослин при високих або низьких інтенсивностях світла забезпечує розвиток компенсаторних механізмів, що носять адаптивний характер. Так, високі інтенсивності фотосинтезноактивної радіації викликають різке гальмування росту осьових органів. [2]

У рослин за поглинання світла відповідають такі пігменти, як хлорофіли а і b та каротиноїди. Хлорофіли поглинають світло червоного та синього діапазонів, а каротиноїди лише синього діапазону. Сучасні світлодіоди (СД) перекривають весь видимий діапазон оптичного спектру.

У ході проведення експериментів нами були апробовані: світлові прилади (СП) з компактними люмінесцентними лампами (КЛЛ) (рівень освітленості 1,5 клк та 2,5-3 клк), СД матриця на основі білих СД (рівень освітленості – 2,5-3 клк) та СП на основі білих СД (рівень освітленості – 1,5 клк).

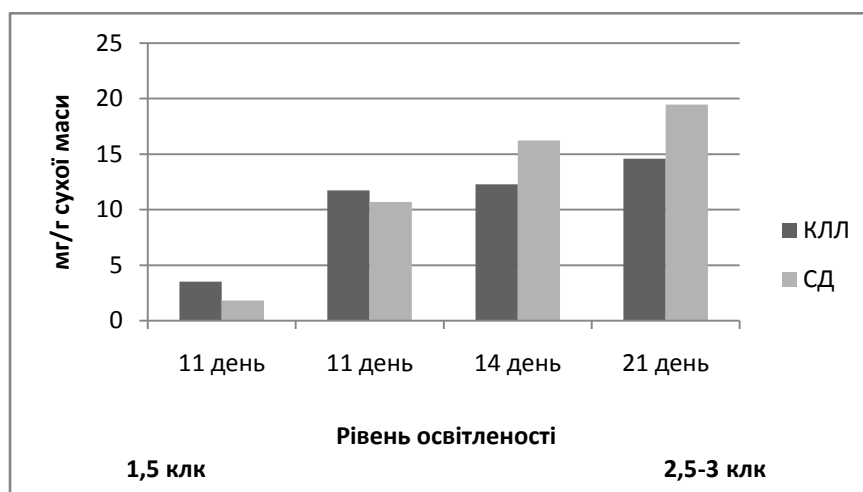


Рис. 1. Вміст хлорофілів (a+b) у листках сої

На рис. 1 представлено діаграму вмісту хлорофілів (a+b) у листках сої в перерахунку на суху масу. Як бачимо, що вже в 11 день росту вміст хлорофілів при освітленості 1,5 клк приблизно в 3 рази менший, ніж при 2,5-3 клк. Також в наступні дні проведення досліджень спостерігаємо, що при освітленні СД вміст хлорофілів у листках сої більший, ніж при використанні КЛЛ.

Дослідами було встановлено, що кращими показниками володіють ті рослини, які росли і розвивались при рівні освітленості 2,5-3 клк.

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Знак, 2006. – 972 с.

2. Н. Н. Протасова Светокультура как способ выявления потенциальной продуктивности растений. – Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева Академии наук СССР. – Москва, 1987 г. – Том 34, вып. 4.

УДК 621.317.333.6

П. Євтух, О. Вакулєнко, О. Михайлов

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ДОАВАРІЙНЕ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ В КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Своєчасне виявлення та усунення дефектів у кабельних лініях дозволяє продовжити термін служби, і знизити вартість їх ремонту, уникнути аварійних відмов і, як наслідок підвищити надійність роботи енергетичної системи.

Одним з найменш надійних елементів є ізоляція. Діагностика ізоляції базується на вимірюванні ряду фізико-хімічних величин, що характеризують процеси, які відбуваються в ізоляції, та аналізу на основі отриманих даних стану ізоляції. Основним із ефективних методів контролю за станом ізоляції є вимірювання характеристик часткових розрядів. Перевагою цього методу є можливість попереднього виявлення дефектів, їх локалізація, виявлення характеру та ступеню розвитку дефекту, прогнозування часу його розвитку і в кінцевому підсумку, своєчасне його усунення.

Для прикладу досліджень наявності часткових розрядів відрізок кабелю марки N2XSEY - $3 \times 25 \text{ мм}^2$ - 10 кВ піддавався електричному старінню під робочим навантаженням у поєднанні з механічним у вибраній ділянці. Наявність часткових розрядів фіксувалось осцилографуванням з використанням ємнісно – резистивного дільника.

Інтенсивність розрядного процесу і його часові характеристики подані на рисунку 1.

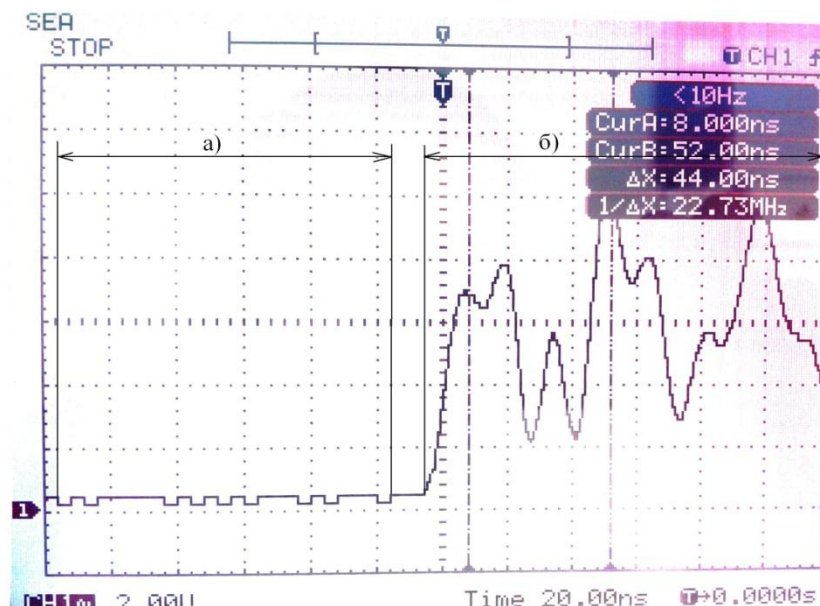


Рис. 1 - Осцилограма доаварійного виявлення дефекту: а) часткові розряди у місці дефекту; б) пробій виявленого дефекту в ізоляції.

Аналіз серії осцилограм показав, що частотний діапазон розрядного процесу залежить від радіального місця розташування дефекту. Після того як місце пошкодження виявлено, обсяг і зміст ремонту кабельної лінії визначаються залежно від характеру ушкодження і стану ізоляції кабелю.

УДК 621.316.761.2

П. Євтух, В. Сай, Я. Бошняк

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ АСИНХРОННОЇ МАШИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО РЕЗОНАНСУ

Асинхронні двигуни отримали найбільш широке використання у промисловості і займають перше місце по надійності серед усіх безколекторних електричних машин змінного струму. У порівнянні з іншими двигунами такої ж потужності він має меншу масу, габаритні розміри та вартість. Проте серед недоліків асинхронних двигунів варто виділити невеликий пусковий момент та генерація реактивної енергії.

Окрім цього асинхронні машини досить чутливі до зниження якості електричної енергії, яке в наш час є досить поширеним явищем (особливо у сільській місцевості). Як зазначалося в [1] при зниженні якості електроенергії зростають додаткові втрати активної потужності двигуна та знижується термін служби ізоляції внаслідок додаткового перегріву обмоток. Також погіршуються робочі характеристики двигуна такі, як ККД та коефіцієнт ковзання[2].

Тому, аналізуючи вище сказане, щоб зменшити кількість споживання електроенергії асинхронного двигуна та збільшити термін служби електричної машини необхідно зменшити кількість підведеної реактивної енергії та рівень несиметрії та несинусоїдальності на затискачах двигуна.

Для вирішення даної задачі була вдосконалена класична схема компенсації реактивної енергії, що зображена на рис.1. Дана схема працює в режимі близькому до електромагнітного резонансу, тому потребує адаптивного керування потоком енергії.

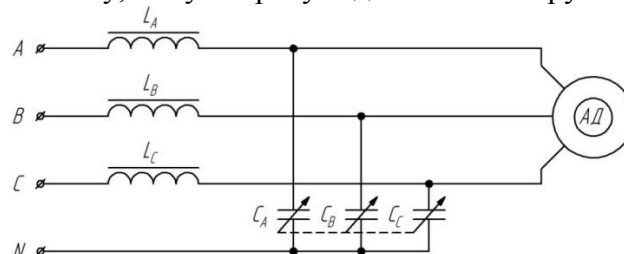


Рисунок 1 – Модернізована схема компенсації реактивної енергії

Як уже зазначалось, дана схема працює в режимі близькому до електромагнітного резонансу, який виникає між конденсаторами C_A , C_B , C_C з регульованою ємністю та обмотками статора асинхронного двигуна. При виникненні цього ефекту вся накопичена реактивна енергія циркулює по зазначеному контурі, а встановлені дроселі L_A , L_B , L_C обмежують перетікання цієї енергії у зовнішню мережу. Крім цього при значній несиметрії мережі накопичена енергія конденсаторів виконує функцію корекції напруги, тим самим зменшуючи значення рівень несиметрії на затискачах асинхронної машини.

Література:

1. Вплив несиметричних режимів в системах електроспоживання на втрати електроенергії : матеріали V Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції [“Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання”], (Тернопіль, 14–16 бер. 2012 р.) / М-во освіти і науки України, Тернопільський нац. тех. ун-т ім. І. Пулюя. – Т. – Тернопільський нац. ун-т ім. І. Пулюя, 2012. – 432 с.

2. Корчемний М. О. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

УДК 621.47

В. Закордонець, к.ф.-м.н., Н. Кутузова асп.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

РОЗРАХУНОК ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ СВІТЛОДІОДІВ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИМИ МОДУЛЯМИ ОХОЛОДЖЕННЯ

При значному збільшенні потужності світлодіодів (СД) та густини їх упаковки традиційні повітряні охолоджувачі вже не здатні справитися з поставленим завданням. Охолодження та стабілізація теплового режиму СД при допомозі термоелектричних модулів охолодження (ТЕМО) вже вивчалось в ряді експериментальних та теоретичних робіт, однак при цьому джерело тепла і джерело холоду були просторово об'єднані. Метою даної роботи є побудова теплової математичної моделі світлодіода оснащеного термоелектричним модулем охолодження з просторово розділеними джерелом тепла та джерелом холоду та розрахунок температури перегріву активної зони світлодіода.

Нехай на одному з кінців теплопроводу, який має вигляд металевого стержня, встановлений СД, а на другому ТЕМО. Вважаємо, що світлодіод генерує теплову потужність P_g , холодна поверхня ТЕМО поглинає теплову потужність P_c а від горячої, при допомозі радіатора відводиться теплова потужність P_h .

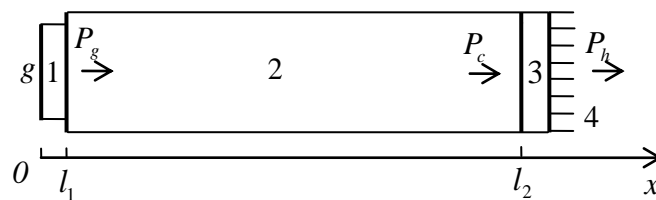


Рис.1. Теплова схема світлодіодної системи оснащеної термоелектричним модулем охолодження. 1 – світлодіод з активною зоною g , 2 – теплопровід, 3 – ТЕМО, 4 – радіатор.

Поширення тепла в системі описується стаціонарним рівнянням теплопровідності

$$\nabla^2 \Theta_i - \gamma_i^2 \Theta_i = 0,$$

та рівнянням теплогенерації

$$P_g = U_g I_g,$$

$\Theta_i = (T_i - T_0)$ - температура перегріву i -тої структури системи, I_g та U_g струм та пряма напруга світлодіода. В результаті розв'язку системи диференціальних рівнянь з тепловими граничними умовами другого роду на границях був отриманий розподіл температури перегріву активної зони світлодіода:

$$\Theta(x) = P_g R_1' \left[1 - \frac{x}{l_1} + \frac{1}{\sigma \operatorname{sh}(\sigma)} \frac{R_2'}{R_1'} \left(\operatorname{ch}(\sigma) - \frac{P_c}{P_g} \right) \right],$$

Очевидно, що ТЕМО повинен поглинати потужність не меншу ніж потужність СД, оскільки, в протилежному випадку стабілізація температурного режиму буде неможливою. Єдино можливим способом зробити використання ТЕМО ефективним є застосування електронного блока, який зможе регулювати споживану потужність ТЕМО в залежності від температури активної зони СД.

УДК 621.224-225.12; 621.311.2.21

М. Зінь, Ю. Підгайний

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)
(Національний університет водного господарства та природокористування
(м. Рівне))

ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАЛИХ ГЕС ТА ШЛЯХИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ

З урахуванням того, що можливості традиційної енергетики вичерпуються, а її загрози довкіллю – глобальні, людство шукає, знаходить і все ширше втілює в життя альтернативні, безпечні для природи джерела енергії. Одним з них є незаслужено забута і закинута в роки теплоенергетичного «буму» стара добра галузь – мала гідроенергетика.

Згідно з діючою на сьогоднішній день в Україні класифікацією мала гідроенергетика представлена мікро (встановлена потужність до 200 кВт включно), міні (від 200 до 1000 кВт (включаючи останнє значення)) та малими (від 1000 до 10000 кВт (включаючи останнє значення)) ГЕС. Наведена класифікація зумовлена економічними міркуваннями та реальними можливостями спорудження нових об'єктів малої гідроенергетики в нашій країні. В Україні діє «зелений» тариф для продажу енергії малими гідроелектростанціями, який у випадку потрапляння новозбудованої ГЕС до діапазону з меншими встановленими потужностями є вищим.

В Тернопільській області діють 13 малих, міні та мікро ГЕС (Касперівська, Скородинська, Ніврянська, Кудринська, П'ятничанська, Більче-Золотецька, Янівська, Коропецька, Топольківська, Осівецька, Дичківська, Завалівська, Семенівська (перелік виконано від найбільшої до найменшої встановленої потужності ГЕС)). Семенівська – це переобладнаний під ГЕС колишній водяний млин на р. Серет.

Чи не основною проблемою малих ГЕС є вода, тобто енергоносіє. Переважно більшість часу в році її або замало, або забагато. Як перше, так і друге не сприяє забезпеченню максимально можливої енергетичної ефективності функціонування ГЕС. В кінцевому підсумку коефіцієнт використання встановленої потужності малих ГЕС Тернопільщини становить близько 30 %, що є дуже мало.

З огляду на те, що мала гідроенергетика – кліматозалежна галузь, мають місце добові, тижневі, місячні, сезонні і річні коливання витрат води у річках й відповідно коливання кількостей виробленої електроенергії у вказані періоди. Наприклад, одна з міні ГЕС Тернопільщини у 2010 році виробила 780 тис. кВт*год електроенергії, у 2011 році – 944 тис. кВт*год, у 2012 році – 678 тис. кВт*год. Коливання клімату – це процеси під дією непереборних сил. Науково-практичне завдання полягає в тому, щоб техніка і технологія малих ГЕС могла максимально можливо підлаштовуватися під ці процеси задля забезпечення якомога вищого коефіцієнта використання потенціальної енергії водотоків в місцях їхньої концентрації на гідроспорудах станцій. Це завдання можна вирішувати двома шляхами: а) модернізація існуючого основного й допоміжного обладнання; б) повна або часткова реконструкція малих ГЕС відповідно до сучасного рівня розвитку технологій.

Завдання науки вбачаємо у доведенні до відома власників малих ГЕС інформації про енергетичні втрати на їхніх станціях, можливості їх зниження і внаслідок цього збільшення продуктивності. В зазначеному контексті економічно вигідними слід вважати проекти, термін окупності яких не перевищує трьох років.

УДК 621.362:621.383

В. Коваль

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВІД ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ

Особливе місце серед альтернативних і поновлюваних джерел енергії займають фотоелектричні перетворювачі сонячної енергії – сонячні батареї. В даний час у суспільній свідомості міцніє переконаність у тому, що енергетика майбутнього повинна базуватися на великомасштабному використанні сонячної енергії, причому в самих різних її проявах.

Основною перешкодою до глобального впровадження сонячних батарей на сьогодні є їх висока ціна та низька ефективність, яка залежить від багатьох експлуатаційних факторів, серед яких не останнє місце займають температура сонячного елемента та спектр випромінювання Сонця. Вплив спектру випромінювання Сонця на енергоефективність сонячних батарей особливо відчутний у ранковий та вечірній час та при наявності хмарності, а температури у полудневий час. Саме тому актуальним завданням при впровадженні нових матеріалів для створення фотоелектричного перетворювача сонячних батарей та захисного скла є встановлення залежності вольт-амперної характеристики (ВАХ) сонячного елемента (СЕ) від його температури та спектрального складу падаючого випромінювання. З метою підвищення швидкості та точності цих вимірювань розроблено та сконструйовано стенд, що в автоматичному режимі вимірює вольт-амперні характеристики сонячних елементів.

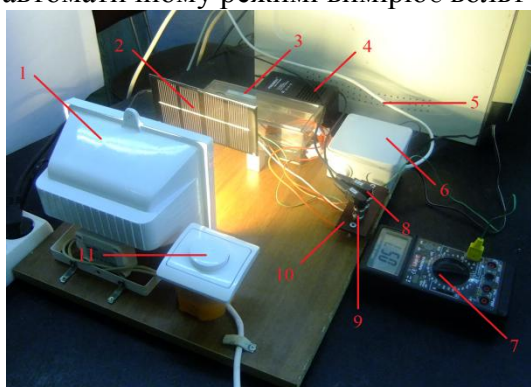


Рисунок 1 – Лабораторний стенд для зняття ВАХ СЕ

1. Прожектор;
2. Сонячний елемент;
3. Блок змінного активного навантаження;
4. Блок живлення;
5. Інформаційний кабель керування;
6. Блок керування;
7. Цифровий мультиметр;
8. Вхід від давача напруги;
9. Вихід від давача струму;
10. Вихід від давача температури;
11. Вимикач/регулятор освітлення

Лабораторний стенд (рис.1) виконано на базі персонального комп'ютера із вмонтованою платою АЦП типу SDI-ADC12-128H, яка оцифровує дані від датчиків струму, напруги та температури. Його особливістю є наявність керованого персональним комп'ютером змінного активного навантаження, завдяки чому вдалося скоротити час вимірювання ВАХ СЕ до декількох секунд. Джерелом світла є лампа КГ 500, яка виконує функції як імітатора джерела сонячного випромінювання так і засобу нагрівання сонячного елемента шляхом теплового випромінювання. Для зміни спектрального складу випромінювання використовуються світлофільтри. Після їх заміни, обов'язково встановлюється енергія падаючого випромінювання на рівні 1000 Вт/м^2 , як вимагається у держстандартах.

На лабораторному стенді вдалося зняти залежності енергоефективності типового полікристалічного СЕ від його температури та складу сонячного випромінювання.

На основі одержаних результатів вимірювань можна стверджувати, що при рості температури сонячного елемента від 25 до $60 \text{ }^\circ\text{C}$ спостерігається зменшення максимуму потужності на 25% , а зелені та сині лінії спектру поглинаються в меншій мірі ніж жовті та червоні.

УДК 621.32(075.8)

К. Козак

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

РЕГУЛЮВАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА З ТОЧКИ ЗОРУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Постановка проблеми в загальному вигляді. Обмеженість енергоресурсів і невпинне зростання населення Землі, обумовлене явищем глобального демографічного переходу, є основними чинниками, які обумовлюють необхідність інтенсивного впровадження енергозберігаючих технологій у всі сфери людської діяльності. В першу чергу це стосується тих сфер, де споживання енергоресурсів найбільше. Освітлення – одна з таких сфер тому, що кожна п'ята кіловат-година електроенергії споживається освітлювальними установками різного призначення.

Аналіз літературних джерел та публікацій показав, що головним, що може призвести до радикального збільшення енергоефективності освітлення, є не тільки зменшення загальної встановленої потужності освітлювальних установок, за рахунок переходу до вискоелективних джерел світла, але й зниження загального споживання електроенергії. Цього можна досягнути лише за рахунок впровадження інтелектуальних систем управління освітленням. Освітлювальні установки чи її частини повинні вмикатися тільки тоді, коли це дійсно необхідно. При цьому вони повинні забезпечувати необхідний рівень освітленості, з урахуванням впливу спектрального складу джерел світла на роботу присмеркового та нічного зору (S/P-фактора) людини. Саме тому **метою даної роботи** й стало дослідження енергоефективності регулювання (зменшення) світлового потоку (СП) джерел світла (ДС) на прикладі найменш енергоефективних, але й досі ще дуже популярних серед населення дешевих теплових джерел світла (ТДС) та найбільш енергоефективних, перспективних і дорогих напівпровідникових (НП) ДС.

Результати досліджень. Для реалізації поставленої мети попередньо були проведені дослідження електричних, світлотехнічних і експлуатаційних характеристик теплових і напівпровідникових джерел світла. Для забезпечення відтворюваності дослідів кількість джерел світла кожної із згаданих груп, згідно зі статистичним G-критерієм Кохрена, була прийнята рівною шести. Перед дослідженнями джерела світла відпалювалися протягом 100 годин в електричній мережі із номінальними параметрами. Дослідження електричних і світлотехнічних характеристик були проведені у фотометричній кулі типу «Everfine Spectron Coating Intergration Sphere».

Встановлено, що кожному типу джерел світла, в залежності від фізичних принципів їхньої роботи (теплових, напівпровідникових, розрядних низького та високого тиску тощо), притаманні свої, характерні виключно для них ділянки, в межах яких регулювання світлового потоку є дійсно економічно вигідним. Для теплових джерел світла ця ділянка обмежена нормованими значеннями напруги на лампі від 1 до 0,4, в той час як для напівпровідникових джерел світла такого обмеження не існує. При цьому чим більше вартість джерела світла, тим менше вплив таких побічних факторів як втрата потужності в пускорегулювальній апаратурі, вартість спожитої комплектом джерело світла і пускорегулювальний апарат електроенергії та спаду світлового потоку джерел світла в процесі експлуатації, на хід залежності енергоефективності регулювання світлового потоку. Найкращим з точки зору енергоефективності регулювання світлового потоку джерел світла є те значення аргументу, для околиць якого характерні не тільки найменші значення нормованої питомої вартості одиниці світлової енергії, але й вирабляється максимальна її кількість.

