



МІНІСТЕРСТВО  
ОСВІТИ І НАУКИ  
УКРАЇНИ



ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

## **Матеріали**

**V Всеукраїнської науково-практичної конференції**

**"ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА МЕТРОЛОГІЯ:  
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ, ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ"**

**20-22 жовтня 2022 р.**

## **Materials**

**V Ukrainian scientific conference**

**"Instrumentation and metrology:  
contemporary issues, trends"**

**October 20-22, 2022**



**м. Луцьк, 2022**

УДК 004, 006, 537, 538, 546, 620, 621, 681

**Наукове видання**

Рекомендовано до друку науково-технічною радою Луцького національного технічного університету, протокол №2 від 20.10.2022 р.

Загальною метою конференції є плідне спілкування науково-промислової спільноти в галузі проблем створення засад сучасного приладобудування, прецизійних технологій, інтелектуалізації виробництва та метрології.

Даний збірник є виданням, в якому публікуються основні результати наукових досліджень молодих вчених України, викладачів, аспірантів та студентів ВНЗ.

**Відповідальний за випуск:** Лапченко Ю.С., к.т.н., доц.

**Технічне коригування:** Кайдик О.Л., к.т.н., доц.

**Верстка:** Пташенчук В.В., к.т.н., доц.

Адреса оргкомітету конференції: 43018, Україна, м. Луцьк, вул. Потебні, 56, каб. 40

### **В авторській редакції**

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації.

## ЗМІСТ

	стор.
<b>БАНЗАК Г.В., БАНЗАК О.В., ЛЕЩЕНКО О.І., ЖЕРЕБЦОВА Л.М., ЄФІМЕНКО Н.А., ЄФІМЕНКО В.С.</b>	
РОЗРОБКА МОДЕЛІ БЕЗВІДМОВНОСТІ СКЛАДНОГО ТЕХНІЧНОГО ОБ'ЄКТА.....	8
<b>БІЛІЩУК В.Б., СТЕФАНІШИН І.І.</b>	
АНАЛІЗ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ЗАСОБІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ОСЕЙ КОЛІСНИХ ПАР.....	10
<b>БОГОМОЛОВ М.Ф., ТРОЦ А.А., СИМОНЮК В.П.</b>	
АВТОМАТИЧНИЙ ДОЗУЮЧИЙ ШПРИЦ-РУЧКА ДЛЯ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ЛІКУВАННІ ТА ПРОФІЛАКТИЦІ.....	11
<b>БУКРЕЄВА О.С.</b>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВСТАНОВЛЕННЯ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	12
<b>ГАБЕР А.А., ГРАБОВСЬКИЙ О.В., ГАБЕР В.С.</b>	
АНАЛІЗ МІЖНАРОДНИХ СИСТЕМ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЖИТТЯ.....	13
<b>ГАБЕР А.А., ГАБЕР В.С., МАЗУР Є.О.</b>	
АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	16
<b>ГРУШЕЦЬКИЙ Я.М., ВИТВИЦЬКА Л.А.</b>	
УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ТРИВИМІРНОГО ЗОБРАЖЕННЯ ПРИ РЕНТГЕНІВСЬКІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ ТОМОГРАФІЇ.....	20
<b>ДОБРОВОЛЬСЬКА С.В., ОЛЕНЄВ М.В., ХЛІВНИЙ М.О.</b>	
ВИМІРЮВАННЯ ПОСТІЙНИХ СТРУМІВ І НАПРУГ. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ.....	21
<b>ДЕНИСЮК В.Ю., ГУМЕНЮК Л.О.</b>	
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДИНАМІЧНОГО ФОТОАНАЛІЗУ ВІЗУАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ СТАРІННЯ ГУМОТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ.....	23
<b>ДЕНИСЮК В.Ю., КАЙДИК О.Л., МАРЧУК Н.А.</b>	
АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ АТОМНО-СИЛОВОГО МІКРОСКОПА ТА ПРОБЛЕМ КІЛЬКІСНОЇ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ДАНИХ.....	25
<b>ДЕНИСЮК В.Ю., КОНОНЧУК І.Ю.</b>	
АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ НАНОТЕСТУВАННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАНООБ'ЄКТІВ НАНОМОДИФІКОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	27

<b>ЄФІМЕНКО Н.А., ЄФІМЕНКО В.С., БАНЗАК О.В., БАНЗАК Г.В., ЛЕЩЕНКО О.І.</b>	
АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....	29
<b>ЄФІМЕНКО Н.А., ЄФІМЕНКО В.С., БАНЗАК О.В., БАНЗАК Г.В., ЛЕЩЕНКО О.І.</b>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	31
<b>ІВАНСЬКИЙ Д.І., ТКАЧУК В.М.</b>	
НОВІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАНОШОРСТКИХ ПОВЕРХОНЬ.....	33
<b>ІМБІРОВИЧ Н.Ю., ФЕДОСОВ С.А.</b>	
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕНЬ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ.....	35
<b>КАЙДИК О.Л., ТЕРЛЕЦЬКИЙ Т.В., МЕУС О.С., САДОВИЙ М.О., БАС Р.В.</b>	
ПРО ТЕХНОЛОГІЮ ТА МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗА ГЕОМЕТРІЄЮ КИСТІ РУКИ.....	37
<b>OLEN KAIDYK, TARAS TERLETSKYI, VITALII PTASHENCHUK, MYKOLA SADOVUY</b>	
ABOUT THE ASSIGNMENT OF THE VERIFICATION INTERVAL.....	39
<b>КЕПЕЩУК Т.В., КЕПЕЩУК Д.Т.</b>	
МЕТОДИКА КАЛІБРУВАННЯ ТРУБОПОРШНЕВИХ ПОВІРОЧНИХ УСТАНОВОК ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПАКТ-ПРУВЕРА З КОМПАРАТОРОМ.....	40
<b>КУДРЯШОВ В.О., ЛЕЩЕНКО О.І., ЛЮБИМОВ А.Я.</b>	
АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТЕКТОРНИХ БЛОКІВ СИСТЕМИ «СЦИНТИЛЯТОР - R-I-N ФОТОДІОД».....	42
<b>ЛАПЧЕНКО Ю.С.</b>	
ІНФОРМАЦІЙНІ КРИТЕРІЇ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ДІАГНОСТИЦІ ПАТОЛОГІЙ ОКА.....	44
<b>ЛИСА О.В., МІДИК А.-В.В.</b>	
ВІДДАЛЕНЕ АДМІНІСТРУВАННЯ РОБОТОЮ ГРУПИ ТЕПЛИЦЬ.....	46
<b>МОРОЗ С.А., ТКАЧУК А.А., ЛИШУК В.В.</b>	
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПІРОЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИЙМАЧІВ ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИБОРІВ ТЕХНОЛОГІЇ SMART CITY.....	47

**МАНОВУСН J.O., KRYNYTSKYI O.S.**

ANALYSIS METHODS OF MANUFACTURING FLEXIBLE PRINTED BOARDS... 49

**НАЗАРОВА О.С., ПУНДА М.С.**

НЕПРЯМІ ВИМІРЮВАННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ, ЩО ЗМІНЮЄТЬСЯ, НА ПРИКЛАДІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СТАНА ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ..... 50

**НАЙДИЧ Б.П., ЯВОРСЬКИЙ Р.С., ЦИМБАЛЮК Т.П., АТКІВСЬКИЙ О.М., МАТЕЇК Г.Д.**

МЕТОДИ ТЕОРЕТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ PbTe-SnTe..... 52

**ПІНДУС О.В., ЧЕХОВСЬКИЙ С.А., ПІНДУС Н. М.**

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ В ТЕХНІЦІ ТА МЕДИЦИНІ..... 54

**ПИРОЖЕНКО Є.В., СЕБКО В.В.**

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК СУМІСНИХ ВИМІРЮВАНЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ТЕМПЕРАТУРНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗРАЗКА ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОЇ РІДИНИ..... 55

**ПРИСТУПА А.Л., БЕЗРУЧКО В.М., ЗДОР В.С.**

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ КОРЕКЦІЇ РОЗРАХУНКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ..... 56

**ПРИСТУПА С.О., ЗАБЛОЦЬКИЙ В.Ю., ОКСЕНТЮК Б.В.**

ВИМІРЮВАЧ ЧАСТОТИ КВАРЦОВИХ РЕЗОНАТОРІВ..... 59

**ПТАШЕНЧУК В.В.**

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОЗМІННОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ..... 62

**РОМАН В.І., МАТІКО Ф.Д., КУЦАН А.М.**

КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СКЛАДОВИХ РІВНЯННЯ ВИТРАТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА..... 63

**САХНОВСЬКИЙ М.Ю., ДОМІНІКОВ М.М., СТРИНАДКО М.Т., ТИМОЧКО Б.М.**

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ПОЛЯРИЗОВАНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ІЗ ПЛОСКОЮ ДІЕЛЕКТРИЧНОЮ ПОВЕРХНЕЮ..... 64

**САХНОВСЬКИЙ М.Ю., ДОМІНІКОВ М.М., СТРИНАДКО М.Т., ТИМОЧКО Б.М.**

РАДІОЧАСТОТНИЙ АНАЛІЗ ОПТИЧНОГО СПЕКТРУ..... 65

**САЦИК В.О.**

МЕТОДИ ТА РІВНІ БАЛАНСУВАННЯ СЕРВЕРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В

ТЕХНОЛОГІЯХ IoT.....	67
<b>СЕРЕДЮК О.Є., ЮРЧИШИН Р.М.</b>	
ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ДЗВОНОВИХ ВИТРАТОВИМІРЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК.....	69
<b>СМОЛЯНКІН О.О.</b>	
ПРОГРАМУВАННЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ NODE- RED.....	70
<b>СОЛОДКА В.І., ТИМОШЕВСКИЙ О.В.</b>	
ВЛАСТИВОСТІ СПЕКТРАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У ЗАДАЧАХ ТРИВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	71
<b>СТАСЮК І.Д., МАСНЯК О.Я., ВІНЯРСЬКИЙ Б.І.</b>	
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ СУШІННЯ ЗЕРНА.....	73
<b>СТАСЮК І.Д., ДІЛАЙ І.В., БРИЛИНСЬКИЙ Р.Б., ШЕВЧУК В.В.</b>	
ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ МІКРОВИТРАТ ГАЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГОДИННИКОВИХ КАМЕНІВ.....	76
<b>СЕБКО К.В.</b>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ.....	78
<b>ТЕРЛЕЦЬКИЙ Т.В., КАЙДИК О.Л., САВИЧ М.В.</b>	
ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ЯК ПЕРЕДУМОВА ДО ОПАНУВАННЯ CAD/CAM СИСТЕМ.....	80
<b>TARAS TERLETSKYI, OLEN KAI DYK, YURI DERDIYK, OLEKSANDR MEUS</b>	
PREREQUISITES FOR DEVELOPING A HUMAN FACE IDENTIFICATION ALGORITHM IN CCTV.....	81
<b>ТЕРЛЕЦЬКИЙ Т.В., КАЙДИК О.Л., ФЕДОРУК Л.М.</b>	
ОСНОВНІ РИСИ СУЧАСНИХ САПР ЕЛЕКТРОНІКИ.....	83
<b>ЧАБАН В.Я, МАТІКО Ф.Д., КОСТИК І.В.</b>	
РОЗРОБЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НА ОСНОВІ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ КЕРУЮЧИХ ЗАСОБІВ.....	84
<b>ФЕДИНЕЦЬ В.О., СІЛЬНИК М.Я.</b>	
ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ СТАНЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ШЛЯХОМ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ.....	86

<b>ФЕДОСОВ С.А., ЗАМУРУЄВА О.В., ЗАХАРЧУК Д.А., САХНЮК В.Є.</b>	
ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ.....	88
<b>ФЕДИНЕЦЬ В.О., ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ І.С., БОДНАР А.В.</b>	
ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВІДНОВЛЕННЯ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ.....	90
<b>ФЕДІК Л.Ю., ГРУДЕЦЬКИЙ Р.Я., ТРОЯНЧУК Б.О.</b>	
ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ВЕРСТАТОМ ЧПК.....	91
<b>ШЕВЧУК В.Б., МАНУЛЯК Р.Т., СЕРЕДЮК Д.О., БАС О.А., СЕРЕДЮК О.Є.</b>	
ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДНЮ НА ПОХИБКУ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ.....	93
<b>ЩЕРБІНІН В.О.</b>	
БАГАТОФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ ТА МОНІТОРИНГ ДАНИХ РОБОТИ ВИРОБНИЧИХ МАШИН.....	95

## РОЗРОБКА МОДЕЛІ БЕЗВІДМОВНОСТІ СКЛАДНОГО ТЕХНІЧНОГО ОБ'ЄКТА

Банзак Г.В.<sup>1</sup>, Банзак О.В.<sup>1</sup>, Лещенко О.І.<sup>1</sup>, Жеребцова Л.М.<sup>1</sup>,  
Єфіменко Н.А.<sup>2</sup>, Єфіменко В.С.<sup>2</sup>

Державний університет інтелектуальних технологій та зв'язку (Одеса,  
Україна)<sup>1</sup>, Сумський державний університет (Суми, Україна)<sup>2</sup>

Складні технічні об'єкти в сучасному суспільстві мають виключно важливе значення. Мова йде в першу чергу про різні радіоелектронні комплекси військового та спеціального призначення, радіолокаційні станції, автоматизовані системи керування повітряним рухом, об'єктами енергетики тощо). Від рівня безвідмовності таких об'єктів залежить обороноздатність держави, економічна безпека, життя сотень і тисяч людей.

Під складними технічними об'єктами розуміються об'єкти, що складаються з великої кількості різнотипних елементів (десятки, сотні тисяч), кожен з яких може являти собою досить складний технічний пристрій. Елементи можуть бути радіоелектронними, механічними, електромеханічними, гідравлічними, і т. д. Різнотипність елементів призводить до того, що для різних елементів характерні принципово різні фізичні процеси (і, отже, швидкості) деградації, що призводять до їх відмов.

Конструктивну структуру об'єкта будемо формально представляти ієрархічно-списковою структурою. Кожен конструктивний елемент  $E_{ij...r}^u$  розглядається як список:

$$E_{ij...r}^u = \{E_{ij...r0}^{u+1}, E_{ij...r1}^{u+1}, \dots, E_{ij...rs}^{u+1}, \dots\}; s = 0, \overline{|E_{ij...r}^u|}; u = \overline{0, U}, \quad (1)$$

де  $E_{ij...rs}^{u+1}$  – елемент  $(u+1)$ -го рівня, що входить до складу елемента  $E_{ij...r}^u$ ;

$U$  – максимальний рівень вкладеності конструктивних елементів для даного об'єкта радіоелектронної техніки (РЕТ).

Об'єкт в цілому представляється списком елементів 1-го рівня:

$$E^0 = \{E_0^1, E_1^1, \dots, E_i^1, \dots\} \quad i = \overline{0, |E^0|}. \quad (2)$$

Елементи-ВНР видаються порожніми списками.

Сукупність усіх вкладених списків виду (1.1) являє собою математичну модель конструктивної структури об'єкта.

Надійна структура об'єкта може бути довільною послідовно-паралельною структурою. Це означає, що кожен конструктивний елемент  $E_{ij...k}^u$  може бути або елементом-ВНР, або представляти собою послідовне з'єднання вхідних у нього елементів, або бути резервованої групою елементів – групою елементів, з'єднаних в сенсі надійності паралельно. Елементами резервованої групи можуть бути тільки однотипні елементи. Резервування в групах може бути навантаженим (постійним) або ненавантаженим (заміщеним).

В моделі не враховується можливість множинних відмов, так як в рамках тих завдань, для яких розробляється дана модель, ймовірністю множинних відмов можна знехтувати.

З розглянутого ясно, що вихідною інформацією для моделі повинні бути функції ймовірності безвідмовної роботи ВНР  $P(t/e_m)$  ( $e_m$  – позначення довільного ВНР). Для всіх конструктивних елементів більш високих рівнів, включаючи і об'єкт в цілому, функції  $P(t/E_{ij..r}^u)$  повинні обчислюватися.

На практиці функції  $P(t/e_m)$  точно відомими бувають не часто. У кращому випадку, відомі перші два моменти і є певні припущення про класи законів розподілу, до якого можливо належить функція  $P(t/e_m)$ . Як правило, відома тільки оцінка першого моменту (математичного очікування напрацювання до відмови). В гіршому випадку – не відомі ні функція розподілу, ні її моменти. Тому на практиці доводиться приймати припущення про вид закону розподілу з урахуванням типу даного елемента та наявної інформації про фізичні закономірності виникнення відмов елементів цього типу. Оцінку середнього напрацювання до відмови елементів доводиться ставити по інформації про елементи-аналоги.

Модель, що розробляється призначається для розв'язання задач оцінки надійності старіючих об'єктів, тому нам необхідно використовувати закони розподілу напрацювання до відмови, що враховують деградаційні процеси у матеріалах різнотипних елементів. Відмови, що породжуються різними деградаційними процесами, прийнято називати поступовими. В даний час стало загальноприйнятим уявлення про те, що поступові відмови виникають внаслідок того, що значення деякого визначального параметра досягає гранично допустимого значення. Моделі відмов, засновані на концепції визначального параметра, прийнято називати ймовірнісно-фізичними (ВФ-моделями).

Найбільш універсальною моделлю поступових відмов є дифузійний немонотонний розподіл ( $DN$ -розподіл).

Висновки. Модель безвідмовності (МБ) дозволяє отримувати оцінки показників безвідмовності (ПБ) окремих конструктивних елементів і об'єкта в цілому за інформацією про ПБ елементів нижнього конструктивного рівня. В МБ представляється ієрархічна конструктивна структура об'єкта. Конструктивні елементи деякого  $u$ -го конструктивного рівня є послідовним (в сенсі надійності) з'єднанням вхідних у нього елементів  $(u+1)$ -го рівня.

Окремі конструктивні елементи можуть представляти собою резервовану групу (паралельне з'єднання) однотипних елементів. Таким чином, за допомогою МБ поєднується уявлення ієрархічної конструктивної структури з довільною послідовно-паралельною надійнісною структурою об'єкту, що є прийнятним поданням для більшості технічних об'єктів, що зустрічаються на практиці.

# АНАЛІЗ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ЗАСОБІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ОСЕЙ КОЛІСНИХ ПАР

Біліщук В.Б., Стефанишин І.І.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Найбільш широко для контролю металовиробів в промисловості і на транспорті застосовується акустичний неруйнівний контроль, зокрема ультразвуковий луна-імпульсний метод. Завдяки здатності ультразвукових хвиль до проникнення вглиб металевих об'єктів (деталей, конструкцій тощо) існує можливість виявляти поверхневі, підповерхневі та дефекти, що знаходяться глибоко в середині. Проведення контролю основних елементів рухомого складу залізниць та метрополітенів без повного розбирання вузлів являє собою унікальну особливість ультразвукового методу. Проте, на сьогодні все ще актуальною задачею є необхідність удосконалення систем ультразвукового контролю осей колісних пар, які б забезпечували високий рівень автоматизації процесу контролю, підвищення його швидкодії та високу інформативність.

Ультразвукова дефектоскопія застосовується для контролю: підматочинних частин осі при повному огляді у колісних пар для підшипників кочення, що не вимагають ремонту зі зміною елементів; шийок і передпідматочинних частин осей для роликів підшипників - при повному огляді колісних пар без зняття внутрішніх і лабіринтових кілець з циліндричними роликівими підшипниками на гарячій посадці і без зняття лабіринтових кілець з роликівими підшипниками на втулкової посадці; осей з метою перевірки «прозвучування» їх у знов сформованих колісних парах. Для ультразвукової дефектоскопії осей колісних пар використовують такі технологічні методи: наскрізний контроль поздовжніми ультразвуковими хвилями шляхом їх введення з торця осі за допомогою прямого ультразвукового шукача; контроль поздовжніми хвилями шляхом їх введення з нахилом з торця за допомогою шукача, який нахилено під малим кутом падіння; контроль поперечними хвилями шляхом їх введення з нахилом з циліндричної поверхні осі.

Найбільш широко на підприємствах використовують прилад УД2-70. Прилад був створений ТОВ «Ультракон-Сервіс» в 1999 році, коли на вітчизняному ринку стояла проблема дефіциту порівняно недорогих приладів такого класу. Іншою подібною системою контролю є ультразвуковий дефектоскоп УД4-Т «Томографік», який призначено для пошуку дефектів в зварних швах і виробках з металів. Існує автоматизована система ультразвукового контролю осей «САУЗК-1», яка успішно експлуатується на ряді підприємств. Установка забезпечує застосування всіх обов'язкових та додаткових методів УЗК до кожної контрольованої осі. На основі зробленого аналізу існуючих приладів та систем контролю осей колісних пар можна зробити наступні висновки: найбільш поширеними на підприємствах є ультразвуковий дефектоскоп УД2-70, існуючі автоматизовані ультразвукові системи контролю осей колісних пар, дають можливість автоматизувати процес контролю.

# АВТОМАТИЧНИЙ ДОЗУЮЧИЙ ШПРИЦ-РУЧКА ДЛЯ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ЛІКУВАННІ ТА ПРОФІЛАКТИЦІ

Богомолів М.Ф.<sup>1</sup>, Троць А.А.<sup>2</sup>, Симонюк В.П.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського»

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

<sup>3</sup>Луцький національний технічний університет

Існують різні конструкції шприців для ін'єкцій. Враховуючи їх позитивні технічні та експлуатаційні сторони варто відмітити і певні їхні недоліки пов'язані із складністю і високою вартістю реалізації конструкції цих пристроїв. У цих пристроїв можна відмітити неможливість використання стандартних змінних пенфілів з інсуліном, залежність від конкретного типу ємностей з лікарським засобом, низьку точність задачі одноразової дози ін'єкції. Крім того, в багатьох пристроях відсутні можливості виконання безболісних автоматизованих ін'єкцій, а також можливості гнучкого точного встановлення величини разової дози ін'єкції в більшому діапазоні шкали задачі.

Основою даної розробки було створення компактної і портативної шприц-ручки із можливістю виконання безболісних автоматизованих ін'єкцій та значно меншою вартістю і складністю конструкції, а також підвищення точності та збільшення діапазону встановлення величини разової дози ін'єкції. Конструкція даного пристрою передбачає орієнтацію на стандартні пенфіли з інсуліном, без прив'язки до картриджів та флаконів конкретно визначених виробників, що дозволяє зменшити вартість експлуатації пристрою.

Поставлене завдання досягається тим, що в шприц-ручці для ін'єкцій інсуліну, яка містить змінний пенфіл з інсуліном, дозатор виконаний із системи зубчастих коліс та оснащений стопорним механізмом з храповиком, а шкала доз має два діапазони.

Розроблена конструкція дозатора дозволяє суттєво підвищити точність задачі величини разової дози ін'єкції та зменшити величину мінімальної дози разової ін'єкції, що задається дозатором, за рахунок створення високоточного механізму подачі пенфіла на поршневий шток. Таке вирішення дозволяє задавати дозу разової ін'єкції за допомогою двох шкал: одиниць і десятків.

Наявність стопора-храповика на механізмі шкали одиниць, яка розміщена на поворотній рукоятці встановлення необхідної дози, дозволяє, окрім прямої функції стопору дозатора після задачі необхідної дози ін'єкції, створювати звуковий супровід повороту шкали.

Виконання механізму подачі з рухомим пенфілом і нерухомим поршневим штоком дозволяє суттєво спростити конструкцію та зменшити габарити шприц-ручки.

Дана розробка відноситься до біомедичної техніки, зокрема до шприців із автоматизованим способом введення медичного препарату. Замінивши голку на інший елемент, шприц можна використовувати також і в машинобудуванні, приладобудуванні, авіабудуванні тощо.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВСТАНОВЛЕННЯ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Букрєєва О.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Сьогодні формування нормативно-технічних вимог до складових елементів і виробів автомобільного транспорту відбувається в Україні під впливом зовнішніх факторів. У першу чергу, саме виконання умов Угоди про асоціацію з ЄС вимагає від України реформування національної системи технічного регулювання з метою інтеграції у європейський економічний простір, усунення технічних бар'єрів у торгівлі та для завершення перехідного періоду. Наслідком цього є запровадження в Україні технічних регламентів, як нормативно-правових актів, що містять обов'язкові для виконання вимоги, а також складання переліків національних стандартів, що надають презумпцію відповідності вимогам відповідного технічного регламенту.

Однак, у галузі автомобільної техніки в ЄС досі використовують певні директиви «Старого підходу», мотивуючи це міжнародними традиціями та/або угодами, які заборонено змінювати в односторонньому порядку. Підтвердженням цього є регламент ЄС № 661/2009 про вимоги до затвердження типу для забезпечення загальної безпеки автотранспортних засобів, їх причепів та систем, компонентів та окремих технічних пристроїв, призначених для цього, а також директива 2007/46/ЄС щодо встановлення рамок для затвердження автотранспортних засобів та їх причепів, а також систем, компонентів та окремих технічних підрозділів, які призначено для таких транспортних засобів.

В Україні законодавчою основою вимог до автомобільної техніки є закон «Про загальну безпечність нехарчової продукції», у якому йдеться, що продукція має становити мінімальний ризик за умов її використання за призначенням. Також, цей закон містить загальну вимогу безпечності продукції – виробники зобов'язані вводити в обіг лише безпечну продукцію, яка вважається такою, якщо відповідає вимогам щодо забезпечення безпечності продукції, встановленим законодавством. Крім того, закон України «Про автомобільний транспорт» встановлює, що конструкція та технічний стан транспортних засобів, а також їх частини мають відповідати єдиним вимогам.

Тобто, виходячи з розглянутих положень, якщо виробник прагне надавати на ринку свою продукцію, а на неї поширюються вимоги певного технічного регламенту або спеціального акту законодавства, що містить вимоги, застосування яких є обов'язковим, то він має виконати ці вимоги прямо або через посилання на вказані нормативні документи, або через застосування переліку стандартів, що надає презумпцію відповідності. Хоча виробник має право приймати інші рішення про способи задоволення таких вимог, однак застосування рекомендованих нормативних документів зазвичай є найзручнішим, оскільки надає можливість легкої та швидкої перевірки виконаних вимог.

