

Міністерство освіти і науки України  
Житомирський державний технологічний університет

# ТЕЗИ

**I Всеукраїнської науково-технічної конференції  
«Комп'ютерні технології: інновації, проблеми,  
рішення»**



м. Житомир, 17-18 квітня 2015 р.

ЖДТУ  
2015

УДК 004  
ББК 32.97  
Т11

*Рекомендовано до друку Вченою радою Житомирського державного технологічного університету (протокол №9 від 30.03.2015р.)*

Т11 **Тези** I Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення» (17–18 травня 2015 року). – Житомир : ЖДТУ, 2015. – 156 с.  
ISBN 978-966-683-434-1

Представлено доповіді учасників Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення». Наведено аналіз та результати досліджень сучасних проблем комп'ютерно-інформаційних технологій, систем керування та автоматизації, радіотехніки і телекомунікацій та цифрової обробки сигналів.

**УДК 004**  
**ББК 32.97**

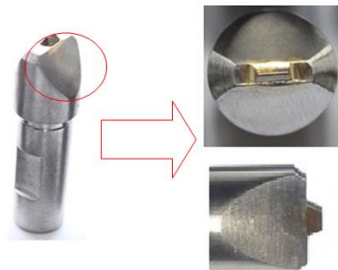
## СЕКЦІЯ 1. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ ДАНИХ

УДК 681.3.07

*Білинський Й.Й., д. т. н., проф., зав.каф. електроніки  
Сухоцька І. В., аспірантка  
Вінницький національний технічний університет*

### ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАЛОГАБАРИТНИХ ОБ'ЄКТІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ З СУБПІКСЕЛНОЮ ТОЧНІСТЮ

Визначення геометричних параметрів малогабаритних об'єктів складної форми за допомогою методів візуалізації в сучасних вимірювальних технологіях набуває широкого розповсюдження. Проте для точного визначення координат необхідно отримати висококонтрасне зображення, що є неможливим при знаходженні розмірів об'єктів на межі роздільної здатності систем реєстрації, а також малогабаритних деталей та деталей складної форми. Крім того, розмір поверхні, вимірюваний у самого краю, не завжди є тим дійсним розміром поверхні, за допомогою якої деталь виконує своє функціональне призначення (рис. 1). При спробі провести вимірювання в перетині, що розташований нижче верхньої межі об'єкта, зображення зони візуалізації стає нечітким, розмитим через вплив точок об'єкта, розташованих вище фокальної площини об'єктива.



*Рис. 1. Візуалізація об'єкта складної форми на прикладі алмазного різця*

В роботі запропоновано, для підвищення точності визначення геометричних параметрів мікрооб'єктів складної форми, використати субпіксельний метод визначення координат контурних точок об'єкта з застосуванням шупа для локалізації крайової точки. Знаходження координат краю досліджуваного об'єкта зводиться до знаходження спільної точки зображення краю шупа та межі зображення об'єкта (рис. 2)

та визначається як

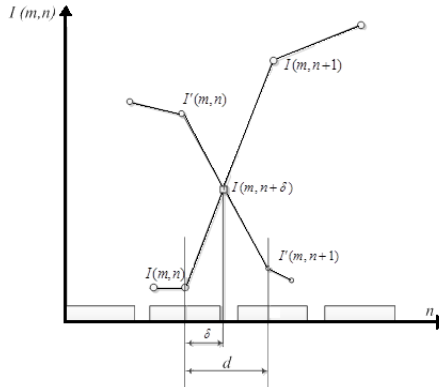
$$X = (n - I) \cdot d + \delta,$$

де  $d$  – відстань між пікселами;  $\delta$  – субпіксельне зміщення.

Субпіксельне зміщення координати відносно центра пікселя дорівнює

$$\delta = \frac{I'(m, n) - I(m, n)}{(I(m, n + 1) - I'(m, n + 1)) + (I'(m, n) - I(m, n))} \cdot d$$

де  $I(m, n)$ ,  $I'(m, n)$ ,  $I(m, n + 1)$ ,  $I'(m, n + 1)$  – інтенсивності  $N$ -го та  $N + 1$ -го пікселя для шупа та досліджуваного об'єкта відповідно.



**Рис. 2.** Залежність номера фотокомірки від інтенсивності

Одним з основних геометричних параметрів є площа, оскільки характеризує загальні розміри об'єкта. За традиційними способами обчислення площа визначається як сума всіх пікселів об'єкта за винятком граничних, з урахуванням субпіксельної поправки

$$S = \sum_{\text{об'єкт}} \begin{cases} \frac{1}{2} \text{unit} & \text{для діагональних пікселів;} \\ \text{unit} & \text{в іншому випадку,} \end{cases}$$

А з врахуванням субпіксельного зміщення площа об'єкта буде визначатись як

$$S = \sum_{\text{об'єкт}} \left( \frac{1}{2} \pm \frac{\delta}{10} \right) \text{unit}.$$

Отже, знаходження субпіксельних координат контурних точок зображення об'єкта для визначення геометричних параметрів мікрооб'єктів дозволяє зменшити похибку до 10% ширини пікселя, а використання шупа – контролювати геометричні параметри з високою точністю.

УДК 004.942.001.57

*Білодід Н. М., асистент кафедри ПЗС,  
Власенко О. В., ст. викл. кафедри ПЗС,  
Оринчак І. А., ст.викл. кафедри КІ  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНОГО СХОВИЩА DROPBOX ДЛЯ ОБМІНУ ДАНИМИ У РОЗПОДІЛЕНІЙ БАЗІ ДАНИХ 1С:ПІДПРИЄМСТВО**

Важливу роль в процесі автоматизації сучасного підприємства відіграє автоматизований обмін даними між різними підсистемами.

Розподілені бази даних призначені для створення територіально розподілених систем на основі ідентичних конфігурацій «1С: Підприємства». Це зручне рішення для підприємств з територіально розподіленою структурою з потребою у веденні єдиної системи обліку.

Механізм Розподілених баз даних дозволяє синхронізувати вміст інформаційних баз (ІБ) шляхом перенесення змінених об'єктів даних між кожною з периферійних і центральною ІБ. Для перенесення даних використовуються так звані файли переносу даних. Перенесення змін виконується тільки між центральною і периферійними ІБ. Перенесення даних безпосередньо між периферійними ІБ неможливе. Тому зміни даних, вироблені в одному з периферійних вузлів розподіленої ІБ потрапляють в інші периферійні вузли тільки через центральну ІБ.

Процес перенесення даних може здійснюватися через Інтернет (електронна пошта, FTP і т.д.) або на знімних носіях (flash-пам'ять).

– розподілена система повинна мати деревоподібну структуру, в якій існує кореневий вузол і визначено ставлення "головний - підлеглий" для кожної пари пов'язаних вузлів;

– обмін даними виконується у форматі XML документів;

– зміни конфігурації поширюються в повідомленнях обміну разом зі змінами даних;

– внесення змін в конфігурацію можливо тільки в одному (кореневому) вузлі розподіленої системи;

– зміни конфігурації передаються від головного вузла до підлеглих;

– внесення змін до даних можливо в будь-якому вузлі системи;

– зміни даних передаються між будь-якими пов'язаними вузлами.

Передбачені методи перенесення файлів з використанням електронної пошти або FTP серверу мають певні недоліки, які знижують безпеку мережі, а використання локальної мережі не дозволяє виконувати обмін даними з віддаленими вузлами.

З появою хмарних сховищ, з'явилася можливість вдосконалити та розширити методи обміну даними в розподіленій базі 1С.

На сьогоднішній день існує чимало платформ Apple, Microsoft, Google, які надають своїм користувачам хмарні сховища даних. Однак, для організації обміну даними в розподіленій базі 1С краще використовувати хмарні сервіси, які не прив'язані до якоїсь конкретної платформи, наприклад - DropBox

Сервіс DropBox надає користувачам можливість безкоштовно зареєструватися і отримати в розпорядження 2 Гб пам'яті для зберігання даних. Встановлення програми-клієнта сервісу можливе на будь-якій кількості машин-клієнтів, підключених до Інтернету. Після вибору цільової папки, файли, які знаходяться в ній, автоматично синхронізуються, як з аналогічними файлами інших комп'ютерів-клієнтів, так і з даними сховища центрального сервера DropBox.

Основною перевагою описаного способу обміну є його повна автоматизованість. Клієнт DropBox запускається на сервері. Він працює з папкою сервера, яка відкрита для комп'ютерів всієї локальної мережі. Використання хмарного сховища та його програм-клієнтів значно пришвидшує процес обміну даними. Це викликано тим, що час, який 1С очікує на передачу файлу обміну, не витрачається. Файл просто записується у локальну папку, а вже механізм синхронізації хмарного сховища, сам його передає у сховище.

Єдиним, практично визначеним недоліком використання хмарного сервісу для синхронізації розподіленої бази 1С, є те, що, у деякі моменти, при одночасному зверненні до одного й того самого файлу у сховищі, створюються копії.

Якщо два клієнти одночасно вносять правки в один і той самий файл, Dropbox не об'єднує зміни. Кожна версія буде збережена як окремий файл з такою ж назвою, але доповненим позначкою «конфліктуюча копія», ім'ям автора або назвою його комп'ютера і датою виникнення конфлікту. Це дозволяє не втратити жодну з внесених змін. Конфліктуючі зміни зберігаються окремо.

Конфлікт копій також може статися, якщо файл залишається відкритим на іншому комп'ютері. Часто це трапляється при використанні додатків з функцією автоматичного збереження. Щоб уникнути таких конфліктів копій, потрібно закрити файл на всіх комп'ютерах.

Компанія розробник 1С підприємства, також надає додатковий програмний інтерфейс для роботи з сервісом DropBox. Це 1С:DropBox API. Даний додаток дозволяє виконувати роботу з кількома акаунтами DropBox одночасно. Але для роботи цієї бібліотеки, необхідна платформа 1С не нижче версії 8.3.2.163.

УДК 004.057.2+004.652

*Григорович А. Г., к.т.н., доцент кафедри ІСТ  
Григорович В. Г., к.ф.-м.н., доцент, завідувач кафедри ІСТ  
Дрогобицький державний педагогічний університет ім.І.Франка*

## **ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ СХОВИЩА ДАНИХ НА ОСНОВІ НЕНОРМАЛІЗОВАНИХ ВІДНОШЕНЬ**

Однією із важливих задач, які виникають на завершальному етапі створення будь-якого програмного продукту, є оцінювання його якості. Особливої актуальності задача оцінювання та покращення якості набуває у зв'язку з глобалізацією економічних процесів, підвищенням конкурентоздатності розроблених додатків за умов входження української економіки до європейської спільноти. Метою дослідження є оцінювання якості розробленого сховища даних (СД) на основі ненормалізованих відношень (ННВ) «Поліклініка» + «Дільничний терапевт».

Згідно стандарту ISO 25010 є дві моделі якості програмних продуктів та систем: модель якості у використанні (Quality in use) та модель якості продукту (Product quality). Перша модель описує характеристики системи з точки зору використання користувачем, друга – визначає характеристики системи як програмного продукту. З точки зору розробки та організації сховищ даних важливою є друга модель. Модель якості продукту класифікує якість програмних продуктів та систем за допомогою восьми характеристик:

- функціональна придатність – ступінь, з якою продукт або система надає функції, що відповідає встановленим і передбачуваним потребам при використанні у визначених умовах;
- ефективність роботи – продуктивність по відношенню до кількості використаних ресурсів при встановлених умовах;
- сумісність – набір атрибутів, які характеризують можливості системи взаємодіяти та співіснувати з іншими системами. Ступінь, з якою продукт, система або компонент можуть обмінюватися інформацією з іншими продуктами, системами або компонентами, та / або виконувати необхідні функції, за умов спільного використання апаратного або програмного середовища;
- придатність до використання – ступінь, з якою продукт або система може бути використана певними користувачами для досягнення конкретних цілей з ефективністю, дієвістю і задоволенням в зазначеному контексті використання;

- надійність – ступінь, з якою система, продукт або компонент виконує задані функції в певних умовах протягом заданого періоду часу;
- захищеність – набір атрибутів, які характеризують конфіденційність та цілісність даних, безвідмовність системи, ведення обліку дій користувача, перевірку автентичності. Ступінь, з якою продукт або система захищає інформацію і дані таким чином, що особи, або інші продукти чи системи мають той ступінь доступу до даних, який відповідає їх типам і рівням допуску;
- придатність до підтримки та супроводу – ступінь дієвості та ефективності, з якою продукт або система може бути модифікована;
- портативність – ступінь ефективності і дієвості, з якою система, продукт або компонент може бути перенесено з одного апаратного, програмного чи будь-якого операційного середовища у інше.

В процесі дослідження оцінювалася якість прикладних програмних систем (ППС) зі СД на основі ННВ як інформаційного продукту. Якість СД оцінена за характеристиками відповідно до стандарту ISO 25010, використовуючи метрики оцінювання характеристик якості. При цьому розглядалися лише такі метрики, які не залежать від конкретної предметної області, апаратних і програмних засобів та дій користувача. Проведено оцінку якості методів та засобів організації ППС зі СД на основі ННВ відносно відомих методів та засобів побудови сховищ даних.

Функціональну відповідність оцінено за функціональною адекватністю, здатність до взаємодії – на основі форматів даних, здатність бути розпізнаним – за наявністю очевидних функцій.

Виконано порівняння СД на основі ННВ «Поліклініка» + «Дільничний терапевт» з медичною інформаційною системою «Кондопога» (РФ), реалізованою з використанням об'єктно-орієнтованих баз даних. Доведено, що використання розроблених трирівневої архітектури СД на основі ННВ, методів та алгоритмів опрацювання ННВ в СД забезпечило розширення функціональних можливостей СД на основі ННВ та зменшення часу доступу до даних.

Виконані дослідження дозволили зробити висновок, що використання ННВ при побудові СД забезпечує підвищення значень окремих метрик характеристик якості програмних систем відповідно до стандарту ISO25010 до 25%.



УДК 519.161

*Данильченко А. О., ст. викл. кафедри КІ  
Кравченко С. М., асистент кафедри ПЗС  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ВИЯВЛЕННЯ МОЖЛИВИХ КОНФЛІКТІВ ВІДНОСИН СЛІДСТВА ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАВДАННЯ ПРО ПАРОСПОЛУЧЕННЯ ЗІ ЗНИКАЮЧИМИ ДУГАМИ**

Призначення процедур в сучасних санаторних і лікувальних установах є складним процесом, який повинен враховувати велику кількість чинників, основними з яких є

- перелік назначених лікарем процедур;
- час роботи процедурного кабінету;
- пропускна спроможність процедурного кабінету;
- тривалість прийому процедури;
- тривалість часу технічної перерви процедурного кабінету;
- сумісність процедур.

Тому до початку рішення задачі доцільно аналізувати вихідні дані з метою виявлення можливих невідповідностей в них.

Вирішена завдання складання розкладу проходження процедур пацієнтами. Розклад призначених пацієнтові процедур представлено дводольним графом  $G = (X, Y, E)$ , де  $X$  – множина вершин графа, які відповідають усім можливим сеансам прийому процедур (згідно встановленого графіка роботи відповідного процедурного кабінету)  $\|X\| = m$ ;  $Y$  – множина вершин графа, які відповідають процедурам, призначеним пацієнтам,  $\|Y\| = n$  (при цьому кожна вершина множини  $Y$  має ознаку приналежності до певного пацієнта);  $E$  – множина ребер графа. Ребро  $(x_i, y_k) \in E, x_i \in X, y_k \in Y, i = 1 \dots m, k = 1 \dots n$  у тому випадку, коли процедура  $y_k$  може бути призначена пацієнтові в проміжок часу.

Відомі обмеження за вихідними даними задані стосунками слідствами  $C$ , такими, що  $(x_i, y_j) \rightarrow C_{i,j} = \{(x_{i_1}, y_{j_1}), \dots, (x_{i_k}, y_{j_k})\}$ .

Ці обмеження враховують, перш за все, неможливість призначення однієї і тієї ж процедури різним пацієнтам на однаковий час (з врахуванням пропускної спроможності процедурного кабінету), а також взаємну сумісність процедур. Крім того, можна при необхідності врахувати і деяку послідовність прийняття процедур і т.д.

Розглянемо випадок, що ілюструє можливі конфлікти стосунків

слідства: пацієнтові призначена процедура «первинний огляд», раніше якої жодна з інших процедур не може бути проведена. Нехай всього було призначено три процедури (рис. 1). При цьому на процедури 1 і 2 накладається обмеження в 1 годину інтервалу між ними, а Процедура 3 - «первинний огляд» - виключає проведення будь-якої іншої процедури. Обмеження сумісності з Процедурою 3 для процедур 1 і 2 не визначені.

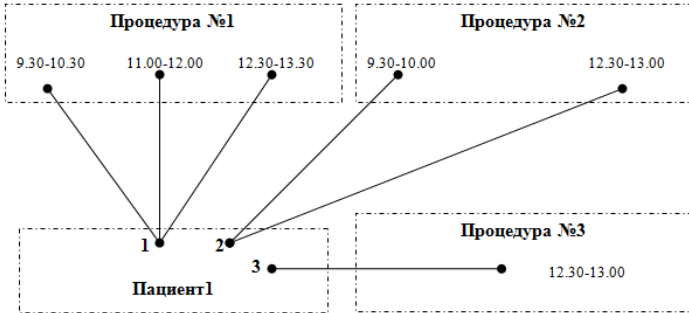


Рис. 1. Побудова дводольного графа

Тобто маємо такі відношення слідства:

$$\begin{aligned}
 (x_1, y_1) &\rightarrow C_{1,1} = \{(x_2, y_1), (x_3, y_1), (x_4, y_2)\} \\
 (x_2, y_1) &\rightarrow C_{2,1} = \{(x_1, y_1), (x_3, y_1), (x_5, y_2)\} \\
 (x_3, y_1) &\rightarrow C_{3,1} = \{(x_1, y_1), (x_2, y_1), (x_5, y_2)\} \\
 (x_4, y_2) &\rightarrow C_{4,2} = \{(x_5, y_2), (x_6, y_2), (x_1, y_1)\} \\
 (x_5, y_2) &\rightarrow C_{5,2} = \{(x_4, y_2), (x_2, y_1), (x_3, y_1)\} \\
 (x_6, y_3) &\rightarrow C_{6,3} = \{(x_1, y_1), (x_2, y_1), (x_3, y_1), (x_4, y_2), (x_5, y_2)\}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Зрозуміло, що рішення задачі є тривіальним. Аналіз можливості вживання розроблених і модифікованих алгоритмів в умовах суперечливих вхідних даних вимагає детальнішого розгляду і є одним з перспективних напрямів подальших досліджень. Але відмітимо, що, зокрема, для нашого прикладу модифікований метод гілок і границь знайде рішення на першому кроці, а модифікований генетичний алгоритм може взагалі його не знайти, оскільки функція пристосованості дуги  $(x_6, y_3)$  ніколи не буде максимальною на аналізованій популяції.

УДК 004.67:656.11

*Диденко Е. В., ст. преп.  
Лазурик В. Т., професор  
Самилык Е. Ф., аспірантка, факультет комп'ютерних наук  
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНЫХ СТОХАСТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ**

Експериментальні дані, описуючі дискретні стохастическі потіки в формі варіаційних рядів часових інтервалів між елементами транспортного потоку, отримані на основі методів комп'ютерної обробки відеоданих, реєстрації моментів часу настання певних подій в транспортній системі[1].

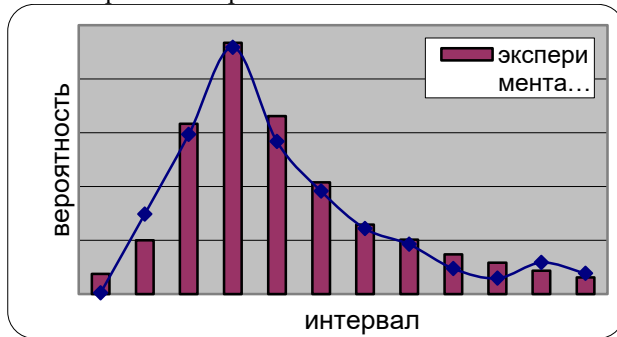
Відомо [2], що розподілення часових інтервалів в транспортних потоках не вдається апроксимувати з задовільною точністю, використовуючи лише одну з функцій якого-небудь класического розподілення. Тому для описання транспортних потоків використовують композиційні розподілення, що представляють собою суму декількох розподілень.

В нинішній роботі для апроксимації експериментальних варіаційних рядів часових інтервалів використовується композиційне розподілення, яке є поєднанням нормального і зміщеного експоненціального розподілень. Нормальне розподілення описує часові інтервали в кластері. Тут кластер визначено як група елементів дискретного потоку, інтервал між якими менше певного заданого значення (максимальний кластерний інтервал). При моделюванні кластерів в транспортних потоках початковими даними є: середнє значення і дисперсія часових інтервалів, ймовірність появи кластера в потоці і кількість елементів в кластері. Експоненціальне розподілення описує часові інтервали для внекластерних елементів потоку і визначається параметрами: середнє значення внекластерного інтервала і зміщення експоненціального розподілення (мінімальний внекластерний інтервал).

Для підгонки параметрів такого модельного розподілення к експериментальним даним було розроблено спеціалізоване програмне забезпечення (ПО). Реалізоване ПО дозволяє методом Монте-Карло генерувати варіаційні ряди часових інтервалів для різних параметрів композиційного розподілення.

Определение параметров модельного композиционного распределения осуществляется простым перебором с оценкой качества аппроксимации экспериментальных распределений по близости средних значений и дисперсий распределений.

Для иллюстрации, на рис. 1 представлена гистограмма, построенная по экспериментальным данным, полученным на основе видеосъемки участка дороги в городе, и модельное композиционное распределение, аппроксимирующее эти данные. Видеосъемка проводилась в течение часа и измеренное число временных интервалов в транспортном потоке составляло 800. Величины параметров модельного распределения имеют следующие значения: среднее значение внутрикластерного интервала – 1.5, дисперсия – 0.7, количество элементов в кластере – 4, смещение экспоненциального распределения – 1.3, вероятность появления кластера – 0.1, среднее значение внекластерного интервала – 1.8.



*Рис. 1. Сравнение экспериментального и модельного распределений временных интервалов между элементами в потоке*

Результаты подгонки модельных параметров, выполненных для серии экспериментальных данных, свидетельствует о том, что распределения временных интервалов в транспортных потоках, могут быть удовлетворительно аппроксимированы предложенным композиционным распределением.

1. Диденко Е.В., Сенсоры дискретных потоков информационной системы управления движением элементов в сети. (Харьков: Вісник Харківського національного університету, вып. 21(1058), С. 29-34: 2013).
2. May, Adolf, Traffic Flow Fundamentals. (NJ: Prentice Hall Englewood Cliffs: 1990).

УДК 519.85

**Ємець О. О., д.ф.-м.н., професор***Полтавський університет економіки і торгівлі***Барболіна Т. М., к.ф.-м.н., доцент***Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка*

## МОДЕЛЮВАННЯ ОДНІЄЇ ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ ПРЯМОКУТНИКІВ В УМОВАХ ІМОВІРНІСНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Розробка програмного забезпечення для розв'язування різних наукових і практичних задач починається, як правило, з побудови моделі, що часто є досить складною проблемою. Наведемо приклад такої задачі. Нехай є деяка напівнескінченна смуга, розділена на  $m$  смужок однакової ширини  $h_0$ . Задано також  $p$  прямокутників ширини  $h_0$  з довжинами  $a_1, \dots, a_p$ . Задача полягає у розташуванні прямокутників без накладань у смугі таким чином, щоб довжина зайнятої частини смуги була мінімальною (під довжиною зайнятої частини смуги розуміють максимальну з довжин зайнятих частин окремих смужок).

Для формалізації обмежень на можливі довжини прямокутників доцільно використовувати апарат евклідової комбінаторної оптимізації (відповідну термінологію використовуватимемо з [1]). Кожному розташуванню прямокутників у смугі взаємно однозначно відповідає елемент  $x = (x_1, \dots, x_{1n}, \dots, x_{mn})$  множини перестановок  $E_k(G)$  з мультимножини  $G = \underbrace{\{a_0, \dots, a_0\}}_{m-p \text{ раз}}, a_1, \dots, a_p$  ( $k = |G| = mn$ ). Тоді задача полягає у

знаходженні мінімуму функції  $L(x) = \max_{1 \leq i \leq m} \sum_{j=1}^n x_{ij}$  на множині  $E_k(G)$ .

Слід зазначити, що у випадку наявності тієї чи іншої невизначеності вхідних даних (довжин прямокутників) виникає питання про формалізацію понять взаємного розташування прямокутників у смугі. У доповіді розглянуто підходи до вирішення цього питання у випадку, коли довжини прямокутників є дискретними випадковими величинами. У подальшому дискретні випадкові величини, на відміну від дійсних чисел, позначатимемо літерами напівжирного накреслення.

Перший підхід ґрунтується на упорядкуванні випадкових величин. У [2] на множині дискретних випадкових величин введено строгий порядок (далі — позначка  $\prec$ ). Для прямокутників  $\Pi$  і  $\Pi'$ , що задаються координатами [3] лівого нижнього кута  $\xi, \mathbf{v}$  ( $\xi', \mathbf{v}$ ), шириною  $\mathbf{h}$  і довжиною  $\mathbf{d}$  ( $\mathbf{d}'$ ) говоритимемо, що  $\Pi'$  стоїть правіше  $\Pi$  при

$\xi + \mathbf{d} \prec \xi'$ , дотикається П справа при  $\xi + \mathbf{d} = \xi'$ , а при  $\xi \preceq \xi' \prec \xi + \mathbf{d}$  прямокутники перетинаються. Тоді задача полягає у знаходженні міні-

муму функції  $C(\mathbf{x}) = \max_{1 \leq i \leq m} \sum_{j=1}^n \mathbf{x}_{ij}$  на множині  $E_k(\mathbf{G})$ , де

$\mathbf{G} = \{ \underbrace{\mathbf{a}_0, \dots, \mathbf{a}_0}_{m-p \text{ раз}}, \mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_k \}$ ,  $\mathbf{a}_0$  — має значення 0, з імовірністю 1.

Другий підхід ідейно близький до жорстких постановок у задачах стохастичного програмування. У застосуванні до задачі упакування прямокутників жорстка постановка означає, що при жодних значеннях випадкових величин не може відбутися накладання прямокутників, однак можуть утворюватися зазори. Взаємне розташування прямокутників встановлюватимемо на основі визначення взаємного розташування їх проєкцій на вісі координат, яке, у свою чергу, ґрунтується на наявності (чи відсутності) спільних точок при різних можливих значеннях дискретних випадкових величин. У такій постановці задача полягає у пошуку  $\min_{x \in E_k(\bar{G})} L(x)$ , де елементами мультимножини  $\bar{G}$  є ма-

ксимальні можливі значення випадкових величин  $\mathbf{a}_i$  ( $i = \overline{1, k}$ ).

Ще один підхід до визначення допустимого розташування прямокутників полягає в обмеженні знизу ймовірності неперекриття сусідніх прямокутників. Таке ж обмеження ймовірності накладається при з'ясуванні довжини зайнятої частини смуги. При цьому координати лівих нижніх кутів прямокутників вважаємо детермінованими величинами. Відповідна математична модель може бути зведена до еквівалентної детермінованої задачі.

Подальше дослідження цих моделей передбачає розробку алгоритмів розв'язування оптимізаційних задач, у т.ч. методом гілок і меж.

### Література

1. Стоян Ю.Г. Теорія і методи евклідової комбінаторної оптимізації / Ю.Г.Стоян, О.О.Ємець. – К. : Інститут системних досліджень освіти, 1993. – 188 с.

2. Емец О.А. Об оптимизационных задачах с вероятностной неопределенностью / О. А. Емец, Т. Н. Барболина // Доповіді Національної академії наук України. – 2014. – № 11. – С. 40-45.

3. Барболіна Т.М. Одна постановка задачі розміщення прямокутників зі стохастичними параметрами / Т.М. Барболіна. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/2385>.

УДК 519.8

**Леонова М. В., здобувач**  
Полтавський національний педагогічний університет  
імені В.Г. Короленка

## ПОЛІНОМІАЛЬНЕ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ РОЗКЛАДУ ОДНОГО ПРИЛАДУ

Задачі впорядкування виникають всюди, де існує можливість вибору певної черговості виконання робіт: при розподілі робіт на виробництві, формування черговості виконання програм в обчислювальному центрі, організація відпочинку у вихідні дні тощо. Однією з найбільш важливих задач такого типу є задача розкладу одного приладу. Вона розглядається зокрема у працях Коффмана Е.Г., Танаєва Е.Г., Згуровського М.З., Павлов О.А. тощо [1-4]. Мета розв'язання задачі полягає в тому, щоб при заданих властивостях завдань та ресурсів і накладених на них обмеженнях знайти ефективний алгоритм упорядкування завдань, що оптимізує бажану міру ефективності

Розглянемо одну задачу побудови розкладу для приладу в постановці [5]. Задано множину  $J_k = \{1, 2, \dots, k\}$  номерів завдань. Кожне завдання має додатну вагу  $w_i$ , час обробки  $p_i$  і час очікування  $r_i$ , коли воно недоступне для обслуговування. Задача: визначити розклад, на якому буде досягатися мінімальний час обслуговування всіх завдань.

Часом початку виконання завдання, що виконується першим, є  $y_1 = x_1$ , часом його завершення –  $y_1 + p_i$ ,  $x = (x_1, \dots, x_k) \in E_k(R)$ ,  $R = \{r_1, \dots, r_k\}$ ,  $r_i \geq 0, \forall i \in J_k$ .

Часом початку виконання завдання, що виконується другим, є максимальне значення із  $x_2$  та  $y_1 + p_i$ , тобто  $y_2 = \max\{x_2, y_1 + p_i\}$ , а часом закінчення –  $y_2 + p_{i_2}$ .

Аналогічно часом початку виконання завдання, що виконується  $k$ -тим, є  $y_k = \max\{x_k, y_{k-1} + p_{i_{k-1}}\}$ , часом завершення –  $y_k + p_{i_k}$ .

Маємо цільову функцію, що мінімізує час завершення обслуговування  $y_k + p_{i_k}$ , що рівносильне мінімізації часу початку останнього завдання:  $F_1 = y_k = \max\{x_k, y_{k-1} + p_{i_{k-1}}\} \rightarrow \min$ .

З іншого боку в задачі час завершення останнього завдання (або цільову функцію) можна розглядати у такому вигляді

$$F_1 = r_1 + \sum_{i=1}^k p_i + \sum_{j=1}^{k-1} z_j, \text{ де } r_1 - \text{ час початку виконання першого завдання}$$

розв'язку,  $\sum_{i=1}^k p_i$  – сума всіх  $p_i$ ,  $\sum z_j$  – сума усіх простоїв пристрою.

Простої розраховуються за формулами:

$$z_1 = \max \{0; r_2 - p_1 - r_1\}; \dots z_{k-1} = \max \left\{ 0; r_k - \sum_{i=1}^{k-1} p_i - r_1 - \sum_{j=1}^{k-2} z_j \right\}.$$

**Твердження 1.** Оптимальним розв'язком задачі знаходження розкладу роботи одного приладу з мінімізацією часу завершення виконання останнього завдання є упорядкування  $\sigma = (1, \dots, k)$  завдань згідно упорядкуванню по неспаданню елементів перестановок  $X = (r_1, \dots, r_k) \in E_{kn}(R)$ ,  $r_1 \leq r_2 \leq \dots \leq r_k$ , де  $R = \{r_1, \dots, r_k\}$  – мультимножина часів очікування завдань.

Оскільки упорядкування елементів може бути здійснено поліноміальним алгоритмом, то дане твердження доводить розв'язність задачі поліноміально.

**Твердження 2.** Якщо у розв'язку  $X = (r_1, \dots, r_{k-1}, r_k)$  простій  $z_{k-1} > 0$ , то час початку виконання  $k$ -го завдання  $y_k = r_k$ , а значення цільової функції обчислюється за формулою  $F_1 = r_k + p_k$ .

### *Література*

1. Конвей Р.В. Теория расписаний / Р.В. Конвей, В.Л. Максвелл, Л.В. Миллер. – М.: Наука, 1975. – 360 с.
2. Коффман Э.Г. Теория расписаний и вычислительные машины / Э.Г. Коффман. – М.: Наука. – 1984. – 336 с.
3. Танаев В.С. Введение в теорию расписаний / С.В. Танаев, В.В. Шкурба. – М.: Наука. – 1975. – 257 с.
4. Згуровский М.З. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами: Монография / М.З. Згуровский, А.А. Павлов. – К.: Наукова думка. – 2010. – 573 с.
5. Шерешик Н.Ю. Полиэдральные свойства задачи обслуживания различных требований одним прибором / Н.Ю. Шерешик// Тезисы докладов XVI Байкальской международной школы-семинара «Методы оптимизации и их приложения». Иркутск, ИСЭМ СО РАН. – 2014. – С. 96



УДК 004.451.83

*Морозов А. В., к.т.н.,  
Гришкун Є. О., аспірант  
Житомирський державний технологічний університет*

## **РОЗРОБКА ГЕО-ІНФОРМАЦІЙНОГО ВЕБ-СЕРВЕРА**

Веб-картографія – один з найбільш корисних додатків у мережі Інтернет, адже з її допомогою можна легко знайти потрібну адресу або прокласти маршрут, просто зайшовши на потрібний сайт або скачавши вже готове рішення в свій мобільний пристрій. Інформацію для кінцевих користувачів веб-ресурсу надає картографічний сервіс, який в свою чергу взаємодіє з гео-сервером, який і надає необхідну карту або її частину.

На сьогоднішній день ведеться розробка гео-серверу, який надаватиме користувачу інформацію про автомобільні дороги міста Житомира, матиме можливість пошуку та вирішуватиме задачу пошуку оптимального шляху (загальну задачу комівояжера та її модифікації).

Реалізовано окремі модулі, які відповідають за функції програмного продукту: TCP/IP сервер, який надає інформацію через протокол HTTP, модуль для розв'язання загальної задачі комівояжера та модулі для взаємодії з shapfile (файли .dbf і .shp).

TCP/IP сервер написаний за допомогою Win-сокетів, які надсилають інформацію web-браузеру. Користувач звертається до сервера і отримує у відповідь мапу або повідомлення про помилку, якщо запит був хибним.

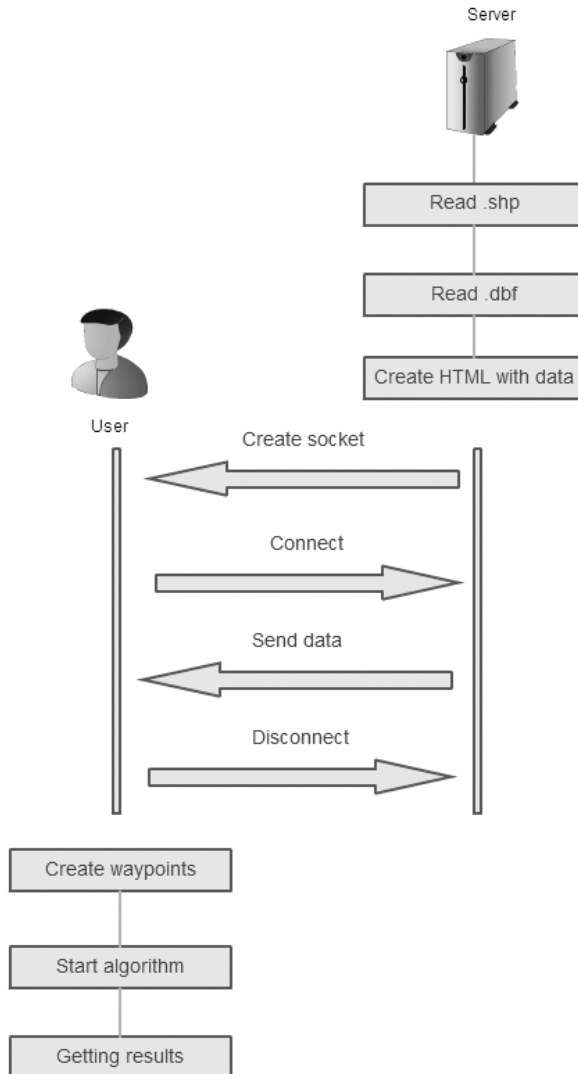
Shapfile-файл – є основною частиною сервісу, який зберігає різні типи геометричних об'єктів: точки (політочкі), лінії (полілінії), полігони та інші об'єкти. Хоча найчастіше використовується термін shapfile, насправді це не один файл, а набір файлів з однаковим ім'ям, але різними розширеннями. Основою формату є три обов'язкових файли: .shp, .shx і .dbf.

.shp - головний файл .shp містить інформацію про геометричні об'єктах. Файл складається з заголовка фіксованої довжини і однієї або більше записом змінної довжини. Кожен запис змінної довжини включає в себе заголовок запису і вміст.

.dbf - файл, в якому записується атрибутивна інформація, геометричних об'єктів описаних в .SHP - файлі. Представляє з себе базу даних у форматі dBase II.

У порівняння, можна привести вже існуюче програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом (GeoServer, Geozilla World, World Wind Server, MapGuide Open Source та інші.), які схожі за

модулями до розроблюваного картографічного сервера, але мають менше можливостей.



**Рис 1.** Діаграма послідовності

УДК 621.397

*Патласенко М. О., аспірант кафедри ТБ та РМ  
Одеська Національна Академія Зв'язку ім. О.С. Попова*

## ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ФРАКТАЛЬНОГО СТИСНЕННЯ

Генетичний алгоритм являє собою алгоритмічний підхід до вирішення екстремальних задач однокритеріального вибору, заснований на моделюванні основних факторів еволюційного розвитку популяції.

При використанні генетичного алгоритму для пошуку оптимальних рішень кожен елемент  $x \in X$  простору оптимізації повинен бути представлений як вектор  $b \in B$  з  $N$  символів двійкового алфавіту  $A = \{0, 1\}$ , где  $B = A^N$ . Необхідно також, щоб простір оптимізації  $X$  складався з кінцевим числом елементів[23].

Популяцією  $\Pi = (\chi^1, \chi^2, \dots, \chi^M)$  чисельності  $M$  вважається вектор простору  $B^M$ , координати якого називаються генотипами особин даної популяції.

Кроком генетичного алгоритму є перехід від поточного покоління до наступного, тобто отримання нової популяції  $\Pi_{t+1}$  з  $\Pi_t$ . У побудові чергової особини нової популяції беруть участь оператори кросинговеру, мутації і випадковий оператор відбору  $B^M \rightarrow \{1, \dots, M\}$  для якого полягає у виборі номера особини батька при породженні чергового нащадка.

Для визначення необхідно задати оператор кросинговеру (схрещування)  $B \times B \rightarrow B \times B$  і оператор мутації  $Mut: B \rightarrow B$ .

Для кросинговеру  $(\chi', \tau') = Cross(\chi, \tau)$  полягає у виборі випадковим чином деякої позиції  $j$ , рівномірно розподілені від  $1$  до  $N-1$ , після чого результат формується у вигляді

$$\chi' = (\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_j, \tau_{j+1}, \dots, \tau_N) \quad (1)$$

$$\tau' = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_j, \chi_{j+1}, \dots, \chi_N) \quad (2)$$

Вплив кросинговеру регулюють за допомогою ймовірності  $P_{Cross}$  спрацьовування цього оператора (в іншому випадку все залишається без змін). Оператор мутації в кожній позиції аргументу із заданою вірогідністю  $P_{mut}$  замінює її вміст на випадковий елемент двійкового алфавіту  $A$ , обраний у відповідності з рівномірним розподілом (в іншому випадку все залишається без змін).

Цільова функція вихідної задачі, замінюється в генетичному алгоритмі на не негативну функцію придатності генотипу  $\Phi(\chi)$ , де  $\chi \in B$ .

Процес роботи алгоритму являє собою послідовну зміну поколінь, на кожному кроці якої популяція  $\Pi_{t+1}$  наповнюється парами нащадків

від особин популяції  $\Pi_t$  за формулою

$$(\chi_k^{t+1}, \chi_{k+1}^{t+1}) = \text{Mut}(\text{Cross}(\chi_{\text{Select}(\Pi_t)}^t, \chi_{\text{Select}(\Pi_t)}^t)), \quad (3)$$

де  $(\chi_k^{t+1}, \chi_{k+1}^{t+1})$  – особини з найменшою придатністю популяції  $\Pi_t$ . Тобто індивіди витягуються попарно з  $\Pi_{t-i}$  після кросингверу і мутації поміщаються в  $\Pi_{t+1}$ . Зміна ймовірностей мутації кросингвері дозволяє регулювати роботу генетичного алгоритму і налаштовувати його на конкретні завдання [20].

Опишемо схему генетичного алгоритму в застосуванні до задачі фрактального стиснення. В якості генотипу зручно взяти вектор, компонентами якого будуть координати області  $D_{j(i)}$  вихідного зображення, визначеного на тороїдальній поверхні, і число кодує афінне перетворення  $W_j$ . Є вісім способів афінного перетворення квадрата в квадрат: поворот на чотири сторони або дзеркальне відображення і поворот на чотири сторони. Отже, на кодування цього перетворення достатньо трьох біт. Функцію придатності покладемо рівною

$$\Phi = \frac{1}{1 + \sum \left( [f(\zeta, \eta) - F_i(\zeta, \eta)]^2 \right) / (\zeta, \eta) \in R_i \cap Z^2} \quad (4)$$

Де в нижній частині під знаком суми - евклідова відстань між вихідним і перетвореним блоком. Ця функція задовольняє вимоги генетичного алгоритму (не негативна) і адекватна для оператора відбору, при якій кожен індивід  $\chi^{i,t}$  популяції  $\Pi_t$  виявляється батьком при формуванні чергових особин  $\chi^{i,t+1}$  популяції  $\Pi_{t+1}$  з імовірністю

$$P_{\text{select}}(\chi^{i,t}) = \frac{\Phi(\chi^{i,t})}{\sum_j \Phi(\chi^{j,t})} \quad (5)$$

При такому поданні хромосом, визначаючий даний генотип, будь-який вектор простору рішень завжди допустимий і має не нульову придатність.

Оператор мутації для даного алгоритму – стандартний, а оператор кросингверу був модифікований таким чином: позиція кросингверу може розташовуватися тільки в місцях стиснення двійкового представлення координат; виконується тільки для близькоспоріднених особин, тобто, якщо відстань  $\rho(\chi, \tau)$  мало, де  $\rho$  – деяка метрика.

УДК 004.42:519.25

*Подопригалова А. О.\**, аспірант  
*Лазурик В. В.\*\**, інж. 1 категорії  
*Лазурик В. Т.\**, д. ф.-м. н, професор

*\*Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина*  
*\*\*Институт радиофизики и электроники имени А.Я. Усикова НАНУ*

## **ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ**

Соответствие результатов компьютерного тестирования уровню знаний испытуемых является важнейшей и актуальной задачей педагогических измерений [1]. Одним из способов решения этой задачи, может быть компьютерное моделирование процесса получения результатов тестирования при известном уровне знаний испытуемого и использование различных вычислительных методов обработка полученных результатов моделирования для оценки качества теста и методов обработки результатов тестирования.