УДК 621.314.2

А. Лупенко

(Тернопільський національний технічний університет)

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ РОЗРЯДНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ

Важливу роль у функціонуванні сучасного суспільства відіграють електротехнічні системи, які використовуються у внутрішньому та зовнішньому освітленні і які споживають понад 15% електричної енергії, генерованої в Україні. Питання підвищення енергоефективності таких систем відносяться до пріоритетних у електротехнічній та світлотехнічній галузях. Перетворення електричної енергії у енергію світлового випромінювання здійснюється джерелами світла, до найефективніших з яких на сьогодні належать розрядні джерела світла (РДС) – люмінесцентні лампи, натрієві лампи високого тиску, металогалогенні лампи і т.п. На них припадає до 70% генерованої світлової енергії у світі. Однак безпосереднє живлення таких джерел світла від промислової мережі є неможливим через особливості їх фізичних процесів. Тому вони потребують специфічних технічних засобів, які забезпечують їх живлення та функціонування у всіх режимах роботи. Новітні досягнення сучасної силової та інформаційної електроніки обумовили перехід від традиційних засобів живлення РДС (електромагнітних пускорегулювальних апаратів) до якісно нових мультифункціональних електротехнічних систем високочастотного (ВЧ) живлення (ЕСВЧЖ), на основі яких можна створювати високоефективні електротехнічні комплекси автоматизованого керування внутрішнім та зовнішнім освітленням. Однак висока вартість таких систем є основною перепоною на шляху їх широкого застосування.

Розглядається комплексна проблема розвитку теоретичних засад та практичних підходів створення нових ресурсощадних структур електротехнічних систем живлення РДС, які, поєднуючи високий рівень електромагнітної сумісності, енергоефективності, та регламентовані режими роботи джерел світла, мають менші вартісні показники, ніж відомі структури, забезпечують регулювання світлового потоку джерел світла та значну економію електроенергії. На основі нових математичних та імітаційних моделей РДС, які враховують нелінійності їх статичних та динамічних вольт-амперних характеристик при ВЧ живленні РДС, та математичних моделей резонансних інверторів напруги як вихідних каскадів електротехнічних систем ВЧ живлення проведено детальний аналіз частотного, фазового, амплітудного та широтно-імпульсного методів регулювання потужності РДС. Результати цього аналізу використано для створення нових ЕСВЧЖ з регулюванням світлового потоку РДС. На основі формалізації принципу однокаскадності створено низку ресурсо- та енергоефективних ЕСВЧЖ, які поєднують в одному каскаді резонансний інвертор напруги та активний коректор коефіцієнта потужності, що дало змогу зекономити, як мінімум, один силовий високовольтний ключ, його драйвер та вузол керування і, як результат, зменшити вартість системи та підвищити її надійність. Розроблено параметричний метод стабілізації потужності розрядних джерел світла в області допустимих значень впродовж усього терміну їх експлуатації. Розглянуто ЕСВЧЖ РДС високого тиску, які усувають акустичний резонанс в них за рахунок живлення РДС низькочастотними прямокутними імпульсами струму, формування яких здійснюється ВЧ перетворювачами напруги. Запропоновано узагальнення методу побудови ЕСВЧЖ РДС великої потужності шляхом паралельного включення довільної кількості резонансних інверторних секцій, що знімає обмеження на побудову потужних ЕСВЧЖ, обумовлене максимально допустимою потужністю силових ключів.

УДК 621.396.218

М. Тарасенко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ДИНАМІКА ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА В ПРОЦЕСІ РОЗГОРАННЯ

Дослідження характеристик напівпровідникових джерел світла (НДС) показав, що значення номінального струму для них є визначальним. Тому для визначення оптимального значення номінального струму, розроблюваних на основі світлодіодів світлотехнічних виробів (ретрофітних ламп, світильників різного роду тощо), з точки зору забезпечення необхідної величини середньої тривалості світіння (СТС), нами були проведені дослідження динаміки перехідних процесів зростання температури на кристалах світлодіодів і спаду світлового потоку виробу від моменту вмикання до переходу в усталений режим. Для досліджень були відібрані ретрофітні НДС 6 різних виробників різної потужності, а саме: НДС 1 – Philips Master LED Bulb MV 8 W; НДС 2 – SW-101-7 W 190-240 V 7 W; НДС 3 – TLF BL 133 10 W (Telefunken); НДС 4 – Verbatium model # 52019 9 W; НДС 5 – ТЛЦ 03-01-10-003 УХЛ 4 10 Вт; НДС 6 – МЕЙ-Е27-10 Вт. В процесі аналізу отриманих залежностей з'ясувалося, що динаміка перехідного процесу спаду нормованого світлового потоку НДС (Φ_n) від моменту ввімкнення до переходу в усталений режим добре описується різницею падаючої (перший доданок у виразі (1)) і зростаючої (другий доданок у виразі (1)) вільних складових – експоненціальних функцій з різними за величиною сталими часу та сталими інтегрування

$$\Phi_n = 1 + a \cdot \exp(-t/\tau_1) - b \cdot [1 - \exp(-t/\tau_2)], \quad (1)$$

де a – коефіцієнт, який визначає величину початкового нормованого значення світлового потоку НДС при кімнатній температурі $p-n$ переходу в момент ввімкнення в мережу (стала інтегрування першого перехідного процесу);

b – коефіцієнт, який визначає величину прискорення динаміки перехідного процесу спаду світлового потоку НДС від моменту ввімкнення до переходу в усталений режим (стала інтегрування другого перехідного процесу);

t, τ_1, τ_2 , – біжучий час та сталі часу першого і другого перехідних процесів спаду світлового потоку НДС від моменту ввімкнення до переходу в усталений режим.

З формули (1) можна зробити висновок про те, що за динаміку процесу охолодження $p-n$ переходу відповідає два однакових за призначенням процеси. Перший залежить від теплового опору між основою (алюмінієвою або мідною) світлодіоду і радіатором, а другий – від теплового опору між радіатором і оточуючим середовищем. Величину першого опору можна зменшити за рахунок розташування між основою світлодіодів і поверхнею радіатора різного роду теплопровідних паст, а другого – за рахунок підвищення ефективності радіаторів: на основі застосування теплових труб, обдування вентилятором, вибору більш оптимальної конфігурації тощо.

З вище викладеного випливає, що для визначення оптимального значення номінального струму, розроблюваних на основі світлодіодів світлотехнічних виробів (ретрофітних ламп, світильників різного роду тощо), з точки зору забезпечення необхідної величини СТС, необхідно зняти динаміку спаду світлового потоку як мінімум для п'яти, рівномірно віддалених один від одного значень струму із рекомендованого в нормативно-технічній документації діапазону. За отриманими даними побудувати залежність відносного спаду світлового потоку від струму. З отриманої залежності вибрати таке значення струму, при якому спад світлового потоку не перевищує 10 %. Саме цей струм і треба вибрати в якості номінального.

Секція: МАТЕМАТИКА

Керівник: доц. Б.Шелестовський

Секретар: І. Габрусєва

УДК 517.9

І. Габрусєва, Г. Габрусєв

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОДИКА НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ ПАРНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ РІВНЯНЬ

При розв'язанні практичних задач, зокрема у теорії пружності, теплопровідності, електростатиці, зустрічаються парні інтегральні рівняння виду:

$$\int_0^{\infty} t J_0(xt) y(t) dt = f(x), \quad 0 \leq x \leq a, \quad (1)$$

$$\int_0^{\infty} J_0(xt) y(t) dt = 0, \quad a \leq x < \infty, \quad (2)$$

де $J_0(x)$ – функція Бесселя 0-го порядку, $f(x)$ – відома, а $y(t)$ – шукана функція.

Використовуючи одиничну функцію Гевісайда $\eta(x)$ та ввівши на відрізку $[0, a]$ невідому функцію $\varphi(x)$, рівняння (2) можна записати:

$$\int_0^{\infty} J_0(xt) y(t) dt = \varphi(x) \eta(a-x), \quad 0 \leq x < \infty. \quad (3)$$

Запишемо невідому функцію $\varphi(x)$ у вигляді узагальненого ряду Фур'є за функціями Бесселя із невідомими коефіцієнтами a_n :

$$\varphi(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n J_0(\gamma_n x), \quad 0 \leq x \leq a,$$

де γ_n – додатні корені рівняння $J_0(ax) = 0$.

Застосувавши формулу обернення інтегрального перетворення Ганкеля до рівності (3), отримаємо вираз для шуканої функції через a_n :

$$\frac{y(t)}{t} = \int_0^{\infty} x \varphi(x) \eta(a-x) J_0(xt) dx, \quad 0 \leq t < \infty,$$

$$y(t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n t \Phi_n(t), \quad \Phi_n(t) = \int_0^a x J_0(\gamma_n x) J_0(tx) dx = \frac{a \gamma_n J_1(a \gamma_n)}{\gamma_n^2 - t^2} J_0(at). \quad (4)$$

Підставивши (4) у (1) отримаємо:

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \int_0^{\infty} t^2 J_0(xt) \Phi_n(t) dt = f(x), \quad 0 \leq x \leq a.$$

Помноживши ліву та праву частини останнього співвідношення на $x J_0(\gamma_q x)$, $q = \overline{1, \infty}$ та проінтегрувавши по x від 0 до a отримаємо:

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \int_0^{\infty} t^2 \Phi_n(t) \Phi_q(t) dt = \int_0^a x f(x) J_0(\gamma_q x) dx. \quad (5)$$

Співвідношення (5) є системою лінійних рівнянь відносно невідомих a_n . Їх кількість можна вибирати довільно. Чим більшою вона буде, тим вищою буде точність розв'язання парних інтегральних рівнянь (1) – (2).

УДК 517.9

О. Панчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

**ПАРНІ ІНТЕГРАЛЬНІ РІВНЯННЯ ЯДРА ЯКИХ МІСТЯТЬ
ФУНКЦІЮ БЕССЕЛЯ**

Багато прикладних задач механіки деформівного твердого тіла, гідромеханіки, електростатики зводиться до розв'язання парних інтегральних рівнянь:

$$\int_0^{\infty} J_0(xt)y(t)dt = f(x), \quad 0 \leq x \leq 1, \quad (1)$$

$$\int_0^{\infty} tJ_0(xt)y(t)dt = 0, \quad 1 \leq x < \infty. \quad (2)$$

У співвідношеннях (1) та (2) $J_0(x)$ – функція Бесселя, $f(x)$ – задана функція, а $y(t)$ – невідома. За допомогою невідомої функції $\varphi(x)$ продовжимо співвідношення (2), визначене на нескінченному інтервалі, на всю додатну піввісь.

$$\int_0^{\infty} tJ_0(xt)y(t)dt = \varphi(x)\eta(1-x), \quad 0 \leq x < \infty, \quad \eta(x) = \begin{cases} 1, & x > 0, \\ 0, & x \leq 0. \end{cases} \quad (3)$$

Функцію $\varphi(x)$ зручно шукати у вигляді ряду $\varphi(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n J_0(\gamma_n x)$, де γ_n – додатні корені рівняння $J_0(x) = 0$, a_n – невідомі коефіцієнти.

Застосувавши формулу обернення інтегрального перетворення Ганкеля до інтегрального рівняння (3), отримаємо вираз для шуканої функції:

$$\begin{aligned} y(t) &= \int_0^{\infty} x\varphi(x)\eta(1-x)J_0(xt)dx, \\ y(t) &= \int_0^1 x \sum_{n=1}^{\infty} a_n J_0(\gamma_n x) J_0(xt) dx, \\ y(t) &= \sum_{n=1}^{\infty} a_n \Phi_n(t), \quad \text{де } \Phi_n(t) = \int_0^1 x J_0(\gamma_n x) J_0(tx) dx = \frac{\gamma_n J_1(\gamma_n) J_0(t)}{\gamma_n^2 - t^2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Щоб визначити невідомі коефіцієнти a_n підставимо одержаний вираз для функції $y(t)$ (4) у інтегральне рівняння (1):

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \int_0^{\infty} J_0(xt) \Phi_n(t) dt = f(x), \quad 0 \leq x \leq 1. \quad (5)$$

Помноживши (5) на $xJ_0(\gamma_q x)$, $q = \overline{1, \infty}$ та проінтегрувавши по змінній x на відріжку $[0, 1]$ матимемо:

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \int_0^{\infty} \Phi_n(t) \Phi_q(t) dt = \int_0^1 x f(x) J_0(\gamma_q x) dx. \quad (6)$$

Останнє співвідношення визначає систему лінійних рівнянь, розв'язавши яку та знайшовши коефіцієнти a_n , за допомогою виразу (4), можна знайти значення шуканої функції $y(t)$.

УДК 532.526

Л. Романюк

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ГІБРИДНА АЛГЕБРО-ОДНОПАРАМЕТРИЧНА ДИФЕРЕНЦІАЛЬНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОЕФІЦІЕНТА ТУРБУЛЕНТНОЇ В'ЯЗКОСТІ

Перші зональні математичні моделі, які одночасно є й гібридними, були запроваджені теорією примежового шару. Згідно з гіпотезою Прандтля течію в околі обтічного тіла можна зобразити як два шари: дуже тонкий шар поблизу поверхні (примежовий шар), де тертя відіграє суттєву роль, та шар поза межами примежового (зовнішній шар), де тертям можна знехтувати. Відповідно у примежовому шарі є застосовною модель в'язкої течії, а у зовнішньому шарі – модель ідеальної течії.

Як показує аналіз результатів розрахунків пристінних турбулентних течій, алгебраїчні моделі найкраще відтворюють властивості дрібномасштабної квазіізотропної турбулентності внутрішньої області. Гібридна алгебраїчна й одно

параметрична диференціальна модель визначається так: $v_t = \chi_k v_{tout} \tanh \frac{v_{tin}}{v_{tout}}$

У пристінній області $v_{tin} = l D_m$,

$$l = ky \sqrt{\tau^+} v_* , \quad D_m \tanh \frac{\sinh^2 \left[k_1 y^+ \sqrt{\tau^+} \right] \tanh \left[\sinh^2 \left(k_2 y^+ \sqrt{\tau^+} \right) \right]}{ky^+ \sqrt{\tau^+}} .$$

У зовнішній області $v_{tout} = \chi_k \Delta \sqrt{k}$,

де v - коефіцієнт кінематичної в'язкості, k - кінетична енергія турбулентності, τ - напруження зсуву, v_* - динамічна швидкість, χ, k_1, k_2, k - коефіцієнти моделі турбулентності, $y^+ = \frac{y v_*}{\nu}$ - безрозмірна ордината закону стінки, l - характерний лінійний розмір обтічної поверхні, t - значення, що характеризує турбулентний режим течії, $+$ - параметр, безрозмірний у масштабах «закону стінки».

Ця модель була використана для розрахунків плоских турбулентних примежових шарів методом прямих, при цьому використовувалась система рівнянь Прандтля:

$$U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} ,$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0 ,$$

де ρ - густина, p - тиск.

Перевагою даної моделі є відсутність необхідності використання пристінних функцій, які не забезпечують надійного передбачення положення точки відриву.

УДК 539.3

О. Самборська

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРЕМ ДОДАВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ФУНКЦІЙ В ЗАДАЧАХ ПРО НЕСТІЙКІСТЬ РЯДУ ВОЛОКОН В ПРУЖНІЙ МАТРИЦІ

Для дослідження задач про нестійкість циліндричних волокон в пружній матриці використовується тривимірна лінеаризована теорія стійкості деформівних тіл, рівняння якої отримуються шляхом лінеаризації нелінійних рівнянь теорії пружності. Ці рівняння застосовуються окремо до матриці і до волокон з врахуванням різних механічних властивостей компонентів. На міжфазних поверхнях формулюються граничні умови залежно від форми контакту між волокнами і матрицею.

Згідно із загальними розв'язками тривимірних лінеаризованих задач, складові зміщень і поверхневих сил виражаються через потенціальні функції u та s , які є розв'язками рівнянь:

$$\Delta u + z_1^2 \frac{\Delta^2 u}{\Delta z_1^2} = 0, \tag{1}$$

$$\Delta s^2 + (z_2^2 + z_3^2) \Delta \frac{\Delta^2 s}{\Delta z^2} + z_2^2 z_3^2 \frac{\Delta^4 s}{\Delta z^4} = 0.$$

Розв'язки для кожного з волокон шукаються у вигляді рядів Фур'є з модифікованими функціями Бесселя, а для матриці – з функціями Макдональда, оскільки розв'язки рівнянь (1) для матриці повинні задовольняти умови згасання та «нескінченності».

Запишемо, наприклад, вирази для функції ψ для q -го волокна та матриці у випадку втрати стійкості волокон з площини волокон.

$$\psi^{(1)q} = \gamma \sum_{n=0}^{\infty} I_n(\zeta_1^{(1)} \gamma r_q) \cos n\theta q \left(A_{1n,1}^{(1)q} \sin \gamma z_q + A_{2n,1}^{(1)q} \cos \gamma z_q \right), \tag{2}$$

$$\psi = \gamma \sum_{p=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} K_n(\zeta_1 \gamma r_p) \cos n\theta p \left(A_{1n,1}^p \sin \gamma z_p + A_{2n,1}^p \cos \gamma z_p \right).$$

Оскільки повинні виконуватися умови періодичності розв'язків, то достатньо задовольнити граничні умови на контурі тільки одного волокна, наприклад, при $q = 0$.

Щоб представити розв'язки для матриці в місцевій системі координат (r_0, θ_0, z_0) , застосуємо теорему додавання циліндричних функцій:

$$K_n(\zeta_i \gamma r_p) \cos n\theta p = \sum_{m=0}^{\infty} (-1)^m \left(\frac{p}{|p|} \right)^{m+n} \varepsilon_m (K_{n-m}(\zeta_i \gamma p \delta) + \\ + K_{n+m}(\zeta_i \gamma p \delta)) I_m(\zeta_i \gamma r_0) \cos m\theta_0; \quad \varepsilon_0 = \frac{1}{2}, \quad \varepsilon_m = 1 \text{ при } m \neq 0.$$

Підставляючи отримані вирази разом з розв'язками для даного волокна в граничні умови, одержимо нескінченну однорідну систему лінійних рівнянь для визначення невідомих коефіцієнтів, які входять у розв'язки.

УДК 517.9

Л. Фурсевич

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

РОЗКЛАД ЗА ВЛАСНИМИ ФУНКЦІЯМИ СПЕКТРАЛЬНОЇ ЗАДАЧІ З ПАРАМЕТРОМ У ГРАНИЧНИХ УМОВАХ

Розглядаються деякі питання, пов'язані з розкладом довільної функції за власними функціями спектральної задачі з параметром у граничній умові для напівосі $\Omega = [0, \infty]$, коли функція q - неперервна на кожному скінченному інтервалі. Наприклад для рівняння

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + |\lambda - q(x)| \psi = 0 \quad (x \in (0; 1)) \quad (1)$$

на границі $x = 0$ області Ω задана гранична умова

$$\psi = \lambda \frac{d\psi}{dx}. \quad (2)$$

Вводиться простір $L^2[0, \infty]$ елементами якого є $U(x) = [u|_{\Omega}, u_1|_{x=0}]$, де $u(x) \in L_2(0, \infty)$;

u_1 - комплексне число. Норма в L^2 визначається співвідношенням

$\|U\|_{L^2}^2 = \int_0^{\infty} |u(x)|^2 dx + |u_1|^2$. В $L^2[0, \infty]$ визначимо оператор A , який відповідає даній

спектральній задачі: $\left[u|_{\Omega}, \frac{du}{dx} \Big|_{x=0} \right] \rightarrow \left[-\frac{d^2 u}{dx^2} + q(x)u \Big|_{\Omega}, u|_{x=0} \right]$.

Область визначення $D(A)$ щільна в $L^2[0, \infty)$, причому оператор A - симетричний і напівобмежений знизу. Тому існує оператор B , який є самоспряженим розширенням в $L^2[0, \infty)$ оператора A . Задача на власні значення оператора B $Bu = \lambda U$ еквівалентна задачі (1), (2).

Нехай $\varphi(x, \lambda)$ і $\theta(x, \lambda)$ - такі розв'язки рівняння (1), що

$$\varphi(0, \lambda) = \lambda, \quad \varphi'(0, \lambda) = 1; \quad \theta(0, \lambda) = -1, \quad \theta'(0, \lambda) = 0. \quad (3)$$

Вронскіан цих розв'язків $W_x(\varphi, \theta) = W_0(\varphi, \theta) = 1$, отже загальний розв'язок рівняння (1), може бути представлений у вигляді $\theta + l\varphi$.

Якщо функція $f(x)$ задовольняє рівняння (1), а $w(x)$ - це ж рівняння з λ' замість λ , то має місце співвідношення

$$(\lambda' - \lambda) \int_0^b f(x)w(x) dx = W_0(f, w) - W_b(f, w). \quad (4)$$

Приймаючи в (4) $\lambda = u + iv$, $\lambda' = u - iv$ та $w = \bar{f}$, одержимо

$$2v \int_0^b |f(x)|^2 dx = iW_0(f, \bar{f}) - iW_b(f, \bar{f}).$$

У загальному випадку, коли область зміни функції $k(\lambda)$ включає як дискретні так і неперервні множини, розклад буде містити як ряд, так і невластний інтеграл.

УДК 517.52/524:517.58/589

Б. Шелестовський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

**РОЗВ'ЯЗОК СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ФУР'Є,
БЕСЕЛЯ І ЛЕЖАНДРА 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

$$\begin{aligned} \left(\frac{d^2}{dr^2} - q_1^2\right)u_1(r) &= -g_1(r), \quad r \in (R_0, R_1), \\ (\Lambda_{(\mu)} - q_2^2)u_2(r) &= -g_2(r), \quad r \in (R_1, R_2), \\ (B_\alpha^* - q_3^2)u_3(r) &= -g_3(r), \quad r \in (R_2, R_3) \end{aligned} \quad (1)$$

за крайовими умовами

$$\left(\alpha_{11}^0 \frac{d}{dr} + \beta_{11}^0\right)u_1(r)\Big|_{r=R_0} = g_0, \quad \left(\alpha_{22}^3 \frac{d}{dr} + \beta_{22}^3\right)u_3(r)\Big|_{r=R_3} = g_R \quad (2)$$

та умовами спряження

$$\left[\left(\alpha_{j1}^k \frac{d}{dr} + \beta_{j1}^k\right)u_k(r) - \left(\alpha_{j2}^k \frac{d}{dr} + \beta_{j2}^k\right)u_{k+1}(r)\right]\Big|_{r=R_k} = \omega_{jk}, \quad j, k = 1, 2. \quad (3)$$

У рівностях (1) беруть участь диференціальні оператори Фур'є $\frac{d^2}{dr^2}$, Лежандра

$\Lambda_{(\mu)}$ та Ейлера B_α^* :

$$\Lambda_{(\mu)} = \frac{d^2}{dr^2} + chr \frac{d}{dr} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \left(\frac{\mu_1^2}{1 - chr} + \frac{\mu_2^2}{1 + chr} \right), \quad B_\alpha^* = r^2 \frac{d^2}{dr^2} + (2\alpha + 1)r \frac{d}{dr} + \alpha^2,$$

Фундаментальну систему розв'язків для рівняння Фур'є утворюють функції chq_1r та shq_1r ; фундаментальну систему розв'язків для рівняння Лежандра утворюють функції $P_{\nu_2}^{(\mu)}(chr)$ та $L_{\nu_2}^{(\mu)}(chr)$, $\nu_2 = -\frac{1}{2} + q_2$; фундаментальну систему розв'язків для рівняння Ейлера утворюють модифіковані функції Бесселя $r^{-\alpha-q_3}$ та $r^{-\alpha+q_3}$.