Таким чином, у галузі автомобільного транспорту на виконання угоди про асоціацію з ЄС, а також відповідно до дії постанови «Про єдині вимоги до конструкції та технічного стану колісних транспортних засобів, що експлуатуються», в Україні впроваджено «Порядок затвердження конструкції транспортних засобів, їх частин та обладнання», який прирівняний до технічного регламенту та міститься у відповідному реєстрі. А нормативними документами, вимоги яких мають бути обов'язково виконані для постачання автомобілів на ринок, у даному випадку є правила ЄЕК ООН, або єдині технічні приписи для колісних транспортних засобів, предметів обладнання та частин, які можуть бути встановлені.

У деяких випадках розробник певного стандарту (національний орган стандартизації або авторитетна міжнародна організація) може скласти додатковий документ із рекомендаціями щодо керівних принципів впровадження його вимог. Зазвичай це виконують при поширенні принципово нових технологій або методів виконання дій, систем менеджменту в окремих галузях. До останнього випадку можна віднести ІАТФ 16949, розроблений Міжнародною робочою автомобільною групою, щодо системи менеджменту якості для виробництв автомобільної промисловості і організацій, які виготовляють відповідні сервісні частини.

Отже, запровадженням таких механізмів регулювання створюється єдина система технічного регулювання та подолання технічних бар'єрів у торгівлі у галузі автомобільного транспорту.

## **АНАЛІЗ МІЖНАРОДНИХ СИСТЕМ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЖИТТЯ**

**Габер А.А., Грабовський О.В., Габер В.С.**

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку

**Вступ.** Останнім часом одним із важливих напрямів модернізації українського суспільства є підвищення якості життя населення. Саме тому визначення ключових критеріїв якості життя та створення системи відповідних показників набуває пріоритетного значення.

**Постановка задачі.** Важливими завданнями є побудова системи оцінювання якості життя населення, розробка методичних підходів до вимірювання суспільного прогресу, детальне вивчення взаємного впливу усіх вимірів якості життя, усіх складових; визначення основних закономірностей проявів та зрушень у динаміці якості життя тощо.

**Мета роботи.** Проведення аналізу міжнародних систем оцінювання якості життя.

**Основна частина.** Якість життя є суб'єктивним і нематеріальним терміном, ніж рівень життя. Як таке, часто буває важко підрахувати кількісно. Фактори, що впливають на загальну якість життя, залежать від способу життя людей та їхніх особистих уподобань. Незалежно від цих факторів, цей захід відіграє важливу роль у фінансових рішеннях у житті

кожного. Серед факторів, які можуть вплинути на якість життя людини, можуть бути умови на роботі, охорона здоров'я, освіта та матеріальні умови життя.

Загальна декларація прав людини ООН, прийнята в 1948 році, містить різноманітний перелік факторів, які можна враховувати при оцінці якості життя. Він включає багато речей, які громадяни Сполучених Штатів та інших розвинутих країн сприймають як належне, але недоступні у значній кількості інших країн світу. Незважаючи на те, що цій декларації вже більше 70 років, багато в чому вона все ще є ідеалом, якого потрібно досягти, а не базовим станом справ. Фактори, які можна використовувати для вимірювання якості життя, включають наступне: свобода від рабства і тортур; рівний захист перед законом; свобода від дискримінації; свобода пересування; свобода проживання в межах рідної країни; презумпція невинуватості, якщо вину не доведено; право на шлюб; право на сім'ю; право на однакове ставлення незалежно від статі, раси, мови, релігії, політичних переконань, національності, соціально-економічного статусу тощо; право на приватність; свобода думки; свобода віросповідання; вільний вибір роботи; право на справедливу оплату праці; рівна оплата за однакову працю; право голосу; право на відпочинок і дозвілля; право на освіту, право на людську гідність.

При оцінці якості життя населення, як правило, використовують два підходи, мета і призначення яких різні. При першому підході оцінка якості життя проводиться для міжнародних порівнянь з різними країнами світу. При другому - оцінюється якість життя населення на рівні країни для прийняття урядом рішень щодо планування її соціально-економічного розвитку.

Наразі державними та приватними установами розроблено більше 150 композитних індикаторів добробуту для оцінки ефективності діяльності урядів різних країн в економічній, соціальній та екологічній сфері на міжнародному рівні. Існує більше сотні ініціатив щодо використання показників якості життя у процесі прийняття рішень на національному й місцевому рівні.

Показники, за якими оцінюється рівень і якість життя на міжнародному рівні, можна розділити на кількісні і якісні: кількісні включають ВВП або національний дохід на душу населення, рівень доходу і його розподіл в суспільстві, рівень споживання різних матеріальних благ і послуг за класами товарів, рівень зайнятості і т.п. Якісні показники якості життя включають показники умов праці, побуту і дозвілля людини тощо. Необхідно зазначити, що кількісні індикатори необхідні для оцінки об'єктивних сторін якості життя. Однак неможливо оцінювати досягнення суспільного прогресу лише з використанням кількісних (економічних) показників, незважаючи на відносну простоту їх збору та інтерпретації.

Standard of Living and Quality of Life (загальнометодологічна концепція стандартів і якості життя) використовується для оцінки суспільного прогресу у різних країнах. Концепція передбачає розмежування та оцінювання окремо двох елементів суспільного прогресу:

рівня життя і якості життя. Згідно концепції стандартів і якості життя, складова стандартів життя відображає економічні (переважно макроекономічні) та інші об'єктивні показники, тоді як складова якості життя переважно - соціологічні або показники суто соціального змісту (здебільшого, суб'єктивні). Вказана методологія не має чіткого переліку показників для оцінювання і застосовується довільно.

Методологія Economist Intelligence Unit (підрозділу The Economist Group) передбачає розрахунок відповідного Індексу якості життя для 111 країн світу за регресійною моделлю, котра переважно (на 80%) заснована на результатах соціологічних опитувань. Поряд із суб'єктивними оцінками якості життя, одержаними за результатами опитувань респондентів різного віку, що ранжували ступінь задоволеності різноманітними сферами якості життя за 5-бальною шкалою, у цій методології враховано окремі об'єктивні детермінанти. Найбільшу увагу було приділено розрахункам ВВП на душу населення за паритетами купівельної спроможності.

Для визначення рейтингу країни дослідження оцінює якість життя за дев'ятьма напрямками (Здоров'я, Сім'я, Громадське життя, Добробут за матеріальною ознакою, Політична стабільність і безпека, Клімат, Гарантії зайнятості, Політична свобода, Гендерна рівність), вимірювання яких опосередковане відповідними індикаторами. Ці індикатори входять до Індексу, і їх значимість враховується відповідно до ваг, котрі визначаються на основі застосування коефіцієнтів багатofакторної регресії.

Згідно європейської стратегії розвитку 2020, визначається три найважливіших напрями зростання: Розумне зростання (розвиток економіки, що базується на знаннях та інноваціях), Стійке зростання (створення економіки, що передбачає раціональне використання ресурсів, зеленої економіки); Інклюзивне зростання (соціальна інклюзія, підвищення рівня зайнятості населення, досягнення соціального та територіального узгодження). Європейський комітет статистичних систем (European Statistical System Committee - ESSC) прийняв рішення щодо розробки відповідного набору показників для країн-членів ЄС. Наразі зроблена лише перша спроба щодо об'єднання даних з декількох джерел для виміру якості життя в ЄС за наступними напрямками: матеріально-побутові умови; продуктивна чи основна активність; здоров'я; освіта; дозвілля (відпочинок) та соціальні комунікації (взаємодія); економічна та фізична безпека; державне управління (влада) та основні права; природа та навколишнє середовище; загальне сприйняття життя.

Методологія International Living (Ірландія) оцінювання якості життя населення використовується для дослідження прогресу у 190 країнах світу. Відповідно до цієї методики розраховуються індекси за дев'ятьма основними напрямками: прожитковий мінімум (вартість життя); культура; економіка; навколишнє середовище; свобода; здоров'я; інфраструктура; безпека і ризик; клімат. Можливий максимальний бал за кожним критерієм становить 100. Щорічно публікується світовий рейтинг.

Методологія ЄС передбачає здійснення моніторингу якості життя населення у країнах ЄС Європейським фондом з питань покращення життя

та умов праці (European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions), який заснований у 2000 році (Дублін, Ірландія). Ця організація із чотирирічним інтервалом збирає, аналізує, публікує і поширює дані стосовно 27 країн-членів ЄС і 2 країн-кандидатів (Хорватія, Туреччина) за 160 показниками, які диференційовано на 12 груп за напрямками: здоров'я, зайнятість, доходи, освіта, сім'я, громадське життя, житлові умови, навколишнє середовище, транспорт, безпека, відпочинок, задоволеність життям.

Моніторинг якості життя населення ЄС базується на суб'єктивних оцінках і є альтернативним джерелом даних, оскільки доповнює об'єктивну оцінку, що базується на даних Євростату. Статистика ЄС стосовно питань доходів та умов життя (European Union Statistics on Income and Living Conditions, EU-SILC) застосовується для оцінки якості та рівня життя, для здійснення міжкраїнових співставлень, порівняння кращих практик та вимірювання суспільного прогресу. При цьому соціальне залучення виступає одним з пріоритетних напрямів політики ЄС, оскільки на якість життя населення впливає незадоволеність життям соціально відторгнених груп населення.

Методологія ОЕСР (Організації економічного співробітництва і розвитку) базується на інноваційній платформі Better Life Initiative, що презентує результати оцінки якості життя безпосередньо громадянами 34 країн в інтерактивному режимі за 11 основними напрямками: доходи, праця, баланс праці та відпочинку, здоров'я, освіта, житлові умови, громада, участь у суспільному житті, навколишнє середовище, безпека, задоволеність життям. Вказана методологія передбачає конструювання індивідуальних індексів якості життя кожним респондентом, який згодився взяти участь в інтерактивному опитуванні.

**Висновок.** Якість життя виступає складним, багатокомпонентним явищем, залежним як від об'єктивних факторів (насамперед, можливості задоволення людських потреб та інтересів у даних соціально-економічних умовах), так і від різноманітних суб'єктивних факторів (соціально-психологічних, соціокультурних та інших). Визначення основних компонентів та чинників впливу на якість життя населення, формування стратегії управління якістю життя дозволить забезпечити гармонізацію цілей економічного зростання, розвитку людини та збереження навколишнього середовища.

## **АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

**Габер А.А., Габер В.С., Мазур Є.О.**

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку

**Вступ.** Дослідження якості програмного забезпечення так само старі, як і розробка програмного забезпечення та турбота про якість. Продукти виникають із розробкою програм без помилок, а також ефективністю при

їх використанні. Дослідження для поліпшення якості програмного забезпечення формується за рахунок попиту користувачів на програмні продукти з підвищення якості.

**Постановка задачі.** Сучасне програмне забезпечення (ПЗ) є визначальною складовою багатьох систем, серед яких системи критичного застосування та спеціалізовані системи різноманітного призначення. Для зазначених систем проблема наявності помилок в програмному забезпеченні та низька якість ПЗ загрожують катастрофами в певних галузях, які призводять до людських жертв та екологічних катаклізмів, або, щонайменше, до значних економічних та часових втрат. Проблема виявлення та усунення помилок загострюється по мірі збільшення складності задач та програм, які їх вирішують. Розвиток сучасних технологій розроблення ПЗ вимагає динамічного розвитку засобів оцінки якості ПЗ, причому вже на етапі проектування (з точки зору економічної та часової доцільності).

**Мета роботи.** Проведення аналізу моделей оцінки якості програмного забезпечення та визначення проблемних питань.

**Основна частина.** Використання моделей є прийнятним засобом підтримки програмних продуктів управління якістю. Відповідно до ISO/IEC IS 9126-1 якісною моделлю є набір характеристик і відносини між ними, що дає основу для визначення вимог якості та моделі для оцінки якості програмного забезпечення були побудовані, визначаючи фундаментальні фактори (також їх називають характеристиками), і всередині кожного з них субфактори (або субхарактеристики). Показники призначаються кожному субфактору для реальної оцінки.

Еволюція моделей якості починаючи з 1977 року поділила моделі на категорії: базові моделі, метою яких є повна та всебічна оцінка продукції; індивідуальні моделі якості, орієнтовані на оцінку компонентів.

Базові моделі мають ієрархічну структуру; їх можна налаштувати під будь-який тип програмного забезпечення орієнтовані на оцінку та вдосконалення. Шість найважливіших: Mc Call та ін у 1977 р., Боем та ін. у 1978 р., модель FURPS у 1992 р., модель Дромея у 1995 р., Модель ISO 9126-1 2001 року та її стандарти для обох зовнішніх показників: ISO / IEC 9126-2 у 2003, внутрішні показники: ISO/IEC 9126-3 у 2003 році та якість у використанні: ISO/IEC 9126-4 у 2004 р.. Модель ISO -9126 отримала вихідні дані з попередніх моделей і встановлює стандарти для оцінка якості програмного забезпечення. У 2007 році було встановлено оновлену модель ISO 25010: ISO/IEC CD 25010. ISO 25010 насправді відомий як SQuaRE (програмне забезпечення- вимоги та оцінка якості програмного продукту).

Спеціальні моделі якості почали з'являтися у 2001 році з моделлю Vertoa, а потім модель Георгіаду у 2003 р., модель Альваро у 2005 р., модель Равашдешу. Характерним є те, що вони специфічні для певної сфери застосування та важливі особливості можуть бути змінними щодо загальної моделі. Ці моделі виникають від необхідності організацій та індустрії програмного забезпечення для конкретних моделей якості,

здатних робити спеціалізовані оцінки окремих компонентів. Вони побудовані на основі базових моделей, особливо ISO 9126, з додаванням або зміною субфакторів та метою задоволення конкретних потреб доменів або спеціалізованих програм.

В останні роки побудова програмного забезпечення зосереджується на повторне використання та розробку програмного забезпечення на основі компонентів (CBSD). Як наслідок успіх продукту сильно залежить від якості компонентів.

Класифікують моделі відповідно до характеристик користувача, наприклад, три категорії моделей, які відповідають: 1) рівню загального користування або конкретний домен, 2) організаційний рівень, який зосереджений на задоволенні інтересів конкретної організації. 3) проект рівня, який застосовується до конкретного проекту для забезпечення якості.

Деякі компанії також розробили власні моделі якості, наприклад модель FURPS вже згадується і встановлюється компанією Hewlett Packard. Нещодавня робота Самартіама – MIDAS модель (Метод оцінки інтенсивного проектування), створена компанією Siemens, що використовується для проектування програмних продуктів у промисловості, енергетиці, охороні здоров'я та інфраструктурі.

ISO 9126 в основному використовується для визначення якості, підходи, засновані на метриках, використовуються для оцінки якості даної системи, а моделі зростання надійності використовуються для прогнозування якості. Пропонуємо використовувати ці різні цілі, а саме визначення, оцінку та прогноз якості, для класифікації моделей якості. Отже, називаємо ISO 9126 моделлю визначення, підходи, засновані на метриках, як моделі оцінки, а RGM — як моделі прогнозування.

Хоча визначення, оцінка та передбачення якості є різними цілями, вони, очевидно, не є незалежними одна від одної: важко оцінити якість, не знаючи, що вона насправді є, і так само важко передбачити якість, не знаючи, як її оцінити.

Класифікація DAP розглядає моделі прогнозування як найсучаснішу форму моделей якості, оскільки їх також можна використовувати для визначення якості та для її оцінки. Однак ця точка зору стосується лише ідеальних моделей. Існуючі моделі якості не обов'язково охоплюють усі аспекти однаково добре. Наприклад, ISO 9126 визначає якість, але не дає підказок щодо її оцінки; MI визначає оцінку, зв'язок якої з визначенням якості неясний. Аналогічно, RGM виконують прогнози на основі даних, які явно не пов'язані з визначенням якості.

Одним з основних недоліків існуючих моделей якості є те, що вони не відповідають явній мета-моделі. Отже, семантика елементів моделі точно не визначена, і інтерпретація залишається за читачем. Моделі якості повинні діяти як центральне сховище інформації про якість, і тому різні завдання інженерії якості повинні спиратися на одну й ту саму модель якості. Але сьогодні моделі якості не інтегровані в різноманітні завдання, пов'язані з якістю. Наприклад, специфікація вимог до якості та оцінка

якості програмного забезпечення зазвичай не базуються на одних і тих же моделях.

Інша проблема полягає в тому, що сьогодні якісні моделі не розглядають різні погляди на якість. У сфері розробки програмного забезпечення уявлення, що базується на цінностях, зазвичай вважається дуже важливим. Ця точка зору значною мірою відсутня в сучасних моделях якості. Існуючі моделі якості не мають чітко визначеної декомпозиції критерії, що визначають наскільки складні поняття якості підлягають розкладанню. Більшість моделей визначення залежать від таксономічних, ієрархічних декомпозицій атрибутів якості.

Це розкладання не відповідає визначеним інструкціям і може бути довільним. Тому далі важко уточнити загальновідомі атрибути якості, такі як доступність. Крім того, у високоякісних моделях нечітка декомпозиція ускладнює пошук елементів, оскільки розробники можливо, доведеться шукати великі частини моделі, щоб стверджувати що елемент ще не міститься. Це може призвести до надмірності через багаторазове додавання однакових або подібних елементів. Неоднозначне розкладання в багатьох якісних моделях також є причиною збігів різних атрибутів якості.

Більшість фреймворків якісних моделей не надають способів за використання моделей якості для конструктивного забезпечення якості. Наприклад, залишається незрозумілим, як якісні моделі необхідно довести до учасників проекту. Спільний метод передачі такої інформації є рекомендаціями. На практиці рекомендації, які мають на меті повідомити про знання якісної моделі відчувають різні проблеми. Часто ці проблеми безпосередньо пов'язані з кореспонденцією проблеми самої якості моделей; наприклад, рекомендації такі часто недостатньо конкретний і деталізований або документ структура керівництва не узгоджена відповідно до очевидної схема. Також часто не наводяться обґрунтування правила, встановлені настановами. Інша проблема полягає в тому, що моделі якості не визначають методи пошиття для адаптації рекомендації щодо області застосування. У сфері якості програмного забезпечення було запропоновано велику кількість метрик для вимірювання. Але ці показники стикаються з проблемами, які також виникають через відсутність структури в якісних моделях. Одна з проблем полягає в тому, що, незважаючи на визначення метрик, моделі якості не дають детального опису впливу конкретних показників на якість програмного забезпечення. Через відсутність чіткої семантики агрегація значень метрики за ієрархічними рівнями є проблематичною.

**Висновок.** У всіх досліджуваних моделях жодна не включила аспект комунікації як один із факторів якості. В даний час існує потреба в якісних компонентах для комунікацій на всіх рівнях і особливо в складних системах, де це стає критичним фактором через Інтернет. В більшості досліджуваних моделей фактори та критерії мають однакове значення, яке є відносним, оскільки залежить від області застосування. Наприклад, аспекти передачі можуть мати вирішальне значення в програмному забезпеченні, яке встановлено на різних машинах.

# УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ТРИВИМІРНОГО ЗОБРАЖЕННЯ ПРИ РЕНТГЕНІВСЬКІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ ТОМОГРАФІЇ

Грушецький Я.М. Витвицька Л.А.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

**Вступ.** На даний час променеві методи дослідження, а особливо томографічні, вирішують багато основних задач контролю, зокрема в медицині, які пов'язані з раннім виявленням захворювання, неінвазивним визначенням патологічних змін структури та функції органів і тканин, їх ступеня та стадії оцінювання найближчих і віддалених результатів різних видів лікування. Комп'ютерна томографія, яка базується на теорії розпізнавання образів, істотно підвищує чутливість контролю. Основну роль при цьому відіграють методи реконструкції зображення, які в загальному можна поділити на дво- та тривимірні.

**Постановка задачі.** При контролі рухомих об'єктів більш точними, високо діагностичними є саме методи отримання об'ємного, тривимірного зображення. Такі задачі доцільно вирішувати на основі розроблення досконалих алгоритмів реконструкції зображення. Тому метою роботи є розроблення удосконаленого методу тривимірної реконструкції зображення на основі побудови математичної моделі томографічного конусного сканування і визначення залежності проєкційних значень від інтенсивності випромінювання.

**Основна частина.** Рентгенівська реконструктивна томографія ґрунтується на функції зображення і за умови рівності поля зображення і поля реконструкції значення функції зображення від трьох аргументів однозначно визначає значення лінійного коефіцієнта послаблення випромінювання в точці з аналогічними просторовими координатами, а отже і значення густини об'єкта у даній точці.

Динамічна томографічна система змодельована на основі залежностей, які використовуються для опису операцій перенесення, масштабування, обертання системи координат та визначення її координат відносно іншої системи, геометричної схеми збору даних. Ці операції представляються як множення між собою відповідних матриць у подібних (гомогенних) координатах. Розроблена просторова модель сканування складається з таких параметрів: радіус колової траєкторії руху джерела, кількість поворотів скануючої системи, висота рядка детектора, кількість елементів у рядку, кількість променів, що реєструються одним елементом детектора, максимальний конусний кут та максимальний ввіяловий кут пучка рентгенівських променів, а також період дискретизації і роздільна здатність зображення.

**Висновки** На основі розробленої математичної моделі сканування при томографічному рентгенівському обстеженні встановлено можливість отримувати зображення рухомих об'єктів (наприклад рух крові по судинах) з підвищеною роздільною здатністю, що забезпечує більш широкі діагностичні можливості при рентгенівській комп'ютерній томографії.

# ВИМІРЮВАННЯ ПОСТІЙНИХ СТРУМІВ І НАПРУГ. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ

Добровольська С.В., Оленєв М.В., Хлівний М.О.

Державний університет інтелектуальних  
технологій і зв'язку м. Одеса

Для визначення малих струмів і напруг можна використовувати як прямі, так і непрямі методи вимірювання.

При прямих вимірюваннях частіше всього використовують магнітоелектричні прилади, для яких характерна висока чутливість, точність і широкий діапазон вимірювань.

Найменший струм, який можна виміряти дзеркальним гальванометром, - змінний струм  $10^{-11}$  А, і стрілочним магнітоелектричним приладом - постійний струм  $10^{-6}$  А. Щоб підвищити чутливість, вимірюваний струм подають на вхід ППС, до виходу якого приєднують стрілочний магнітоелектричний прилад.

Для цього використовують фотогальванометричні підсилювачі і напівпровідникові підсилювачі з перетворенням постійного струму у змінний. За допомогою підсилювачів можна вимірювати струми до  $10^{-12}$  А.

Основними елементами схеми (рисунок 1) є гальванометр  $\Gamma$ , освітлювальна лампа  $L$ , фоторезистори  $\Phi_{p1}$   $\Phi_{p2}$ , мікроамперметр і компенсаційний опір  $R_k$ . Якщо струм  $I_1$ , що відгалужується в гальванометр із досліджуваного кола, не дорівнює струмові  $I_2$ , що відгалужується від нього через резистори  $R_k$  і  $R_d$  із вихідного кола, через гальванометр проходить струм. Дзеркальце гальванометра обертається, і змінюється розподіл світла між фоторезисторами  $\Phi_{p1}$  і  $\Phi_{p2}$ . Це викликає зміну струму в колі резисторів, і струму через  $R_k$ , тобто  $I_2$ .

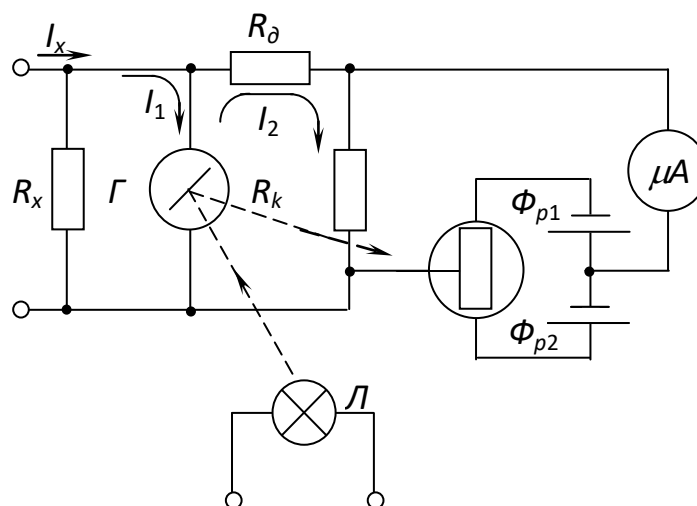


Рисунок 1 – Схема фотогальванометричного підсилювача

Рамка гальванометра (дзеркальце) встановлюється в положення, при якому струм  $I_1$  однозначно пов'язаний зі струмом, що вимірюється  $I_x$ , врівноважується струмом  $I_2$ . Про значення струму  $I_2$  (а

значить і  $I_1$ ) судять по відхиленню стрілки мікроамперметра.  $R_x$  дозволяє регулювати діапазон вимірювання.

Для вимірювання малих постійних напруг можна використовувати магнітоелектричні гальванометри, потенціометри постійного струму, стрілочні магнітоелектричні прилади.

За допомогою магнітоелектричних гальванометрів вимірюють напругу біля  $10^{-7}$ - $10^{-8}$  В. Використання потенціометрів постійного струму істотно знижує інструментальну і методичну похибки, але пов'язано зі збільшенням часу вимірювання.

Для вимірювання напруг біля  $10^{-6}$ - $10^{-7}$  В використовують нановольтметри. Клас точності таких приладів 1,0-1,5.

Мілівольтметри магнітоелектричної системи використовуються для вимірювання напруги від  $10^{-4}$  В і відрізняються простотою і зручністю в експлуатації. Клас точності таких вимірювальних приладів 0,2; 0,5.

Постійні струми від 1 мкА до 6 кА і напругу від 1 мВ до 1,5 кВ звичайно вимірюють приладами магнітоелектричної системи.

Для розширення меж вимірювання по струму застосовують шунти, а по напрузі – додаткові резистори. Клас точності таких вимірювальних приладів 0,1; 0,2.

Прилади електродинамічної системи призначені для вимірювання постійного струму від 10 мА до 100 А і напруги до 600 В. За точністю вони еквівалентні приладам магнітоелектричної системи, але споживають значно більшу потужність і мають нерівномірну шкалу.

Прилади електромагнітної системи використовуються для вимірювання постійного струму від 10 мА до 200 А і напруги до 600 В. Клас точності 0,2; 0,5. Їхня головна перевага - невелика вартість.

Для вимірювання постійних напруг у діапазоні від декількох вольт до декількох сотень кіловольт застосовують також електростатичні вольтметри. Клас точності 0,05-1,5. Їхня перевага – мале споживання потужності.

Для точного вимірювання напруги можна застосовувати потенціометри постійного струму.