Исходными данными компьютерного моделирования процесса тестирования являются параметры модели теста и испытуемого. Параметры теста: количество заданий ( $N$ ), тип заданий и вероятности отгадать правильный ответ для каждого из заданий. Параметры испытуемого: уровень знаний –  $Q$  (доля заданий в тесте правильный ответ на которые известен испытуемому) и уровень решительности –  $R$  (вероятность с которой испытуемый сделает попытку отгадать правильный ответ, когда ответ на задание ему не известен).

Алгоритм моделирования результатов тестирования: разыгрываются номера заданий, на которые испытуемый дает правильные ответы (равновероятно относительно номеров заданий); для заданий закрытого типа, на которые испытуемый не знает ответов, с вероятностью  $R$  пытается угадать правильный ответ или (с вероятностью  $(1-R)$ ) отказывается давать какой-либо ответ. Описанный алгоритм реализован как программное обеспечение (ПО) на языках программирования PHP и JavaScript.

С использованием разработанного ПО получены систематические наборы результатов тестирования для испытуемых с различными значениями  $Q$  и  $R$ . Здесь, результатом теста  $i$ -го испытуемого является набор значений – доля вопросов, на которые получены правильные ответы  $A_i$ , доля вопросов на которые получены не правильные ответы  $B_i$  и доля вопросов, на которые не были получены ответы  $C_i$ .

Результаты тестирования обрабатывались с использование трех вычислительных методов определения уровня знаний.

**Простейший метод.** Уровень знаний  $i$ -го испытуемого определяется:

$$Q_i = \frac{M_i}{N} = A_i, \quad (1)$$

где  $M_i$  – количество правильных ответов.

Результаты, полученные **простейшим методом**, содержат систематическую ошибку, зависящую от характеристик теста (числа задания, в которых можно угадать ответ) и испытуемого (уровень решительности).

Для устранения систематической ошибки при определении  $Q_i$  применяется **метод с корректировкой смещения** – уменьшение систематической ошибки результатов измерений, за счет учета осредненной вероятности  $P_m$  угадать правильный ответ на множестве всех тестовых заданий:

$$Q_i = \frac{A_i - (1 - C_i) \times P_m}{1 - P_m} \quad (2)$$

**Метод детализации неверных ответов** детально учитывает характеристики заданий, на которые получены неверные ответы:

$$Q_i = A_i - \left( \frac{B_i \times P_f}{1 - P_f} \right), \quad (3)$$

где  $P_f$  – вероятность угадать ответ, осредненная по подмножеству тестовых заданий, на которые тестируемый дал неверные ответы.

Проведена статистическая оценка характеристик указанных выше методов обработки результатов тестирования. Определены систематическая и случайная погрешности вычислительных методов в зависимости от истинного уровня знаний и решительности испытуемого. Показано, что метод детализации неверных ответов удовлетворительно восстанавливает уровень знаний испытуемого, даже при наличии тестовых заданий с высокой вероятностью угадывания правильных ответов. Обсуждаются возможности оценки качества теста и определения его разрешающей способности при использовании различных вычислительных методов обработки результатов тестирования.

1. А.О. Подопригалова, В.Т. Лазурик, Анализ качества теста с использованием теории педагогических измерений // КМНТ-2014. – Х., ХНУ им. В.Н.Каразина, 2014. — С. 320-322.

УДК 004.42:519.25

**Popov G. F.<sup>1</sup>, Ph.D.,  
Salah Sawan<sup>1</sup>, postgraduate student,  
Lazurik R. V.<sup>2</sup>, research scientist**

<sup>1</sup> V.N.Karazin Kharkiv National University

<sup>2</sup> O.Ya.Usikov Institute of Radio Electronic, Kharkiv

## **DEPENDENCES BETWEEN PARAMETERS OF VARIOUS MODELS OF ELECTRON BEAMS**

Computer simulation of irradiation processes allows correctly to schedule and control the performance of work on radiation processing installations [1]. However, for performing calculations it is required the knowledge of some characteristic values of the process irradiation. In particularly for electron beam (EB) processing it is required the knowledge of EB energy characteristics. The paper [2] describes the method of the fitting of the two-parameter semi-empirical model to the results of measuring the depth-dose curve of electron radiation performed with dosimetric wedge. It is proposed to use as baseline data the parameters  $E_0$  and  $X_0$ , which were obtained by the fitting of two-parameter semi-empirical model. Parameters  $E_0$  and  $X_0$  describes of EB for the simulation of irradiation process on the radiation-processing facility.

Presented results of approbation method on data from series of measurements, of indicate the prospects of using the method for determining the energy characteristics of EB in the practice of radiation-technology centers.

The paper present the dependences between the standard characteristics of the EB energy ( $E_p$ ,  $E_{av}$ ) [3] and parameters ( $E_0$ ,  $X_0$ ), which has been proposed in two-parameter model [2] for the simulation of EB irradiation process on the radiation-technological lines.

Standard characteristics ( $R_p$ ,  $R_{50}$ ) for the absorbed depth-dose distribution of EB that were obtained by processing the measurement results [3], which uniquely determined the values of characteristics of the beam energy ( $E_p$ ,  $E_{av}$ ), were used for obtaining relations.

Of the physical interpretation of the parameters ( $E_0$ ,  $X_0$ ) model of the electron beam [2], the following equations are true:

$$R_p^*(E_0) = R_p + X_0 \quad (1)$$

$$R_{50}^*(E_0) = R_{50} + X_0 \quad (2)$$

where  $R_p^*(E_0)$  and  $R_{50}^*(E_0)$  - a practical range of electrons and the depth of the half dose reduction in the aluminum target as function of the electrons

energy  $E$ , which were determined in the semi-empirical model of the depth-dose distribution of electrons.

Calculations of the depth-dose distributions in aluminum for various electron energies, on base of the semi-empirical model, were performed. The results of calculations for characteristics  $R_p$  and  $R_{50}$  are shown in the table. Approximation of the table data with use of a linear functions for  $R_p^*(E)$  and  $R_{50}^*(E)$  allows to obtain the following expressions:

$$R_p^*(E) = 0.2092 \cdot E - 0.0687, \quad R_{50}^*(E) = 0.1691 \cdot E - 0.0965. \quad (3)$$

Table

E, MeV	$R_p$ , см.	$R_{50}$ , см.
2	0.3558	0.2576
4	0.7667	0.574
6	1.1798	0.91
8	1.6036	1.246
9	1.8116	1.4224
10	2.028	1.5904
11	2.2331	1.7612
12	2.4447	1.9516

The dependence between parameters of the standard model - ( $R_p$ ,  $R_{50}$ ) with the parameters of the two- parametric model of the electron beam - ( $E_0$ ,  $X_0$ ) can be determined by considering the relations (1) and (2) as a system of two equations with two unknowns. In this case, an obtained linear approximations for the dependences of  $R_p^*(E)$  and  $R_{50}^*(E)$  allow to convert the resolution of assigned task to standard solution of system with two linear equations. Correctness use of linear approximations for the dependencies  $R_p^*(E)$  and  $R_{50}^*(E)$  are discussed in the report.

1. Lazurik V.T., Lazurik V.M., Popov G., Rogov Yu., Zimek Z. Information System and Software for Quality Control of Radiation Processing // IAEA: Collaborating Center for Radiation Processing and Industrial Dosimetry, Warsaw: Poland. – 2011. – 220 p.
2. V.T. Lazurik, V.M. Lazurik, G. Popov, Z. Zimek. *East European Journal of Physics*. Vol.1. - No.3. 76-81(2014).
3. ISO/ASTM Standard 51649, Practice for dosimetry in an e-beam facility for radiation processing at energies between 300 keV and 25 MeV / Annual Book of ASTM Standards. – Vol. 12.02 (2005).



УДК 519.852.67

*Ковальчук А.М., к.т.н., доцент  
Пелихівський Л.О., магістрант, факультет ІКТ, гр.ПІ-41м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ SPA-ДОДАТКІВ**

Single page application (SPA) – це веб-додаток, який виконується безпосередньо на стороні клієнта у Web-браузері, зазвичай для написання такого типу веб-додатків використовується комбінація HTML, JavaScript та CSS. Dodatok може отримувати доступ до структури веб-сторінки як до об'єктів DOM. Відразу хочу звернути увагу на переваги та недоліки SPA-додатків.

Переваги використання SPA:

– Першою перевагою варто відмітити той факт, що SPA-додатки відмінно працюють як на стаціонарних так і на мобільних приладах. «Великі» комп'ютери, планшети, смартфони, і, навіть, звичайні телефони (деякі) можуть безперешкод працювати з сайтами, що побудовані по принципу SPA.

– Друга перевага – різноманітний користувальницький інтерфейс, що має назву User Experience. Так як веб-сторінка одна, то побудувати різноманітний, насичений користувальницький інтерфейс набагато простіше.

– Третя перевага – SPA істотно (в рази) скорочує так звані «ходіння по колу», тобто завантаження одного і того ж контенту знову.

Недоліки використання SPA:

Використання SPA-додатків для великих і трудомістких задач тягне за собою великі трудозатрати на налагодження процесу завантаження всіх модулів, так, щоб це не займало велику кількість часу, але і це можна вирішити. Як? Описано нижче.

SPA – це абстрактне поняття, це принцип архітектури додатку. З чого ж почати при розробці сайту за принципами SPA. Існує велика кількість базових бібліотек, що реалізують принцип SPA. Що ж дають ці фреймворки:

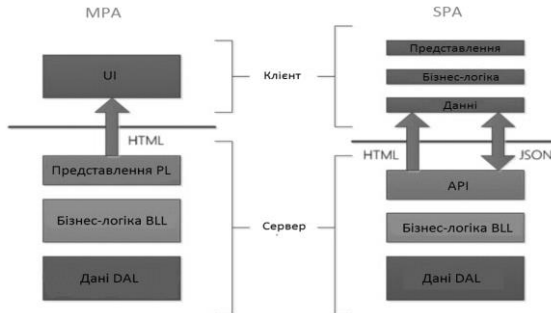
– забезпечують базові принципи для SPA розробки, мінімізують трудовитрати на вирішення універсальних задач;

– фреймворки створені спільнотами розробників, що означає використання досвіду створення сайтів.

В чому ж різниця між традиційними веб-додатками та SPA-додатками.

В традиційному веб-додатку при кожному визові сервера, той здійснює рендеринг нової HTML-сторінки. Це визиває оновлення сторінки браузера.

В SPA після завантаження першої сторінки вся взаємодія з сервером відбувається через AJAX-виклики. Ці AJAX-виклики повертають дані (на розмітку) – зазвичай у форматі JSON. Додатки виористовують JSON-дані для динамічного оновлення сторінки без її перезагрузки. Рис. 1 ілюструє різницю між цими двома підходами.



**Рис. 1.** Різниця між традиційним підходом та SPA

Одна з переваг SPA очевидна: додатки більш гнучкі та адаптивні, вільні від рваного ефекту перезавантаження сторінки і її рендеринга заново. Інша перевага може здатися менш очевидною і стосується того, як ви проектуєте архітектуру веб-додатку. Відправлення даних додатку як JSON забезпечує поділ між презентаційною частиною (HTML-розміткою) і прикладною логікою (AJAX-запити плюс JSON-відповіді). В SPA вся UI-взаємодія відбувається на стороні клієнта за допомогою JavaScript і CSS. Після початкового завантаження сторінки сервер діє виключно як рівень сервісів. Клієнтові потрібно просто знати, які HTTP-запити він повинен посилати серверу. Йому не важливо, як сервер реалізує свою частину. При такій архітектурі клієнт і сервіс незалежні. Ви могли б повністю замінити серверну частину, яка виконує сервіс, і, поки ви не змінюєте API, ви ніяк не порушите роботу клієнта.

Також варто згадати, що у SPA широко використовується підхід Asynchronous module definition (AMD). Asynchronous module definition – це підхід до розробки на JavaScript, який дозволяє створювати модулі таким чином щоб вони і їх залежності могли бути завантажені асинхронно. Асинхронне завантаження модулів дозволяє покращити швидкість завантаження веб-сторінок вцілому, так як модулі завантажуються одночасно з іншим контентом сайту.



УДК 006.91:519.254 (043.2)

*Редько О.О., аспірант*  
*Науковий керівник – Єременко В.С., к.т.н., доцент*  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*

## ЕТАПИ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ ОБРОБКИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ПОБУДОВІ ГРАДУЮВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Завдання побудови градуювальних характеристик (ГХ) засобів вимірювання – важливий окремий випадок загального завдання прикладної математики – побудова функціональних залежностей за експериментальними даними. Питання побудови ГХ досить широко освітлені в літературі з математичної статистики, але недостатньо детально розглянуті питання оцінювання похибок побудованих залежностей, які для метрологічної практики мають першочергове значення. В них приводяться лише методи оцінювання випадкових похибок, але відсутнє оцінювання систематичних похибок, не розглянуті питання оцінювання розширеної невизначеності ГХ. Також слід відмітити, що в літературі переважно викладається метод найменших квадратів, найбільш поширений на практиці. Його застосування коректне лише при виконанні визначених умов, при порушенні яких доцільно використовувати інші методи, наприклад, робастні (стійкі) або методи конфлюентного аналізу.

Якщо ГХ задається в аналітичному вигляді (формулою), то крім обробки спостережень в кожній точці, необхідна додаткова обробка всього набору експериментальних даних  $(x_i, y_i) \ i=1 \dots m$ . При цьому передбачається, що ГХ має не надто складний функціональний вигляд і залежить від невеликої кількості параметрів.

Експериментально визначена ГХ  $Y=f(X)$  відрізняється від істинної функції перетворення  $Y=f_{icm}(X)$ ; похибка ГХ  $f(x)$  в точці  $X$  діапазону зміни вхідної величини визначається як її відхилення від  $(X)$ :  $\zeta[Y(X)] = f(X) - f_{icm}(X)$  [1]. Ця похибка зумовлена, насамперед, похибками вимірювань, які виконуються при визначенні ГХ (похибками результатів  $x_i$  і  $y_i$ ). Якщо ГХ представлена формулою, то, крім того, є похибка, обумовлена апроксимацією істинної залежності  $f_{icm}$  за допомогою функцій того класу, у якому ми шукаємо ГХ (наприклад, похибка через не лінійність  $f_{icm}$ , при побудові лінійної ГХ). Таким чином, похибка побудованої ГХ можна представити у вигляді:

$$\zeta[Y(X)] = \zeta_a(X) + \zeta_{icm}(X), \quad (1)$$

де  $\zeta_a(X) = f_a(X) - f_{\text{іст}}(X)$  – похибка через апроксимації істинної залежності  $f_{\text{іст}}(X)$  за допомогою функції  $f_a(X)$  зворотнього виду, найкращим чином наближає  $f_{\text{іст}}(X)$ ;  $\zeta_{\text{іст}}(X) = f(X) - f_a(X)$  – похибка, обумовлена похибками вимірювань при побудові ГХ. Зокрема, похибка лінійної ГХ подана в вигляді (1), де  $\zeta_a(X)$  – похибка через не лінійність істинної залежності  $f_{\text{іст}}(X)$ ;  $\zeta_{\text{іст}}(X)$  – похибка через відмінності ГХ  $f(X)$  та лінійної функції  $f_a(X)$ , апроксимуючої справжню ФП  $f_{\text{іст}}(X)$  (рис. 1).

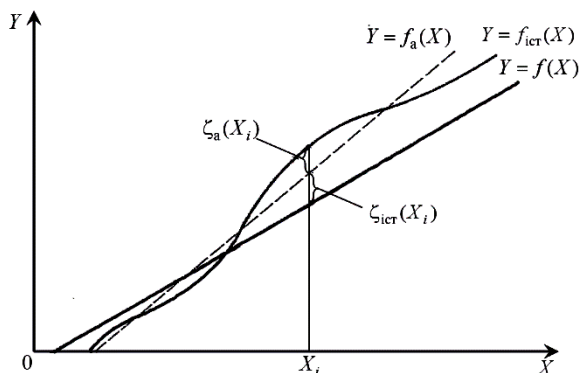


Рис. 1. Похибки лінійної градувальної характеристик

Загальний порядок побудови ГХ, якого доцільно дотримуватися незалежно від виду ГХ і методу її побудови наступний:

а) визначення функціонального виду ГХ. При цьому можливі наступні основні випадки:

1) вид ГХ відомий з фізичних міркувань, наприклад, з фізичних закономірностей, що описують властивості засобів вимірювання (ЗВ), впливає, що ГХ лінійна. Проте визначити вид ГХ з фізичних властивостей ЗВ не завжди можливо, або така залежність може виявитися надто складною, незручною для застосування;

2) форма ГХ задана заздалегідь; наприклад потрібно побудувати лінійну ГХ. В цьому випадку необхідно оцінити ступінь нелінійності істинної залежності;

3) вид ГХ наближено визначається на підставі попереднього досвіду і попереднього аналізу експериментальних даних. Тут необхідно і надалі перевірити, що вид ГХ обраний правильно.

б) вибір методу оцінювання ГХ за експериментальними даним.

При цьому враховують:

- 1) прийнятий функціональний вид ГХ;
  - 2) апріорні відомості про похибки вимірювань (співвідношення між похибками вимірювань вхідних і вихідних величин, між випадковими і систематичними складовими, характер зміни похибок по діапазону).
  - в) побудова ГХ обраного виду. За результатами вимірювань  $(x_i, y_i)$   $i=1 \dots m$ , знаходять параметри ГХ і складають її рівняння (або будують її графік). Зауважимо, що параметри ГХ є оцінками параметрів істинної залежності.
  - г) оцінювання похибок побудованої ГХ. Для оцінювання використовують наявні відомості про випадкові і систематичні похибки вимірювань і про характер їх зміни по діапазону. Оцінюють дисперсії і границі похибок для параметрів ГХ, а також для розрахункових значень ГХ (причому або границі в окремих точках, або для всього діапазону).
  - д) перевірка правильності вибору виду залежності (або оцінка ступеня відхилення істинної залежності від обраного виду). Використовуючи графічні або статистичні методи, перевіряють згоду експериментальних даних з побудованою ГХ. Якщо згода виявляється незадовільною, то уточнюють (ускладнюють) функціональний вид ГХ.
  - е) перевірка згоди побудованої ГХ з наявною раніше ГХ або номінальною ГХ. При повірці ЗВ після визначення нової ГХ і оцінювання її похибок порівнюють нову ГХ з раніше прийнятою. Якщо зміна ГХ за міжповірочний період не перевищує встановлених границь, то далі приймають і використовують нову ГХ. Якщо ж зміна ГХ виявилася неприпустимо великою, то даний ЗВ бракується при повірці. Його необхідно більш ретельно дослідити і, можливо, відправити в ремонт або на регулювання.
- Іноді для ЗВ відома бажана (номінальна) ГХ, тоді побудовану ГХ необхідно порівнювати з нею. Якщо відхилення побудованої ГХ від номінальної не перевищують допустимі, то даний ЗВ вважають придатним [2].
- При аналізі похибок конкретного методу побудови ГХ, як правило, доцільно дотримуватися наступної послідовності дій:
- 1) визначити загальні вирази для похибок коефіцієнтів регресії і розрахункових значень ГХ;
  - 2) оцінити довірчі межі загальної похибки;
  - 3) визначити систематичні і випадкові складові похибки;
  - 4) оцінити дисперсії випадкових похибок і знайти їх межі;
  - 5) оцінити довірчі межі систематичних похибок;

б) оцінити межі сумарних похибок по межах випадкової і систематичної похибок (підсумовуванням випадкової та нерегулярної систематичної складових, а потім – постійної складової).

Оскільки, характеристики початкових даних, особливо наявність в них грубих похибок, значною мірою впливають на якість побудови ГХ, тому при розробці алгоритмів програмного забезпечення необхідно передбачати модулі аналізу закону розподілу початкових даних та виявлення результатів з надмірною похибкою.

При виборі алгоритму обробки результатів вимірювання доводиться враховувати два протиріччя. З однієї сторони, вимоги уніфікації методів обробки даних, які виходять із загального завдання забезпечення єдності вимірювань, що на практиці реалізується в регламентуванні обмеженої кількості алгоритмів. З іншої сторони виконання вимоги підвищення точності призводить до уточнення моделі експериментальних даних в кожному конкретному випадку та пошуку оптимального алгоритму, тобто розширенню множини використовуваних алгоритмів.

Питання побудови і обґрунтування моделей експериментальних даних погано піддаються формалізації. Постійними «вузькими місцями» при обробці даних є визнання апріорі закону розподілу вимірювань, обґрунтування способу сумування систематичних та випадкових похибок, оцінювання похибки (невизначеності) лінеаризації рівнянь вимірювань. Вирішення цих питань досі є актуальним завданням. Принцип атестації алгоритмів в повній мірі відповідає метрологічному підходу до атестації методик вимірювань, калібруванню засобів вимірювання, що здійснюються шляхом перевірки на еталоні [3].

Підвищений інтерес в цьому завданні сьогодні викликаний новими вимогами до розробки методик калібрування в частині представлення моделі вимірювань, бюджету невизначеності та сумарної невизначеності вимірювань.

### *Література*

1. Грановский В.А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В.А. Грановский, Т.Н. Сирая. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1990. – 288 с.

2. Статистичний аналіз даних вимірювань: навчальний посібник / [В.С. Єременко, Ю.В. Куц, В.М. Мокійчук, О.В. Самойліченко]. – К.: «Освіта України», 2013. – 320 с.

3. Чуновкина А.Г. К вопросу внедрения неопределенности измерения в методиках калибровки (поверки) средств измерений. // Измерительная техника, 2008. – № 3. – С. 70-72.

УДК 004.921

*Росієнський Ю. М., к.т.н., доц.*

*Кравченко С. М., асист.*

*Житомирський державний технологічний університет*

## **КОМБІНОВАНИЙ АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ КРИВИХ ДОВІЛЬНОГО ВИДУ**

Широке використання методів комп'ютерної графіки в завданнях моделювання об'єктів, дизайну, конструювання і так далі вимагає розробки алгоритмів побудови кривих довільного виду. У доповіді аналізуються типові алгоритми рішення цієї задачі і розглядаються можливості скорочення тимчасових витрат при побудові кривих довільного виду.

Оскільки криві довільного виду не мають точного аналітичного опису, то для їх побудови заздалегідь задається деякий набір опорних точок, який визначає вид бажаної кривої. При визначенні по заданих опорних точках аналітичної кривої найчастіше використовуються дві групи алгоритмів.

У першій з цих груп ставиться завдання знаходження аналітичної функції, яка проходить через усі опорні точки або максимально наближена до них. Такими алгоритмами є алгоритми інтерполяції і апроксимації поліноміальними функціями. При використанні алгоритмів інтерполяції і апроксимації як інтерполюючої (апроксимуючої) функції, зручно використати різного роду поліноми (степеневий поліном, поліном Ньютона, Лагранжа, ортогональні поліноми).

Перевагами алгоритмів інтерполяції і апроксимації є можливість багатократного відтворення однієї і тієї ж кривої, оскільки вид цієї кривої однозначно задається коефіцієнтами відповідних поліномів, які обчислюються по заданих опорних точках.

Недоліками застосування методів інтерполяції і апроксимації для синтезу кривих довільного виду є неможливість відтворення кривих, що мають інтервали неоднозначності. Крім того, при використанні інтерполяції, коли функція повинна проходити через усі опорні точки, що відповідає мірі полінома  $n = m$  ( $m$  – кількість опорних точок), на пологих ділянках кривої виникають переколювання.

Друга група алгоритмів для синтезу кривих довільного типу заснована на конструюванні виду кривою в інтерактивному режимі (сплайн – функції, криві Безьє). У цих алгоритмах лише деякі опорні



точки є точками кривої, а інші задають вид кривої.

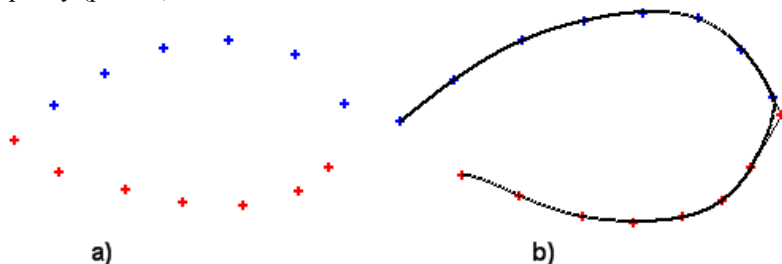
Складніший вид кривої може бути отриманий при використанні багатосегментних сплайнів. В цьому випадку коефіцієнти апроксимуючої функції для сегментів повинні обчислюватися з урахуванням умови безперервності кривої на межах сегментів, так як ще більше ускладнює процес побудови кривої.

Для створення кривої Безьє задається полігон опорних точок. Початкова і кінцева точки полігонів є точками кривої, а проміжні точки задають хід кривої. В цьому випадку необхідний вид кривої створюється в інтерактивному режимі і займає багато часу.

Для спрощення процесу побудови кривих довільного виду з інтервалами неоднозначності пропонується комбінований алгоритм наступного виду :

1. Задати послідовність опорних точок (рис. 1а).
2. Розділити опорні точки за критерієм монотонності по координаті X .
3. Для кожної групи монотонних точок знайти апроксимуючий поліном.

Для з'єднання ділянок кривою використати криву Безьє 2-го порядку (рис.1б).



*Рис.1. Апроксимація опорних точок*

Початковими даними для побудови кривої Безьє, які сполучаються, є кінцеві точки монотонних ділянок і проміжна точка, яка може бути визначена як точка перетину дотичних в кінцевих точках монотонних ділянок. Для випадку, коли крива повинна проходити через усі опорні точки в цьому алгоритмі передбачена апроксимація кожної пари опорних точок на кожному інтервалі монотонності кривих Безьє 2-го порядку.

У цьому варіанті можлива корекція кривої для будь-якої пари опорних точок в інтерактивному режимі.

Отже, алгоритм забезпечує створення кривих з інтервалами неоднозначності і скорочення часу побудови кривої.

УДК 519.684.6

*Скачков В.О., старший викладач  
Савчук Ю.В., студент, 5 курс, ФІКТ, гр. ПІ-42  
Житомирський державний технологічний університет*

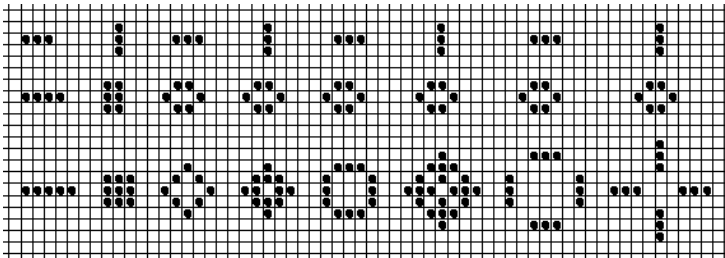
## СТОХАСТИЧНИЙ ВАРІАНТ ЖИТТЯ КОНВЕЯ

Гра Конвея "Життя" – типовий приклад клітинного автомата, як математичного об'єкта, що представляє собою дискретну динамічну систему. У цій системі простір являє собою рівномірну сітку, кожна клітинка якої (клітка) містить інформацію про свій стан. Закони такого світу являють собою невелику кількість правил, основні з яких описуються таблицею переходів, за якою клітина обчислює свій новий стан на кожному такті (мінімальний відрізок часу) на основі свого стану і станів її сусідів.

Простір представлено рівномірною сіткою, кожна комірка якої, або клітка, містить кілька бітів даних. Закони розвитку виражено єдиним набором правил, по яким будь-яка клітина на кожному кроці обчислює свій новий стан по станах її близьких сусідів.

Показовим прикладом для ознайомлення з принципами роботи клітинного автомата є гра Джона Конвея "Життя". Індивідуум цієї популяції представлений клітиною в стані 1, у той час як клітина в стані 0 представляє порожній простір (для образності можна говорити про "живі" і "мертві" клітини). Мірою течії часу служить зміна поколінь колонії, яка відбувається за відомими правилами.

Популяція (або колонія) клітин в "Житті" може весь час зростати, безперервно міняючи своє розташування, форму і число клітин. Однак частіше колонія стає врешті-решт порожньою або циклічно повторює один і той же кінцевий набір станів. Приклад розвитку колонії показаний на рис. 1.



*Рис. 1. Приклади розвитку колоній*

Правила гри Конвея "Життя". Дія гри відбувається на певній площині, розділеній на клітки. Кожна клітина оточена 8 такими ж клітинами (околиця Мура). Кожна клітина може знаходитися в двох станах - живому чи мертвому, тобто порожньому. На стан будь-якої клітини впливають стани сусідніх клітин. В часі ці стани є дискретними відповідно до певних правил або генетичних законів Конвея, що складаються з 2 пунктів:

- виживання або загибель, якщо жива клітина має менше 2 або більше 3 сусідів в околиці з 8 клітин, то в наступному поколінні вона вмирає (моделювання реальних умов - нестача харчування або перенаселеність), в іншому випадку вона виживає;

- народження, у порожній клітці з'являється жива клітина, якщо у вихідній клітині рівно 3 сусіда.

Загибель і народження всіх організмів відбувається одночасно.

Стохастичний варіант гри відрізняється тим, що у живих клітинок які мають менше двох або більше трьох сусідів є шанс вижити. Для кожної кількості сусідів задано свою ймовірність.

Правила стохастичної гри "Життя" Конвея:

- якщо жива клітинка має менше 2 сусідів – шанс вижити 6%, якщо жива клітинка має більше 3 сусідів – шанс вижити 9%;

- як і у попередньому варіанті, у порожній клітці з'являється жива клітина, якщо у вихідній клітині рівно 3 сусіда.

Відмінності зображено на рис. 2 у вигляді графіка.

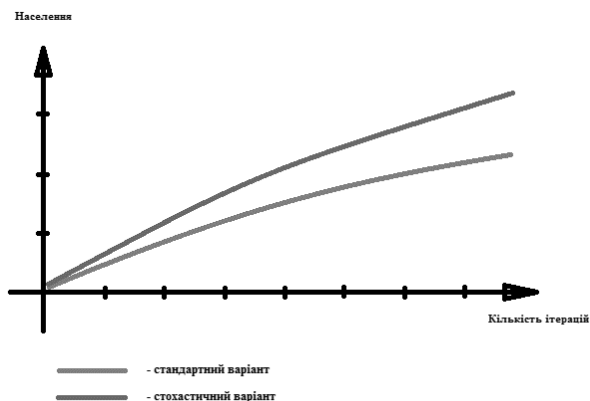


Рис. 2.

Так як, клітинки, які вмирають в першому варіанті, мають шанс вижити в другому, то за таких умов колонія "живе" довше (має більше поколінь).

УДК 519.852.67

*Суйковська К. А., студ., V курс, гр. III-41м  
Науковий керівник – Ковальчук А. М., к.т.н., доцент  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ NESTED SET ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ДЕРЕВОВИДНИХ СТРУКТУР В БАЗІ ДАНИХ SQL**

Перед автором була поставлена задача – зберігання та використання деревовидних структур з застосуванням технології MySQL при розробці веб-сайту оголошень besplatka.ua.

Стандартна реляційна алгебра та побудовані на ній SQL операції не можуть бути застосовані для всіх потрібних маніпуляцій з деревами (ієрархіями). Якщо дерево має довільну глибину, це не дозволяє використовувати SQL вирази для таких операцій, як порівняння місця в ієрархії для двох елементів або визначення належності елемента до певного під-дерева.

Існує декілька підходів для вирішення проблеми і деякі є доступними в системах керування базами даних:

- підтримка ієрархічних типів даних;
- розширення SQL для маніпуляцій з деревами;

SQL запити можуть бути виражені мовою програмування, яка підтримує ітерації та дозволяє виконувати реляційні операції.

Деревовидні структури в реляційних базах даних можна зберігати трьома основними способами: Adjacency List (суміжні списки), Materialized Path (матеріалізовані шляхи) та Nested Set (вкладені множини). Перший спосіб передбачає зберігання батьківського елемента в полі `parent_id`. Другий – повний шлях до елемента зберігається в полі типу `path`. Модель Nested Set передбачає зберігання дерева в трьох колонках – `left`, `right` та `depth`, де перші дві зберігають в собі діапазон усіх вкладених елементів.

Перші два способи незручні тим, що перехід по дереву з поточного елемента можна здійснити лише рівнем вище або нижче, або на кожен наступний рівень додаватиметься SQL запит, а тому це унеможливує перехід по дереву на довільну, заздалегідь невідому кількість рівнів. Хоча другий передбачає зберігання повного шляху елемента до кореня (тобто «хід» вверх), залишається та сама проблема з елементами нащадками.

А на відміну від вищеперерахованих методів, модель вкладених множин Nested Set дозволяє виконувати такі запити до бази даних. Ідея моделі полягає в нумерації вузлів відповідно до обходу дерева. Кожен

вузол оброблюється двічі, кожному вузлу надається номер, відповідний до порядкового номеру згідно з обходом. Кожен вузол набуває двох номерів, які зберігаються як два атрибути.

Дерево складає собою масив вузлів, де кожен вузол має 4 складові – унікальний ідентифікатор, рівень вузла, лівий та правий ключ. Саме у цих двох цифрах закладена вся інформація про дерево. Щоб проставити ліві та праві ключі, краще всього накласти на дерево асоціацію з лабіринтом без циклів, який потрібно пройти від входу до виходу. Ідея полягає в тому, що потрібно йти лабіринтом, постійно та невідривно торкаючись стіни правою рукою. Таким чином здійснюється обхід від початку до кінця по всім вузлам лабіринту/дерева, причому захід в кожний елемент (комірка для правого та лівого ключів) здійснюється лише один раз. Головною особливістю такого підходу є те, що значення лівого (та правого, але для вибірки достатньо лівого) ключа будь-якого вузла (окрім кореня) знаходиться в діапазоні лівого та правого ключів усіх своїх предків, звідки власне пішла назва цієї моделі – «Вкладені множини».

Маючи на руках деревовидну структуру такого складу, можна здійснювати такі операції:

1. Побудова дерева – для цього потрібно лише відсортувати елементи за лівим ключем, тоді усі «діти» стануть за своїми «батьками», причому «сусіди» теж вистрояться в правильному порядку.
2. Вибір підпорядкованої гілки (усіх нащадків) – це ті елементи, ліві ключі яких знаходяться між лівим та правим ключами поточного елемента.
3. Вибір батьківської гілки (тобто усіх предків) – вибірка схожа на попередню, тільки навпаки – якщо лівий ключ поточного елемента знаходиться між лівим та правим певного вузла, то цей вузол – нащадок поточного.
4. Вибір гілки, в якій знаходиться поточний елемент – правий ключ таких елементів буде більше за лівий поточного, а лівий – менший за правий поточного.

У такої моделі є і недолік – кожна зміна в дереві – додавання, видалення або переміщення елемента веде за собою перебудову ключів усього дерева. Проте, кількість запитів до бази даних на зміну дерева не залежить від розмірів дерева та складає два – для додавання та видалення вузла, та три – для переміщення всередині дерева. Тому для дерев, які нечасто змінюються, але часто використовуються така модель, на думку автора, є найбільш оптимальною.

УДК 519.85

*Яремчук С. І., к.ф.-м.н., професор  
Крижанівський В. Б., к.ф.-м.н., доцент  
Житомирський державний технологічний університет*

## **АЛГОРИТМ ПОШУКУ ГЛОБАЛЬНОГО ОПТИМУМУ В ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛА**

Ряд промислових виробництв потребує оптимального розміщення деяких джерел тепла. Розглянемо два характерних приклади.

Перший приклад стосується точної термічної обробки, в якому бажані результати забезпечуються точним контролем теплового режиму. Для цієї мети переважно використовують печі, які нагрівають за рахунок випромінювання. Теплові умови залежать від вибору геометрії печі, властивостей матеріалів, розміщення та інтенсивності панелей випромінювачів. Панель випромінювача являє собою прямокутну матрицю джерел випромінювання, кожне з яких може мати свою власну потужність. Тому, з точки зору розміщення джерел, роботу панельного випромінювача можна розглядати як призначення джерел різної потужності на певних місця в матриці.

Наступний приклад має справу з мікроелектронікою. Оскільки під час роботи сучасних електронних пристроїв генерується багато енергії, оптимальне розміщення їх в сенсі теплових критеріїв є важливим. Теплові явища можуть мати негативний вплив на функціональність електронних пристроїв. Великі температурні градієнти можуть зменшити термін служби мікросхеми, викликати помилки під час роботи тощо.

Методи і підходи до вирішення таких задач є досить різноманітними. Наприклад, матричний синтез, імітація відпалу, різні варіанти генетичного алгоритму тощо. На жаль жоден з них не гарантує глобального оптимуму.

Дана робота пропонує алгоритм, який гарантує глобальний оптимум для одного класу теплових задач розміщення джерел.

Розглянемо двовимірну область  $\Omega$ , яка містить  $m$  джерела теплоти  $suppD_i$ ,  $i = 1, \dots, m$ . Кожне джерело задане у власній локальній системі координат. Оскільки можливість поворотів локальних систем координат не розглядаються, розміщення кожного джерела визначається координатами початку відліку локальної системи в глобальній системі. Координати початку в глобальній системі координат позначається як  $Z_i$ . Тоді розміщення всіх  $suppD_i$ ,  $i = 1, \dots, m$  в  $\Omega$  визначається вектором  $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_m)$ .

Розподіл температури описується наступною змішаною крайовою

задачею для рівняння теплопровідності:

$$\frac{\partial}{\partial y_1} \left( k \frac{\partial u}{\partial y_1} \right) + \frac{\partial}{\partial y_2} \left( k \frac{\partial u}{\partial y_2} \right) = -f(y_1, y_2, Z), \quad u|_{\partial\Omega} = \psi, \quad k \frac{\partial u}{\partial n} \Big|_{\partial\Omega} = -q,$$

$$f(y_1, y_2, Z) = \begin{cases} A_i(y - z_i), & \text{if } y \in \text{supp}D_i \\ 0, & \text{if } y \notin \bigcup_{i=1}^m \text{supp}D_i \end{cases}.$$

Нехай  $\Omega$  містить також  $m$  точок  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ , які ми будемо називати посадковими місцями, та множину точок  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ . Задача полягає в тому, щоб розмістити усі джерела на посадкові місця таким чином, щоб мінімізувати максимальне значення розв'язку крайової задачі в точках множини  $T$ , тобто,

$$\kappa(Z) = \max_{i \in T} u(t_i, Z) \rightarrow \min.$$

Дана задача оптимізації може бути сформульована в стилі задачі про призначення. Перш за все відзначимо, що крайова задача є лінійною. Таким чином, значення поля в точці  $t$  може бути отримане у вигляді суперпозиції вкладів від кожного джерела:

$$u(t_k, Z) = \sum_{i=1}^m u(t_k, z_i), \quad z_i \in P.$$

Будь-яке джерело  $\text{supp}D_i$  може бути розміщене на будь-якому з посадкових місць з множини  $P$ . Таким чином, з кожною точкою множини  $T$  ми можемо пов'язати матрицю  $C$ , де  $c_{ij}$  є вклад джерела  $\text{supp}D_i$ , коли воно знаходиться на посадковому місці  $p_j$ .

Введемо змінні  $x_{ij}$ ,  $i, j = 1, \dots, n$ . Дана змінна дорівнює 1, якщо джерело  $\text{supp}D_i$  розміщене на посадковому місці  $p_j$  і нулю в противному випадку.

Тоді значення функції  $u(t_k, Z)$  в точці  $t_k$  можна розрахувати наступним чином:

$$u(t_k, Z) = \sum_{i,j=1}^m c_{ij} x_{ij}, \quad \text{при обмеженнях} \quad \begin{cases} \sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, \forall j \\ \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \forall i \end{cases}.$$

Метод розв'язку такої задачі про призначення заснований на схемі гілок і меж. Запропоновані процедури розгалуження та відсічення. Створений програмний продукт продемонстрував ефективність запропонованого підходу.

УДК 681.5.017+681.516.75

*Юхимчук М. С., к.т.н., ст. викл.  
Осіпенко Г.А., магістрант, факультет КСА, гр.ЗКСУА-14мн  
(ММОМ)*

*Вінницький національний технологічний університет*

## **МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ОПИСУЮЧИХ ФУНКЦІЙ**

Нині існує багато систем автоматичного керування нелінійними нестационарними об'єктами. Зміна параметрів об'єктів у таких системах відбувається під впливом різних факторів. Для спрощення проектування і розрахунку нелінійних нестационарних систем параметри, що змінюються, роблять залежними від часу роботи. Слід відзначити, що на деяких інтервалах часу об'єкти керування стають близькими до нестійких. Такі процеси відбуваються в системах управління вібраційним обладнанням [1].

Хоча в більшості випадків використання класичних методів пов'язано з багатьма труднощами, але в деяких простих ситуаціях класичні методи дослідження нелінійних систем є незамінними і дають повний розв'язок задачі аналізу поведінки класу систем, що розглядається.

Ще більше ускладнюється розв'язок задач дослідження поведінки систем при спільному впливі неконтрольованих параметричних збурень і випадкових завад. Системи, які залишаються працездатними за цих умов, найчастіше будуються такими, що самоналаштовуються.

Основною проблемою розв'язку задач аналізу нелінійних нестационарних систем є відсутність загальних методів розв'язку диференціальних рівнянь, що описують їх динаміку. Тому часто нелінійні нестационарні системи намагаються різними способами за властивостями привести до стаціонарних. Системи, близькі до стаціонарних, більш прості в проектуванні і налагодженні, а також не вимагають складних напівнатурних випробувань при їх виготовленні. Одним з методів дослідження нелінійних нестационарних систем є метод гармонічної лінеаризації. Особливостями даного методу є те, що він наближений, ним найчастіше досліджуються тільки режими автоколивань, для системи будь-якого порядку [2].

Метод описуючих функцій є наближеним методом, оскільки припускається, що наявними в системі гармоніками можна знехтувати. Такий підхід може призвести до значних методичних помилок. Звичайно при аналізі систем з нерозривними нелінійностями помилки метода достатньо малі, оскільки в цьому випадку сигнал виявляється



гладким і гармоніки мають малу вагу. Наприклад, для контуру регулювання з трьома аперіодичними ланками при лінійній характеристиці з обмеженням ( $T_1 = T_2$ ,  $T_3 = 2T_1$ ) помилка метода при визначенні амплітуди  $A$  не перевищує 0,5%, а для частоти складає лише 0,2%. При наявності в системі нерозривної нелінійної характеристики із-за малих значень вищих гармонік помилки виявляються настільки малими, що не перевищують похибок, характерних для звичайних аналогових ЕОМ.

Однак методика оцінки помилок досить складна, оскільки в кожному випадку необхідно враховувати вплив вищих гармонік.

Відомо, що метод описуючих функцій найпотужніший з наближених методів, що застосовуються в практиці проектування автоматичних систем. Цей метод найбільш зручний при дослідженні автоколивань. Область застосування цього метода дуже широка.