Наявність фундаментальної системи розв'язків дає можливість побудувати розв'язок крайової задачі (1) – (3) методом функцій Коші:

$$\begin{aligned} u_1(r) &= A_1 chq_1r + B_1 shq_1r + \int_{R_0}^{R_1} E_1(r, \rho) g_1(\rho) d\rho, \\ u_2(r) &= A_2 P_{\nu_2}^{(\mu)}(chr) + B_2 L_{\nu_2}^{(\mu)}(chr) + \int_{R_1}^{R_2} E_2(r, \rho) g_2(\rho) sh\rho d\rho, \\ u_3(r) &= A_3 r^{-\alpha-q_3} + B_3 r^{-\alpha+q_3} + \int_{R_2}^{R_3} E_3(r, \rho) g_3(\rho) \rho^{2\alpha-1} d\rho. \end{aligned} \quad (4)$$

У рівностях (4) беруть участь функції Коші $E_1(r, \rho)$, $E_2(r, \rho)$, $E_3(r, \rho)$.

Секція: ФІЗИКА

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

Секретар: **О. Сіткар**

УДК 538.1

Л. Дідух

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

НЕСЕМИТРИЧНА T-J-МОДЕЛЬ: ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ В СИЛЬНОСКОРЕЛЬОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ У КВАЗІКЛАСИЧНОМУ НАБЛИЖЕННІ

Відомо, що базова модель для опису сильноскорельованих електронних систем (ССЕС – оксиди, сульфідів, селенідів перехідних металів, фулерени та ін.) модель Хаббарда і широко відома *t-J*-модель симетричні щодо електрон-діркової замін. Так, наприклад, за моделлю Хаббарда фізичні властивості легованого мотт-хаббардівського діелектрика (ЛМХД) з дірковим типом провідності такі самі, як і у ЛМХД з електронним типом провідності (за рівності концентрації відповідних носіїв). Насправді ж, в багатьох матеріалах вказаного класу електрон-діркова симетрія (ЕДС) відсутня, зокрема, у високотемпературних надпровідних матеріалах (ВТНМ) область існування антиферромагнітного впорядкування суттєво ширша в ВТНМ електронного типу, ніж в ВТНМ діркового типу.

У цій роботі показано, що природне пояснення відсутності ЕДС в ССЕС можна дати в рамках модифікованої форми полярної моделі (МФПМ) металу, запропонованої в роботах [1, 2].

Важливою особливістю МФПМ є перенормування інтегралів переносу електронів за рахунок електрон-електронних взаємодій (врахування так званого корельованого переносу двох типів). При цьому модуль ефективного інтегралу переносу зменшується із зростанням концентрації електронів, і ЛМХД при переході системи із стану діркової до електронної провідності ширина зони може різко зменшитися. Наслідком цього може бути і різка зміна енергії активації, величини провідності, величини і знаку термоерс.

У застосуванні до фазових переходів антиферромагнетизм-парамагнетизм, зарядовпорядкований стан – невпорядкований стан врахування корельованого переносу може привести до суттєвого розширення концентраційної області існування впорядкованої фази у ЛМХД. Так, наприклад, умова існування АФ-фази у ЛМХД діркового типу визначатиметься умовою (при $T=0$)

$$zJ > c_1 w_1$$

а у ЛМХД електронного типу – умовою

$$zJ > c_2 w_2$$

де z – число найближчих сусідів, J – обмінний інтеграл, c_1, c_2 – концентрації дірок і електронів, w_1 і w_2 – відповідні ефективні ширини зон (у випадку моделі Хаббарда $w_1 = w_2$). Оскільки w_2 може бути суттєво меншим, ніж w_1 , то видно, що область існування АФ-фази в матеріалах електронного типу провідності ширша, ніж в області з дірковим типом провідності. На цій основі можна пояснити відсутність ЕДС у ВТНМ. Існування антиферромагнітного впорядкування (АФ-впорядкування) у фазах Магнелі ванадію у широкому інтервалі концентрації носіїв у *d*-зоні знаходить також пояснення. Ці міркування можна поширити і на зарядовпорядковані системи та на температури відмінні від абсолютного нуля, та на врахування зовнішніх впливів. При цьому використовується квазікласичне наближення, описане в роботах [1, 2].

1. Didukh L. Condens. Matter Phys. – 1998. – Vol. 1. – № 1 (13). – P. 125–144.
2. Didukh L. Acta Physica Polonica B. – 2000. – Vol. 31. – № 12. – P.1–36.

УДК 538.9, 539.21

Ю. Довгоп'ятий

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

НОВІ РЕЗУЛЬТАТИ У ФІЗИЦІ СИЛЬНОКОРЕЛЬОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

Унікальні фізичні властивості сполук на основі перехідних і рідкоземельних металів обумовлені, в першу чергу, наявністю незаповнених d- і f- електронних оболонок. Електрони цих оболонок сильно взаємодіють між собою та з колективізованими електронами зовнішніх оболонок атомів. Такі електронні підсистеми твердого тіла отримали назву сильнокорельованих електронних систем (СКЕС). На протязі останніх 50-ти років у різних сполуках з СКЕС були відкриті: переходи метал-діелектрик різних типів; важкі ферміони; сильна взаємодія електричних і магнітних ступенів вільності (зокрема, колосальний магнітоелектричний ефект у манганітах); і, нарешті, високотемпературна надпровідність в оксидах перехідних металів [1].

Теоретична інтерпретація такого широкого спектру властивостей СКЕС зразу зіштовхнулася із значними труднощами. Стандартна зонна теорія, яка успішно застосовується для простих металів і напівпровідників, виявилася непридатною для опису СКЕС. Причина полягає в тому, що зонна теорія не враховує міжелектронну взаємодію, яка в СКЕС має той же порядок, що й ширина електронної зони 3d-, 4f- або 5f-електронів атомів основного елемента певної сполуки. В такій ситуації виявився необхідним теоретичний метод досліджень, який виходить за рамки врахування міжелектронної взаємодії за допомогою теорії збурень. Для опису електронної структури і фізичних властивостей нових сполук з СКЕС було запропоновано багато різних підходів. Найчастіше використовувалися прості моделі електронної підсистеми: модель Габбарда, tJ -модель, sd-модель, модель Андерсона. Проте теоретичні підходи на базі цих моделей були застосовними лише для певного класу сполук і не дозволяли працювати з складнішими моделями, наближеними до реальних сполук.

Ситуація з теоретичним описом змінилася після того, як було запропоновано формально розглядати систему сильно взаємодіючих електронів в просторі з великою розмірністю d . Виявилось, що в границі $d \rightarrow \infty$ математичні рівняння, що описують рух електронів, сильно спрощуються і можуть бути розв'язані точно для будь-якої величини міжелектронної взаємодії. При цьому результати є дуже близькими до результатів чисельних розрахунків для реального простору з розмірністю $d=3$.

На основі цього відкриття народилася теорія динамічного середнього поля (ТДСП), яка в подальшому була застосована до основних моделей СКЕС. В даній роботі будуть представлені результати останніх років, отримані в ТДСП (зокрема для переходу метал-діелектрик)[2]. Також будуть проаналізовані можливості застосування узагальненої моделі Габбарда для опису нових класів сполук, зокрема фулеритів та високотемпературних надпровідників.

Література

1. Изюмов Ю.А., Курмаев Э.З. // УФН. - 2008.- т. 178.- с. 25-60.
2. Кучинский Э.З., Некрасов И.А., Садовский М.В.. // УФН. - 2012.- т. 182.- с. 345–378.

УДК 378.147

О. Крамар

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ СТУДЕНТАМИ СКОРОЧЕНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Якісне вивчення фундаментальних дисциплін, зокрема фізики, є особливо важливим для формування надійної бази спеціальної підготовки студентів, оскільки сприяє засвоєнню основних закономірностей процесів та явищ природи, розвиває мислення та формує науковий світогляд. Випускники коледжів та училищ, які навчаються за скороченою програмою, уже мають певні професійні навички, однак рівень фундаментальної підготовки, як правило, досить низький, що приводить до труднощів при адаптації до університетських навчальних курсів. В умовах, коли кількість годин, виділених у навчальних планах на вивчення фізики, є досить незначною, а обсяг матеріалу згідно навчальної програми залишається практично аналогічним до стандартної форми навчання, зростає роль самостійної роботи студентів. Сучасні технології навчання з допомогою електронних навчальних курсів дозволяють викладачу якісно подавати значний об'єм початкової інформації, здійснювати оперативний контроль досягнень студентів, надавати допомогу при плануванні самостійної роботи.

У даній роботі проаналізовано особливості використання електронного навчального курсу фізики в системі ATutor, який застосовується при роботі зі студентами механіко-технологічного факультету та факультету машинобудування та харчових технологій ТНТУ ім. І. Пулюя. В рамках навчального курсу рекомендується розмістити детальну інформацію про навчальну програму з фізики (кількість годин на вивчення тих чи інших тем, детальний перелік питань тощо), семестрові завдання по розв'язуванню задач та лабораторному практикуму, питання для самостійного опрацювання, вимоги до підготовки лабораторних та практичних занять, критерії оцінювання навчальних досягнень і результати модульних контролів, що покращує студенту планування роботи. Важливим елементом навчальної діяльності при засвоєнні курсу фізики є вивчення теоретичного матеріалу, який викладається на традиційних лекціях. Разом з тим доцільним є розміщення в електронному курсі матеріалів лекційних презентацій у вигляді доступних графічних форматів даних, що дозволяє студентам активно працювати самостійно, готувати заздалегідь питання до обговорення на лекціях, кількість яких для скороченого курсу є обмеженою. Необхідно давати можливість кращим студентам з використанням електронного навчального курсу опрацьовувати деякі питання на поглибленому рівні. Для набуття практичних навичок розв'язування задач оптимальним видається розміщення прикладів розв'язків типових завдань та, можливо, відеофрагментів, у яких викладач ілюструє певні способи розв'язування задач. Студенти можуть надсилати задачі семестрового завдання на перевірку користуючись через скриньку для завдань. Інструмент тематичного тестування через мережу з адаптативним підбором складності завдань дозволяє здійснити диференційований підхід до навчання. Разом з тим при модульному тестуванні, на нашу думку, більше підходить застосування преформованих варіантів тестових завдань, які обов'язково включають питання з відкритою формою відповіді.

У підсумку відзначимо, що поєднання традиційних форм навчальної діяльності студентів з сучасними можливостями електронного навчання дозволить досягти належних навчальних результатів навіть для випадку скороченої форми навчання.

УДК 538.9, 539.21

О. Крамар, Ю. Скоренький, Ю. Довгоп'ятий

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

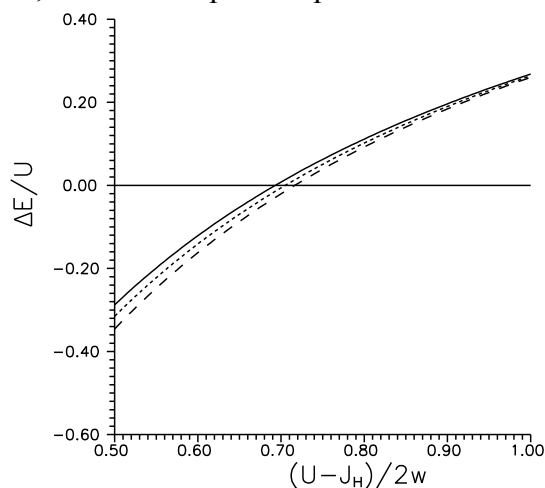
ВПЛИВ ФОРМИ НЕЗБУРЕНОЇ ГУСТИНИ ЕЛЕКТРОННИХ СТАНІВ НА КОНЦЕНТРАЦІЮ ПОЛЯРНИХ СТАНІВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНУ ЩІЛИНУ В МОДЕЛІ ОРБІТАЛЬНО ВИРОДЖЕНОЇ ЗОНИ.

Інтенсивні дослідження [1-4] узагальнення моделі Габбарда, що враховує орбітальне виродження атомних рівнів, свідчать про існування переходу метал-діелектрик у таких системах. Крім вивчення ролі внутрішньоатомного кулонівського відштовхування електронів на вузлі та гундівської обмінної взаємодії при переході метал-діелектрик актуальним залишається питання про вплив форми незбуреної густини електронних станів при аналізі параметрів переходу. У даній роботі досліджено начверть заповнену (концентрація електронів на вузол $n=1$) двократно орбітально вироджену зону у випадку сильної кулонівської кореляції та сильного гундівського зв'язку. З використанням процедури проектування у рівняннях руху для функцій Гріна раніше було розраховано [4] квазічастинковий енергетичний спектр:

$$E_{1,2}(\vec{k}) = -\mu + \frac{U - J_H}{2} + 3t(\vec{k}) \left(\frac{c}{2} - \frac{1}{4} \right) \mp \frac{1}{2} \sqrt{\left[U - J_H - \frac{t(\vec{k})}{2} \right]^2 + 6c^2 (t(\vec{k}))^2},$$

де μ - хімічний потенціал, U - параметр кулонівського відштовхування електронів на вузлі, J_H - параметр гундівської обмінної взаємодії електронів на орбіталях, $t(\vec{k})$ - інтеграл переносу електронів між сусідніми вузлами, c - концентрація діркових станів.

З використанням методів чисельного розрахунку отримано концентрацію полярних станів (діркових c та двійкових d) при різних значеннях енергетичних параметрів моделі та температурах. Розрахунок здійснювався для випадку різних незбурених густин електронних станів (ГС). На основі отриманих даних обчислено нормовану (на параметр кулонівського відштовхування) ширину енергетичної щілини $\Delta E/U$ як функцію енергетичного параметра $(U - J_H)/2w$ (рисунок 1, нормована температура $k_B T/2w = 0.1$, w - напівширина незбуреної енергетичної зони, суцільна крива - прямокутна ГС, штрихована крива з дрібним штрихом - напівеліптична ГС, штрихована крива з великим штрихом - ГС для простої кубічної ґратки). Відзначимо, що зміна форми ГС модифікує значення критичного параметра, при якому відбувається перехід з металічної фази у діелектричну при фіксованій температурі.



Література

- Klejnberg A., Spalek J // Phys. Rev. B.- 1998.- vol. 57.- p. 12041-12055.
- Hasegawa H. // Phys. Rev. B.- 1997.- vol. 56.- pp. 1196-1203.
- Bunemann J., Weber W. // Phys. Rev. B.- 1997.- vol. 55.- pp. 4011-4014.
- Dovhopiy Yu., Didukh L., Kramar O., Skorenkyu Yu., Drohobitskyu Yu. // Ukr. J. Phys.- 2012.- vol. 57.- pp. 920-929.

УДК: 537.8 (07) (043)

В. Кульчицький

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ФОРМУВАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ПОНЯТЬ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ОПТИКИ У СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ВУЗІВ

Нами розроблений методичний підхід формування фундаментальних фізичних понять (ФФП) у процесі вивчення оптики у студентів технічних спеціальностей вузів із використанням сучасних інформаційних технологій, який включає етапи, зображені на рис. 1, де ЕМП – електромагнітне поле, ЕМХ – електромагнітна хвиля, СХ – світлова хвиля, І – інтерференція, Д – дифракція, КХД – корпускулярно-хвильовий дуалізм.

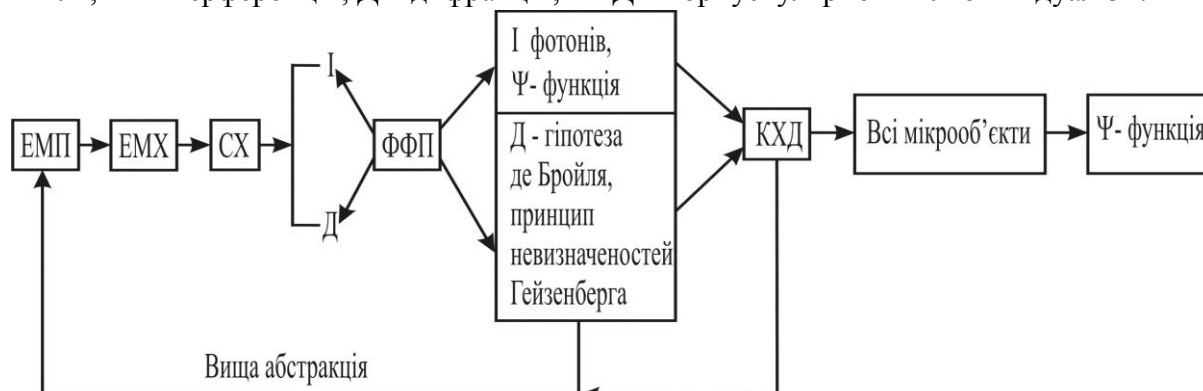


Рис. 1 Структурно-логічна схема формування ФФП у студентів технічних спеціальностей вузів у процесі вивчення світлових хвиль

На останньому етапі, при формуванні поняття хвильова функція, розглядаємо інтерференцію фотонів на двох щілинах. При відкритих двох щілинах на екрані спостерігається типовий інтерференційний розподіл, який не є сумою двох окремих розподілів. Підводимо студентів до одного із основних висновків квантової механіки: якщо альтернативи різні, то відповідні їм імовірності додаються; якщо ж альтернативи не відрізняються, то додаються не імовірності, а амплітуди ймовірностей. Тобто, при відкритих двох щілинах отримуємо розподіл, який має інтерференційний характер:

$$|\Psi_1(x) + \Psi_2(x)|^2 = |\Psi_1(x)|^2 + |\Psi_2(x)|^2 + \left[\frac{\Psi_1(x)}{\Psi_2(x)} |\Psi_2(x)|^2 + \frac{\Psi_2(x)}{\Psi_1(x)} |\Psi_1(x)|^2 \right].$$

Вираз, який стоїть у квадратних дужках і відповідає за інтерференційний характер розподілу. Отже, явище інтерференції не слід обмежувати границями хвильових уявлень. Інтерференція в мікросвіті не обов'язково зв'язана з хвилями, вона є наслідком імовірнісних законів.

При реалізації запропонованого підходу у студентів технічних спеціальностей вузів формується цілісне уявлення про світлову хвилю як хвилю електромагнітну. Вони бачать обмеженість хвильових уявлень і необхідність їх розвитку для пояснення дискретних властивостей світла. Слід відмітити, що система ФФП (симетрія, взаємодія, відносність, імовірність, невизначеність, фотон) служить в якості засобу для засвоєння матеріалу розділу «Оптика» у світлі сучасних фізичних теорій для технічних спеціальностей вузів. Саме тут виникають передумови для побудови квантової моделі електромагнітного випромінювання без логічного конфлікту із знаннями, здобутими студентами раніше.

УДК 539.12.04

В. Мочарський¹, Ю. Нікіфоров¹, В. Джемелінський², Б. Ковалюк¹,
(¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)
(² Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”)

ЛАЗЕРНА АБЛЯЦІЯ ЗАДИРОК НАВКОЛО ОТВОРІВ У МІНІДЕТАЛЯХ ІЗ СКЛАДНОЮ ПРОСТОРОВОЮ ФОРМОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОСЕКУНДНИХ ЛАЗЕРНИХ ІМПУЛЬСІВ

Сьогодні лазери знайшли своє застосування у різноманітних галузях промисловості. Одним із перспективних напрямків використання лазерів є очистка поверхонь мінідеталей із складною просторовою формою від задирок, яку неможливо здійснити відомим фізико-технічними способами.

Дана робота присвячена лазерній абляції задирок навколо отворів у мінідеталях із складною просторовою формою з використанням наносекундних лазерних імпульсів.

Стальну мінідеталь опромінювали лазером ГОС-1001 із LiF затвором (рис.1). Обробку проводили на повітрі під кутом 45° до площини отвору навколо якого знаходились задирки. Густина потоку енергії становила $3,5 \times 10^8$ Вт/см² при тривалості імпульсу 50 нс.

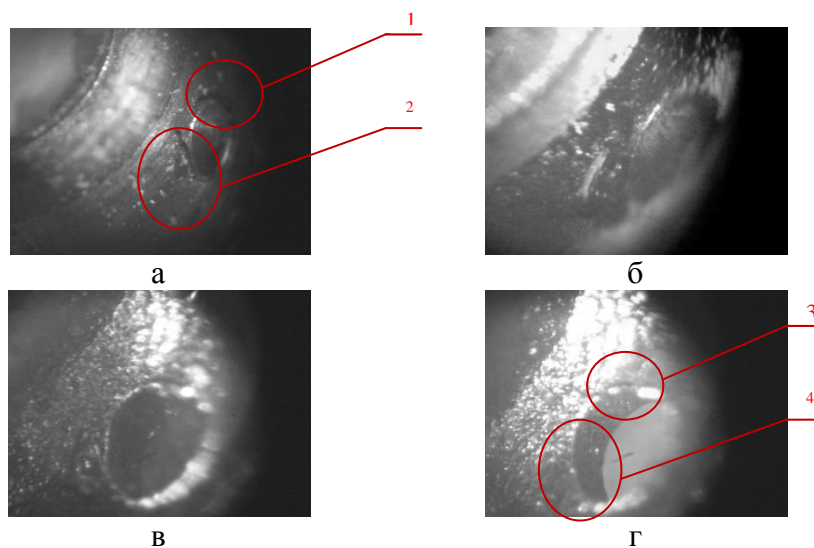


Рис. 1. Поетапна лазерна абляція задирок навколо отвору мінідеталі ($\times 56$):
а – вигляд до абляції (1, 2 - задирки), б – вигляд після обробки 2 імпульсами,
в – після обробки 6 імпульсами, г – після обробки 8 імпульсами, задирки відсутні
(3,4 – місця, де знаходились задирки)

Як показали проведені експерименти, для повного видалення задирок внаслідок наносекундної лазерної абляції необхідно було 8 імпульсів. Із фотографій, зроблених за допомогою світлового мікроскопу, видно, що поверхня мінідеталі навколо отворів після опромінення має рельєф дещо відмінний від вихідної. Як показали попередні дослідження – це пов'язано з утворенням періодичних структур на поверхні після наносекундної лазерної обробки, які володіють підвищеною мікротвердістю, що обумовлено збільшенням кількості мартенситу та карбідів в приповерхневих шарах матеріалу.

УДК 539.12.04

Ю. Нікіфоров, О. Сіткар

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ВПРОВАДЖЕННЯ НАНОТРУБОК ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРА

Дана робота присвячена аналізу фізичної моделі впровадження нанотрубок в твердотільну матрицю та комп'ютерному розрахунку відповідно прийнятої моделі.

Модель побудована на основі експериментальних результатів впровадження нанотрубок в алюмінієву підкладку за допомогою лазера, що працює в режимі модульованої добротності [1,2].

Відповідно до експериментів обрано коефіцієнт k , що визначається енергетичними параметрами випромінювання лазера, теплофізичними властивостями нанотрубок та підкладки, а також їх оптичними характеристиками.

Враховано насипний характер розташування трубок і, виходячи із коефіцієнта k , оцінено ефективну площу поверхні опромінених нанотрубок. Під ефективною площею поверхні нанотрубок розуміється сумарна площа поверхонь нанотрубок, що поглинають випромінювання і екранують нагрівання підкладки. Нанотрубки можуть розташовуватись горизонтально та вертикально в площині підкладки чи хаотично.