Для вимірювання малих напруг найбільш широко застосовують аналогові електронні мілівольтметри з похибкою вимірювання 4-6 %.

Потенціометрами постійного струму вимірюють напруги від 1,0 мВ із класом точності 0,005. Цифрові електронні мілівольтметри дозволяють вимірювати напруги починаючи від 10 мВ із похибкою 0,1%.

Для вимірювання середніх значень струму і напруги можна використовувати прилади електромагнітної, електродинамічної, феродинамічної, випрямної, термоелектричної та електронної систем, компенсатори змінного струму.

Однак, найбільш точним пристроєм для вимірювання змінного струму і напруги залишається компаратор.

# **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДИНАМІЧНОГО ФОТОАНАЛІЗУ ВІЗУАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ СТАРІННЯ ГУМОТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ**

**Денисюк В.Ю., Гуменюк Л.О.**

Луцький національний технічний університет

При розробці нових рецептур гумотехнічних виробів (ГТВ), а також при контролі якості існуючих виробів, поряд з різними механічними випробуваннями, здійснюють ряд випробувань зразків виробів на стійкість до руйнування під впливом факторів старіння (кліматичних, агресивності середовищ тощо). Під впливом кліматичних факторів (кисню та озону, світла, температури, вологості), відбувається погіршення фізико-механічних властивостей ГТВ, і, як наслідок їх руйнування, спричинене процесом старіння. Для управління процесами кліматичних випробувань ГТВ застосовуються автоматизовані кліматичні камери (КК), що дозволяють моделювати цілеспрямовані впливи агресивних кліматичних факторів на досліджувані зразки ГТВ, ідентичні умовам експлуатації виробів. Ступінь та характер руйнування ГТВ можуть бути оцінені з використанням аналізу фотографій виробу, одержаних за допомогою методів машинного зору.

У кліматичній камері монтують фото/відеокамеру, що дозволяє фіксувати стан досліджуваного зразка виробу у робочій зоні КК. При недостатності освітлення зразка ГТВ в КК можуть бути встановлені додаткові лампи підсвічування, що здійснюють заданий спектр та рівномірність освітлення.

Виходячи з розглянутих вище конструктивних особливостей більшості КК, виділимо три варіанти монтажу оптичної системи.

Перший варіант передбачає встановлення фотокамери навпроти оглядового вікна є найбільш простим варіантом реалізації підсистеми машинного зору. Для реалізації даного варіанту необхідна фотокамера, що має об'єктив з високим ступенем збільшення. Однак у цьому випадку необхідно забезпечити відсутність відблисків від зовнішніх джерел освітлення на оглядовому вікні КК.

Другий варіант передбачає застосування промислової фотокамери з класом захисту від зовнішніх впливів не нижче IP66. Підключення фотокамери до робочої станції здійснюється через кабельне введення робочої зони КК. Застосування цього варіанта дозволяє суттєво підвищити якість фотографій у порівнянні з попереднім, однак фото/відеокамери цього типу мають високу вартість.

Третій варіант передбачає застосування промислових фіброскопів, підключених через спеціальний адаптер до фотокамери. При цьому, оптичний кабель із зондом фіброскопа проводиться через кабельне введення КК та монтується на штативі. Даний варіант дозволяє уникнути обмежень на експлуатаційні властивості пристрою в робочій зоні, оскільки у розміщуваному світловодному зонді фіброскопа відсутні електронні компоненти. Недоліком цього варіанта є обмеженість огляду зразка, що у

деяких випадках дозволяє аналізувати лише окремі фрагменти зразка ГТВ.

Структурно-функціональна схема управління процесом випробувань в озоновій випробувальній камері з реалізацією схеми автоматизації управління процесом випробування в КК з використанням підсистеми динамічного фотоаналізу візуальних показників старіння ГТВ в КК представлена на рисунку 1.

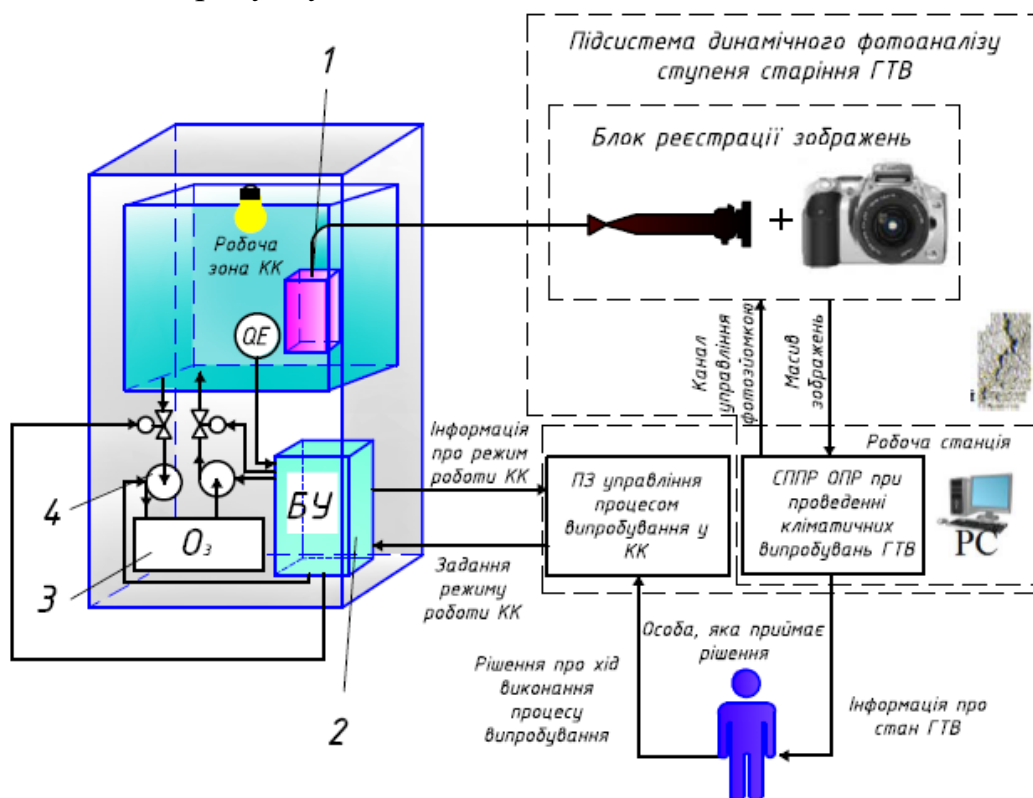


Рисунок 1 – Структурно-функціональна схема автоматизованої системи управління кліматичними випробуваннями ГТВ на прикладі озонової випробувальної камери: 1 – зразок ГТВ; 2 – блок управління (БУ) КК; 3 – озонова установка; 4 – контур регулювання концентрації озону у робочій зоні КК

Включення в управляючий контур підсистеми динамічного фотоаналізу показників старіння ГТВ дозволяє безпосередньо у процесі випробувань отримувати оперативну інформацію про перебіг процесу старіння ГТВ та приймати рішення про зміну режиму роботи КК (наприклад, з метою інтенсифікації процесу старіння).

Аналізуючи існуючу структуру випробувань ГТВ та експериментальні дані, можна зробити висновок, що у динаміці ступінь і характер розтріскування оцінюється суб'єктивно і з високою часткою похибки. Тому доцільне застосування в процесі випробування оптичних/оптико-електронних систем (фотокамер), що дозволяють із заданою дискретністю фіксувати стан поверхні розтріскування зразка ГТВ. Отримана серія зображень з фотокамери може бути передана на ЕОМ зі спеціальним програмним забезпеченням для автоматичної обробки та візуалізації процесу старіння ГТВ, а також вироблення рекомендацій особою, яка приймає рішення щодо управління процесом випробування.

# АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ АТОМНО-СИЛОВОГО МІКРОСКОПА ТА ПРОБЛЕМ КІЛЬКІСНОЇ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ДАНИХ

Денисюк В.Ю., Кайдик О.Л., Марчук Н.А.  
Луцький національний технічний університет

Основний принцип роботи атомно-силового мікроскопа (АСМ) полягає у «ощупуванні» (зондуванні) поверхні мікроскопічним вістря. Варіюючи матеріал вістря та метод ощупування, можна крім рельєфу зондувати інші різноманітні властивості поверхні. Вістря розташоване на кінчику м'якої консольної балки, так що при торканні поверхні або виникненні притягіння за рахунок сил Ван-дер-Ваальса або, наприклад, магнітних сил, балка буде згинатися. Такі балки з вістря на кінці називаються АСМ-зондами або кантилеверами і зараз виготовляються промислово. Вигин зонда відображає напрямок і величину сили, що діє на нього з боку поверхні. Лише деякі величини, такі як висота рельєфу твердого зразка або локальний потенціал, не вимагають точного знання сил, що виникають. Точність більшості вимірюваних за допомогою АСМ величин безпосередньо залежать від інформації про геометрію зонда, сили взаємодії, а також від точності та адекватності теоретичного аналізу вибраного для інтерпретації сигналу.

Для переміщень зразка на субнанометрові відстані використовуються координатні столики на п'єзоелектричному ефекті. Особливість роботи п'єзокераміки полягає у запізнюванні реакції п'єзокераміки (переміщення) на зміну електричного впливу (напруга на обкладинках сканера) або так званий ефект кріпу. Це призводить до нелінійності розгортки. Для виключення небажаних ефектів п'єзокераміки в координатний столик, або сканер, вбудовують ємнісні датчики переміщення, які мають лінійні характеристики.

Для правильного відображення розмірів об'єктів у топографії необхідно проводити калібрування сканера мікроскопа. Операція калібрування полягає у скануванні зразка з періодичною структурою каліброваних розмірів, наприклад, TGZ02. Зіставляючи відображені розміри періодичної структури з паспортними даними можна розрахувати поправочний коефіцієнт для кожного напрямку сканування.

При вимірюванні механічних характеристик зразка, наприклад, за допомогою силової спектроскопії, для отримання кількісного результату важливо точно знати коефіцієнт жорсткості кантилевера. У сучасні атомно-силові мікроскопи, як правило, вбудовують функції калібрування коефіцієнта жорсткості зонда. Найбільш часто зустрічається спосіб заснований на методі Садера. Він відноситься до найбільш оперативних методик, але його недоліком є залежність від густини та в'язкості середовища, в якому вимірюється жорсткість, а також застосування методу лише для прямокутних консолей. Рідше зустрічається більш фізичний метод калібрування жорсткості за параметрами спектра теплових коливань.

Метод Садера також заснований на зв'язку добротності механічної коливальної системи із втратами на тертя у навколишньому середовищі. До його недоліків можна віднести той факт, що розроблена Садером

досить складна математична модель консольної балки у в'язкому середовищі застосовується тільки до кантилеверів прямокутної форми.

Безперечна перевага цього методу полягає в його оперативності. Однак необхідність знати в'язкість навколишнього середовища (в'язкість вологого повітря відрізняється від в'язкості сухого, а у вакуумі метод взагалі не працює) роблять його складним щодо забезпечення точності.

Більш універсальний, тепловий метод калібрування жорсткості кантилевера ґрунтується на фундаментальному принципі термодинамічної рівноваги, полягає у рівності середньої енергії механічних коливань осцилятора та його теплової енергії.

Під час проведення силової спектроскопії важливо враховувати ефект плуга. Через конструктивні особливості зондовий датчик АСМ знаходиться під кутом  $\alpha=20^\circ$  до поверхні зразка. При проведенні силової спектроскопії на рівній поверхні через вигин кантилевера кінчик зонда зміщується вперед відносно чіпа зондового датчика. В результаті при взаємодії зонда з поверхнею з'являються горизонтальні складові, які призводять до спотворення даних силових залежностей та до пошкодження зразка.

При інтерпретації результатів триточкової методики наномостик зазвичай описують моделлю балки із затиснутими кінцями. Останнім часом зроблено кілька спроб визначення умов закріплення наномостика на пористій підкладці.

При оцінці механічних характеристик двовимірних нанооб'єктів використовують аналіз даних у рамках задачі Герца про контакт двох сферичних тіл при прагненні одного з радіусів у нескінченність (плоска поверхня). Тут важливо точно знати форму та розміри вістря зонда. Існуючі комерційні ультрагострі АСМ-зонди не підходять для таких вимірювань, тому що при їх використанні в точці контакту створюється занадто великий тиск, внаслідок чого пошкоджується або зонд (що призводить до втрати можливого апріорного знання про геометрію його кінчика), або зразок. Одним із можливих рішень є застосування затуплених (механічно безпосередньо в АСМ або за допомогою іонного пучка) зондів або зондів у вигляді колоїдних зондів, на кінчику яких закріплена субмікронна колоїдна сферична частинка каліброваного радіусу. Таке вирішення дозволяє з високою точністю проводити наноідентацію м'яких об'єктів.

Всі методики дослідження механічних характеристик реалізуються в статичному режимі роботи АСМ, для якого безпосереднє вимірювання локальної жорсткості забирає чимало часу. Отримання картки механічних властивостей зразка з прийнятною латеральною роздільною здатністю вимагає в статичному режимі більше години. Неможливість застосування для цієї мети динамічного напівконтактного режиму, час вимірювання топографії в якому становить кілька хвилин, обумовлено відсутністю повноцінної кількісної теорії.

З метою підвищення достовірності та точності результатів вимірювання механічних властивостей нанооб'єктів необхідно покращити існуючий варіант статичної триточкової АСМ-методики, а також підвищити кількісний рівень даних динамічного напівконтактного АСМ-режиму.

# АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ НАНОТЕСТУВАННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАНООБ'ЄКТІВ НАНОМОДИФІКОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

Денисюк В.Ю., Конончук І.Ю.

Луцький національний технічний університет

Наноконпозиційні полімерні матеріали (НПМ) за рахунок унікальних електрофізичних (квантових) властивостей все частіше застосовуються у різних сферах науки та техніки. Вони можуть використовуватися в мікроелектроніці, електроенергетиці, медицині тощо, для виробництва високочастотних, світловипромінюючих та світлопоглинаючих радіоелементів (у тому числі сонячних батарей) та інших пристроях. Наноконпозиційні матеріали мають широкий спектр різновидів зі своєю класифікацією за видом використовуваної основи (матриці) та видом частинок модифікатора. При цьому експлуатаційні властивості використовуваних наноконпозиційних матеріалів залежать від властивостей застосовуваних модифікаторів і матриць, а також їх вагового співвідношення у кінцевому продукті.

В даний час розроблено багато методів контролю, що дозволяють визначити вид та концентрацію нанооб'єктів у середовищі НПМ. Це методи скануючої зондової мікроскопії, оптичної та коливальної спектроскопії, месбауеровської спектроскопії, методи радіоспектроскопії, нейтронографії тощо.

До найважливіших методів діагностування наноконпозиційних матеріалів відносяться також методи нанотестування, що дозволяють визначити багато показників механічних властивостей наноматеріалів і є дуже інформативними методами вивчення контактної взаємодії різних тіл у ході технологічних процесів.

У методах нанотестування розрізняють два напрямки відповідно з напрямом та характером руху індентора по відношенню до площини зразка:

- індентор рухається по нормалі до досліджуваної поверхні (наноіндентування – NI);
- індентор рухається по дотичній до досліджуваної поверхні (наносклерометрія, або наноскрайбування).

Сутність методів полягає в програмованому додатку малих та ультрамалих зусиль ( $\sim 1$  мкН) до індентора, та реєстрації залежності сили опору  $P$  від глибини занурення  $h$ , на відміну від вимірювання залишкових розмірів відбитка за традиційними методами вимірювання твердості. Збільшення чутливості та роздільної здатності (у часі та в просторі), із застосуванням нових комп'ютерних технологій зробили методи NI надзвичайно популярними.

Нанотестери, що випускаються в даний час фірмами різних країн мають дозвіл у межах вимірювання сили від 1 нН, а за переміщенням – 1...10 нм.

У техніці NI застосовуються індентори різноманітної форми (у вигляді сфери, циліндра із плоским торцем, піраміди, конуса). У кожного з них є певне призначення. Прилади, що реалізують концепцію NI, називають наноіндентометрами.

Вони мають навантажувальний вузол (силова комірка), прецизійний датчик для відстеження переміщення індентора (датчик переміщення), конструктивно об'єднаних у єдину вимірювальну головку; контролер та персональний комп'ютер зі спеціалізованим програмним забезпеченням для керування циклами роботи приладу, збору, обробки та зберігання даних. При виборі місця уколу зразка застосовують оптичний мікроскоп, за допомогою якого здійснюють позиціонування та переміщення зразка на координатному столику.

Розроблено оригінальні конструкції нанотестерів, що вирізняються високим просторовим та тимчасовим дозволом (до 1 мкс). Це дає можливість дослідити швидкісні залежності механічних властивостей матеріалів у нанообластях при швидкості деформації до  $10^4 \dots 10^5 \text{ c}^{-1}$  та аналізувати комплекс динамічних властивостей, тобто проводити прецизійне динамічне нанотестування, що недоступне статичним методам вимірювання твердості.

Методами наноіндентування визначають такі характеристики:

- нанотвердість;
- модуль Юнга;
- в'язкість руйнування – за розмірами тріщин навколо відбитка та величиною сили вдавлювання;
- атомарні механізми деформації у нанооб'ємах матеріалу;
- рухливість дислокацій у кристалічній решітці;
- методом багаторазового навантаження області при нанесенні подряпин нанометрових розмірів моделюють процеси зносу та втоми в поверхневих шарах;
- досліджують фазові переходи, що стимулюються великим гідростатичним тиском під індентором і які значно впливають на експлуатаційні характеристики матеріалу;
- вивчають характеристики матеріалу, які залежать від часу та коефіцієнти швидкісної чутливості механічних властивостей;
- вивчають структуру багатофазних матеріалів;
- досліджують анізотропію механічних властивостей;
- визначають цілий ряд найважливіших характеристик покриттів – пористість, величину та розподіл внутрішніх напружень, ступінь адгезії.

Всі перераховані методи мають багато переваг, які вказані вище, але досить висока трудомісткість та вартість обладнання створює труднощі у використанні. Також варто відзначити, що всіма перерахованими методами неможливо отримати інтегральної характеристики досліджуваних середовищ. Ці методи носять локальний характер дослідження середовища та не дають повної картини властивостей у всьому об'ємі.

Для виробництва готової продукції з конкретними експлуатаційними характеристиками, на які безпосередньо впливають нанооб'єкти, необхідно на етапі одержання основи (полімерів з нанооб'єктами, заготовки) впливати на склад. Вплив полягає у збільшенні або зменшенні концентрації нанооб'єктів у складі полімеру. Контроль властивостей методом нанотестування дозволяє прогнозувати властивості на етапі заготовки, з метою підвищення рівня експлуатаційних властивостей, а також з метою підвищення економічної ефективності.

# АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Єфіменко Н.А.<sup>1</sup>, Єфіменко В.С.<sup>1</sup>, Банзак О.В.<sup>2</sup>,  
Банзак Г.В.<sup>2</sup>, Лещенко О.І.<sup>2</sup>

Сумський державний університет (Суми, Україна)<sup>1</sup>, Державний  
університет інтелектуальних технологій та зв'язку (Одеса, Україна)<sup>2</sup>

**Вступ.** Аналіз наукових підходів щодо забезпечення контролю якості на машинобудівних підприємствах ґрунтується на впровадженні системи менеджменту якості (СМЯ) на основі ДСТУ EN ISO 9001:2018, що, в свою чергу, дозволяє виділити й реалізовувати на практиці наступні принципи: принцип орієнтації на споживача, на задоволення його існуючих і потенційних потреб; принцип орієнтації на задоволення потреб персоналу машинобудівного підприємства та інших зацікавлених сторін.

Дослідження показують, що перераховані й інші ринкові принципи на практиці сполучаються із системними принципами. Так, системний підхід припускає використання відомих з теорії складних систем принципів поведінки.

Слід зазначити, що впроваджені СМЯ на вітчизняних машинобудівних підприємствах засновані також на кібернетичних принципах керування, зокрема ізоморфізмі, зворотному зв'язку, ієрархії керування й автоматизмі дії, математичних методах і моделях, статистико-ймовірнісному підході, поділі цілого на підсистеми, керуванні впливом на головний фактор, динамічному моделюванні тощо.

**Постановка задачі.** Вище наведене свідчить, що проблема технології дослідження СМЯ ґрунтується на методологічних проблемах, обумовлених недостатнім вирішенням наведеного питання як у теоретичному, так і в практичному плані. Розробка методики кваліметричної оцінки контролю якості на машинобудівних підприємствах надасть можливість вчасно визначити управлінські зв'язки з метою підвищення необхідної результативності функціонування виробничої системи машинобудівного підприємства.

Багато підприємств намагаються проводити певні дослідження щодо вивчення поведінки СМЯ, але зустрічаються зі складностями методологічного характеру. У цьому випадку, автором визначено, що найбільш прийнятним напрямком методології наукового пізнання досліджуваної системи слід вважати кібернетичний підхід, який, у нашому випадку, полягає в об'єднанні розрізнених заходів щодо поліпшення якості продукції в єдину систему цілеспрямованих, постійно здійснюваних дій на всіх стадіях життєвого циклу продукції.

**Мета роботи** ґрунтується на аналізі наукових підходів забезпечення контролю якості продукції на машинобудівних підприємствах.

**Основна частина.** Характеризуючи сучасний організаційний стан промислових систем менеджменту якості, автор звертає увагу на ряд факторів, що вимагають обліку при вивченні: фіксацію справжнього

моменту – стану об'єкту, який описується за допомогою його складу та структури; перехід від одного стану в інший, який описується сукупністю функціональних процесів; життєвий цикл, що позначає попередні стани та переходи на шкалі часу. Будь-яке дослідження має своїм вихідним пунктом визначення потреби в його проведенні.

З метою визначення потреби дослідження щодо впровадження СМЯ на вітчизняних машинобудівних підприємствах, на погляд автора, підприємства повинні постійно проводити аналіз відповідності результатів щодо кількісних та якісних цілей виробничої діяльності. У системі методології центральне місце повинна займати підсистема методів дослідження, до складу яких входять: загальнонаукові методи, локальні та специфічні методи.

Наприклад, у ході опитування на підприємстві було з'ясовано, що в практичній діяльності найбільше часто використовують серед емпіричних методів, наступні: спостереження, вимірювання, порівняння, експеримент, серед теоретико-емпіричних методів: аналіз і моделювання, а також прогностичний і діагностичний аналізи якості продукції, нормативний, статистичні методи оцінки якості, «не руйнуючі» методи.

З метою наукового дослідження систем контролю якості, які впровадженні на машинобудівних підприємствах необхідно проаналізувати закономірні зв'язки між підсистемами для розробки кваліметричної оцінки контролю якості. При цьому необхідно в кожний конкретний інтервал суб'єктивного часу існування машинобудівного підприємства враховувати вплив ринкових факторів середовища.

**Висновки.** З вище наведеного можна зробити висновок, що системний підхід контролю якості на основі використання нормативних документів, зокрема ДСТУ EN ISO 9001:2018 спонукає машинобудівні підприємства аналізувати вимоги, які пропонувані до виготовлення продукції, визначати процеси, у ході яких формується кінцевий результат, а також підтримувати ці процеси в керованому стані. Автором визначено, що до впроваджених СМЯ на машинобудівних підприємствах запропоновано ряд передумов, що сприяють безсумнівну актуальність впровадження методики кваліметричної оцінки контролю якості.

При проектуванні і вдосконаленні контролю якості виготовлення продукції на машинобудівних підприємствах слід дотримуватися також основних вимог таких, як: структура управління повинна будуватися з мінімально можливим числом ієрархічних етапів; структура управління має бути гнучкою, мобільною і адаптованою, тобто здатною змінюватися в певних межах; структура повинна характеризуватися відносною простотою. Проведений аналіз форм організації робіт з якості на машинобудівних підприємствах показав, що має місце інтеграція і диференціація механізму управління якістю. Процес інтеграції полягає в тому, що основні елементи і блоки механізму управління якістю зберігають свою форму, своє призначення. Процес диференціації полягає в реалізації їх змісту відповідно до масштабів виробництва, його структури, завдань і функцій рівня управління.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Єфіменко Н.А.<sup>1</sup>, Єфіменко В.С.<sup>1</sup>, Банзак О.В.<sup>2</sup>,  
Банзак Г.В.<sup>2</sup>, Лещенко О.І.<sup>2</sup>

Сумський державний університет (Суми, Україна)<sup>1</sup>, Державний університет інтелектуальних технологій та зв'язку (Одеса, Україна)<sup>2</sup>

**Вступ.** Однією з найважливіших проблем сучасного етапу реформування економіки України є забезпечення стабільного економічного оновлення не тільки в сировинних галузях, але, насамперед, в провідних галузях промислового комплексу, центром тяжіння якого виступає машинобудування. Саме воно визначає техніко-технологічний рівні розвитку національного господарства, конкурентоспроможність його виробництва, а значить і місце в національному господарстві в цілому.

**Постановка задачі.** На сьогоднішній день проблема розвитку вітчизняних машинобудівних підприємств пов'язана з вирішенням складної задачі щодо удосконалення контролю якості, враховуючи використання останніх досліджень теорії управління, також застосування сучасних ідентифікаційних технологій. На сьогоднішній день актуальним постає питання щодо впровадження в практику якісних методів управління, що обумовлено впровадженням стандарту ДСТУ EN ISO 9001:2018 «Системи управління якістю. Вимоги».

**Мета роботи ґрунтується на** дослідженнях особливостей контролю якості виготовлення машинобудівної продукції.

**Основна частина.** У реаліях сучасного ринку споживач все більше уваги приділяє такому «неціновому чиннику», як якість, у зв'язку з чим сучасне управління якістю на машинобудівному підприємстві повинно оптимально поєднувати дії, методи і засоби, що забезпечують, з одного боку, виготовлення продукції, що задовольняє поточні запити і потреби ринку, а з іншої – розробку нової продукції, здатної задовольняти майбутні потреби ринкового середовища. Управління якістю машинобудівної продукції в умовах ринку, на думку автора, повинна орієнтуватися на характер потреб, їх структуру і динаміку, місткість і кон'юнктуру ринку, а також на стимули, обумовлені економічною і технічною конкуренцією, які є характерними для ринкових відносин.