Ще більше ускладнюється задача лінеаризації при дослідженні нестационарних нелінійних систем. Нестационарність присутня в зв'язку з тим, що дуже важко забезпечити незмінність показників якості систем, коли під дією неконтрольованих збурень змінюються їх параметри. Якщо ввести припущення про те, що параметри нелінійних ланок системи змінюються по деяким законам, то можна використати узагальнення методу описуючих функцій [3].

Узагальнення методу описуючих функцій є досить ефективним апаратом для аналізу нелінійних нестационарних систем. Застосування цього апарату допомагає точніше проектувати системи даного класу та допомагає моделювати їх поведінку.

Отже, методи лінеаризації дозволяють використовувати при розрахунку переваги лінійної теорії; однак, вони обмежені припустимою областю зміни сигналів, у межах якої лінеаризація справедлива і можлива.

*Перелік використаної літератури:*

1. Сю Д. Меейер А. Современная теория автоматического управления и её применение. – М. Машиностроение, 1972. – 552с.

2. Гельднер К., Кубик С. Нелинейные системы управления – М.: Мир, 1987. – 368с.

3. Юхимчук С.В. Математические модели оценки устойчивости нелинейных нестационарных систем. – Винница: Универсум – Винница, 1997. – 141с.

## СЕКЦІЯ 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ, МЕХАТРОНІКА ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 528.27

*Безвесільна О.М., д.т.н., професор  
Агратіна Д.Г., студент, факультет ПБФ, гр. ПБ-12  
Національний технічний університет України «КПІ»*

### СТРУННЫЙ ГРАВИМЕТР

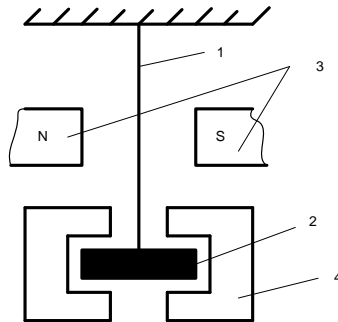
Определение характеристик гравитационного поля Земли (ускорения  $g$  и аномалий  $\Delta g$ ) широко используется во многих отраслях науки и техники – в авиационной и космической технике, в геологии, геодезии и геофизике. Авиационная гравиметрическая система (АГС) применяется для определения характеристик гравитационного поля Земли. Проведенный анализ гравиметров АГС показал, что на сегодняшний день достижимой есть точность авиационных гравиметрических измерений 3...10 мГл. Однако, для решения задач поисковой гравиметрии и коррекции инерциальных навигационных систем (ИНС) аэрогравиметрическая съемка требует существенного повышения точности та быстрого действия авиационных гравиметрических измерений до 1 мГл. Это связано, прежде всего, с необходимостью повышения точности гравиметра, развитием методов автоматической компенсации ошибок измерения  $\Delta g$ , с усовершенствованием математической модели АГС, решением проблем фильтрации возмущающих воздействий в выходном сигнале гравиметра АГС.

Всем известным гравиметрам АГС присущи как преимущества, так и существенные недостатки, среди которых основными являются: низкая точность измерения (3-10 мГл); обязательная необходимость применения процедуры фильтрации выходного сигнала гравиметра АГС; нестабильность статического передаточного коэффициента гравиметра АГС, вызванная изменениями свойств конструктивных элементов; невысокое быстродействие и отсутствие возможности оперативной обработки информации.

Струнные гравиметры имеют высокую точность измерения, высокую вибрационную и ударную прочность, надежность, частотно-модулированный выходной сигнал, большую мощность выходного сигнала, а также малые габариты и вес. Они позволяют выполнять быструю и точную цифровую регистрацию ускорений  $g$ . К преимуществам также следует отнести малую постоянную времени, что важно при измерениях на самолете, и почти неограниченный диапазон изме-

рения входных величин без перестройки прибора.

Рассмотрим принцип работы СГ. Схематично струнный гравиметр представлен на рис. 1. Масса 2 подвешена на струне 1. Под действием  $g$  образуется сила инерции  $mg$ . Под влиянием силы инерции струна будет колебаться с определенной частотой. Эта частота будет зависеть от массы  $m$ , длины  $l$  и плотности материала струны  $\rho$ . Как следствие, измерение  $g$  сведется к измерению частоты колебаний струны. Однако, частоту можно измерять только в том случае, если колебания будут незатухающими. Поэтому струна помещается между полюсами постоянного магнита 3. Если на концы струны подать переменное напряжение, то она начнет вибрировать. Поскольку струна включена в резонансный контур, её колебания поддерживаются за счет применения усилителя в положительной обратной связи. Изменение  $g$  в этом случае регистрируется как изменение частоты генератора. Изменение частоты определяется путем сравнения с частотой эталонного генератора. Чтобы обеспечить необходимое демпфирование массы 2, её изготавливают из меди и помещают между полюсами демпферных магнитов 4. При движении в меди образуются токи Фуко, образуя необходимое затухание. От движения в горизонтальной плоскости масса 2 удерживается тонкими горизонтальными лентами, упругие силы которых малы по сравнению с массой 2.



**Рис. 1.** Струнный гравиметр: 1 – струна, 2 – масса, 3 – магнит, 4 – демпферный магнит

Частота колебаний струны связана с  $g$  уравнением:

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{mg}{\rho}},$$

где  $m$  - масса;  $l$  - длина струны;  $\rho$  - плотность материала струны.

Чтобы определять  $\Delta g$  с точностью в 1 мГл, частоту необходимо определять с относительной точностью не ниже  $0,5 \cdot 10^{-3}$  Гц.

УДК 528.27

**Безвесільна О. М., д.т.н., професор  
Войцицький М. А., аспірант**

*Національний технічний університет України «КПІ»  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ ДВОКАНАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОГО ГРАВИМЕТРА**

Знання гравітаційного поля Землі необхідні у багатьох наукових дослідженнях пов'язаних з реалізацією задач інженерної геології, археології, прогнозу землетрусів тощо.

Гравітаційне поле Землі невід'ємне від закону всесвітнього тяжіння, який був вперше сформульований Ісааком Ньютоном у 1687 році в роботі “Математичні принципи натуральної філософії”. Цей закон знайшов застосування в астрономії.

В останні десятиліття гравіметричні дослідження здійснювалися та здійснюються переважно на підводних та надводних судах. Вдале вимірювання гравіметрів у морських умовах стало поштовхом – дослідження можливості проведення гравіметричних вимірювань на борту літального апарату (ЛА).

Якщо для морських гравіметричних вимірювань точність близько 1 мГал реально досяжна, то для повітряних вимірювань указана точність поки що є проблематичною.

Ефективність роботи авіаційної гравіметричної системи (АГС), значною мірою, забезпечується вибором чутливого елемента системи – гравіметра. На сьогоднішній день існує декілька типів гравіметрів АГС, які мають як свої переваги, так і недоліки. Розробками нових моделей гравіметрів АГС та підвищенням їх точності займаються провідні технічні університети Росії, США, Японії, Німеччини та інших країн світу.

Ефективність роботи АГС значною мірою забезпечується – вибором чутливого елемента системи – гравіметра. Доречно проаналізувати існуючі різновиди авіаційних гравіметрів і за результатами аналізу зробити відповідні висновки доцільності розробки двоканального гравіметра. На сьогоднішній день найбільш відомими є такі авіаційні гравіметри:

1) *Кварцові* гравіметри типу *ГАЛ-С*. В основу перших моделей цих гравіметрів була покладена схема кварцового гравіметра, запропонована у 1949 р. С.С. Александровим. АГС на основі *ГАЛ-С* має точність 8мГал.

2) *Гравіметр Ла-Косте-Ромберга (L-R-S)*. В основу принципу дії

гравіметра покладена ідея вертикального сейсмографа Голіцина. Точність АГС на основі L-R-S не перевищує 10 мГал.

3) *Гравіметр Асканія-Граф GSS-2*. Точність АГС на основі Асканія-Граф GSS-2 приблизно 10 мГал.

4) *Гравіметр ГІ 1/1*, призначений для визначення прискорення сили тяжіння (ПСТ) із рухомих об'єктів із метою геологічної розвідки нафтогазоносних структур та інших корисних копалин за аномаліями гравітаційного поля Землі. Точність вимірювання ПСТ, з повітряних носіїв 6,0 мГал.

5) *Гравіметр “Чекан-АМ”* – призначений для проведення повітряної і морської гравіметричної зйомки поверхні. Точність вимірювань 6 мГал.

6) *Гравіметричний комплекс “ГРІН-2000”*. Точність в умовах експлуатації на морських судах 1 мГал, на ЛА – 5 мГал.

7) *Магнітні гравіметри МАГ-1М, GT-1А, GT-2А*. Дослідження АГС на основі перерахованих магнітних гравіметрів показали точність на рівні 5 мГал.

8) *Гіроскопічні гравіметри* типу РІГА, розроблені Массачусетським технологічним інститутом, мають відносно високу чутливість та використовуються, як гравіметри АГС та а якості елементів систем навігації (точність 3 мГал).

9) *П'єзоелектричні гравіметри*. На сьогоднішній час розробленні одноканальні авіаційні п'єзогравіметри точністю на рівні 1 мГал фахівцями Житомирського державного технологічного університету під керівництвом професора Безвесільної О.М.

З попередніх досліджень (під керівництвом проф. О.М. Безвесільної) було доведено, що у якості первинного перетворювача для авіаційних гравіметрів доцільно використати саме п'єзоелектричний.

Нині авторами цих тезисів ведуться наукові пошуки та напрацювання у ракурсі збільшення точності вимірювань сили тяготіння Землі на рівні 0,5 мГал.

На думку авторів збільшення точності вимірювань сили тяготіння на рівні 0,5 мГал може забезпечити двоканальний гравіметра АГС. Запропонований двоканальний гравіметр більш стійкий до зовнішніх завад, що в свою чергу повисить його точність при вимірюванні прискорення сили тяготіння зі запропонованою точністю.

УДК 528.27

*Безвесільна О.М., д.т.н., професор  
Горovenko A.O., студент, факультет ПБФ, гр. ПБ-12  
Національний технічний університет України «КПІ»*

## СУЧАСНІ АВІАЦІЙНІ СТРУННІ ГРАВИМЕТРИ

Підвищення точності та швидкодії визначення навігаційних координат рухомих об'єктів і проведення гравірозвідки у важкодоступних районах земної кулі зумовлюють необхідність підвищення точності та швидкодії авіаційної гравіметричної системи (АГС). Оскільки гравіметр є основним чутливим АГС, то його точність і швидкодія є основними чинниками, що впливають на якість і час проведення гравіметричних досліджень.

Проведений аналіз гравіметрів АГС показав, що на сьогоднішній день досяжною є точність авіаційних гравіметричних вимірювань 1...10 мГал. Однак, для розв'язання задач пошукової гравіметрії і корекції інерційних навігаційних систем, аерогравіметрична зйомка потребує суттєвого підвищення точності та швидкодії авіаційних гравіметричних вимірювань. Це пов'язане, насамперед, із необхідністю підвищення точності гравіметра, розвитком методів автоматичної компенсації похибок вимірювань, з удосконаленням математичної моделі АГС, вирішенням проблем фільтрації збурюючих впливів у вихідному сигналі гравіметра АГС.

Точність сучасних АГС обмежена не точністю роботи навігаційної системи, а вихідною точністю гравіметра АГС і для суттєвого покращення характеристик точності АГС наразі критичним є досягнення сумарної похибки гравіметра АГС у 1 мГал. Всім відомим гравіметрам АГС притаманні як переваги, так і суттєві недоліки, серед яких основними є:

- 1) низька точність вимірювання (1 – 10 мГал);
- 2) обов'язкова необхідність застосування процедури фільтрації вихідного сигналу гравіметра АГС;
- 3) нестабільність статичного передатного коефіцієнта гравіметра АГС, спричинена змінами властивостей конструктивних елементів;
- 4) невисока швидкодія та відсутність можливості оперативної обробки інформації та інші.

Вказані недоліки можливо подолати, якщо в якості гравіметра АГС застосувати новий автоматизований струнний гравіметр. Струнні гравіметри мають високу точність вимірювання, високу вібраційну та ударну міцність, надійність, частотно-модульований вихідний сигнал, високу потужність вихідного сигналу, а також малі габарити та вагу.

Вони дозволяють виконувати швидко і точну цифрову реєстрацію прискорень сили тяжіння. До переваг також слід віднести малість сталої часу, що важливо при вимірюваннях на літаку, і майже необмежений діапазон вимірювання входних величин без перебудови приладу. Принцип дії струнних гравіметрів заснований на властивості струни змінювати частоту власних коливань при зміні її натягу.

Перший макет струнного гравіметра був створений у 1948 р. у Кембриджському інституті геодезії і геофізики, а ідея цього приладу була запропонована вченими Росії Л.І. Мендельштамом та Г.П. Папелески. Найвідоміший струнний гравіметр – це *гравіметр ГСД-М*, який створений в 1960-их рр. під керівництвом А.М. Лозинської. Подальші дослідження очолював В.О. Багрянц у Всесоюзному науково-дослідному інституті геофізики. Дослідні вимірювання  $g$  на базі ГСД-М показали точність у межах 8 мГал.



*Рис. 1. Гравіметричний комплекс “ГРАВІТОН–М”*

На сьогоднішній день є досить відомим та застосовуваним гравіметричний комплекс “ГРАВІТОН–М” (розробка ВНДІ Геофізики, ДНВП “Аерогеофізика” та МДТУ ім. М.Е. Баумана), який включає у себе вимірювальний блок з трьох струнних гравіметрів, гіроінерціальну платформу, двочастотні індикатори приймачів супутникової навігаційної системи GPS, блок реєстрації та обробки даних з відповідним пакетом програм (рис. 1). Комплекс пройшов випробування на вертольотах Мі-8, Ка-32 і на літаках Ан-30, Ан-12. Вертолітні зйомки над морем показали точність 5 мГал.

УДК 528.563

*Безвесільна О. М., д.т.н., проф.  
Козько К. С., аспірант, приладобудівний факультет  
Житомирський державний технологічний університет  
Національний технічний університет України «КПІ»*

## ДВОКАНАЛЬНИЙ ЄМНІСНИЙ ГРАВИМЕТР

Відомий ємнісний гравіметр (ЄГ) виконано у вигляді двох нерухомих обкладинок або пластин. Між ними розміщено рухома пластину, поєднану з масою. Частота власних коливань такого ЄГ дорівнює найбільшій частоті гравітаційних прискорень, що може бути виміряна на фоні завад (0,1 рад/с). При цьому ЄГ виконує функції чутливого елемента (ЧЕ) та фільтра низьких частот одночасно, відокремлюючи корисний сигнал гравітаційного прискорення ( $\Delta g$ ) від високочастотних завад (в основному це вертикальне прискорення літака).

Однак, конструкція відомого ЄГ не передбачає компенсацію інструментальних похибок від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища, які є значними в екстремальних умовах, якими, зазвичай, характеризуються авіаційні гравіметричні вимірювання. Таким чином, суттєвими недоліком відомого ЄГ є низька точність вимірювань  $\Delta g$ .

Актуальною є **задача** вдосконалення відомого ЄГ, що містить пристрій обчислення вихідного сигналу гравіметра та чутливий елемент, **шляхом** того, що чутливий елемент виконано з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному ємнісному ЧЕ, що є ідентичними і виконані таким чином, як описано вище. Виходи нерухомих пластин обох каналів з'єднані з входами суматора, вихід якого з'єднаний із входом пристрою обчислення вихідного сигналу гравіметра для **забезпечення** підвищення точності вимірювань  $\Delta g$ .

Чутливий елемент 1 двоканального ЄГ (ДЄГ) виконано з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному ємнісному ЧЕ, що є ідентичними і виконані у вигляді двох нерухомих пластин та однієї рухомої пластини між ними та інерційної маси, жорстко приєднаної до рухомої пластини. Виходи нерухомих пластин обох каналів з'єднані з входами суматора 5, вихід якого з'єднаний із входом пристрою 2 обчислення вихідного сигналу двоканального ємнісного гравіметра (рис. 1). ДЄГ працює наступним чином.

Позначимо  $\Delta z$  – переміщення мас  $m$  вздовж осі  $Oz$ ,  $m_{ЧЕ}$  – маса кожного ЧЕ,  $g_z$  – гравітаційне прискорення,  $k$  – стала,  $\Delta \ddot{z}$  – вертикальне прискорення літака,  $\Delta \dot{i}$  – інструментальні похибки від впливу



залишкової неідентичності конструкцій однакових пластин та мас, від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища,  $u_1$  – вихідний сигнал пластин першого каналу,  $u_2$  – вихідний сигнал пластин другого каналу,  $u_\Sigma$  – подвоєний вихідний сигнал.

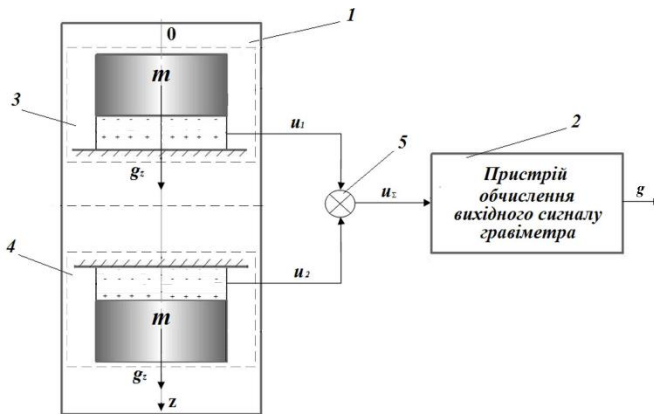
На обидва ЧЕ діє прискорення сили тяжіння  $g_z$ , вертикальне прискорення  $\Delta\ddot{z}$  літака та інструментальні похибки  $\Delta i$ . Якщо спроектувати всі ці впливи на вимірювальну вісь  $Oz$  ДСГ та врахувати те, що один ЧЕ 3 працює на стиснення, а другий ЧЕ 4 – на розтяг, то отримаємо:

$$u_1 = k(m_{ПЕ} g_z + m_{ПЕ} \Delta\ddot{z} + \Delta i);$$

$$u_2 = k(m_{ПЕ} g_z - m_{ПЕ} \Delta\ddot{z} - \Delta i).$$

Вихідні електричні сигнали  $u_1$  та  $u_2$  сумуються у суматорі 5:

$$u_\Sigma = u_1 + u_2 = 2km_{ПЕ} g_z.$$



**Рис. 1.** Двоканальний ЄГ: 1 – чутливий елемент;  
2 – пристрій обчислення вихідного сигналу гравіметра;  
3 – перший ЄГ; 4 – другий ЄГ; 5 – суматор

Таким чином, вихідний сигнал чутливого елемента ДСГ  $u_\Sigma$  пропорційний подвоєному сигналу  $2 g_z$ . Тобто обґрунтовано, що точність двоканального емнісного гравіметра буде значно вищою.

УДК 528.27

*Безвесільна О. М., д.т.н., професор  
Місяць А. С., студент, факультет ПБФ, гр. ПБ-12  
Національний технічний університет України «КПІ»*

## **П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ ДВИГУН**

Перші керамічні зразки п'єзоелементів були отримані у 1947 році і, вже з цього часу виробництво п'єзоелектричних двигунів стало теоретично можливим. Вивчаючи п'єзоелектричні трансформатори в силових режимах, співробітник Київського політехнічного інституту В.В. Лавриненко в 1964 році створив перший п'єзоелектричний обертальний мотор, а слідом за ним і лінійний мотор для приводу реле. За першим мотором з прямим фрикційним контактом він створює групи нереверсивних моторів з механічним зв'язком п'єзоелемента з ротором через штовхачі. На цій основі пропонується десятки конструкцій нереверсивних моторів, що перекривають діапазон швидкостей від 0 до 10 000 об/хв і діапазон моментів обертання від 0 до 100 Нм.

П'єзоелектричний двигун – двигун, у якому робочим елементом є п'єзоелектрична кераміка, завдяки якій він здатний перетворити електричну енергію в механічну з дуже великим ККД, що перевищує в окремих випадках 90%. Це дозволяє отримувати унікальні прилади, в яких електричні коливання перетворюються в обертальний рух ротора, при цьому обертовий момент, що розвивається на валу такого двигуна настільки великий, що виключає необхідність застосування механічного редуктора для підвищення обертового моменту.

П'єзоелектричний двигун має значно менші габарити і масу в порівнянні з аналогічним по силових характеристиках електромагнітним двигуном. Відсутність обмоток, вимочених в клейовому розчині, робить його придатним для використання в умовах вакууму. П'єзоелектричний двигун має значний момент самогальмування (до 50% від величини максимального обертового моменту) за відсутності напруги живлення за рахунок своїх конструктивних особливостей. Це дозволяє забезпечувати дуже малі дискретні кутові переміщення (від одиниць кутових секунд) без застосування будь-яких спеціальних заходів. Ця властивість пов'язана з квазінеперервним характером роботи п'єзодвигуна. Дійсно, п'єзоелемент, який перетворює електричні коливання в механічні споживає не постійну, а змінну напругу резонансної частоти. При подачі одного або двох імпульсів можна отримати дуже маленьке кутове переміщення ротора. Наприклад, деякі зразки ультразвукових двигунів, що мають резонансну частоту 2 МГц і робочу частоту обертання 0,2-6 об/с, при подачі одиночного імпульсу на обкладки п'єзо-

лемент дадуть в ідеальному випадку кутове переміщення ротора 0,13-3,9 кутових секунд.

Одним із серйозних недоліків такого двигуна є значна чутливість до потрапляння в нього твердих речовин (наприклад піску). З іншого боку, п'єзодвигуни можуть працювати в рідкому середовищі, наприклад у воді або в маслі.

В основі роботи п'єзоелектричних обертальних двигунів лежить принцип, згідно з яким всі точки п'єзоелемента, що входять в контакт з ротором, повинні рухатися по траєкторіях близьким до еліптичної. Для цього в п'єзоелементі одночасно збуджують два типи взаємно ортогональних коливань. Це може бути будь-яке поєднання взаємно поперечних поздовжніх, згинальних, зсувних і крутильних коливань. Важливим лише є те, що ці коливання повинні бути механічно пов'язаними, тобто енергія з одного коливання не повинна переходити в інше коливання. Якщо коливання механічно незв'язані, то між ними можна отримати будь-який зсув фаз. А оптимальним для п'єзоелектричних моторів є зсув фази рівний 90 градусів. Проблема ресурсу Лавриненко вирішує таким способом. Він використовує властивість нахиленою і притиснутою до гладкої поверхні пластини змінювати зусилля притиску при русі в одну і протилежну сторону.

Однією з найбільш важливих переваг даного типу двигуна є те, що для будь-якої швидкості обертання можливий прямий привід. У конструктивному відношенні значно спрощується привід і в ряді випадків істотно зростає ККД, який «з'їдає» редуктор. Саме це властивість дозволила розробляти приводи кульових кранів з будь-яким прохідним перетином та здійснити їх серійне виробництво. По швидкодії п'єзоелектричним моторам немає рівних. Це пов'язано з тим, що їх потужність не залежить від маси ротора, як це відбувається для електромагнітних моторів. За долі мілісекунди вони набирають потрібну швидкість і можуть конкурувати навіть з дорогими п'єзоелектричними актуаторами, наприклад, для паливних інжекторів.

П'єзоелектричний двигун може з успіхом використовуватися в тих областях техніки, де необхідно досягнення мінімальних кутових і лінійних переміщень. Наприклад, в астрономії, в космічних дослідженнях, де потрібна точне орієнтування за досить малим об'єктам (зірками); в прискорювачах заряджених частинок; в наукових дослідженнях при вивченні кристалографічної структури (орієнтування головки гоніометра); в робототехніці і т.д.

УДК 528.27

*Безвесільна О. М., д.т.н., професор  
Просюк А. О., магістрант, факультет ІКТ, гр.АТ-18м  
Національний технічний університет України «КПІ»  
Житомирський державний технологічний університет*

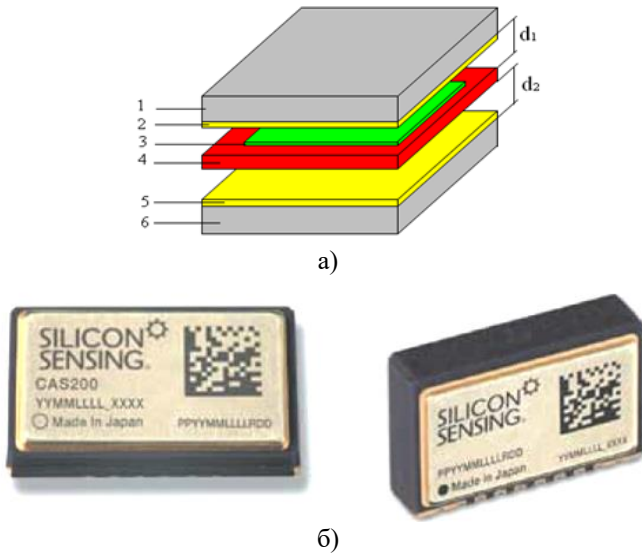
## **АВТОМАТИЗОВАНА ГРАВИМЕТРИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ АНОМАЛІЙ ПРИСКОРЕННЯ СИЛИ ТЯЖІННЯ НА БАЗІ МЕМС ГРАВИМЕТРА**

Вимірювання абсолютного значення прискорення сили тяжіння (ПСТ) з високою точністю необхідне для успішного розв'язання широкого спектру наукових задач: визначення форми Землі, побудови моделей руху глибинних мас, оцінки пружних деформацій поверхні планети, передбачення землетрусів, пошуку покладів корисних копалин та інше. Для вирішення цих важливих наукових задач призначені гравіметричні системи, чутливим елементом яких є гравіметр. Вимірювання ПСТ за допомогою існуючих сьогодні гравіметрів проводили, в основному, маятниковим способом. Даний спосіб вимірювання полягає у вивченні залежності періоду коливань математичного маятника від величини поля сили тяжіння. Абсолютні маятникові вимірювання досить трудомісткі. Одне вимірювання може проводитися протягом доби. На результати маятникових спостережень істотно впливають похибки вимірювання довжини маятника і часу.

Сьогодні найперспективнішими є п'єзоелектричні, гіроскопічні, струнні та ємнісні гравіметри. Використання саме ємнісних гравіметрів (ЄГ) у якості чутливих елементів гравіметричних систем дає значні переваги у порівнянні з існуючими типами гравіметрів: вищі точність (1 мГал) та швидкодія.

Ємнісний гравіметр (рис. 1, а) складається з двох пластин: стаціонарної, з'єднаної із корпусом, і вільно переміщуваної всередині корпусу, до якого приєднана інерційна маса. Ці пластини формують конденсатор, величина ємності якого залежить від відстані між ними і від ПСТ. Максимальне переміщення, яке визначається ЄГ, не перевищує 20 мкм. Отже, в таких гравіметрах необхідно компенсувати дрейф різних параметрів, а також пригнічувати всі можливі перешкоди. Також ЄГ мають диференціальну структуру, для чого в їх склад вводиться додатковий конденсатор, ємність якого повинна бути близькою до ємності основного конденсатора. При цьому, напруги на конденсатори подаються із зміщенням фаз  $180^\circ$ . Тоді величина ПСТ буде пропорційна різниці значень ємностей конденсаторів. Диференціальна структура дозволяє збільшити амплітуду і поліпшити лінійність сигналу, так як

залежність ємності від переміщення є нелінійною.



**Рис. 1.** Ємнісний гравіметр: а) конструкція ємнісного гравіметра: 1,6 – нерухомі обкладки; 2,5 – діелектрики; 3 – інерційна маса; 4 – рухома обкладка; б) ємнісний MEMC гравіметр

Розвиток науки і техніки ніколи не стоїть на місці. Сьогодні одними із найперспективніших є мікроелектромеханічні системи та технології (MEMC), що поєднують у собі мікроелектронні і мікромеханічні компоненти. MEMC-пристрої виготовляють на кремнієвій підкладці за допомогою технології мікрообробки, аналогічно технології виготовлення однокристальних інтегральних мікросхем. Типові розміри мікромеханічних елементів лежать в діапазоні від 1 мікрометра до 100 мікрометрів. MEMC технології застосовуються для створення різноманітних мініатюрних датчиків, таких як акселерометри, датчики кутових швидкостей, гіроскопи, магнітометричні датчики, барометричні датчики, а також гравіметри (рис. 1, б). Ємнісні MEMC гравіметри мають не лише таку ж високу точність, як і звичайні ЄГ, а і значно менші масогабаритні параметри.

УДК 528.27

*Безвесільна О. М., д.т.н., професор*

*Ткачук А. Г., к.т.н.*

*Національний технічний університет України «КПІ»  
Житомирський державний технологічний університет*

## **СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВИМЕТРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ АВІАЦІЙНОЇ ГРАВИМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ**

Вивчення гравітаційного поля Землі – цікава та швидко розвиваюча область геодезії, геофізики та геодинаміки. Успіхи теоретичних розділів геодезії та геофізики, удосконалення методів вивчення гравітаційного поля Землі та обробка вимірювань, нові види гравіметричної апаратури призвели до різкого підвищення точності гравіметричних даних та значно розширили області практичного застосування гравіметрії. На сьогоднішній день інформація про гравітаційне поле Землі необхідна в авіаційній і космічній техніці (корекція систем інерціальної навігації ракет, літаків, орбіт космічних літальних апаратів), для дослідження геодинамічних явищ, для реалізації цілей інженерної геології, археології, прогнозу землетрусів і т.д. Гравіметричні вимірювання проводили на нерухомій основі, на підводному човні, на надводному судні і на літальному апараті (ЛА). Наземні вимірювання забезпечують найбільш високу точність (0.01 мГал). Однак, важкодоступні райони полюсів, екватора, океанів для таких вимірювань недоступні. Морські вимірювання мають точність меншу, ніж наземні вимірювання (0.1 - 0.5 мГал). Однак, морські вимірювання неможливі у гірських районах і у віддалених районах океанів. Вимірювання на ЛА дозволяють здійснювати вимірювання прискорення сили тяжіння у важкодоступних районах земної кулі, зі швидкістю значно більшою, ніж наземні. Тому проведення високоточних авіаційних вимірювань є актуальним. Для цих цілей використовують авіаційні гравіметричні системи (АГС), чутливим елементом яких є гравіметр.

Відомі та найбільш застосовні на сьогоднішній день наступні гравіметри: “ГІ 1/1”, “Чекан–АМ”, “Гравитон–М”, “LaCoste & Romberg (L-R-S)”, “ГРИН-2000”. Реально досяжна точність перерахованих авіаційних гравіметрів складає (3,0 – 10,0) мГал. Сьогодні така точність є недостатньою. Також ці гравіметри вимірюють разом із прискоренням сили тяжіння вертикальне прискорення, що вимагає застосування додаткових фільтрів.

У НТУУ “КПІ” розроблено та досліджено автоматизовані гіроскопічні та п'єзоелектричні гравіметри. Їх точність складає 2 мГал та 1

мГал відповідно. Як бачимо, п'єзоелектричний гравіметр (ПГ) є одним із найточніших гравіметрів на сьогодні. Чутливий елемент ПГ є одноканальним і виконано у вигляді п'єзопластин. Частота власних коливань чутливого елемента дорівнює 0,1 рад/с. При цьому п'єзопластини ПГ виконують функції чутливого елемента та фільтра низьких частот одночасно, відокремлюючи корисний сигнал прискорення сили тяжіння від високочастотних завад (в основному це вертикальне прискорення ЛА). Однак, конструкція нового ПГ не передбачає компенсацію інструментальних похибок від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища, які є значними в екстремальних умовах, якими характеризуються гравіметричні вимірювання на ЛА.

Тому запропоновано для компенсації інструментальних похибок зробити існуючий ПГ двоканальним. Для цього чутливий елемент виконано з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному п'єзоелементу. П'єзоелементи обох каналів є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин та інерційної маси, що закріплені одне на одному. П'єзоелемент одного каналу розташовано п'єзопластинами вниз, а п'єзоелемент іншого каналу розташовано п'єзопластинами вгору. Виходи п'єзопластин обох каналів з'єднані з входами суматора, вихід якого з'єднаний із входом пристрою обчислення вихідного сигналу гравіметра. На п'єзоелементи обох каналів діє прискорення сили тяжіння, вертикальне прискорення ЛА та зазначені вище інструментальні похибки. Якщо спроектувати всі ці впливи на вимірювальну вісь ПГ та врахувати те, що п'єзоелемент одного каналу працює на стиснення, а п'єзоелемент іншого каналу – на розтяг, то отримаємо на виході сигнал, рівний подвоєному значенню прискорення сили тяжіння. У цьому сигналі повністю відсутні такі похибки вимірювань, які спричинені впливом вертикального прискорення та інструментальних похибок.

Отже, встановлено, що шляхом підбору конструктивних параметрів чутливого елемента ПГ можна встановити його власну частоту 0.1 рад/с і уникнути необхідності використовувати фільтр низьких частот у складі автоматизованої АГС. Проаналізовано перспективи подальшого підвищення точності нового п'єзоелектричного гравіметра шляхом реалізації процесу компенсації інструментальних похибок від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища, які є значними в екстремальних умовах, якими характеризуються гравіметричні вимірювання на ЛА.

УДК 321.317

*Безвесільна О. М., д.т.н., професор  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут",  
Ткачук А. Г., к.т.н., старший викладач,  
Четюк Л. О., старший викладач,  
Житомирський державний технологічний університет*

## **АВІАЦІЙНА ГРАВІМЕТРИЧНА СИСТЕМА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ**

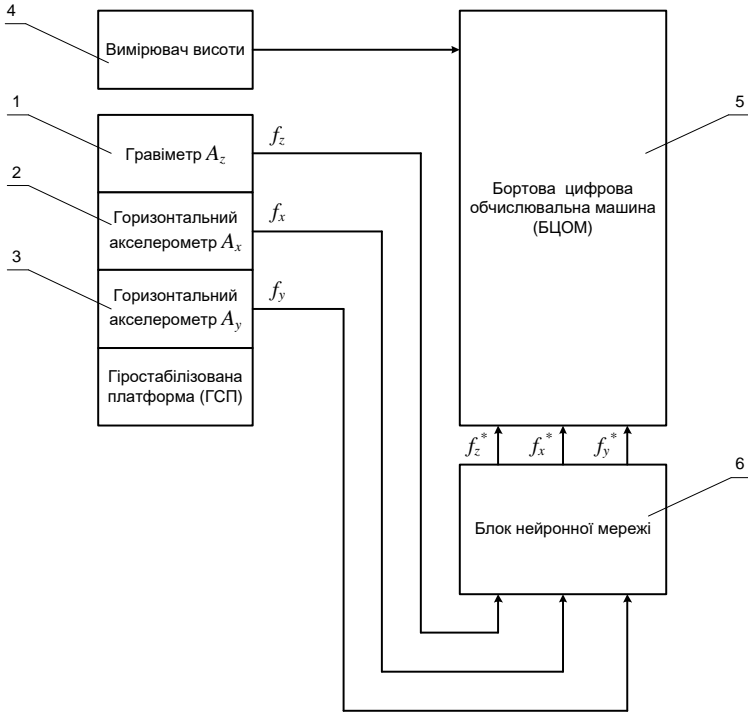
В відомих авіаційних гравіметричних системах (АГС) відсутні засоби компенсації похибок, що наявні на виходах гравіметра та горизонтальних акселерометрів. Тому результати вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння містять інструментальні похибки визначення координат, що обумовлені систематичними похибками дрейфу, похибками масштабних коефіцієнтів та похибками виставлення осей чутливості. Всі ці похибки суттєво знижують точність результатів вимірювання аномалій прискорення сили тяжіння.

Авторами вирішується задача вдосконалення АГС для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння, що містить горизонтальні акселерометри і гравіметр, що встановлені на горизонтальній стабілізованій платформі, та вимірювач висоти, вихід якого підключено до входу БЦОМ, **шляхом** того, що додатково введений блок нейронної мережі, виходи якого підключені до входів БЦОМ, а до входів його підключені виходи гравіметра та горизонтальних акселерометрів, **щоб забезпечити** підвищення точності вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння (рис. 1).

Поставлена задача вирішується таким чином. Для компенсації похибок вимірювання аномалій прискорення сили тяжіння гравіметра та горизонтальних акселерометрів додатково введений блок нейронної мережі. До його входів підключені виходи горизонтальних акселерометрів та вихід гравіметра. Виходи блока нейронної мережі підключені до входів БЦОМ.

Завдяки тому, що блок нейронної мережі виконує компенсацію інструментальних похибок гравіметра та двох горизонтальних акселерометрів, забезпечується суттєве підвищення точності вимірювань.





**Рис. 1.** *Авіаційна гравіметрична система для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння*

Авіаційна гравіметрична система для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння містить гравіметр 1, два горизонтальні акселерометри 2,3, вимірювач 4 висоти та БЦОМ 5 та блок 6 нейронної мережі. Гравіметр 1 і горизонтальні акселерометри 2, 3 встановлені на гіростабілізованій платформі. Вихід вимірювача 4 висоти підключений до входу БЦОМ 5.

До входів блока 6 нейронної мережі підключено виходи гравіметра 1 та горизонтальних акселерометрів 2, 3. Виходи блока 6 нейронної мережі підключені до входів БЦОМ 5.

УДК 681.121.89.082.4

*Білинський Й. Й., д.т.н., професор, зав. кафедри електроніки  
Вінницький національний технічний університет  
Гладишевський М. В., провідний фахівець Метрологічного центру  
НАК «Нафтогаз України»*

## УЛЬТРАЗВУКОВИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПЛИННИХ СЕРЕДОВИЩ

Акустичні витратоміри засновані на вимірюванні того чи іншого акустичного ефекту, що залежить від витрати, при проходженні акустичних коливань через потік плинного середовища. Оскільки, практично усі акустичні витратоміри працюють в діапазоні ультразвукових коливань (УЗК), тому називаються ультразвуковими. Ультразвукові витратоміри (УЗВ) використовуються в промисловості вже більше як 20 років для вимірювання об'ємної витрати рідин, газів і, з недавніх часів, пари.

Вперше щодо застосування ультразвуку для вимірювання об'ємної витрати наводиться в німецькому патенті 1928 року. Однак, тільки з розвитком п'єзоелектричних перетворювачів за останні 40 років, УЗВ набули неабиякої привабливості. На практиці застосовуються три основні типи УЗВ: **часові, Допплерівські та кореляційні**, серед яких найбільш широко використаними є часові УЗВ, в яких різниця часу  $\Delta t$  поширення звукового імпульсу за потоком і проти потоку прямо пропорційна швидкості потоку. Існує кілька методів вимірювання  $\Delta t$ :

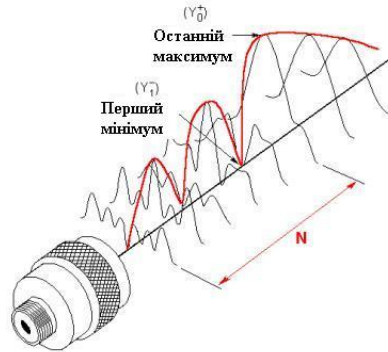
- вимірювання різниці фазових зсувів ультразвукових коливань, що направляються по потоку і проти нього (фазові витратоміри);
- вимірювання різниці частот повторення коротких імпульсів чи пакетів ультразвукових коливань, що направляються одночасно по потоку і проти нього (частотні витратоміри);
- безпосереднє вимірювання різниці часу проходження коротких імпульсів, що направляються по потоку і проти нього (часово-імпульсні витратоміри).

Кожен з наведених вище методів мають свої недоліки, основними з яких є низька точність реєстрації положення початку імпульсного сигналу, розмиття фронту наростання імпульсного сигналу, дискретність вимірювань, складність обробки сигналу.

В роботі запропоновано новий метод вимірювання витрат, який оснований на визначенні частоти поширення ультразвукового сигналу, що відповідає останньому максимуму ближньої зони.

Відомо, що основними елементами перетворювачів ультразвукових

витратомірів є випромінювачі і приймачі УЗК. Область випромінювання акустичного перетворювача (акустичне поле) поділяється на дві зони: ближню і дальню (рис. 1). **Дальня зона** – область акустичного випромінювання, в якій акустичний тиск поступово падає до нуля, **ближня зона** знаходиться безпосередньо перед перетворювачем і в ній амплітуда сигналу змінюється немонотонно.



*Рис.1. Ближня зона акустичного поля перетворювача*

Довжина ближньої зони являється функцією частоти перетворювача  $f$ , діаметра п'єзоелемента  $d$  та швидкості звуку  $c$  і визначається як

$$N = \frac{d^2 \times f}{4c}.$$

Проаналізувавши ряд робіт, можна стверджувати, що швидкість плинного середовища є функцією частоти УЗК і з урахуванням діаметра трубопроводу буде визначатися як:

$$V = \frac{DV_{узк} - f2a^2 \sin \alpha}{2a^2 \sin \alpha D \cos \alpha},$$

де  $V$  – швидкість потоку,  $V_{узк}$  – швидкість поширення УЗК,  $a$  – радіус п'єзоелемента,  $\alpha$  – кут входження променя відносно середовища.

Таким чином запропонована модель поширення ультразвукової хвилі в плинному середовищі дає змогу визначати швидкість за або проти потоку.

Недосконалість існуючих ультразвукових методів вимірювання витрати плинного середовища та подальше поглиблене вивчення теми поширення ультразвукових коливань, дало змогу виявити залежність частоти УЗК від швидкості потоку, що, в свою чергу, дозволить, завдяки новому підходу, розробити ультразвуковий витратомір нового типу.

УДК 681.12

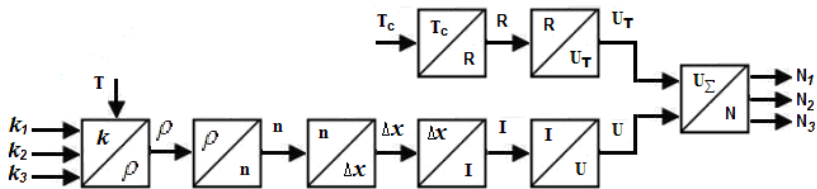
**Білинський Й. Й., д.т.н., професор**  
**Книш Б. П., аспірант**  
 Вінницький національний технічний університет

## ЗАСІБ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ СКРАПЛЕНОГО ГАЗУ

На сьогодні знаходить широке використання скраплений газ як паливо в двигунах автомобільного транспорту, так і установках муніципальних, промислових і сільськогосподарських об'єктів. Скраплений газ – це суміш пропану ( $C_3H_8$ ), бутану ( $C_4H_{10}$ ) і домішок (приблизно 1%) – етилен, пропілен, бутилен, амілен, гексилен, гептилен тощо. Незважаючи на незначну частку домішок, їх вплив протягом довготривалого періоду на технологічне обладнання погіршує його роботу та може призвести до його виходу з ладу. Це пов'язано з їх недостатньою розчинністю (етилен, пропілен, бутилен) та активним окисленням (амілен, гексилен, гептилен).