Граничні умови моделі виключають шари, що повністю перекривають поверхні підкладки. При цьому вони повинні враховувати ефективний коефіцієнт поглинання нанотрубок при наявності плазми, викликаної нагріванням поверхневого шару нанотрубок лазерним випромінюванням.

Ймовірність впровадження залежить від кількості енергії, що попадає на підкладку, її температури плавлення та тривалості дії опромінення. Внаслідок різного виду розташування змінюється ефективна площа поверхні, що в свою чергу призводить до зміни значення коефіцієнта k .

Отримано формулу для визначення ефективної площі, яка враховує характер розташування нанотрубок:

$$S_{ef} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{\pi/2} ab \cdot \cos[(n+1)\alpha_0],$$

де a – діаметр нанотрубки;

b – довжина нанотрубки;

α_0 – початкове положення нанотрубки;

m – кількість шарів нанотрубок

Розрахунок S_{ef} дозволив оцінити енергії необхідні для впровадження нанотрубок в підкладки з матеріалів із різними оптичними характеристиками і відповідає отриманим експериментально результатам. Запропонована методика дає можливість визначати усереднену густину нанотрубок при їх насипному характері, що є важливим в дослідженні електричних та емісійних властивостей нанотрубок [3].

1. Yuriy Nikiforov. Modeling of implantation of carbon nanotubes into solid substrate / Yuriy Nikiforov, Mihajlo Nischenko, Bogdan Kovalyuk, Oksana Manyovska. — Book of abstracts of European Materials Research Society „E-MRS 2010 Fall Meeting”. — Warsaw (Poland) September, 2010.

2. Ю. Нікіфоров. Впровадження нанотрубок в твердотільну матрицю за допомогою потужного лазера із модульованою добротністю / Ю. Нікіфоров, Б. Ковалюк, В. Гладь, О. Маньовська // Прогресивні технології та прилади: збірник статей. — Луцьк: ЛНТУ, 2011. — Випуск 1. — С. 136–146.

3. Нищенко М.М. Электрические и эмиссионные свойства углеродных нанотрубок и их композитов. НАНСИС– 2007, С. 17.

УДК 53

О. Рокіцький

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОСТАП СТАСІВ (1903 – 1985)

Професор О. Стасів належить до чисельної і славної когорти тих українських вчених, що своєю працею здобули визнання світової наукової спільноти, однак згадки про яких не знайдемо ні в УРЕ, ні у фахових довідниках Радянської доби. Видатний кристалофізик, дійсний член НТШ, дійсний член УІТ, почесний член Німецького фотографічного товариства, засновник і директор Інституту кристалофізики у Берліні, один з фундаторів міжнародного фізичного журналу «Physica Status Solidi», засновник наукової школи з кристалофізики – це лише поверховий неповний перелік заслуг і здобутків нашого земляка, уродженця с. Борщовичі, що на Львівщині. Попри скромні статки сім'ї залізничного вахтера Олександра Стасіва, всі його діти (було їх восьмеро) отримали гімназійну освіту в українській гімназії Перемишля.

Гімназію Остап закінчив з відзнакою, а вищі студії розпочав у 1921 р. на природничому відділі філософського факультету таємного українського університету у Львові. Одночасно відвідував заняття і у політехніці, звідки і був скерований на практику до Гданська. У 1923 р. вступив до Берлінського університету, де на фізичному факультеті слухав лекції М. Планка, А. Айнштейна, М. Лауе, П. Прінгегеймера, В. Боте, що мало вирішальне значення при формуванні наукового світогляду майбутнього вченого. У 1927 р. поглиблює свою спеціальну освіту в Інституті фізики Гессенського ун-ту, де у 1929 р. отримав ступінь доктора філософії.

У 1931 р. розпочинається нова сторінка у творчій біографії О. Стасіва. На запрошення майбутнього Нобелівського лауреата проф. Р. Поля він розпочинає дослідження природи дефектів лужно-галоїдних кристалів в лабораторії Гетингенського ун-ту. Ці кристали виявилися вдалимими модельними об'єктами для вивчення фізичних явищ у твердих тілах. У 1932 р. О. Стасів відкриває явище переміщення центрів забарвлення в цих кристалах під впливом електричного поля. Цими працями було започатковано новий напрям у фізиці твердого тіла – вивчення кінетичних параметрів дефектів, їх температурних і польових залежностей. В зв'язку з політичною ситуацією в Німеччині, вчений змушений залишити працю в університеті і робить спробу повернутися на Батьківщину, однак безуспішно. У 1938 р. очолює дослідну лабораторію в приватній фірмі «Zeiss Ikon», що займалася проблемою світлочутливості фотоматеріалів. Цикл досліджень розпочатих у 1939 р. О. Стасівим разом з його учнем і співробітником Дж. Тельтовим заклав підвалини для вироблення концепції центрів прихованого фотографічного зображення та механізмів їх утворення.

У 1947 р. О. Стасів став професором Дрезденського технічного ун-ту, де працював до виходу на пенсію. Тут сформувалася його наукова школа з кристалофізики. У 1951 р. на базі Дрезденського філіалу Стасів засновує в Берліні Інститут кристалофізики Німецької академії наук, що став відомим у Європі як центр кристалофізичних досліджень. За видатні заслуги у розвитку науки у 1956 р. проф. Стасіву була присуджена Німецька національна премія з науки і технології. У 1959 р. вийшла фундаментальна монографія Стасіва під назвою «Електронні та іонні процеси в іонних кристалах», що у 1963 р. була перекладена чеською мовою.

У 1968 р. з політичних мотивів у розквіті творчих сил вчений змушений вийти на пенсію. Помер О. Стасів 19 лютого 1985 р. У некролозі, поміщеному в журналі «Physica Status Solidi» (Т. 130, № 1) сказано про нього: «Великий вчений, щедрий учитель та людина виключних моральних цінностей».

УДК 378.1

Ю. Скоренький

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ІНСТРУМЕНТИ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ В МАСОВИХ ДИСТАНЦІЙНИХ КУРСАХ

На даний час найбільш розвинутими платформами, що пропонують дистанційні навчальні курси університетського типу, є *Coursera* (www.coursera.org, понад $5,4 \cdot 10^6$ користувачів) та *edX* (www.edx.org, понад $1,2 \cdot 10^6$ користувачів). Навчальні матеріали, переважна більшість яких є відкритими, та накопичена статистика (кількість слухачів типового онлайн курсу становить від 10 тис до 100 тис осіб) є ресурсами, важливість яких важко переоцінити, якщо йдеться про підвищення якості освіти шляхом впровадження нових технологій навчання [1]. В умовах загрозливого скорочення фактичного бюджету часу, виділеного на вивчення фундаментальних дисциплін, та катастрофічного розриву між декларованим та дійсним рівнем знань вступників використання ресурсів масових відкритих онлайн-курсів може стати дієвим елементом інформаційного забезпечення навчальних курсів. Проблема впровадження інструментів оцінювання навчальних досягнень, які є достатньо інформативними, достовірними та забезпечують коригуючу функцію, є одною з найбільш важливих [2]. У ТНТУ системи тестового контролю (СТК) електронних навчальних курсів, які є компонентом навчально-методичного забезпечення курсу фізики, застосовуються вже впродовж кількох років [3]. Оптимальне застосування СТК полягає у поєднанні їх із традиційними, добре розвиненими та апробованими методами контролю. Як безперечні переваги електронної СТК слід відзначити оперативність обробки результатів та можливість одночасного контролю знань великої кількості студентів, звільнення викладача від монотонної роботи. Слід відзначити, що СТК масових онлайн-курсів природничо-математичного напрямку неодмінно включають набір задач різної складності з поелементною перевіркою розв'язків у формі тестів з відкритою відповіддю, яка автоматично перевіряється навіть і в аналітичній формі [4].

У доповіді проаналізовано системи оцінювання, реалізовані на платформах *Coursera*, *edX* та *Atutor*, їх спільні та відмінні риси, тенденції розвитку, та запропоновано шляхи вдосконалення СТК *Atutor* та методики її застосування у навчальному процесі.

1. NMC Horizon Report: 2013 Higher Education Edition – New Media Consortium, USA, 2013. – Режим доступу: <http://www.nmc.org/publications/2013-horizon-report-higher-ed>.
2. Sandeen C. Assessment's Place in the New MOOC World // *Research & Practice in Assessment*, 8(1), 5-12 (2013).
3. Скоренький Ю.Л., Крамар О.І. Щодо роздільної здатності тестів для контролю знань з фізики студентів університетів // *Матеріали IV міжнародної науково-методичної конференції „Актуальні проблеми викладання та навчання фізики у вищих освітніх закладах”*. – Львів: Ліга-Прес, 2013. – С. 175-182.
4. Скоренький Ю.Л. Масові дистанційні online-курси: способи ефективного використання [Електронний ресурс] // Семінар „Практичні аспекти використання елементів дистанційного навчання”. – Тернопіль, 2013. –Режим доступу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/1959>; http://taltek.info/atutor_seminar2013-04_9.html.

Секція: ХІМІЯ, ХІМІЧНА, БІОЛОГІЧНА ТА ХАРЧОВА ТЕХНОЛОГІЇ

Керівники: проф. О. Покотило, проф. В. Юкало, проф. М. Кухтин

Секретар: А. Лялик

УДК 664.8

Л. А. Бейко

(Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя)

КОНСЕРВОВАНІ СОЛОДКІ СОУСИ З ДОДАВАННЯМ ЦИБУЛІ.

Харчування людини є одним із найважливіших чинників, які впливають на її здоров'я. Харчування забезпечує ріст та розвиток організму, формує високий рівень здоров'я, зменшує рівень захворюваності, відновлює працездатність, збільшує тривалість життя та захищає від впливу несприятливих умов.

На сьогоднішній день основу раціону людей складають вуглеводи та незначна частину - білки (м'ясо, риба). Повноцінний раціон харчування повинен містити білки, жири, вуглеводи, вітаміни і мінеральні речовини. Одним з таких вітамінних овочів є цибуля.

Цибуля є однією з найбільш цінних рослин і входить до шести основних розповсюджених в Україні овочів. Висока біохімічна цінність пояснюється хімічним складом, смаковими якостями і здатністю зберігатися на протязі довгого часу.

Хімічний склад цибулі дуже багатий. Її сік містить комплекс цукрів, ефірні масла, глікозиди, флавоноїди, фітонциди.

Цибуля багата вітамінами А, В₁, В₂, В₅, Е, РР, а особливо вітаміном С. Також в ній містяться мінеральні солі кальцію, калію, фосфору, заліза, цинку, алюмінію та яблучна і лимонна кислоти.

До складу цибулі входять амінокислоти лізин, валін, метіонін, лейцин, ізолейцин, фенілаланін, трианін, гістидин, аргінін (до 500 мг на 100 г сирих речовин), а також глюкозиди і пектин, виконуючи бактерицидну дію на організм людини.

Цибуля знижує згубну дію радіації на людський організм, стимулює виділення соків для травлення, заспокоює нервову систему, очищає кров.

Соус - це додатковий компонент страви, з характерною напіврідкою консистенцією, який використовують у процесі приготування страви або подають до готової страви для поліпшення її смаку і аромату. Використання соусів дозволяє розширити асортимент страв, покращити їх зовнішній вигляд і загальне оформлення. Соуси додають стравам соковитість, особливий смак і аромат, часто збагачують склад, підвищують їх калорійність і сприяють кращому засвоєнню основних продуктів страви.

Сучасний ринок соусів дуже різноманітний і гнучкий. Ринок соусної продукції досить складний і розвивається хаотично, оскільки окремі сегменти мають різну тенденцію виробництва, споживання, імпорту та експорту. Сегмент білих, червоних і гірчичних соусів на межі перенасичення, солодких фруктових і соєвих – навпаки, імпортозалежний.

Нами було розроблено і запропоновано рецептуру нових видів комбінованих соусів на основі карамелізованої цибулі з додаванням полуниці, журавлини та вишень. Отримані соуси володіють хорошими органолептичними, фізико-хімічними і біохімічними показниками. Так як, цибуля володіє специфічними смаковими властивостями та специфічним ароматом багато людей не можуть її вживати. Тому запропонована карамелізована цибуля з додаванням фруктового пюре має солодкі смакові властивості та аромат, що дасть можливість успішно реалізовувати дану продукцію на ринку консервованих виробів.

УДК 625.503.56

О. Данилюк, І. Данилюк

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВИРОБНИЦТВО ТА ВИКОРИСТАННЯ КАПСУЛЬОВАНИХ ДОБРИВ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АГРОСИСТЕМ

Застосування мінеральних добрив у сільському господарстві спричинює такі серйозні екологічні проблеми, як засолювання ґрунтів, вимивання добрив, особливо нітратних, у підземні водоносні горизонти, руйнування озонового шару, яке спричинюється оксидом нітрогену II (N₂O), що утворюється внаслідок атмосферної деструкції азотних добрив, тощо. Причиною цього є недосконала технологія застосування добрив, що має ряд суттєвих недоліків.

Одним із шляхів запобігання забруднення навколишнього середовища мінеральними добривами є використання добрив пролонгованої дії, зокрема капсульованих добрив. Вони забезпечують рослини макро- та мікроелементами протягом вегетаційного періоду або більш тривалий час (кілька років). Застосування капсульованих добрив також продовжує час дії добрива і зменшує його втрати до водних та повітряних басейнів.

Основною метою є теоретичне обґрунтування та експериментальне дослідження застосування капсульованих добрив, що володіють пролонгованою дією та контрольованою розчинністю, для екологічної безпеки агросистем.

Для досягнення зазначеної мети необхідним було вирішити такі завдання:

- обґрунтувати доцільність застосування капсульованих добрив як засобу збереження екологічної рівноваги у агросистемах;
- дослідити та математично описати процеси вивільнення компонентів капсульованих добрив через полімерну оболонку в залежності від фізико-хімічних параметрів навколишнього середовища та природи полімерного покриття;
- вивести аналітичні залежності для розрахунку товщини полімерної оболонки для створення капсульованих добрив, задаючись фізико-хімічними параметрами довкілля та контрольованою величиною швидкості нагромадження мінеральних речовин у середовищі споживання;
- встановити взаємозв'язок між швидкістю вивільнення добрива через полімерну оболонку та структурою полімеру; пояснити вплив рН середовища на зміну коефіцієнту дифузії компоненту в полімері;
- дослідити фізіологічні показники рослин, стан ґрунту та фільтраційних вод у змодельованих агросистемах при застосуванні капсульованих добрив;
- створити нешкідливу для довкілля біодеградуючу композицію для капсулювання

Методи досліджень включають в себе аналітичні дослідження з використанням сучасної контрольно-вимірювальної апаратури та провідних методик в галузях аналітичної хімії та математичного моделювання хіміко-технологічних процесів. Зокрема, для дослідження впливу фізико-хімічних параметрів середовища на кінетику вивільнення компоненту з капсульованих частинок застосовано іонометричний метод визначення концентрації вивільненої речовини.

Для візуалізації просторових структур полімерів, які є основою полімерних капсул, побудови графічних залежностей та одержання розв'язків математичних моделей використовуються комп'ютерні технології.

УДК 664.853.5

О.Мельнічук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВИРОБНИЦТВО ПЛОДОВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ (ПІДВАРОК) ОДИН ІЗ НАПРЯМІВ РОЗВИТКУ КОНСЕРВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Консервна промисловість України виготовляє не тільки консервовані продукти, але й напівфабрикати (н/ф), які використовуються в інших галузях харчової промисловості. До таких н/ф можна віднести й підварки, які знайшли широке застосування в громадському харчуванні та кондитерській промисловості, де їх використовують як начинки для випічки, цукерок.

Підварка – це пюре із свіжих або консервованих хімічними консервантами фруктів, ягід, цитрусових, їх суміші, уварене з цукром, із додаванням або без додавання пектину та харчових кислот.

Традиційна технологія виробництва такого виду напівфабрикату передбачає концентрування пюре з цукром до заданого вмісту сухих розчинних речовин – 69%. Зниження якості підварок пов'язано з великою тривалістю процесу концентрування, під час якого створюються умови для протікання реакцій меланоїдиноутворення, карамелізації цукрів та нагромадження оксиметилфурфуролу (ОМФ). Все це негативно позначається не тільки на органолептичних показниках, але й на фізико-хімічних.

За класичною технологією виробництва підварки можна виготовляти двома способами: перший передбачає одночасне завантаження у вакуум-випарний апарат (ВВА) рецептурних інгредієнтів (пюре та цукру) та уварювання суміші до 69 % розчинних сухих речовин (р. с. р.); другий – концентрування пюре до 15-20 % р. с. р., змішування його з рецептурною кількістю цукру й концентрування суміші до 69 % р. с. р. Але не залежно від обраного способу виробництва н/ф, основним технологічним процесом у класичній технології є процес концентрування. Високі температури кипіння, при яких він протікає, ведуть до втрат біологічно активних (БАР), ароматичних та пектинових речовин сировини. Отже недоліком традиційної технології виробництва підварок є використання процесу концентрування, який є не тільки енергоємним, але і негативно впливає на якісні показники готової продукції.

Оскільки, підварки в основному використовують у кондитерській промисловості, а при виробництві випічки, цукерок останні піддаються тепловій дії. Тому, виникає необхідність удосконалення технології виробництва підварок, шляхом мінімізації теплової дії на сировину, що дозволить отримати напівфабрикат високої якості за рахунок збереження БАР сировини.

УДК 636.2

І.Назарко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

БЕЗПЕЧНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ХАРЧОВИХ БАРВНИКІВ

У процесі виробництва продукти харчування часто змінюють колір, особливо змінюється колір консервованих фруктів та овочів. З метою відновлення і підвищення інтенсивності природного забарвлення, фарбування безколірних продуктів та надання їм товарного вигляду до харчових продуктів додають барвники. Для поліпшення зовнішнього вигляду продуктів багато століть використовували натуральні барвники – вичавки та екстракти рослин. Але у XX столітті з'явилися стійкі синтетичні барвники, які поступово почали витіснити натуральні.

Харчові барвники належать до групи харчових добавок, які поліпшують колір продуктів. Проте до них ставляться й певні вимоги, а саме: нешкідливість, відсутність стороннього запаху та смаку, стійкість до нагрівання і впливу технологічних чинників, висока забарвлююча здатність тощо. У виробництві харчових продуктів використовують природні і синтетичні (органічні та неорганічні) барвники.

Природні барвники отримують з натуральної сировини (різні частини рослин, ягоди, відходи консервної промисловості) у вигляді соків та екстрактів у воді або спирті. Вони безпечні для здоров'я, містять смакові речовини, деякі є біологічно активними. Однак, вміст натуральних барвників у сировині низький (1-4%), вони можуть піддаватись мікробному псуванню, їх колір залежать від умов зростання рослин, часу збирання, рН середовища тощо. Тому для поліпшення технологічних властивостей барвники можуть піддавати хімічній модифікації.

Синтетичні барвники – це органічні сполуки, яких немає у природі, їх отримують методом органічного синтезу. У порівнянні з натуральними вони мають такі технологічні переваги: добре розчинні у воді, що полегшує їх дозування; менш чутливі до умов технологічної переробки і зберігання (до температури, світла, зміни рН середовища); стабільні яскраві кольори; значно дешевші. *Мінеральні барвники* – це неорганічні сполуки, які зустрічаються в природі або одержані хімічними методами.

З метою вироблення єдиних підходів щодо безпечності харчових добавок створений Об'єднаний комітет експертів з харчових добавок ФАО-ВООЗ (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, скорочено JECFA). Поняття «безпечність харчових добавок» передбачає посилення на дозу і спосіб вживання. Тому комітет проводить постійний аналіз токсикологічних досліджень барвників, на основі якого встановлює їх максимально допустимий рівень (МДР) у продуктах харчування або не рекомендує даний барвник для використання. Наприклад, для синтетичних харчових барвників МДР становить 50-500 мг/кг готового продукту.

За даними ФАО-ВООЗ в Україні дозволеними для використання у харчовій промисловості є 36 природних та синтетичних барвників. Серед *синтетичних барвників* дозволеними є: рибофлавін, хіноліновий жовтий, тартразин (жовті); азорубін, Понсо 4R (червоні); індигокармін, синій патентований V (сині); зелений S (зелений). Серед *мінеральних барвників* – вугілля, карбонат кальцію, оксиди заліза, діоксид титану, золото.

В сучасних умовах деякі виробники можуть застосовувати барвники для фальсифікації харчових продуктів. Тому в Україні існує певна категорія продуктів, що не підлягає забарвленню, а саме: борошно, крупи, крохмаль, цукор, хліб і хлібобулочні вироби, макаронні вироби, мінеральна вода, молоко, кисломолочні неароматизовані продукти, вершки, мед, чай, кава, томатний соус і паста, м'ясо, риба, молюски та інші.

УДК 664.31

О. Покотило, А. Лялик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВИКОРИСТАННЯ ЛЛЯНОЇ ОЛІЇ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СИРУ

Лляна олія – це продукт, який добувають шляхом екстрагування з насіння льону. За вмістом поліненасичених жирних кислот (вітамін F) родини омега-3 лляна олія перевершує продукти звичайного раціону, і всього 1-2 столових ложки забезпечують добову потребу в них. Лляна олія за своєю біологічною цінністю стоїть на першому місці серед харчових масел. Вона містить велику кількість альфа-ліноленової кислоти (38-62%), вітамінів А і Е, інших біологічно активних речовин, необхідних для здорового харчування.

Велика кількість досліджень, проведених доктором Джоанною Будвіг (Інституті дослідження жирів, Німеччина) вказують на особливості альфа-ліноленової кислоти у профілактиці та лікуванні. Вона виявила, що жирні кислоти, які містяться в лляній олії - ліолева кислота (Омега-6) і альфа-ліноленова кислота (Омега-3) призводять до одужання у 70 – 80% випадків від дегенеративних хвороб, включаючи рак на початковій стадії, шляхом компенсації недоліку утворення енергії в клітинах. За її дослідженнями, профілактично, щодня людині потрібно приблизно 120 г сиру, добре змішаного з 45 мл лляної олії і 30 мл молока.

Поживна цінність сиру зумовлена високою концентрацією білків і жирів, наявністю незамінних амінокислот, вітамінів А і В, солей кальцію і фосфору, необхідних для здорового розвитку організму людини. Природний білок сиру складається з 20 амінокислот, зокрема 8 незамінних, яких не може синтезувати організм людини. Корисні властивості сиру зумовлені також і тим, що білки у його складі засвоюються швидше й краще, ніж білки з натурального молока, оскільки при приготуванні сиру вони розчеплюються.

Поживна цінність сиру визначається також високим вмістом жиру. Жир є головним енергетичним матеріалом в організмі, підтримує складні процеси життєдіяльності й обмін речовин. Молочний жир містить фосфатиди, головню лецитин, що відіграють важливу роль у процесі травлення й правильному обміні жирів в організмі. Молочний жир має порівняно низьку температуру плавлення, а тому легко, швидко і майже повністю засвоюється організмом.

Тому оптимальним вважається питання збагачення сиру Омега - 3 поліненасиченими жирними кислотами за рахунок додавання на певному технологічному етапі його створення лляної олії, яка частково замінить молочний жир. Для вирішення даного завдання стоїть пошук засобів, які б дозволили складовим лляної олії, а саме альфа-ліноленовій кислоті створити однорідну структуру в складі молочної суміші, яка в подальшому має скласти основу сиру.