Теорії і практиці управління якістю продукції присвячена велика кількість наукових і практичних робіт. Аналіз великої кількості публікацій і аналіз різних і теорій надають можливість визначити категорію «управління якістю продукції». Свого часу А.Є. Когут відмічав, що управління якістю продукції – це «встановлення, забезпечення і підтримка необхідного рівня якості продукції при її розробці, виробництві і реалізації або споживанні, здійснення шляхом системного контролю і цілеспрямованого впливу на умови і чинники, що впливають на якість продукції».

Враховуючи дослідження Н. К. Розова, що в ринковому аспекті управління якістю є методами і видами діяльності оперативного характеру,

використовуваним для задоволення вимог до якості і орієнтовані на усунення недоліків на всіх стадіях життєвого циклу машинобудівної продукції. Розгортання функції якості відповідно до життєвого циклу, який сприяє конкретизації причин низького або високого рівня конкурентоспроможності машинобудівного підприємства або продукції, що випускається, а також визначенню стратегічного напрямку ефективної діяльності в умовах ринку.

Якість машинобудівної продукції ґрунтується на здатності задовольняти потреби споживача на основі низки відповідних факторів. Сукупність властивостей машинобудівної продукції, яка визначає пристосованість конструкції до оптимальних витрат ресурсів при виробництві та експлуатації для визначених показників якості. Існує необхідність розглянути технологічність конструкції виробу, від якої і залежить рівень якості машинобудівної продукції. Технологічність конструкції виробу – сукупність властивостей конструкції виробу, які визначають його пристосованість до оптимальних витрат при виробництві, технічному обслуговуванні й ремонті в умовах заданих параметрів якості, обсягу випуску, а також умов виконання робіт зокрема. Технологічність конструкцій виробів (ТКВ) виражає не функціональні властивості виробу, а його конструктивні особливості. Зв'язок технологічності із властивостями конструкції виробу реалізується у формі вирішення протиріч між активними елементами технологічного процесу (ТП) – людиною та використаними виробничими потужностями з предметом праці, з іншої. Тому при аналізі конструкції виробу враховується їхній взаємозв'язок зі сферами прояву властивостей, включаючи наукові дослідження й розробки нових процесів, технологічних методів і засобів, процеси виробництва, експлуатації й ремонту зокрема. Взаємозв'язок конструкції виробу з технологією його виробництва обумовила одну з найбільш складних функцій технологічної підготовки виробництва – відпрацьовування конструкції виробу на технологічність.

**Висновки.** З вище наведеного можна зробити висновок, що процес управління якістю на машинобудівних підприємствах має бути комплексним, охоплювати усі стадії життєвого циклу продукції, рівні управління, чинники і умови, що впливають на якість. Висока якість виготовлення машинобудівної продукції може бути досягнута, передусім, завдяки продуманій і добре організованій системі кваліметричної оцінки контролю якості – цільовій підсистемі управління машинобудівним підприємством зокрема. Проведено критичний аналіз наукових досліджень вітчизняних та закордонних фахівців, який дозволив встановити вирішення даної проблеми за рахунок глибокого теоретико-методичного аналізу й осмислення теорії управління якістю, а також проаналізовано особливості технології машинобудівних підприємств та складена коротка узагальнена характеристика, що відбиває відмінні риси кожної складової системи контролю, що сприятиме створенню комплексу умов для максимального досягнення цілей на машинобудівному підприємстві та виконання вимог споживачів.

# НОВІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАНОШОРСТКИХ ПОВЕРХОНЬ

Іванський Д.І., Ткачук В.М.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,  
Навчально-науковий інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук,  
Кафедра кореляційної оптики

**Вступ.** В сучасних технологіях прецизійних вимірювань неінвазійні (зокрема, оптичні) методи знаходять широке застосування. Особливо, це стосується тих випадків, де безпосередні контактні методи можуть зруйнувати поверхню вимірюваного об'єкта, що унеможливує проведення діагностики таким чином. Оптичні методи, що по своїй суті є безконтактними, створюють умови для неруйнівного контролю та діагностики таких об'єктів, з можливістю вимірювання їх параметрів. Зокрема, це стосується шорстких поверхонь з неоднорідностями, які складають одиниці нанометрів за висотним параметром, та можуть бути легко пошкоджені при вимірюванні контактним методом. Тому, виникає необхідність безконтактного контролю та вимірювання параметрів таких поверхонь в процесі їх виготовлення.

Більшість сучасних безконтактних (оптичних) профілометрів базуються на принципах інтерференції світла та дозволяють здійснити оцінку висот неоднорідностей порядку декількох ангстрем. В нашому випадку пропонується неінтерференційний метод, пов'язаний з використанням сучасних флуоресцентних наноматеріалів, які можуть бути використані в якості тестових об'єктів для діагностики структури шорсткої поверхні.

**Мета роботи.** Таким чином, в даній роботі пропонується новий метод неінвазійної оптичної діагностики наношорстких поверхонь, з неоднорідностями, що складають одиниці нанометрів за висотним параметром, із використанням флуоресцентних вуглецевих наночастинок в якості тестових об'єктів.

**Постановка задачі.** В якості досліджуваного об'єкту розглядаємо гладкі скляні поверхні, що можуть використовуватись в якості підкладок для виготовлення дисплеїв. Як правило, параметр шорсткості  $R_q$  таких поверхонь складає порядку 1-5 нм, а просторові масштаби неоднорідностей (довжина кореляції  $l_{\text{corr}}$ ) сягають до 150 нм. В якості тестових об'єктів розглядаються флуоресцентні наночастинок вуглецю діаметром 50-60 нм, розчинені у воді, які є статистично однорідно розподілені на поверхні підкладки. Флуоресценція наночастинок збуджується сфокусованим гаусівським пучком з суттєвою повздовжньою компонентою поля. Тому неоднорідності поверхні (включно з частинками) повинні знаходитись в межах глибини фокусування пучка, зокрема в межах її лінійної ділянки, що знаходиться на відстані 150-300 нм від фокальної площини. В межах таких відстаней доцільно проводити вимірювання, оскільки вони будуть лінійними і дозволять оцінити висотні параметри шорсткості нанометрового діапазону. Додатково

використовується зовнішнє електростатичне поле для того щоб утримувати електричні дипольні моменти частинок в напрямку паралельному повздовжній компоненті електричного поля опромінюючого пучка.

**Основна частина.** Флуоресценція частинок збуджується на довжині хвилі 405 нм, а випромінювання здійснюється на 530 нм, що дозволяє спектрально розділити зондувальний та корисний сигнал. Флуоресценція частинок (її інтенсивність), яка в нашому випадку збуджується повздовжньою компонентою поля, буде залежати від відстані між частинкою та площиною фокусування, що в свою чергу визначається неоднорідним розподілом висот поверхні. Здійснюючи послідовне поперечне сканування поверхні з частинками в двох напрямках можна отримати координатний розподіл інтенсивності флуоресцентного відгуку частинок, або, так званий, «рельєф інтенсивності флуоресценції». Регулюючи віддалення поверхні від площини фокусування, доцільно розмістити її в межах лінійної ділянки зміни інтенсивності збуджуючого пучка, для того, щоб значення інтенсивності флуоресценції були пропорційні відстані від фокальної площини. В такому випадку, зміна інтенсивності «рельєфу флуоресценції» буде пропорційна зміні висот реального рельєфу поверхні, та може бути перерахована в абсолютні одиниці шляхом математичних перетворень. Для гаусівського збуджуючого пучка, в межах лінійної ділянки області фокусування, зміна інтенсивності флуоресценції порядку 1%, що ще може бути зареєстрована детектором, відповідає перепаду висот порядку 5 нм, що й складає значення повздовжньої роздільної здатності нашого методу. Поперечна роздільна здатність буде залежати від розміру частинок та визначається поперечними масштабами неоднорідностей.

Зокрема, для довжини кореляції порядку 150 нм, радіус кореляції складає 75 нм, тому частинок діаметром близько 60 нм цілком достатньо для діагностування окремих неоднорідностей в межах поперечних просторових масштабів. Результати комп'ютерного моделювання показують, що похибка відтворення тримірному рельєфу поверхні даним методом (оцінена за висотним параметром шорсткості) не перевищує значення 8%.

**Висновки.** Запропоновано новий метод вимірювання параметрів наношорстких поверхонь з використанням флуоресцентних вуглецевих наночастинок. Збудження флуоресценції наночастинок, нанесених на шорстку поверхню, структурованим світлом (сфокусованим гаусівським пучком) дозволяє отримати «рельєф інтенсивності флуоресценції», що відповідає реальному рельєфу поверхні та може бути перерахований в координатний розподіл висот. Запропонований метод дозволяє оцінити неоднорідності з висотним параметром  $R_q$  близько 5 нм та просторовим масштабом (довжиною кореляції) біля 150 нм.

Похибка відтворення рельєфу поверхні (за висотним параметром шорсткості) не перевищує 8%.

# СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕНЬ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ

Імбірович Н.Ю.<sup>1</sup>, Федосов С.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Луцький національний технічний університет

<sup>2</sup>Волинський національний університет імені Лесі Українки

Поступове припинення використання азбесту в фрикційних матеріалах автомобільних гальм у багатьох частинах світу спричинило початок масштабних досліджень і розробок безпечніших альтернатив. Як наслідок, за останні два десятиліття у промисловості фрикційних гальмівних систем з'явилися різні гальмівні колодки, кожні з яких мали власний унікальний склад, але виконували ту саму задачу та претендували на те, щоб бути кращими за інші. Це свідчить про те, що вибір фрикційних матеріалів для гальм базується більше на традиції та експериментальних пробах і помилках, а не на фундаментальному розумінні.

Результати фундаментальних та прикладних досліджень повно відображені у роботах опублікованих у міжнародній науковій базі даних Scopus. Так починаючи з 1957 року і до сьогодні, кількість публікацій присвячених дослідженню гальмівних систем становить понад 3 тис. з високим індексом цитування ( $h = 89$ ), причому на останні 5 років припадає понад 1,3 тис. наукових праць. Усе це свідчить про актуальність даних досліджень у світі. Внесок українських вчених у розв'язок даних проблем є порівняно незначним і потребує значної активізації досліджень. Усього у Scopus відображено 19 праць українських науковців з  $h = 4$ , причому період опублікування 2016-2022 рр. Для повноцінного розвитку даного дослідницького напрямку в Україні та залучення науковців і бізнесу, проаналізовано найбільш авторитетні (цитовані) роботи наших науковців.

У роботі «Noise and temperature reduction in the contact of tribological elements during braking» авторами Gerlici J., Gorbunov M., Kravchenko K., Prosvirova O., Lack T. описано проблему підвищення температури елементів тертя під час гальмування. Запропоновано методи стабілізації температури в контакті трибоелементів під час гальмування. Розглянуто варіанти застосування гальмівної колодки з додатковими елементами з матеріалу фазового переходу. Оцінюється їх ефективність. Проаналізовано вплив контактних характеристик на генерацію шуму. Розглянуто спосіб шумозаглушення. Розроблено цільову функцію для управління трибологічними процесами в контакті гальмових елементів. Застосування цієї цільової функції дозволяє використовувати запас гальмування з досягненням максимального гальмівного ефекту з мінімальним зносом і шумом.

Стаття «The innovative design of rolling stock brake elements» авторів Gerlici J., Gorbunov M., Kravchenko K., Prosvirova O., Lack T. присвячена питанням безпеки руху на залізничному транспорті. Оцінено вплив роботи фрикційних елементів системи гальмування на ефективність гальмування. Проведено аналіз методів і конструкцій відведення тепла від елементів контактного тертя. Розглянуто вплив вентиляційних каналів дискових

гальм на опір ходу автомобіля. Запропоновано технічні рішення регулювання температури в елементах тертя при гальмуванні. На основі аналізу було запропоновано інноваційне рішення гальмівного диска. Запропоноване рішення зменшить знос поверхонь тертя, значно спростить технологічний процес заміни гальмівного диска, зменшить ймовірність появи тріщин у глибині диска та підвищить надійність його роботи.

У «The Noise-Generating Mechanism during the Application of Disc Brakes on Rolling Stock» (Osenin Y.I., Krivosheya Y.V., Chesnokov A.V., Antoshkina L.I., Bugaenko V.V.) наведено результати дослідження механізму утворення шуму під час застосування дискових гальм на рухомому складі. Показано, що одним із основних джерел утворення шуму є деформація мікрогеометрії поверхневого шару та його пружне відновлення, яке відбувається під впливом взаємодії робочих елементів дискового гальма. Оцінено вплив співвідношення робочих площ фрикційних елементів, що моделюють гальмівну колодку та гальмівний диск, на інтенсивність шуму під час їх взаємодії. Запропоновано конструктивно-технічний спосіб зниження рівня шуму дискового гальма при гальмуванні, який полягає у збільшенні співвідношення між робочими площами гальмівної колодки та гальмівного диска.

Завданням роботи «The effect of stiffness of shoe brake elements on the distribution of contact pressures» було визначення застосовності гіпотези про абсолютну жорсткість гальмівної балки та визначення залежності характеру розподілу контактних тисків від відношення поперечної жорсткості гальмівної накладки до жорсткості гальмівної балки на вигин. Авторами Zabolotnyi K., Zhupriev O., Molodchenko A. розроблено аналітичну модель гальмівної балки як круглої балки постійного перетину на основі Вінклера, жорсткість якої залежить від властивостей жорсткості композитної накладки. З аналізу напружено-деформованого стану виявлено безрозмірний фактор, що визначає характер розподілу контактного тиску, а саме відносну жорсткість. Для з'ясування впливу цього фактора в програмному забезпеченні SolidWorks Simulation були проведені обчислювальні експерименти для балки постійного перерізу та реальної гальмівної колодки для різних конструктивних рішень зміни відносної жорсткості. Розроблено метод визначення розподілу контактних тисків залежно від відношення поперечної жорсткості гальмівної накладки до жорсткості гальмівної балки на вигин. Наведено порівняння результатів різних проектних підходів для досягнення рівномірного розподілу контактного тиску вздовж гальмівної балки.

Основними науково-дослідними центрами України, які мають належну матеріально-технічну, наукову базу і займаються даною проблематикою є: Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Український державний університет залізничного транспорту, Державний університет інфраструктури та технологій, Донецький інститут залізничного транспорту, тощо.

## ПРО ТЕХНОЛОГІЮ ТА МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗА ГЕОМЕТРІЄЮ КИСТІ РУКИ

Кайдик О.Л., Терлецький Т.В., Меус О.С., Садовий М.О., Бас Р.В.  
Луцький національний технічний університет

На сьогоднішній день біометричні характеристики людини відносять до додаткових параметрів захисту, що дозволяє забезпечити носію даної інформації безпеку та комфорт у різних сферах її діяльності. Узагальнено таку технологію ідентифікації/автентифікації особи прийнято називати біометричною.

Біометрія являє собою сукупність автоматизованих методів і засобів ідентифікації людини, які засновано на її фізіологічних характеристиках або поведінці. На систему біометричної ідентифікації покладено наступні функції:

- реєстрація – за декількома параметрами (залежить від методу автентифікації) формують цифрову модель/шаблон біометричної характеристики окремовзятої людини;
- ідентифікація – вимірювання/зчитування біометричної характеристики з її носія та порівняння з наявним шаблоном/моделлю.

На практиці розрізняють статичні та динамічні методи біометричної автентифікації. Перші методи ґрунтуються на фізіологічній характеристиці людини, а другі – на її поведінці (характерні для підсвідомості рухи під час відтворення будь-якої дії).

Розпізнавання за геометрією кисті руки, яка є унікальною біометричною характеристикою людини, зазвичай відносять до статичних методів розпізнавання. За допомогою спеціального пристрою (сканера), який дозволяє отримувати тривимірний образ кисті руки формують модель унікальної цифрової розгортки, яка дозволяє ідентифікувати людину.

Варто зауважити, що саме системи ідентифікації людини за геометрією (контуром) руки з'явилися одними із перших. З огляду на його компактність образу цей клас систем є найекономічнішим (найпростіший варіант зберігає інформація про довжину та ширину пальців). Більш складними є системи, які здатні вимірювати профіль руки, який включає у себе об'єм кисті, пальців, нерівності долоні, розташування складок шкіри на згинах. Дані про об'ємні параметри руки отримують за допомогою телевізійних камер та інфрачервоного підсвічування руки. Послідовне включення світлодіодів, які розташовано під різними кутами, дозволяє отримати проекцію кисті руки у різних площинах та сформувати інформацію про її об'єм.

Технологію розпізнавання за контуром кисті руки прийнято застосовувати для реалізації контролю доступу за різними рівнями безпеки: низьким, середнім і високим. Окрім цього, таку технологію застосовують і у системах, які здатні реєструвати факт присутності. Точність та швидкодія цього методу ідеально підходять для розпізнавання великої кількості людей. У деяких біометричних технологіях закладено ймовірність помилки до 4%, що не є глобальною проблемою, якщо системою користується мала кількість осіб. В протилежному випадку, коли розпізнавати необхідно десятки тисяч людей, необхідно більш надійніша

технологія. Сканування кисті руки гарантує отримання результату розпізнавання з похибкою не більше 0,01%.

Як уже зазначалось вище, для будь-яких біометричних систем/додатків, в основу яких покладено унікальні біометричні характеристики людини, необхідно створити її ідентифікуючий шаблон/модель (код). Чим меншим буде розмір такого шаблону, тим легше буде реєструвати велику кількість людей, інтегрувати таку систему в існуючі системами управління доступом.

Геометрія кисті руки відрізняється, перш за все, мінімальним розміром шаблону (не більше 9 байт), що робить її ідеальною з точки зору збереження цієї інформації на носії. Зауважимо, що з руки можна зняти до 90 інформаційних параметрів (наприклад, у біометриці не використовують інформацію про візерунок на долоні, який також є унікальним для кожної людини).

Існуючі методи розпізнавання за геометрією кисті руки базуються на таких принципах:

- перший – засновано на геометричних характеристиках кисті руки;
- другий – засновано на змішаних (геометричних і образних) характеристиках кисті руки.

Перший метод порівняно старий, існує понад 25 років. Інформація про біометричні характеристики людини (довжина та ширина пальців) дозволяла керувати їй доступом до приміщення за допомогою систем контролю доступу. За рахунок своєї простоти та недосконалості методики автентифікації цей метод став неефективним. Більш складними є системи, які розпізнають (вимірюють) профіль руки за об'ємом кисті, пальців, нерівності долоні, розташування складок шкіри на згинах. Другий метод більш сучасний (знімається чотири характеристики, три з яких є скалярними та відносяться до розмірів пальців) та базується на формуванні моделі біометричних образів за згинами між фалангами пальців, візерунком (розташуванням) підшкірних кровоносних судин.

Аналіз контрольних (характеристичних) точок контуру руки та її вихідних геометричних ознак дозволяють виокремити наступні біометричні характеристики: ширина долоні, радіус вписаної в долоню кола, довжини пальців, ширина пальців та висота кисті руки у трьох точках. Варто зауважити, що в існуючих системах верифікації особистості людини за геометрією руки використовуються не усі наявні ознаки, частину вихідних параметрів отримують з їх математичного оброблення (кути між контрольними точками, середні значення та дисперсія значень вихідних ознак).

Присутність у біометричній характеристиці руки напівтонового зображення дозволяє суттєво ускладнити процедуру обходу (зламу) системи ідентифікації. При цьому комерційні системи ідентифікації людини, не конкретизують інформації про характерні ознаки (характеристики) руки, які застосовано у системі.

З-поміж основних переваг даного способу автентифікації людини варто виділити його простоту (відсутність особливих вимог до чинників навколишнього середовища та чистоти рук), яка не викликає у них дискомфорт та не займає багато часу.

**ABOUT THE ASSIGNMENT OF THE VERIFICATION INTERVAL**  
**Oleh Kaidyk, Taras Terletsnyi, Vitalii Ptashenchuk, Mykola Sadovuy**  
Lutsk National Technical University

The choice of method of determining the verification interval depends on the initial data about the reliability and stability of measuring instruments. Provided that the metrological reliability of measuring instruments is known, the most probable and effective way of determining the verification interval is the method based on the statistics of failures.

It is known that for getting the most complete information about metrological reliability of measuring instruments it is necessary to use models describing time variation of metrological characteristics of a measuring instrument. With the help of these models it is accepted to determine the moment of error exceeding the permissible limits, which allows establishing the verification interval for a given measuring instrument. But the presented assumptions and restrictions for formalized description of parameters and characteristics of ageing processes of measuring instruments lead to an increase in the error of calculating the verification interval. It is possible to solve this problem only at the expense of availability of a large quantity of experimental data about the process of change in metrological characteristics of measuring instruments of different types in time.

Determination of the verification interval according to the economic criterion makes it possible to establish the interval that minimizes the costs of operating the measuring instrument and takes into account the possible consequences that may arise from the use of a metrologically defective measuring instrument. The input data for determining the interval of verification according to this criterion are indicators of the cost of verification and repair of measuring instruments, costs associated with the removal of measuring instruments from service, as well as the costs arising from the use of a metrologically defective measuring instrument. Note that the difficulty in applying this method is that the costs associated with the use of a metrologically defective measuring instrument are usually unknown compared with the costs of its repair and verification, which are determined according to regulatory documents.

The method of arbitrary assignment of the verification interval with its subsequent correction is the most universal. The first verification interval is chosen in accordance with recommendations of normative documents of state and departmental metrological services, and the initial data for further adjustment are the results of verification of a large number of measuring instruments of the same type.

It should be noted that among measuring instruments for which a unified verification interval is established there are both highly stable and low-stable measuring instruments, but they all, within one type, have the same requirements. Setting an unreasonably short verification interval for measuring instruments with a consistently low uncertainty leads to unnecessary costs associated with the metrological verification procedure, while setting an unreasonably long verification interval for low-stable measuring instruments leads to increased costs from the use of metrologically defective measuring instruments.

# МЕТОДИКА КАЛІБРУВАННЯ ТРУБОПОРШНЕВИХ ПОВІРОЧНИХ УСТАНОВОК ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПАКТ-ПРУВЕРА З КОМПАРАТОРОМ

Кепещук Т.В., Кепещук Д.Т.

Державне підприємство «Івано-Франківський науково-виробничий центр  
стандартизації, метрології та сертифікації»

**Вступ.** Зростання вартості енергоносіїв, зокрема нафти, разом з наростаючим дефіцитом в обсягах її видобутку і підготовки ведуть до підвищення вимог до точності, забезпечення єдності та достовірності вимірювань, удосконалення існуючих та розробки, впровадження нових методів та засобів обліку нафти.

Для визначення кількості нафти застосовуються вузли обліку нафти (ВОН). На ВОН, що реалізують метод динамічних вимірювань, кількість нафти визначається за показами лічильників нафти (турбінних або масових витратомірів). Відповідно до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» такі перетворювачі витрати (витратоміри-лічильники) у процесі експлуатації підлягають повірці.

Основними еталонними засобами, що застосовуються для повірки перетворювачів витрати на вузлах обліку нафти, є трубопоршневі повірочні установки (ТПУ).

**Постановка задачі.** Під час експлуатації ТПУ необхідно здійснювати визначення (контроль) їх метрологічних характеристик (МХ). До недавнього часу МХ ТПУ визначались (контролювались) шляхом проведення їх повірки. Проте із введенням нової редакції Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» еталони підлягають калібруванню.

Калібрування ЗВТ здійснюється відповідно до методик калібрування. Враховуючи те, що на даний час в Україні на велику кількість ЗВТ та еталонів відсутні методики калібрування, які встановлені у національних стандартах, питання щодо розроблення таких методик є досить актуальним.

**Мета роботи** – розробити методику калібрування еталонних трубопоршневих повірочних установок, що дасть можливість забезпечити метрологічну простежуваність від еталонів до робочих засобів вимірювальної техніки.

**Основна частина.** Калібрування трубопоршневих повірочних установок може проводитися із застосуванням еталонних мірників (як правило, на воді), еталонних ваг та за допомогою еталонної ТПУ (компакт-прувера) з компаратором.

Методика калібрування трубопоршневих повірочних установок за допомогою еталонної ТПУ (компакт-прувера) з компаратором була розроблена з врахуванням вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій» та документу Європейської кооперації з акредитації EA-4/02 M:2021 «Evaluation of the Uncertainty of Measurement in calibration».

Розглянемо основні розділи розробленої методики калібрування.

У розділі «Операції калібрування» наведено перелік операцій калібрування: підготовка до калібрування, проведення калібрування, оцінювання невизначеності результату вимірювання, оформлення результатів калібрування.

У розділі «Засоби калібрування» наведено перелік технічних засобів, що застосовуються при калібруванні: еталони, ЗВТ, допоміжне обладнання, а також їх основні технічні та метрологічні характеристики. Зокрема, при калібруванні трубопоршневої повірочної установки застосовується компакт-прувер з розширеною невизначеністю вимірювання об'єму 0,014%, компаратор – турбінний перетворювач витрати (ТПВ), перетворювачі температури та тиску, термометри, манометри, засоби для вимірювання густини та в'язкості нафти, секундомір, барометр, психрометр аспіраційний.

Розділ «Умови проведення калібрування» містить вимоги щодо параметрів навколишнього середовища, температури калібрувальної рідини (нафти), витрат рідини, при яких буде проводитися калібрування.

Розділ «Підготовка до калібрування» містить перелік робіт, що проводяться перед калібруванням та способи їх виконання.

Розділ «Проведення калібрування» встановлює методи визначення (контролю) метрологічних характеристик засобу, що калібрується, та містить процедуру проведення калібрування, схеми підключення, рисунки, вказівки про порядок проведення операцій калібрування, формули, таблиці тощо. При калібруванні трубопоршневої повірочної установки за допомогою компакт-прувера метод калібрування полягає у визначенні невідомої місткості каліброваної ділянки ТПУ з відомою місткістю каліброваної ділянки компакт-прувера з застосуванням компаратора за робочих умов.

Під час калібрування запускається поршень компакт-прувера і вимірюється кількість імпульсів, що видається компаратором за один прохід поршня каліброваною ділянкою компакт-прувера. Аналогічно вимірюється кількість імпульсів, що видається компаратором за один прохід кульового поршня каліброваною ділянкою ТПУ, що калібрується.

Розділ «Оцінювання невизначеності результату вимірювання» містить процедуру обробки результатів калібрування. У розділі наведено математичну модель вимірювання з врахуванням впливових факторів та алгоритмів їх оцінювання, бюджет невизначеності та алгоритм оцінювання невизначеності вимірювання місткості компакт-прувера та ТПУ при їх калібруванні.