На основі методу визначення кількісного вмісту компонентів скрапленого газу запропоновано засіб вимірювального контролю кількісного вмісту скрапленого газу, який дозволяє визначати не тільки вміст пропану й бутану, але й домішок.

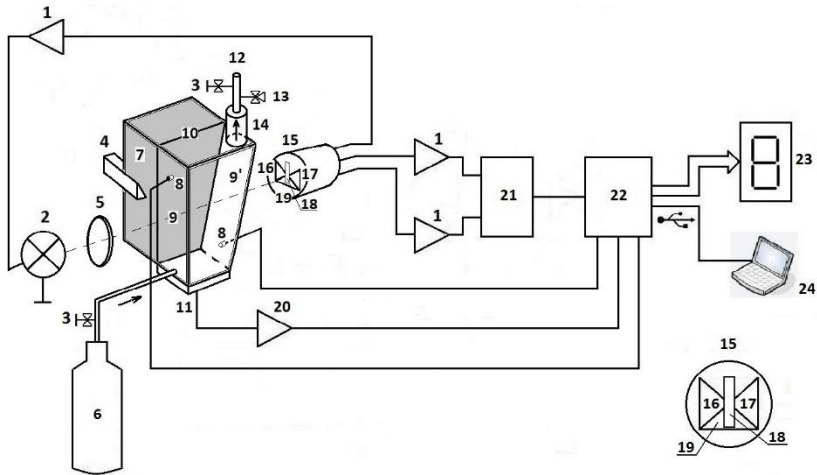
На рис. 1 наведено схему функціональних перетворень кількісних вмістів пропану  $k_1$ , бутану  $k_2$  та домішок  $k_3$ .



**Рис. 1.** *Схема функціональних перетворень кількісних вмістів пропану  $k_1$ , бутану  $k_2$  та домішок  $k_3$*

На рис. 1 показано кількісні вмісти пропану  $k_1$ , бутану  $k_2$ , домішок  $k_3$ , температури  $T_c$  і  $T$  від сенсорів температури та середовища, відповідно, густина  $\rho$ , показник заломлення  $n$ , зміщення променя  $\Delta x$ , струм  $I$ , напруга  $U$ , опір  $R$ , температурна напруга  $U_T$ , значення коду АЦП для пропану  $N_1$ , бутану  $N_2$  та домішок  $N_3$ .

Для визначення кількісного вмісту скрапленого газу розроблено засіб вимірювального контролю, структурна схема якого наведена на рис. 2.



**Рис. 2.** Структурна схема засобу вимірювального контролю

Засіб вимірювального контролю кількісного вмісту скрапленого газу містить джерело випромінювання 2, оптичну систему 5, яка формує паралельний світловий потік у вигляді світлової смужки 18, кювету 10, яка містить вертикальну 9 та похилу 9' стінки, поршень 7, що рухається за допомогою штока 4, мірник 14 з вивідним патрубком 12, який містить вентиль 3 та клапан 13, балон 6, який за допомогою вентиля 3 подає у кювету 10 скраплений газ, сенсори температури 8, елемент нагрівання 11, підсилювачі 1, підсилювач елемента нагрівання 20, систему фотоприймачів 15, яка складається з лівого 16, правого 17 та опорного 19 фотоприймачів, блок порівняння 21, мікропроцесорний пристрій 22, індикаторне табло 23, комп'ютер 24.

Таким чином, в роботі розроблено засіб вимірювального контролю кількісного вмісту скрапленого газу, який дозволяє визначати не тільки вміст пропану й бутану, але й домішок, та наведено його структурну схему.

УДК 621.865.8

*Богдановський М. В., старший викладач кафедри АУТПтаКТ,  
Кирилович В. А., к.т.н., професор кафедри АУТПтаКТ,  
Самсонова Н., студент, факультет ІКТ, гр. АТ-18м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ РУХІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ**

Метод електростатичного нанесення порошкового покриття є одним з найбільш розповсюджених в наш час та економічно вигідним. В результаті його застосування досягається стійке до агресивних впливів навколишнього середовища покриття.

Існує ряд факторів, які обмежують застосування цього методу і потребують врахувань при плануванні операцій електростатичного фарбування, таких як властивості лако-фарбового матеріалу, поверхонь, що фарбуються та параметрів, технології та техніки нанесення фарби.

З метою визначення стратегії обслуговування робочих зон ПР виділимо типові поверхні кузова, що визначають стереотипні рухи робочих органів (РО) промислових роботів (ПР) в процесі фарбування: горизонтальні, вертикальні, плоскі, вигнуті поверхні, зовнішні та внутрішні кути. Для різних типових поверхонь використовуються різні техніки фарбування, що реалізуються стереотипними рухами РО робочих органів ПР. Крім форми поверхонь враховується також їх стан: шорсткість та хвилястість.

Планування руху РО ПР передбачає формування раціональної послідовності обирання зон обслуговування конкретного кузова автомобіля в процесі фарбування. Робоча зона кожного ПР поділена на зони обслуговування, визначені типовими поверхнями, для кожної з яких зазначена технологія нанесення покриття, що передбачає набір параметрів налаштування РО ПР, таких як швидкість руху, відстань до поверхні фарбування, розмір плями тощо, та траєкторію фарбування.

Нечіткий регулятор було реалізовано за використанням програмного середовища MATLAB/Fuzzy Logic Toolbox. Відповідно до даних про досліджуваній об'єкт визначимо етапи формування управляючих впливів до РО ПР:

1. Визначення вхідних (лінгвістичних) змінних:  
x1 - зона фарбування, прив'язана до ПР;  
x2 - тип поверхні, що підлягає фарбуванню;

x3 - положення РО ПР в декартовій системі координат, зв'язаний з ПР:  $x_{po}$ ,  $U_{po}$ ,  $Z_{po}$ .

2. Фазифікація робочого діапазону зміни параметрів в межах основних нормованих величин для технік фарбування;

3. Визначення вихідних (лінгвістичних) змінних:

u1 - хід дифузора фарбопульту h;

u2 - тиск ресивера фарбопульту P;

u3 - лінійна швидкість руху фарбопульту вздовж еквідістантної поверхні фарбування V;

u4 - складова руху вздовж координати x у системі координат ПР;

u5 - складова руху вздовж координати y у системі координат ПР;

u6 - кут нахилу фарбопульту до нормалі основної поверхні фарбування.

4. Фазифікація вихідних параметрів, прив'язаних до зон сервісу ПР;

Враховуються значення вихідних параметрів, характеристики яких залежать від обладнання та поверхонь фарбування:

- хід дифузора фарбопульту: рекомендоване - 0,2м; крайнє - 0,3м;

- тиск ресивера фарбопульту: рекомендоване - 6,5 атмосфер; крайнє - 8,1 атмосфер;

- лінійна швидкість руху фарбопульту вздовж еквідістантної поверхні фарбування: рекомендоване - 0,1 м/сек; крайнє - 0,12 м/сек;

- складова руху вздовж координати x у системі координат ПР: рекомендоване - 110% тах довжини; крайнє - 105...120% тах довжини;

- складова руху вздовж координати y у системі координат ПР: рекомендоване - 110% тах довжини; крайнє - 105...120% тах довжини;

- кут нахилу фарбопульту до нормалі основної поверхні фарбування: рекомендоване - 90°; крайнє -  $\pm 1...2^\circ$ ;

5. Формування продукційних правил, що реалізують раціональну стратегію вибору зон обслуговування кузовів в межах робочих зон ПР.

6. Реалізація механізму виводу та дефазифікації.

В наслідок формалізації та реалізації нечіткого регулятора в програмному середовищі MATLAB/Fuzzy Logic Toolbox. було отримано робочу модель стратегії планування руху РО ПР в процесі фарбування кузовів автомобілів.

УДК 681.515

*Богдановський М. В., старший викладач кафедри АУТПмаКТ,  
Безвесільна О. М., д.т.н., проф. завідувач кафедри АУТПмаКТ,  
Хомяк О. М., студент, факультет ІКТ, гр. АТ-18м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **КОНТРОЛЕР КЕРУВАННЯ КУРСОМ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

Контроль та управління навігацією малих безпілотних літальних апаратів (БПЛА) передбачає вирішення ряду задач, що забезпечують основні функціональні характеристики, такі як контроль курсу та стабілізація положення та орієнтації вздовж траєкторії польоту. Для того щоб реалізувати основні будь-які функції навігації та контролю польоту БПЛА потрібно мати дані про: місце знаходження об'єкту відносно початкової точки, орієнтацію відносно сторін світу, швидкість, напрям руху та швидкість обертання в тривимірному просторі. При визначенні курсу на ціль потрібно вирішити такі складові задачі, як врахування основних чинників та збурень в моделі керування стабілізацією БПЛА, вибір оптимального місця розміщення датчиків на борту БПЛА, функціональна взаємодія елементів системи та алгоритм керування. Стабілізація ЛА в просторі повинна забезпечувати в повній мірі гасіння пружних коливань корпусу апарату під час польоту та виконання маневрів. В таких випадках недовіком може бути одноканальність стабілізації, що можна виправити конструктивно.

В результаті аналізу різних методів управління орієнтацією апарата, було виявлено складність реалізації забезпечують бажаних літальних характеристик. Підхід, розглянутий у цій роботі ґрунтується на застосуванні нечіткої логіки для забезпечення управління навігацією БПЛА. Для управління БПЛА запропоновано три нечітких модулі призначені для автономного управління. Один модуль використовується для регулювання величини кута крену для управління курсом польоту БПЛА, а два інших використовуються для отримання бажаної висоти та швидкості апарата. Система навігації має чотири вектори керування: «курс», «швидкість», «висота» та «шлях». За вектором керування «шлях» обчислюється наступна точка траєкторії в напрямку кінцевих координат в декартовому просторі в прирощення по напрямляючи ортах системи координат БПЛА. Коли БПЛА досягає положення потрібної точки, система перевіряє досягнення кінцевих координат і переходить до наступних за планом польоту. Якщо заданої точки не вдалось досягнути, апарат виконує стереотипний маневр для досягнення



заданих координат. Вектор керування «шлях» є функціональним за датчиком для формування інформації для інших векторів. Для визначення вектору «курс» є поточне положення БПЛА, поточний кут крену і наступна позиція цільової точки. Задача, що при цьому реалізується є поворот апарата до цільової точки. Вектор керування «швидкість» задає швидкість апарата на заданому рівні. Входом є поточна швидкість і швидкість отримана із вектору керування «шлях» на виході – команди для дросельної заслінки. Вектор керування «висота» спрямований на підтримку заданої висоти БПЛА, узгодженої за програмою польоту.

Для реалізації алгоритму керування польотом створено базу продукційних правил, які на основі вхідних даних генерують управляючі сигнали на двигуни БПЛА.

Структура формування правил на приклади керування за вектором «висота» є наступною

If (height is NB) and (drive1 is PB) (drive2 is PB)  
 (height\_a\_c\_c\_e\_1 is PM) then (drive3 is PB) (drive4 is PB)

Інтерпретацію даного правила можна зробити наступним чином: якщо різниця висоти між точкою куди потрібно переміститись і висотою БПЛА (height) має від'ємне значення і ця різниця є великою (NB), тобто БПЛА знаходиться нижче заданої точки і (and) датчик висоти видає значення, що відстань до землі є великою (PM), тобто небезпеки зіткнутися з землею немає, то відпрацьовується сигнал видачі на двигуни БПЛА (drive 1 - 4) високої позитивної швидкості обертання ротора(PB).

Реалізація нечіткого регулювання стабілізацією та польотом за курсом БПЛА шляхом математичного моделювання було проведено в програмному середовищі MATLAB/Fuzzy Logic Toolbox. Також було поставлено ряд експериментів над програмною моделлю для перевірки працездатності запропонованого регулятора в несприятливих режимах польоту.

УДК 621.398

*Большой В. А., студ., ФІКТ, V курс, гр. СІ-66*  
*Кушнір Н. О., асп.*  
*Локтікова Т. М., ст. викл.*  
*Житомирський державний технологічний університет*

## **ЗАСТОСУВАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ БАКАЛАВРІВ ЗА НАПРЯМОМ «СИСТЕМНА ІНЖЕНЕРІЯ» ПРИСТРОЇВ СУЧАСНОГО ІНФОРМАЦІЙНО- УПРАВЛЯЮЧОГО ТЕЛЕМЕХАНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ**

У результаті науково-технічного прогресу спостерігається значна диференціація наукових дисциплін. Поява напрямку підготовки «Системна інженерія» покликана частково зкомпенсувати негативні наслідки цього явища на процес підготовки інженерних кадрів. А саме, яскраво виражений міждисциплінарний характер цього напрямку дозволяє розвинути у інженера здатність до усвідомлення та використання міждисциплінарних зв'язків і системного підходу при проектуванні складних технічних систем. У програмі підготовки за даним напрямком важливе місце займає дисципліна «Системи та мережі передачі даних», оскільки в результаті технічного розвитку постійно зростають масштаби технічних систем, що функціонують як єдине ціле, в результаті чого виникає необхідність у зборі, обробці і передачі інформації між розподіленими джерелами та приймачами інформації. В процесі підготовки майбутні фахівці набувають також навичок із використання знань з таких прикладних галузей як «Аналогова електроніка», «Цифрова електроніка», «Мікросхемотехніка», «Мікропроцесорні системи» для реалізації теоретичних принципів, розроблених в таких наукових галузях як «Теорія кодування», «Теорія масового обслуговування», «Технічна кібернетика», «Дискретна математика», «Дослідження операцій».

Можливо проводити вивчення даної дисципліни на прикладі дослідження принципів побудови та функціонування сучасного інформаційно-управляючого телемеханічного комплексу (ІУТК). Це дозволить продемонструвати актуальні на сьогодні практичні підходи та методи вирішення тих задач, які постають перед фахівцями даної галузі.

В наш час, в умовах ринкової економіки, надзвичайно стрімкого розвитку інформаційних технологій і, водночас, деякої інерційності освітнього середовища, значну роль відіграє тісна взаємодія освітніх закладів і фірм-виробників, науково-технічні сфери інтересів яких співпадають. Як приклад такої взаємодії можна навести співпрацю

Житомирського державного технологічного університету та науково-виробничого підприємства «Промекс». В рамках цієї співпраці ЖДТУ отримав у безоплатне користування обладнання від підприємства, що дозволяє ознайомити студентів із новітніми тенденціями та рішеннями на ринку систем телемеханіки, а підприємству, в свою чергу, отримати в особі випускників підготовлених науково-технічних працівників, які досить добре ознайомлені з продукцією саме цього підприємства.

Зразком такого обладнання, отриманого від НВП «Промекс» для комплектування лабораторії з вивчення методів та засобів обробки і передачі інформації, є пристрій контрольованого пункту (КП) ІУТК «Гранит-микро». Навчальний лабораторний комплекс, сформований на основі даного пристрою, містить такі частини: безпосередньо пристрій КП ІУТК, ПЕОМ із програмним забезпеченням для тестування і налаштування модулів КП, імітатор об'єктів і датчиків. Пристрій КП складається з таких модулів: комбінований модуль контролера, адаптера і модема (узгоджує роботу інших модулів і здійснює інформаційний обмін із пристроєм пункту управління з застосуванням відповідних протоколів); модуль телевимірювань поточних значень параметрів (дозволяє виконати зняття і перетворення в цифрову форму аналогових сигналів постійного струму), модуль введення дискретних сигналів (дозволяє організувати приймання дискретних сигналів від 1 до 32 об'єктів), модуль виведення команд телеуправління із блоком проміжних реле (дозволяє провести управління від 1 до 48 виконавчими пристроями), модуль блока живлення. Така структура є характерною для пристрою КП комплексу телемеханіки, що обслуговує узагальнену ланку технологічного процесу.

Модулі пристрою побудовані на основі сучасної елементної бази, в тому числі мікроконтролерах фірми Atmel і сучасних цифрових мікросхемах середнього та великого ступеня інтеграції. Це дозволяє продемонструвати методи вирішення технічної задачі шляхом правильної її декомпозиції на апаратну і програмну складові і застосування елементної бази оптимальної складності.

Також, на прикладі ІУТК демонструється використання характерних для даної галузі протоколів передачі даних – Modbus, МЕК 60870-5-101/104, та особливостей реалізації протоколів загального призначення, таких як HDLC, і інтерфейсів – SPI, RS-485, «струмова петля». Надається уявлення про можливість включення комплексу до складу інформаційних систем більш високого рівня, наприклад, автоматизованої системи управління підприємством.

УДК 621.317.73

*Гнілицький В. В., к.т.н., доцент  
Синюшко Т. М, магістрант, факультет ІКТ, гр.СІ-66м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАВАДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ В КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ**

Відповідно до вимог ГОСТ 26.205-88 «Комплекси та пристрої телемеханіки», ймовірність помилки при передачі інформації в телеуправлінні має не перевищувати  $10^{-12}$ , а в телевимірюванні  $10^{-6}$ . Задовольнити цим вимогам неможливо без застосування завадостійкого кодування.

Завадостійке кодування базується на теоремі Шеннона для передачі дискретної інформації по каналу із завадами: імовірність помилкового декодування може бути як завгодно малою при виборі відповідного способу кодування.

Під завадостійкими розуміють коди, які дозволяють виявляти та/або виправляти помилки, які виникли через вплив завад.

Завадостійкість кодування забезпечується за рахунок внесення надлишковості в кодові комбінації, тобто крім інформаційних є і надлишкові (додаткові) символи. Всі завадостійкі коди поділяються на два класи: блочні та неперервні.

В системах управління циркулюють короткі повідомлення, тому слід використовувати блочні коди. Для завадостійкого кодування найбільш часто використовують лінійні або групові коди. Лінійними називають  $(n, k)$ -коди, в яких  $r = n - k$  перевірочних символів є лінійними комбінаціями інформаційних, де  $n$  – довжина кодових комбінацій, а  $k$  – число інформаційних символів у комбінаціях. Підкласами лінійних кодів є циклічні коди.

Властивості циклічного коду визначаються утворюючим многочленом. Аналіз і синтез циклічних кодів ґрунтується на одному з розділів алгебри - теорії полів Галуа. Існує методика синтезу кодів для виправлення незалежних помилок, точніше, кодів з непарними значеннями мінімальні кодові відстані  $d_{min} = 3, 5, 7, \dots$ . Це коди БЧХ. Окремий випадок кодів БЧХ - коди Хеммінга ( $d_{min} = 3$ ).

Для оцінки ефективності застосування завадостійких кодів в цифрових системах зв'язку, використовуються моделі дискретних каналів.

Біноміальний канал є найпростішою моделлю, проте для багатьох реальних двійкових каналів ця модель не може бути використаною

через значні розбіжності між моделлю та реальним каналом. Головною особливістю таких реальних каналів є наявність пам'яті, що проявляється в групуванні або пакетоутворенні помилок. Термін групування (пакетоутворення) легко зрозуміти, якщо уявити, що канал може перебувати в одному із двох станів. В першому із цих станів – поганому, ймовірність виникнення помилок є великою, в другому – дуже малою. Коли канал перебуває у поганому стані, має місце пакет помилок. Перехід із одного стану в другий відбувається випадково.

Дуже часто необхідно знати ймовірність  $P(\geq t, n)$  виникнення  $t$  або більшої кількості помилок в процесі передачі по каналу кодової комбінації двійкового коду довжиною  $n$ . Для біноміального каналу вона визначається:

$$P(\geq t, n) = \sum_{i=t}^n C_n^i p^i q^{n-i};$$

де  $p$  – ймовірність помилки (спотворення) двійкового символу в каналі.

В загальному випадку задача отримання параметрів завадостійкого коду аналітичного розв'язання не має. При наявності співвідношень, що пов'язують параметри коду із параметрами моделі каналу, задача визначення параметрів коду, за яких задовольняються вимоги до ймовірності помилкової передачі повідомлення, розв'язується шляхом підбору. Якщо ж вищезазначені співвідношення відсутні, одним із шляхів є імітаційне моделювання, яке можна виконувати, застосовуючи, наприклад, Matlab / Simulink.

Розрахунки показали що, для каналів із незалежними помилками в разі використання коротких кодових комбінацій (до 30 символів), що має місце в системах управління, вищезазначені вимоги можна задовільнити, якщо завадостійкий код дозволяє виправляти помилки невеликої кратності (1...2) та виявляти помилки більш високої кратності. Звісно, що в цьому випадку в системі має бути зворотний канал, що використовується для надсилання запиту у разі виявлення помилки.

УДК 629.05:621.317

*Квасников В.П., д.т.н., профессор  
Шелуха А.О., аспирант  
Национальный авиационный университет*

## БЛОК АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

На современном этапе развития машиностроения всё большими темпами развиваются информационные технологии и соответственно возрастают возможности технических средств обработки информации.

Проведён анализ систем управления сложными техническими системами (СТС) специального назначения, и выявлено ряд недостатков, показаны пути для дальнейшего развития и внедрения информационных технологий в эти системы. Следует отметить недостаточное развитие систем автоматического сопровождения объектов (АСО) наблюдения. Проанализированные системы наблюдения (оптико-электронные модули (ОЭМ)) и системы стабилизации объекта управления СТС различных производителей и устанавливаются в сложных технических системах отдельно друг от друга. В результате этого взаимодействие между ОЭМ и системой стабилизации происходит посредством оператора, что может вносить дополнительные погрешности в точность работы объекта управления (рис. 1).



*Рис. 1. Системы наблюдения и управления СТС*

Внедрение модуля АСО в качестве промежуточного звена между ОЭМ и блоком управления (БУ) системы стабилизации СТС позволит проводить расчет и вносить дополнительные поправки в управляющие сигналы БУ.

Важным элементом системы АСО является модель движения наблюдаемого динамического объекта (ДО). Исследования движения ДО проводится на основе предварительно определенной математической модели – системы уравнений движения.

Планирование траектории движения наблюдаемого ДО проводится в виде набора опорных точек с координатами в определенной системе координат и с заданными параметрами движения и основными характеристиками ДО.

Выходными данными для создания математической модели движения ДО является его траектория, которая задана в виде набора точек:

$A_0(x_0, y_0, z_0)$  – начальная точка траектории движения ДО;

$A_i(x_i, y_i, z_i)$  – точка изменения параметров движения ДО;

$A_L(x_L, y_L, z_L)$  – конечная точка траектории движения ДО.

В каждой точке траектории задана скорость движения ДО  $V^i(v_x^i, v_y^i, v_z^i)$ , в общем виде.  $V^{(i-1)} \neq V^i$ .

Модель должна позволять рассчитывать координаты и параметры движения ДО в любой момент времени  $t$  и с заданной точностью. Таким образом, в результате моделирования получаем набор векторов  $a_i$ , каждый из которых является вектором состояния  $i$ -го ДО, и содержит информацию обо всей траектории в любой момент времени  $t$ :  $a_i = (a^{(1)}, a^{(2)}, \dots, a^{(q)}, t)$ . Элементами  $a_i$  являются пространственные (как правило, прямоугольные) координаты объекта  $(x, y, z)$ ; параметры движения – скорость, курс  $(V, Q)$ ; данные про тип объекта и т.д.

Произвольная траектория движения ДО может быть представлена совокупностью участков таких типов:

- прямолинейного движения, с маневром по скорости и высоте;
- криволинейного движения по дуге круга (маневр по курсу);
- криволинейного движения по спирали (маневр по курсу и высоте).

На основе представления траектории движения маневрирующего ДО в виде детерминированной динамической системы, получили необходимые соотношения, которые позволяют рассчитывать координаты и параметры движения объекта в пространстве в произвольный момент времени, что позволит восстанавливать функциональные зависимости системы «наблюдаемый ДО – СТС» на протяжении определенного временного интервала.

УДК 621.317

*Коваль А. В., к.т.н., доцент  
Житомирський державний технологічний університет*

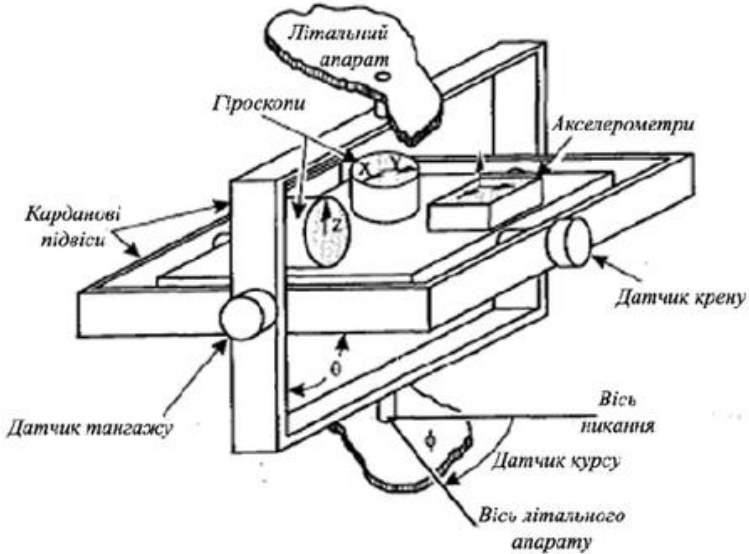
## **ПЛАТФОРМНІ ІНЕРЦІАЛЬНІ НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ**

Рух літального апарату (ЛА), як твердого тіла складається із руху навколо центра маси та руху центра маси. Відповідно, керування рухом ЛА будується на базі інформації про його кутові та лінійні координати. В якості кутових координат можуть бути будь-які кути (наприклад, кути тангажу, крену, никання), що визначають кутове положення ЛА відносно супровідного координатного тригранника осей, розміщеного в центрі маси ЛА. Лінійні координати центра маси ЛА, наприклад, висота, бокове відхилення від заданої траєкторії та відстань від точки старту, визначаються відносно будь-якої земної системи координат.

Визначення кутових координат ЛА відноситься до задачі орієнтації, визначення його лінійних координат та швидкості є основною задачею навігації. Серед методів навігації особливе місце займає метод інерційної навігації, який забезпечує необхідну точність, надійність та автономність. Поточні лінійні координати ЛА визначаються шляхом інтегрування у часі прискорень, вимірюваних за допомогою акселерометрів, вісі чутливості яких орієнтуються, наприклад, в напрямку інерційної системи координат, а пробні маси розміщуються поблизу або в центрі маси ЛА. Таким чином, і для навігаційної задачі треба знати орієнтацію вимірних осей (базового тригранника осей) акселерометрів.

Фізичною моделлю базового тригранника осей може бути орієнтована у заданих напрямках платформа (тверде тіло), ізольована від обертового руху основи ЛА за допомогою системи кілець Кардана – карданового підвісу (рис. 1). Тут показано гіроскоп з двома чутливими осями (гіроскоп з двома ступенями свободи), і схематично показано групу з трьох акселерометрів. Кожна вісь карданового підвісу оснащена контактними (струмозбиральними) кільцями та системою датчиків, які вимірюють кути між кардановими підвісами та крутні моменти. Крім того, на кожній осі містяться три контури системи регулювання, які для спрощення не показані. Якщо карданові підвіси співпадають з осями ЛА на Землі, то вони, будучи застабілізованими гіроскопами, забезпечать умови для вимірювання положення і орієнтації ЛА на усій траєкторії його руху.





*Рис. 1. Триосьова платформа*

Гіроскопи забезпечують незмінне положення платформи в інерційному просторі. Якщо платформа працює в місцевих координатах, то навігаційний комп'ютер повинен тримати платформу горизонтально. Для цього він визначає (обраховує) відповідні керуючі сигнали, які спрямовуються до певної виконавчої системи, що повертає платформу у горизонтальне положення. Крен і тангаж акселерометра можуть використовуватись для вирівнювання платформи, якщо відомо, що вона не прискорюється.

У загальному випадку при орієнтуванні платформи необхідно розв'язувати наступні три задачі:

- 1) задачу визначення орієнтації платформи;
- 2) корекція орієнтації платформи;
- 3) керування орієнтацією платформи.

Технічні засоби, що розв'язують ці задачі утворюють систему орієнтації та стабілізації платформи. Очевидно, що це системи автоматичного управління.

УДК 53.082.52:620.171.3

**Кондратов В. Т., д.т.н., професор**  
 Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова, м. Київ  
**Корогод Г. О., асистент, кафедра ІТП**  
 Київський державний університет технологій та дизайну

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОХИБОК НАДЛИШКОВИХ І ПРЯМИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАНЬ ТЕМПЕРАТУРИ ПРИ ЛІНІЙНІЙ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ

На сьогодні активно розвиваються методи надлишкових вимірювань (МНВ). Покажемо перевагу методів надлишкових вимірювань перед прямими при лінійній функції перетворення (ФП) вимірювального каналу.

Надлишкові вимірювання – це вимірювальні перетворення декількох ( $n \geq 3$ ) фізичних величин (ФВ), розміри яких пов'язані між собою за законами арифметичної прогресії, геометричної чи їх комбінації. Під прямими методами розуміємо методи безпосереднього вимірювання, наприклад, вимірювання температури за допомогою оптичних сенсорів, наприклад, фотоприймачів.

Оскільки ФП фотоприймача на основі фотодіоду має логарифмічний характер, то необхідно проводити її лінеаризацію. Для цього апроксимуємо її лінійною функцією з похибкою, не більше ніж 1%.

В результаті отримуємо лінійну ФП виду:

$$U'_{\text{л}} = S'_{\text{л}} \Phi_x + \Delta U'_{\text{зм}},$$

де  $S'_{\text{л}}$  – крутість перетворення лінійної складової ФП, причому  $\{S'_{\text{л}}\} = \{S_{\text{л}}\} (1 + \gamma'_{\text{л}})$  ( $\gamma'_{\text{л}}$  – відносна зміна крутості, обумовленої впливом дестабілізуючих факторів і старіння елементів фотоприймача);  $\Delta U'_{\text{зм}}$  – напруга зміщення, причому  $\Delta U'_{\text{зм}} = \Delta U_{\text{зм}} + \Delta_a$  ( $\Delta_a$  – адитивна складова похибки вимірювання);  $\Phi_x$  – потужність потоку оптичного випромінювання.

Метод надлишкових вимірювань при лінійній ФП сенсора описується системою лінійних рівнянь величин виду:

$$\left. \begin{aligned} U'_{\text{л}1} &= \Delta U'_{\text{зм}} \\ U'_{\text{л}2} &= S'_{\text{л}} \Phi_0 + \Delta U'_{\text{зм}} \\ U'_{\text{л}3} &= S'_{\text{л}} \Phi_x + \Delta U'_{\text{зм}} \end{aligned} \right\}.$$

В результаті рішення даної систем і підстановці отриманого значення потужності потоку  $\Phi_x$  оптичного випромінювання в закон Стефана-Больцмана, отримуємо рівняння надлишкових вимірювань виду:

$$T_x = 4\sqrt{\Phi_x / \sigma} = 4\sqrt{\left[ \Phi_0 + \frac{\Phi_0 (U'_{л3} - U'_{л1})}{U'_{л2} - U'_{л1}} \right] / \sigma}.$$

В отриманому рівнянні надлишкових вимірювань завдяки операції віднімання напруг виключається адитивна складова похибки вимірювання, а завдяки операції ділення відповідних напруг виключається мультиплікативна складова систематичної похибки.

Визначимо на нелінійній ФП фотодіоду ФД307 лінійну ділянку в межах якої потужність  $\Phi_x$  потоку оптичного випромінювання змінюється від  $\Phi_x = 66$  мкВт до  $\Phi_x = 88$  мкВт. Апроксимуюча лінійна функція має наступні значення параметрів ФП:  $S_{л} = 0,55$  мВ/мкВт,  $\Delta U_{зм} = 211$  мВ. Дослідження здійснювалися за паспортними даними фотодіода і нормованої за значенням потужності потоку оптичного випромінювання  $\Phi_0 = 0,8$  мВт. В результаті розрахунків МНВ отримані наступні результати:

1. Відносна похибка  $\delta$  надлишкових вимірювань потоку оптичного випромінювання  $\Phi_x$  складає 0,01%.

2. Зміна параметрів ФП з 1% до 10% не впливає на результат надлишкових вимірювань потужності потоку оптичного випромінювання і складає 0,01% (при умові незмінних значень параметрів ФП за час вимірювання).

3. Відносна методична похибка вимірювання температури  $\delta_T$  методом надлишкових вимірювань складає 0,003%.

При дослідженні прямого методу вимірювання температури зміна значень параметрів ФП фотодіоду з 1% до 10% призводить до збільшення похибки  $\delta_T$  вимірювання температури з 0,77% до 3,03%. Збільшення адитивної складової похибки з 0,001 В до 0,002 В призводить до збільшення відносної похибки з 0,77% до 1,59% (у випадку зміни параметрів ФП фотоприймача на 1%).

Дослідження показали залежність результату прямих вимірювань температури від зміни параметрів функції перетворення.

Оцінка ефективності МНВ при лінійній ФП по відношенню до методу прямого вимірювання показала, що вона склала 2 і більше порядків.

Основними перевагами МНВ по відношенню до прямих є наступні: 1) МНВ забезпечують автоматичне виключення систематичних та корельованих випадкових похибок результату вимірювань завдяки обробці результатів вимірювального перетворення за рівнянням надлишкових вимірювань; 2) МНВ забезпечують інваріантність результатів вимірювання до розбросу значень параметрів ФП фотоприймача; 3) результат надлишкових вимірювань отримують приведеним до входу вимірювального каналу.

Отримані результати підтверджують наявні переваги методів надлишкових вимірювань перед прямими.

УДК 004.896

*Лобанчикова Н.М., к.т.н., доцент  
Малахов Д.Ю., магістрант, факультет ІКТ, гр.СІ-66М  
Житомирський державний технологічний університет*

## **КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СППР СЛУЖБИ МНС ПІД ЧАС ПОЖЕЖОГАСІННЯ**

Ліквідація надзвичайних ситуацій та їх наслідків є одним з основних завдань служби МНС і полягає у проведенні комплексу заходів, які включають аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи, що здійснюються в разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного або природного характеру (далі - надзвичайні ситуації) і спрямовані на припинення дії небезпечних факторів, рятування життя та збереження здоров'я людей, а також на локалізацію зон надзвичайних ситуацій.

Основними завданнями служби МНС є: забезпечення постійної готовності сил і засобів цивільного захисту до ліквідації надзвичайних ситуацій, пожеж та їх наслідків; проведення невідкладних робіт із ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, гасіння пожеж та організація життєзабезпечення постраждалого населення; надання з використанням спеціальних аварійно-рятувальних засобів допомоги громадянам (населенню) у разі виникнення подій у побуті, які загрожують їх життю і здоров'ю або можуть завдати матеріальної шкоди; участь у міжнародному співробітництві у сфері цивільного захисту.

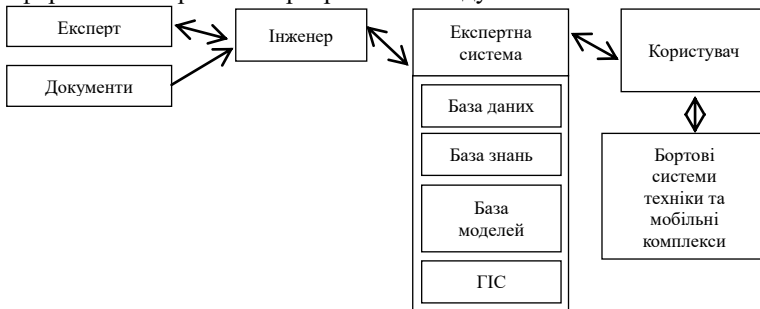
У пошуках шляхів вирішення проблеми раціонального управління пожежними підрозділами, як у нашій країні, так і за кордоном проводяться дослідження з розробки найбільш ефективних систем оперативного управління силами і засобами при гасінні пожеж.

Одним з напрямків вдосконалення оперативного управління пожежними підрозділами є підвищення якості системи обробки інформації та інформаційно-аналітичної роботи, як необхідних передумов вироблення і прийняття науково-обґрунтованих і ефективних управлінських рішень. Потреба в надійних і точних методах управління пожежними підрозділами особливо проявляється при виникненні надзвичайних ситуацій, великих пожеж, стихійних лих, великих виробничих аварій і т.д. Коло невідкладних завдань в такій обстановці постійно зростає, умови їх вирішення безперервно ускладнюються.

Ефективне управління діями під час пожежі дозволяє скоротити час її локалізації, забезпечити швидку ліквідацію та зменшити розміри

матеріального збитку.

Говорячи про СППР з розширеними функціями ми маємо на увазі досить складну архітектуру створюваної інформаційної технології, що включає в себе експертну систему, математичні моделі, геоінформаційну систему (ГІС), інтерфейси передачі даних між СППР і бортовими системами пожежних машин. Поряд зі звичайними функціями підтримки вироблення рішень запропонована СППР забезпечує автоматичну процедуру формування електронної карти-завдання в залежності від вхідного потоку даних. Всі перераховані модулі інтегровані в єдину систему – СППР служби МНС під час пожежогасіння (рис.1). Створювана СППР підвищить вироблення і прийняття управлінських рішень на плановому і оперативних рівнях управління. Одним з найбільш цінних якостей системи є можливість використання поряд з декларативними (описовими) знаннями також і процедурними (алгоритмів аналізу і способів вирішення завдань). Процедурні знання – математичні моделі різної складності і призначення, представлені у вигляді різних комп'ютерних моделей, оформлених окремими програмними модулями.



**Рис. 1.**

Таким чином, користувачеві СППР наданий широкий набір функціональних можливостей для вироблення оптимальних рішень для управління пожежним підрозділом. Синтезувавши адаптивну (застосовану в конкретному підрозділі) технологію, користувач має можливість оцінити під час невідкладних завдань. У міру наповнення бази знань, у тому числі і через Internet, система буде корисною для будь-якого підрозділу МНС і може стати незамінним консультантом для керівників пожежного підрозділу.

УДК 681.3

*Повідайко П. М., к.т.н., доц.  
Іванюк В.А., магістрант, факультет ІКТ, гр.СІ-66м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **БИОМЕТРИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ НА ОБ'ЄКТ**

Засоби ідентифікації біометричних даних є важливими компонентами сучасних інтелектуальних інформаційних систем. Вони забезпечують перевірку справжності суб'єкта відповідно до заявленого ним ідентифікатора і дозволяють впевнитись у тому, що суб'єкт є дійсно тим, за кого він себе видає. При виборі методу ідентифікації слід передбачити надійний захист від зловмисних дій. Поряд з такими характеристиками системи ідентифікації, як швидкодія й об'єм пам'яті, ступінь захищеності та стійкості від загроз є дуже важливим параметром.

Для порівняння ефективності та надійності методів біометричної ідентифікації розглянуто найбільш розвинені на даний момент біометричні технології розпізнавання за статичними характеристиками: за відбитком пальця, формою долоні, райдужною оболонкою ока та голосом.

Серед біометричних методів ідентифікації суб'єкта найбільш практичними вважаються ті, що використовують ознаки: відбитки пальців, райдужну оболонку ока, риси обличчя. Їх і взято за основу дослідження. Для оцінки надійності та ефективності взято розрахунки коефіцієнта помилкової відмови в доступі та коефіцієнта помилкового допуску особи на об'єкт, а також усереднену вартість встановлення таких систем.

Виходячи з цього, для вирішення задач інформаційної безпеки найбільш оптимальним є використання систем, побудованих на скануванні і розпізнаванні відбитка пальця. Даний метод має коефіцієнт помилкової відмови в доступі всього лише 5%, коефіцієнт помилкового допуску особи на об'єкт -  $10^{-9}$ . Усереднена вартість таких систем становить близько 200\$, що на порядок нижче, наприклад, ніж у системах розпізнавання райдужної оболонки ока чи термограми обличчя.

У порівнянні з технологіями розпізнавання за сітківкою і райдужною оболонкою ока сканування відбитка пальця є дешевшим і зручнішим, сканери відбитків пальців на порядок менш громіздкі і процес безпосереднього зчитування ідентифікуючих ознак проходить швидко і не викликає дискомфорту. Також, у технології ідентифікації за

відбитком пальця на кілька порядків кращі статистичні показники помилок першого і другого роду. Це ж відноситься і до систем розпізнання за голосом.

Візерунки відбитка пальців мають такі властивості: індивідуальність, неповторність, стійкість, відновлюваність. Ці властивості дають можливість абсолютно надійно ідентифікувати особу. Значною популярністю користуються автоматичні системи розпізнання відбитків пальців – AFIS (Automated fingerprint identification systems).

Дослідивши на прикладі роботу однієї з таких систем, було з'ясовано, що система дає можливість за 0,1 с зчитати відбиток пальця, а за 0,2 с – розпізнати його і дозволити доступ до інформації. На відміну, наприклад, від систем сканування сітківки ока, AFIS не створює дискомфорт користувачам. Відбиток пальців індивідуальний і не змінюється з часом. Системи розпізнавання за відбитками пальців демонструють високі показники точності: ймовірність того, що доступ до секретних даних одержить неавторизований користувач, практично дорівнює нулю. В даний час активно розробляються алгоритми, стійкі до шуму в зображеннях – образах відбитку пальця, що дозволяє досягти збільшення точності й швидкості розпізнавання в реальному часі.

Завдяки ергономічності та малим розмірам сканувальні пристрої можуть бути інтегровані в складові елементи комп'ютерних систем ідентифікації. Серед біометричних систем автентифікації сканери відбитків пальців найбільш економічно вигідні і користуються попитом на ринку, а тому часто можуть потрапляти під вплив хакерів. Для зменшення випадків зламу такої системи проводиться постійне вдосконалення існуючого обладнання і програмного забезпечення. Зараз розробляється велика кількість алгоритмів для захисту як самого процесу розпізнавання ідентифікатора, так і процесу зчитування.

З усього сказаного можна зробити висновок: системи на базі розпізнавання відбитків пальця стали ефективним засобом убезпечення всіх видів власності, захисту від шахрайства, фальсифікації та криміналу. Їх подальше впровадження в різні галузі є актуальним завданням, адже забезпечить створення зручних і надійних інструментів як для державного сектора, індустриальних і комерційних структур, так і для окремих громадян.

УДК 519.684.6

*Подчашинський Ю. О., д.т.н., доцент  
Бєдін І. В., студент, факультет ІКТ, гр.СІ-66  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ПАРКТРОНІК З МОЖЛИВІСТЮ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО БОРТОВОГО КОМП'ЮТЕРА**

У більшості з нас є автомобіль, без нього сьогодні нікуди. Напевно кожен власник автомобіля хотів, чи принаймні замислювався, розширити його функціонал своїми силами. Встановлюючи допоміжні автомобільні гаджети, такі як: відеореєстратори, навігатори, антирадари, парктроніки та багато інших гаджетів, в підсумку закривається лобове скло, тим самим закриваючи огляд дороги для водія. Та й користуватися всіма пристроями відразу, під час руху не дуже комфортно. Ви замислювалися, скільки насправді пального витрачається при тому чи іншому режимі їзди? Які реальні витрати при здійсненні обгону на зниженій передачі? Скільки Ваш автомобіль споживає в холодному стані і яка оптимальна швидкість їзди до повного прогріву? Контроль витрати палива дозволяє бачити на бортовому комп'ютері середні і миттєві витрати бензину або дизеля. Відображення залишку палива в баку і відстань, яку можна проїхати, дозволить точно спланувати поїздку та маршрут.