При використанні даної технології можна отримати продукт високої харчової та біологічної цінності. Використання лляної олії у технології виробництва сиру практично не розкрито питання, що робить дану тему досить актуальною.

УДК 636.02

В. Сельський¹, О. Мельнічук¹, Ю. Федорчак²

(¹ Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

(² ТФ інституту ґрунтів України)

ОСОБЛИВОСТІ ХАРЧУВАННЯ ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ

Розроблений принцип організації харчування, і на їх базі засновані норми споживання харчових речовин та енергії для людей старшого віку. У старості зменшується основний обмін та витрати енергії на фізичну активність, тому в міру старіння організму необхідно знижувати енергоємність їжі.

Якщо рекомендовану енергетичну цінність добового раціону у віці від 20 до 30 років прийняти за 100%, то у 61-70 років – 79%, понад 70 років – 69%. Тому добова енергетична цінність харчування для чоловіків 60 – 74 роки до 2000 ккал, для жінок цього віку – 1800 ккал.

За даними ВООЗ у Європі половина випадків передчасної смерті у віці до 65 років спричинені хворобами зумовленими неправильним харчуванням. Нераціональне харчування є причиною виникнення раку в 30 – 40% випадків у чоловіків і 60% - у жінок.

Принципово важливо обмежити енергоємність їжі до фізіологічних норм. Слід обмежити вживання жирів до 60 – 55 г за добу, або до 25 – 30% загальної енергетичної цінності раціону. Вміст рослинних олій повинен бути не менший ніж 33% у загальному об'ємі жиру. Вміст лінолевої кислоти повинен сягати 7% енергетичної цінності.

У загальній енергетичній цінності вуглеводи їжі мають складати 55-60% за добу, кількість вуглеводів, що легко всмоктуються знижується за добу до 12%, моносахаридів – до 15% за добу у загальній кількості вуглеводів. З їжею мають надходити переважно складні вуглеводи.

Синтез білка у людей віком 60 років і старших знижений на 40% у порівнянні з 30 річними і падає ще на 5% у 70 років. Разом з цим знижується і розпад білка. Зниження маси функціонально активних органів і синтезу білка вимагає необхідності в міру старіння організму поступово знижувати у їжі його рівень. Вміст білка у їжі людей літнього і похилого віку має не перевищувати 1 – 0,8 г на 1кг ваги тіла, або 13% енергетичної цінності. Споживання підвищеної кількості білка супроводжується навантаженням на органи метаболізму і виведенням амінокислот, а споживання нижче від норми збільшує ризик розвитку недоїдання. Потребу у тваринних білках рекомендується компенсувати за рахунок молочних продуктів і риби.

У похилому віці дієта має бути переважно молочно – рослинною. Овочі і фрукти є основним постачальником вітамінів, які особливо необхідні на фоні енергетичної нестачі вітамінів, яка часто виникає в старості.

З віком знижується активність травних ферментів, секреторна й моторна діяльність кишечника, тому важливими є кулінарна обробка їжі та час теплової обробки. Вона не повинна бути надмірною. Корисними є різні овочі та фрукти у протертому вигляді.

Важливе значення мають харчові волокна, що є основним субстратом для нормального життєзабезпечення мікрофлори кишок.

Їжа людей похилого віку повинна бути збагачена нутрієнтами, які гальмують процес старіння: метіонін, цистеїн, глутамінова кислота.

УДК 613.287.58

Ю. Юзва, Н. Дичко, О. Покотило

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВІТЧИЗНЯНИЙ РИНОК МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ З ОМЕГА-3 ПОЛІЕНАСИЧЕНИМИ ЖИРНИМИ КИСЛОТАМИ

Асортимент молока і молочної продукції на вітчизняному молочному ринку є достатньо великим. Разом з тим, вміст окремих есенціальних для людини елементів в молоці чи продуктах його переробки є в незначних кількостях. Особливо це стосується поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), зокрема родини ω -3, серед яких найбільше значення для організму мають такі кислоти як ейкозопентаєнова (ЕПК), докозагексаєнова (ДГК) та альфа-ліноленова (ЛК). Ці кислоти в організм людини не синтезуються і поступають тільки екзогенно при споживанні окремих харчових продуктів. Роль ПНЖК ω -3 в живих організмах є надзвичайно великою. Результати їх лікувально-профілактичного впливу на організм людини чи тварин підтверджені багаточисельними експериментальними і клінічними дослідженнями. Так, встановлено достовірно позитивний вплив на серцево-судинну, травну, дихальну, нервову і інші системи організму при споживанні ПНЖК омега-3.

Окрім біологічно активних добавок, лікарських препаратів з омега-3 ПНЖК, на сьогоднішній день актуальним вбачається їх додавання до складу харчових продуктів на певному технологічному етапі виготовлення. Результати проведених досліджень ω -3 ПНЖК вплинули на створення та виведення на ринок есенціальної молочної продукції з функціональними властивостями. Проте створити такі продукти із збереженням традиційним смаком, але водночас зі зміненим хімічним смаком є доволі непростим завданням. Його вирішення можливе шляхом збагачення молочних виробів продуктами, які містять ω -3 жирні кислоти. Такими продуктами можуть бути: очищений концентрат риб'ячого жиру, подрібнений гарбуз (гарбузова олія), подрібнені грецькі горіхи (олія грецького горіха), подрібнене насіння льону (лляна олія) тощо.

В наш час ринок вітчизняної молочної продукції збагаченої ω -3 ПНЖК є незначним за асортиментом. На прилавках магазинів і ринків подекуди зустрічаються: йогурти, кефір, крем сирковий та десерт з омега-3 жирними кислотами, що виготовляються українськими товаровиробниками. Так, зокрема ТМ «Чудо» представляє йогурт з фруктовим наповнювачем груша – мюслі, в який також входять частинки грецького горіха, а ТМ «Яготинське для дітей» - дитячий йогурт з фруктовим наповнювачем банан-гарбуз. ТОВ Фавор представляє кефір жирністю 2,5% «Омега» - продукт для спеціального дієтичного споживання, в складі якого міститься (очищений концентрат риб'ячого жиру). ТМ «Lactel» представляє йогурт «Локо Моко» зі смаком яблуко-груша; крем сирковий «Локо Моко» зі смаками шоколад, полуниця, яблуко-банан та десерт сирковий зі смаками полуниця, іриска, шоколад та ванільний пломбір. Молочні продукти даного виробника збагачені кальцієм, вітаміном D₃ та містять жирні кислоти ω -3.

Забезпечення населення молочною продукцією збагаченою ПНЖК ω -3 можливе в результаті розвинутого та добре зорганізованого виробництва та ринку. Процес розвитку даного напрямку молочного ринку значною мірою залежить від якості виробів, обсягу, асортименту пропозиції і інформованості населення щодо необхідності споживання омега-3 жирних кислот.

Секція: ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Керівники: **проф. Т. Вітенько, доц. І. Стадник.**

Секретар: **О. Кравець**

УДК 532.528

Альохін Д., Коваль О., Піддубний В.

(Національний університет харчових технологій)

УЗАГАЛЬНЕНИЙ ПІДХІД ДО МАСООБМІНУ В ГАЗОРІДИННИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Процеси харчових виробництв це складні фізико-хімічні перетворення вихідної сировини в готову продукцію. Значна кількість харчових, мікробіологічних та фармацевтичних технологій ґрунтуються на використанні газорідинних систем, в яких відбуваються хімічні та мікробіологічні перетворення з розпадом одних та синтезом нових цільових органічних сполук або мікроорганізмів. Для регулювання та контролю таких процесів у певній мірі визначається наявністю розчиненого кисню. Велика різноманітність технологічних процесів харчових виробництв передбачаю і велику номенклатуру їх живлення. Основним джерелом живлення багатьох технологій є органічні сполуки, відходи спиртової промисловості, мелясної барди, гідролізатів деревини тощо.

Виробництвом хлібопекарських дріжджів вирішується важлива задача мікробіологічного забезпечення хлібопекарної промисловості. Вирощують дріжджі на цукровмістких середовищах з забезпеченням азотного, фосфорного та калійного живлення в присутності розчиненого кисню. Вміст розчиненого кисню обумовлює забезпечення аеробного процесу з відносно високими показниками. При цьому важливим параметром виступає вихід дріжджів, що розраховується по цукровмістному живленню.

Вибір параметрів для забезпечення процесу має свої особливості. Окрім того, недоліки і обмеження аераційних систем стримують продуктивність дріжджовирощувальних повітряно-приточних схем. У більшості випадків накопичення біомаси досягається $40-50 \text{ кг/м}^3$, а за використання схем концентрованої переробки - отримують до $70-90 \text{ кг/м}^3$. Кожна з використовуваних схем має свої особливості, переваги або недоліки, однак кожна з них зорієнтована на можливості аераційних систем.

Процеси аерації супроводжуються взаємодією газової і рідинної фаз, результатом якої є створення певних рівнів гідродинамічних режимів, що є визначальними в масообміні і забезпеченні системи розчиненим киснем. Спроби підвищити ефективність аераційних систем спрямовані на застосування різних методів та засобів, у тому числі за рахунок додаткового введення енергії в систему у вигляді накладання пульсацій, перемішування тощо.

Поза увагою дослідників і експлуатаційників залишається той факт, що за продування газової фази через значні об'єми рідини, має місце неорганізоване перемішування середовища, за якого біля 70-80 % від вхідного енергетичного потоку витрачається на утворення циркуляційних контурів з високим рівнем дисипації і обмеженням газотримувальної здатності. Відсутня інформація щодо спроб використання потенціальної енергії як самого газорідинного середовища, так і потенціальної енергії розчинених газів. Останнє стосується такої складової повітря як азот, а також діоксиду вуглецю, що синтезується в процесі біосинтезу дріжджів.

Тому до числа задач цього дослідження віднесено наступне:

- поглиблений аналіз процесів масопередавання в системі "газ – рідина" з метою уточнення можливостей факторів впливу в напрямку їх інтенсифікації;
- встановлення універсального критерію оцінки рівня гідродинамічного стану культуральних середовищ і його зв'язків з оцінкою ефективності аераційних систем;
- встановлення енергетичного балансу газорідинних систем;
- розробка методів цільового використання кінетичної і потенціальної енергії газорідинних систем на інтенсифікацію процесів масообміну.

УДК 66.047.75

В. Атаманюк, Д. Кіндзера, Б. Микичак

(Національний університет «Львівська політехніка»)

ФІЛЬТРАЦІЙНЕ СУШІННЯ ЛУЩЕНОГО БЕРЕЗОВОГО ШПОНУ У ПАКЕТИ

Шпон широко застосовується у меблевій та фанерній промисловостях, однак, для його виготовлення часто використовують морально і фізично застаріле обладнання, що призводить до зростання часу сушіння останнього, перевитрат теплової енергії і, відповідно, високої собівартості готової продукції.

Для усунення вказаних недоліків нами запропоноване фільтраційне сушіння шпону у пакеті. Для формування пакету використовували контейнер, елементами якого є чотири стержні, розміщені на протилежних сторонах з вільно посадженими дистанційними пластинами, між якими закладали листи шпону, які за допомогою притискного листа та болтів притискалися до бічної стінки контейнера і розтягували вздовж волокон за допомогою стержнів.

Дослідження основних закономірностей фільтраційного сушіння шпону у пакеті, а також розроблення вискоефективного, малогабаритного та енергоощадного сушильного обладнання, яке реалізує фільтраційний метод, є актуальним завданням.

На основі узагальнення експериментальних даних, встановлено розрахункову залежність $Eu = A \cdot Re_e^{-0,9} \cdot \frac{H}{d_e} \cdot \frac{\delta}{S}$, де коефіцієнт A визначається як $A = 3 \cdot 10^4 \cdot \varepsilon - 1800$, яка

дає змогу прогнозувати гідродинаміку процесу фільтраційного сушіння та енергетичні затрати на створення перепаду тисків і є справедливою за умови $10 \leq Re_e \leq 180$. Оскільки фільтраційне сушіння носить зональний характер, нами досліджувався зовнішній теплообмін із сухими листами лущеного березового шпону та зовнішній тепломасообмін під час сушіння пакету вологого шпону.

В результаті узагальнення експериментальних даних, отримане критеріальне рівняння $Nu_e = 0,055 \cdot Re_e^{0,84} \cdot Pr^{0,33}$, яке дає змогу визначити значення числа Нуссельта a , відповідно, і розрахувати коефіцієнт тепловіддачі від теплового агенту до сухого листа шпону в межах зміни числа Рейнольдса $600 \leq Re_e \leq 2000$.

В результаті дослідження зовнішнього тепломасообміну під час сушіння пакету вологого шпону, отримані залежності $Nu_e = 0,85 \cdot Re_e^{0,4} \cdot Pr^{0,33}$ та $Sh_e = 0,85 \cdot Re_e^{0,4} \cdot Sc^{0,33}$, які дають змогу визначати, відповідно, коефіцієнти тепловіддачі та масовіддачі.

УДК 664.69

Ю. Бачинський, Т. Вітенько

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ МАКАРОННИХ ПРЕСІВ

Макаронні вироби користуються широким попитом серед населення. Численний асортимент, що представлений на ринку, свідчить про його популярність серед продуктів харчування. З цього приводу виникає необхідність у вдосконаленні обладнання і технології для їхнього виготовлення. У процес виготовлення макаронних виробів входить ряд технологічних операцій, таких як замішування тіста, пресування та сушіння, які потребують великих питомих витрат енергії. У зв'язку з чим великого значення набуває питання раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. Розширення асортименту продукції вносить зміни у технологію їх виготовлення, при цьому вимагається підвищення тиску при пресуванні або застосування нових фізичних способів обробки макаронного тіста. Тому завдання проектування і створення нового устаткування підвищеної ефективності та модернізації існуючого є актуальним.

Для формування макаронних виробів широко використовують шнекові преси. Перед пресуванням тісто проходить механічну обробку з метою надання йому пружних, пластично-в'язких властивостей. Потім зі змішувача тісто надходить у шнекову камеру, де під дією шнека поступово ущільнюється і переміщається в передматричну камеру, з якої вже пластифіковане під великим тиском випресовується через спеціальні матриці. З метою одержання макаронного тіста більш щільної структури, та підвищення механічної міцності висушених виробів, макаронне тісто перед надходженням до шнекової камери може піддаватися вакуумуванню, де з нього видаляється повітря.

Провівши теоретичний аналіз конструкцій існуючого макаронного обладнання та особливостей його роботи можна виділити їх спільний недолік: при роботі пресів ущільнене макаронне тісто випресовується через матрицю нерівномірно, а пасмами різної довжини, що пояснюється наступним чином: зміною фізичних властивостей тіста, зокрема в'язкості (через нерівномірність розподілу швидкостей випресовування в круглому перерізі, що зумовлює збільшення температури тіста в ділянках з вищою швидкістю, а отже і його в'язкості); роботою шнека, що також впливає на розподіл швидкостей (останній виток шнека створює пульсуючий тиск на тісто, який сприяє нерівномірності пресування); конструкцією матриці та фільтри (неправильно розрахована кількість фільтрів в матриці, призводить до зменшення швидкості пресування, збільшення гідравлічного опору, підвищенню енергоємності процесу, а також до швидшого стирання фторопласту на фільтрах).

Як свідчить огляд спеціалізованих літературних джерел для вирішення даного питання існує значна кількість технічних рішень, спрямованих на вдосконалення конструкцій робочих органів макаронних пресів. Деякі з них є досить перспективні в цьому напрямку. Серед них можна виділити наступні: розміщення гвинтової направляючої, виконаної як одне ціле з гвинтовою поверхнею шнека, зі збільшенням висоти гвинтової направляючої в напрямку до матриці; розміщення гвинтової направляючої змонтованої з можливістю обертання навколо осі шнека з напрямком витків, зворотним виткам шнека; встановлення вібраторів спеціальної конструкції.

Окрім того увага приділяється застосуванню сучасних фізичних методів обробки сировини в процесі екструзії, таких як ультразвук та низькочастотна вібрація, та дослідження їх впливу на якість продукції.

УДК 532.528

Т. Вітенько, Н. Городиський

(Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя)

ЗМІНА В'ЯЗКОСТІ РІДКИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ПІД ЧАС КАВІТАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ

У наукових працях присвячених вивченню кавітаційного впливу на рідкі технологічні системи зазначено, що їхня обробка супроводжується зменшенням в'язкості, збільшенням електропровідності, зміною рН, що повинно позитивно впливати на кінетику кінетично контрольованих процесів розчинення, швидкість вилучення цільових компонентів з пористих частинок тощо. Отже, кавітаційна активація (оброблення) розчинів, що зберігають свої властивості протягом певного часу є достатньо перспективною. Механізм зміни кожного з перелічених параметрів різний та залежить від динаміки парогазової фази, кавітаційних характеристик та фізико-хімічних властивостей середовища зокрема.

Авторами проводились дослідження щодо зміни густини і в'язкості модельних розчинів за умови їхньої кавітаційної обробки у кавітаційному пристрої гідродинамічного статичного типу з використанням прикладного програмного пакета SolidWorks і зокрема його модулю для моделювання течії рідин і газів - Flow simulation. Програмний модуль моделює рух потоку на основі рішення рівняння Нав'є-Стокса, яке є інтерпретацією законів збереження маси, імпульсу і енергії для потоку рідини (потоків рідин і газів). Рівняння доповнені виразами стану рідини, які визначають природу рідини і емпіричними залежностями щільності, в'язкості і теплопровідності рідини від температури. Нестискувані неньютонівські рідини розглядаються за залежністю їхньої динамічної в'язкості від швидкості деформації зсуву і температури, а стискувані рідини розглядаються за зміною їхньої щільності від тиску.

Результати проведених теоретичних досліджень наведено в табл.1., де наведено зміну густини і в'язкості досліджуваних середовищ вздовж робочої ділянки.

Таблиця 1. Зміна в'язкості і густини досліджуваних середовищ

Досліджуване середовище	Густина на вході у робочу ділянку кг/м ³	Густина на виході з робочої ділянки, кг/м ³	В'язкість на вході у робочу ділянку, Па·с	В'язкість на виході з робочої ділянки, Па·с
Вода	997.02	995.8	0,001–0,0009	
Оливкова олія	920	919	0.09-0.056	
Етиловий спирт	789.59	782.41	0.0011–0.001	

З отриманих даних спостерігається зменшення як в'язкості так і густину. Величина зміни цих параметрів є різною для досліджуваних середовищ, що можна пояснити різними кавітаційними параметрами впливу на них, оскільки останні суттєво залежать від початкової в'язкості продукту. Так досягнути кавітаційної течії середовища набагато легше у середовищі, що має більшу в'язкість й відповідно за однакових технічних характеристик насосу і геометрії робочого каналу жорсткішими умови будуть власне для олії і найменш жорсткими для води. Це добре підтверджується отриманими результатами.

УДК 637.024

В.Ворощук, М.Шинкарик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ІНТЕНСИВНІСТЬ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ СИРКОВИХ МАС В РОТОРНО-ВИХРОВОМУ ЕМУЛЬСОРІ

Важливим напрямком розвитку харчової промисловості є виробництво композиційних продуктів, збалансованих за вмістом білка, жиру і вуглеводів. До таких продуктів можна віднести десертні сиркові маси на базі сиру кисломолочного. Особливістю їх технології є необхідність гідродинамічної і термічної обробки, аналіз та оцінка яких є основною складовою формування базових виробничих процесів. Для оцінювання гідродинамічних процесів пропонується застосувати інтенсивність обробки. Інтенсивність обробки сиркової маси в роторно-вихровому емульсорі визначається часовими витратами на здійснення повного технологічного циклу при постійній частоті обертання. Легко бачити, що визначальним чинником для встановлення інтенсивності гідродинамічної обробки є витрачена механічна енергія. Загальні витрати механічної

енергії на весь цикл можна визначити за формулою:
$$A = \int_{t_{\text{поч}}}^{t_{\text{кін}}} N \cdot dt$$

(тут: $t_{\text{поч}}$, $t_{\text{кін}}$ - відповідно початковий і кінцевий моменти часу, с; N - потужність на привід ротора, Вт). Таким чином, мірою інтенсивності гідродинамічної обробки сиркових мас в роторно-вихровому емульсорі є витрачена енергія на обробку одиниці маси протягом всього технологічного процесу. Для роторно-вихрового емульсора інтенсивність обробки сиркових мас в парі ротор-статор можна представити як кількість енергії, витрачена на обробку одиниці маси сировини за одиницю часу:

$$I_A = \frac{A}{m \cdot T}, \quad (1)$$

де m - маса рецептурної суміші, кг; T - тривалість технологічного процесу обробки в роторно-вихровому емульсорі, с.

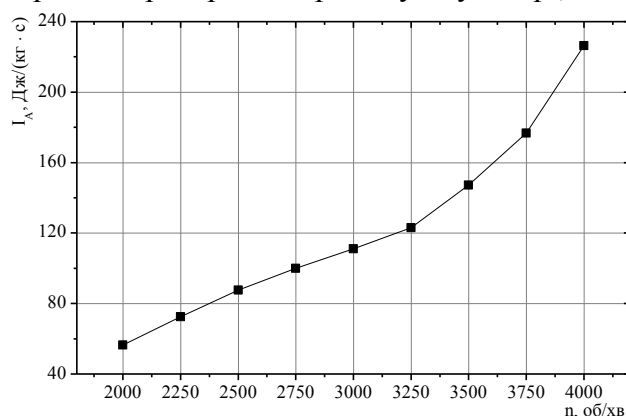


Рис. 1. Інтенсивність обробки в парі ротор-статор сиркової маси "Ягідка"

Очевидно, що при збільшенні числа обертів ротора затрати механічної енергії будуть зростати, а тривалість необхідної гідродинамічної обробки буде зменшуватись.

Залежність інтенсивності обробки в парі ротор-статор від числа обертів ротора емульсора, розрахована за формулою (1), представлена на рис. 1. При збільшенні частоти обертання ротора від 2000 об/хв до 3000 об/хв спостерігається зростання інтенсивності механічної обробки в 1,97 разів від 55,42 Дж/(кг·с) до 111,02 Дж/(кг·с). З наближенням

частоти обертання ротора до 3000 об/хв спостерігається зменшення приросту показника інтенсивності від 16,0 на діапазоні 2000...2250 об/хв до 11,15 на діапазоні 2750...3000 об/хв. Проте після досягнення частоти обертання ротора 3000 об/хв показник інтенсивності починає швидко зростати від 11,91 для діапазону частот 3000...3250 об/хв до 49,72 для діапазону 3750...4000 об/хв (в 2,04 рази). Таким чином, можна відмітити, що при збільшенні частоти обертання ротора понад 3000 об/хв починає різко зростати інтенсивність витрат енергії.