**Висновки.** Розроблено методику калібрування трубопоршневої повірочної установки за допомогою компакт-прувера з компаратором. Вказана методика пройшла апробацію та застосовується при калібруванні ТПУ, що експлуатуються на об'єктах нафтогазової галузі України. Розроблення та застосування методик калібрування дало можливість забезпечити метрологічну простежуваність від еталонів до робочих засобів вимірювальної техніки, що застосовуються для обліку нафти та нафтопродуктів.

# АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТЕКТОРНИХ БЛОКІВ СИСТЕМИ «СЦИНТИЛЯТОР - P-I-N ФОТОДІОД»

Кудряшов В.О., Лещенко О.І. Любимов А.Я.

Державний університет інтелектуальних  
технологій і зв'язку м. Одеса

**Вступ.** Широко розповсюджені у радіометричній та спектрометричній апаратурі детекторні блоки на основі сцинтиляційних кристалів та ФЕП мають ряд недоліків, що пов'язані зі значним енергоспоживанням, необхідністю захисту їх від електромагнітних полів, значними габаритами.

Альтернативою даним детекторним блокам може бути система сцинтилятор-p-i-n фотодіод. Використання у сцинтиляційних детекторних блоках p-i-n фотодіодів з високою квантовою ефективністю у широкому спектральному діапазоні, та кристалів CsI(Tl) має вихід фотоелектронів вищий ніж у розповсюдженого детекторного блоку NaI-ФЕП. Ця та деякі інші переваги p-i-n фотодіодів порівняно з ФЕП, такі, як невеликі розміри та вага, нечутливість до магнітних полів, довготривала стабільність характеристик зумовили широке застосування цих детекторних блоків у ядерній фізиці, медицині, експериментах на космічних апаратах, тощо.

Проте використання подібних сцинтиляційних детекторів має свою специфіку. Вона полягає у шумовій характеристиці системи p-i-n фотодіод-зарядочутливий підсилювач, що залежить від площі p-i-n фотодіоду та параметрів зарядочутливого підсилювача.

**Постановка задачі.** Робота присвячена визначенню метрологічних характеристик детекторних блоків на основі сцинтилятора та p-i-n фотодіоду, аналізу та можливості їх покращення.

**Мета роботи.** Внести пропозиції що до перспектив покращення метрологічних характеристик використання властивостей сучасних матеріалів сцинтиляторів а також сучасних p-i-n фотодіодів.

**Основна частина.** Використання детекторних блоків системи сцинтилятор-p-i-n фотодіод має свою специфіку, яка пов'язана з відсутністю у p-i-n фотодіодів власного підсилення. Тому, для підсилення сигналу з виходу детекторного блоку застосовують зарядочутливі підсилювачі. У зв'язку з цим, шумова характеристика системи сцинтиляційний детекторний блок-зарядочутливий підсилювач залежить від площі чутливої поверхні p-i-n фотодіоду та параметрів зарядочутливого підсилювача.

Одні з найкращих технічних характеристик за відношенням сигнал/шум мають сцинтиляційні детекторні блоки, з застосуванням p-i-n фотодіоду з розміром світлочутливої поверхні 10x10 мм та сцинтиляційного кристалу у формі куба об'ємом 1 см<sup>3</sup>.

Пріоритетними метрологічними характеристиками системи сцинтилятор-р-і-п фотодіод, що потребують покращення є енергетичний дозвіл, швидкодія та чутливість. Після проведення порівняльного аналізу сцинтиляційних кристалів, виявилось, що найбільш перспективними за поєднанням енергетичного дозволу, швидкодії, та світловиходу є кристал  $\text{LaBr}_3$  (Ce) та деякі з нещодавно розроблених сцинтиляторів.

Аналіз характеристик сцинтиляторів показав, нажалі і їх недоліки: занадто низька довжина хвилі максимального випромінювання; зavelика тривалість висвітлення; наявність гігроскопічності.

Тому пропозицією покращення метрологічних характеристик може бути підбір р-і-п фотодіода.

Одним з лідерів з виробництва р-і-п фотодіодів, що має найбільш широку номенклатуру є фірма HAMAMATSU. Згідно аналізу модельного ряду, був відібраний р-і-п фотодіод серії S3590-19 з площею чутливої поверхні 10x10 мм, що виявився найбільш оптимальним рішенням з точки зору спектральної чутливості у заданій області діапазону.

Збільшити спектральну чутливість та швидкодію сцинтиляційних детекторів з застосуванням вищевказаних кристалів можна шляхом розташування між кристалом та р-і-п фотодіодом змішувач спектру у вигляді сцинтиляційної плівки завтовшки кілька десятків мікрон або у вигляді тонкого сцинтиляційного кристалу.

Для виключення впливу вологості середовища на сцинтиляційний детектор з застосуванням даних кристалів, він запаковується у герметичний дюралевий корпус, який в  $\gamma$ -спектрометрії може бути одночасно певним екраном для інших видів випромінювання.

Недоліком р-і-п фотодіодів, що використовуються в сцинтиляційних блоках є необхідність підсилення сигналу, що підвищує рівень шумів.

Перспективним є розгляд можливості використання мікропиксельних лавинних фотодіодів MAPD (*Mikro Avalanche PhotoDiode*).

У лавинних фотодіодах із піксельною структурою кожен піксель являє собою лічильник одиничних фотонів, проте MAPD є аналоговим детектором, оскільки вихідний сигнал MAPD є сума сигналів з усіх пікселів, які спрацювали під час поглинання ними фотонів. Такі мікропиксельні лавинні фотодіоди здатні реєструвати малі інтенсивності світла (на рівні кількох десятків і навіть одиничних фотонів), при цьому володіючи високим коефіцієнтом внутрішнього підсилення  $10^6$  і навіть  $10^8$ .

**Висновки.** Аналіз спектрометричних детекторних блоків показав, що найбільш перспективними сьогодні є детекторні блоки з р-і-п фотодіодами.

Крім того сцинтиляційний детектор, як засіб вимірювання, має метрологічні характеристики, пріоритетними з котрих є енергетичний дозвіл, швидкодія та чутливість.

Одним з шляхів вдосконалення метрологічних характеристик, на погляд авторів, може бути підбір р-і-п фотодіода.

# ІНФОРМАЦІЙНІ КРИТЕРІЇ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ДІАГНОСТИЦІ ПАТОЛОГІЙ ОКА

Лапченко Ю.С.

Луцький національний технічний університет

Ви вже не раз чули, що очі – дзеркало душі, однак, по очах не тільки можна визначити стан вашої душі, але і стан вашого здоров'я. У наш час зустріти людину зі 100%-м зором, це така ж рідкість, як і зустріти альбіноса на просторах наших вулиць, шанс звичайно є, але... Причинами такої невтішної статистики, є вроджені або набуті різні патології органів зору. У зв'язку з непомірною активністю за комп'ютером, стресами, ненормованою роботою, неповноцінним харчуванням та іншими буденними факторами, наші очі отримують величезне навантаження і рано чи пізно, ви можете побачити світ по-іншому. Деякі захворювання безпосередньо впливають на очі, а деякі можуть бути частиною загальносистемного серйозного захворювання. Амбліопія, пресбіопія, косоокість є одними з найпоширеніших захворювання, які вимагають негайного лікування. Відповідно належна верифікація таких патологій покращить безпосередньо і лікування.

До таких патологій належать: патології диска зорового нерва; патології макули; патології сітківки ока; патології судин ока

Мікроаневризми. Крововиливи. Ретинальні крововиливи в різні шари сітківки мають свої ознаки:

1) крововиливи в шар нервових волокон мають вигляд штрихів, а при розташуванні в цьому ж шарі навколо диска і макули – у вигляді радіальних смуг;

2) крововиливи в середні шари мають вигляд дрібних груп яскраво-червоного або червоного кольору з чіткими краями;

3) преретинальні крововиливи між шаром нервових волокон і задньою мембраною склоподібного тіла – у вигляді великої (до 4-5 діаметрів диска) круглої калюжі з горизонтальним рівнем розділу плазми і формених елементів;

4) субретинальні крововиливи – між шарами пігментного епітелію і нейроепітелію (паличок і колбочок). Вони темніші, ніж ретинальні і не мають таких чітких контурів;

5) хоріоїдальний крововилив – багряного кольору, іноді з синюватим відтінком;

б) ретрохоріоїдальна (супрахоріоїдальна) кровотеча – виникає внаслідок розриву однієї або обох довгих задніх артерій. Умови виникнення: різке падіння внутрішньо очного тиску при екстракції катаракти, атеросклеротичні і дистрофічні зміни стінок інтраокулярних судин, ішемічний некроз.

Комп'ютерна діагностика. Існує думка, що ознаки патології тканин, перераховані в цьому розділі, легко піддаються комп'ютерним методам аналізу зображень, більше того, комп'ютер здатний визначити значення кожної з діагностичних ознак точніше, ніж спостерігач – людина. Ці

переконання служать рушійною силою для проведення робіт, спрямованих на те, щоб формалізувати діагностичні критерії і таким чином зробити їх доступними для розуміння комп'ютерними програмами.

Практичні випробування багатьох комп'ютерних програм показали, що їх слабким місцем була взаємодія з користувачем. Ці проблеми можна вирішити, використовуючи техніку комп'ютерного зору, автоматизувавши ідентифікацію діагностичних критеріїв, можна отримати більш надійну методику діагностики.

Якщо програма враховує відразу ряд різних критеріїв і, об'єднує інформацію по кожному з них, то за допомогою різних методів штучного інтелекту можна сформулювати діагноз. Зокрема, ефективність системи, заснованої на штучній нейрон мережі, у порівнянні з системою, побудованою евристично на думці експерта – людини, дає кращі результати. Схожий підхід використовувався для розробки аналітичної системи «Skinwiew», яка, за твердженням творців, володіє здатністю моделювати процедуру клінічної діагностики, що проводиться експертом – людиною. Вона створювалася як формалізація американського контрольного списку «АВСВЕ» шляхом вироблення точних кількісних оцінок для кожного з діагностичних критеріїв.

Про використанні алгоритми в роботі повідомляється мало, але результати характеризуються як багатообіцяючі і заслуговують на увагу в якості корисного засобу діагностики. У процесі роботи була виділена істотна проблема, з якою зіткнулися творці автоматичної системи діагностики – великі труднощі у визначенні та формалізації відносно простих тверджень на кшталт пухлина асиметрична.

Аналогічна проблема виникає при оцінці такого критерію, як «зміна розмірів» – шляхом спостереження за розвитком площі патологій з плином часу. Недолік довіри до комп'ютерних систем, породжує дуже велике навантаження на консультантів офтальмологів. Причиною цього на рівні первинного обстеження стало, з одного боку, відсутність у лікарів «широкого профілю» впевненості у своєму діагнозі, з іншого – можливість фатальних наслідків у разі помилки.

Досягнути ідеальної точності діагностики за допомогою комп'ютерною аналізу надзвичайно складно. А при відсутності точної методики постановки діагнозу лікар, завжди віддасть перевагу перестраховатися, незважаючи на великий ризик погіршити зір пацієнта. У цій ситуації мабуть найбільш виправданим є не зовсім стандартний підхід для творців комп'ютерних систем діагностики – зосередитися на тому, щоб ідентифікувати однозначно будь-які патології тканин. На практиці, найбільші труднощі виникають в тому, щоб досягти 100%-ї точності виявлення патологій, не знизивши при цьому вибірковість методики до повної практичної непридатності.

## ВІДДАЛЕНЕ АДМІНІСТРУВАННЯ РОБОТОЮ ГРУПИ ТЕПЛИЦЬ

Лиса О.В., Мідик А.-В.В.

Львівський національний університет природокористування

Для покращення інтелектуального обслуговування кіберфізичних систем переважно застосовують віддалене адміністрування, що дає змогу зекономити на ресурсах і підвищити якість обслуговування, а значить і якість кінцевого продукту.

Проект топології мережної системи розумної теплиці базується на бездротовій технології типу ZigBee підключення пристроїв. Він складається з двох основних частин, першою з яких є мікропроцесор Raspberry Pi, що використовується як основна частина станції і об'єднує вузол шлюзу, сервер бази даних і веб-сервер (останній є на ньому замість використання будь-якого типу ПК-сервера). Другу частину формують бездротові тепличні вузли, які складаються з трьох різних підвузлів – відповідно для кожного з трьох контурів регулювання лише стосовно температурної підсистеми розроблюваної КФС: Air1 і Ground2 використовуються для моніторингу та регулювання температури повітря та ґрунту, а третій підвузол - для моніторингу та регулювання температури води для підживлення. Підвузли Room1 і Room2 складаються з Arduino, Arduino XBee Shield, модуль XBee і набору сенсорів. Підвузол Water3 складається з модуля XBee і температурного сенсора. Місцевий і віддалений користувач може отримати доступ до цієї системи за допомогою будь-якого веб-браузера. Віддалений користувач може отримати доступ до системи шляхом призначення публічної IP-адреси Raspberry Pi.

При розробленні вузлів мережі КФС теплиці Air1, Ground 2, Water3, вони вибираються як прототипи для кожної наступної теплиці. Зазначені вузли використовуються для моніторингу температури, вологості середовища, виявлення газу та диму та дистанційного управління будь-якими засобами вимірювання в них через Інтернет за допомогою встановленої кількості сенсорів, актуаторів та реле. Кожен з вузлів Air1, Ground 2, Water3 складається з мікроконтролера Arduino Uno з апаратним та програмним забезпеченням з відкритим кодом та з цифровими пінами введення/виведення та аналогових входів [2]. XBee Pro Series2 підключається до кожного вузла і реалізує бездротові комунікації, засновані на стандартах IEEE 802.15.4 та ZigBee, пропонує від Digi [1]. Їх перевагами є низькі вартість, споживана потужність та швидкість передачі даних при роботі на частоті 2,4 ГГц.

XBee Pro S2 оснащено 20-контактними функціями та налаштований як лінія АЦП або введення / виведення [1]. Arduino Shield XBee - це додаткова плата, яка використовується для того, щоб плата Arduino підключилася до іншої плати за допомогою XBee модуля. Він з'єднується вертикально над Arduino, а потім XBee з'єднується над ним [2]. Сенсор вологості та температури DHT22 та сенсор детектування газу та диму MQ-2 є сенсорами, що використовуються у вузлах контурів регулювання; також

є реле електричного вимикача, що використовується в цих вузлах. Інші компоненти можуть бути легко додані до системи.

База даних MySQL використовується для зберігання таблиці конфігурації, керуючої таблиці і таблиці даних системи. Веб-сервер Apache з мовою програмування PHP використовується на стороні сервера КФС. Кінцевий користувач може отримати доступ до системних інтерфейсів через будь-який пристрій, який має доступ в Інтернет.

### **Список використаних джерел**

1. DIGI. International, "XBee and XBee-Pro RF Module", Product Manual, 2009. [online] available: <https://www.digi.com/>. [Accessed 12 1 2018].

2. Arduino XBee Shield. [online] available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoXbeeShield>.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПІРОЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИЙМАЧІВ ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТЕХНОЛОГІЇ SMART CITY**

**Мороз С.А., Ткачук А.А., Лишук В.В.**

Луцький національний технічний університет

Розумне місто (Smart City) – це концепція інтеграції безлічі інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ), у тому числі систем Інтернету речей (ІоТ) для управління інфраструктурою міста: транспортом, системами безпеки, системами ЖКГ тощо.

ІКТ дозволяють міській владі безпосередньо взаємодіяти з спільнотами та міською інфраструктурою, і стежити за тим, що відбувається у місті, як місто розвивається, та які способи дозволяють покращити якість життя. За рахунок використання датчиків, які інтегровані у режимі реального часу, накопичені дані від міських мешканців та пристроїв обробляються та аналізуються. Зібрана інформація є ключем до вирішення проблем неефективності.

Для виконання завдань, які потрібно вирішувати в рамках проектів Smart City використовуються різноманітні пристрої, як сприймають зовнішню інформацію різних типів. Одними з таких пристроїв є давачі на основі піроелектричних приймачів випромінювання (ППВ).

В даний час випускаються піроелектричні перетворювачі різних типів, що включають різноманітні детектори теплового випромінювання, тепловізійні піровидикони і матриці, хроматографічні детектори, анемометри, датчики ударних хвиль тощо. Обсяги випуску пристроїв, робота яких заснована на піроелектричному ефекті постійно збільшуються, розширюються сфери їх застосування.

Одним з основних характеристик ефективної роботи таких пристроїв є чутливість. Для визначення порога чутливості ППВ необхідно знати рівень шумів його чутливого елемента (ЧЕ), еквівалентна схема якого

представлена (рис. 1) конденсатором з ємністю  $C_g$  і тангенсом кута діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$ .

Зазвичай виділяють наступні джерела шумів піроелектричних елементів.

1) Тепловий (джонсонівський) шум навантажувального опору  $R_s$ . Джонсонівський шум – це середньоквадратична напруга на резисторі, зумовлена безладним тепловим рухом у ньому електронів.

2) Тепловий (джонсонівський) шум опору діелектричних втрат ЧЕ.

3) і 4) Шумова ЕРС та вхідний шумовий струм вимірювальної схеми, які залежать від параметрів та режиму роботи вхідного транзистора. Мінімальні значення шумової ЕРС на низьких частотах (10÷20) Гц становлять  $\sim 10$  нВ/Гц<sup>1/2</sup>, а значення шумового струму  $\sim (2\div 3) \cdot 10^{-16}$  А/Гц<sup>1/2</sup>. За своєю природою шумовий струм є, переважно, дробовим шумом, що у колі затвора польових транзисторів.

5) Температурний шум ЧЕ пов'язаний з флуктуаціями у ньому температури, що виникають через статистичну природу теплообміну між чутливим елементом і навколишнім середовищем.

#### ЧЕ піродетектора Підсилювач

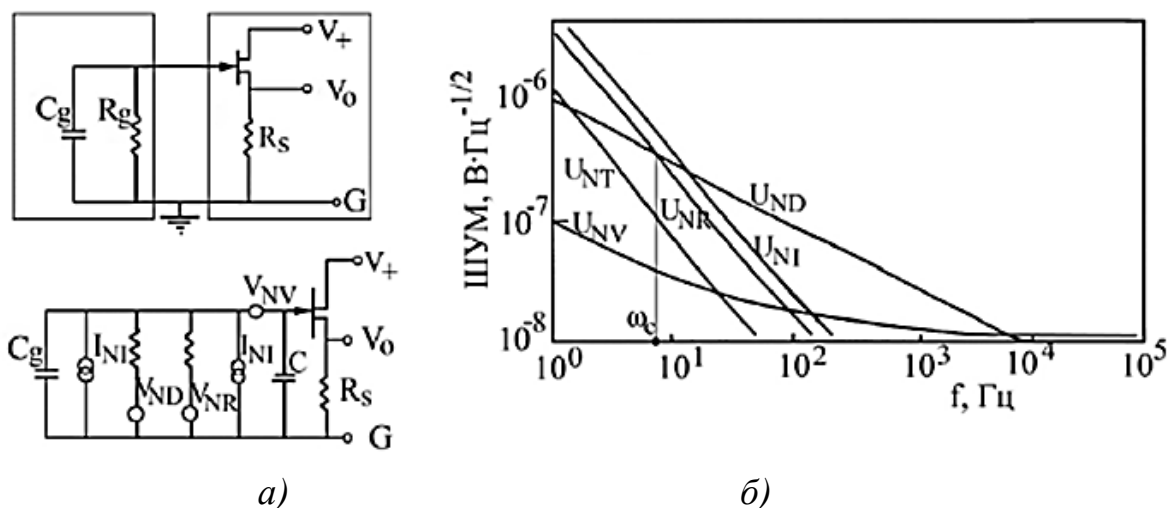


Рисунок 1– Еквівалентна електрична схема ПІВ із зазначенням джерел шумів (а) та відносні величини напруг шумів для типових піроелектричних детекторів (б)

Крім перелічених вище, є низка інших джерел небажаних сигналів у піроелектричних детекторах, які пов'язані, переважно, зі своїм оточенням – швидкою зміною навколишньої температури, електромагнітними перешкодами, механічними вібраціями. Оскільки всі піроелектрики є одночасно і п'єзоелектриками, то вібрації та акустичні дії генеруватимуть у них паразитні п'єзоелектричні сигнали. Величина цих сигналів значною мірою залежить від матеріалу піроелектрика, способу закріплення ЧЕ, робочого зрізу піроелектричної пластинки. Ефективним способом зменшення п'єзосигналу, спричиненого акустичним впливом, є вакуумування ПІВ. Для боротьби з п'єзоелектричними перешкодами використовують різні компенсаційні методи, які засновані на обробці електричних сигналів від двох п'єзоелементів, один з яких є ЧЕ ПІВ.

Обидва елементи знаходяться по можливості в ідентичних механічних станах і електрично включені в протифазі так, що результуючий сигнал містить тільки значно подавлену п'єзоелектричну компоненту.

Для зменшення впливу різних джерел шумів ефективним є застосування різних алгоритмів оброблення вхідних сигналів ППВ. Серед основних варто виділити наступні методи підвищення завадостійкості ППВ: диференціальний метод; метод частотної фільтрації; метод спектральної фільтрації; двохдіапазонний метод; метод оптимальної просторово-частотної фільтрації; параметричні методи.

Розвиток електронних пристроїв на основі піроелектричних приймачів випромінювання йде головним чином у напрямі підвищення завадостійкості за рахунок удосконалення оптичних систем, алгоритмів обробки сигналів, широкого застосування методів цифрової обробки сигналів з використанням спеціалізованих мікроконтролерів та процесорів.

## **ANALYSIS METHODS OF MANUFACTURING FLEXIBLE PRINTED BOARDS**

**Mahovych J.O., Krynytskyi O.S.**

Ivano Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Flexible printed circuit boards are finding more and more applications, in particular as a way of connecting modules in electronic devices. There is also a promising use of electronics in the medical, space, and military fields, where they help solve various technological problems.

In general, for the production of flexible printed circuit boards, the following technology of creating a polymer base with a conductive layer and applying the topology of printed conductors is used.

There are two main methods of manufacturing flexible printed circuit boards:

- a) connecting the conductive foil to the base using polymer adhesives;
- b) applying a molten flexible base to the foil.

Most often, the first method is used, the essence of which is that polymer glue is applied to the basic dielectric base and connected to a conductive foil. When using this method, there is a certain drawback that affects the thermal properties of flexible printed circuit boards, in particular, there is a high release of gases during heating, which can lead to the peeling of printed conductors during soldering. Therefore, it is worth noting that the use of this type of glued joints is a problem that affects the operational characteristics of printed circuit boards.

In addition to the technological limitations observed during the production of boards, there are also limitations associated with the technology of manufacturing a printed pattern. To obtain it, two types of technology are used: the subtractive method, and the "tilting" method.

According to subtractive technology, the pattern of printed circuit boards is obtained by etching copper foil from a protective image in photoresist.

The second option of obtaining a pattern on double-sided layers with interlayer transitions by etching copper foil and galvanic coating of transition holes. In this process, holes are drilled and then chemical metallization of the walls of the holes is carried out. After that, a dry film photoresist is applied to obtain a protective pattern of the printed tracks and a protective coating over the metallized holes to create a kind of awning.

The above-mentioned shortcomings allow us to conclude that there is a need to develop new technologies for the production of flexible printed circuit boards without the use of glued connections. As one of these possible methods, the method of vacuum metallization should be noted, which consists of the fact that a starting metal layer is applied to the polymer film, followed by galvanic growth layer of the required size.

## **НЕПРЯМІ ВИМІРЮВАННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ, ЩО ЗМІНЮЄТЬСЯ, НА ПРИКЛАДІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СТАНА ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ**

**Назарова О.С., Пунда М.С.**

Національний університет «Запорізька політехніка»

**Вступ.** У сучасних умовах безперервного росту вартості енергоресурсів багато раніше створених технологій стають нерентабельними або малорентабельними, що негативно відбивається на конкурентоспроможності виробленої продукції. Це особливо стосується найбільш енерговитратних технологій, які містять електроприводи, параметри навантаження яких залишаються невизначеними та змінюються у часі. Наприклад, у текстильній промисловості, при рідинній обробці ниток у пакуваннях розподіл потоку розчину між сотнями пакувань, установлених усередині автоклава, носить невизначений характер, що ускладнює контроль процесу обробки та не дозволяє завершити його за мінімально необхідний проміжок часу.

**Постановка задачі.** У приводах зі змінним моментом інерції зміна введеного моменту значно впливає на перехідні процеси в електроприводі, що приводить до значного недовикористання його можливостей. Зменшення впливу варіювання моменту інерції можливе за рахунок введення зворотного зв'язку за швидкістю на вхід регулятора струму. Іншим напрямком вирішення проблеми ефективного керування при зміні параметрів електропривода є застосування систем вимірювання цих параметрів на основі прямих та непрямих вимірювань. Тому вимірювання моменту інерції, що змінюється під час технологічного процесу, є актуальною задачею та має практичний інтерес.

**Мета роботи** – розглянути перспективи удосконалення систем автоматичного керування шляхом використання вимірювальної інформації про змінний момент інерції на прикладі намотувально-розмотувального механізму стану холодної прокатки.

**Основна частина.** Дійсно, дуже часто зустрічаються електромеханічні системи, у яких у процесі роботи значення статичного моменту, маси, радіусу, жорсткості і моменту інерції змінюються. До таких систем відносяться електроприводи промислових установок роторного типу: гуркотів, кульових млинів, змішувачів, грануляторів, роторних зернистих фільтрів для очищення газів, сушил та ін. Періодична зміна моменту інерції ротора цих установок обумовлена перерозподілом сипкого матеріалу при його обертанні. При дослідженні та розробці систем генераторів вітрових турбін існує потреба передбачити та оцінити відповіді системи генераторів вітрових турбін для різних випадків вітрових умов.

Ще одним прикладом є тяговий електропривод підйомного крану зі змінними параметрами, обумовленими змінами в часі приведення моменту інерції махових мас та змінами в часі моменту навантаження тягового електродвигуна при підніманні (опусканні) вантажу. Іншим типом систем зі змінними механічними параметрами, а саме моментом інерції, є намотувально-розмотувальні механізми прокатки сталевих листа, дроту, паперового виробництва.

У загальному випадку динамічний момент електроприводу намотувально-розмотувального механізму прокатного стану складається з декількох складових: складової, що визначається прискоренням смуги при намотуванні, що визначається величиною зміни радіуса рулону намотуваного матеріалу і складової, пов'язаної зі зміною моменту інерції. Друга складова проявляється при намотуванні смуги на високошвидкісних прокатних станах, тоді як перша складова суттєво впливає на точність підтримки натягу смуги, незалежно від швидкості намотування.