Тому, щоб об'єднати всі функції в один пристрій ще в 1981 році, компанія ІВМ розробила перший бортовий комп'ютер для автомобілів BMW. Бортовий комп'ютер (маршрутний комп'ютер) – невеликий автомобільний пристрій, який зчитує, обробляє і виводить на дисплей корисну інформацію, яка містить наступне:

- витрата палива (середня, миттєва), його залишок в баку (з точністю до літра);
- час та вартість поїздки;
- статистика (середня швидкість, пройдена відстань, витрачене паливо);
- температура повітря в салоні та за бортом;
- час заміни паливного, повітряного фільтрів, мастила;
- неполадки автомобіля та багато інших параметрів.

Зображення бортового комп'ютера представлено на рис. 1.

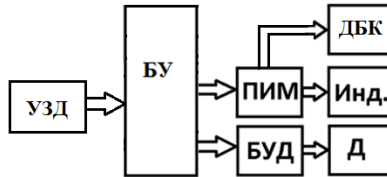




*Рис. 1. Зовнішній вигляд бортового комп'ютера*

Виходячи з цього був розроблений пристрій, а саме – парктронік, з можливістю підключення до бортового комп'ютера. Особливість даного пристрою полягає в тому, що він складається тільки з одного датчика відстані, який встановлено на серводвигун. При повороті двигуна є можливість сканувати більшу область простору, близько 180 градусів, на відміну від тих пристроїв, які також мають можливість підключення до бортового комп'ютера і забезпечують кут огляду лише 90 градусів.

Схема роботи пристрою показана на рис. 2.



*Рис. 2. Схема роботи пристрою*

Схема працює наступним чином: ультразвуковий датчик (УЗД) випромінює ультразвукову пачку імпульсів; відбита від перешкоди хвиля вловлюється тим же датчиком; вимірний часовий інтервал зчитується блоком управління для виконання обробки результатів вимірювання та формування вихідної інформації. Результати обчислень через перетворювач інформаційної моделі (ПІМ) виводяться на індикатор (Инд.) та дисплей бортового комп'ютера (ДБК), що і вказуються відстань до об'єкта. Блок управління двигуном (БУД) приймає інформацію від блока управління, обробляє її у відповідності з певним алгоритмом і формує керуючий вплив на двигун. Таким чином двигун повертається на точно заданий кут.

Проаналізувавши аналоги та цінову політику можна зробити наступний висновок, що перевагою спроектованої системи є більший кут огляду та дешевизна.

УДК 004.932

*Подчаинський Ю. О., д.т.н., доц.  
Очкур М. Ю., магістрант, факультет ІКТ, V курс, гр. СІ-66м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЙРОМЕРЕЖВИХ МЕТОДІВ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИМІРЮВАЛЬНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ В КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ**

На практиці часто зустрічаються зображення, спотворені шумом. Разом з корисною інформацією вони містять різні перешкоди. Джерелами таких перешкод є власні шуми фотоприймальних пристроїв, зернистість фотоматеріалів. Також дані можуть бути виміряні з перешкодами, або збурювання можуть виникнути при передачі інформаційного сигналу через зашумлені лінії зв'язку. Крім того, на корисний сигнал може бути накладено інший сигнал, що надходить з навколишнього середовища.

Фундаментальною проблемою в області обробки зображень є ефективне видалення шуму при збереженні важливих деталей, порівнянних за амплітудою з шумом. Видалення цього шуму досягається фільтрацією.

Гарного результату можна досягти, використовуючи адаптивні фільтри, поведінка яких змінюється залежно від статичних властивостей зображення всередині області дії фільтра. Зображення, отримане після обробки таким фільтром, буде набагато більш різким, ніж при використанні класичного лінійного фільтра, такого як згладжувального, при якому ступінь розмитості дрібних деталей може перевищити допустимі завданням значення.

Існує велика кількість адаптивних алгоритмів, що розрізняються обчислювальною складністю, особливостями поведінки, використовуваними вихідними даними і структурами самих адаптивних систем. До таких систем можна віднести штучні нейронні мережі (ШНМ), які певною мірою моделюють роботу нервової системи живих організмів.

Вони являють собою розпаралелені системи, здатні до навчання шляхом аналізу позитивних і негативних впливів. Нейронна мережа являє з себе безліч вузлів (штучних нейронів), які об'єднуються в шари й з'єднуються між собою зв'язками (синапсами). Існує безліч видів як самих нейронів, так і способів їх з'єднання.

До теперішнього часу запропоновано і вивчено велику кількість моделей нейроподібних елементів та нейронних мереж.

Статична ШНМ характеризується тим, що в її складі немає елементів запізнювання та зворотних зв'язків. Основними перевагами

такого типу мереж є висока швидкість роботи і довільна топологія, яку можна оптимально спроектувати під конкретний тип завдання.

Нейрон - це складова частина нейронної мережі. До складу нейрона входять помножувачі (синапси), суматор і лінійний перетворювач (Рис. 1). Синапси здійснюють зв'язок між нейронами і множать вхідний сигнал на число, що характеризує силу зв'язку, - вага синапсу. Суматор виконує додавання сигналів, що надходять по синаптичним зв'язках від інших нейронів, і зовнішніх вхідних сигналів. Лінійний перетворювач реалізує лінійну функцію одного аргументу - виходу суматора. Ця функція називається «функція активації» або «передаточна функція» нейрона.

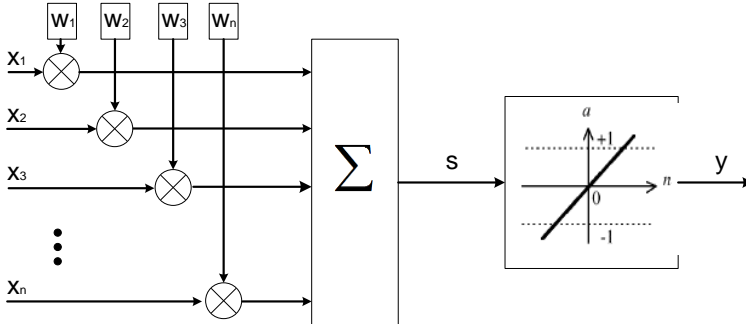


Рис. 1. Структурна схема нейрона

Математична модель нейрона описується наступним співвідношенням:

$$s = \sum_{i=1}^n w_i x_i, \quad (1)$$

де  $s$  – результат підсумовування;  $w_i$  – вага синапсу ( $i = 1, \dots, n$ );  $x_i$  – компонента вхідного вектора (вхідний сигнал) ( $i = 1, \dots, n$ );  $y$  – вихідний сигнал нейрона;  $n$  – число входів нейрона;

Аерокосмічні зображення часто піддаються цифровій обробці. Космічне дистанційне зондування Землі надає дані про поверхню нашої планети, об'єктах, розташованих на ній або в її надрах. Так як шум часто з'являється на етапі його формування фотосенсором, і канали зв'язку спотворюють зображення через присутність шумів у їхньому середовищі, значну увагу приділено фільтрації. Тому фільтрація аерокосмічних зображень на сьогоднішній день є дуже актуальною темою.

УДК 004.932

*Подчаинський Ю. О., д.т.н., доц.  
Седляківський В. В., магістрант, факультет ІКТ, V курс, гр. СІ-66м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ФРАКТАЛЬНОГО СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИМІРЮВАЛЬНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ В КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ**

Завдання збереження і передачі інформації в компактному вигляді завжди була актуальною в інформатиці. І якщо стосовно текстової інформації розроблені досить ефективні методи стиснення даних, то розробки якісної компресії статичних зображень і динамічної відеоінформації тільки набирають обертів. На сьогоднішній день існують і широко застосовуються стандартні методи стиснення. Однак потреба в зберіганні все більших обсягів інформації і бажання передачі її по каналах зв'язку з максимальною швидкістю зумовили інтерес до дослідження і розробки більш досконалих методів.

Всі існуючі алгоритми можна розділити на два великі класи:

- алгоритми стиснення без втрат;
- алгоритми стиснення з втратами.

Коли ми говоримо про стиснення без втрат, ми маємо на увазі, що існує алгоритм, зворотний алгоритму стиснення, що дозволяє точно відновити вихідне зображення. Для алгоритмів стиснення з втратами зворотного алгоритму не існує. Існує алгоритм, який відновлює зображення, яке не обов'язково точно збігається з вихідним. Алгоритми стиснення і відновлення підбираються так, щоб домогтися високого ступеня стиснення і при цьому зберегти візуальну якість зображення.

Алгоритм фрактального стиснення зображення відносять до алгоритмів архівації з частковою втратою інформації. Основа методу фрактального кодування – це виявлення самоподібних ділянок в зображенні. Ідея компресії зображення заснована на застосуванні систем ітераційних функцій (Iterated Function System або IFS).

Процес стиснення:

1. Поділ зображення на області, які неперекриваються (домени). Набір доменів повинен покривати все зображення повністю.
2. Вибір рангових областей. Рангові області можуть перекриватися і не покривати цілком все зображення.
3. Фрактальне перетворення: для кожного домена підбирається така рангова область, яка після афінного перетворення найбільш

точно апроксимує домен.

4. Стиснення і збереження параметрів афінного перетворення. У файл записується інформація про розташування доменів і рангових областей, а також стислі коефіцієнти афінних перетворень.

Етапи відновлення зображення:

1. Створення двох зображень однакового розміру  $A$  і  $B$ . Розмір і зміст областей не мають значення.

2. Зображення  $B$  ділиться на домени так само, як і на першій стадії процесу стиснення. Для кожного домена області  $B$  проводиться відповідне афінне перетворення рангових областей зображення  $A$ , описане коефіцієнтами з стисненого файлу. Результат поміщається в область  $B$ . Після перетворення виходить зовсім нове зображення.

3. Перетворення даних з області  $B$  в область  $A$ . Цей крок повторює крок 3, тільки зображення  $A$  і  $B$  помінялися місцями.

4. Кроки 3 і 4 повторюються до тих пір, поки зображення  $A$  і  $B$  не стануть нерозрізненними.

Даний алгоритм стиснення потенційно здатний забезпечити найкраще співвідношення ступеня стиснення і якості відновленого зображення. Застосування фрактального алгоритму дозволяє інколи стискати зображення в сотні і навіть тисячі разів. Точність отриманого зображення залежить від точності афінного перетворення.

Відмінною особливістю фрактального стиснення є його яскраво виражена асиметрія. Алгоритми стиснення і відновлення істотно розрізняються (стиснення вимагає набагато більшої кількості обчислень).

Складність алгоритмів фрактального стиснення в тому, що використовується цілочисельна арифметика і спеціальні досить складні методи, що зменшують помилки округлення. Для знаходження відповідних доменних блоків, потрібен повний перебір. Оскільки при цьому переборі кожен раз повинні порівнюватися два масиви, дана операція виходить досить тривалою, що вимагає значних обчислювальних ресурсів.

В геоінформаційних системах, де проблемою є великі розміри зображень, а також в електронних картотеках і досє різних служб є характерна схожість між зображеннями. Тому практичне застосування даного алгоритму стиснення можна знайти в зберіганні різних баз даних із зображеннями, де без використання спеціальних алгоритмів більшу частину пам'яті займають фотографії.

УДК 681.5.01

*Реннікова Н. Б., к.т.н., доцент*  
*Гребенюк М. Г., магістрант, факультет ІОТ, гр.ІА-31м*  
 Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

## СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА СТАНІВ З ДИНАМІЧНИМ ЗВОРОТНІМ ЗВ'ЯЗКОМ ЗА ВИХОДОМ ДЛЯ БАГАТОВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ З ФОРСУЮЧИМИ ЛАНКАМИ

Синтез систем зі зворотнім зв'язком за станом є найбільш поширеним в сучасній теорії автоматичного керування. Використання регулятора, що розташовує власні числа замкнутої системи в заданих точках або заданих областях комплексної площини часто дозволяє досягнути бажаних показників перехідного процесу. Проте наявність в системі форсуючих ланок приводить до великого значення перегулювання. Для компенсації впливу форсуючих ланок пропонуємо використання в моделі модифікованої матриці виходу для кожного з  $i$  незалежних каналів багатовимірної автономної об'єкта керування :

$$C_i^* = C_i \cdot C_k, C_k = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & b_1 \\ \frac{b_0}{2b_1} & -b_0 \end{bmatrix}$$

де  $C_k$  – коригувальна матриця для об'єкта керування другого порядку з форсуючою ланкою.

Розглянемо запропонований метод на прикладі синтезу регулятора для об'єкта керування з двома входами і двома виходами, представленого в керуваному канонічному поданні:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1.0000 & 0 & 0 \\ -2.1739 & -4.8478 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \\ 0 & 0 & 0 & -1.7500 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1.0000 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 4.3478 & 13.9130 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0000 & 1.8000 \end{bmatrix} \quad D = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Необхідно розробити модель системи з використанням зворотних зв'язків за станами та динамічного зворотного зв'язку за виходом, яка забезпечує наступні показники якості: час регулювання 1 секунда, нульове перегулювання та нульова помилка регулювання.

Використовуючи біноміальний метод стандартних коефіцієнтів,

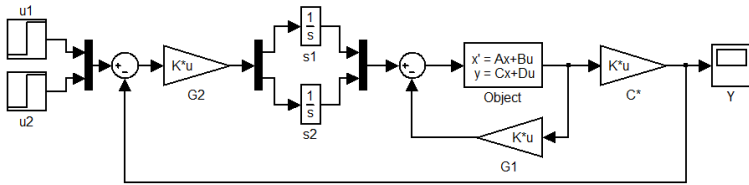
знаходимо коефіцієнти матриці зворотного зв'язку за станами і матриці зворотного зв'язку за виходом:

$$G_1 = \begin{bmatrix} 116.8961 & 14.0522 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 119.0.700 & 17.1500 \end{bmatrix} \quad G_2 = \begin{bmatrix} 57.5112 & 0 \\ 0 & 250.0570 \end{bmatrix}$$

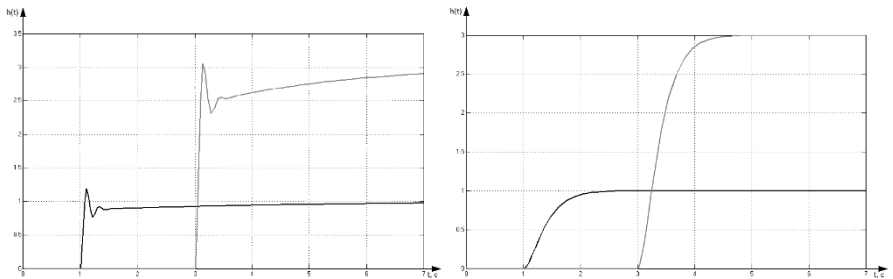
Модифікована матриця виходу системи:

$$C^* = \begin{bmatrix} 4.3478 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0000 & 0 \end{bmatrix}$$

Модель системи з синтезованим регулятором в програмному пакеті MATLAB представлена на рис.1. Результати моделювання наведено на рис.2.



**Рис. 1.** Модель системи з регулятором станів з динамічним зворотнім зв'язком за виходом



**Рис. 2.** Графіки перехідних процесів системи з класичним регулятором та системи з модифікованою матрицею виходу

З графіків перехідних процесів видно, що використання класичного регулятора з динамічним зворотнім зв'язком за виходом не дозволяє досягнути бажаних показників якості системи – в системі присутнє перерегулювання. Використання ж регулятора з модифікованою матрицею виходу дозволяє звести перерегулювання до нуля.

УДК 681.517.631

*Сазонов А. Ю., к.т.н.*

*Галицький О. Л., студент, факультет ІКТ, гр.АТ-18  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ**

Низький рівень прибутку сільськогосподарських підприємств та постійно зростаюча інфляція перешкоджають модернізації обладнання та впровадженню інноваційних технологій, особливо у вітчизняному птахівництві. При цьому, особливу увагу при вирощуванні птахів слід звертати на підтримання необхідних параметрів мікроклімату за рахунок забезпечення кондиціонування, обігріву та зволоження повітря. Із зазначеного, в умовах нестабільної економічної ситуації найдорожчим є саме обігрів виробничих приміщень. Значні витрати палива на обігрів птахоферми зумовлені багатьма факторами, основними з яких є низька теплоізоляція приміщення де знаходяться птахи та недосконалість роботи систем опалення. У зв'язку із високою вартістю енергоресурсів, що використовуються для обігріву приміщень доцільним є врахування прогнозованих значень зовнішніх збурень на процес керування мікрокліматом птахоферми з метою підвищення ефективності його функціонування та оптимізація витрат на обігрів приміщення. Для вирішення цього завдання виникає необхідність та доцільність використання методики нейромережевого прогнозування зовнішніх збурень на процес обігріву сільськогосподарського приміщення, на прикладі птахоферми.

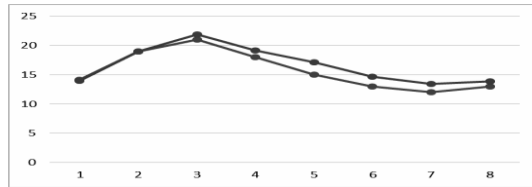
Основними факторами зовнішнього середовища, що впливають на процес обігріву птахоферми, є температура, вологість та інтенсивність сонячного опромінення.

Зазначене прогнозування виконується за результатами попередньо отриманих статистичних даних під час багаторазових систематичних спостережень та вимірюваннях, а також даних, що отримуються протягом роботи системи автоматизованого керування шляхом опитування датчиків вологості, температури та ін. Для прогнозування використовується методика нейромережевого прогнозування зовнішніх збурень, що полягає у налаштуванні вагових коефіцієнтів нейронної мережі шляхом випадкового перехресчування хромосом до тих пір, поки не буде знайдено оптимальне рішення. Розв'язку задачі відповідає хромосома з мінімальним значенням функції належності, що визначає оптимальний вектор вагових коефіцієнтів  $\alpha_i$ , при цьому похибка

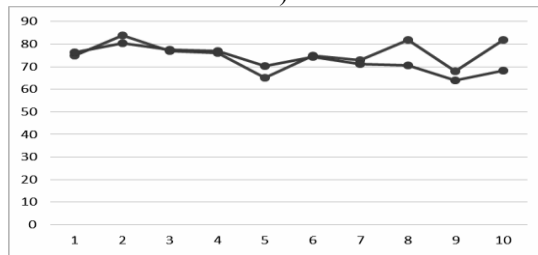


навчання менша заданої величини  $\delta_{\min}$ . Вказана методика реалізована з використанням програмного продукту Statistica Neural Networks виробництва компанії StatSoft.

Результати порівняння отриманих прогнозованих даних у порівнянні із статистичними, що отримані в процесі функціонування системи керування представлені на рис. 1.



а)



б)

**Рис. 1.** Результати порівняння прогнозованих із поточними даними:  
а) вологість; б) температура

Проведений аналіз отриманих результатів вказує на те, що похибка прогнозування параметрів вологості не перевищує 5,5%, а температури 7,2%.

Отже, інтелектуалізація процесу керування мікрокліматом сільськогосподарських приміщень, на прикладі птахоферми, з використанням методики неймережевого прогнозування зовнішніх збурень дозволить підвищити продуктивність виробництва за рахунок якісного підтримання необхідних параметрів температури та вологості, а також підвищити ефективність керування мікрокліматом за рахунок зменшення витрати енергоносіїв, що використовуються для підтримання необхідних параметрів мікроклімату, а отже оптимізувати фінансові затрати підприємства в цілому.

УДК 004.942:681.518.5

*Сафоник А. П., к.т.н., доцент  
Таргоній І. М., магістр, ННІАКОТ, зр.АУТП-53М  
Національний університет водного господарства та природокори-  
стування*

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ВОДИ**

На даний час технологічні води багатьох промисловостей, таких як теплова, атомна енергетика, хімічна та спиртова промисловість забруднені різного роду домішками, висока концентрація яких призводять до швидкого зносу обладнання та погіршення якості продукції, що випускається. Дослідження показують, що 70-95% цих домішок мають феромагнітні властивості [1]. Тому для їх видалення запропоновано використовувати метод магнітного осадження.

В [2] показано, що час очистки фільтра значно перевищує час роботи фільтра, тому для ефективної автоматизації достатньо системи із 2 фільтрів. Для автоматизації процесу магнітного очищення води розроблено функціональну схему автоматизації представлену на рисунку 1, згідно якої керування системою відбувається переведенням потоку фільтруючої рідини між двома фільтрами. Під час фільтрування робочим фільтром інший «забруднений» автоматично проводить регенерацію [2].

Для регулювання концентрації домішок у воді використовується система, яка складається з двох фільтрів, чотирьох датчиків тиску, восьми регулюючих клапанів та програмованого логічного контролера TSX Micro 37-22 з модулями розширення TSX DEZ 12D2 та TSX DSZ 08R5, який виконує всі функції регулювання та контролю основних параметрів у проектованій системі автоматизації та при даній конфігурації має чотири аналогові входи, дванадцять дискретних входів і чотири аналогові виходи, вісім дискретних виходів, яких достатньо для керування даною системою.

Дана система має 2 контури регулювання, які забезпечують на відповідному рівні такі технологічні параметри:

1. Концентрація забруднення у рідкому середовищі.
2. Тиск технологічної води на виході з системи.

З метою виявлення відхилень у технологічному процесі і у випадку відхилення критичних параметрів потрібно здійснити аварійну зупинка технологічного процесу шляхом перекидання подачі забрудненої води до системи відсічним клапаном.

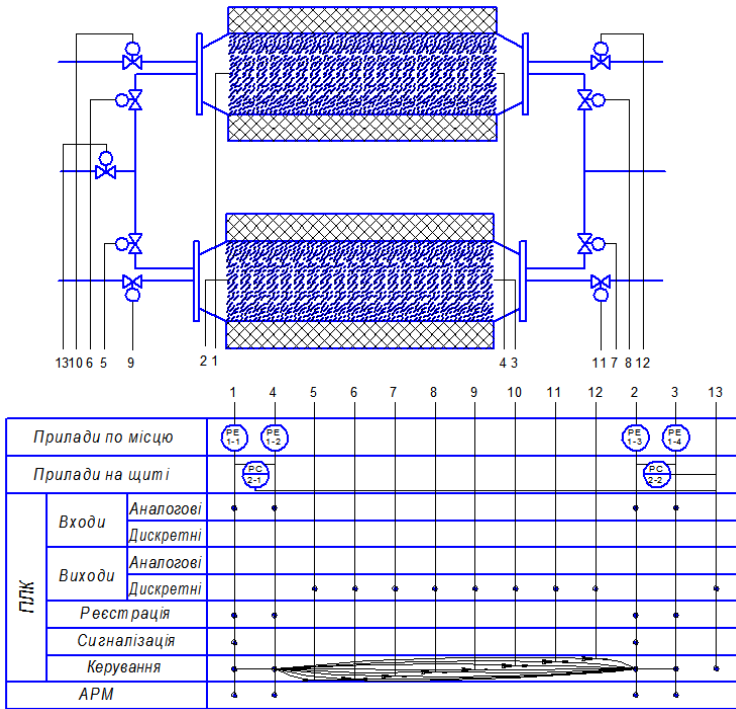


Рис. 1. Функціональна схема автоматизації

В результаті функціонування запропонованої системи забезпечується постійна очистка рідини від феромагнітних домішок при змінній вхідній концентрації шляхом переведенням потоку рідини між двома магнітними фільтрами системи.

*Список використаних джерел:*

1. Сафоник А. П. Математичне моделювання процесів магнітного фільтрування і регенерації та оцінка їх ефективності / Гарашенко В. І., Сафоник А. П., Гарашенко О. В. // Вісник Тернопільського державного технічного університету імені І. Пулюя. – 2012.– №2(66).– С. 242–248.
2. Сафоник А. П. Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу магнітного очищення води / А. П. Сафоник, І. М. Таргоній // Бюлетеня інтелекту: науч.-техн. Журнал. – 2014. – №2(83). – С. – 117-122.

УДК 681.5.03

*Свістельник С. С., ст. викладач кафедри АУТП та КТ  
Льницький Т. П., студент, факультет ІКТ, гр. АТ-18  
Житомирський державний технологічний університет*

## МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ АСТАТИЧНИМ ОБ'ЄКТОМ ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ

Згідно теорії автоматичного керування структура регулятора вибирається виходячи з моделі об'єкта керування (ОК). При цьому більш складним ОК відповідають більш складні регулятори.

В переважній більшості в промисловості застосовуються ПД-регулятори, однак їх структура не завжди може дати необхідну якість регулювання. Для налаштування ПД-регуляторів можна використовувати загальні алгебраїчні методи теорії автоматичного керування. Незважаючи на різноманітність і складність реальних ОК, при синтезі параметрів ПД-регулятора використовуються, як правило, тільки дві структури математичних моделей ОК: модель першого порядку із затримкою, та модель другого порядку із затримкою.

Основною причиною, яка обмежує застосування більш складних моделей є неможливість або трудомісткість аналітичного вирішення системи рівнянь, що описують ПД-регулятор з ОК більш високого порядку.

Розрахунок параметрів регулятора за методом, що розглядається, є наближенням, але дозволяє отримати якісні характеристики при керуванні ОК з передатною функцією виду:

$$W_{OK}(s) = \frac{K}{s(T_1s + 1)(T_2s + 1)}, \quad (1)$$

де  $T_1$  та  $T_2$  – постійні часу ОК,  $K$  – коефіцієнт передачі ОК.

Передатна функція замкнутого контуру «рег–ОК» має вигляд:

$$\frac{W_{\text{рег}}(s) \cdot W_{OK}(s)}{1 + W_{\text{рег}}(s) \cdot W_{OK}(s)} = W_K(s), \quad (2)$$

Метою даної задачі є вибір структури та розрахунок параметрів налаштування регулятора, який перетворить замкнутий контур системи (2) у коливальну ланку з малою постійною (бажаною) часу  $T_B$ , та коефіцієнтом передачі, що дорівнює одиниці (3):

$$W_K(s) = \frac{1}{T_B^2 s^2 + 2T_B \xi s + 1}, \quad (3)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт загасання коливальних (при умові, що  $\xi > 1$ ).

Згідно з виразами (1 - 3) передатна функція регулятора:

$$W_{\text{пер}}(s) = \frac{T_1 T_2 s^3 + (T_1 + T_2) s^2 + s}{KT_B^2 s^2 + 2T_B \xi K s}. \quad (4)$$

При діленні поліному чисельника на поліном знаменника виразу (4), перші три складові отриманого ряду співпадають з математичним описом ідеального ПД-регулятора:

$$W_{\text{пер}}(s) = T_D s + K_{\Pi} + \frac{K_I}{s}, \quad (5)$$

де диференційна складова має вигляд:

$$T_D = \frac{T_1 T_2}{KT_B^2}; \quad (6)$$

пропорційна –

$$K_{\Pi} = \frac{(T_1 + T_2) \cdot T_B - 2\xi T_1 T_2}{KT_B^3}; \quad (7)$$

інтегральна –

$$K_I = \frac{T_B^2 - 2\xi \cdot [(T_1 + T_2) \cdot T_B - 2\xi T_1 T_2]}{KT_B^4}. \quad (8)$$

З (7) випливає, що при  $T_B = \frac{2\xi T_1 T_2}{(T_1 + T_2)}$  зникає пропорційна складова

$K_D$ . Для виконання умови  $K_{\Pi} > 1$ , необхідно враховувати емпіричний коефіцієнт  $m = 1,3 \dots 1,4$ :

$$T_B = m \frac{2\xi T_1 T_2}{(T_1 + T_2)}. \quad (9)$$

Аналіз виразу (8) з урахування рекомендацій щодо визначення величини  $T_B$  за виразом (9), показує, що у даному випадку інтегральна складова  $K_I$  буде мати від'ємне значення. Для отримання додатного значення  $K_I$ , емпіричний коефіцієнт  $m$  повинен бути на порядок більше зазначеного, що призведе до затягування процесу керування. Тому для керування астатичним об'єктом третього порядку з астатизмом першого порядку доцільно вилучити інтегральну складову, тобто використовувати пропорційно-диференціальний закон керування.

УДК 681.5158

*Свістельник С. С., ст. викладач кафедри АУТП та КТ  
Правденко Р. В., студент, факультет ІКТ, гр. АТ-18  
Житомирський державний технологічний університет*

## **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ ПИВНОГО ЗАТОРУ**

Автоматизація технологічних процесів є одним з головних факторів підвищення продуктивності і покращення умов праці. Всі існуючі або ті, які будуються, промислові об'єкти в тій чи іншій мірі оснащуються засобами автоматизації.

Система автоматизації і керування проводить збір і обробку інформації з технологічного устаткування і вироблення дій, що управляють, з метою оптимізації процесу.

Нині існують такі пивоварні підприємства, де відсутні автоматизовані засоби контролю температури в заторному чані, а дозування компонентів відбувається в ручну. Керування дозуванням виконується трудомісткими і малоефективними «ручними» (механізованими) методами. При цьому і самі виміри мають значні похибки, адже обладнання, що використовується, застаріле та неточне.

Автоматизована система керування процесом виготовлення пивного затору включає в себе три контури.

В першому контурі здійснюється регулювання подачі води у заторний чан. Кількість поданої води в першому контурі контролюється за допомогою датчика рівня в заторному чані та регулюється за допомогою запорно-регулюючого клапану.

Другий контур розробленої автоматизованої системи керування є контуром дозування компонентів пивного затору (солод, рисове борошно, ферменти). Дозування компонентів пивного затору здійснюється окремо по кожній складовій відповідно до заданих в регуляторі пропорцій до кількості води, що поступає в заторний чан. Дозування компонентів виконується паралельно з подачею води використовуючи при цьому покази витратоміра.

В третьому контурі здійснюється керування температурою в заторному чані (підігрів та часові витримки за певних температур відповідно до технологій пивоваріння).

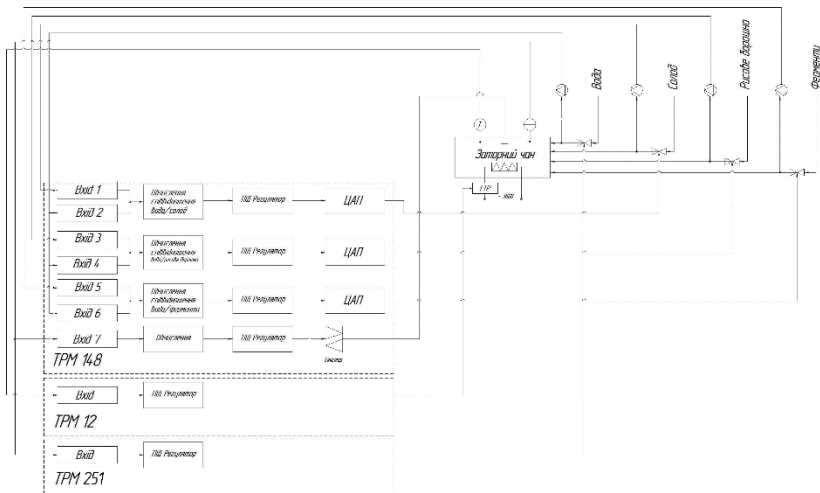
Для реалізації плавного управління зазначеними параметрами запропоновано використання лінійки регуляторів фірми OWEN.

Регулювання рівня суміші виконується за допомогою ПД-регулятора ТРМ-212, що призначений для управління клапанами і заслінками з електроприводом.

Для контуру дозування компонентів та роботи змішувача обрано вісьмиканальний ПІД-регулятор ТРМ-148. Використовується в системах контролю та регулювання виробничими технологічними процесами в різноманітних областях виробництва, в сільській та комунальній діяльності.

Регулювання температури суміші у заторному чані виконується за допомогою ПІД-регулятора ТРМ-251, що призначений для управління та точного підтримання в заданому діапазоні температур в виробничих печах, бойлерах та іншому технологічному обладнанні.

Загальна функціональна схема розробленої системи керування виготовлення пивного затору представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Загальна функціональна схема розробленої системи керування виготовлення пивного затору

В результаті проведеної роботи була отримана автоматизована система, що не потребує наявності оператора та самостійно керує дозуванням компонентів, температурними режимами, витримками часу. Забезпечує плавну характеристику роботи змішувача залежно від рівня заторної суміші в баці.

УДК 681.586

*Ткачук А.Г., к.т.н.*

*Житомирський державний технологічний університет*

## **П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ З ОХОЛОДЖУВАННЯМ ДЗЕРКАЛОМ**

Вода входить до складу навколишнього повітря і є необхідним компонентом для всіх живих істот на Землі. Комфортність навколишніх умов визначається, в основному, двома чинниками: відносною вологістю і температурою. Робота багатьох приладів (високоімпедансних електронних схем, електростатичних чутливих елементів, високовольтних приладів тощо) також сильно залежить від рівня вологості. Як правило, всі характеристики приладів визначаються при відносній вологості 50% і температурі 20-25 °С. Рекомендується підтримувати такі ж умови і в робочих приміщеннях. Для кількісного визначення вологості та вмісту води застосовуються різні одиниці. Вологість газів в системі СІ іноді виражається як кількість парів води в одному кубічному метрі ( $\text{г/м}^3$ ). Вміст води в рідинах і твердих тілах зазвичай задається у відсотках від загальної маси.

Для вимірювання вологості використовуються прилади, які називаються гігрометрами. Чутливий елемент гігрометра повинен вибірково реагувати на зміну концентрації води. Його реакцією може бути зміна внутрішніх властивостей. Датчики для вимірювання вологості і температури точки роси бувають ємнісними, електропровідними, вібраційними і оптичними.

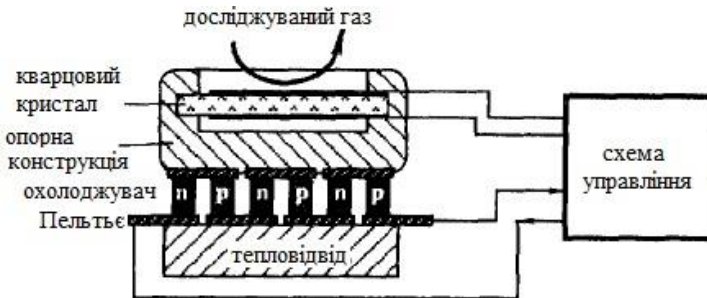
Більшість датчиків вологості сьогодні мають низьку чутливість. Тому за їх допомогою не можна проводити прецизійні виміри. Для цих цілей потрібно використовувати непрямі методи визначення вологості. Самим ефективним з них є розрахунок абсолютної і відносної вологості за температурою точки роси. Точка роси визначається по температурі, при якій рідка і газоподібна фази води (в даному випадку будь-якої речовини) знаходиться у рівновазі. Температура, при якій пар і тверда фаза води знаходиться у термодинамічному стані рівноваги, називається точкою замерзання. Кожній температурі точки роси відповідає тільки одне значення тиску насиченого пару. Тому, вимірюючи температуру точки роси при відомому значенні тиску, завжди можна знайти абсолютну вологість.

Одним із найточніших датчиків вологості сьогодні є оптичний гігрометр. Основним елементом оптичного гігрометра є дзеркало, температура поверхні якого регулюється за допомогою термоелектричного насоса. Поріг чутливості дзеркала налаштовується на температуру точ-



ки роси. Досліджуване повітря за допомогою насоса проганяється над поверхнею дзеркала. Якщо температура дзеркала переважає точку роси, на його поверхні конденсуються краплі води. При цьому відбивні властивості дзеркала змінюються, оскільки краплі води розсіюють проміння світла, що детектується відповідним фотодетектором.

Однак, вимірювання вологості даним методом має ряд недоліків: відносно високу вартість, можливість забруднення дзеркальної поверхні і досить високе споживання електроенергії тепловим насосом. Тому запропоновано використовувати для вимірювання вологості п'єзоелектричний датчик (гігрометр) вологості з охолоджуваним дзеркалом (рис. 1). Основна ідея таких датчиків аналогічна ідеї оптичних гігрометрів з охолоджуваним дзеркалом. Різниця між ними полягає у тому, що точка роси визначається не по зміні оптичного коефіцієнта відбиття поверхні, а за вимірюванням маси охолоджуваної пластини. Ця пластина виготовляється з тонкого кварцового кристалу, який являється частиною коливального контуру.



**Рис. 1.** П'єзоелектричний датчик вологості з охолоджуваним дзеркалом

Охолоджувач Пельтьє з високою точністю контролює температуру кварцового кристалу. При зниженні температури до точки роси на поверхні пластини формується тонка плівка з конденсованої води, що викликає зміну маси кристалу. Це призводить до здвику резонансної частоти коливального контуру від  $f_0$  до  $f_1$ . Нова частота визначається товщиною шару води. Здвиг по частоті призводить до зміни струму в охолоджувачі Пельтьє, що намагається стабілізувати температуру на поверхні кристалу, близькою до точки роси.

УДК 539.3

**Торопова О. А., к.т.н., доцент**  
*Саратовський державний технічний університет*  
*ім. Гагаріна Ю.О., Російська Федерація*  
**Кирилович В. А., к.т.н., проф.**  
*Житомирський державний технологічний університет*

## ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РАЙЗЕРА ПРИ КОРОЗИЙНОМУ ЗНОСІ

Розглянутий клас задач відноситься до нелінійної механіки довгомірних стержневих конструкцій, що взаємодіють з потоками рідини. Аналіз напружено-деформованого стану та характеристик тривалої міцності райзера проведено з урахуванням його взаємодії з внутрішнім і зовнішнім потоками навколишнього потоку рідини, що призводить до необхідності дослідження і розв'язування нелінійних крайових задач, в загальному випадку з недиференційованими правими частинами.

Особливі труднощі їх розв'язування викликані тим, що задачі нелінійної механіки глибоководних трубопроводів є сингулярно збуреними. Застосування до них відомих підходів зазвичай виявляється мало ефективним через наявність вузьких зон різкої зміни окремих компонентів прогнозованого рішення.

При визначенні екстремальних характеристик напружено-деформованого стану райзера використовувалися нелінійні моделі корозійного зносу металоконструкцій для зовнішнього і внутрішнього діаметрів кільцевого поперечного перерізу відповідно:

$$\Theta_1(x, t^*) \approx 1 - (1 - \rho_0)t^*(\beta_0 + \beta_1^+ \cdot \sigma_i) \quad (1)$$

$$\Theta_2(x, t^*) \approx 1 - t^*(\beta_0 + \beta_1^- \cdot \sigma_i) + t^*(\beta_0 + \beta_1^- \cdot \sigma_i) \cdot \rho_0^{-1} \quad (2)$$

Тут  $\sigma_i$  – характеристика напруженого стану в небезпечному перетині;  $\beta_0$ ,  $\beta_1^+$ ,  $\beta_1^-$  – числові (емпіричні) параметри, що враховують вплив досягнутого рівня напруженого стану на величину корозійного зносу стінки райзера;  $\rho_0 = d_0/D_0$ ,  $d_0$  – внутрішній діаметр трубопровода;  $D_0$  – його зовнішній діаметр.

В якості критерію закінчення розрахунку, тобто визначення моменту часу  $t = t^*$ , що передує руйнуванню райзера, використана умова досягнення граничного розрахункового напруження  $\sigma_R = 200 \text{ МПа}$  в критерії  $\max_x \sigma_i(x, t^*) = \sigma_i^* = \sigma_R$ .

Варійованими параметрами моделі являлись значення тягового

зусилля на платформі T1:  $1,1 \leq T_1 \leq 1,3$  та максимальне значення швидкості підводних течій  $\alpha = \max_{0 \leq x \leq 1} |v_c(x)|$ ,  $0,5 \leq \alpha \leq 2,0$ . Розглядалися чотири профілі підводних течій, що найбільш часто зустрічаються:

$$v_c(x) = \alpha x \quad (3)$$

$$v_c(x) = \{\beta x, 0 \leq x \leq x_0; \beta + (\alpha - \beta) \cdot (x - x_0)/(1 - x_0), x_0 < x \leq 1\}, x_0 = 0,8 \quad (4)$$

$$v_c(x) = \{\alpha x, 0 \leq x \leq x_0; \alpha(x_0 - (1 + x_0)(x - x_0)/(1 - x_0)), x_0 < x \leq 1\}, x_0 = 0,8 \quad (5)$$

$$v_c(x) = \{\alpha x, 0 \leq x \leq x_0; -\alpha x, x_0 < x \leq 1\}, x_0 = 0,8 \quad (6)$$

Отримано чисельні і графічні результати визначення граничного часу експлуатації райзера для кожного профілю швидкості підводних течій для різних значень параметра  $\beta_1^*$  ( $\beta_0 = 0.03$ ,  $\beta_1^- = 0.122$ ).

Як і слід було очікувати, величина цього параметра відіграє визначальне значення при визначенні часу "життя" райзера в умовах його тривалої експлуатації в агресивних середовищах. При цьому поведінка характеристик тривалої міцності райзера – максимальних горизонтальних переміщень ( $u^*$ ), кутів повороту ( $\varphi^*$ ), а також максимальних згинних ( $\sigma_b^*$ ) та повних нормальних напружень ( $\sigma_1^*$ ) – за період його експлуатації може якісно змінюватися в залежності від значень параметрів і характеристик навколишнього потоку рідини.

Один і той же рівень повних напружень в небезпечному перерізі райзера досягався при різних значеннях параметра  $t$  і виявився істотно залежним як від форми профілю підводних течій, так і від прийнятого закону зміни товщини його стінки, і у всіх випадках - від максимальних значень швидкості підводних течій, тобто від параметра  $\alpha$ :  $0,5 \leq \alpha \leq 2,0$  м/с.

Результати досліджень показують, зокрема, що при розрахунку характеристик напружено-деформованого стану та тривалої міцності глибоководного райзера необхідно максимально повно використовувати інформацію про реальну структуру підводних течій, особливо щодо величин їх максимальної швидкості.

Численні тестові приклади свідчать про широкі можливості розробленого програмного комплексу чисельного вирішення різноманітних завдань статички глибоководних нафтопідійомників, включаючи і актуальні завдання визначення граничного терміну їх тривалої експлуатації в агресивних середовищах.

За потреби без будь-яких змін принципового характеру можуть бути розглянуті аналогічні задачі розрахунку нафтопідійомників і в тривимірному сталому потоці підводних течій.

УДК 621.542

**Фендьо О. М., к.т.н., викладач**

*Тернопільський національний педагогічний  
університет імені Володимира Гнатюка*

## **АВТОМАТИЗОВАНІ ТРАНСПОРТНО-ЗАВАНТАЖУВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ**

Виконання транспортно-завантажувальних операцій у виробничих процесах приладобудівної, машинобудівної та інших галузей промисловості передбачає маніпуляцію з штучними виробами, що мають різну структуру поверхневого шару, фізичні та механічні характеристики, температуру, форму та масу виробу. При цьому захоплювальні пристрої повинні забезпечувати надійне утримання штучних об'єктів, стабільність їх базування, уникнення пошкодження чи руйнування контактної поверхні або виробу в цілому. Особливо це стосується чутливих до механічних впливів виробів, зокрема зі скла, кераміки, тонкостінних виробів, а також виробів із спеціальним покриттям. Тому подальшого дослідження та вдосконалення потребують автоматизовані транспортно-завантажувальні пристрої, які використовують методи маніпулювання заготовками за допомогою безконтактної вакуумної та струмінної техніки, а також силової магнітної дії.