УДК 637.532

А. Деркач, І. Стадник

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ ЗЕРНА

Калібрування - це розподіл очищеного зерна (насіння) на фракції. Калібрують насіння кукурудзи, буряків, соняшнику тощо. Зерно сортують або калібрують залежно від призначення: для сівби, помолу, переробки на крупи та ін. Доброякісне насіння дає більш високий і сталий урожай, кращу схожість та стійкість проти несприятливих кліматичних і ґрунтових умов, хвороб та шкідників.

Машини мають бути пристосованими для доведення зерна і насіння різних сільськогосподарських культур до потрібних розмірів, легко переналагоджувались, бути зручними в експлуатації, відповідати нормам санітарії та ін.

Використовують такі основні ознаки: аеродинамічні властивості; розміри складових частин суміші; властивості (стан) поверхні; щільність (питома вага); форма; колір; електричні властивості та ін.

Калібратори-очисники, вібросита призначені для поділу на фракції сипучих матеріалів і відокремлення домішок. Калібратор має віялку і ситову складову - вони частіше застосовується при очищенні і сортуванні олійних, зернових, таких як соняшник, та технічних культур, з розмірністю від 0,8 до 15 мм. Вібросита дешевше калібратора, при тій же продуктивності і частіше використовуються для сортування насіння, та інших матеріалів, що мають розміри від 0,3 до 5 мм.

Очищене і відсортоване зерно повинно відповідати встановленим стандартам: вологість продовольчого зерна - не перевищувати 16-19% , засміченість домішками для пшениці і жита - 5% , для інших зернових - 8% , рису - 10, вміст зернових домішок при цьому - не більше 15%. Зерно повинно мати нормальний запах і колір, не заражене шкідниками. Сортова чистота насіння зернових культур I і II класу має становити 98-99%, схожість - 90-95% (для твердої пшениці II класу - не менше 87%), кількість обрешеного насіння - 0,5-1%, вологість насіння - 14-17%.

А одним з найкращих методів калібрування, сортування і очищення зерна є пневмосепарування. Пневмосепаратори насіння — відмінний засіб, щоб дати насінневому матеріалу кращі характеристики, ця техніка відсіває найважчі, а значить самі життєздатні і цінні зерна, що мають високі посівні якості.

Література:

1. Соколов А.Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. М.: Колос, 1975.-495с.

2. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін.; За ред. І.С. Гулого.

УДК 574; 66.08

Т.Зарецька, Т.Вітенько

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ПЕРСПЕКТИВИ КАВІТАЦІЙНО-АДСОРБЦІЙНОГО ДООЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Значним джерелом забруднення водних ресурсів є стічні води молочної промисловості. З практичного досвіду відомо, що в середньому при переробленні 1т молока утворюється близько 5т стоків. Основну частку цих стоків (90%) складають промислові води від промивання та знезаражування технологічного обладнання та трубопроводів, від мокрого прибирання цехів та аварійні спуски молочних продуктів і сироватки.

Відпрацьовані води молокопереробних підприємств відносяться до категорії висококонцентрованих стоків з нестабільним складом, кількість та співвідношення яких залежить від виду продукції, що випускається, та сезонності. Такі води найбільш забруднені органічними речовинами і наносять основну шкоду навколишньому середовищу. Швидке їхнє закисання та нестабільність складу зменшують ефективність існуючих систем очищення. Проблема посилюється також і тим, що більшість молокопереробних підприємств побудовані без очисних споруд і стоки скидаються в комунальні мережі або ж безпосередньо у водні об'єкти без очистки.

Залежно від технології виробництва до складу стічних вод може входити незначна кількість жиру, скоагульований білок, йогуртовий наповнювач та безліч видів мікрорганізмів, складники миючих засобів, ПАВ. Особливу небезпеку становить потрапляння сироватки, оскільки це спричиняє загибель корисних мікрофлори, збільшення азоту, фосфору, а також викликає залповий ріст шкідливої мікрофлори, яка призводить до загибелі активного мулу на стадії біологічної очистки. На практиці для оцінки ступеня забруднення стічних вод органічними речовинами та бактеріями використовують величини ХПК та БПК.

Традиційно в технологічну схему з очищення стічних вод входять відстійники, усереднювач, жироловліювачі, аератори та майданчики з активним мулом, але використання технології біологічного очищення, не завжди забезпечує належний рівень очищення. Перераховані заходи часто є джерелом вторинного забруднення бактеріями, такими як стрептококи та кишкова паличка, тому серед проблем очищення стоків велика увага приділяється процесам їхнього знезараження.

Через низьку ефективність існуючих очисних споруд виникає потреба у пошуку та розробці нових технологій очищення. Серед сучасних методів очищення стічних вод молочної промисловості можна виділити електрокоагуляцію з наступним відстоюванням або з подальшою електрофлотацією, фізико-хімічні та біохімічні методи. Застосуванням фільтраційного доочищення та ультрафіолетової обробки вдається довести воду, що скидається, до нормативних показників, однак застосування наведених способів часто не виправдовує себе з економічної точки зору.

Цікавим з цього приводу є можливість застосування гідродинамічної кавітації та адсорбційного фільтрування на стадії доочищення. Явище кавітації та ефекти, які його супроводжують, добре відомі своєю здатністю активувати воду, що супроводжується зміною структури, підвищенням розчинної здатності та схильністю до ініціювання хімічних реакцій, зокрема окислювальних, водночас відома знезаражувальна дія. Застосування гідродинамічної кавітаційної обробки на стадії доочищення води у поєднанні з фільтруванням через шар сорбенту, наприклад цеоліту, дає підстави вважати такий метод очищення перспективним і потребує подальших досліджень, зокрема на предмет вилучення органічних сполук, заліза, нітратів, фосфатів, хлоридів та знезараження.

УДК 664.143

Ю. Захарченко, Н. Зварич

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИРОБНИЦТВА КОНДИТЕРСЬКОЇ ПОМАДИ

Помадні цукеркові маси виготовляють з різних видів основного напівфабрикату (помади) з додаванням інших смакових і ароматичних видів сировини. Помада являє собою двухфазну дисперсну систему. Твердою фазою є кристали сахарози розміром 10-20 мкм, рідкою - насичений розчин сахарози в присутності інших цукрів. Процес помадоутворення - це процес одержання визначеної кількості дрібнокристалічної сахарози.

Помаду одержують трьома способами: з помадного сиропу шляхом його охолодження і збивання, у плівковому апараті і «холодним» способом.

Перший метод одержання помади є найпоширенішим. Одержання помади складається з двох найважливіших операцій: охолодження і збивання помадного сиропу. Охолодження помадного сиропу, що надходить на збивання, обумовлює ступінь пересичення сахарози в розчині та її здатність виділятися у виді кристалів, утворювати тверду фазу. Чим нижче температура сиропу, тим більше ступінь пересичення, тим більше буде центрів кристалізації в одиниці об'єму сиропу, тим дрібнішими будуть кристали. Інтенсивність збивання також обумовлює одержання дрібнокристалічної помади. Швидке перемішування помадного сиропу приводить до одночасного утворення великої кількості дрібних кристалів сахарози; повільне - сприяє утворенню великих кристалів.

Другий метод одержання цукрової помади в плівковому апараті – кристалізаторі роторного типу. Помадний сироп готують у відкритому варочному котлі. Отриманий сироп надходить у проміжну ємність, розташовану під котлом, відкілья він безупинно подається у змієвиковий підігрівач. Підігрівач типу «труба в трубі» служить для гарантованого розчинення кристалів цукру - піску в сиропі і часткового його уварювання. З підігрівача помадний сироп по трубі направляється у верхню частину вертикального плівкового апарата на розподільний диск. Помадний сироп, надходячи в апарат, розподіляється тонким шаром по його поверхні. При цьому відбувається видалення вологи і часткова кристалізація сахарози. Якість одержуваної помади залежить від багатьох факторів: рецептури помадного сиропу, масової частки вологи в сиропі і методу формування помади. У залежності від цих факторів установлюється режим роботи плівкового апарата.

Традиційний спосіб виробництва помади зв'язаний із важкокерованим процесом помадоутворення, з витратами пари і робочої сили на готування помадного сиропу. Технологічний процес вимагає удосконалення, тому що побудований нелогічно: спочатку виготовляють розчини – сиропи шляхом розчинення цукру у воді, а в наступних стадіях сироп уварюють до мінімального вмісту води. Існує спосіб виробництва помадних мас безпосередньо зі складових компонентів при одностадійному способі виробництва. В основу способу покладений процес перемішування при кімнатній температурі дрібнокристалічної цукрової пудри з водою, патокою, інвертним сиропом й іншими добавками. Готування помади здійснюється в одну стадію, відпадає необхідність у готуванні сиропу, його охолодженні і збиванні, сполучаються технологічні процеси одержання помади і помадної цукеркової маси. Для приготування помади цукрова пудра повинна мати не менш 90% часток розміром менше 20 мкм. «Холодним» способом готують також і помадні маси на основі порошкових цукрово - патокових напівфабрикатів.

УДК 621.928.9

В.Каспрук, В. Куц

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧА ІЗ ЗУСТРІЧНИМИ ЗАКРУЧЕНИМИ ПОТОКАМИ

Існуючі конструкції пиловловлюючих апаратів із зустрічними закрученими потоками займають особливе місце в пиловловлюючій техніці, тим що є ефективними і забезпечують високу ступінь очистки. Ці апарати відрізняються від високоефективних циклонів меншим гідравлічними опором.

Очистка промислових пило-газових потоків здійснюється для зменшення забрудненості повітря, вловлювання з газового потоку як шкідливих домішок так і продуктів технологічного процесу які руйнують обладнання.

В процесі постійного вдосконалення апаратів із зустрічними закрученими потоками покращуються показники їх роботи. Принциповою відмінністю апарата від відомих конструкцій вихрових пиловловлювачів є розміщення в ньому циліндричної жалюзійної решітки, яка обертається під дією закручених повітряних потоків і які проходять через неї. Це дозволяє запобігти рикошету частинок від внутрішніх стінок циліндричного корпусу до осі апарата, в зону утворення так званого осьового джгута.

Оптимізація даної конструкції пиловловлювача полягає у зміні завихрюючого пристрою від якого залежить швидкість запиленних газових потоків в плані апарата, перепад тисків на вході і виході з апарата і ефективність розділення.

В процесі використання ці апарати зазнають постійного вдосконалення, що зумовлює покращення показників їх роботи. Запропоновані і випробувані самі різні методи подачі і формування, як первинного так і вторинного потоків. В обох випадках для закручування потоків можуть використовуватись тангенціальні підводи запиленого потоку повітря, равликоподібні, лопатеві або розетки.

В ході експериментальних досліджень нами використовувались лопатеві закручуючі пристрої з різною кількістю направляючих. Від їх кількості залежить кількість зформованих вихрових потоків по висоті апарата. А так, як корпус пиловловлювача виготовлено з прозорого матеріалу то цей процес нами легко визначався в процесі експерименту. При цьому зміна кількості направляючих в апараті призводила до збільшення швидкості осадження пилу в бункер.

Дослідження ефективності пиловловлювання даного апарата проводилось на дисперсному матеріалі медіанний діаметр частинок становить 8,16,32 мкм., запиленість повітряного потоку становила 3 г/м³. Випробування даного апарата проводились з загальною номінальною витратою 250 м³/год. Випробування передбачає визначення ефективності пиловловлювання і дослідження впливу на її величину технологічних та конструктивних параметрів.

Це дозволяє створити умови для додаткової очистки запиленних потоків повітря на основі збільшення відцентрової сили яка діє на частинки пилу, підвищити продуктивність даного апарата і покращити ефективність пиловловлювання.

Основні результати досліджень свідчать про наявність незначного інтервалу значень швидкостей пилоповітряного потоку, при яких досягаються найвищі значення ефективності, а також певного співвідношення між первинним і вторинним потоками, коли ефективність пиловловлювання найвища, для конкретного дисперсного матеріалу використаного при проведенні експерименту.

УДК 664.01

А. Кришталович, В. Ворощук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМ СП-МИТТЯ НА ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

З зростанням вимог до санітарно-гігієнічному станом харчових виробництв і збільшенням витрат на оплату праці циркуляційна мийка набуває все більшого значення. Цей вид санітарної обробки, давно відомий у молочній та пивоварної промисловості, в даний час знайшов застосування і в тих галузях харчової промисловості, де вдалося його адаптувати до виробничого процесу. Циркуляційну мийку з успіхом використовують для очищення трубопроводів, теплообмінників, центрифуг, гомогенізаторів і т.д. Установки відрізняються різним ступенем автоматизації і можуть бути забезпечені як звичайними таймерами, так і повністю автоматизованою комп'ютерної контрольної системою.

Вибір установки залежить від фінансових можливостей підприємства, оплати праці персоналу та виду очищаються забруднень. Для правильного вибору установки доцільно скористатися консультацією фахівців компаній-виробників або постачальників устаткування або миючих засобів.

Конструкція циркуляційної мийки вибирається індивідуально для кожного підприємства і залежить від виду забруднень, конструкції і матеріалу обладнання (ідеальний матеріал для такої мийки - нержавіюча сталь), технологічної схеми виробництва та особливостей приміщення.

Принцип дії циркуляційної мийки заснований на поєднанні хімічної активності очисника і механічного впливу. Очищуючий розчин знаходиться в контакті із забрудненою поверхнею протягом певного часу, при заздалегідь заданій концентрації очисника, температурі і механічному впливі. Щоб така технологія була ефективною, потрібно відносно великий обсяг очищаючого розчину і час впливу - від 5 хв (у разі нескладних забруднень) до 1 год.

Для оптимізації процесу вода, застосовувана в циклі заключного ополіскування, може бути використана в наступному миючому циклі. На деяких молочних заводах використані розчини очищають методом ультрафільтрації і використовують на стадії попереднього ополіскування.

Добре організований процес циркуляційної мийки дозволяє очищати обладнання не гірше, ніж вручну. Таким чином, застосування СП-мийок є одним із найбільш ефективних способів забезпечення виробничої санітарії.

УДК 628.511

В. Куц, В. Каспрук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МІСЦЕ ВІДЦЕНТРОВИХ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІВ З ЖАЛЮЗІЙНИМ ВІДВОДОМ ПОВІТРЯ В КЛАСИФІКАЦІЙНІЙ СХЕМІ ПИЛООЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ

Вибір методики для обов'язкового випробування нового обладнання залежить, перш за все, від точного визначення місця і ролі цього обладнання серед існуючого обладнання того ж призначення. Для пилоочисного обладнання, як і для обладнання будь-якого іншого призначення, існує декілька варіантів класифікаційних схем. Вони дозволяють достатньо повно охопити абсолютну більшість існуючих пиловловлювачів, однак систему, в якій були б враховані абсолютно всі класифікаційні ознаки всіх пилоочисних апаратів, створити важко.

Одна з найпоширеніших в колишньому СРСР система класифікацій за ГОСТ 12.2.043-80 "Засоби пиловловлюючі. Класифікація" передбачає поділ пиловловлювачів в залежності від розмірів частинок, що ефективно вловлюються, і ефективності їх вловлювання на п'ять класів.

Пиловловлювачі I класу призначені для ефективного вловлювання пилів IV групи пилів за дисперсністю. Вимогам цього класу можуть відповідати також рукавні фільтри деяких конструкцій при відповідному виборі фільтрувальних тканин, режиму використання і способу регенерації, і, крім того, багатопольні електричні пиловловлювачі.

Вловлювання частинок розміром більше 2мкм із пилів III групи легко здійснюється в пиловловлювачах типу Вентурі II класу, а також в багаточисельних різновидностях тканинних і електричних пиловловлювачів II класу при звичайному режимі їх використання. Із інерційних пиловловлювачів вимогам II класу можуть відповідати також струминні пиловловлювачі типу ПВМ, "Ротоклон" і т.п. при опорі 3000-3500Па. Частинки розміром більше 4мкм вловлюються струминними пиловловлювачами II класу при опорі 800-1200Па. Вимогам II класу за таких опорів відповідають також деякі різновидності пиловловлювачів циклонного типу, що змочуються водою. Електричні пиловловлювачі для вловлювання частинок даної крупності, як правило, не застосовуються. Тканинні пиловловлювачі з рукавами із облежених тканин іноді застосовують для вловлювання пилів II і III груп органічного і синтетичного походження, які із-за незначної густини і інших специфічних особливостей не можуть ефективно вловлюватись в інерційних пиловловлювачах (волокнистий пил текстильних підприємств, деякі різновидності деревного пилу і т.п.).

Пиловловлювачі IV класу представлені найпростішими мокрими пиловловлювачами з опором приблизно 1000Па, високоефективними сухими циклонами СН, СКН, УЦ, СИОТ і батарейними циклонами з опором 2000 Па і більше. Пиловловлювачі IV класу достатньо повно вловлюють пили II групи, а деякі з них застосовуються і для вловлювання пилів II групи, хоч ефективність циклонів при вловлюванні, наприклад, цементного пилу рідко перевищує 70%.

До пиловловлювачів V групи можна віднести циклони середньої ефективності великого діаметра, наприклад, ЦН-24, добре пристосовані до великих пилових навантажень пилоосаджувальні камери і т.д.

Створені пиловловлювачі з жалюзійним відводом повітря (жалюзійно-вихровий, батарейний циклон з жалюзійними елементами, циклон з ступеневим відведенням пилу) у відповідності із схемою класифікації пиловловлювачів за способом дії слід віднести до сухих відцентрово-інерційних пиловловлювачів.

Якщо ж розглядати питання про клас створених пиловловлювачів, їх можна віднести до IV-го класу за ефективністю, а областями доцільного застосування є вловлювання пилу II-ї і III-ї груп за дисперсністю.

Такі пиловловлювачі застосовуються переважно як перший ступінь очистки перед пиловловлювачами вищих класів (мокрими, тканинними, електрофільтрами).

УДК 641.512.06

О.Лясота, І.Оверко

(Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВОВЧКА К7-ФВ2-П160-01 НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СИРОВИНИ

На чисельних підприємствах харчування України широко реалізуються процеси подрібнення різних видів харчової сировини. В зв'язку з цим набуває актуальності проблема зниження енергоємності та трудомісткості даних процесів і обладнання для їх реалізації.

Одним з найбільш поширених процесів подрібнення харчової сировини є процеси отримання фаршевої продукції. Незважаючи на традиційність цих процесів та обладнання для їх реалізації їм притаманний ряд недоліків: по-перше, неефективно подрібнюються деякі види м'ясної сировини, які містять велику кількість жорсткої з'єднувальної тканини, що призводить до зниження якості фаршів і збільшення енергоємності та трудомісткості процесів подрібнення; по-друге, обладнання, яке реалізує дані процеси, має обмежений діапазон функціональних можливостей, що зумовлено неможливістю одержання тонкодисперсних фаршів. Слід також відзначити низьку ефективність процесу багатократного подрібнення фаршів за рахунок зниження продуктивності подрібнювачів при використанні традиційних транспортуючих механізмів.

Вдосконалення обладнання для подрібнення сировини, технологій та якості фаршевих виробів залежить від ряду конструктивно-експлуатаційних параметрів процесу, що впливають на комплекс показників якості фаршів (дисперсність, питому площу поверхні, структурно-механічні властивості, вологоутримуючу здатність тощо).

Тому актуальною є задача вдосконалення процесу подрібнення харчової сировини та обладнання для його реалізації на підприємствах харчування з метою зниження енергоємності та трудомісткості процесу, розширення функціональних можливостей обладнання та підвищення показників якості фаршів.

Використання ріжучих робочих органів в досліджуваному обладнанні для подрібнення сировини з гострим кутом заточення ($30\dots45^\circ$) в порівнянні зі стандартними робочими органами дозволяє на $45\dots70\%$ зменшити питому роботу різання м'ясної сировини, що призводить до загального зменшення енергоємності процесу подрібнення на $20\dots40\%$. Використання ріжучих робочих органів з тупим ($135\dots150^\circ$) кутом заточення робочих країв при подрібненні маломіцних харчових продуктів дозволяє на $10\dots15\%$ збільшити дисперсність отриманих фаршів в порівнянні з використанням робочих органів з прямим (90°) кутом заточення робочих країв.

Встановлено, що використання вставки-гільзи в комплекті зі шнеком в транспортуючих робочих органах для багатократного подрібнення фаршів з різної харчової сировини, що має кут підйому гвинтової лінії $8\dots16^\circ$, дозволяє в залежності від виду подрібнюваної сировини збільшити продуктивність обладнання для подрібнення сировини на $25\dots35\%$ в порівнянні з використанням стандартних транспортуючих робочих органів.

УДК 664.6

С. Мазуранчик, В. Ворощук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО СУЧАСНИХ ТІСТОЗАКАТУВАЛЬНИХ МАШИН

Тістозакатувальні машини призначені для формування тістових заготовок хлібних та булочних виробів із пшеничного борошна та надання їм циліндричної і сигароподібної форми. Зовнішній вигляд готових виробів є одним із важливих чинників при виборі їх покупцями, тому даний вид обладнання відіграє важливу роль у потокових лініях хлібобулочкових виробів. Серед особливостей їх конструкції та роботи до найважливіших можна віднести наступні чинники:

здатність обробляти широкий діапазон мас тістових заготовок, що дозволяє формувати як заготовки для хлібобулочних виробів, так і заготовки спецсортів хліба;

наявність системи центрування тістових заготовок, що дозволяє суттєво зменшити брак у тістових заготовках;

наявність системи, що виключає прилипання до тіста до валків;

наявність ефективної (бажано дистанційної) системи регулювання зазорів верхньої і нижньої пар валків;

наявність мобільних поворотних роликів опор, що дозволяють переміщати машину по виробничому приміщенню і фіксувати її в робочому положенні;

застосування зносостійкої багатопарової безшовної конвеєрної стрічки із системою блокування сповзання під час роботи;

всі робочі поверхні, дотичні з тістом, повинні бути виготовлені із сучасних матеріалів, з антиадгезійними властивостями.

Важливим чинником є безпека конструкції нових машин щодо обслуговуючого персоналу, яка забезпечується наявністю захисних пристроїв блокувань: кнопок "Аварійний стоп" у зоні роботи персоналу, захисних огорожень завантажувального бункера, блокувальних вимикачів на кришках вузла тісторозкатувальних валків.

Зручність обслуговування забезпечується за рахунок легкоз'ємних, часто прозорих кожухів та основних робочих елементів, а саме:

відкидна закачувальна плита з можливістю фіксуватися в відкинутому стані для зручності очищення і обслуговування;

прозорі відкидні кришки полегшують доступ до вузла тісторозкатувальних валків і дозволяють здійснювати візуальний контроль роботи.

Дотримання вищезазначених вимог в поєднанні з прийнятною ціною дозволить новим видам обладнання для формування тіста зайняти гідне місце на ринку.

УДК 637.532

Д. Пащинський, М. Шинкарик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТУ ДЛЯ ВИПІКАННЯ ВАФЕЛЬНИХ ЛИСТІВ МАРКИ G-30

Автомат призначений для випікання вафельних листів при виготовленні вафель у кондитерській промисловості.

Даний автомат розміщений на Тернопільській кондитерській фабриці ПАТ "ТерА" у лінії виготовлення вафель.

Автомат для випікання вафельних листів представляє собою конструкцію тупикового типу в середині якої рухається транспортер з формами для вафельних листів. Розмір форми відповідає розмірам листів. Процес випікання відноситься до масообмінних процесів, які проходять з підведенням теплоти.