Для організації непрямих вимірювань моменту інерції намотувально-розмотувального електропривода необхідно мати інформацію про зміну радіус рулона. Поточне значення радіуса рулону залежить від радіуса барабана, товщини смуги металу, що прокатується та лінійної швидкості прокатки.

Для зниження чутливості системи керування до зміни цього параметра пропонується провести непрямі вимірювання моменту інерції намотувального і розмотувального механізмів, що дозволить за допомогою коригувального контуру підтримувати динамічні характеристики системи.

**Висновки.** Таким чином, можна зробити висновок про доцільність дослідження об'єктів керування та удосконалення систем автоматичного керування шляхом урахування вимірювальної інформації про варіювання їх змінних параметрів, зокрема, моменту інерції, що обумовлено досить широким переліком цих об'єктів та сфер їх використання.

# МЕТОДИ ТЕОРЕТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ PbTe-SnTe

Найдич Б.П.<sup>1</sup>, Яворський Р.С.<sup>1</sup>, Цимбалюк Т.П.<sup>1</sup>,  
Матківський О.М.<sup>1</sup>, Матеїк Г.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», <sup>2</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Напівпровідникові сполуки на основі елементів IV та VI груп є перспективними матеріалами для різноманітних застосувань у якості ПЧ-детекторів та джерел, термоелектричних перетворювачів, сонячних елементів, блоків пам'яті, спінтронних пристроїв та ін. До переваг таких матеріалів відносяться вузька заборонена зона, висока діелектрична проникність, радіаційна стійкість, висока рухливість носіїв та висока іонність зв'язку. Основні характеристики твердих розчинів сполук IV–VI (ширина забороненої зони, спектральна характеристика, параметр ґратки, термічний коефіцієнт розширення та інші) визначаються, зокрема, складом сполук.

Важливим питанням при синтезі та практичному застосуванні матеріалів є точне знання меж стабільності складу залежності твердих розчинів від температури, а також залежності їх фізичних характеристик від складу. Крім того, матеріали, що містять свинець і олово, в електронних пристроях знизять витрати на виробництво, оскільки вони є економічно ефективними, поширені в природі і відносно менш токсичні.

Моделльні підходи у дослідженні властивостей кристалів дозволяють спростити процедуру вибору конфігурації та параметрів кінцевих приладових структур. Для дослідження кристалічної структури та пошуку оптимальних її параметрів поширеним підходом є використання теорії функціоналу густини. Кластер для розрахунку повинен максимально точно відтворювати реальний кристал. Вдалиий вибір початкового набору молекулярних орбіталей та використання методу Хюккеля дозволяє успішно вирішити задачу знаходження рівноважних положень атомів у обраному кластері. Розподіл електронної густини визначають потенціал Хартрі і обмінний потенціал. Такий потенціал має вигляд:

$$\hat{V}(r) = \hat{V}_{ext}(r) + \hat{V}_{el} + \hat{V}_{ec}(r),$$

де  $\hat{V}_{ext}(r)$  – зовнішній потенціал, що представляє кулонівську взаємодію між електронами і ядрами,  $\hat{V}_{el}$  – класична частина електростатичної взаємодії між електронами,  $\hat{V}_{ec}$  – обмінно-кореляційний потенціал, що містить усі багаточастинкові ефекти.

Для заданих координат атомів знаходять хвильове рівняння та аналізують розподіл електронної густини. Розрахунок стабільної геометричної структури завершується коли різниця енергій двох послідовних положень атомів менша попередньо заданої величини.

Для розрахунків термодинамічних властивостей кристалів використано обмежений метод Хартрі-Фока (RHF) з використанням псевдопотенціалу і базисів у параметризації Стівенса-Баша-Краусса-Джейсона-Кандарі (SBKJC).

Визначення стаціонарних точок, що відповідають рівноважним положенням атомів, на поверхні потенціальної енергії здійснювали за допомогою квантово-хімічного пакету PC Gamess. Частоти коливань атомів у стаціонарних точках розраховували з використанням гібридного валентного базисного набору Бекке з кореляційною поправкою Лі-Янга-Парра (B3LYP). Об'ємну початкову структуру кластерів та визначення їх оптимізованих координат здійснювали з допомогою візуалізатора Chemcraft.

Процедура знаходження мінімальних значень енергії проводиться шляхом самоузгодження поля в рамках обмеженого методу Хартрі-Фока. Величину енергії  $\Delta E_{SCF} = 10^{-4}$  eV задавали в якості критерію збіжності в процедурі самоузгодження поля з використанням базисного набору валентних орбіталей SBKJC (Stevens–Basch–Krauss–Jasien–Cundari) та градієнтного кореляційного трипараметризованого функціоналу B3LYP. Доцільність вибраних функціоналів пояснено у роботах.

Базова сполука халькогенідів плюмбуму кристалізується у кубічній структурі NaCl (структурний тип B1, просторова група  $Fm\bar{3}m-O_h^5$ ). Для квантово-хімічних розрахунків використано п'ять моделей кластерів, що склались із 27 атомів, в яких атоми плюмбуму заміщувались атомами стануму у відповідних пропорціях.

При виборі форми кластерів особливу увагу приділяли збереженню симетрії та електронейтральності обраної структури щоб уникнути надлишкового впливу поверхневих сил. Такий підхід добре зарекомендував себе для всіх халькогенідних сполук плюмбуму як чистих, так і домішкових.

Першим етапом розрахунків було визначення кристалографічних параметрів кластера, який володіє мінімальною потенціальною енергією. Для цього проводився розрахунок самоузгодженого поля, оптимізації геометричних параметрів і наступного визначення стабільних положень атомів при мінімумі енергії. Надалі для отриманих кристалографічних положень проводився розрахунок частот коливань атомів.

На основі використаної теоретичної методики запропоновано кластерні моделі та граничні умови для розрахунку термодинамічних параметрів, а також його фізико-хімічних властивостей на основі кристалічної та електронної структури кубічного  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  ( $0,5 < x < 0,85$ ). Визначено температурні залежності термодинамічних параметрів кристалів  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  ( $0,5 < x < 0,85$ ): енергії утворення  $\Delta E$ , ентальпії утворення  $\Delta H$ , ентропії  $\Delta S$  і вільної енергії Гіббса  $\Delta G$ , а також молярної ізобарної теплоємності  $C_p$ . Отримані результати добре узгоджуються з експериментальними даними.

# ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ В ТЕХНІЦІ ТА МЕДИЦИНІ

Піндус О.В., Чеховський С.А., Піндус Н.М.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

**Вступ.** Сучасне виробництво базується на технологіях, які у багатьох випадках унеможливають контроль якості готової продукції безпосередньо при виробництві, а контролюється вже кінцевий виріб. Методи для здійснення такого контролю традиційно базуються на прямих вимірюваннях і, здебільшого, дозволяють здійснити оцінку виробу за показниками, які піддаються такому контролю, що суттєво обмежує їх можливості.

**Постановка задачі.** Розвиток сучасних інформаційних технологій в області вивчення внутрішньої структури об'єктів базується на теорії розпізнавання образів з використанням комп'ютерної томографії.

Таким чином отримуємо можливість як якісного так і кількісного оцінювання структури та її дефектів.

Класифікаційні характеристики томографічних методів дослідження з точки зору фізичних і технічних ознак засновані на перетворенні Радона, фізичною базою якого є експоненціальний закон ослаблення випромінювання Бугера-Ламберта-Бера. **Метою роботи** є пошук методів реконструкції зображень у тривимірному просторі зі збереженням якості реконструйованого зображення.

**Основна частина.** Загалом отримання зображення внутрішньої будови об'єкта досліджень базується на фізичних особливостях взаємодії випромінювання і речовини. При цьому випромінювання проникає в об'єкт і частково поглинається або розсіюється ним.

Нами раніше [1] розроблена методика моделювання алгоритмів реконструкції в рентгенівській томографії, яка знайшла застосування в медичній діагностиці. Але в силу певних причин вказана методика не знайшла поки що широкого застосування в технічній діагностиці. Тому доцільними є дослідження з використанням інших, зокрема, ультразвукових, випромінювачів. Такі джерела вже знайшли застосування в томографії для медичної діагностики.

**Висновки.** Дослідження методів томографії шляхом моделювання алгоритмів реконструкції з використанням інших (не рентгенівських джерел випромінювання) є актуальною задачею і може знайти широке застосування в практиці контролю та вимірювання.

## Список використаних джерел

1. Чеховський С.А., Кабанова О.В. Моделювання алгоритмів реконструкції в рентгенівській томографії // Методи та прилади контролю якості. - Івано - Франківськ: ІФДТУНГ, 2002. - №8

# ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК СУМІСНИХ ВИМІРЮВАНЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ТЕМПЕРАТУРНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗРАЗКА ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОЇ РІДИНИ

Пироженко Є.В., Себко В.В.

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

**Вступ.** На теперішній час до вирішення важливих питань удосконалення методів оцінювання похибок призводять вимоги сумісних багатопараметрових вимірювань, яким притаманно ускладнення вимірювальних завдань та засобів вимірювань. При цьому, розширення можливостей обробки даних пов'язано з розвитком методології вимірювань та вдосконаленням математичних методів, а також з розробкою нових алгоритмів вимірювальних та обчислювальних процедур при реалізації багатопараметрових електромагнітних методів визначення параметрів зразків слабких електролітичних рідин.

**Метою роботи** є дослідження методу електромагнітних вимірювань електричних та температурних параметрів зразка стічних вод харчових виробництв (слабких електролітичних рідин).

**Методика визначення похибок сумісних двопараметрових вимірювань.** Розглянемо методику оцінювання похибок двопараметрових вимірювань електричних та температурних параметрів зразків стічних вод. Для цього за допомогою функції перетворення електромагнітного перетворювача (ЕП) зі зразком пивних стоків  $G=f(\Delta\varphi)$ , спочатку знаходять формулу для розрахунку відносної похибки вимірювань  $\delta a/a = \gamma_a$  радіуса зразка стічних вод, який дорівнює радіусу стандартної пробниці, при довірчій вірогідності  $P = 0,95$  у вигляді:

$$\gamma_a = 1,1 \cdot \sqrt{(B_a \gamma_{\Delta\varphi})^2 + (\frac{1}{2} \gamma_{\Delta E})^2 + (\gamma_a)^2 + (\frac{1}{2} \gamma_{E_0})^2}, \quad (1)$$

де  $\gamma_{\Delta\varphi}$ ,  $\gamma_{\Delta E}$ ,  $\gamma_a$ ,  $\gamma_{E_0}$  – відносні похибки параметрів ЕП та зразка, які позначено індексами,  $B_a$  – коефіцієнт впливу.

Коефіцієнт впливу  $B_a$ , визначають за формулою:

$$B_a = \frac{(\partial G / \partial \Delta\varphi) \Delta\varphi}{2 \cdot G}, \quad (2)$$

де  $\partial G / \partial \Delta\varphi$  – похідна  $G$  за фазовим кутом зсуву  $\varphi$  ЕП зі зразком рідини.

Для визначення відносної похибки вимірювань питомої електричної провідності  $\chi$  зразка стічних вод, знехтувавши похибкою вимірювань магнітної проникності вакууму  $\mu_0$ , маємо:

$$\frac{\delta\chi}{\chi} = \frac{\delta G_t}{G_t} + \frac{\delta E_0}{E_0} + \frac{\delta x}{x} - \frac{\delta \Delta E_t}{\Delta E_t} - \frac{2 \cdot \delta a}{a} - \frac{\delta f}{f}, \quad (3)$$

де  $\delta G_t / G_t$  – відносна похибка визначення параметра  $G_t$ , яку знаходять у наступному вигляді:

$$\frac{\delta G_t}{G_t} = \frac{\partial G_t \Delta\varphi}{\partial \Delta\varphi G_t} \frac{\delta \Delta\varphi}{\Delta\varphi}, \quad (4)$$

Застосувавши позначення для відносних похибок вимірювань радіусу  $a$  та компонентів сигналів ЕП:  $\Delta E$ ,  $E_\sigma$ ,  $\Delta\varphi$ , а також питомої електричної провідності  $\chi_0$  зразка стічних вод (при початковій температурі  $t_0$ ) і частоти магнітного поля  $f$  у вигляді  $\gamma_a$ ,  $\gamma_\sigma$ ,  $\gamma_f$ ,  $\gamma_{\Delta\varphi}$  та  $\gamma_{E_0}$ , є можливим представити вираз (3) при довірчій вірогідності  $P = 0,95$  (коефіцієнт надійності  $n_0=1,1$ ) з урахуванням [1-3], у вигляді:

$$\gamma_\chi = 1,1 \cdot \sqrt{(B_{\lambda_0} \gamma_{\Delta\varphi})^2 + (\gamma_{\Delta E})^2 + (2\gamma_a)^2 + (\gamma_{E_0})^2 + (\gamma_f)^2} \quad (5)$$

$$\gamma_t = 1,1 \cdot \sqrt{B_{\Delta E}^2 \gamma_{\Delta E}^2 + \gamma_{E_0}^2 + \gamma_f^2}, \quad (6)$$

де  $B_{\Delta E}$  – коефіцієнт впливу,  $\gamma_f$  – відносна похибка вимірювань частоти магнітного поля  $f$  при початковій температурі  $t_0$ .

При розрахунках температурної похибки, яка впливає на компоненти сигналів ЕП, з урахуванням похибки термопари (ТХА) у відповідності з державними нормативними документами [3], маємо:

$$\gamma_{t_{E\Sigma}} = n_0 \cdot \sqrt{(B_{E\Sigma} \gamma_{E\Sigma})^2 + \gamma_{f_1}^2 + (B_r \gamma_r)^2}; \quad (7)$$

$$\gamma_{t_\varphi} = n_0 \cdot \sqrt{(B_\varphi \gamma_\varphi)^2 + (B_r \gamma_r)^2 + \gamma_{f_1}^2}; \quad (8)$$

$$\gamma_{t_f} = n_0 \cdot \sqrt{(B_f \gamma_f)^2 + (B_r \gamma_r)^2 + \gamma_{f_1}^2 + \gamma_\varphi^2}. \quad (9)$$

Аналізуючи вирази (7) – (9) можна зробити висновок, що температурна похибка найбільш істотно впливає на частотну складову багатокомпонентного сигналу ЕП, оскільки у формулі (9) ми маємо чотири доданка.

**Висновки.** Таким чином, наведено методику обробки даних при сумісних двопараметрових електромагнітних вимірюваннях фізико-хімічних параметрів зразків стічних вод харчових виробництв на базі ЕП. Наведено вирази для визначення температурної похибки зразка  $\gamma_t$ , яка безпосередньо впливає на амплітудні, фазові та частотні компоненти сигналів перетворювача.

## МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ КОРЕКЦІЇ РОЗРАХУНКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Приступа А.Л., Безручко В.М., Здор В.С.

Національний університет «Чернігівська політехніка»

На даний момент актуальною темою є розрахунок витрат електроенергії при транспортуванні від місця генерації до місця споживання. Складність оцінки технологічних витрат полягає в тому, що вони сильно залежать від великої кількості факторів, серед яких найбільш впливовими є сила електричного струму та параметри навколишнього середовища, зокрема температура. Сучасні методики оцінки технологічних

витрат використовують значні спрощення, що іноді призводить до суттєвого спотворення реальної картини, та не дозволяє вчасно здійснити заходи щодо зменшення витрат. Отже підвищення точності та коректності оцінки технологічних витрат є актуальною задачею.

Оскільки останнім часом спостерігається зростання електричних навантажень, підвищення динаміки їх зміни, підвищення потужності встановлених джерел відновлювальної енергетики, то виникає потреба у створенні автоматизованої системи, яка буде в онлайн режимі відслідковувати струморозподіл по електричній мережі та більш точно визначати технологічні витрати.

Для підвищення точності оцінки технологічних витрат електроенергії пропонується використовувати комплексну модель проводу ЛЕП.

З урахуванням того, що фізичні процеси у проводі взаємопов'язані, моделювання режиму проводу відбувається ітераційним шляхом. Вхідні параметри на початку моделювання формують температуру поверхні проводу, відповідно цього уточнюється величина активного опору, яка входить як до температурної складової, так і до електромагнітної. Структура зв'язків між складовими моделі зображена на рисунку 1.

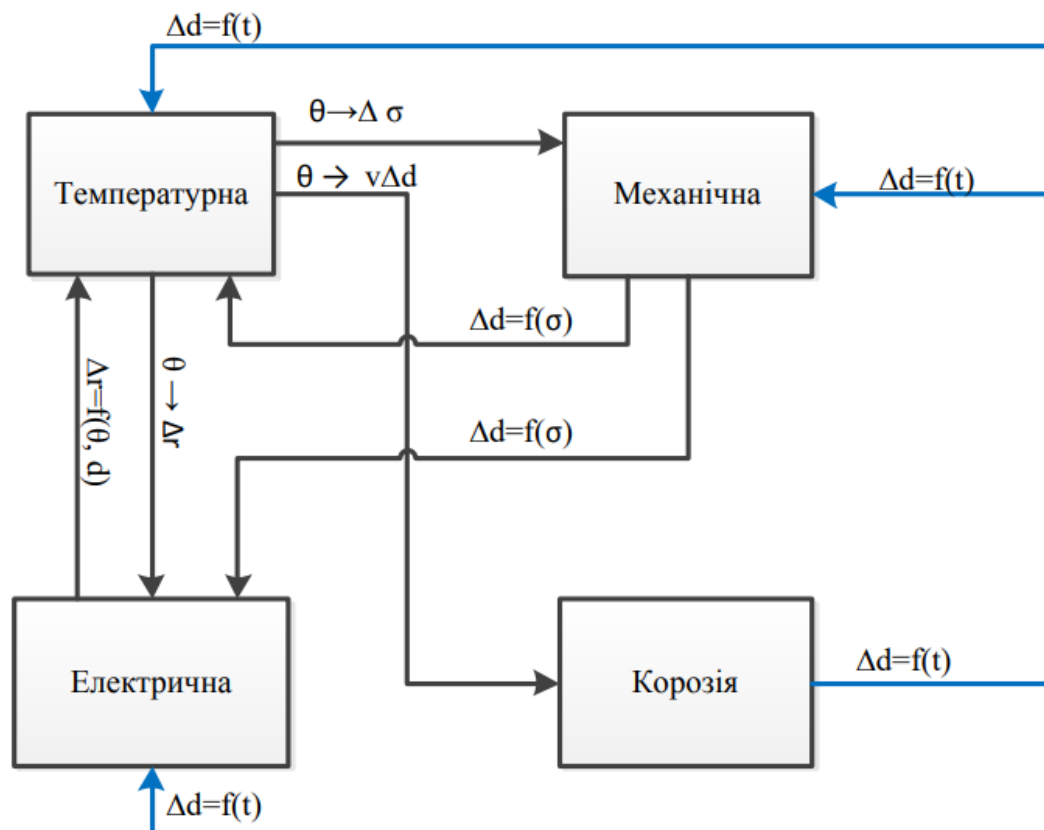


Рисунок 1 – Структурна схема зв'язаних внутрішніх змінних проводу ЛЕП

Для реалізації запропонованого методу пропонується створити мікропроцесорний пристрій, структурна схема якого представлена на рисунку 2. Пристрій має містити в собі низку сенсорів для вимірювання струму провідника та вимірювання температури навколишнього

середовища. Мікроконтролер, який керує пристроєм має невеликий запас пам'яті для обробки та зберігання отриманих даних та подальшого передавання її сервер для подальшого зберігання

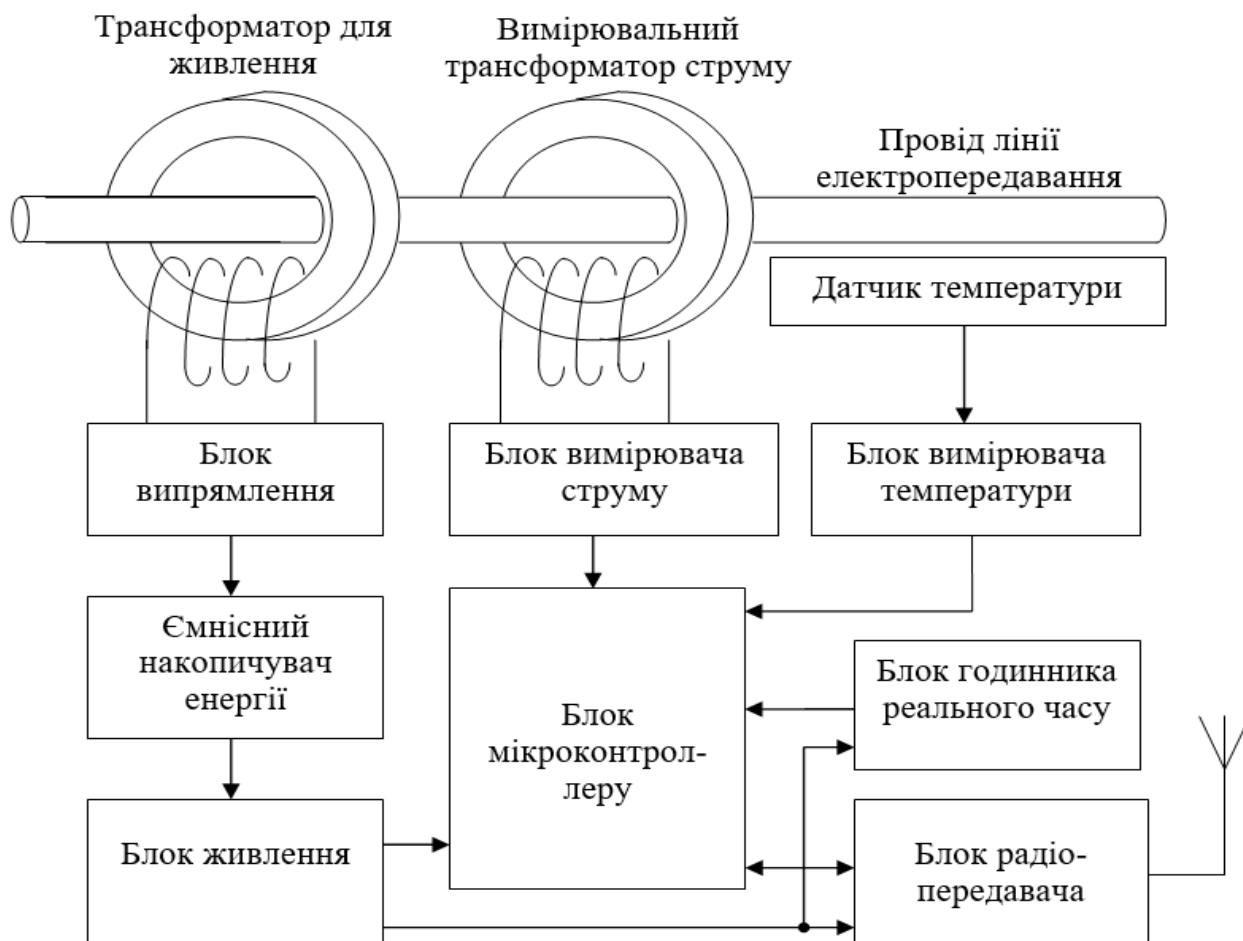


Рисунок 2 – Структурна схема одного пристрою

Живлення пристрою пропонується реалізувати безпосередньо від ЛЕП через окремий трансформатор струму. Враховуючи незначне енергоспоживання окремих компонентів блок живлення можна зробити дуже компактним.

Враховуючі незначні габарити та собівартість пристрою для підвищення точності оцінки технологічних витрат пропонується використовувати не один пристрій, а декілька, встановивши їх на відгалуження ЛЕП та об'єднавши до єдиної інформаційно-вимірювальної системи.

Реалізація запропонованих заходів дозволить підвищити точність оцінки технологічних витрат від 5 до 20% в залежності від конфігурації електричної мережі, параметрів навантаження та стану навколишнього середовища.

## ВИМІРЮВАЧ ЧАСТОТИ КВАРЦОВИХ РЕЗОНАТОРІВ

Приступа С.О., Заблоцький В.Ю., Оксентюк Б.В.

Луцький національний технічний університет

Використання кварцових резонаторів дозволяє створювати надійну радіоапаратуру високої точності при малих габаритах і з малою споживаною потужністю. Разом з традиційним використанням кварцових резонаторів для стабілізації частоти збудників, гетеродинів і синтезаторів частоти, останнім часом їх використовують для високоточних вимірювань тиску, деформації, температури, вологості та інших параметрів.

Сучасна цифрова техніка вимагає високої точності, тому практично будь-який сучасний цифровий пристрій, містить кварцовий резонатор.

Кварцові резонатори (рис. 1) на різні частоти необхідні в якості надійних і стабільних джерел гармонійних коливань, для того щоб мікроконтролер міг використати еталонну частоту, і оперувати з нею в подальшому, в процесі роботи цифрового пристрою. Таким чином, кварцовий резонатор – це надійна заміна коливального LC-контур.

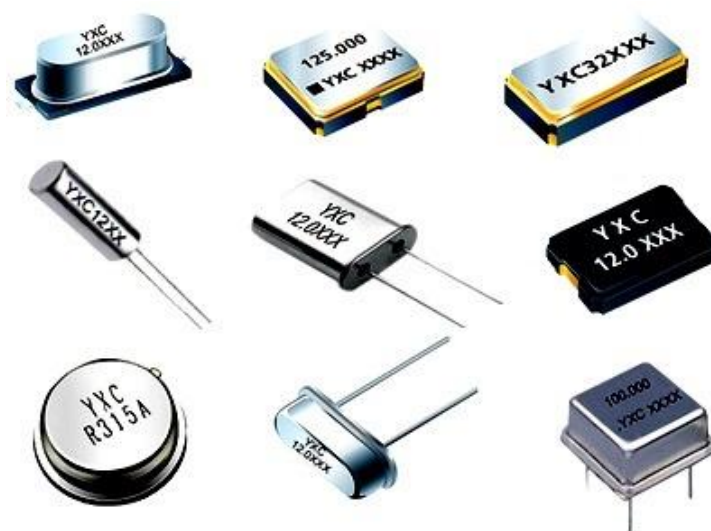


Рисунок 1 – Типи кварцових резонаторів

Якщо розглянути простий коливальний контур, що складається з конденсатора і котушки індуктивності, то швидко з'ясується, що добротність такого контуру в схемі не перевищить 300, до того ж ємність конденсатора та індуктивність котушки будуть змінюватись в залежності від температури навколишнього середовища.