Хоча найбільш поширеними серед автоматизованих пристроїв завантаження є затискні механічні захоплювачі, що використовують метод контактного маніпулювання, за рахунок передачі заготовці силового впливу від робочого органу маніпулятора шляхом безпосереднього тиску або зіткнення, проте вони мають ряд суттєвих недоліків. Зокрема, механічні маніпулятори неприйнятні для тонколистових заготовок, крихких та нежорстких виробів, що значно обмежує область їх використання.

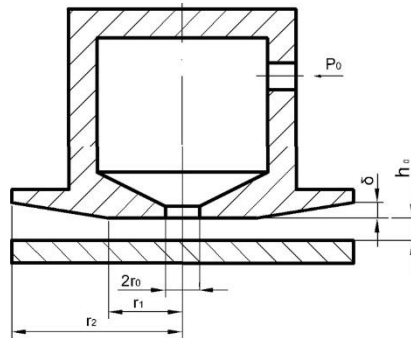
Широкого застосування впродовж останніх десятиліть набули електромагнітні пристрої, дія яких базується на використанні магнітних сил, створених постійними магнітами або електромагнітами. Вони особливо ефективні при роботі з металевими виробами різної конструкції, ваги, з високою температурою, проте мають недолік у вигляді залишкового магнетизму, накопичення статичного заряду, налипання металевої стружки, що здатні пошкодити контактну поверхню виробу.

Щоб уникнути руйнування нежорстких і крихких виробів, доцільно застосовувати пневматичні пристрої завантаження і транспортування, які в якості робочого агента використовують стиснуте або розріжене повітря. Зокрема, вакуумні захоплювачі утримують виріб за допомогою розрідженого повітря, утвореного в замкненій порожнині

робочого елемента — присмоктувачі. Спосіб створення вакууму передбачає наступні види захоплювальних пристроїв: насосні, безнасосні, ежекторні.

Принцип роботи вакуумних захоплювачів полягає у тому, що завдяки різниці між атмосферним тиском повітря і тиском розрідження, під присмоктувачем виникає сила, що надійно утримує заготовку. Проте, даний вид автоматичних пристроїв завантаження ефективний лише для плоских та сферичних виробів із абсолютно рівними, сухими та чистими поверхнями, оскільки вимагає повної герметизації порожнини вакуумування та наявності спеціальної апаратури для створення розрідження. Також вакуумні маніпулятори неприйнятні для пофарбованих, забруднених виробів та характеризуються низькою довговічністю роботи.

Тому для автоматизації процесів завантаження тонколистових та легкодеформованих виробів доцільно в якості робочих органів промислових роботів використовувати безконтактні струменеві захоплювачі, що здатні до маніпулювання об'єктами з різного матеріалу, температурою, структурою поверхневого шару. Струменеві захоплювачі використовують аеродинамічний ефект притягання, що виникає при взаємодії витікаючого з сопла струменя повітря з плоскою поверхнею заготовки (рис. 1). При наявності звукової швидкості на вході потоку в радіальний зазор, аеродинамічний ефект передбачає утворення зон розрідження між торцями захоплювача та заготовки.



**Рис. 1.** Плоскоконічний струменевий захоплювач

Суттєвий вплив на силові характеристики даних захоплювачів має форма їх активної поверхні. Найбільш раціональними є конструкції струменевих захоплювачів з комбінацією плоско-конічної та плоско-сферичної поверхонь, які забезпечують максимальну присмоктуючу силу без можливості відриву об'єкта від торця захоплювача.

УДК 621.865.8

*Черепанська І. Ю., к.т.н., доц., доцент кафедри АУТПмаКТ,  
Статкевич Д. А., магістрант, факультет ІКТ, зр. АТ-18м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ НОРМУВАННЯМ ЧАСУ ОБРОБКИ ОБ'ЄКТІВ ВИРОБНИЦТВА НА СВЕРДЛУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ**

Сучасне виробництво, організоване як гнучка виробнича система (ГВС) передбачає використання автоматизованого технологічного обладнання, зокрема металорізальних верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Важливою задачею, що виникає при реалізації технологічних процесів на металорізальних верстатах з ЧПУ є автоматизоване керування нормуванням часу обробки об'єктів виробництва (ОВ) на свердлувальних верстатах. Вказане обумовлюється тим, що норми часу є основою для оплати праці, розрахунку собівартості готової продукції, тривалості виробничого циклу, необхідної кількості верстатів, інструмента й робітників, а також планування виробництва в цілому.

Нормування часу це встановлення технічно обґрунтованих норм витрати виробничих ресурсів. При цьому виділяють так звану технічну норму часу (ТНЧ), що являє собою кількість робочого часу, який необхідно витратити на обробку одиниці ОВ чи виконання одиниці обсягу робіт на певній технологічній операції (ТО) при найбільш ефективному використанні всіх засобів виробництва. Нераціональне використання ТНЧ призводить до суттєвого збільшення собівартості одиниці продукції, що в свою чергу може завдати значних економічних збитків для підприємства.

Норма часу, та особливості її розрахунку залежать від організації виробництва, проте у загальному випадку норму часу можна представити виразом:  $H_c = t_{пз} + t_{он} + t_{об} + t_e + t_{nm}$  де  $H_c$  - норма часу на одиницю продукції;  $t_{пз}$  - підготовчо-заклучний час;  $t_{он}$  - оперативний час;  $t_{об}$  - час на обслуговування робочого часу;  $t_e$  - час на відпочинок і особисті потреби;  $t_{nm}$  - час перерв, обумовлених технологією і організацією виробничого процесу.

Складовими оперативного часу  $t_{он}$  є основний технологічний  $t_{оч}$  та допоміжний  $t_{дон}$  час. При чому аналіз витрат складових оперативного часу  $t_{он}$  показав, що управління нормою часу  $H_c$  при виконанні ТО свердлування можна здійснювати впливаючи на тривалість основного технологічного часу  $t_{оч}$ .

Аналіз факторів, які впливають на тривалість основного технологічного часу  $t_{оч}$  дозволив формалізовано описати взаємозв'язок норми часу  $H_c$  обробки ОВ з його фізико-механічними і конструктивно-технологічними особливостями та особливостями технологічного процесу наступним чином:  $t_{оч} \rightarrow \{OB; TO; F\}$ , де  $t_{оч}$  – основний технологічний час, що визначається в процесі функціонування верстату;  $OB$  – параметри, що описують ОВ, які оброблюються на свердлувальному верстаті, наприклад, матеріал ОВ, конструктивні особливості ОВ (пази, лиски, фаски тощо), діаметр попередньо оброблених отворів та глибину отвору для багатого прохідного свердлування;  $TO$  – параметри технологічної операції по обробці отворів на свердлувальних верстатах, наприклад, довжина робочого ходу, кількість робочих переміщень інструменту, його діаметр, матеріал, форма заточення, використання охолодження, конструктивні особливості верстату;  $F$  – множина збурень, наприклад, брак ОВ (невідповідність матеріалу або

стану поверхневих шарів ОВ), брак інструменту (невідповідна якість матеріалу робочої або ріжучої частини інструменту), затуплення ріжучого інструменту. Визначення множини характерних збурень дозволяє синтезувати множину рішень ( $G$ ), про які потрібно повідомляти оператору для мінімізації тривалості основного технологічного часу. До таких рішень відносяться: заміна ріжучого інструменту, перевірка якості ОВ, загострення ріжучого інструменту та ввімкнення охолодження.

Вказане дозволило синтезувати структурну модель системи управління нормуванням часу СУНЧ зображену на рис.1. На вхід СУНЧ подаються оперативні дані, що описують характеристики ОВ та ТО свердлування, які заносяться до сховища даних, в якому збираються поточні дані з різних датчиків та зберігаються попередні із зазначенням часу, до якого вони належать, а також приводяться до єдиного формату та узгоджуються. Найважливішим компонентом системи є інтелектуальний аналіз даних, що виконується в три етапи: 1) пошук закономірностей залежності тривалості основного технологічного часу  $t_{оч}$  від характеристик ОВ та ТО свердлування; 2) використання визначених закономірностей для прогностичного моделювання тривалості основного технологічного часу  $t_{оч}$ ; 3) аналіз виключних ситуацій для виявлення та визначення аномалій в прогнозованій тривалості основного технологічного часу  $t_{оч}$ , що дозволяє виявити та визначити відхилення від процесу проходження ТО свердлування, про які необхідно повідомити оператору.

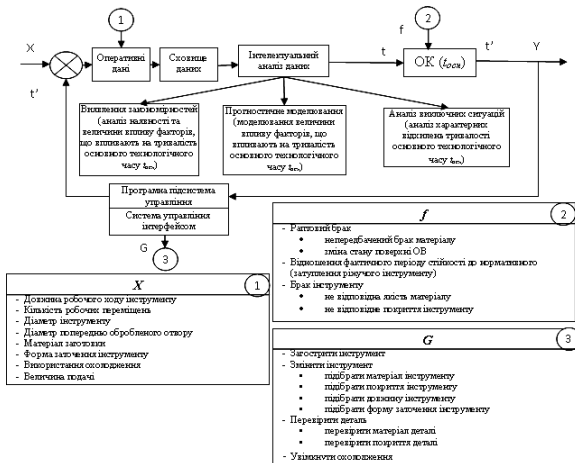


Рис.1. Структурна модель СУНЧ технологічної операції свердлування

Отримані прогнозовані значення тривалості основного технологічного часу  $t_{оч}$ , а також повідомлення про необхідність втручання в ТО свердлування оператора повідомляються через інтерфейс користувача, що керується програмною підсистемою управління. В підсистемі управління зберігається база рішень, про які необхідно повідомити оператору при наявності відхилень та приймаються рішення про необхідність видачі відповідних повідомлень на інтерфейс користувача. Таким чином запропонована СУНЧ дозволяє підвищити якість прийняття рішень оператором при нормуванні часу ТО свердлування.

УДК 621.317

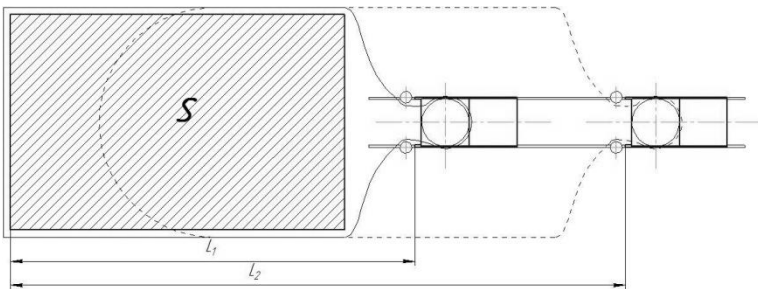
*Шановалова О. О., асистент  
Карімбетова Н. П., аспірант  
Подчашинський Ю.О., д.т.н. доцент  
Житомирський державний технологічний університет*

## ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЕЛЕМЕНТІВ АЛМАЗНОЇ КАНАТНОЇ УСТАНОВКИ

Вимірювання параметрів руху виробничого обладнання необхідно для контролю і управління ходом технологічного процесу. В даному випадку досліджувалося обладнання на підприємствах з видобутку й обробки природного каменю. А саме, технологічний процес різання алмазним канатом. В якості виробничого обладнання використовувалася сучасна алмазна установка Zhongyuan Machinery ZY-45HT.

Фізичний процес різання алмазним канатом можна описати як заглиблення в тіло різця. Різець при різанні вдавлюється в породу як клин під дією зусилля подачі, і одночасно переміщується у напрямку різання під дією зусилля різання, руйнуючи породу попереду себе.

На рисунку 1 зображено схему вибою алмазної канатної установки Zhongyuan Machinery ZY-45HT.

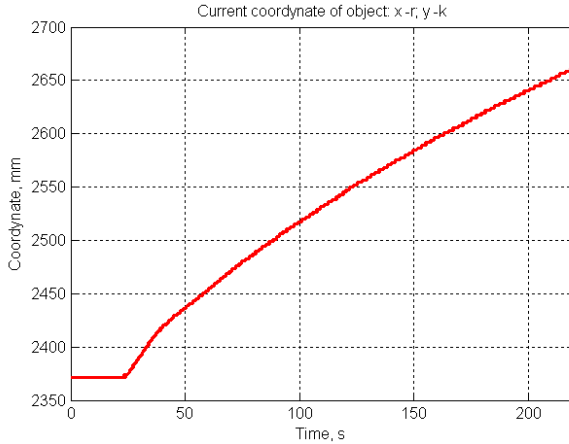


**Рис. 1.** *Схема вибою алмазної канатної установки (різання горизонтальної площини)*

Метою дослідження параметрів руху різання алмазної канатної установки є визначення миттєвої продуктивності, з подальшим визначенням сумарної.

На рис. 2 зображено графік зміни координати алмазної установки за час вимірювання.





**Рис.2.** Графік залежності координати від час вимірювання

Отримані поточні координати, а на основі їх можна визначити миттєву швидкість. Швидкість в свою чергу обмежена можливостями використуваної технології розпилю. Коливання швидкості призводить до виникнення нерівностей на поверхні розпилю. На основі поточних координат можна спрогнозувати момент закінчення розпилю.

Данні про параметри руху алмазної установки отримані в результаті алгоритмічної обробки відеозображень. Метод дослідження параметрів пересування алмазної канатної установки по рейках за допомогою програми обробки відеозображень дає змогу більш детально вивчити процес пересування установки по рейках і визначити швидкість пересування в будь-який момент часу на відміну від застосовуваного раніше способу, який полягав у ручному вимірі відстані переміщення за допомогою рулетки.

Завдяки застосуванню цього методу обробки відеозображень можливо визначити миттєву продуктивність алмазної канатної установки, а також коригувати та слідкувати за процесом утворення додаткових горизонтальних та вертикальних площин відслонення для наступного відокремлення моноліту високоміцних порід від масиву.

УДК 004.932

*Шевчук О. В., студ., V курс, гр. СІ-66М*  
*Науковий керівник – д.т.н., доцент. Подчаїшинський Ю.О.*  
*Житомирський державний технологічний університет*

## **НЕЙРОМЕРЕЖЕВА СЕГМЕНТАЦІЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИМІРЮВАЛЬНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ В КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ**

Сучасні комп'ютеризовані системи управління часто використовуються для розпізнавання та сегментації інформації відображеної на зображеннях, що вимагає використання ефективних та швидких методів розпізнавання інформації.

Перспективним напрямком досліджень в області розпізнавання зображень є використання нейронних мереж. Нейронні мережі були розроблені як спроба зімітувати будову людського мозку. Нейронні мережі – це потужний метод імітації процесів та явищ, котрий дає змогу відтворити надмірно складні залежності. Являючись за своєю природою нелінійними, нейромережі можуть оперувати великими кількостями змінних. Особливості архітектури нейромереж дозволяють розпаралелювати обчислення, що істотно збільшує швидкість обробки даних.

Реальні цифрові зображення в комп'ютеризованій системі управління містять шуми. Нерівномірне освітлення може викликати значні завади під час обробки зображення. В результаті ці зображення містять завади, що спричинені об'єктивними умовами формування цих зображень під час виробничого процесу можуть перешкодити отриманню вимірювальної інформації про об'єкти, що наявні на цих зображеннях. Наприклад, це відноситься до структурних елементів поверхні природного лицювального каменю в процесі класифікації візерунків лицювального каменю. Всі ці фактори негативно впливають на якість сегментації цифрових зображень та на визначення належності об'єктів певним класам. Таким чином, недоліком може бути недостатня точність виділення областей, що належать об'єктам, на реальних зображеннях і, як наслідок, низька точність визначення характеристик цих об'єктів.

Одним із способів сегментації зображення, тобто локалізації змістовної інформації і виділення її від фону для подальшого розпізнавання та обробки є кластеризація. Основне завдання кластерного аналізу даних знаходження схожих об'єктів у вибірці.

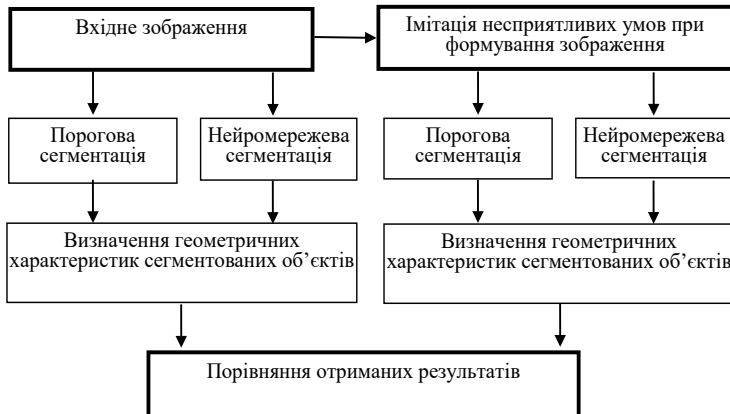
В основу роботи поставлена задача вдосконалення способу сегментації цифрових зображень, щоб забезпечити підвищення точності виділення об'єктів зображеннях і, як наслідок, підвищення точності

визначення характеристик цих об'єктів. Для цього попередньо визначають кількість класів об'єктів на зображенні, які потрібно визначати зображенні інформацію про колір, а розподіл простору ознак на кластери та визначення центрів кластерів виконують за допомогою штучної нейронної мережі Кохонена. Попередньо визначають кількість класів об'єктів на зображенні, які потрібно визначати зображенні інформацію про колір, а розподіл простору ознак на кластери та визначення центрів кластерів виконують за допомогою штучної нейронної мережі Кохонена, причому кількість входів цієї мережі дорівнює кількості каналів цифрового кольорового зображення, що містять інформацію про колір, а кількість  $N$  нейронів у прошарку нейронів Кохонена для цієї мережі визначають за формулою:

$$N = K + 1,$$

де  $K$  – кількість класів об'єктів на цифровому зображенні;  $N$  – кількість нейронів в мережі.

В роботі, для експериментального підтвердження результативності нейромережевого способу сегментації, нейромережевий спосіб сегментації порівнюється пороговим способом. Вхідне зображення поверхні лицевого каменю сегментується обома методами і порівнюються отримані результати. Також експеримент проводиться над зображенням з можливими вадами таким як шуми, недостатнє освітлення і т. д. Для розробки програми використано Matlab. Схема проведення досліджень зображена на рисунку 1.



*Рис 1. Схема дослідження*

УДК 621.317.07.089

*Шостачук Д. М., к.т.н., доцент  
Захарова А. О., магістрант, факультет ІКТ, гр. АТ-18м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **СПОСІБ ОРІЄНТАЦІЇ ШТУЧНОГО СУПУТНИКА ЗЕМЛІ З ПРОГНОЗНИМИ МОДЕЛЯМИ ЗБУРЕНЬ І МАГНІТНОГО МОМЕНТУ СИЛОВИХ КОТУШОК**

У зв'язку з тим, що сьогодні існують певні труднощі, викликані переходом суспільства до ринкових відносин, в Україні продовжують розробляти космічні технології і ті традиції, що були накопичені в космічному приладо- та ракетобудуванні за останні десятиріччя розвивають і далі. Прикладом є наносупутник «PolyITAN-1», розроблений колективом учених, інженерів, аспірантів і студентів НТУУ «КПІ» під керівництвом досвідченого вченого, кандидата технічних наук Бориса Рассамакіна. Це наносупутник типу «Cubesat», який складається з чотирьох модулів: модуля енергозабезпечення, модуля радіолінії, модуля управління і модуля корисного навантаження. Супутник має масу приблизно 1 кг і розміри 10x10x10 см і в червні місяці 2014р. був запущений на орбіту за допомогою ракетоносія «Дніпро».

У магістерській роботі запропоновано метод корекції руху штучного супутника Землі (ШСЗ) за допомогою ступеневих керуючих сигналів.

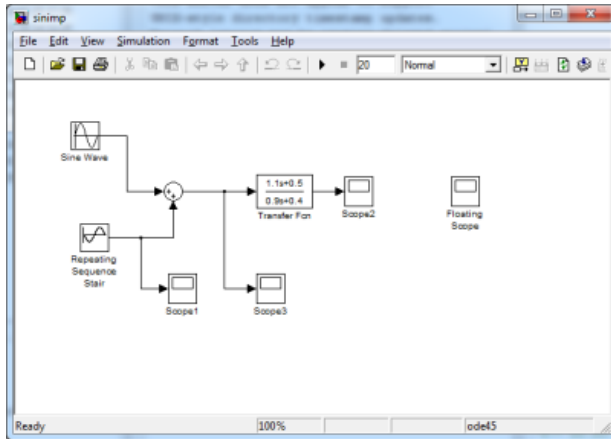
У програмному середовищі MatLAB (пакет інструментів Simulink) було змодельовано роботу системи корекції впливу збурюючого сигналу, в якій в якості коректуючого пристрою використано імпульсне джерело енергії. Схема даної системи зображена на рис. 1.

За модель супутника прийнято об'єкт з передатною функцією

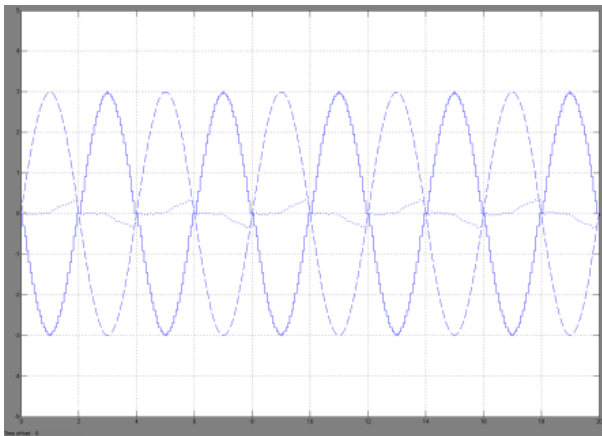
$$W(s) = \frac{1.1s + 0.5}{0.9s + 0.4}.$$

Використовуючи можливості пакету інструментів Simulink маємо змогу вивести вхідний (крупнопунктирна лінія), коректуючий (суцільна лінія) і вихідний сигнали (дрібнопунктирна лінія) на один графік, що зображено на рис. 2.

Як видно з графіку, зображеного на рис. 2, кінець кожного півперіода характеризується накопиченою похибкою, яка на наступному півперіоді нівелюється у зв'язку зі зміною полярності збурень.



*Рис. 1. Схема системи корегування сигналу*



*Рис. 2. Зображення вхідного, коректуючого і вихідного сигналів системи корекції руху ШСЗ*

## СЕКЦІЯ 3. БІОТЕХНІЧНІ ТА МЕДИЧНІ АПАРАТИ, СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.093

*Захарова М. М., студент, факультет КНТ, гр.КНТ-422*  
*Рашавченко А. В., магістр*  
*Твердохліб Ю. В., аспірант*  
*Запорізький національний технічний університет*

### КОРЕКЦІЯ РОБОТИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ БІОАКУСТИЧНОЇ ТЕРАПІЇ

Існуючі медикаментозні методи лікування порушень роботи центральної нервової системи (ЦНС) переважно орієнтовані на пригнічення конкретних симптомів хвороби і мають побічні ефекти. Тому актуальним є розробка методів, заснованих на мобілізації природних резервів організму [1].

Одним з таких методів є біоакустична корекція (БАК). В ньому використовують концепцію мимовільної саморегуляції, яка супроводжується активацією природних процесів регулювання фізіологічних функцій, що пригнічувались внаслідок несприятливого поєднання факторів зовнішнього середовища та індивідуальних особливостей людини [2].

Для БАК найбільш доцільно використовувати запис сигналу електроенцефалограми (ЕЕГ). Сигнал ЕЕГ являє собою комплексний цифровий образ, в якому зберігаються відношення основних параметрів фізіологічно значимого діапазону частот біоелектричної активності головного мозку.

Метод полягає в змішуванні за допомогою спеціального програмного забезпечення трьох звукових доріжок в єдиний музичний запис [3].

Перша звукова доріжка містить музичний трек в чутному діапазоні, підібраний в відповідності з індивідуальними вподобаннями людини. На другій доріжці міститься запис хвиль мозку, рівень гучності звуку якого дорівнює рівню порога чутності або нижче нього. На третій доріжці пропонується розмістити повторюваний спів, гучність звуку якого дорівнює рівню порога чутності або нижче нього. (Рекомендується використовувати імпульсне перетворення звуку «Аум», який часто використовується в медитаціях, оскільки позитивно впливає на роботу внутрішніх органів.)

При прослуховуванні отриманого запису музичного цифрового стерео - треку, людина буде слухати свою улюблену музику, практично не помічаючи відхилень від оригіналу. Це пояснюється тим, що рівень гучності звуку мозкових хвиль, які об'єднуються з музикою, в основному нижче порога чутності людини [1].

Пропонується вдосконалити метод [3], замінивши другу звукову доріжку чотирма іншими звуковими доріжками. Кожна з них містить діапазон частот які відповідають Alpha, Beta, Theta, Delta хвилям мозкової активності, що характеризують фізичний стан людини (тривога, розслаблення, рання стадія сну, глибокий сон – відповідно).

Перед тим як формувати звукові доріжки хвиль мозку, сигнал ЕЕГ необхідно відфільтрувати. Краще за все коливання сигналів енцефалограми, що реєструються, транспонувати окремо і послідовно. Для цього можна використовувати неперервне вейвлет-перетворення, що дає можливість підібрати функцію, найбільш схожу на елементи сигналів ЕЕГ та отримати найбільш точно кожний вид хвиль мозкової активності, який записується на окрему звукову доріжку.

Використання нефармакологічних методів музичної терапії є ефективним при лікуванні порушень сну, головного болю, неврозів, тривожних станів, депресії, вегетативних розладів, при адаптації до зміни часових поясів, під час нічної роботи, при деяких клінічних симптомах алкоголізму і наркоманії. Також даний метод застосовується для підвищення адаптивних можливостей здорових людей під час виконання складної роботи та при необхідності прийняття важливих рішень в умовах дефіциту часу.

*Список літератури:*

1. Болдырева Г.Н. Роль регуляторных структур мозга в формировании ЭЭГ человека. Физиология человека / Г.Н. Болдырева, И.С.Добронравова // Журн. Высш. Нервн. Деят. – 2000. – Т. 26. – №5. – С. 19-34.
2. Константинов К.В. Саморегуляция функционального состояния центральной нервной системы человека методом биоакустической коррекции. Биологическая обратная связь / К.В.Константинов, В.В. Сизов, Д.Б.Мирошников, В.Н. Есимбаева, В.В. Бутова, В.М. Клименко. – 2000. – № 4. – С. 7-14.
3. Gregory RA, Stier JC, Cooley PM, inventors. Producing audio output for music therapy. United States Patent US 20130338429. 2013 Dec 19.

УДК 616.5

*Коломієць Р. О., к.т.н, доцент  
Мосійчук С. О., магістрант, факультет ІКТ, гр. БМ-13  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛЮДИНИ В ЯКОСТІ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ НОСИМИХ ПРИСТРОЇВ**

Електрофізіологічні методи дослідження ґрунтуються на реєстрації біопотенціалів, що виникають у тканинах живого організму спонтанно або у відповідь на зовнішнє подразнення. Будь-які локальні зміни і процеси в організмі людини впливають на опір шкіри. При нормальних умовах електричний опір людини в стані релаксації зростає, а в стані активації зменшується.

Шкіра – один з найбільш складно організованих органів людського тіла. Вона доповнює функції внутрішніх органів, зокрема виводить продукти, які не виділяються легеньми і нирками. Встановлено, що опір шкіри коливається в межах від 10 КОм до 2 МОм. Також істотне значення для вимірювання опору шкіри має розподіл активних точок шкіри, утворених входженням в шкіру нервових волокон.

Біологічно активні точки – це ділянки найбільшої активності системи взаємодії «покрив тіла – внутрішні органи», які проєктуються на шкіру. В місцях, де знаходиться певна точка, електричний опір шкіри значно нижче і більш високий електричний потенціал, порівняно з оточуючими її ділянками.

Параметри вимірів в певній точці залежать від ряду факторів:

- загального стану організму;
- стану шкірних покривів (сухість або вологість);
- нестабільність зовнішніх умов;
- сили притиснення;
- форми і площі поверхні електродів;

Метою даного дослідження є оцінка можливості використання людини в якості джерела живлення. Основними етапами під час проведення даного дослідження будуть:

- зняття значення потенціалу шкіри;
- перетворення значення потенціалу в електричний струм;
- аналіз отриманого значення струму;

Для проведення експерименту необхідно мідний голкоподібний електрод та цинкову пластину підключити до мікроамперметра. Виміряти значення потенціалу шкіри в біологічно-активних точках за допомогою мідного електроду. Цілеспрямоване маніпулювання вимірювальним електродом дає можливість отримати опір будь-якої



бажаної величини в межах широкого діапазону, практично в будь-якій точці поверхні шкіри.

В результаті прикладання пластин до шкіри, плівка поту на шкірі діє так само, як кислоти в батареї, виробляючи хімічну реакцію з мідним електродом та цинковою пластиною. В результаті цього рука займає негативно заряджені електрони від мідного електроду і віддає електрони цинковій пластині (змушуючи її стати негативно зарядженою). Ця різниця потенціалів і виробляє електричний струм, який спостерігається на мікроамперметрі.

За допомогою певних методів (зачищення пластин, використання декількох пластин з послідовним з'єднанням і.т.д), необхідно створити якомога більше значення струму. Якщо результати дослідження будуть вдалі, тоді з'являється можливість для подальшої розробки даного методу.

Бюджерело може генерувати біоструми напругою до десятків мілівольт і навіть більше. Такі біоструми, звичайно, малі. Але для роботи переносних медичних пристроїв (таких як кардіостимулятори) цього цілком достатньо.

Для того, щоб засвідчити позитивні результати дослідження пропонується підключити світлодіод або прилад, для живлення якого необхідна мала потужність.

Подальше продовження досліджень щодо їх удосконалення з використанням біоджерел живлення на клітковині шкіри, цілком виправдано і необхідно. Отримати достатню кількість електрики з людського тіла - це одна з найбільш перспективних завдань сучасної науки. Оскільки електростимулятори та інші вбудовувані медичні прилади зберегли життя багатьом людям.

УДК 519.684.6

**Манойлов В. П., д.т.н., проф. кафедри РТ, РЕА і Т**  
*Житомирський державний технологічний університет*  
**Грек О.В., магістрант, факультет ІКТ, 5курс, гр.БМ-13м**  
*Житомирський державний технологічний університет*

## **АПЛІКАТОРНІ МІКРОХВИЛЬОВІ АНТЕНИ В РАДІОТЕРМОМЕТРІЇ**

Проблема діагностики та лікування захворювань людини існувала завжди. Все частіше стає відомо про нові методи вирішення даної проблеми. До новітніх напрямів дослідження стану біологічних об'єктів відноситься радіометричний метод.

Радіотермометрія заснована на вимірюванні власного електромагнітного (планковського) випромінювання біологічних об'єктів в мікрохвильовому діапазоні частот. Фізична сутність цього теплового радіовипромінювання полягає в перетворенні внутрішньої теплової енергії в енергію електромагнітного поля поширюваного за межі випромінюючого тіла. Перспективним видається використання радіометрії для ранньої діагностики захворювань, пов'язаних з наявністю термонеоднорідностей в організмі людини (мамологія, урології, гінекології, діагностика захворювань щитовидної залози, запалень вуха, горла, носа), а також для дослідження електромагнітних полів та випромінювань біологічних об'єктів і організму людини.

Слід зазначити, що характерною рисою цього методу є розташування об'єкта у ближній зоні випромінювання, а також необхідність розробки аплікаторної антени. У зв'язку з потребою вибору аплікаторної антени, проведено аналіз можливих варіантів. Розглядалися аплікаторні антени, побудовані на основі круглого і прямокутного хвилеводів, плоска (друкована) аплікаторна антена і рамкова антена.

У плоских (друкованих) аплікаторних антен топологія випромінювача надрукована на діелектричній підставці, яка контактує з біологічним об'єктом. У хвилеводних аплікаторних антен між випромінювачем і апертурою, яка контактує з біологічним об'єктом, наявна хвилеводна система. Тобто ці аплікаторні антени є об'ємними пристроями, і довжина хвилеводу визначає характеристики аплікаторних антен.

Відмінною особливістю дводіапазонної аплікаторної антени є наявність ПЧ-датчика всередині круглого хвилеводу. Ця антена дозволяє одночасно вимірювати власне випромінювання в мікрохвильовому і ПЧ-діапазонах.

У деяких випадках потрібно вимірювати внутрішню температуру об'єктів, що мають невеликі розміри. Для вирішення цього завдання

неможливо використовувати аплікаторні антени великого діаметра. Для таких цілей використовуються мініатюрні аплікаторні антени (діаметри – 8 - 22 мм).

Друкована щілинна аплікаторна антена виконана на діелектричній підкладці і має друкований щілинний випромінювач. Корпус антени виконаний у вигляді металевого циліндра, щілина виконана на верхній стороні підкладки, нижня відкрита частина підложки контактує з біологічним об'єктом.

Проведено дослідження наведених аплікаторних антен та визначення їх параметрів. Результати проведеного аналізу показали, що за більшістю параметрів хвилеводна кругла перешкодозахисна антена, яка працює в діапазоні 3,4 ... 4,2 ГГц, перевершує всі інші антени. Але потрібно мати на увазі, що площа цієї антени набагато більша, порівняно з мініатюрною аплікаторною антеною. У багатьох випадках розмір вимірюваного органу не дозволяє використовувати антени великого діаметру, і в цьому випадку необхідно використовувати мініатюрні антени. Важливо відзначити, що мініатюрні антени, на малих глибинах мають кращу роздільну здатність порівняно з антенами великого діаметру. За рахунок цього вони здатні більш ефективно виявляти температурні аномалії невеликих розмірів, розташовані на невеликій відстані від шкіри.

Судячи з результатів моделювання та розрахунків розглянутих вище аплікаторних антен, для подальшого дослідження обрано мікросмужкову аплікаторну антену мм-діапазону. Вона задовольняє всі вимоги радіотермометрії: мм-діапазон хвиль, невеликі розміри, можливість розташування якомога ближче до досліджуваного біологічного об'єкта. А також компактність антени дозволить краще виявляти термонеоднорідності біологічного об'єкту, що знаходяться на невеликій глибині.

УДК 616.5

*Манойлов В. П., д.т.н., проф. кафедри РТ, РЕА і Т  
Житомирський державний технологічний університет  
Мосійчук А. В., магістр, факультет ІКТ, 5 курс, гр. БМ-13М  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПСИХО-ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ КІРЛІАНОГРАФІЇ**

Перш, ніж тіло людини перейде в стан захворювання, енергетичні показники, такі як, наприклад, стан летаргії і депресії, сигналізують про те, що організм втрачає життєву енергію. На подібних стадіях люди звертаються до лікарів, однак дуже часто медичні дослідження дають нормальні показники, так як вони ще не можуть зафіксувати ніяких змін на фізичному плані. Хвороби такі, як синдром хронічної перетоми і психічні порушення, викликані навколишнім середовищем, вважаються в даний час "неофіційними" хворобами, і, згідно стандартам традиційної медицини, ці хвороби характеризуються відсутністю обумовленої мікробіологічної причини. У той же час, з точки зору енергетичного визначення, дисфункції організму реально існують тому, що їх симптоми сигналізують про те, що пацієнт втрачає силу енергетичного поля.

Для виявлення енергетичного поля людини на даний час широко використовується техніка Кірліанографії, тобто техніка візуального спостереження або реєстрації на фотоматеріали світіння газового розряду, що виникає поблизу поверхні об'єкта при розміщенні його в електричному полі високої напруженості.

Для дослідження психо-фізіологічного стану людини достатньо помістити кінцівку руки в Кірліан-прилад та отриманий результат оцінити в порівняльних таблицях картин електричного стану шкірного покриву в нормальному і патологічно зміненому станах.

Принцип роботи Кірліан-приладу: на один електрод подається висока змінна напруга з високою частотою - від 1 до 40 кВт при 200-15000 Гц. Іншим електродом служить сам об'єкт. Якщо об'єктом служить людина, то вона ні в якому разі не заземлюється. Обидва електроди розділені між собою ізолятором і тонким шаром повітря, молекули якого піддаються дисоціації під дією сильного магнітного поля, що виникає між електродом і об'єктом. У цьому шарі повітря, що знаходиться між об'єктом і електродом, тобто в сильному магнітному полі, відбувається три процеси.

Перший процес полягає в поляризації і розриві молекул повітря, який на 78 % складається з молекулярного азоту (N<sub>2</sub>). Цей процес при-

зводить до утворення атомарного азоту, який у великих концентраціях шкідливий для людського організму. Тому з кірліан-приладом необхідно працювати в добре провітрюваному приміщенні.

Другий процес - це процес отримання електронами молекул повітря ( $N_2$  - 78%,  $O_2$  - 21%) достатньої кількості енергії, необхідної для відриву від молекули. Ці звільнені електрони, поряд з іонами, утворюють невеликий струм між об'єктом і електродом, який втім, при правильному регулюванні робочої напруги безпечний для людини. Результати другого процесу видно у формі газового розряду по каналах так званої корони, яка утворюється навколо об'єкта. Форма корони свічення і її щільність визначаються власним магнітним полем об'єкта.

Третій процес - це отримання електронами молекул повітря енергії, якої недостатньо для відриву від молекули. При цьому відбувається перехід електронів молекул повітря на більш вищі атомарні рівні і назад. При цьому стрибку електрона відбувається випромінювання кванта світла. Величина стрибка електрона молекули повітря залежить від власного магнітного поля досліджуваного об'єкта. Тому в різних точках поля, що оточує об'єкт, електрони отримують різні імпульси, тобто перескакують на різні атомарні рівні, що призводить до випускання квантів світла різної довжини. Останній факт реєструється людським оком або на кольоровому фотопапері в якості різних кольорів, які залежно від об'єкта можуть забарвлювати корону свічення в різні кольори. Ці три процеси у своїй сукупності дають загальну картину кірліан-ефекту, який дозволяє вивчати магнітне поле людини.

На даний час ефект Кірліан використовується для діагностики психічних захворювань, визначення біологічної активності медикаментів, виявлення ознак перевтоми операторів, перевантаження спортсменів, в сільському господарстві для визначення сходження насіння та взаємного впливу різних видів рослин, в криміналістиці, парапсихології та інших областях.

УДК 621.396.67

*Манойлов В. П., д.т.н., проф. кафедри РТ, РЕА і Т  
Житомирський державний технологічний університет  
Тепляшина. К. М., магістр, факультет ІКТ, 5 курс, гр. БМ-13м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РУПОРНОГО ВИПРОМІНЮВАЧА В ДІАТЕРМІЇ**

В основі будь-яких механізмів лікувальної дії високочастотних коливань лежить первинна дія їх на електрично заряджені частинки (електрони атоми і молекули) речовин, з яких складаються тканини організму. Їхня дія відмінна від низькочастотних коливань в плані подразнення. Тому в методиках використання високочастотних електричних коливань можна значно підвищити значення діючих факторів і провести прогрівання або спричинити специфічну дію, чого не можна зробити постійним струмом або струмами низьких частот. Тож актуальним є використання методу електролікування – діатермія.

Сутність діатермії полягає в прогріванні тканин тіла високочастотним струмом (1,5-2 МГц), що проходить між двома контактними накладеними на поверхню тіла металевими електродами (струмом до 2 А та напругою до 150 В). Використовується при запальних захворюваннях м'язів, периферичної нервової системи, суглобів та деяких захворюваннях внутрішніх органів.

Теплова дія струму при діатермії визначається, в основному, іонними втратами, тобто виділенням тепла, що відбувається при коливному русі іонів. У зв'язку з відносно низькою частотою, використовуваної при діатермії, діелектричні втрати в тканинах невеликі. Кількість тепла  $Q$  в калоріях, що виділяється за одиницю часу в одиниці об'єму однорідної тканини, може бути розраховане на підставі закону Джоуля-Ленца, де  $j$  – щільність струму,  $\rho$  – питомий опір тканини.

$$Q = k \cdot j^2 \cdot \rho . \quad (1)$$

На частотах 1-2 МГц питомий опір тканин з великим вмістом рідин (кров, м'язи, тканини внутрішніх органів) становить 100-200 Ом·см, питомий опір бідних електролітами жирової і кісткової тканини значно вище і становить 2000-5000 Ом·см.

При проведенні діатермії високочастотний струм проходить послідовно через перехідний опір між електродом і шкірою, шар шкіри і підшкірної жирової клітковини, м'язові й інші глибоко лежачі тканини. В результаті відносно більш високої питомої опору шкіри і жирової клітковини в цих тканинах виділяється найбільша кількість тепла. Це небажаний розподіл теплоти по шарах тканин ускладнюються і тим, що

при контактному накладенні електродів безпосередньо під ними має місце підвищена щільність струму, а в глибоко розташованих тканинах шляху струму розгалужуються і щільність струму значно знижується. Переважний нагрів поверхневих шарів тканин тіла – істотний недолік діатермії, що обмежує можливості її застосування. Тому аби виправити деякі недоліки, використовуємо замість електродів рупорний випромінювач.

Рупорні антени є найпростішими антенами СВЧ діапазону. Вони можуть застосовуватися як самостійно, так і в якості елементів більш складних антен. Рупорні антени дозволяють формувати діаграми спрямованості шириною від 100..140 до 10..20 градусів. Можливість подальшого звуження діаграми спрямованості обмежується необхідністю різкого збільшення довжини рупора. Для формування вузьких діаграм спрямованості можуть бути використані двовимірні решітки з невеликих рупорів. Сукупність цих рішень дозволяє створювати антени досить компактних розмірів з голчастою діаграмою спрямованості. Для спрощення задачі узгодження прийомних і передавальних антен використовують антени з обертовою поляризацією. Для створення поля з круговою поляризацією застосовується включення в хвилепровідий тракт рупора фази секції. При цьому доводиться відмовлятися від тих лінз, які застосовні тільки для лінійно поляризованих хвиль (прискорюють метало-пластинчасті лінзи). Рупорні антени є широкосмуговими антенами, вони забезпечують приблизно полуторне перекриття по діапазону. Частотні властивості лінзових антен визначається частотними властивостями діелектрика лінзи. Коефіцієнт корисної дії рупорів високий і дуже близький до 100%. Однак лінзи мають ряд недоліків. Це великий обсяг, маса, втрати в матеріалі лінзи і на відбиття від її поверхні. Тому, при розрахунку рупорно-лізових антен всі ці фактори необхідно враховувати і знаходити компроміси. При розумному проектуванні можна розрахувати антену, яка в достатній мірі буде задовольняти технічним завданням.

Для того щоб можна було оцінити рівень сигналу, який відбився від поверхні та надійшов до прийомної антени, необхідно знати коефіцієнти відбиття радіохвиль заданої частоти від поверхні біологічного об'єкту (шкіри). Таке складне завдання необхідно вирішувати за допомогою моделювання.