Автомат виготовляє 7200 листів за зміну. Випікання плоских і фігурних листів потребує різної кількості тіста. При заливці тістом ця кількість може бути точно встановленою і раціонально нанесеною на відкриту плиту печі. Випікання проводять між двома масивними металевими плитами з зазором 2-3 мм. При цьому тонкий шар тіста безпосередньо контактує з нагріваючими поверхнями. Поверхня плит, яка заповнюється тістом, може бути гладкою, фігурною або гравірованою. В процесі випікання із тіста видаляється значна кількість води (180 % до маси сухої речовини). Процес випікання проходить автоматично при температурі 150-170 °С, і триває 2-3 хвилини. Найбільше видалення вологи триває на початку випікання. В процесі інтенсивного перетворення води на пару у вафельних листах утворюються пори, тому в даному випадку роль хімічних розпушувачів обмежена. Під час випікання листів можливі дефекти, які пов'язані із порушенням технології виготовлення та режимів роботи автомату.

Вафельні листи після випікання охолоджують. Залежно від тривалості і умов охолодження, а також вологості листів у них, паралельно охолодженню, відбувається процес поглинання або віддачі вологи, який може супроводжуватись змінами лінійних розмірів листів. Цей процес є основною причиною деформації і розтріскування листів під час охолодження. Охолоджують листи різними способами: охолоджують кожен лист окремо або збирають випечені гарячі листи в гірку, а потім охолоджують. Перший спосіб має переваги, адже при одиночному охолодженні лист не деформується. Це відбувається тому, що забезпечується рівномірний доступ повітря і поглинання вологи листом проходить рівномірно у всіх ділянках, що супроводжується однаковими змінами лінійних розмірів. В даному випадку тривалість охолодження листів до температури 30-35 °С складає 1,5-2 хвилини.

Конвеєр з плитами рухається в середовищі гарячого повітря і димових газів, які утворюються при згорянні природного газу в пальниках, розміщених по ходу конвеєра. Частина теплоти до плит передається за рахунок теплового випаровування.

Так, при підвищенні температури, або зупинці конвеєра в результаті перерви в подачі струму, можливе пригорання і розтріскування вафельного листа. Тому для уникнення такого явища запропоновано встановити додаткову систему приточно-втяжної вентиляції та додатковий привід конвеєра.

УДК 664.643.1

І.Стадник

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ПРИНЦИП ІНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТІСТОМІСИЛЬНИХ МАШИН

При вдосконаленні конструкцій тістомісильних машин потрібно ретельно дослідити особливості процесів і забезпечити дотримання оптимальних параметрів у робочих камерах тістомісильних машин, а також враховувати конструкції місильних лопатей, вплив яких має відповідати основним вимогам теорії замішування, але не обмежувати творчої ініціативи винахідників.

Найбільш економічним є використання машин серійних випусків. Пошук і перевірка інших варіантів конструктивного оформлення доцільні, коли серійні машини не можна використовувати через невідповідність матеріального виконання, робочих меж температури і тиску або через не достатньо високу інтенсивність замішування. У цих випадках конструювання машини не є єдиним виходом, нерідко раціональними виявляються зміни до технологічного процесу, зміни об'єму камери, місильного органу та ін. Наприклад, при недосконалій формі місильного органу необхідну продуктивність та якість машини для перемішування можна забезпечити шляхом встановлення охолоджувальної сорочки.

Розрахунок машини дозволяє обґрунтовано виконати обчислення по визначенню найбільш економічних варіантів (ціна машини, що випускають серійно, вартість її експлуатації, маси і потужності приводу), а також конструктивних і технологічних факторів. Визначення полягає у характеристиці поля концентрації і температури, теплового потоку, виходу продукту замішування, тривалості замішування у відповідності до розрахункових величин, вимогам технології.

Обчислення виконують у декілька етапів. Перший етап - гідродинамічне обчислення, де визначають величину і розподіл швидкостей суміші компонентів для оцінки конструктивних параметрів робочої камери. Результати гідродинамічного розрахунку служать необхідними додатковими даними на етапах при визначенні потужності, швидкості протікання процесів та перенесення змішуваних компонентів і тепла в камері.

Крім розрахунків необхідно провести аналіз гідродинамічних характеристик результатів лабораторних і напівпромислових експериментів і їх надійно перенести на промислові машини. Ця розробка нових технологічних процесів у робочих камерах машини є одним з етапів стадії напівпромислової апробації. Загалом перенесення результатів напівпромислових досліджень на промислові при збереженні параметрів мають розглядатися не як метод вибору типу робочого органу, його обертання для даного процесу, а як спосіб отримання розрахунку промислової машини.

Найбільш надійні дані для проектування можна отримати коли перехід відбувається не «з низу до гори», тобто від модельної машини до промислової, а навпаки - «згори вниз», тобто коли вибір об'єму робочої камери машини для дослідження, її конструкція й умови перемішування відбуваються на підставі результатів попередньої розрахункової оцінки характеристик проектованої машини. Переважно така оцінка методикою є оптимальною. Попередній вибір варіантів дослідження дозволяє оцінити межі швидкості процесів, однорідність поля концентрацій і температури та ін.

УДК 664.643.1

І.Стадник

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ЗНАЧЕННЯ І ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗАМІШУВАННЯ

Розвиток хлібопекарської промисловості у світі свідчить, що сьогодні пріоритет мають технології, що забезпечують максимальне збереження у готовому продукті смакових і харчових властивостей первинної сировини. Особливо це стосується хлібобулочних виробів, термічна обробка яких призводить до значних втрат смакових, харчових властивостей. Тому сучасні тенденції тістоприготування висувають необхідність рішень значних наукових і науково-технічних проблем. Важливою вимогою технологічного процесу є оптимізація наукових досліджень з дальшим оперативним впровадженням їх результатів у промисловості. Ефективну роль у виконанні цих вимог все більше відіграє моделювання. Використання моделювання при обчисленні, аналізі і перспективному прогнозуванні технологічних процесів переконливо підтверджує його переваги.

При дослідженні процесів замішування тіста недостатньо застосовують метод моделювання із-за того, що багатofункціональні можливості машин обумовлюють різновидність їх конструктивного оформлення, а також значно збільшують складність моделювання процесів, що відбуваються в різних зонах робочих камер (змішування, гомогенізація, диспергування, багатократність течії та ін.). Тому більшість робіт, присвячених замішуванню, тільки описують відомі конструкції, основні вузли або конструктивні особливості машини й розглядають режими замішування конкретних рецептур. Конструювання машин і освоєння нових технологічних процесів відбуваються переважно експериментальним шляхом.

Загальним недоліком подібних робіт є відсутність у них достатніх теоретичних уявлень і висновків, що забезпечують можливість обґрунтованого підходу до проектування машин для замішування з різними конструктивними і технологічними параметрами. Будь-яка теоретична обґрунтованість замішування для підтвердження своєї об'єктивності не може обійтися без практичної перевірки. Дослідження на промислових машинах вимагають матеріальних затрат, вони трудомісткі і тривалі, звідси випливає, що оптимальним розв'язанням даної проблеми є моделювання процесу замішування.

Математична модель роботи тістомісильних машин основана на приблизному розв'язку рівняння руху в'язкої рідини в камері машини. Це дозволяє обґрунтувати основні показники тістомісильних машин – продуктивність і потужність з конструктивними параметрами робочої камери і робочими органами та властивостями хлібного тіста.

Моделювання процесу замішування полягає, з одного боку, у визначенні гідромеханіки руху в'язкої рідини під дією робочих органів в робочій камері різних типів машин, а з іншого, у визначенні критеріїв якості отримання хлібного тіста і їх зв'язку між технологічними і енергосиловими параметрами і їх оптимізацією. озрахунку зсувних деформацій потрібні елементарні дані про розподілення швидкості потоку в поперечному і поздовжньому перетині робочої камери. Це досягається за допомогою фізичних моделей.

При використанні робочих органів складної геометричної форми із багатократною зміною напрямку потоку і їх взаємного перетину необхідно застосовувати дифузійне моделювання. Останнім часом з'явилися нові математичні і числові методи розв'язку диференціальних рівнянь, що дозволяють використовувати персональні комп'ютери. Це дозволяє ефективно розв'язувати системи рівнянь створеної математичної моделі процесу і скоротити час проектування елементів машин.

УДК 637.523

І. Стадник, Н. Борсук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МОДЕРНІЗАЦІЯ МАШИНИ ДЛЯ РІЗАННЯ КОРЕНЕ- КЛУБНЕПЛОДІВ МАРКИ А9-КР-2В

Винахід відноситься до харчової промисловості, зокрема до машин для різання картоплі, коренеплодів, овочів, фруктів і ягід на кубики, стружку і скибочки.

До різання буряка, як і до різання всякого матеріалу, можуть бути застосовані ті ж основні положення, які застосовуються, до різання металів, що вперше було використано П. С. Січовим. Нехай, як це прийнято в теорії різання, γ - передній кут ножа, α - задній кут ножа і β - кут загострення. При входженні ножа в буряк її клітини біля леза деформуються і ніж, вклинаючись в тіло буряка, викликає відрив частини клітин і утворення так званої випереджаючої тріщини. Спочатку напрямок цієї тріщини співпадає з напрямком переміщення буряку, потім через деякий відносно зміщення l напрямок тріщини відхиляється в зовнішні шари, утворюючи в стружці щілини глибиною a .

Відстань між щілинами l і їх глибина a залежать головним чином від радіуса заокруглення леза ножа δ і від кута загострення ножа β ; це підтверджується експериментальними даними П. С. Січового (рисунок). Краща стружка А з мінімальною довжиною випереджальних тріщин отримана при $\delta = 5\mu$ і $\beta = 18^\circ$.

При $\beta = 40^\circ$ і $\beta = 18^\circ$, тобто при затупленні ножів, отримана стружка Б з шорсткою поверхнею; при $\delta = 8\mu$, тобто при досить гострому ножі, і $\beta = 40^\circ$ стружка В виходить не тільки з великими щілинами і з шорсткою поверхнею, але і змінної товщини.

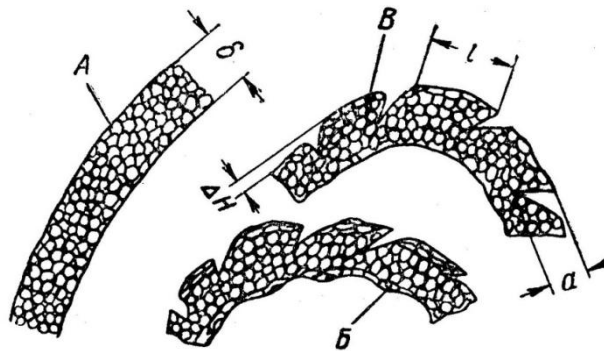


Рисунок. Структура бурякової стружки, нарізаної різними ножами.

Проникність стружки першого типу А виявилася найкращою; це встановлено за допомогою стиснення однакових порцій стружки всіх сортів одним і тим же вантажем з наступною фільтрацією через них води. Таким чином, стружка, одержувана гострими ножами, володіє найбільшою пружністю, здатністю протистояти стисненню, отже є найкращою з точки зору здійснення дифузійного процесу, так як така стружка більш рівномірно обтікає соком.

1. Соколов А. Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. М.: Колос, 1975. – 495с.
2. Демский А.Б., Борискин М.А., Тамаров Е.В., Чернолихов А.С. Справочник оборудования для производства муки и крупы. -М.: Агропромиздат, 1990.-397 с.

УДК 664.643.1

І. Стадник, М. Михайлишин

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПЛАСТИФІКАТОРА З ТІСТОМ

Вважаючи те, що принцип побудови роботи безлопатевої тістомісильної машини є циклічним, то коливальні процеси, які її супроводжують, мають вимушений гармонійний характер. Коли маса тіста рухається із швидкістю V_T (м/с) між місильним барабаном і пластифікатором відбувається рух пластифікатора під дією тіста, тобто з деяким тиском на важіль пружини. Важіль є поверхня пластифікатора, що рухається шарнірно. Отже на поверхню діє неврівноважена рушійна сила рухомого тіста. Відповідно дії тіста, діє сила опору пружини, що хоче повернути пластифікатор в попереднє положення. Процес зворотньо-поступального руху поверхні пластифікатора під дією пружних зв'язків від початку і до завершення пластифікації відбувається за час τ із частотою ω . За рахунок пружних зв'язків процес пластифікації можна скоротити, або розтягнути, що відповідно впливає на створення вібраційного поля.

Величина деформації пружного зв'язку $x(t)$ змінюється з часом, а сила пружного зв'язку (x, \dot{x}) представлена у вигляді системи: $(x, \dot{x}) = F(x) + (\dot{x})$, де, $F(x)$ – відновлююча пружна сила; $F_D(\dot{x})$ – непружна сила дисипації.

Відновлююча пружна сила $F(x)$ залежить від жорсткості і величини деформації пружного елемента. Напружена сила дисипації $F_D(\dot{x})$ визначає незворотне розсіювання енергії у навколишнє середовище, у матеріалі пружних елементів.

На тісто діють: сила тяжіння G , сила внутрішнього тертя F_T , сила прилипання до пластифікатора (адгезійна) F_{np} , сила ковзання до пластифікатора $F_{ков}$, сила нормальної реакції з боку пластифікатора N , а також сила з боку маси тіста (рушійна) F_p , що виникає внаслідок дії місильного барабана. Диференціальні рівняння руху елемента середовища в проекціях на координатні осі (вважаємо, що горизонтальний рух однаковий по всьому перерізу): $m\ddot{x} + a\dot{x} + kx = fN \cdot \sin \alpha + F_p \cdot \cos \alpha \omega \tau$. Тоді рівняння руху буде: $m\ddot{x} + a\dot{x} + kx = f(G \sin \alpha - Fm \cos \alpha - F_p \cos \alpha) \sin \alpha + F \cos \omega \tau$. Диференціальне рівняння коливної системи має вигляд:

$$m \cdot \ddot{x} + 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot R \cdot (1 + f \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha) \cdot \dot{x} + k \cdot (1 + f \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha) \cdot x = m \cdot g \cdot f \cdot \sin^2 \alpha + \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} \cdot \left(\frac{a_2}{a_1} \right)^2 \cdot \frac{\cos \omega \cdot \tau}{\tau}$$

$$\ddot{x} + \frac{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot R}{m} \cdot (1 + f \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha) \cdot \dot{x} + \frac{k}{m} \cdot (1 + f \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha) \cdot x = g \cdot f \cdot \sin^2 \alpha + \frac{\Delta P}{m \cdot \rho \cdot g} \cdot \left(\frac{a_2}{a_1} \right)^2 \cdot \frac{\cos \omega \cdot \tau}{\tau}$$

зробивши цілий ряд перетворень та розрахунків, шукане рівняння можна представити у вигляді:

$$X = \bar{X} + \tilde{X} = e^{-\alpha \tau} [c_1 \cos \beta \tau + c_2 \sin \beta \tau] + [D_1(\tau) \cos \beta \tau + D_2(\tau) \sin \beta \tau] e^{-\alpha \tau};$$

$$D_1(\tau) = \frac{1}{\beta} \int_0^{\tau} e^{-\alpha \tau} \sin \beta \tau (A + B e^{-\theta \tau} \cos \omega \tau) d\tau, \quad D_2(\tau) = \frac{1}{\beta} \int_0^{\tau} e^{-\alpha \tau} \cos \beta \tau (A + B e^{-\theta \tau} \cos \omega \tau) d\tau$$

$$X = e^{-\alpha \tau} [(c_1 + D_1(\tau)) \cos \beta \tau + (c_2 + D_2(\tau)) \sin \beta \tau] \sin \beta \tau$$

$$\dot{X} = -\alpha e^{-\alpha \tau} [c_1 \cos \beta \tau + c_2 \sin \beta \tau] + e^{-\alpha \tau} [D_1^1 \cos \beta \tau - D_1 \beta \sin \beta \tau + D_2^1 \sin \beta \tau + \beta (c_2 + D_2(\tau) \cos \beta \tau)]$$

Отримано аналітичні залежності дозволяють, виходячи із рушійної сили маси тіста під час пластифікації, визначити потрібну і вибрати необхідну жорсткість і зусилля підтискання пружини. Відповідно до вибраних параметрів тісто одержує коливання, що якісно впливає на структуру тіста та на весь технологічний процес.

УДК 637.532

І. Стадник, С. Четверікова

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ НАНЕСЕННЯ НАМАЗКИ НА ВАФЕЛЬНІ ЛИСТИ МАШИНИ МАРКИ АК-30

Машина для нанесення намазки вафельних листів марки АК-30 служить для нанесення жирових кремових мас на плоскі вафельні листи форматом 290×468мм. Застосовування жирова маса повинна бути гомогенізована і темперована у процесі попередньої обробки і її тверді складові частини повинні бути в середньому меншими 1мм.

Автоматична машина для нанесення намазки АК призначена для виготовлення вафельних блоків з одним або декількома прошарками крему. Нанесення крему виконується контактним способом, придатним для всіх легконамазуваних кондитерських мас [1].

Машина складається з контактної намазувальної головки, секції штабелювання і притискного пристрою. Одним з головних вузлів машини, який безпосередньо виконує функцію даної машини – нанесення намазки на вафельні листи, є механізм нанесення намазки на вафельні листи – намазочна головка (рис.1). Цей вузол складається з калібрувального та наносного валків між якими проходить намазка. Товщина зазору між валками, від якої залежить товщина шару намазки на вафельному листі, регулюється спеціальною рукояткою. Рукоятка дає можливість встановлювати віддалі між рухомим калібрувальним валком, який має рух по вертикалі, і нерухомим наносним валком [1].

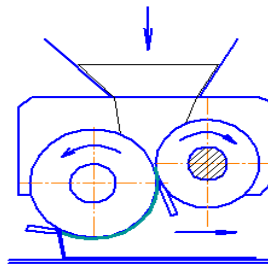


Рис.1. Механізм нанесення намазки на вафельні листи

Метою модернізації механізму нанесення намазки на вафельні листи було зменшення матеріаломісткості та покращення якості нанесення намазки на поверхню вафельного листа. Запропоновано: нанести на калібрувальний валок насічки, замінити матеріал валка зі сталі на латунь, встановити відрізний пристрій у вигляді спіралі (струни). При конструюванні калібрувального валка нами передбачено спеціальні виступи, що знаходяться на торцевих з'єднаннях. Ці заходи сприятимуть покращенню процесу намазування з додержанням постійної температури, начинка буде краще зчіплюватись з валком, та рівномірно передаватись на наносний валок, відповідно і якісніше буде проходити намазка самих вафельних листів.

Література:

1. Л.С.Кузнецова, М.Ю.Седанова. Технологии приготовления мучных кондитерських изделий.-М.:Академия,2007.–319с.

УДК 664

В.Стручок, О.Стручок

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ТА ПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

На території Тернопільської області знаходиться в експлуатації 11 хімічно небезпечних об'єктів (ХНО) харчової та переробної промисловості, з яких 13 об'єктів мають III, а 1 - IV ступінь по хімічній небезпеці. В своїй виробничій діяльності вони використовують біля 280 тонн небезпечних хімічних речовин (НХР).

У результаті можливих хімічних аварій на цих ХНО з виливом (викидом) у навколишнє середовище НХР у зонах можливого хімічного забруднення може опинитися біля 240 об'єктів національної економіки та 7 тис. осіб населення.

Для попередження можливих аварійних ситуацій на ХНО необхідним є комплексний підхід до забезпечення технологічної безпеки в умовах наростаючих кризових явищ у національній економіці та відсутності фінансування значних матеріальних засобів у профілактику аварій та проведення низки важливих запобіжних заходів.

Оскільки, Тернопільська область є дотаційною, регіональна та місцеві програми розвитку цивільного захисту щодо забезпечення населення та особового складу територіальних невоєнізованих формувань цивільного захисту засобами радіаційного та хімічного захисту (РХЗ) практично не фінансуються. Забезпечення персоналу ХНО засобами РХЗ становить біля 82%, а непрацюючого населення, яке проживає у прогнозованих зонах хімічного забруднення, 7%.

Тому актуальним є забезпечення персоналу ХНО, його аварійно-рятувальних формувань засобами РХЗ та недопущення з його боку помилок та халатності в роботі, з тим, щоб не допустити виходу НХР за межі санітарно-захисних зон ХНО.

Статистичні дані свідчать, що 80% аварійних ситуацій у промисловості, зокрема на ХНО харчової та переробної галузі, виникає внаслідок помилок або халатності, що допускається обслуговуючим персоналом. Біля 85% від вказаного числа аварійних ситуацій обумовлено нездатністю персоналу ХНО, що експлуатує небезпечне обладнання, перебороти емоційний стрес. Зазначений високий вплив людського фактору на аварійну обстановку вимагає проведення ретельного підбору персоналу з тим, щоб виявити людей, які мають схильність до подібної неадекватної поведінки.

У ряді організаційних і психологічних способів профілактики аварійних ситуацій ключове місце займає контроль за станом здоров'я обслуговуючого персоналу, від якого в першу чергу буде залежати поведінка людини.

Адміністрації ХНО повинні проводити ретельне розслідування обставин усіх аварійних ситуацій, які мали місце на підприємстві, незалежно від їх наслідків, та з'ясувати причини як технічного характеру, так і ті, що пов'язані з діями обслуговуючого персоналу. Отримані при цьому дані можуть бути використані для вирішення питання доцільності подальшого використання причетного до аварійної ситуації персоналу, необхідності корегування його підготовки і контролю за якістю виконаної роботи. Крім цього, проведений аналіз ситуацій дозволить виявити ділянки технологічних ліній, цехи та інші структурні підрозділи, для яких є доцільним провести зміну режиму роботи, встановити додаткові засоби автоматичного захисту.

УДК 637.532

О. Хом'як, В. Ворощук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА

Для здійснення процесу замісу тіста потрібно, щоб робочі органи машини здійснювали відносний рух у замішується масі. Характер процесу замісу і якість одержуваного тіста (його однорідність і необхідні фізичні властивості) залежать від багатьох фізико-механічних факторів .

Для ефективної роботи машини мають велике значення кількість тіста, захопленого місильним органом, форма траєкторій його руху, форма місильної місткості та фізико-механічні властивості продуктів замісу .

Тривалість замісу тіста залежить від швидкості руху місильного органу. Зі збільшенням швидкості тривалість замісу зменшується.

Для кожної тістомісильної машини існує оптимальна швидкість руху місильного органу, при якій забезпечується необхідний проміс тіста, а тривалість і потрібна потужність не перевищують практично встановлених норм.

На практиці зустрічається необхідність застосування високих швидкостей руху місильного органу для забезпечення повного утворення клейковини борошна з твердих пшениць. При цьому потрібна потужність для приведення в рух місильного органу зростає в 2,5 - 3 рази.

Для зменшення витрат енергії на заміс тіста в цих випадках застосовують двошвидкісні електродвигуни з відношенням потужностей 1:2. На початку замісу тіста, коли відбувається змішування складових частин, місильному органу надають незначної швидкості, а в кінці - максимальну швидкість , що забезпечує утворення клейковини.