Саме тому для конденсаторів і котушок індуктивності введені такі параметри як ТКЄ – температурний коефіцієнт ємності і ТКІ – температурний коефіцієнт індуктивності, що показують, наскільки змінюються головні параметри цих компонентів зі зміною їх температури.

На відміну від коливальних контурів, резонатори на базі кварцу мають недосяжну для коливальних контурів добротність, яка вимірюється значеннями від 10000 до 10000000. Також частота кварцових резонаторів залишається постійною за будь-якого значення температури, як правило з

діапазону від - 40 ° С до + 70 ° С.

Так, завдяки високим показникам температурної стабільності і добротності, кварцові резонатори застосовуються всюди в радіотехніці і цифровій електроніці.

Для задання мікроконтролеру або процесору тактової частоти, йому завжди необхідний генератор тактової частоти, і генератор цей завжди повинен бути високочастотний і високоточний.

Звичайно, в деяких випадках можна обійтися п'єзокерамічними резонаторами з добротністю 1000, і таких резонаторів досить для електронних іграшок і побутових радіоприймачів, але для більш точних пристроїв необхідний кварц.

Частотомір з функцією тестера кварцових резонаторів (рис. 2), розроблений на базі PIC мікроконтролера з можливістю враховувати під час здійснення вимірювань частотного зсуву супергетеродинних приймачів з п'ятизначним світлодіодним індикатором, зручний і інтуїтивно зрозумілий.

Якщо частотомір використовується для вимірювань в короткохвильових приймачах або передавачах може знадобитися додати або відняти значення частотного зсуву з вимірюваної частоти. Частота зміщення в багатьох випадках дорівнює проміжній частоті, оскільки частотомір зазвичай підключається до генератора змінної частоти приймача.

Для цієї мети в прошивці частотоміра реалізований режим програмування (setup mode).

Вимірювач призначений для вимірювання частоти кварцових резонаторів в діапазоні частоти від 0 до 50 МГц.

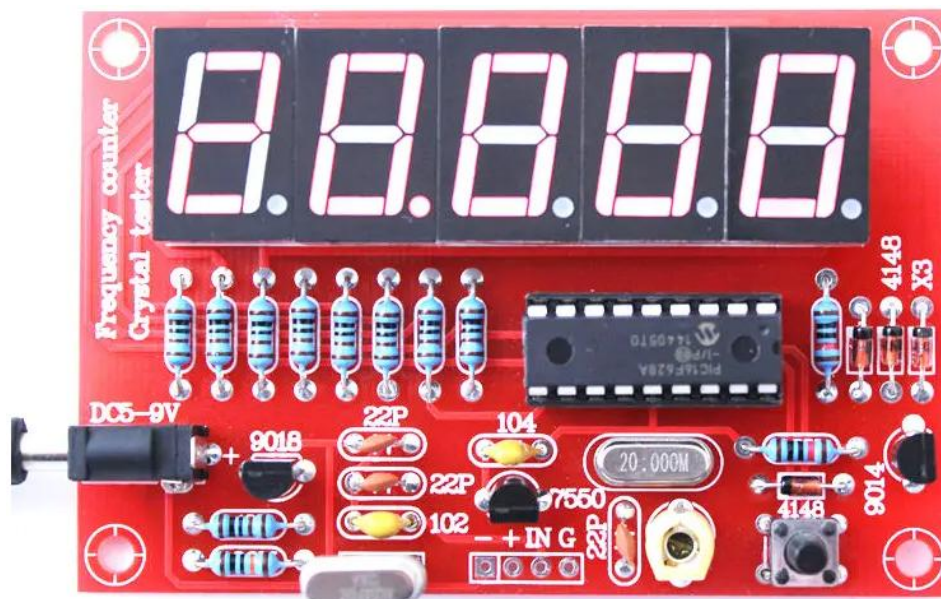


Рисунок 2 – Вимірювач частоти кварцових резонаторів

Основні технічні характеристики приладу для вимірювання частоти кварців наведенні в таблиці 1:

Таблиця 1 – Технічні характеристики вимірювача частоти кварцових резонаторів

Діапазон вимірюваних частот:	від 1 Гц до 50 МГц;
Дозволяє вимірювати частоти кварцових резонаторів;	
Точність розширення 5	(наприклад 0,0050 кГц; 4,5765 МГц; 11,059 МГц);
Автоматичне перемикання діапазонів вимірювання частоти;	
Режим енергозбереження, якщо немає зміни показань частоти – автоматично вимикається дисплей і на короткий час включається;	
Живлення	інтерфейс USB, або зовнішнє джерело живлення від 5 до 9 В;

Структурна схема вимірювача частоти кварцових резонаторів зображена на рисунку 3.:

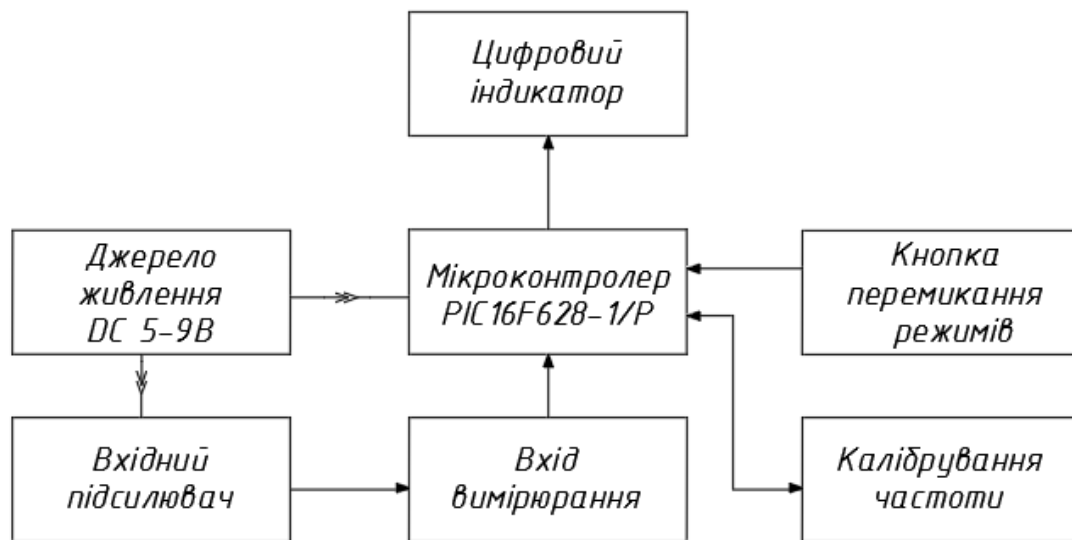


Рисунок 3 – Структурна схема вимірювача частоти кварцових резонаторів

Мікроконтролер призначений для розрахунку частоти на основі вимірних параметрів кварцового резонатора та формування сигналів оброблених значень для індикатора.

Світлодіодний індикатор призначений для перетворення сигналів мікроконтролера в символи, які є зручними для відображення інформації.

Також до складу вимірювача ще входять: кнопка зміни режимів, вимірювальний вхід, вузол калібрування частоти, вхідний підсилювач, джерело живлення від 5-9 В.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОЗМІННОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Пташенчук В.В.

Луцький національний технічний університет

Удосконалення техніки та її робота в більш важких умовах висуває все нові і складніші вимоги до конструкційних матеріалів для забезпечення надійної та безвідмовної роботи вузлів та механізмів. В загальному випадку матеріали в конструкціях можуть піддаватися самим різним по характеру навантаженням: працювати на розтяг, стискування, вигин, кручення, зріз або піддаватися сукупній дії декількох видів навантаження, наприклад розтягуванню і вигину. Основною механічною характеристикою, яка характеризує здатність матеріалу чинити опір деформуванню та руйнуванню є його твердість. Недостатня твердість, жорсткість і пов'язані з нею підвищені деформації можуть викликати втрату роботоздатності конструкції з різних причин. Підвищені деформації можуть порушити рівномірність розподілу навантаження і викликати його концентрацію на окремих ділянках, створюючи високі місцеві напруження, що може призвести до руйнування. Недостатня жорсткість корпусних деталей порушує взаємодію розміщених у них механізмів, викликаючи підвищене тертя та зношування в кінематичних парах, появу вібрації. Недостатня жорсткість валів і опор зубчастих передач змінює нормальне зачеплення коліс, що призводить до швидкого викришування та зношування їх робочих поверхонь. Крім того, збільшуються кути перекосів підшипників, що зменшує їх довговічність, а в окремих випадках навіть спричиняє швидке руйнування. У технологічних машин, що виконують точні операції, недостатня жорсткість системи «верстат - інструмент - пристрій - деталь» не дозволяє одержати розміри із заданою точністю. Для підвищення механічних властивостей необхідно проводити дослідження по створенню нових матеріалів або покращенню існуючих.

Покращити механічні властивості існуючих конструкційних матеріалів можна шляхом цілеспрямованого температурного впливу на них. Так, зокрема можна підвищити твердість матеріалу шляхом загартування, що полягає в нагріванні матеріалу до визначної температури та подальшим швидким охолодженням. Пропонується проводити термооброблення матеріалу швидкозмінним температурним полем. Цей метод полягає в тому, що при шліфуванні металів короткочасні теплові імпульси зумовлюють термооброблення поверхневого шару. Швидкість охолодження поверхні заготовки при переривчастому шліфуванні вища швидкості її охолодження при термічній обробці, що приводить до вторинного загартування, утворення дрібнодисперсної аустенітно-мартенситної структури та підвищення твердості.

Також цей метод дає змогу зменшити енергозатрати, оскільки термооброблення матеріалу проводиться безпосередньо в ході механічного оброблення заготовки, що є особливо актуально в умовах високих цін на енергоресурси та необхідності впровадженні енергозберігаючих технологій.

# КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СКЛАДОВИХ РІВНЯННЯ ВИТРАТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА

Роман В.І., Матіко Ф.Д., Куцан А.М.

Національний університет «Львівська політехніка»

Швидкісний принцип роботи багатоканальних хордових ультразвукових витратомірів (УЗВ) зумовлює той факт, що рівняння (1) об'ємної витрати ( $q_{USM}$ ) включає наступні складові: швидкість потоку ( $u_h$ ), усереднена вздовж  $i$ -го акустичного каналу (АК) УЗВ; внутрішній радіус ( $R$ ) вимірювального трубопроводу (або корпусу УЗВ); координата розташування ( $x$ ) та ваговий коефіцієнт ( $w$ )  $i$ -го АК УЗВ; кількість АК УЗВ

$$(N). \quad q_{USM} = \pi R^2 \sum_{i=1}^N \left( \frac{2\sqrt{R^2 - x(i)^2}}{\pi R} w(i) u_h(i) \right). \quad (1)$$

При проектуванні, важливою постає конкретизації складових рівняння (1), з метою оцінки метрологічних характеристик майбутнього УЗВ. Особливо, це стосується координат розташування ( $x$ ), вагових коефіцієнтів ( $w$ ) та кількості АК УЗВ. Згідно ISO 17089-1, значення  $x$  та  $w$  можуть визначаються на підставі відомих числових методів інтегрування (ЧМІ), які додають науковцям ряд труднощів:

1) ті, окремі алгоритми, які базуються на математиці ЧМІ і використовуються для задач УЗВ, є складними та ітераційними, що вимагає значної затрати часу;

2) деякі із ЧМІ, такі як методи Чебишева та Гауса, вже мають задокументовані варіанти значень параметрів, що застосовуються для проектування нових УЗВ та дослідження існуючих моделей, і ці дані зібрано у громіздкі таблиці математичних довідників, що теж вимагає затрати часу;

3) ЧМІ Гауса-Якобі, який найчастіше застосовують для вирішення наукових задач УЗВ, на противагу попереднім ЧМІ, є багатоваріантним в залежності від степені вагової функції поліному Якобі, що теж вимагає затрати часу при практичному його застосуванні. Щоб максимально автоматизувати і спростити процес використання ЧМІ для розрахунку складових рівняння витрати (1), авторами розроблено зручні поліноміальні залежності, які зв'язують  $x$  та  $w$  зі степенем ( $k$ ) вагової функції полінома Якобі. Як кінцевий результат роботи, авторами розроблено комп'ютерну програму *NumericalMethods 1.0*, яка в консольному режимі розраховує значення координат розташування та вагових коефіцієнтів АК УЗВ. Користувач для успішного її застосування, вводить три (або чотири, у окремому випадку) вхідні параметри:  $R$ ,  $N$ , тип ЧМІ та  $k$ , якщо був обраний методу Гауса-Якобі. Розроблений алгоритм програми базується як на табличних даних (з математичних довідників), так і на розроблених авторами поліноміальних залежностях  $x = f(k)$  та  $w = f(k)$ . Отримання результату відбувається миттєво, що дозволить спростити роботу розробникам, проектантам, науковцям і студентам, які теоретично досліджують вплив геометричних характеристик УЗВ на їх метрологічну точність в різноманітних умовах їх експлуатації.

# ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ПОЛЯРИЗОВАНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ІЗ ПЛОСКОЮ ДІЕЛЕКТРИЧНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

<sup>1</sup>Сахновський М.Ю., <sup>1</sup>Домініков М.М., <sup>1</sup>Стринадко М.Т.,  
<sup>2</sup>Тимочко Б.М.

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича  
<sup>2</sup>Чернівецький медичний університет

В роботі досліджуються стани поляризації падаючого та відбитого оптичного випромінювання при падінні поляризованого світла на плоску діелектричну поверхню середовища. Аналізуються умови, при яких спостерігається ідентичність станів поляризації падаючого та відбитого оптичного випромінювання. Показано, що такі умови забезпечуються при певних критичних кутах падіння (критичні поляризаційні кути падіння) для яких виконуються умови однакових фазових затримок  $S$  і  $P$  компонент у падаючому та відбитому світлі.

Дослідження границі розділу оптичних середовищ є актуальною задачею оскільки вона використовується для вводу - виводу випромінювання в речовину, для його вимірювання, обробки, зміну стану поляризації, тощо.

Поляризація відбитого променя пов'язана з поляризацією падаючого комплексними співвідношеннями Френеля. Аналіз співвідношень показує, що виконується закон збереження енергії, однак змінюється фаза відбитого променя з  $S$  та  $P$  поляризацією в порівнянні з фазою падаючого випромінювання на певну величину для  $S$  поляризації, та для  $P$  поляризації відповідно.

Тобто лінійно поляризоване випромінювання стає еліптично поляризованим після одного відбивання від поверхні розділу середовищ. Не змінюється стан поляризації лише у випадку коли падаюче випромінювання має або тільки  $S$  або тільки  $P$  поляризацію.

Отже для границі розділу середовищ є характерним критичний поляризаційний кут, при якому довільне число відбивань не призводить до зміни стану поляризації.

Стан поляризації поля, що розповсюджується по плоско-паралельні діелектричні пластинці періодично змінюється, що дозволяє, при необхідності, відновлювати довільний початковий стан поляризації, шляхом контрольованої зміни геометричних розмірів пластинки.

При незначних деформаціях поверхні плоско-паралельної діелектричної пластинки, при довільному куті падіння та стану поляризації, шляхом підбору довжини діелектричної пластинки в рамках одного періоду зміни стану поляризації, можна відновити поляризацію початкового поля.

Отже, поляризаційні характеристики відбитого випромінювання визначаються критичним поляризаційним кутом  $\theta_{кр3} = \arcsin \sqrt{\frac{2n_{1,2}^2}{1+n_{1,2}^2}}$ .

## РАДІОЧАСТОТНИЙ АНАЛІЗ ОПТИЧНОГО СПЕКТРУ

<sup>1</sup>Сахновський М.Ю., <sup>1</sup>Домініков М.М., <sup>1</sup>Стринадко М.Т.,  
<sup>2</sup>Тимочко Б.М.

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича

<sup>2</sup>Чернівецький медичний університет

Сучасний розвиток багатьох галузей техніки вимагає використання спектральних приладів великої світлової сили і значної роздільної здатності.

Для розв'язку практичних задач актуальною проблемою є пошук нових методів та засобів спектрального аналізу, які б за точністю визначення спектральних характеристик відповідали сучасним досягненням а засоби вимірювання характеризувались компактністю, простотою використання та реалізації.

Спектральними приладами, що задовольняють цим вимогам, є Фур'є-спектрометри, роздільна здатність яких визначається максимальним відхиленням рухомого дзеркала інтерферометру.

В роботі запропонований метод радіочастотної селекції оптичних спектрів, який дозволяє отримати високу роздільну здатність Фур'є спектрометра, що використовує, для здійснення рівномірного плоскопаралельного руху дзеркала інтерферометра, п'єзокерамічний лінійний двигун.

Завдяки рівномірному руху одного з дворадіальних дзеркал інтерферометра відбувається лінійна в часу зміна фази, фазова модуляція оптичного випромінювання даного плеча інтерферометру. Накладання на приймачі випромінювання обох плеч інтерферометра приводить до виникнення низькочастотного електричного сигналу, часова залежність якого несе інформацію про спектр досліджуваного випромінювання.

При періодичній (з періодом  $\tau$ ) рівномірній зміні різниці ходу, що забезпечується зворотно-поступальним рівномірним рухом дзеркала, на виході приймача дворадіального інтерферометра формуються змінний сигнал. Форма часової залежності сигналу визначається спектральним складом досліджуваного оптичного випромінювання  $B(\sigma)$ .

Якщо ж зворотно-поступальний рух дзеркала не рівномірний на прямому та зворотному русі тобто реалізується швидкий зворотній рух то на інтервалі швидкого зворотного руху дзеркала спектр шуканого сигналу контролювано зміщується в область високих частот. Зрушення смуги спектру в область високих частот і, відповідно, спотворення спектру вхідного сигналу усуваються смугою пропускним електронного тракту приймача.

Фур'є-перетворення періодичної часової залежності різниці руху випромінювання в інтерферометрі є функцією апаратного процесу.

Найбільші максимуми даної функції знаходяться в точках з частотами

$$f = \frac{k}{\tau} = kf_0, \text{ де } f_0 = \frac{1}{\tau} - \text{частота фазової модуляції, } \tau - \text{період сканування.}$$

Напівширина цих максимумів  $\Delta f = \frac{f_0}{2n+1}$  залежить від часу спостереження  $\tau(2n+1)$ . При великому часі сканування  $F_n(2\pi f)$  переходить у функцію. Дана апаратна функція може бути представлена набором функцій  $Z_k(f, n)$ , аналогічних базовим функцій. Їх максимум знаходиться на частоті  $f = kf_0$ .

Набір функцій  $Z_k(f, n)$  володіє повнотою, а при великих значеннях  $n \gg 1$  є ортогональним набором.

Якщо час збільшення різниці ходу значно більше, ніж при зворотному русі дзеркала (асиметричний рух дзеркала), максимуми функції  $F_n(2\pi f)$  відповідають умові  $\Delta_{\max} = k\lambda$ .

Таким чином, часова селекція оптичних спектрів має деякі математичні аналогії з просторовою селекцією, яка формується за допомогою дифракційної решітки.

Інтенсивність спектральних гармонік, що вибираються за рахунок радіочастотної селекції на частоті  $f_\lambda$ , шириною спектру радіочастоти  $\Delta f$  буде пропорційна величині спектральної яскравості оптичного спектру  $\bar{B}_{\Delta f}(\sigma)$ , усередненій по смузі пропускання фільтру.

Перетворення спектральних інтервалів радіо- і оптичного сигналу описуються співвідношеннями:

$$\Delta\lambda = \frac{\Delta f \lambda^2}{V}, \quad \Delta\sigma = \frac{\Delta f}{V}.$$

Аналіз радіочастотного спектру в області частот  $f_\lambda$ , що забезпечує роздільну здатність  $\Delta f = f_0 \ll f_\lambda$ , необхідно проводити протягом часу  $t = \tau(2n+1)$ . Тобто роздільна здатність оптичного спектра  $\Delta\lambda$  визначається мінімальним часом спостереження.

Обговорюваний метод аналізу оптичного спектру використовує вимірювання його дискретних значень у точках з частотою  $kf_0$ .

Задача відновлення континуального спектру розв'язується згідно з теоремою Котельникова з використанням функції  $Z_k(f, n)$  як функції відліку.

Зауважимо, що зміна амплітуди коливань п'єзокераміки без зміни частоти повторів дозволяє змістити спектр оптичного випромінювання таким чином, що амплітуда радіосигналу на вузькосмуговому фільтрі з незмінними параметрами дозволяє визначити амплітуду спектру заданої довжини хвилі.

Цей факт дозволяє значно спростити аналізатор оптичного спектру, що використовує метод накопичення сигналу часу.

Запропонований метод накопичення та відповідної обробки інтерферограм дозволяє створювати портативні Фур'є-спектрометри, роздільна здатність яких визначається часом сканування.

# МЕТОДИ ТА РІВНІ БАЛАНСУВАННЯ СЕРВЕРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ПОТ

Сацик В.О.

Луцький національний технічний університет

Балансування навантаження - це рівномірний розподіл роботи з обробки двох або більше комп'ютерів та / або процесорів, мережевих послань, пристроїв зберігання даних чи інших пристроїв, що в кінцевому рахунку забезпечує швидше обслуговування з більшою ефективністю [1].

Аналіз і розподіл навантаження в хмарних системах які використовуються в ПОТ є доволі актуальним завданням, оскільки більшість хмарних систем з відкритим доступом використовують прості планувальники навантаження своїх фізичних серверів [2].

Цілі серверного балансування: задоволення запитів кожного користувача; висока ефективність роботи кожного сервера; мінімізація часу обробки запиту та відгуку; передбачуваність (з самого початку слід розуміти, коли і при роботі з якими саме навантаженнями обраний алгоритм буде максимально ефективним); здатність до масштабування.

На практиці широке застосування отримали такі методи розподілу серверного навантаження: *статичне; псевдодинамічне; динамічне*

*Статистичне* розподілення передбачає постійну прив'язку певного користувача до конкретного сервера. Розподіл найчастіше здійснюється за двома критеріями: кількість користувачів та географічне перебування.

А ось *псевдодинамічний* балансувальник навантаження дозволяє нівелювати ті моменти, розподіливши самостійно запити між серверами або рандомно, або циклічно з якими не зможі справитися статистичний.

Організувати нерівномірний і випадковий розподіл запитів користувача між різними серверами можна через DNS-сервер.

Балансувальник навантаження серверів *динамічного* типу ґрунтується на спеціальному апаратному або програмному забезпеченні. У роботі він відрізняється підвищеною гнучкістю, застосовує алгоритми розподілу, які будуть найефективнішими в конкретному випадку [3].

Серед усіх методів, балансування на рівні DNS є найпростішим у реалізації механізмом, і балансувати таким чином можна будь-які системи, в яких доступ до сервісу відбувається по імені. Найголовніша перевага даного методу балансування - це дуже низька вартість і швидкий старт, тому що будь-який сайт фактично має доменне ім'я, має DNS сервер [4]

Поряд із методами балансування, існує і таке поняття, як рівні балансування. Цей параметр визначає відповідність вибраних алгоритмів роботи рівням OSI-моделі, зокрема: *мережевому; транспортному; прикладному.*

*Особливості балансування систем на мережевому рівні*

У разі, коли за одну IP-адресу відповідатимуть різні сервери, говорять про виконання мережевого балансування. Досягти такого результату можна такими способами: 1) використовуючи сервера DNS (

тут на ім'я одного домену виділяється кілька адрес, запит користувача буде розподілятися між ними за допомогою алгоритму Round Robin); 2) використовуючи додатковий маршрутизатор (балансування виконується на IP-адресу); 3) створюючи NLB – кластера (тут сервери поділяються на ті, які приймають вхідні запити та ті, що займаються обчисленнями; подібне рішення застосовує корпорація Майкрософт); 4) розміщення однотипних сервісів з ідентичними адресами різних інтернет-регіонах. (актуально під час виконання балансування за територіальною ознакою; на практиці такий варіант застосовують CDN.

#### *Особливості балансування систем на транспортному рівні*

У реалізації це найпростіший варіант. Тут користувач звертається не до певного сервера, а до самого балансувальника, а він уже перенаправляє його до конкретної машини для обробки. Балансувальник може підбирати робочий вузол за рівнем завантаження шляхом перебору по колу та ін. На мережному рівні такі завдання вирішувалися проксі-сервером. Саме він визначав, куди передавати запити, а ось їхня обробка була вже обов'язком сервера.

#### *Особливості балансування систем на прикладному рівні*

В даному випадку балансувальник також працює як проксі-сервер, але «розумний» проксі-сервер. Він сприймає запити, що надходять від користувачів, аналізує їх і перенаправляє на сервери, які зможуть дати вичерпну відповідь. Тобто тут уже оцінюється характер контенту, який потрібний клієнту. Яскравим прикладом такого балансувальника є веб-сервер NGINX. У ньому передбачено модуль Upstream, який і розподіляє запити між фронтендом та бекендом. На балансувальнику такого типу працює і rgroup. Це свого роду проміжна ланка між клієнтом та сервером. Він може передавати до однієї машини запити на читання, до іншої – на запис.

Таким чином серед усіх методів, балансування - DNS є найпростішим у реалізації механізмом; а серед описаних рівнів балансування - транспортний відповідно [3] .

#### **Список використаних джерел**

- 1) Режим доступу: <https://uk.theastrologypage.com/load-balancing>  
Дата звернення: 17.10.2022 р.
- 2) Caballer M., Blanquer I., Moltó G., de Alfonso C. Dynamic management of virtual infrastructures . Journal of Grid Computing. 2015. Vol. 13. No. 1. P. 53–70. Doi: 10.1007/s10723-014-9296-5
- 3) Режим доступу: <https://svetvtebe.ru/uk/what-is-load-balancing-network-load-balancing-overview> Дата звернення: 17.10.2022 р
- 4) [https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/20050/1/ST\\_RiM\\_T5\\_63-64.pdf](https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/20050/1/ST_RiM_T5_63-64.pdf). Дата звернення: 17.10.2022 р.

# ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ДЗВОНОВИХ ВИТРАТОВИМІРЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Середюк О.Є., Юрчишин Р.М.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Дзвонові витратовимірювальні установки в переважній більшості свого застосування використовуються як еталонні засоби точного вимірювання і відтворення об'єму або середніх витрат газу. Поряд з цим все більшої актуальності набуває питання їх використання як еталонних засобів вимірювання миттєвих витрат газу. Так, в Україні донині відсутні еталонні установки, які були би метрологічно атестовані в режимі відтворення і вимірювання миттєвих витрат газу, що характеризує потребу їх технічного вдосконалення, чим обмежується можливість розробки нових конструкцій сучасних витратомірів газу.