На основі дослідження характеристик рупорного випромінювача та математичного моделювання в спеціалізованій програмі (HFSS Ansoft, MATLAB, Mmana) отримуємо діаграми напрямленості та дослідимо вплив на шкіру людини.

УДК 621.396.67

*Нікітчук Т. М., к.т.н, доц. кафедри РТ, РЕА та Т  
Житомирський державний технологічний університет  
Виниченко В. В., магістрант, 5 курс, гр. БМ-13м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КРОВІ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ПУЛЬСОВОЇ ХВИЛІ**

Реологія – це область механіки, яка вивчає особливості перебігу та деформації реальних суцільних середовищ, одними з представників яких є неньютонівські рідини зі структурною в'язкістю. Типовою неньютонівською рідиною є кров. Реологія крові, або гемореологія, вивчає механічні закономірності і особливо зміни фізколоїдних властивостей крові в процесі циркуляції з різною швидкістю і на різних ділянках судинного русла. Рух крові в організмі визначається скорочувальною здатністю серця, функціональним станом кровоносного русла, властивостями самої крові. При порівняно малих лінійних швидкостях, течія частки крові зміщуються паралельно один до одного і осі судини. У цьому випадку потік крові має шаруватий характер, і такий перебіг називають ламінарним.

Реологічні властивості крові визначають опір, який повинен бути переборений роботою серця – помпою кровообігу. Патологічні зміни реологічних властивостей крові лежать в основі виникнення й розвитку широкого кола захворювань, особливо це стосується захворювань артерій та вен. Практично всі хірургічні втручання супроводжуються негативними змінами реологічних і коагуляційних властивостей крові, що є однією з найважливіших причин тромбоемболічних ускладнень.

Одним з найважливіших реологічних параметрів крові є в'язкість. В'язкість крові визначається як відношення напруги зсуву до швидкості зсуву, і вимірюється в мПас. Принциповими факторами, що впливають на в'язкість крові, є гематокрит, властивості плазми, агрегація і деформованість клітинних елементів. Враховуючи переважну більшість еритроцитів у порівнянні з лейкоцитами і тромбоцитами, в'язкі властивості крові визначаються в основному червоними клітинами.

Найголовнішим чинником, що визначає в'язкість крові, є об'ємна концентрація еритроцитів (їх зміст і середній об'єм), звана гематокритом. Гематокрит, який визначається з проби крові шляхом центрифугування, становить приблизно 0,4 - 0,5 л/л. Плазма є ньютонівською рідиною, її в'язкість залежить від температури і визначається складом білків крові. Більш всього на в'язкість плазми впливає фібриноген



(в'язкість плазми на 20% вище в'язкості сироватки) і глобуліни (особливо  $\gamma$ -глобуліни). На думку деяких дослідників більш важливим чинником, який веде до зміни в'язкості плазми, є не абсолютна кількість білків, а їх співвідношення: альбумін/глобуліни, альбумін/фібриноген. В'язкість крові збільшується при її агрегації, що визначає неньютонівську поведінку цільної крові.

При проведенні аналізу параметрів пульсової хвилі було виявлено, що форма пульсової хвилі значно відрізняється у хворих з різною в'язкістю крові і гематокритом. У результаті проведеного нами аналізу даних, отриманих при знятті пульсової хвилі і вимірюванні в'язкості крові та гематокриту, було встановлено, що останні істотно впливають на амплітуду і форму коливань заднього фронту пульсової хвилі.

Для визначення в'язкості крові на сьогоднішній день використовують декілька способів. Всі існуючі віскозиметри умовно поділяються на 2 групи: з однорідним полем напруг і деформацій – ротаційні реометри з різною геометрією робочих частин (циліндричні, дискові, конусподібність та ін.) І відносно неоднорідним полем напруг і деформацій – капілярні віскозиметри, прилади, що працюють за методом Стокса, за принципом реєстрації механічних, електричних, акустичних коливань. В даний час найбільшого поширення набули капілярні і ротаційні віскозиметри.

Недоліками цих методів є їх інвазивність. Вимірювання в'язкості крові відомими на сьогоднішній день способами не дозволяє проводити безперервний контроль в'язкості в ході тривалих і травматичних операцій, а також у післяопераційному періоді.

Розробка способів неінвазивної діагностики якості крові в даний час надзвичайно актуальна ще й у зв'язку із збільшенням числа важких невиліковних захворювань, що передаються через кров.

Отже потрібний метод, який дозволяє неінвазивно контролювати реологічні властивості крові.

Тому, актуальним є питання дослідження можливості використання параметрів пульсової хвилі для визначення в'язкості крові та гематокриту неінвазивним шляхом і проведення безперервного моніторингу цих параметрів без відповідних заборів крові. В'язкість суспензій суттєво залежить від відносного об'єму твердих частинок, або для крові – від гематокриту (відносна об'ємна частка клітинних компонент у крові), а саме – збільшується зі зростанням гематокриту. В'язкість крові людини в нормі 4 – 5 мПа·с, при патології коливається від 1,7 до 22,9 мПа·с, що впливає на швидкість осідання еритроцитів.

У роботі запропоновано неінвазивний метод визначення в'язкості крові за дослідженням параметрів заднього фронту пульсової хвилі

(ПХ). Для цього пацієнту лише потрібно зареєструвати пульсову хвилю, наприклад фотоплетизмографом, програмне забезпечення на основі формули, яка описана нижче, може швидко і точно виводити результати в'язкості.

Лінійний зв'язок в'язкості крові із тривалістю спаду пульсової хвилі може бути обґрунтований при використанні гідродинамічної моделі кровоносної системи, запропонованої О. Франком, для якої гемодинамічне рівняння:

$$\int_0^{T_{\Pi}} Q dt = k \int_{P_D}^{P_C} dp + \frac{1}{X_0} \int_0^{T_{\Pi}} p dt, \quad (1)$$

де  $Q$  – об'ємна швидкість кровотоку;

$T_{\Pi}$  – період скорочення пульсової хвилі, що включає тривалість систоли  $T_C$  і діастоли  $T_D$ ;

$k$  – еластичність кровоносних судин;

$P_D$  – мінімальний діастолічний тиск;

$t$  – час;

$X_0$  – гідродинамічний опір периферійної частини системи кровообігу визначається

$$X_0 = \frac{8l\eta}{\pi R^4}, \quad (2)$$

де  $\eta$  – в'язкість крові;

$l$  – довжина досліджуваної ділянки кровоносної судини;

$R$  – середній радіус певної кровоносної судини.

Якщо припустити, що під час діастоли об'ємна швидкість притоку крові дорівнює нулю,  $Q = 0$  – відтік крові до периферії, то рівняння (1) можна записати у вигляді

$$0 = k \int_{P_C}^{P_D} dp + \frac{1}{X_0} \int_0^{T_C} p dt, \quad (3)$$

де  $P_C$  – максимальний систолічний тиск.

З (3) гідродинамічний опір може бути представлений у вигляді

$$X_0 = \frac{\int_0^{T_C} p dt}{k \int_{P_D}^{P_C} dp}, \quad (4)$$

Враховуючи вирази (2) і (4), в'язкість крові може бути представлена у вигляді

$$\eta = \frac{\pi R^4 \int_{T_C}^{T_{II}} p dt}{8 l k (P_C - P_D)} \quad (5)$$

Отриманий вираз показує зв'язок в'язкості крові з формою пульсової хвилі під час діастоли, тобто на ділянці спаду пульсової хвилі. Для моделі гармонічної пульсової хвилі інтеграл від залежної від часу частини в рівнянні (5) у заданих межах дорівнює нулю. Інтеграл від не залежної від часу частини  $p$  є лінійною функцією різниці меж інтегрування  $T_{II} - T_C$ , тобто тривалості спаду пульсової хвилі.

Дана формула дозволяє визначити в'язкість крові лише за пульсовою хвилею. В даний час проводиться експериментальна частина роботи. Для цього було залучено лікарню міста Коростень, яка погодилась надати відповідну медичну техніку для отримання даних.

Також була розроблена програма, яка дозволяє, отримавши зареєстровану пульсову хвилю, виділяти її основні параметри та за ними розраховувати показник гематокриту та в'язкості крові.

Отже, в подальшому, провівши експериментальні дослідження реєстрації пульсової хвилі та в'язкості крові у реальних осіб, існує можливість доведення залежності реологічних показників від параметрів пульсових сигналів.

УДК 778.534.1

*Прядко О. М., доц., к.т.н.,  
Нестеренко Т. О., магістр,  
Гребінь О. П.  
Вержбицький Б. В., доц.  
НТУУ «КПІ»  
КНУТКіТ, м. Київ*

## **МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМУ БІНОКУЛЯРНОГО ЗОРУ ПРИ СТВОРЕННІ СТЕРЕОПАРНОГО ЗОБРАЖЕННЯ**

При створенні технічних засобів фіксації та представлення візуальної інформації необхідно забезпечити найбільше наближення глядача, оператора або науково-технічного фахівця до природних, тривимірних умов сприйняття зорових образів. Зоровий апарат людини в природних умовах отримує безпосередню інформацію про об'ємно-просторову картину навколишнього світу, про всю різноманітність предметів, розмаїття їх форм, кольорів і про особливості їх взаємної орієнтації. Але візуальне сприйняття людиною реальних тривимірних об'єктів відрізняється від сприйняття цих же об'єктів, репродукованих на площині. Просторовий, тривимірний об'єкт, представлений на площині, хоч і дозволяє людині розрізнити форму і відносну віддаленість зображених на ній предметів, але таке його сприйняття виникає в результаті розумових зусиль. За своєю інформаційною ємністю образи, сформовані стереоскопічними пристроями і потім відтворені в мозку людини, в загальному випадку не витримують конкуренції з реальними зображеннями. Цим пояснюється зростаюча потреба в стереоскопічних системах зйомки, обробки і візуалізації інформації.

В основі стереоскопічних систем формування зображень лежить система бінокулярного зору людини. Багато факторів сприяє об'ємному сприйняттю людиною зображення: перспектива, відносний рух різних частин сцени, відносне положення об'єктів, освітлення, колір, атмосферний серпанок та ін. В бінокулярному тривимірному зображенні відчуття об'ємності створюється за допомогою подання глядачеві двох незалежних зображень однієї сцени, знятих з двох позицій. Найважливішою особливістю бінокулярного зору є те, що при розгляданні предметів одночасно двома очима, видимі правим і лівим оком два зображення, зливаються в одне просторове зображення.

В основі бінокулярного зору лежать механізми діспаратності (різниця в зображенні на сітківках очей), конвергенція та акомодация. Але оптична система очей також дозволяє бачити різкими предмети на різній відстані без регулювання акомодации, формуючи деяку глибину

різко зображуваного простору. Крім того, флуктуації акомодатції (постійні її зміни з частотами  $0,2 \dots 2$  Гц) забезпечують чітке бачення при розгляданні стереоскопічного екранного зображення. Тому побоювання відносно того, що при демонстрації стереофільмів порушуються природні співвідношення між акомодатцією та конвергенцією не мають фізіологічного підґрунтя [1, 2].

В результаті конвергенції геометричні проєкції лівого і правого образів на сітківках очей будуть не ідентичні, і це розходження тим більше, чим ближче буде об'єкт спостереження. Таку ж відмінність в геометрії лівого і правого кадрів зображень отримаємо при стереозйомках на конвергованих осях, коли дві камери, імітуючи бінокулярний зір, будуть спрямовані на певну точку в композиції об'єкта зйомки. Але якщо при бінокулярному розгляданні наш мозок коригує цю геометричну відмінність, то в зображеннях лівого і правого кадру, отриманих при стереозйомках, механізм такого виправлення просто відсутній. Тому стереозйомку необхідно виконувати при паралельних осях зйомочних камер.

Щоб на кіноекрані не виник ефект мініатюризації об'єкта зйомки, базис зйомки відносно базису очей повинен бути меншим.

Стереопара отриманих зображень не повинна мати вертикального паралаксу – тобто головні оптичні осі лівого і правого зйомочних об'єктивів повинні лежати в одній горизонтальній площині.

Зйомка може виконуватись, як в пропорційних просторових співвідношеннях, так і з гіпертрофією – для посилення стереоскопічності зображення за рахунок збільшення значень паралаксів.

Після зйомки, в період поствиробництва, слід проводити форматування стереопар, зміщуючи по горизонталі зображення щодо центру кадру, щоб прийти до тієї площини нульових паралаксів, яку визначили при зйомці.

Отже, при стереозйомках потрібно не просто імітувати механізм бінокулярного зору, а правильно формувати стереопарне зображення, що дозволить глядачам комфортно сприймати його у залі.

1. Рожкова Г.И., Панова И.Г., Рожков С.Н. Фузионные способности человека и возможности расширения диапазона параллакс в стереофильмах без нагрузки на зрительную систему // Мир техники кино. 2009. №12. С.11-15.
2. Shaeffel F., Wilhelm H., Zrenner E. Inter-individual variability in the dynamics of natural accommodation in humans: relation to age and refractive errors // Journal of Physiology. 1993. Vol. 461. P.301-320.

*Роговська К. О. студентка 5-го курсу, гр. КНТ120м, факультету комп'ютерних наук і технологій.*

*Науковий керівник - проф. Дубровін В.І.,  
Запорізький національний технічний університет*

## **АУДИОВІЗУАЛЬНА СТИМУЛЯЦІЯ ГОЛОВНОГО МОЗКУ**

Не викликає сумніву необхідність розробки методів терапії, не пов'язаних з фармакологічними впливами і заснованих на мобілізації природних резервів організму. Необхідні такі методики, які, будучи природними подразниками для організму, володіли б широким спектром дії на обмін речовин, регуляторні системи, механізми адаптації та компенсації. Одним з таких методів, на думку багатьох фахівців, є метод біоакустичні корекції (БАК).

В основі методу БАК використовується концепція мимовільної саморегуляції, сутність якої полягає не в компенсації, а в активації природних процесів регулювання фізіологічних функцій, що в результаті несприятливого поєднання чинників зовнішнього середовища і індивідуально-особистісних особливостей були пригнічені. [1]

У методиці БАК функціонального стану нервової системи на основі комп'ютерного перетворення здійснюється відображення параметрів біоелектричної активності головного мозку в параметри звукових стимулів. Особливість даного перетворення полягає в тому, що сигнал електроенцефалограми (ЕЕГ) подається у вигляді комплексного звукового образу, в якому зберігаються відношення основних параметрів фізіологічно значимого діапазону частот біоелектричної активності головного мозку. [2,3]

Людський мозок має власні резонуючі частоти. Норма, коли очі закриті - і візуальна зона кори головного мозку, що знаходиться в задній частині мозку, (потилична область) виробляє альфа ритм. Кількість вироблених альфа ритмів індивідуально.

В основі будь-якого методу впливу на кору головного мозку лежить принцип зворотного зв'язку, тобто відгуку нейронів на резонуючі частоти імпульсів, за рахунок чого і досягається налаштування мозкових хвиль, що не вимагає від пацієнта жодних зусиль.

Варто зазначити, що методика БАК успішно використовується для лікування таких захворювань, як: порушення функціонування центральної нервової системи, органічні uszkodження головного мозку, епілепсія, стреси. Також досягнуто певних успіхів в полегшенні симптомів хвороби Альцгеймера та психологічної реабілітації. [4]

Поєднання БАК і візуальної стимуляції знайшло своє відбиття в

методі аудіовізуальної стимуляції головного мозку. Щоб світлова та звукова стимуляція принесла реальну користь, в першу чергу повинна бути досягнута синхронізація мозкових хвиль (СМВ). Правила функціонування свідомості застосовуються у формі директиви, тому вони стосуються нашої фізіології, анатомії і сприйняття навколишньої дійсності. [5]

**Перелік джерел:**

1. Константинов К. В. Восстановление межполушарной симметрии биоэлектрической активности мозга больных методом биоакустической коррекции [Текст]/ Константинов К. В., Сизов В. В., Мирошников Д. Б., Есимбаева В. Н., Габдрахманов С. Ю., Клименко В. М. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 129 (2) – СпБ, 2000. - С.139-141.

2. Константинов К. В. Саморегуляция функционального состояния центральной нервной системы человека методом биоакустической коррекции. [Текст]/ Константинов К. В., Сизов В. В., Мирошников Д. Б., Есимбаева В. Н., Габдрахманов С. Ю., Клименко В. М. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 110 (1) – СпБ, 1996.- С.139-141.

3. Konstantinov K.V. New principle of biofeedback organization in the method of bioacoustic correction of functional disorders of CNS[Text] - Biofeedback, 2000. - P.31-33.

4 Джунусова Г. С. Использование адаптивного биоуправления по ЭЭГ для коррекции функционального состояния неврологических больных. [Текст]/ Джунусова Г. С., Курмашев Р. А. // Физиология человека. 51 (2) - Москва, 2002. - С.18-22;

УДК 621.317.07.089

*Тамаровський О.А. завідувач лабораторії кафедри РТ, РЕА і Т  
Прокопчук М.В., спеціаліст, факультет ІКТ, зр.БМ-13  
Житомирський державний технологічний університет*

## РОЗРОБКА ГЕНЕРАТОРА ТЕСТОВИХ ЕЕГ СИГНАЛІВ

Важливе місце в дослідженні діяльності головного мозку здобуває вивчення його електричних потенціалів. Ще в 70-х роках дев'ятого століття відомий харківський фізіолог В.Я. Данилевський описав зміну електричних потенціалів задніх відділів кори головного мозку при слуховому роздратуванні, а передніх її відділів — при роздратуванні шкіри. Так, вперше електрофізіологічне дослідження одержали значення у виробленні представлень про локалізацію функцій.

Електроенцефалографія (ЕЕГ) базується на вимірюванні зміни електричного потенціалу між активними електродами. Існують два основних методи її реєстрації: біполярний і монополярний. При біполярному методі реєструється різниця потенціалів між двома активними електродами (обидва електроди розташовуються в електрично активних точках скальпа). При монополярному — реєструється різниця потенціалів між різними точками на поверхні голови стосовно якої-небудь індиферентної точки. Міжнародною федерацією товариств електроенцефалографії була прийнята система «10-20», що дозволяє точно вказувати розташування електродів.

Хоча остаточно питання про походження ЕЕГ не вирішено, вважається, що електричні процеси, які реєструються енцефалографом (який звичайно може мати від 8 до 16 каналів), пов'язані із синаптичною активністю нейронів. В ЕЕГ відображаються тільки низькочастотні електричні процеси тривалістю від 10 мс до 10 хв.

У залежності від частоти показників, що реєструються у ЕЕГ, виділяють такі основні ритми мозку: дельта-ритм (0,5- 4 Гц); тета-ритм (5-7 Гц); альфа-ритм (8-14 Гц) — основний ритм ЕЕГ, переважає в стані спокою; бета-ритм (15-35 Гц); гамма-ритм (вище 35 Гц).

Було розроблено прилад для генерування тестових сигналів електроенцефалографа. Даний прилад використовується для формування калібрувальних сигналів для первинної та періодичної перевірки електроенцефалографічних приладів вітчизняного, а також іноземного виробництва.

Основою пристрою є мікроконтролер MSP403F135. По послідовному інтерфейсу він взаємодіє з восьмирозрядним цифро-аналоговим перетворювачем. Клавіатура, індикатор і звуковий



сигналізатор безпосередньо керуються мікроконтролером. Сигнал з цифро-аналогового перетворювача подається на вихідні буфери, побудовані на операційних підсилювачах та захищенні від статичного струму безпосередньо TVS-діодами.

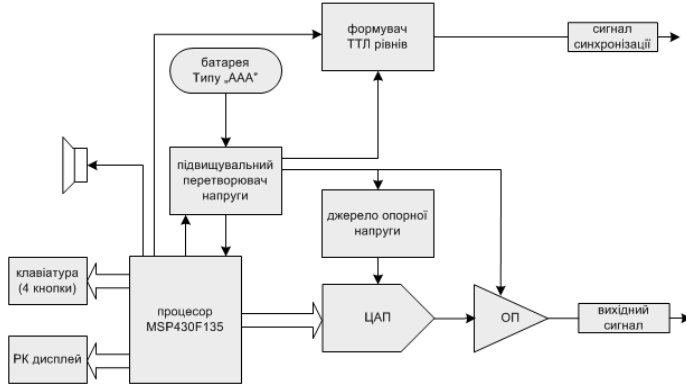


Рис. 1 – Структурна схема тестового генератора EEG сигналів

Режим роботи пристрою відображається на шестисимвольному рідкокристалічному дисплеї. На дисплеї представлена інформація про тип вибраного сигналу, значення частоти повторення, інформації про амплітуду, стан елемента живлення, а також спеціальні символи про відміну режиму авто вимикання. Керування здійснюється за допомогою чотирьох кнопок.

Живлення виконується від гальванічного елемента або акумулятора типу AAA. Підвищуючий інтегральний перетворювач бустерного типу із зовнішньою індукцією, забезпечує дві вихідні напруги 3,3В для живлення основної частини схеми і 6В для формування TTL рівнів сигналів синхронізації.

Даний прилад дозволить генерувати сигнали відповідної частоти та амплітуди для калібрування та повірки приладів.

УДК 671.089.2

*Яненко О. П., д.т.н., професор  
Кальнюк В. О., спеціаліст, радіотехнічний факультет, гр.РВ-31с  
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"*

## **ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОФУЛЬГУРАЦІЇ**

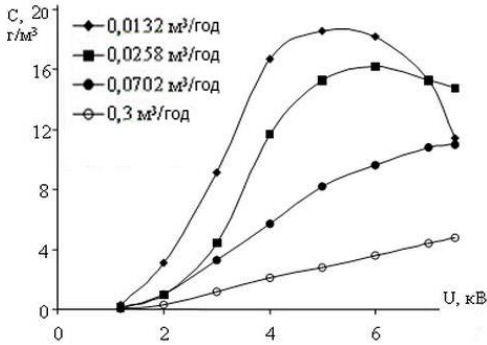
Високочастотна електрохірургія займає значне місце в медицині, оскільки дозволяє здійснювати розділення та з'єднання тканин шляхом електрозварювання. Електрофульгурація - одна із процедур, застосування високочастотної (ВЧ) електрохірургії. Використання високочастотних дистанційних іскрових розрядів дозволяє оплавити м'які тканини. Для реалізації такої процедури використовується прилад електрофульгуратор на основі іскрового ВЧ розряду.

При проходженні іскрового розряду високої напруги між монополярним електродом електрофульгуратора та тканиною людини, в області, що потребує лікування, виникають мікрохвилі та виділяється озон. Мікрохвилі, які виникають при цьому, здійснюють стимуляцію тканини з середини. Кровоносні судини розширюються, пришвидшується кровоток, активізуються обмінні процеси організму, що викликає озболожуючу та протизапальну дію.

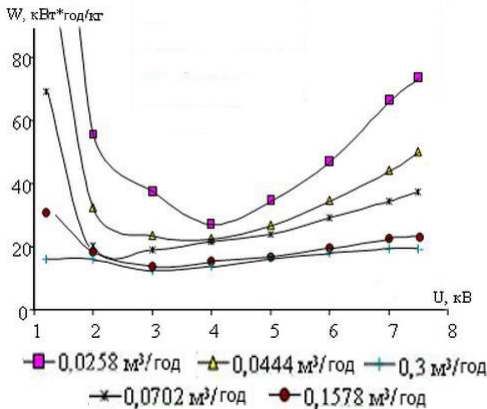
Озон сприяє швидшому загоєнню рани, асептичні умови втручання, безболісність. Механізм лікувальної дії озону залежить від його концентрації. Залежно від довжини іскрового розряду утворений озон може бути різної концентрації, а отже, по різному впливати на ділянку, що потребує лікування. Виділяють наступні концентрації озону, які можна використовувати в технологіях електрофульгурації:

- низька 101-400 мкг/л;
- середня 401-2000 мкг/л;
- висока 2001-10000 мкг/л;
- надвисока 10000-18000 мкг/л.

На рисунку 1 представлена залежність концентрації озону від прикладеної напруги та витрати повітря [1]. З графіка зрозуміло, що поява максимуму на кривій концентрації зумовлено зменшенням витрати повітря. Швидке зменшення концентрації озону зумовлено термічним та каталітичним розкладом, що також утворюються в іскровому розряді. За рахунок низьких витрат повітря, концентрація окисів азоту в розряді зростає, що тягне за собою зменшення концентрації озону при малих витратах повітря.



**Рис. 1.** Залежність концентрації озону від напруги для різних витрат повітря.



**Рис. 2.** Залежність питомих енергозатрат на синтез озону від напруги

Для визначення оптимальної напруги горіння іскрового розряду розглянемо залежність, зображену на рисунку 2. Для всіх витрат повітря ми маємо мінімум напруги в межах 3-4 кВ. Очевидно, що при нижчих напругах, параметри іскрового розряду не оптимальні для отримання озону, що зумовить швидке руйнування озону.

Отже, технологія електро-фульгурації має великий потенціал розвитку в сучасній медицині. Великою перевагою над схожими за застосуванням приладами, є безконтактна робота, за рахунок іскрового розряду, оптимальна напруга якого знаходиться в межах 3-4 кВ.

За таких умов отримуємо концентрацію озону в межах від 1 до 13 г/м<sup>3</sup>, залежно від витрат повітря. Цього достатньо для обробки враженої ділянки тканини.

*Перелік посилань:*

1. <http://www.krsu.edu.kg/vestnik/2003/v5/a04.html>

## СЕКЦІЯ 4. РАДІОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 681.2.08

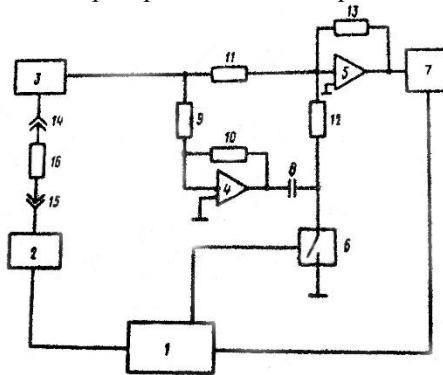
*Бараненко Р. В., к.т.н.  
Тверезовський В. С., к.т.н.  
Херсонський національний технічний університет*

### АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОРАДІОЕЛЕМЕНТІВ

В даний час одним з основних завдань при розробці вимірювальних систем є підвищення точності, швидкодії та збільшення діапазону вимірюваних величин.

На виробництві для автоматичного вимірювання параметрів електрорадіоелементів (ЕРЕ) рекомендується використовувати пристрій [1], що містить блок 1 керування, блок 2 завдання режиму, вимірювальний перетворювач 3, два операційних підсилювача 4 і 5, ключ 6, вимірювальний прилад 7, конденсатор 8, резистори 9-13, вимірювальні затиски 14 і 15 та випробуваний ЕРЕ 16.

Структурна схема пристрою наведена на рис. 1.



*Рис. 1. Структурна схема вимірювача [1]*

У початковому стані ЕРЕ 16 на вимірювальних затисках 14 і 15 відсутній, ключ 6 розімкнений, на входах і виходах операційних підсилювачів 4 і 5 сигнали відсутні.

З приходом ЕРЕ 16 на вимірювальні затиски 14 і 15 за командою від блоку 1 керування блок 2 завдання режиму виробляє електричний

сигнал (наприклад, напругу постійного струму), яким задається режим вимірювання ЕРЕ 16. Вимірювальний перетворювач 3 перетворить значення параметра ЕРЕ 16 до напруги постійного струму. Ця напруга спільно з випадковими сигналами (шумами, наведеннями) надходить через резистори 9 і 11 на входи операційних підсилювачів 4 і 5 відповідно. Параметри резисторів 9 і 10 конденсатора 8 обрані такої величини, щоб випадкова складова вихідного сигналу вимірювального перетворювача 3 передавалася до точки з'єднання резистора 12 і конденсатора 8 з коефіцієнтом передачі мінус одиниця. Тоді при однакових резисторах 11 і 12 на вході операційного підсилювача 5 змінна (випадкова) складова компенсується (віднімається) і на виході операційного підсилювача 5 буде тільки корисний сигнал, що несе інформацію. Цей сигнал надходить на вхід вимірювального приладу, де реєструється.

Так як на виході вимірювального перетворювача 3 сигнал, що пропорційний величині параметра ЕРЕ 16, є постійною напругою, то конденсатор 8 заряджається в постійній часу  $\tau = RC$ , де  $C$  – ємність конденсатора 8;

$$R = \frac{R_{11}R_{13}}{R_{11} + R_{13}} + R_{12};$$

$R_{11}, R_{12}, R_{13}$  – опір резисторів 11, 12 й 13 відповідно.

Цим обмежується швидкодія пристрою. Для усунення цього недоліку після подачі ЕРЕ 16 на вимірювальні контакти за командою від блоку 1 керування на короткий час замикається ключ б і конденсатор 8 швидко заряджається. Потім ключ б розмикається, й за командою, що надходить з блоку керування 1, проводиться вимірювання сигналу за допомогою вимірювального приладу 7.

Використання вимірювача параметрів ЕРЕ з великими точністю й швидкодією при наявності випадкових сигналів за рахунок наведень і шумів забезпечує розширення області застосування даного пристрою в порівнянні з відомими рішеннями.

*Література:*

1. Авторське свідоцтво СРСР №1018044, кл. G01R27/02, 1983. Уст-ройство для автоматического измерения параметров электрорадиоэлементов. Авторы: Голощапов С.С., Тверезовский В.С. Опубл.: 15.05.1983. Бюл. №18.

УДК 519.684.6

*Иценко М. Л., аспірант. кафедри РТ, РЕА і Т  
Бовсунівський О. В., спеціаліст 5 курс, гр. БМ-13  
Житомирський державний технологічний університет*

## **РОЗРОБКА ПОРТАТИВНОГО ЕЛЕКТРОКАРДИОГРАФА З МОЖЛИВІСТЮ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО МОБІЛЬНИХ (ПОРТАТИВНИХ) ПРИСТРОЇВ**

Проблема поширення серцево-судинних захворювань є однією з найбільш актуальних і значущих в сучасному світі. Хвороби серця - основна причина інвалідності та передчасної смертності жителів економічно розвинених країн. Частка смертності внаслідок ускладнень кардіологічних захворювань складає більше 50%. Число хворих з серцево-судинними захворюваннями збільшується щороку і така тенденція зберігається протягом десятиліть. Серцево-судинні захворювання називають хворобами століття, які останнім часом значно «помолодшали». Інфарктів і інсультів, які раніше вважалися захворюваннями літніх, сьогодні схильні молоді і сильні люди. Проблема діагностики серцево-судинних захворювань і патології серця на ранніх стадіях виникнення стає найважливішою проблемою охорони здоров'я.

Переломним фактором до зміни ситуації може бути збільшення можливостей ранньої діагностики, в тому числі за допомогою новітніх технічних і програмних засобів з підвищеною роздільною здатністю.

Найпоширенішим і доступним методом діагностики серцево-судинної системи є електрокардіографія, заснована на принципі вимірювання потенціалів з поверхні тіла людини за допомогою медичних електрокардіографічних електродів. Таке широке поширення в клінічній практиці електрокардіографія отримала за рахунок високої інформативності і хорошою сприйнятливості одержуваних результатів у поєднанні з мінімально можливим впливом на організм людини.

В останні десятиліття розвиток електрокардіографії проходить особливо інтенсивно. В даний час багато підприємств займаються розробкою нової та удосконаленням старіших моделей техніки з діагностики електричної активності серця. Ринок електрокардіографічної апаратури переповнений однотипними приладами, технічні характеристики яких обмежені вимогами чинних стандартів. Це обумовлює природне "методичне насичення" ЕКГ - методу, тобто досягнення гранично можливих, не покращує далі показників діагностичної цінності ЕКГ. Сьогодні рівень розвитку сучасної медичної науки дозволяє ідентифікувати різноманітні порушення в роботі серцево-судинної системи лю-

дини в момент їх появи та існування. Проте до цих пір залишається відкритим питання про визначення ступеня ризику виникнення різних захворювань і їх раннього прогнозування. Ця проблема вимагає створення апаратних і програмних засобів з підвищеною роздільною здатністю з метою виявлення ранніх зрушень у функціонуванні серця людини за результатами вимірювання ЕКГ - сигналу.

Розглядається простий кардіограф, що уміщається в кишені і забезпечує реєстрацію електрокардіограми (частоти пульсу), температури і положення тіла людини. Ці параметри запам'ятовуються на карті пам'яті SD або відображаються в режимі реального часу на портативних пристроях ( смартфонах, планшетах, нетбуках та іншому) де є відповідне програмне забезпечення. Для більш детальної діагностики можуть бути переписані на персональний комп'ютер (ПК) і за допомогою спеціальної програми відображені у вигляді графіків (прив'язаних до часу і датою зйомки).

Пристрій розробляється для вивчення поведінки ССС людини у сні, але може бути також корисно спортсменам і медикам в режимі реального часу, так як цей прилад може буди безпосередньо підключений до ПК. Крім вище сказаного пристрій може реєструвати температуру тіла та його положення, для цього потрібен додатковий датчик для температури та акселерометр. Це забезпечить нас більшою інформацією про те в якому положенні та при якій температурі був зареєстрований та чи інша кардіограма.

Для роботи з пристроєм розроблена спеціальна програма для ПК, яка дозволяє візуалізувати кардіограму і показання датчиків під час запису, зчитувати з SD-карти список файлів і копіювати потрібні на комп'ютер, зберігати кардіосигнал в стандартному форматі, обробляти записи з метою виділення R-зубців та розрахунку частоти пульсу, візуалізувати і зберігати в уніфікованому форматі отримані тимчасові залежності.

Після ініціалізації SD-карти через 1-2 секунди від включення на виході повинен з'явитися сигнал передачі потоку даних в ПК. Якщо з'єднати ПК з пристроєм і вибрати в програмі правильний COM-порт, на екрані повинні відображатися стан запису, номер сектора, показники датчиків і графік оцифрованого кардіосигналу. Успіх виконання цих операцій свідчить про коректну зв'язку пристрою з ПК. Натисканням кнопки «Ініціалізація» перевіряється, чи правильно пристрій пізнає SD-карту. Поки електроди нікуди не підключені, справний підсилювач кардіосигналу повинен «ловити», а комп'ютер відображати сигнал перешкоди 50 Гц від мережі. При замиканні між собою електродів, амплітуда перешкоди повинна різко зменшуватися.

Пристрій може працювати без SD-карти або датчиків температури та положення тіла (акселерометр) з відповідним зниженням функціональності. Це дозволяє виробникам спрощувати пристрій на свій розсуд без необхідності зміни програмного забезпечення на пристрої та комп'ютері. Наприклад, якщо треба тільки спостерігати біоструми в реальному часі, а запис на SD-карту не потрібно, то карту (як і додаткові датчики) можна не встановлювати. Таке спрощення значно зменшує затрати на пристрій в цілому, та дає можливість придбати його більшому колу споживачів без великих на те грошових затрат.

Виходячи з вище згаданого, можна зробити висновок, що даний прилад є досить актуальним на сьогоднішній день, так як велика кількість захворювань серцево-судинної системи (ССС), неможливо виявити одразу, в медичній діагностиці використовують подібні пристрої і системи, але вони є досить громіздкими та не являються портативними, так як їх потрібно носити на собі безпосередньо в самій лікарні. Тому даний пристрій буде користуватися більш широким загалом користувачів, яким потрібна такого виду діагностика.



УДК 519.684.6

*Ищенко М. Л., аспірант. кафедри РТ, РЕА і Т  
Левчук М. І., спеціаліст, факультет ІКТ, гр.БМ-13с  
Житомирський державний технологічний університет*

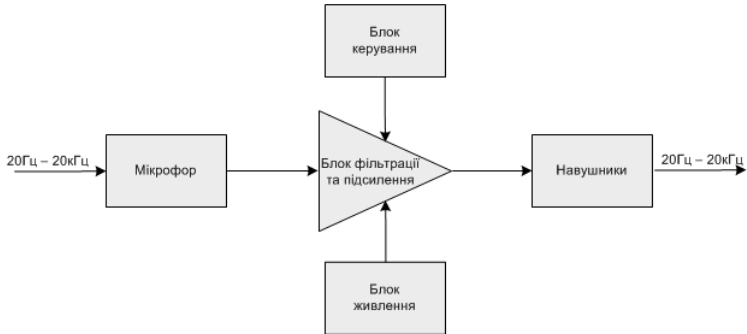
## **РОЗРОБКА СЛУХОВОГО АПАРАТУ ДЛЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВ**

Станом на 1 січня 2014 року в Україні налічується близько 1 млн дорослих з порушенням слуху, які потребують слухопротезування. Належним чином підібрані слухові апарати можуть покращити спілкування, щонайменше для 90% людей з порушеннями слуху. Гострі та хронічні захворювання вуха, вплив надто гучних звуків на виробництві та в побуті, та багато інших причин призводять до того, що близько 2% населення потребують корекції вад слуху за допомогою слухових апаратів. В більшості випадків медикаментозне лікування або хірургічне втручання не можуть допомогти людині повністю відновити слух. Не кожна людина може собі дозволити хірургічне втручання, оскільки воно є досить дорогим і небезпечним. Тому слухові апарати є самим оптимальним засобом для покращення рівня якості життя у людей з порушенням слуху.

Зараз різними підприємствами виготовляється велика кількість моделей і модифікацій слухових апаратів. Це різноманіття моделей характеризується доволі великим діапазоном електроакустичних та експлуатаційних параметрів, широкими можливостями їх регулювання для здійснення підгонки під індивідуальні особливості втрати слуху, а також налаштування в залежності від конкретної акустичної ситуації.

Було розроблено кишеньковий слуховий апарат для покращення слуху людям які працюють в екстремальних умовах (або займаються екстремальними видами спорту.) Цей апарат належить до 1-2 групи приглухуватості (для слабкої та середньої втрати слуху), так як ця категорія слухових апаратів є найбільш затребуваною серед населення України. Виробничі процеси часто супроводжуються значним шумом, вібрацією й струсами, значною запиленістю і вологістю робочих приміщень які негативно впливають на стан будь якої електронної техніка, і призводять до її поломки. Даний пристрій завдяки надійності і захисту слугує незамінною річчю, що допоможе висококваліфікованим спеціалістам і не замінним працівникам на підприємстві протягом довгого часу продовжувати працювати в екстремальних умовах. Тому розроблена мною модель слухового апарату складається з прямокутного корпусу який відповідає нашим вимогам захисту, що є стандартом, степінь захисту корпусу IP 65, що

захищає від проникнення піску, пилу, дощу. Корпус буде заповнений вібропиглиаючий сіліконом і встановлення демпферних гумових вкладок, що допоможуть поглинути вібрації. Всі з'єднання будуть герметичні завдяки використанню гермо ввідів. Завдяки тому, що наш корпус розміром 50x50x20мм можна буде встановити батарею яка буде тримати заряд до 7 днів без підзарядки і заміни.



*Рис. 1. Структурна схема кишенькового слухового апарата*

УДК 004.7

**Колумба І.В., аспірант,**  
Одеська національна академія харчових технологій  
Інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики

## БАГАТОАГЕНТНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОСЛУГАМИ В МЕРЕЖАХ NGN

Бурхливий розвиток телекомунікацій, перехід до мереж наступного покоління *NGN* потребують вирішення важливої задачі – створення гнучкої і надійної системи управління (СУ) послугами.

Для визначення ефективності функціонування СУ в теперішній час знайшли широке застосування методи імітаційного моделювання. Особливого значення ці методи набувають при проектуванні СУ, коли проєктований об'єкт настільки складний, що адекватно описати його поведінку аналітичними методами практично неможливо або важко.

У імітаційному моделюванні застосовуються методи системної динаміки, дискретно-подієвого і багатоагентного моделювання. Перші два підходи вважаються класичними і розглядають досліджувану систему на високому рівні абстракції як послідовність подій (процесів) [1].

Багатоагентний підхід є відносно новим напрямком імітаційного моделювання складних об'єктів, використовується в основному для дослідження децентралізованих систем і полягає в поданні компонентів системи, що моделюється, у вигляді окремих, відносно незалежних об'єктів – агентів. У такій моделі немає єдиної точки, що визначає поведінку системи в цілому, і це відрізняє даний підхід від двох попередніх.

Архітектура середовища взаємодії елементів СУ послугами мережі *NGN*, що заснована на багатоагентному підході, може бути представлена моделлю інформаційного простору Парінова [2]:

$$EIS = \langle A_i, K_i, G_{ij} \rangle,$$

де: *EIS* – інформаційний простір;

$A_i$  – *i*-ий агент простору;

$K_i$  – ментальна модель  $A_i$  агента про навколишнє середовище і самого себе;

$G_{ij}$  – характер інформаційної взаємодії  $A_i$  і  $A_j$  агентів;

$i, j = 1, \dots, N$ , де  $N$  – кількість агентів в просторі.

У даному підході середовище взаємодії елементів СУ послугами мережі *NGN* може бути представлено як сукупність агентів, що володіють індивідуальними властивостями, правилами поведінки,

пам'яттю, особливостями прийняття рішень, алгоритмом зміни правил поведінки у випадках неможливості виконання завдання, яке поступило на виконання [1]. В рамках цієї ідеології кожен програмний комутатор і сервер послуг повинен бути представлений як інтелектуальний агент. Причому сервер послуг буде виступати як агент більш високого рівня – агент-координатор або менеджер. Взаємодію програмних комутаторів і серверів послуг можна представити у вигляді моделі взаємодії агента і менеджера. В системі менеджер-агент може бути реалізований обмін "точка-точка", що означає – один менеджер пов'язаний з одним агентом. При цьому менеджери рівноправно пов'язані між собою. Така модель взаємозв'язку буде відповідати децентралізованій архітектурі СУ послугами. Крім того в системі менеджер-агент може бути реалізований обмін "точка-багато точок", що означає – один менеджер пов'язаний з багатьма агентами і, навпаки, один агент взаємодіє з кількома менеджерами, що відповідає змішаній архітектурі СУ.

Як правило, зв'язки між агентами і менеджерами в змішаній СУ носять упорядкований – ієрархічний – характер, який забезпечує гнучку побудову зв'язків між менеджерами і між менеджерами та агентами. Кожен менеджер нижнього рівня виконує також функції агента для менеджера верхнього рівня. Зазвичай для розробки моделі СУ проектування починають з верхнього рівня, на якому визначається склад інформації, необхідної від менеджерів-агентів більш низького рівня, тому такий підхід називають підходом «зверху вниз». Він скорочує обсяги інформації, що циркулює між рівнями системи, і відповідно, забезпечує більшу ефективність процесу проектування.

Можливості багатоагентного підходу – відсутність єдиної точки управління, розподіл ролей між агентами і можливість реалізації різних схем обміну між ними – виділяють даний підхід серед інших видів імітаційного моделювання і показують доцільність його застосування для проектування СУ послугами саме з децентралізованою і змішаною архітектурою.

*Література:*

1. Улыбин А.В. Мультиагентный подход в имитационном моделировании – Вестник ТГУ, т.15, вып.5, 2010. – с.1470-1471.
2. Паринов С.И. К теории сетевой экономики. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2002. – 168 с.