Вплив фізико-механічних властивостей тіста на витрату енергії при замісі тіста найлегше виявити при спостереженні за все замісу від його початку до кінця.

Споживання енергії протягом замісу однієї порції тіста нерівномірне: на початку замісу витрачається мінімум енергії (на змішування інгредієнтів), потім витрата поступово зростає і до кінця замісу стає максимальним (утворення тіста). При подальшому продовженні замісу процесу замісу витрата енергії деякий час залишається стабільною, а потім різко падає. Це свідчить про руйнування структури тіста, в результаті чого погіршується еластичність, знижується в'язкість і тісто стає липким і вологим .

Якісно виконаний процес замісу тіста – це головна передумова якісних хлібобулкових та кондитерських виробів.

УДК 66.045

В. Чайка, В. Ворошук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СПИРТОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ В УКРАЇНІ

В економіці України одне з найважливіших місць займає ринок спирту та алкогольної продукції. Сьогодні вітчизняна спиртова промисловість за рік може випускати понад 70 млн дал спирту при власній потребі 20 млн дал. Важливим завданням є поліпшення якісних показників спирту та горілки, зниження їх собівартості і збільшення прибутків від реалізації цих продуктів. Оскільки всі питання, пов'язані з виробництвом, реалізацією і споживанням алкоголю Україні, регулюються державою, виробництво спирту забезпечує економічну безпеку і незалежність країни.

На рівень розвитку і ефективність роботи спиртової та лікєро-горілкової промисловості і впливають такі фактори:

- доцільний (з урахуванням пропозицій виробників) порядок оподаткування спирту та лікєро-горілкової продукції акцизним збором;
- повнота контролю спиртового та лікєро-горілкового виробництва і керування ним. Це - ступінь автоматизації контролю виробництва, комп'ютеризація, управління основними і допоміжними процесами, схема своєчасного виявлення неполадок технологічних процесів, єдина інформаційна система обліку виробництва спирту, а також рівень науково-дослідних робіт, спрямованих на поліпшення якості кінцевих продуктів і зниження їх собівартості.

За останні роки постачання спирту на експорт обмежувалася, скорочувалось його споживання в Україні. Все це вимагає пошуку нових шляхів використання існуючих виробничих потужностей спиртових заводів. Необхідно вжити невідкладних заходів для підтримки вітчизняних виробників харчового і технічного спирту та іншої продукції галузі (діоксид вуглецю, хлібопекарські дріжджі, сухі кормові дріжджі тощо), підвищити рівень самозабезпечення країни зазначеною продукцією, розширити її експорт.

Потребують удосконалення механізми і форми витіснення з ринку фальсифікованих алкогольних напоїв, види адміністративної відповідальності за реалізацію та обіг неврахованої продукції. Всі конфісковані алкогольні напої та спирт мають перероблятися і використовуватися виключно для технічних цілей.

Повернувшись обличчям до товаровиробника, держава отримує суттєве збільшення доходної частини бюджету та зростання прибутків громадян, що в свою чергу стимулює сферу послуг, науку, освіту, медицину.

УДК 664.01

О. Яршевич, В. Ворощук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ПРИ МИТТІ ОВОЧІВ ТА ФРУКТІВ

Санітарно-гігієнічні заходи на підприємствах по переробці овочів і фруктів повинні запобігати розмноженню не тільки патогенних мікроорганізмів, але і викликають псування продуктів. В овочах найбільш часто зустрічаються лактобактерії, плісняві гриби та дріжджі заражають і овочі, і фрукти. Велика частина забруднень на підприємствах по переробці овочів і фруктів видалається промиванням теплою водою, тому хороша організація заходів щодо виконання санітарної програми забезпечує безпеку виробництва овочевої та плодово-ягідної продукції.

Завдання санітарної програми - забезпечити мінімальну кількість всіх видів забруднень, включаючи мікробіологічні, на всіх етапах виробництва, зберігання сировини та готової продукції, відвантаження і реалізації готових харчових продуктів.

Джерелами забруднень в сировинних продуктах можуть бути: забруднений ґрунт, хвороботворні мікроорганізми, що потрапили на сировину від домашньої худоби, птахів, або навіть від збирачів врожаю. Критичними є наступні стадії: приймання сирих овочів і фруктів, сортування та організація процесу їх миття. Видалення забруднень і хвороботворних мікроорганізмів під час миття овочів і фруктів є запорукою безпеки всіх наступних стадій виробництва.

Повітря, що містить пил, мікроорганізми, алергени, є додатковим джерелом забруднення, що призводить до псування овочів і фруктів або їх зараженню патогенними мікроорганізмами. Для усунення цього джерела забруднень підприємство оснащують фільтрами, регулярно миють і дезінфікують систему вентиляції.

Забруднення і зараження овочів і фруктів комахами, птахами, свійськими та дикими тваринами може відбуватися вже під час вирощування та збору врожаю. На підприємстві необхідно розробити ефективну програму, що перешкоджає проникненню тварин, птахів і комах на територію. Неefективна або погано виконувана санітарна програма також може стати джерелом забруднень готової продукції. Зокрема, забруднення можуть вноситися з водою, що містить мікроорганізми. Тому для всіх операцій, включаючи прибирання і дезінфекцію, слід використовувати очищену воду, піддану антимікробній обробці, оскільки спорові мікроорганізми здатні виживати в звичайній хлорованій воді. Вміст у воді мікроорганізмів, органічних і неорганічних домішок контролюють щодня. Забезпечення належної санітарно-гігієнічної обробки сировини – це одне із найважливіших завдань при виробленні продуктів харчування і є питанням національної безпеки будь-якої держави.

ЗМІСТ

Секція: МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І МЕХАНІКА	6
М. Базар, О. Шаблій, Ч. Пулька, Л. Цимбалюк, О. Король.....	Ошибка! Закладка не определена.
ВИЗНАЧЕННЯ ІМПЕДАНСУ ІНДУКТОРА	Ошибка! Закладка не определена.
І. Баран, О. Дуда	7
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ АБО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ У ДВОШАРОВОМУ ЦИЛІНДРИЧНОМУ ТІЛІ З ТОНКИМ ВКЛЮЧЕННЯМ	7
Н. Гащин, Ю. Гладьо	8
ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ ДЖЕРЕЛ ПОСТІЙНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ НАГРІВАННЯ КІЛЬЦЕВОГО ДИСКА	8
Л. П. Дмитроца	9
ПРО НАБЛИЖЕННЯ ФУНКЦІЙ ЗІ ЗМІННИМ ПЕРІОДОМ.....	9
Г. Козбур, Н. Крива	10
АНАЛІТИЧНИЙ РОЗВ'ЯЗОК АНТИПЛОСКОЇ ПРУЖНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ ТІЛА З ПІВБЕЗМЕЖНИМ ПРЯМОКУТНИМ ВИРІЗОМ	10
О. Король, О. Шаблій, М. Базар, Л. Цимбалюк.....	11
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ СПРАЦЬОВАНИХ ПОВЕРХОНЬ ТІЛ ОБЕРТАННЯ	11
І. Лучейко	12
ЗБУРЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕАГЕНТУ В СИСТЕМІ “РЕАКЦІЯ $A_1 \rightleftharpoons \alpha_{i+1} A_{i+1}$ + ПРОТОЧНИЙ РЕАКТОР ЗМІШУВАННЯ”: ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	12
І. Лучейко, Р. Коцюрко, В. Коваль	13
РОЗРАХУНОК ДОПУСТИМОЇ ТОВЩИНИ НАКИПУ ЗА ВІДНОСНИМ ЗБІЛЬШЕННЯМ ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ ПОТОКУ РІДИНИ В ТРУБЧАСТОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ	13
М. Михайлишин, Б. Головатий.....	14
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ І ДЕФОРМАЦІЙ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В РЕЗУЛЬТАТІ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТІЛ	14
О. Муль.....	15
АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ АВТОКОЛИВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ В ДЕЯКИХ ГЛИБОКОВОДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВКАХ	15
М. Свередюк	16
СУЧАСНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ЗА ПУЛЬСОВОЮ ХВИЛЕЮ.....	16
С. Федак.....	17
ЛОГАРИФМІЧНА ДОВГОТРИВАЛА ПОВЗУЧІСТЬ СТАЛЕЙ.....	17

О. Шкодзінський, І. Белякова, В. Медвідь, В. Пісьціо,	18
ОПТИМІЗАЦІЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПОПЕРЕЧНО-ПОПЕРЕЧНОГО ТИПУ У ОДНОМІРНИЙ ПОСТАПНОВЦІ.....	18
Секція: ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....	19
С. Балабан ¹ , В. Чиж ¹ , М. Александер ²	19
ВИБІР МЕТОДУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ СИЛИ СИГНАЛІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВУЗЛІВ У БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ.....	19
І. Баран, О. Дуда.....	20
ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ.....	20
О. Кареліна.....	21
ЗАСОБИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ARIS ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ.....	21
М. Карпінський ¹ , Н. Мороз ² , А. Яворський ²	22
ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ЯК ОСНОВА БЕЗПЕКИ МЕРЕЖ.....	22
С. Лупенко, Н. Луцик.....	23
СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЙМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕРЦЕВОЇ АКТИВНОСТІ.....	23
О. Мацюк, Ю. Гладько, О. Дуда.....	24
ПРОЦЕДУРИ ТА ФУНКЦІЇ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖІ.....	24
Б. Млинко, М. Фриз.....	25
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОТОПЛЕТИЗМОДІАГНОСТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ОРТОГОНАЛЬНИХ РОЗКЛАДІВ.....	25
Д. Сікорський.....	26
РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЕКОНОМІКИ В УКРАЇНІ.....	26
Г. Цуприк.....	27
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОГЕРЕНТНОСТІ ВИБІРОК БІОСИГНАЛУ В ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІЙ БІОМЕДИЧНІЙ СИСТЕМІ.....	27
В. Чиж, Н. Мороз, А. Яворський.....	28
РОЛЬ І МІСЦЕ БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ В ПОБУДОВІ НОВІТНІХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	28
Секція: МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПО-ДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА.....	29
А. Бабій, М. Бабій, А. Матвіїшин.....	29
ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ПРИВОДНОГО МЕХАНІЗМУ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ.....	29

М.Бабій, А.Бабій.....	30
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПРИ СКОШУВАННІ ТРАВ.....	30
В. Олексюк, А. Матвіїшин	31
АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ АКТИВІЗАЦІЇ СЕПАРАЦІЇ ҐРУНТУ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН	31
О. Цьонь, П. Попович, Г. Цьонь	32
ПРОГРАМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АКТИВНИХ ПЛОСКИХ НОЖІВ.....	32
О. Цьонь, М. Сташків, Н. Хомик	33
СТЕНД ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ АКТИВНИХ ДООБРИЗУВАЧІВ ГИЧКИ.....	33
Секція: ІМОВІРНІСНІ МОДЕЛІ БІОФІЗИЧНИХ СИГНАЛІВ І ПОЛІВ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЇХ ІДЕНТИФІКАЦІЙ.....	34
М.Бачинський	34
МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОЇ СВІТЛОВОЇ СТИМУЛЯЦІЇ	34
О.Гевко, Є.Яворська.....	35
ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОЦІНКИ ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ- ОПЕРАТОРА	35
І. Дедів, Л. Дедів, В. Дозорський	36
МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ДОСТОВІРНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ОПРАЦЮВАННЯ ДИХАЛЬНИХ ШУМІВ В РАМКАХ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ У ВИГЛЯДІ ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ	36
В. Забитівський, Ю. Лещишин	37
МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОРЕТИНОСИГНАЛІВ З МАЛОЮ ВИБІРКОЮ.....	37
Ю. Лещишин.....	38
ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВІКОННОЇ ФУНКЦІЇ ПРИ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗЛАДКИ РИТМОКАРДІОСИГНАЛУ	38
В. Никитюк	39
АЛГОРИТМ РЕАЛІЗАЦІЇ СИНФАЗНОГО МЕТОДУ ОПРАЦЮВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО СИГНАЛУ	39
Ю.Підгурська, М. Хвостівський	40
КОМПОНЕНТНИЙ МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ МАГНІТОКАРДІОСИГНАЛУ	40
О.Ригайло, М. Хвостівський	41
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РЕОСИГНАЛУ У ВИГЛЯДІ ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ	41

М. Тимчак	42
ОБГРУНТУВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИНФАЗНОГО МЕТОДУ ОПРАЦЮВАННЯ ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНТЕРО СИГНАЛУ	42
В. Фалендиш, М. Бачинський	43
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДДІЛІВ ПРОФІЛАКТИЧНИХ ОГЛЯДІВ ЛІКУВАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ	43
Я.Чернецький, О. Гевко, М.Хвостівський	44
АКТУАЛЬНІСТЬ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОМІОСИГНАЛУ	44
Б.Яворський, Л. Хвостівська, Є.Яворська	45
АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИНФАЗНОГО ТА КОМПОНЕНТНОГО МЕТОДІВ ЩОДО АНАЛІЗУ ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛУ СУДИН ЛЮДИНИ	45
Секція: ЕЛЕКТРОТЕХНІКА І СВІТЛОТЕХНІКА, ЕЛЕКТРОНІКА	46
В.Андрійчук, І. Белякова, В.Медвідь, В.Пісьціо.....	46
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА	46
І. Белякова, В. Медвідь, В. Пісьціо, О. Шкодзінський	47
МЕТОДИКА АПРОКСИМАЦІЇ ПОЗИТИВНОЇ ГІЛКИ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЇ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОДІОДІВ	47
М. Гнатович	48
ВПЛИВ РІВНЯ ОСВІТЛЕНОСТІ НА СВІТЛОКУЛЬТУРУ РОСЛИН	48
П. Євтух, О. Вакуленко, О. Михайлов	49
ДОАВАРІЙНЕ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ В КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	49
П. Євтух, В. Сай, Я. Бошняк.....	50
ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ АСИНХРОННОЇ МАШИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО РЕЗОНАНСУ	50
В. Закордонець, к.ф.-м.н., Н. Кутузова асп.	51
РОЗРАХУНОК ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ СВІТЛОДІОДІВ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИМИ МОДУЛЯМИ ОХОЛОДЖЕННЯ.....	51
В. Коваль	53
ЗАЛЕЖНІСТЬ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВІД ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ	53
К. Козак	54
РЕГУЛЮВАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА З ТОЧКИ ЗОРУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	54

А. Лупенко	55
ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ РОЗРЯДНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ.....	55
М. Тарасенко.....	56
ДИНАМІКА ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА В ПРОЦЕСІ РОЗГОРАННЯ	56
Секція: МАТЕМАТИКА	57
І. Габрусєва, Г. Габрусєв	57
МЕТОДИКА НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ ПАРНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ РІВНЯНЬ	57
О. Панчук	58
ПАРНІ ІНТЕГРАЛЬНІ РІВНЯННЯ ЯДРА ЯКИХ МІСТЯТЬ ФУНКЦІЮ БЕССЕЛЯ....	58
Л. Романюк.....	59
ГІБРИДНА АЛГЕБРО-ОДНОПАРАМЕТРИЧНА ДИФЕРЕНЦІАЛЬНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОЕФІЦІЕНА ТУРБУЛЕНТНОЇ В'ЯЗКОСТІ.....	59
О. Самборська.....	60
ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРЕМ ДОДАВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ФУНКЦІЙ В ЗАДАЧАХ ПРО НЕСТІЙКІСТЬ РЯДУ ВОЛОКОН В ПРУЖНІЙ МАТРИЦІ	60
Л. Фурсевич	61
РОЗКЛАД ЗА ВЛАСНИМИ ФУНКЦІЯМИ СПЕКТРАЛЬНОЇ ЗАДАЧІ З ПАРАМЕТРОМ У ГРАНИЧНИХ УМОВАХ.....	61
Б. Шелестовський.....	62
РОЗВ'ЯЗОК СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ФУР'Є, БЕССЕЛЯ І ЛЕЖАНДРА ДЛЯ МОДИФІКОВАНИХ ФУНКЦІЙ	62
Секція: ФІЗИКА	63
Л. Дідух	63
НЕСЕМИТРИЧНА Т- <i>J</i> -МОДЕЛЬ: ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ В СИЛЬНОКОРЕЛЬОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ У КВАЗІКЛАСИЧНОМУ НАБЛИЖЕННІ	63
Ю. Довгоп'ятій	64
НОВІ РЕЗУЛЬТАТИ У ФІЗИЦІ СИЛЬНОКОРЕЛЬОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ	64
О. Крамар	65
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ СТУДЕНТАМИ СКОРОЧЕНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ	65

О. Крамар, Ю. Скоренький, Ю. Довгоп'ятий	66
ВПЛИВ ФОРМИ НЕЗБУРЕНОЇ ГУСТИНИ ЕЛЕКТРОННИХ СТАНІВ НА КОНЦЕНТРАЦІЮ ПОЛЯРНИХ СТАНІВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНУ ЩІЛИНУ В МОДЕЛІ ОРБІТАЛЬНО ВИРОДЖЕНОЇ ЗОНИ	66
В. Кульчицький	67
ФОРМУВАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ПОНЯТЬ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ОПТИКИ У СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ВУЗІВ	67
В. Мочарський ¹ , Ю. Нікіфоров ¹ , В. Джемелінський ² , Б. Ковалюк ¹ ,	68
ЛАЗЕРНА АБЛЯЦІЯ ЗАДИРОК НАВКОЛО ОТВОРІВ У МІНІДЕТАЛЯХ ІЗ СКЛАДНОЮ ПРОСТОРОВОЮ ФОРМОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОСЕКУНДНИХ ЛАЗЕРНИХ ІМПУЛЬСІВ	68
Ю. Нікіфоров, О.Сіткар	69
ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ВПРОВАДЖЕННЯ НАНОТРУБОК ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРА	69
О. Рокіцький.....	70
ОСТАП СТАСІВ (1903 – 1985).....	70
Ю. Скоренький	71
ІНСТРУМЕНТИ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ В МАСОВИХ ДИСТАНЦІЙНИХ КУРСАХ	71
Секція: ХІМІЯ, ХІМІЧНА, БІОЛОГІЧНА ТА ХАРЧОВА ТЕХНОЛОГІЇ.....	72
Л. А. Бейко	72
КОНСЕРВОВАНІ СОЛОДКІ СОУСИ З ДОДАВАННЯМ ЦИБУЛІ	72
О. Данилюк, І. Данилюк	73
ВИРОБНИЦТВО ТА ВИКОРИСТАННЯ капсульованих добрив ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АГРОСИСТЕМ	73
О.Мельнічук.....	74
ВИРОБНИЦТВО ПЛОДОВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ (ПІДВАРОК) ОДИН ІЗ НАПРЯМІВ РОЗВИТКУ КОНСЕРВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	74
І.Назарко.....	75
БЕЗПЕЧНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ХАРЧОВИХ БАРВНИКІВ	75
О. Покотило, А. Лялик.....	76
ВИКОРИСТАННЯ ЛЛЯНОЇ ОЛІЇ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СИРУ	76
В. Сельський ¹ , О. Мельнічук ¹ , Ю. Федорчак ²	77
ОСОБЛИВОСТІ ХАРЧУВАННЯ ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ	77
Ю. Юзва, Н. Дичко, О. Покотило	78
ВІТЧИЗНЯНИЙ РИНОК МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ З ОМЕГА-3 ПОЛІНЕНАСИЧЕНИМИ ЖИРНИМИ КИСЛОТАМИ.....	78

Секція: ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ	79
Альошін Д., Коваль О., Піддубний В.	79
УЗАГАЛЬНЕНИЙ ПІДХІД ДО МАСООБМІНУ В ГАЗОРІДИННИХ СЕРЕДОВИЩАХ	79
В. Атаманюк, Д. Кіндзера, Б. Микичак	80
ФІЛЬТРАЦІЙНЕ СУШІННЯ ЛУЩЕНОГО БЕРЕЗОВОГО ШПОНУ У ПАКЕТІ	80
Ю. Бачинський, Т. Вітенько	81
АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ МАКАРОННИХ ПРЕСІВ	81
Т. Вітенько, Н. Городиський	82
ЗМІНА В'ЯЗКОСТІ РІДКИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ПІД ЧАС КАВІТАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ	82
В. Ворощук, М. Шинкарик	83
ІНТЕНСИВНІСТЬ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ СИРКОВИХ МАС В РОТОРНО-ВИХРОВОМУ ЕМУЛЬСОРІ	83
А. Деркач, І. Стадник	84
АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ ЗЕРНА	84
Т. Зарецька, Т. Вітенько	85
ПЕРСПЕКТИВИ КАВІТАЦІЙНО-АДСОРБЦІЙНОГО ДООЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ	85
Ю. Захарченко, Н. Зварич	86
АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИРОБНИЦТВА КОНДИТЕРСЬКОЇ ПОМАДИ	86
В. Каспрук, В. Куц	87
ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧА ІЗ ЗУСТРІЧНИМИ ЗАКРУЧЕНИМИ ПОТОКАМИ	87
А. Кришталович, В. Ворощук	88
ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМ СІП-МИТТЯ НА ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ	88
В. Куц, В. Каспрук	89
МІСЦЕ ВІДЦЕНТРОВИХ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІВ З ЖАЛЮЗІЙНИМ ВІДВОДОМ ПОВІТРЯ В КЛАСИФІКАЦІЙНІЙ СХЕМІ ПИЛООЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ	89
О. Лясота, І. Оверко	90
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВОВЧКА К7-ФВ2-П160-01 НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОСМНІСТЬ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СИРОВИНИ	90
С. Мазуранчик, В. Ворощук	91
ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО СУЧАСНИХ ТІСТОЗАКАТУВАЛЬНИХ МАШИН	91

Д. Пашинський, М. Шинкарик.....	92
ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТУ ДЛЯ ВИПІКАННЯ ВАФЕЛЬНИХ ЛИСТІВ МАРКИ G-30	92
І.Стадник	93
ПРИНЦИП ІНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТІСТОМІСИЛЬНИХ МАШИН.....	93
І.Стадник	94
ЗНАЧЕННЯ І ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗАМШУВАННЯ	94
І. Стадник, Н. Борсук	95
МОДЕРНІЗАЦІЯ МАШИНИ ДЛЯ РІЗАННЯ КОРЕНЕ-КЛУБНЕПЛОДІВ МАРКИ А9- КР-2В	95
І. Стадник, М. Михайлишин	96
ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПЛАСТИФІКАТОРА З ТІСТОМ.....	96
І. Стадник, С. Четверікова	97
МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ НАНЕСЕННЯ НАМАЗКИ НА ВАФЕЛЬНІ ЛИСТИ МАШИНИ МАРКИ АК-30.....	97
В.Стручок, О.Стручок.....	98
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ТА ПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	98
О. Хом'як, В. Ворощук	99
АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗАМШУВАННЯ ТІСТА	99
В. Чайка, В. Ворощук.....	100
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СПИРТОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ В УКРАЇНІ.....	100
О. Яршевич, В. Ворощук	101
САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНІ ВИМОГИ ПРИ МИТТІ ОВОЧІВ ТА ФРУКТІВ.....	101