УДК 621.397

**Пилявский В.В., аспирант**

*Одесская национальная академия святы им. А.С. Попова  
ГП “Украинский научно-исследовательский институт радио теле-  
видения”*

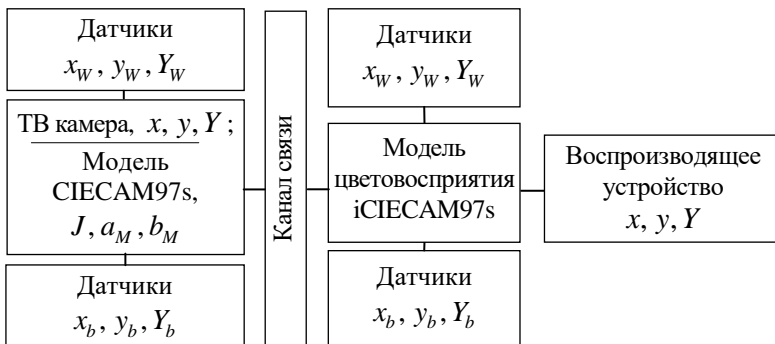
## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Современные системы телевидения способны передавать значительную часть диаграммы цветности [1]. Целью любой системы является передача от исходной сцены к зрителю безошибочно цветов вписанных в заявленный техническими требованиями к системе треугольник цветности.

Если принять, что сквозной тракт системы телевидения не вносит цветовых искажений или же эти искажения не заметны, то, существует участок тракта до опто-электронного и после электро-оптического преобразователей, где они имеют место быть, характер и величина искажений представлены в работе [2]. А также другие условия, которые не отображены в статье также могут влиять на качество цветовосприятия, например, разные условия съемки и просматривания (средние, тусклые, темные), яркость адаптации и др.

Предусмотреть все возможные варианты условий невозможно, требуется адаптивная система, которая изменяла бы параметры сигналов цветности в зависимости от окружающих условий.

Для этой цели предлагается использовать систему цветовосприятия СЕСАМ97s [3]. Структурная схема использования модели адаптации в телевизионных системах представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Структурная схема телевизионного тракта с использованием модели цветовосприятия

На структурной схеме  $x, y, Y$  – параметры цвета исследуемого образца (например, точка изображения),  $x_w, y_w, Y_w$  – координаты ранознергетического белого цвета,  $x_b, y_b, Y_b$  – параметры фона.

Для реализации адаптивной системы телевидения возможны несколько вариантов:

1 Координаты цвета  $x, y, Y$  с преобразователя камеры, а также параметры ранознергетического белого цвета  $x_w, y_w, Y_w$  и параметры фона  $x_b, y_b, Y_b$  с выхода датчиков, образуют на выходе модели СЕСАМ97s координаты цвета  $J, a_M, b_M$ . Полученные координаты цвета передаются на приемную сторону вместе с телевизионным сигналом, не нарушая тем самым первичный телевизионный сигнал. Приемная сторона имеет те же датчики параметров равноэнергетического белого цвета и параметров фона, данные с которых используются в обратной модели цветвосприятия. После преобразований с использованием обратной модели координаты цветности поступают на воспроизводящее устройство.

2 Не передавать адаптационные параметры передающей стороны, а адаптировать только относительно параметров фон и ранознергетического белого цвета приёмной стороны. Данное упрощение увеличит ошибку.

3 Использовать адаптацию только на передающей стороне не адаптируя к условиям приемной стороны, это упростит аппаратную реализацию приемника, но также увеличит ошибку.

Представленные варианты реализации требуют дальнейших оценок и исследований.

Это позволит учесть те случаи когда, например, съемка ведется при ярком дневном освещении, а просмотр при тусклом или темном. Или же когда координаты цветности источника освещения помещения отличаются от координат цветности источников освещения в студии.

#### *Литература:*

1. Гофайзен О. В. Область кольорів, передаваних системами цифрового телебачення / О. В. Гофайзен, В. В. Пилявський // Цифрові технології. – 2012. – №11. – С.47–70

2. Пилявский В. В. Оценка цветовоспроизведения в тракте системы телевидения высокой четкости по сигналам цветных полос / В. В. Пилявский // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – №3. – 2014. – С.26–33

3. Color Science “Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae” (second edition) / G. Wyszecki, W.S. Stiles // John Wiley & Sons. – 2000. – 950 p.

УДК 629.783

*Філатов В.В., студ., V курс, гр. РТ-15м  
Андрєєв О. В., к.т.н., доц.*

*Житомирський державний технологічний університет*

## **МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РУЙНУВАННЯ РАДІОЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ КОРИСНОЇ ІНФОРМАЦІЇ БЛА**

На сьогоднішній день найбільш поширеною практикою отримання інформації при веденні бойових дій є застосування безпілотних літальних апаратів (БЛА). Тактика застосування БЛА різноманітна і включає в себе не тільки політ на гранично малих висотах, в складках місцевості, зниження радіо-помітності, рівня інфрачервоного випромінювання і акустичного шуму, а й найвищу маневреність аж до «зависання» БЛА з подальшою зміною траєкторії польоту.

Боротьба з БЛА включає в себе комплекс завдань з їх виявлення та розпізнавання, прийняттю рішення по активному знищенню або порушенню функціонування БЛА шляхом руйнування лінії передачі команд керування, навігаційних систем та передачі корисної інформації. Траєкторії польоту БЛА можуть проходити на гранично малих висотах - 0,5 ... 2 м, в широкому діапазоні швидкостей - 0 ... 400 км/год, в ущелинах і ярах, в тіні від місцевих височин і за горизонтом, і тому їх виявлення РЛС військових зенітно-ракетних комплексів (ЗРК) здійснити в цих умовах неможливо. Тому більш прийнятним є рішення задачі щодо руйнування радіоліній керування, навігаційного забезпечення та передачі корисної інформації на наземні пункти приймання інформації.

Саме на рішення задачі руйнування радіолінії передачі корисної інформації на наземні пункти приймання інформації буде зосереджена основна увага.

Для систем зв'язку малих БЛА вирішальними факторами при виборі частотного діапазону є маса і габарити бортового приймача і антенно-фідерного пристрою. Доцільним є вибір діапазону надвисоких частот, при цьому вдається створити антену малих розмірів, здатну розміститися в профілі крила. Щільне компонування обладнання всередині малого БЛА не дозволяє ефективно використовувати приймачі великої потужності з укороченими антенами ультракороткого діапазону внаслідок проблем з електромагнітною сумісністю і великим впливом навколишніх об'єктів на характеристики антени. Тому одним з додаткових для передачі корисної інформації обрано частотний діапазон 2,4 ГГц.

Для забезпечення передачі знімків місцевості із різним просторовим розділенням необхідно використання радіоліній із різною швидкістю передачі інформації при забезпеченні необхідної якості передачі. Вирішальними факторами при цьому є смуга частот, що займається

радіосигналом і відношенням сигнал/перешкода, що забезпечується на виході приймального пристрою.

Відомо, що для цифрового зв'язку ймовірність помилки залежить від відношення енергії біта ( $E_b$ ) до спектральної щільності потужності шуму ( $N_0$ ) в приймальному пристрої, що визначається виразом:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{P_R}{P_{\text{ш}}} \left( \frac{W}{R} \right), \quad (1)$$

де  $P_R$  – потужність прийнятого сигналу,  $P_{\text{ш}}$  – потужність шуму,  $W$  – ширина смуги пропускання приймача,

$R$  – швидкість передачі біта в секунду.

Отже для руйнування інформації повністю або частково необхідно створити такі умови, при яких відношення сигнал/перешкода, що забезпечується на виході приймального пристрою. Ці параметри безпосередньо пов'язані із видом модуляції радіосигналу. Відомо, що для передачі інформації із визначеною якістю для різних видів модуляції вимагається різне співвідношення сигнал/перешкода.

Також, обов'язково необхідно забезпечити таку щільність потужності перешкоди  $N_{\text{п}}$ , щоб

$$\left( \frac{E_b}{N_0 + N_{\text{п}}} \right) < \left( \frac{E_b}{N_0} \right) \text{ потр}, \quad (2)$$

Чим більше буде ця нерівність, тим гірше буде якість передачі корисної інформації по каналу зв'язку. І взагалі, основним критерієм якості придушення радіолінії буде саме відношення  $\left( \frac{E_b}{N_0 + N_{\text{п}}} \right)$ .

Також будуть розглянуті можливі ситуації взаємного розташування БЛА та НКУ. БЛА може знаходитись в зоні видимості, або в зоні півтіні, або взагалі в зоні тіні (прийом в цій зоні може бути здійснений тільки завдяки дифракції сигналу на земній поверхні).

При вирішенні поставленої задачі можливі два варіанти роботи системи руйнування, а саме при виконанні умов прямої видимості між постановником перешкоди та НПУ, а також при її відсутності. Однак у будь-якому випадку напрямком приходу сигналу перешкоди практично не буде співпадати з напрямком максимального підсилення діаграми спрямованості антени НПУ. Отже у роботі запропоновані різні методики розрахунку відношення (2) для відповідних умов роботи. Необхідною умовою якісного придушення є також знання частоти, на якій відбувається передача інформації та ширини спектру корисного сигналу. Звісно, що ця інформація не завжди є у розпорядженні сторони, що намагається зруйнувати радіолінію. Тому пропонується методика оцінки ефективності придушення радіолінії при умові постановки прицільної та загороджувальної перешкоди.

У доповіді наводяться результати порівняльного аналізу ефективності руйнування каналу передачі корисної інформації, як для радіосигналів з різними видами модуляції, так і для різних режимів роботи системи руй-



нування. Розробляються рекомендації щодо більш якісного рішення задачі руйнування радіосигналу передачі корисної інформації БЛА.  
УДК 621.37:621.391

*Ципоренко В.В., к.т.н., доц.  
Дишлевий В.М., магістрант, факультет ІКТ, гр.ТТ-6м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРАЛЬНОГО КОРЕЛЯЦІЙНОГО МЕТОДУ РАДІОМОНІТОРИНГУ З ВЕЛИКОЮ БАЗОЮ В ДВОЕЛЕМЕНТНИХ КОМПЕНСАТОРАХ ЗАВАД**

В останні роки особливої актуальності набуває задача радіомоніторингу апріорі невідомих джерел шумоподібних радіовипромінювань, що використовуються в заводозахисних адаптивних системах передачі даних. Для умов складної електромагнітної обстановки (ЕМО) та радіомоніторингу малопотужних ДРВ перспективним є використання антенної решітки (АР), синтез та керування діаграми спрямованості якої здійснюється цифровими методами.

Умови, в яких передбачається радіомоніторинг визначаються на основі аналізу завод різних типів і використанням корисного сигналу у вигляді випадкового процесу. У зв'язку з цим перспективним напрямком реалізації радіомоніторингу в умовах складної ЕМО є розробка та використання цифрових методів та засобів кореляційно-інтерферометричного пеленгування, що мають високу заводостійкість.

Розв'язано задачі теоретичних досліджень, розроблено цифровий спектрально-кореляційний метод пеленгування з великою базою, проведено теоретичні дослідження його похибки пеленгування, розроблено програмну модель для проведення його експериментальні дослідження. Отримано аналітичні співвідношення середнього квадратичного відхилення (СКВ) оцінки пеленгу.

Запропоновано декілька варіантів алгоритму роботи спектрально-кореляційного пеленгатора з великою базою. Виділено три основні варіанти зсуву спектра для реалізації подвійного кореляційного аналізу з метою усунення неоднозначності оцінки пеленгу при застосуванні великої бази: зсув по на пів ширини спектра; зсув по крайнім точкам, зсув на один відлік

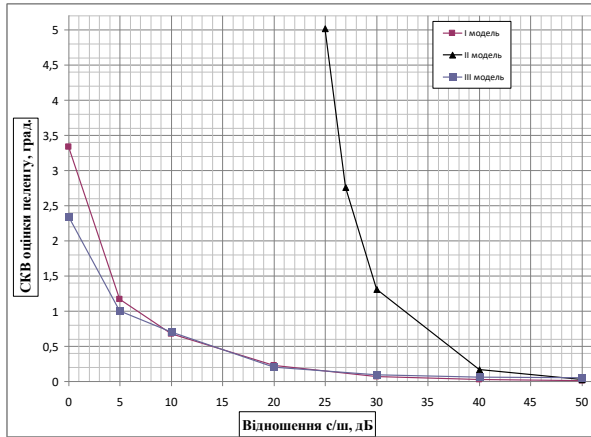
Розроблено універсальну програмну модель роботи цифрового спектрально-кореляційного пеленгатора з великою базою в середовищі Mathcad. В програмній моделі реалізовано три моделі зсуву: 1) на  $N_S / 2$  спектральних відліків з кількістю усереднених відліків  $N_S / 2$ ,

де  $N_S$  – кількість спектральних відліків сигналу, що аналізується, отриманих в межах ширини його спектра.

2) на 1 відлік з кількістю усереднених відліків  $N_S$  ;

3) на  $[N_S \div 3N_S / 4]$  спектральних відліків з кількістю усереднених відліків  $4N_S$  .

На основі цих моделей побудовано сімейство залежностей СКВ оцінки пеленгу від відношення сигнал/шум, рис. 1



**Рис. 1.**

На рис. 1 показано: I модель – для першого варіанту зсуву; II модель – для другого варіанту зсуву на 1 відлік; III модель – для третього варіанту зсуву. В результаті досліджень визначено, що мінімум СКВ оцінки пеленгу забезпечує використання при другій кореляційній обробці зсуву на  $[N_S \div 3N_S / 4]$  спектральних відліків, тобто максимально можливого в межах ширини спектра.

*Ципоренко В.Г., к.т.н., доцент  
Бондарчук М.В., магістрант., факультет ІКТ, V курс, гр. ТТ-6м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВИХ КІЛЬЦЕВИХ АНТЕННИХ РЕШТОК**

Розвиток сучасних систем телекомунікацій немислимий без підвищення швидкості передачі даних, необхідної для підключення до інтернету, обміну відеоповідомленнями і вирішення безлічі інших завдань, пов'язаних з передачею великих обсягів інформації. Постійне зростання числа абонентів вимагає підвищення перешкодозахищеності каналів, що, в свою чергу, неможливо без збільшення пропускної здатності мобільних систем зв'язку. Одним з перспективних способів вирішення цієї проблеми є застосування просторового розподілу каналів і просторової фільтрації за допомогою антенних систем з керованою діаграмою спрямованості, в яких динамічна зміна параметрів і характеристик антен змінюється адаптивно до впливів зовнішніх або внутрішніх факторів.

Для успішного прийому сигналу, який би задовольняв усім умовам його обробки потрібно налаштувати антену таким чином, щоб вона приймала тільки необхідний сигнал в просторі. Сигнал що приймається є плоскою хвилею. З цього випливає що площа поширення хвилі перпендикулярна напрямку. Умовно обраємо лінію, на яку буде прийнято сигнал. Для цього підходить діаметр кільця антени, який буде обертатися щоб бути перпендикулярним до напрямку поширення сигналу. Щоб правильно сформуванати діаграму спрямованості потрібно визначити напрям на джерело радіовипромінювання (ДРВ). Зробити це можливо двома варіантами: прямий метод формування ДС та модуляційний метод.

Прямий метод заключається в тому, що по чергово з деяким кроком відбувається обертання головної пелюстки ДС навколо центру антени, таким чином скануються всі напрямки навколо антени. Після цього відбувається аналіз даних і визначається напрям на ДРВ.

Маючи в якості початкових даних радіус антени  $R$ , кількість антен  $N$ , частоту сигналу  $f$  та напрямок спрямування ДС, можливо визначити сузи фаз для сигналів прийнятих кожною з антен.

Модуляційний метод формування діаграми спрямованості полягає в наступному. Сигнали в просторі поширюються прямолінійно по всьому фронту. Відповідно до цього в двох рознесених в просторі точках миттєве значення сигналу не буде однаковим, оскільки сигнал залежний від часу, а для подолання відстані між цими точками

потрібен деякий час.

Цей ефект можна застосувати для пеленгування сигналу. Обрано позицію в якій прийнятий промодульований сигнал має умовно нульову фазу – діаметральна лінія, що обертається навколо центру і перпендикулярна напрямку сигналу. Сигнал який ще не прийшов до діаметральної лінії матиме додатню фазу, а який вже пройшов її – від'ємну. В данному випадку антенна решітка буде представлятися як система, що виконує модуляцію вхідного сигналу по фазі.

Оцінено прийнятий сигнал після кутової модуляції. В результаті моделювання отримано сімейство залежностей фази від номеру антени при різних напрямках приходу сигналу. У всіх трьох випадках форма сигналу, частота та амплітуда не змінюються. Зміни зазнає тільки початкова фаза прийнятого сигналу. Тобто від зміни напрямку приходу сигналу змінюється тільки початкова фаза сигналу. Отже, щоб визначити напрям сигналу, потрібно лише визначити початкову фазу модулюючого сигналу.

Визначено, що модуляційний метод затрачає набагато менше часу, це пов'язано з тим що алгоритм потребує лише одноразового зняття даних з усіх антен, проти багаторазового формування ДС в прямому методі. На цьому завершується збір даних і йде їх обробка. Знаходиться спектр отриманих сигналів за допомогою ШПФ. Далі необхідно виділити спектральну складову корисного сигналу. Для цього накладемо отриманий спектр на еталонний – спектр корисного сигналу з нульовими фазами. За допомогою зворотнього ШПФ отримаємо наш сигнал, максимум якого вкаже на напрям ДРВ.

Проведено аналіз фазових спектрів можливих сигналів. Розроблено програмну модель в середовищі MathCad, де реалізовано модуляційний алгоритм роботи, яка дозволяє сформувати ДС тільки в напрямку приходу сигналу.

УДК 621.37:621.391

*Ципоренко В. Г., к.т.н., доц.  
Боруцька Д. М., магістрант, факультет ІКТ, гр.РТ-15м  
Житомирський державний технологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ МОНІТОРИНГУ ЗАВАД В АНТЕННИХ РЕШІТКАХ НА ОСНОВІ РЕКОНСТРУЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІТИЧНОГО СИГНАЛУ**

На сьогодні функціонування радіосистем передачі інформації здійснюється в умовах складної електромагнітної обстановки. Перспективним напрямком реалізації компенсації завад для вказаних умов є використання їх просторової селекції за допомогою адаптивних антенних решіток (АР), що формують нуль в діаграмі спрямованості в напрямку на завади. Для оцінки напрямків на завади разом з адаптивною АР в захищеній системі передачі інформації необхідно використовувати радіопеленгатор. Основною вимогою до сучасних засобів радіопеленгування є забезпечення їх високої завадостійкості та точності. Тому розробка та удосконалення кореляційних спектрально-просторових методів пеленгування, дослідження їх точності і завадостійкості є актуальною задачею.

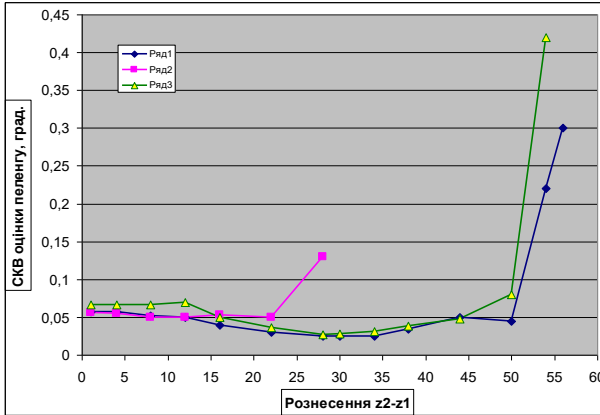
Виконано удосконалення кореляційного спектрально-просторового методу оцінки напрямку на джерело радіовипромінювання з використанням реконструювання комплексного аналітичного сигналу. Для реалізації просторової селекції з мінімальними часовими витратами використано  $Z$ -канальний паралельний просторово-вибірковий прийом за допомогою цифрового синтезу діаграми спрямованості (ДС).

Виконано моделювання та оптимізацію роботи пеленгатора завад з використанням антенної решітки на основі реконструювання комплексного аналітичного сигналу з використанням MathCad. Виграш за точністю порівняно з відомим методом склав 100%. Також проведено дослідження залежності точності пеленгування від відношення сигнал-шум, кутового напрямку приходу сигналу.

В результаті моделювання одержане сімейство залежностей середнього квадратичного відхилення (СКВ) оцінки пеленга від рознесення ( $z_2 - z_1$ ) вибраних елементів АР при  $c/\lambda = 0$ дБ, рис. 1.

На рис. 1 показано: ряд 1 – для умови симетричного відносно центра  $z_C = 32$  АР рознесення вибраних елементів АР, при заданому напрямку на ДРВ  $\theta = 60^\circ$ ; ряд 2 – для умови несиметричного

відносно центра  $z_c = 32$  АР рознесення вибраних елементів АР, елемент  $z_1 = 32$  – вибрано в центрі АР, а  $z_2$  зміщується з одиничним кроком до краю АР; ряд 3 – для умови симетричного рознесення, при заданому напрямку на ДРВ  $\theta = 45^\circ$ .



**Рис. 1.** Сімейство залежностей СКВ оцінки пеленга від рознесення ( $z_2 - z_1$ ) вибраних елементів АР при  $s/\lambda = 0\text{дБ}$

Аналіз рис. 1 показує, що для симетричного рознесення (ряд 1, ряд 3) СКВ оцінки пеленгу має монотонну залежність з одним мінімумом при значенні  $(z_2 - z_1) = 28$  незалежно від заданого напрямку на ДРВ. При несиметричному рознесенні (ряд 2) СКВ оцінки пеленгу при збільшенні рознесення ( $z_2 - z_1$ ) змінюється несуттєво і залишається в два рази більшим, ніж при симетричному, що підтверджує його меншу ефективність.

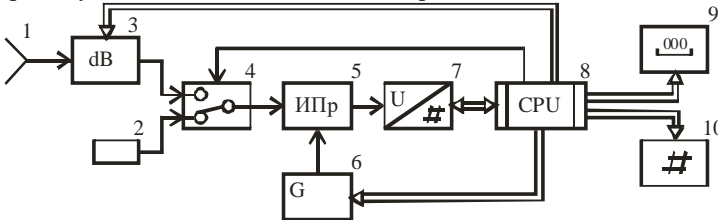
Аналітичні результати оптимізації і результати моделювання добре узгоджуються. Таким чином, мета досліджень досягнута.

удк 621.317.08

**Шевченко К. Л., к.т.н., доцент**  
**Яненко О. П., д.т.н., професор**  
 Національний технічний університет України „КПІ”  
**Куценко В. П., д.т.н., с.н.с.**  
 Донецький національний технічний університет

## ЦИФРОВИЙ ВИМІРЮВАЧ ПОТУЖНОСТІ СЛАБКИХ ШУМОВИХ СИГНАЛІВ

Одним з напрямків дослідження кількісних та якісних характеристик різних об'єктів методами пасивної радіометрії є вимірювання потужності сигналів. Важливе місце при цьому займає дослідження слабких переважно шумових радіовипромінювань у діапазоні надвисоких частот (НВЧ). Підвищення точності вимірювання потужності слабких радіовипромінювань забезпечує використання запропонованого авторами оригінального алгоритму обробки сигналів, який реалізується схемою, наведеною на рис. 1.



**Рис. 1.** Функціональна схема вимірювання потужності слабких радіовипромінювань

Вимірювання здійснюється за програмою у наступній послідовності. НВЧ випромінювання від досліджуваного об'єкта приймається антеною 1. Власне випромінювання у діапазоні НВЧ дуже слабке і має шумовий характер. Прийнятий сигнал і власні шуми антени між собою некорельовані, тому дисперсію вихідного сигналу антени  $\bar{U}_A^2$  можна представити у вигляді суми двох дисперсій – сигналу ( $\bar{U}_X^2$ ) та шумів антени 1 ( $\bar{U}_{ш1}^2$ ):  $\bar{U}_A^2 = \bar{U}_X^2 + \bar{U}_{ш1}^2$ .

Еквівалент антени 2 має опір і шуми, рівні опорі і шумам антени. Тому дисперсію вихідного сигналу еквівалента 2 виразимо через дисперсію сигналу антени:  $\bar{U}_9^2 = \bar{U}_{ш1}^2$ .

При зазначеному положенні НВЧ перемикача 4 сигнал від еквівалента антени надійде на вхід вибіркового приймача 5, частота

налаштування якого задається кодом частоти кодокерованого синтезатора 6.

Вихідна напруга вибіркового приймача 5 перетворюється в код  $N_1$  за допомогою АЦП 7 і вводиться в пам'ять мікроЕОМ 8

$$N_1 = \frac{S(1+\gamma)(\bar{U}_\varnothing^2 + \bar{U}_{ш2}^2) + \Delta U}{q}, \quad (1)$$

де  $q$  - одиниця молодшого розряду АЦП 7,  $S$ ,  $\gamma$ ,  $\Delta U$  - крутизна перетворення, відносна похибка перетворення та абсолютна похибка від зсуву нуля приймача 5,  $\bar{U}_{ш2}^2$  - дисперсія шумів приймача.

По команді мікроЕОМ НВЧ перемикач 4 переводиться у протилежне положення і підключається антена 1 до приймача 5

У мікроЕОМ 8 вводиться нове значення коду напруги

$$N_2 = \frac{S(1+\gamma)[(\bar{U}_x^2 + \bar{U}_{ш1}^2) + \bar{U}_{ш2}^2] + \Delta U}{q}. \quad (2)$$

Коди  $N_1$  і  $N_2$  порівнюються та формується різницевий код

$$\Delta N_1 = N_2 - N_1 = \frac{S(1+\gamma)[K\bar{U}_x^2 - (1-K)\bar{U}_{ш1}^2]}{q}.$$

При коефіцієнті передачі кодокерованого атенюатора 3  $K = 1/2$  різницевий код можна записати

$$\Delta N_2 = 0,5S(1+\gamma)(\bar{U}_x^2 - \bar{U}_\varnothing^2). \quad (3)$$

Як видно із співвідношення (3), різницевий код  $\Delta N_2$  не залежить від рівня шумів вибіркового приймача 5 і його адитивної похибки  $\Delta U$  але залежить від мультиплікативної похибки  $\gamma$ , яка достатньо велика.

Для підвищення точності вимірювання змінюють код управління атенюатора 3 у напрямку зменшення різницевого коду. При досягненні нульового значення різницевого коду ( $\Delta N_1 = 0$ ) одержимо значення

дисперсії потужності сигналу  $\bar{U}_x^2 = \frac{1-K_0}{K_0} \bar{U}_\varnothing^2$  через відомі

параметри еквівалента антени та кодокерованого атенюатора.



УДК 629.783

**Якубовський В.С., студ., V курс, гр. РТ-15м, ФІКТ  
Андреев О.В., к.т.н., доцент**

*Житомирський державний технічний університет*

## **РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ ДЖЕРЕЛА РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ З РУХОМОЇ ПЛАТФОРМИ**

На сьогоднішній день задача виявлення джерела радіовипромінювання (ДРВ) і визначення її координат на поверхні Землі з використанням космічних апаратів (КА) є актуальним завданням. При цьому у процесі руху КА на вхід приймача буде надходити сигнал  $u_i = U_i G(t) \cos[\omega_0(t - \tau_i) + \phi_0]$ . Тут  $U_i$  - максимальне значення одиначної точкової цілі радіосигналу;  $G(t)$  - нормована функція, що характеризує модуляцію зондуючого і відбитого від цілі сигналів при їх передачі та прийомі діаграмою спрямованості реальної антени;  $\tau_i$  - затримка радіосигналу.

Затримка радіосигналу пов'язана зі зміною відстані між КА і ціллю співвідношенням  $\tau_i = \frac{r_i(t)}{c}$ , де  $r_i(t)$  - поточна відстань між КА і ціллю;  $c$  - швидкість поширення радіохвиль. Зміна поточної відстані в часі  $r_i(t) = \sqrt{x^2(t) + y_i^2 + h_0^2}$ . Тут  $x(t) = v_n t$  - поточна координата КА по осі  $x$ ;  $v_n$  - шляхова швидкість КА;  $h_0$  - висота польоту.

Залежність точної відстані між КА та ДРВ можна подати наступним чином  $r_i(t) \approx r_0 + \frac{v_n^2 t^2}{2r_0}$ .

Тоді зміна напруги на вході приймача може бути подана наступним чином:

$$u_i = U_i \cos \left[ \omega_0 \left( t - \pi v_n^2 t^2 / (\lambda r_0) \right) + \psi_p \right], \quad (1)$$

де  $\psi_p = \phi_0 + 2\pi r_0 / \lambda$  - невідома початкова фаза радіосигналу.

Як видно з (1) у прийнятому радіосигналі має місце зміна у часі амплітуди сигналу, та поточної фази, за квадратичним законом і частоти сигналу за лінійним законом.

Таким чином аналізуючи закон зміни відповідних параметрів радіосигналу в межах часового інтервалу, що відповідає знаходженню ДРВ в межах реальної бортової антени можливо отримати інформацію про зміну відстані КА і ДРВ. Для вимірювання поточних параметрів радіо-

сигналу на вході приймача запропоновано використати метод одночасного вимірювання амплітуди, частоти та фази радіосигналу, сутність якого полягає у наступному. Аналоговий сигнал дискретизується у часі і подається трійкою цифрових  $S_1, S_2, S_3$ , сформованих в моменти часу  $t_1, t_2, t_3$  і використовуваних для обчислення частоти сигналу  $f$  за формулою  $f = \frac{1}{2\pi\tau} \frac{\arccos(S_1 + S_3)}{S_2}$ , де  $\tau$  - інтервал дискретизації;

при цьому фрагмент сигналу і відповідну йому трійку кодів вибирають так, щоб код  $S_2$  не дорівнював нулю, відрізняючись тим, що одночасно з вимірюванням частоти ті ж коди використовують для обчислення амплітуди  $U$ , фази  $\varphi$  і початкової фази сигналу  $\varphi_0$  відповідно

до виразів 
$$U = 2|S_2| \sqrt{\frac{(S_2^2 - S_1 S_3)}{[4S_2^2 - (S_1 + S_3)^2]}}$$
,  $\varphi = \arccos(S_2/U)$ ,  $\varphi_0 = \varphi - 2\pi f t_2$ , де фаза  $\varphi$  відповідає моменту часу  $t_2$ .

При цьому при зміні відстані між КА та ДРВ відповідним чином змінюється крутість функціональної залежності частоти синтезу від часу в межах точки, де частота сигналу дорівнює нулю. Отже встановивши закон зміни крутості та визначивши момент часу, що відповідає нулю частоти, можливо виміряти дальність між КА та ДРВ. Для визначення переходу частоти через нуль можна використати інформацію як про значення амплітуди сигналу, так і інформацію про безпосереднє вимірювання частоти. Крім того, визначивши значення частоти сигналу в різних ділянках при руху КА і про інтегрувавши закон зміни частоти на цих ділянках можливо отримати інформацію про різницю дальності в кінцевих точках ділянки траєкторії руху КА.

Аналізуючи зміну поточної фази сигналу на цих ділянках також можливо визначити відповідну їм різницю дальності.

Використовуючи інформацію про вимірювання різниці дальностей на двох ділянках руху КА можливо за допомогою виразів різницево-далекомірною методу визначення місцеположення отримати координати ДРВ на поверхні Землі.

Крім того у роботі пропонується підвищити точність побудови відповідних залежностей параметрів радіосигналу у часі з використанням оцінювання одиночних вимірів на інтервалі спостереження методом найменших квадратів. У доповіді аналізується можливість визначення місцеположення ДРВ з використанням запропонованої методики та проводиться аналіз впливу статистичної обробки вимірювань на точність визначення дальності до ДРВ.

## ЗМІСТ

## СЕКЦІЯ 1. Програмне забезпечення систем, математичне моделювання та алгоритми обробки даних

<b>Білинський Й.Й. Сухоцька І.В.</b>	Визначення геометричних параметрів малогабаритних об'єктів складної форми з субпіксельною точністю	3
<b>Білодід Н. М. Власенко О. В. Оринчак І. А.</b>	Особливості використання хмарного сховища Dropbox для обміну даними у розподіленій базі даних ІС:Підприємство	5
<b>Григорович А. Г. Григорович В. Г.</b>	Оцінювання якості сховища даних на основі ненормалізованих відношень	7
<b>Данильченко А. О. Кравченко С. М.</b>	Виявлення можливих конфліктів відносин слідства при вирішенні завдання про паросполучення зі зникаючими дугами	9
<b>Диденко Е. В. Лазурик В. Т. Самилык Е.Ф.</b>	Определение параметров дискретных стохастических потоков	11
<b>Ємець О. О. Барболіна Т. М.</b>	Моделювання однієї задачі розміщення прямокутників в умовах імовірнісної невизначеності	13
<b>Леонова М. В.</b>	Поліноміальне розв'язування задачі розкладу одного приладу	15
<b>Морозов А. В. Гришкун Є. О.</b>	Розробка гео-інформаційного веб-сервера	17
<b>Патлаєнко М. О.</b>	Підвищення швидкості генетичного алгоритму фрактального стиснення	19
<b>Подопригалова А. О. Лазурик В. В. Лазурик В. Т.</b>	Оценка методов обработки результатов тестирования	21
<b>Роров G. F. Salah Sawan Lazurik R. V.</b>	Dependences between parameters of various models of electron beams	23
<b>Ковальчук А.М.</b>	Актуальність та практичне застосуван-	25

<b>Пелихівський Л.О.</b>	ня SPA-додатків	
<b>Редько О.О. Єременко В.С.</b>	Етапи створення універсального алгоритму обробки вимірювальної інформації при побудові градууювальних характеристик	27
<b>Росінський Ю. М. Кравченко С. М.</b>	Комбінований алгоритм побудови кривих довільного виду	31
<b>Скачков В.О. Савчук Ю.В.</b>	Стохастичний варіант життя конвея	33
<b>Суйковська К. А. Ковальчук А. М.</b>	Використання моделі Nested Set для зберігання деревовидних структур в базі даних SQL	35
<b>Яремчук С. І. Крижанівський В. Б.</b>	Алгоритм пошуку глобального оптимуму в задачі розміщення джерел тепла	37
<b>Юхимчук М. С. Осіпенко Г.А.</b>	Моделювання нелінійних систем управління за допомогою методу описуючих функцій	39

## **СЕКЦІЯ 2. Автоматизація, мехатроніка та приладобудування**

<b>Безвесільна О. М. Агратіна Д. Г.</b>	Струнний гравіметр	41
<b>Безвесільна О. М. Войцицький М. А</b>	Обґрунтування доцільності розробки двоканального авіаційного гравіметра	43
<b>Безвесільна О. М. Горовенко А. О.</b>	Сучасні авіаційні струнні гравіметри	45
<b>Безвесільна О. М. Козько К. С.</b>	Двоканальний ємнісний гравіметр	47
<b>Безвесільна О. М. Місяць А. С.</b>	П'єзоелектричний двигун	49
<b>Безвесільна О. М. Просюк А. О.</b>	Автоматизована гравіметрична система для вимірювання аномалій прискорення сили тяжіння на базі мемс гравіметра	51
<b>Безвесільна О. М. Ткачук А. Г.</b>	Способи підвищення точності п'єзоелектричного гравіметра автоматизованої авіаційної гравіметричної	53

	системи	
<b>Безвесільна О. М. Ткачук А. Г. Чепук Л. О.</b>	Авіаційна гравіметрична система з використанням нейронної мережі	55
<b>Білинський Й. Й. Гладишевський М. В.</b>	Ультразвуковий метод вимірювання швидкості плинних середовищ	57
<b>Білинський Й. Й. Книш Б. П.</b>	Засіб вимірювального контролю кількісного вмісту скрапленого газу	59
<b>Богдановський М. В. Кирилович В. А. Самсонова Н.</b>	Формування моделі нечіткого регулятора для планування рухів робочих органів промислових роботів	61
<b>Богдановський М. В. Безвесільна О. М. Хомяк О. М.</b>	Контролер керування курсом безпілотного літального апарату з використанням нечіткої логіки	63
<b>Большой В. А. Кушнір Н. О. Локтікова Т. М.</b>	Застосування в навчальному процесі підготовки бакалаврів за напрямом «системна інженерія» пристроїв сучасного інформаційно-управляючого телемеханічного комплексу на базі мікроконтролерів	65
<b>Гніліцький В. В. Синюшко Т. М.</b>	Аналіз застосування завадостійкого кодування в комп'ютеризованих системах управління	67
<b>Квасников В. П. Шелуха А. О.</b>	Блок автоматического сопровождения объектов в сложных технических системах	69
<b>Коваль А. В.</b>	Платформні інерціальні навігаційні системи	71
<b>Кондратов В. Т. Корогод Г. О.</b>	Порівняльний аналіз похибок надлишкових і прямих методів вимірювань температури при лінійній функції перетворення вимірювального	73
<b>Лобанчикова Н. М. Малахов Д. Ю.</b>	Концептуальна модель спр служби мнс під час пожежогасіння	75
<b>Повідайко П. М. Іванюк В. А.</b>	Біометрична ідентифікація в системах контролю доступу на об'єкт	77
<b>Подчашинський Ю. О. Бедін І. В.</b>	Парктронік з можливістю підключення до бортового комп'ютера	79

<b>Подчашинський Ю. О. Очкур М. Ю.</b>	Дослідження нейромережвих методів фільтрації зображень з вимірювальною інформацією в комп'ютеризованих системах управління	81
<b>Подчашинський Ю. О. Седляківський В. В.</b>	Дослідження методів фрактального стиснення зображень з вимірювальною інформацією в комп'ютеризованих системах управління	83
<b>Репнікова Н. Б. Гребенюк М. Г.</b>	Синтез регулятора станів з динамічним зворотнім зв'язком за виходом для багатомірних об'єктів з форсуючими ланками	85
<b>Сазонов А. Ю. Галицький О. Л.</b>	Інтелектуалізація процесу керування мікрокліматом сільськогосподарських приміщень	87
<b>Сафоник А. П. Таргоній І. М.</b>	Автоматизація процесу знезалізнення технічної води	89
<b>Свістельник С. С. Льницький Т. П.</b>	Метод розрахунку параметрів регулятора для керування астатичним об'єктом третього порядку	91
<b>Свістельник С. С. Правденко Р. В.</b>	Автоматизована система керування процесом виготовлення пивного затору	93
<b>Ткачук А. Г.</b>	П'єзоелектричний датчик вологості з охолоджуваним дзеркалом	95
<b>Торопова О. А. Кирилович В. А.</b>	Характеристики напружено-деформованого стану райзера при корозійному зносі	97
<b>Фендьо О. М.</b>	Автоматизовані транспортно-завантажувальні пристрої та перспективи їх застосування	99
<b>Черепанська І. Ю. Статкевич Д. А.</b>	Автоматизація керування нормуванням часу обробки об'єктів виробництва на свердлувальних верстатах	101
<b>Шаповалова О. О. Карімбетова Н. П.</b>	Вимірювання параметрів руху елементів алмазної канатної установки	103

**Подчашинський Ю.О.**

<b>Шевчук О. В. Подчашинський Ю.О.</b>	Нейромережева сегментація та розпізнавання зображень з вимірювальною інформацією в комп'ютеризованих системах управління	105
<b>Шостачук Д. М. Захарова А. О.</b>	Спосіб орієнтації штучного супутника землі з прогнозними моделями збурень і магнітного моменту силових котушок	107

**СЕКЦІЯ 3. Біотехнічні та медичні апарати, системи та технології**

<b>Захарова М. М. Рашавченко А. В. Твердохліб Ю. В.</b>	Корекція роботи центральної нервової системи за допомогою біоакустичної терапії	109
<b>Коломієць Р. О. Мосійчук С. О.</b>	Дослідження можливості використання людини в якості джерела живлення для носимих пристроїв	111
<b>Манойлов В. П. Грек О.В.</b>	Аплікаторні мікрохвильові антени в радіотермометрії	103
<b>Манойлов В. П. Мосійчук А. В.</b>	Дослідження психо-фізіологічного стану людини з використанням методу кірліанографії	115
<b>Манойлов В. П. Тепляшина. К. М.</b>	Дослідження характеристик рупорного випромінювача в діатермії	117
<b>Нікітчук Т. М. Виниченко В. В.</b>	Дослідження можливості визначення реологічних властивостей крові за параметрами пульсової хвилі	119
<b>Прядко О. М. Нестеренко Т. О. Гребінь О. П. Вержицький Б. В.</b>	Моделювання механізму біокулярного зору при створенні стереопарного зображення	123
<b>Роговська К. О. Дубровін В.І.</b>	Аудіовізуальна стимуляція головного мозку	125
<b>Тамаровський О.А. Прокопчук М.В.</b>	Розробка генератора тестових ЕЕГ сигналів	127
<b>Яненко О. П.</b>	Особливості технології електрофуль-	129

Кальнюк В. О.                      гурації

## СЕКЦІЯ 4. Радіотехніка та телекомунікації

<b>Бараненко Р. В. Тверезовський В. С.</b>	Автоматизація вимірювання параметрів електрорадіоелементів	131
<b>Іщенко М. Л. Бовсуновський О. В.</b>	Розробка портативного електрокардіографа з можливістю підключення до мобільних (портативних) пристроїв	133
<b>Іщенко М. Л. Левчук М. І.</b>	Розробка слухового апарату для екстремальних умов	136
<b>Колумба І. В.</b>	Багатоагентний підхід до моделювання системи управління послугами в мережах NGN	138
<b>Пилявський В. В.</b>	Использование моделей цветовосприятия для построения систем цифрового телевидения	140
<b>Філатов В. В. Андрєєв О. В.</b>	Методика оцінки ефективності руйнування радіолінії передачі корисної інформації БЛА	142
<b>Ципоренко В. В. Дишлевий В. М.</b>	Дослідження спектрального кореляційного методу радіомоніторингу з великою базою в двоелементних компенсаторах завад	144
<b>Ципоренко В. Г. Бондарчук М. В.</b>	Дослідження моделей цифрових кільцевих антенних решіток	146
<b>Ципоренко В. Г. Боруцька Д. М.</b>	Дослідження методу моніторингу завад в антенних решітках на основі реконструювання комплексного аналітичного сигналу	148
<b>Шевченко К. Л. Яненко О. П. Куценко В. П.</b>	Цифровий вимірювач потужності слабких шумових сигналів	150
<b>Якубовський В. С. Андрєєв О. В.</b>	Розробка методу вимірювання дальності джерела радіовипромінювання з рухомої платформи	152



Наукове видання

# **Тези I Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення»**

Редактор:

А.В. Морозов

Макетування:

В.В. Кондратенко

Верстка:

А.В. Морозов

Підписано до друку 10.04.2015. Формат 60x84 1/16. Друк офс.  
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 9,1.  
Наклад 100 прим. Зам. № 6

Видавець та виготовлювач  
Житомирський державний технологічний університет  
вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005

Адреса редакції:  
Редакційно-видавничий відділ  
Житомирського державного технологічного університету  
вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005  
т. (0412) 41-85-41

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ЖТ № 8 від 26.03.2004 р.