Водночас потребує розвитку методологія діагностування дзвонових установок, оскільки процес діагностування забезпечує практично постійний контроль і підтримання належного метрологічного і технічного стану цих установок впродовж міжповірочного інтервалу. Це і є метою викладення результатів дослідження.

Методологічним аспектом діагностування є застосування методів кореляційного і спектрального аналізу. Технічне забезпечення методології діагностування згідно розробленої нами концепції передбачає застосування малоінерційних вимірювачів тиску, температури і витрати газу при відтворенні контрольних об'ємів дзвоною установкою.

Кореляційний аналіз застосовується до детермінованих та стохастичних сигналів, якими є інформативні параметри дзвонової установки. Він дає можливість встановити часові взаємозв'язки між параметрами безпосередньо дзвонового мірника і параметрами на вході досліджуваних лічильників і витратомірів газу.

Спектральний аналіз дозволяє оцінити форму і частотні характеристики вказаних вище інформативних параметрів дзвонової установки і відтворених характеристик перед досліджуванним приладом.

Конструкція пристрою для вимірювання тиску під дзвоном і перед досліджуванним приладом при належному підборі достатньої точності первинного перетворювача тиску з похибкою не вище  $\pm 0,1\%$ , забезпечує можливість досягнення опосередкованого діагностування поперечного перерізу дзвону з похибкою, що не перевищує  $\pm 0,07\%$ , і яке повинно бути обов'язковим дослідженням при вивченні динамічних метрологічних характеристик установки при відтворенні миттєвих витрат газу. Спектральні характеристики сигналів дозволяють здійснити математичний опис вихідного трубопроводу установки як пневматичного фільтра низьких частот з частотою зрізу, яка визначається його конструктивним виконанням.

Технічна реалізація кореляційного і спектрального аналізу є не тільки концепцією діагностування установок, але і водночас технічним аспектом при їх оптимізаційному конструюванні.

# ПРОГРАМУВАННЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ NODE-RED

Смолянкін О.О.

Луцький національний технічний університет

Поточно-орієнтовані програмні системи не нові. Їхні концепції були сформульовані ще в 70-х роках минулого століття. Поступово теоретичний базис розвивався, міцний і світ почали з'являтися різні системи, які однак реалізують систему з модулями, пов'язаними між собою якимось інтерфейсом. З подібного можна згадати Yahoo Pipes або Apache NiFi, різноманітні системи класу BPM або навіть найбанальніший IFFTT.

Node-RED (рис. 1) позиціонується авторами як система, покликана об'єднувати розрізнені апаратні та програмні системи. В основі роботи системи лежить подія, що генерується або зовнішнім джерелом, або таймером (процесом) усередині Node-RED [1]. Подія це не просто імпульс, що дає поштовх до будь-якої дії. Подія ще несе певне смислове навантаження і може містити безліч корисної інформації, адже подія в Node-RED є звичайним об'єктом JavaScript. Цей об'єкт містить стандартний набір полів, але може розширюватися і модифікуватися (можна змінювати структуру та значення) за допомогою обробки всередині Node-RED. Ну а там, де є JavaScript, там є неймовірна гнучкість та свобода у розробці.

Мова, що з'явилася як засіб автоматизації на стороні браузера користувача, завдяки своїй простоті і гнучкості, вирвалася на широкий простір і застосовується все частіше і більше. А там, де JavaScript, там, відповідно, і JSON. І все це з Node.js.

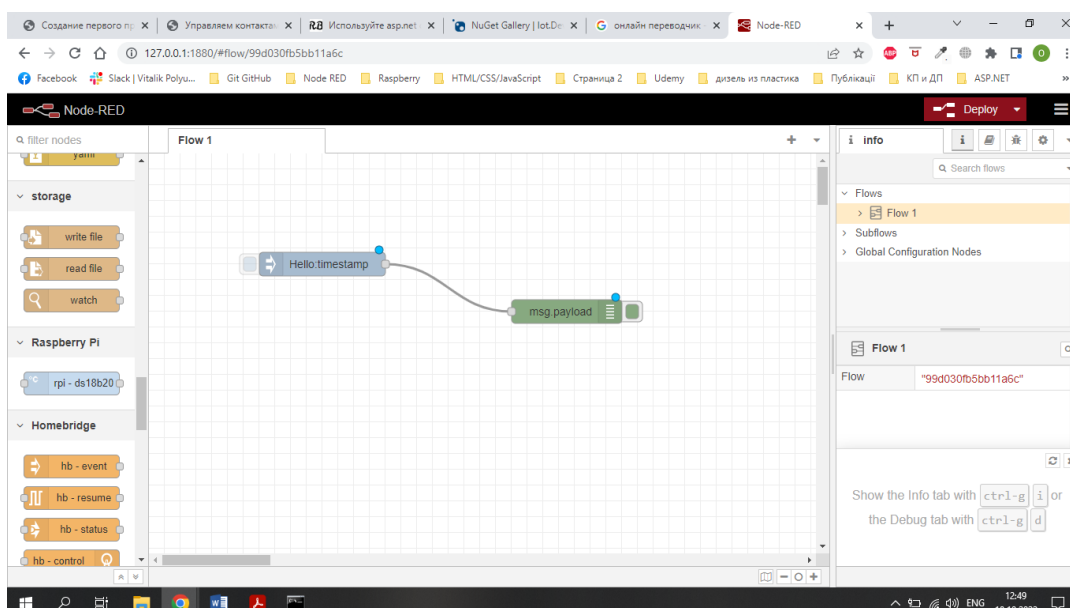


Рис 1 - Графічний інтерфейс NODE-RED

Node-RED це безкоштовний інструмент, що дозволяє автоматизувати зв'язки між усім, що тільки може автоматизуватися та підключено до мережі. Тут є інтерфейси для підключення до MQTT, набори логіки, парсер форматів, виведення в консоль і блок довільної функції [2].

Особливістю реалізації задумів на Node-RED полягає в тому, що, працюючи через звичайний браузер, користувач може створювати складні ланцюжки дій і без єдиного рядка коду [2]. Але якщо вже потрібно щось, що легше реалізувати через програмний код, то й таку річ можна реалізувати, використавши спеціальний вузол, у якому вводиться код JavaScript/

Переваги використання Node-red як Web-SCADA подібної системи очевидні. Node-red – популярна open-source IoT платформа, що має величезну спільноту, безліч різних плагінів та рішень, можливість інтегрувати різні протоколи. scadavis.io є вдалим прикладом інтеграції добре відомого серед спеціалістів підходу візуалізації – SCADA-систем та IoT edge платформи.

#### Список використаних джерел

1. NODE-RED – графічний конфігуратор для інтернета [Електронний ресурс] // r-iot.org, 2016. URL: <https://r-iot.org/2016/07/04/node-red-графічний-конфігуратор-для-інт> / (дата звернення 05.09.2022)
2. Creating Nodes [Електронний ресурс] // URL: <https://nodered.org/docs/creating-nodes> / (дата звернення 05.09.2022).

## ВЛАСТИВОСТІ СПЕКТРАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У ЗАДАЧАХ ТРИВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Солодка В.І., Тимошевський О.В.

Державний університет інтелектуальних технологій та зв'язку

Вступ. У загальному вигляді проблема та завдання даної теми полягає у зменшенні надмірності статистичних, динамічних та об'ємних даних зображень шляхом спектральних (вейвлет) перетворень та подальшого стиснення коефіцієнтів. Спектральне вейвлет-перетворення у задачах стиснення зображень в сучасних алгоритмах дозволяє значно підвищити ступінь стиснення чорно-білих і кольорових зображень при порівняльній візуальній якості по відношенню до алгоритмів попереднього покоління, заснованим на дискретно-косинусому перетворенні, таких, наприклад, як JPEG. Для сучасного цифрового телебачення дуже актуально проводити аналіз сучасних методів стиснення. Розробка цих методів праця багатьох вчених у тому числі комітетів ISO, ITU, IBC, JPEG та MPEG основними діячами у цьому напрямку є Leonardo Chiariglione, Gary J. Sullivan, Touraj Ebrahimi.

Необхідні задачі для аналізу були представлені методами вейвлет перетворення як: Добеши 4, 6, 8, 10, 24 порядку, Хаар, койфлети 1, 2, 3, 4, 5 порядку, Майера. В сьогоднішні використовуються більш високий рівень перетворення, як Віог 9.7, який не досліджувався у методах стиснення заснованих на алгоритмі JPEG/MPEG. Для аналізу та отримання показників стиснення, а саме коефіцієнта стиснення та відношення сигнал/шум використовуються такі методи вейвлет перетворення як: Добеши 4, 6, 8, 10, 24 порядку, Хаара, койфлети 1, 2, 3, 4, 5 порядку, Майера, біортогональні 1.1, 2.6, 3.3, 4.4, 9.7.

Метою роботи є аналіз методів спектральних вейвлет-перетворень в задачах стиснення зображень та отримання якісного («добре» та «відмінне») зображення при максимальному коефіцієнті стиснення.

Дані цієї роботи є визначення оптимальне значення відношення сигналу до перешкоди на границі зображення EPSNR, і за значенням СКВ. Для обчислення відношення сигнал/шум на границях зображення EPSNR використовується градієнтний метод виділення границь, застосовуваний спочатку до вихідного зображення, а потім до зображення після попередньої фільтрації із застосуванням віконної функції. У роботі розглядається ступінь стиснення за рівнем оптимальної якості, тобто відношення сигнал/шум 40 дБ. Проаналізувавши вейвлети перетворення, бачимо, що зростання коефіцієнта стиснення при збільшенні порядку вейвлетів Добеши пояснюється тим, що при цьому збільшується масштабуюча функція. Це дозволяє збільшити ступінь стиснення зображення, отримуючи його задовільну якість. Але при збільшенні масштабуючої функції збільшується довжина фільтра, що приводить до ускладнення реалізації цього метода. Для перетворення Хаара, це пара фільтрів, які поділяють сигнал на низькочастотну і високочастотну складові. Ступінь стиснення можна збільшити, застосовуючи перетворення Хаара багаторазово. Але вони мають суттєві недоліки, які заважають їх широкому застосуванню: це погані аналітичні властивості з різким перепадом на кордонах інтервалів (тобто їх погана гладкість); вони не ортогональні ніяким поліномам, крім тривіальної константи; також не володіють досить хорошою локалізацією по частоті. Велика кількість нульових моментів призводить до кращого стиснення, тому що вейвлет-коефіцієнти функції для малих масштабів будуть переважно нульовими там, де функція гладка. Койфлети більш симетричні ніж вейвлет Добеши. Розкид по гладкості у койфлетів більше, ніж у вейвлетів Добеши. Але недоліком є те, що койфлети довше, ніж вейвлети Добеши. Якщо для останніх довжина області завдання одно  $2M-1$ , то для койфлетов вона стає рівною  $3M-1$ , у 3 рази більше ніж у вейвлетів Хаара.

Біортогональні вейвлети використовуються, щоб забезпечити повну симетрію і точну реконструкцію. При цьому використовуються два дуальних вейвлет-базиси, пов'язані з двома різними багатомасштабними сходами. На відміну від вейвлетів Добеши, у яких регулярність тісно пов'язана з числом нульових моментів, біортогональні вейвлети мають

більшу свободу вибору. Якщо один з них володіє гладкістю порядку  $r$ , то дуальний йому вейвлет автоматично має, принаймні,  $r$  нульових моментів. Велике число нульових моментів призводить до кращих результатів при стисненні інформації для досить гладкої функції. Симетричні ортогональні вейвлети, близькі до ортонормального базису, схожі на койфлети. У разі застосування біортогональних вейвлетів виникає додаткова складність, яка полягає у нерівності середньоквадратичного відхилення (СКВ). При вейвлет-перетвореннях у задачах опису складних об'ємних реальних об'єктів сітками необхідно рухатися в напрямку зменшення обчислювальних потужностей, оскільки в класичному вигляді кожна вершина об'єкта піддається математичному перетворенню, що збільшує на порядок обчислювальні витрати. Для зменшення обчислювальної складності моделі пропонується перехід в спектральну область, шляхом розбиття об'єкта на субсмугові області з подальшою фільтрацією за допомогою вейвлет-перетворень. Для відновленого об'ємного зображення необхідно отримати залежність відношення сигнал/шум при повороті зображення навколо довільної осі щодо центру координат. Залежність відношення сигнал/шум від кута повороту координат нашого зображення. Також необхідно визначити абсолютні похибки координат відновленого зображення після вейвлет-перетворень, і обчислені відносні похибки вершин для нових координат об'єкту по осях  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

У виводах необхідно відмітити, що при дослідженні проектування зображення в двовимірні координати було виявлено, що частина вершин накладається одна на іншу. Такі вершини видаляються методом децимації, а також проводиться кліппінг. При передачі залишок у двовимірному полі вершин при чергуванні і порядкових телевізійних розгортках. Показано, що з метою зменшення потоку даних доцільно перед перетворенням зображення в двовимірне проводити спектральний вейвлет-перетворення. При видаленні незначних значень вейвлет-коефіцієнтів можливо досягти стиснення в 5 разів, при цьому якість зображення, представлене ставленням сигнал / шум, досягає значення 35 дБ - оцінка показника прийнятної візуальної якості для комфортного перегляду. Отже, нижче 35 дБ недоцільно стискати сіткові тривимірні об'єкти.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ СУШІННЯ ЗЕРНА**

**Стасюк І.Д., Масняк О.Я., Вінярський Б.І.**

Національний університет „Львівська політехніка”

**Вступ.** Якість зерна залежить як від умов вирощування і збирання урожаю, транспортування і сушіння зерна (СЗ), так і від адекватності алгоритмів роботи систем автоматизованого керування (САК) технологічним процесом (ТП) СЗ. Для СЗ застосовують такі способи:

тепловий, сорбційний і механічний. У сільському господарстві для СЗ тепловим способом найчастіше застосовують сушарки конвекційного типу, в яких теплота для видалення надлишкової вологи із зерна передається нагрітим чистим повітрям. СЗ необхідне для приведення зернового насіння і продовольчого зерна до стійкого стану та підвищення його якості для тривалого зберігання. Оптимальне значення вологості зерна під час збирання, наприклад, урожаю пшениці, становить 18-20%, а для тривалого зберігання ця вологість не повинна перевищувати 12,5%.

**Постановка задачі.** Ефективність ТП СЗ залежить як від дотримання режимів роботи сушарок, що забезпечують збереження якісних показників зерна, за різних початкової вологості зерна та вологості і температури нагрітого повітря, так і від економного витрачання енергії на СЗ. Так, наприклад, у багатьох випадках на СЗ витрачають енергії у 2,5-3 рази більше, ніж необхідно для випаровування із зерна надлишкової вологи. Отже, оптимізація ТП СЗ, тобто мінімізація затрат енергії на нього за умови збереження якісних показників зерна, сприятиме зменшенню у стільки ж разів цих затрат енергії.

**Мета роботи.** Метою цієї роботи є аналіз режимів роботи сушарок твердих речовин щодо можливостей економії теплової енергії на ТП СЗ за умови збереження якісних показників зерна для розроблення та подальшого впровадження заходів із удосконалення САК ТП СЗ.

**Основна частина.** За рівноважного стану вміст вологи у зерні залежить від відносної вологості оточуючого газу. Процес масопередавання між зерном і газом протікає дуже повільно, особливо без перемішування зерна, і досягає рівноважного стану протягом тривалого часу. Для збільшення швидкості сушіння процес проводять за умов, що відрізняються від рівноважних. У сушарках безперервної дії вологе зерно зазвичай переміщують у горизонтальному напрямку, де воно стикається із потоком нагрітого повітря. Щоб не відбувалося зміни фізико-хімічних властивостей зерна внаслідок високих температур повітря, у цих сушарках застосовують прямотечій повітря і вологого зерна, оскільки малоімовірно, що вологе зерно втратить свої властивості від стикання з гарячим повітрям на відміну від сухого зерна.

Гранична температура нагрівання насінневого зерна пшениці становить 45°C, а продовольчого – 50°C. За нагрівання пшениці вище зазначених меж різко знижується кількість клейковини і погіршується її якість. Зерно пшениці має товсту оболонку, що сповільнює випаровування з нього вологи, але завдяки високій термостійкості його можна нагрівати до 60°C. Процес сушіння проходить інтенсивно за температури сушильного агента до 90°C.

Основними збуреннями на ТП СЗ є витрата і початкова вологість зерна. Крім того, на швидкість СЗ також мають вплив зміни початкової вологості повітря і атмосферного тиску. Автоматичне регулювання параметрів процесу СЗ є утрудненим через відсутність безперервного способу вимірювання вологості продукту. Точне визначення параметрів зерна безпосередньо на технологічному потоці практично неможливе.

Тому зазвичай орієнтуються на значення параметрів середовища, що оточує висушуване зерно.

Рушійна сила ТП СЗ за температури повітря, що перевищує температуру кипіння випаровуваної рідини, прямо пропорційна різниці температур повітря і зерна, а за нижчої температури – різниці температур сухого і мокрого термометрів на виході повітря із сушарки. Оскільки збільшення швидкості повітря одночасно призводить до зростання втрат тепла і збільшення швидкості СЗ, то швидкість повітря потрібно вибирати оптимальною, але з врахуванням навантаження сушарки. Температура відпрацьованого повітря після сушарки є ще досить високою, тому пропонується пропускати його через теплообмінник-економайзер для попереднього підігріву свіжого повітря перед паровим теплообмінником. Рушійними силами ТП СЗ на початку та під час його завершення є відповідно температура гарячого повітря на вході в сушарку та різниця температур сухого і мокрого термометрів. Для забезпечення однакового ступеня висушування зерна ці параметри необхідно регулювати.

Повітря проходить через сушарку протягом декількох секунд, а зерно зазвичай переміщується у сушарці близько години і довше. Тому регулювання СЗ за параметрами газового потоку з точки зору динаміки є вигіднішим.

Автоматизація ТП СЗ забезпечує можливість підтримувати необхідну вологість сухого зерна за мінімальних затрат тепла та збереження якісних показників зерна. Системи автоматизації ТП СЗ здійснюють регулювання витрати вологого зерна, тиску і початкової температури повітря в сушарці та різниці температур сухого і мокрого термометрів на виході повітря із сушарки, контроль тиску і температури повітря, витрати і кількості водяної пари, різниці температур сухого і вологого термометрів (вологості сухого зерна).

Існуючі системи автоматизації сушарок зерна виконані на жорстко запрограмованих виробником засобах автоматизації, які внаслідок закладених у них алгоритмів регулювання мають обмеження щодо можливості оперативно змінювати параметри систем автоматичного регулювання і керування. В роботі пропонується удосконалити САК за допомогою застосування вільно програмованих контролерів фірми Schneider Electric серії M340. САК на базі такого контролера дає змогу здійснювати регулювання температури повітря, що поступає в сушарку, з врахуванням початкових вологості повітря і зерна, а також з врахуванням регенованого тепла відпрацьованого сушильного агента.

**Висновки.** Отже, застосування сучасних мікропроцесорних засобів для удосконалення САК ТП СЗ із попереднім підігрівом свіжого повітря відпрацьованим сушильним агентом дає змогу реалізувати адекватні алгоритми керування ТП СЗ та значно зменшити затрати тепла на цей процес за умови збереження якісних показників сухого зерна. Впровадження запропонованих заходів може забезпечити зменшення затрат тепла на ТП СЗ у 2,5-3 рази.

# ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ МІКРОВИТРАТ ГАЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГОДИННИКОВИХ КАМЕНІВ

Стасяк І.Д., Ділай І.В., Брилинський Р.Б., Шевчук В.В.

Національний університет „Львівська політехніка”

**Вступ.** Для вимірювання мікровитрат газу за методом змінного перепаду тиску як звужувальні пристрої мікровитратомірів застосовують годинникові камені з наскрізними отворами, відносна площа  $m$  яких досягає значень порядку 0,001, а витрату  $Q$  газу визначають за абсолютними тисками  $P_1$  і  $P_2$  до і після годинникового каменя. Коефіцієнт витрати  $\alpha$ , що входить у рівняння витрати такого звужувального пристрою, залежить як від контрольованого газу, виду залежності  $Q=f(P_1, P_2)$ , числа Рейнольдса  $Re$ , так і від значення діаметра  $d$  прохідного перетину годинникового каменя. Діаметр  $d$  таких каменів залежно від типорозміру знаходиться в межах 0,07–2,2 мм, а відхилення значення  $d$  від номінального може досягати 4,5%. Відповідно і значення коефіцієнта  $\alpha$  для годинникових каменів як різних типорозмірів, так і того самого типу будуть відрізнятися між собою. Відмінність між значеннями  $\alpha$  для каменів з діаметрами  $d$  в межах лише від 0,08 до 0,11 мм досягає 9,5%.

**Постановка задачі.** Точність вимірювання мікровитратомірів газу з годинниковими каменями як звужувальними пристроями залежить як від точності вимірювання тисків  $P_1$  і  $P_2$  до і після годинникового каменя, так і від точності визначення коефіцієнта витрати  $\alpha$  таких пристроїв, значення якого залежить від діаметра  $d$  прохідного перетину каменя. Значення коефіцієнта витрати  $\alpha$  визначають експериментально на аналізованому газі для конкретного годинникового каменя, що є досить складним і трудомістким процесом. Тому дослідження і встановлення залежності коефіцієнта витрати  $\alpha$  від діаметра  $d$  годинникових каменів дозволить спростити і підвищити точність визначення коефіцієнта  $\alpha$  конкретного каменя за значенням його діаметра  $d$ , а, отже, і підвищити точність вимірювання мікровитратомірів газу з такими звужувальними пристроями.

**Мета роботи.** Метою цієї роботи є встановлення аналітичної залежності коефіцієнта витрати  $\alpha$  годинникових каменів як первинних вимірювальних перетворювачів мікровитрат газу від діаметра  $d$  їхнього прохідного перетину на основі дослідження і аналізу експериментальних витратних характеристик таких перетворювачів витрати для підвищення точності визначення значення коефіцієнта  $\alpha$  конкретного каменя за відомим значенням його діаметра  $d$  і, відповідно, підвищення точності вимірювання мікровитрат газів.

**Основна частина.** Вимірювану витрату  $Q$  газу мікровитратоміром з годинниковим каменем як звужувальним пристроєм визначають за таким рівнянням:

$$Q = \alpha f \sqrt{2\rho\Delta P} (P_2/P_1)^{1/2\kappa}, \quad (1)$$

де  $Q$  – масова витрата газу;  $\alpha$  – коефіцієнт витрати;  $f$  – площа прохідного перетину годинникового каменя;  $\rho$  – густина газу до звужувального пристрою;  $\kappa$  – показник адіабати газу;  $\Delta P = P_1 - P_2$ .

Значення коефіцієнта  $\alpha$ , що входить у рівняння витрати (1) годинникових каменів, відрізняються між собою як для каменів різних типорозмірів, так і каменів того самого типу. На основі визначених за допомогою витратомірної установки, що реалізує плівковий метод вимірювання витрати газу і межа основної відносної похибки якої становить 0,25%, експериментальних залежностей  $Q=f(P_1, P_2)$  були обчислені значення коефіцієнта  $\alpha$ , які значно відрізняються між собою для різних типорозмірів годинникових каменів і різних газів. Так, коефіцієнт  $\alpha$  на повітрі в діапазоні числа  $Re$  від 700 до 2700 для годинникового каменя з  $d=0,083$  мм дорівнює 0,70, для каменя з  $d=0,093$  мм – 0,73 і для каменя з  $d=0,113$  мм – 0,77. Найбільше відхилення  $\alpha$  кожного з наведених каменів у вказаному діапазоні числа  $Re$  не перевищує 1,3%, а відмінність між значеннями  $\alpha$  різних з цих каменів становить 9,5%. Аналогічною є відмінність між значеннями коефіцієнта  $\alpha$  годинникових каменів на різних газах. Наприклад, для годинникового каменя з  $d=0,083$  мм коефіцієнт  $\alpha$  на гелії в межах числа  $Re$  від 200 до 500 дорівнює 0,63, а найбільше відхилення його в цьому діапазоні  $Re$  не перевищує 3,2%. На вуглекислому газі ці ж величини і для цього самого каменя в діапазоні числа  $Re$  від 800 до 2 500 відповідно дорівнюють 0,73 і 2,6%. Тому значення коефіцієнта  $\alpha$  конкретного годинникового каменя, зазвичай, визначають експериментально на основі дослідження його витратної характеристики за допомогою витратомірної установки, що реалізує плівковий метод вимірювання мікровитрат газу.

В роботі на основі опрацювання експериментально отриманих значень коефіцієнта витрати  $\alpha$  годинникових каменів з різними діаметрами  $d$  їхнього прохідного перетину пропонується аналітична залежність коефіцієнта  $\alpha$  від значення діаметра  $d$  годинникових каменів. Ця залежність, наприклад, для каменів з діаметрами  $d$  в межах від 0,08 до 0,11 мм на повітрі може бути такою:

$$\alpha = a_2 d^2 + a_1 d + a_0, \quad (2)$$

де  $a_2 = -41,9781$ ;  $a_1 = 10,5357$  і  $a_0 = 0,1155$  – коефіцієнти запропонованого квадратного полінома, в якому діаметр  $d$  прохідного перетину досліджуваного годинникового каменя виражений у мм.

Відхилення значення коефіцієнта витрати  $\alpha$ , визначеного обчисленням за аналітичною залежністю (2), від його значення, визначеного експериментально, не перевищує 0,45%. Тобто ця аналітична залежність дозволяє за відомим значенням діаметра  $d$  прохідного перетину конкретного годинникового каменя з високою точністю обчислювати значення його коефіцієнта витрати  $\alpha$ .

**Висновки.** Отже, застосування запропонованої аналітичної залежності коефіцієнта витрати  $\alpha$  годинникових каменів від діаметра  $d$  їхнього прохідного перетину забезпечує спрощення процедури і підвищення точності визначення коефіцієнта  $\alpha$  за значенням діаметра  $d$  конкретного каменя як звужувального пристрою мікровитратоміра змінного перепаду тиску, тобто дозволяє значно підвищити точність вимірювання мікровитрат газу за допомогою таких витратомірів.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Себко К.В.

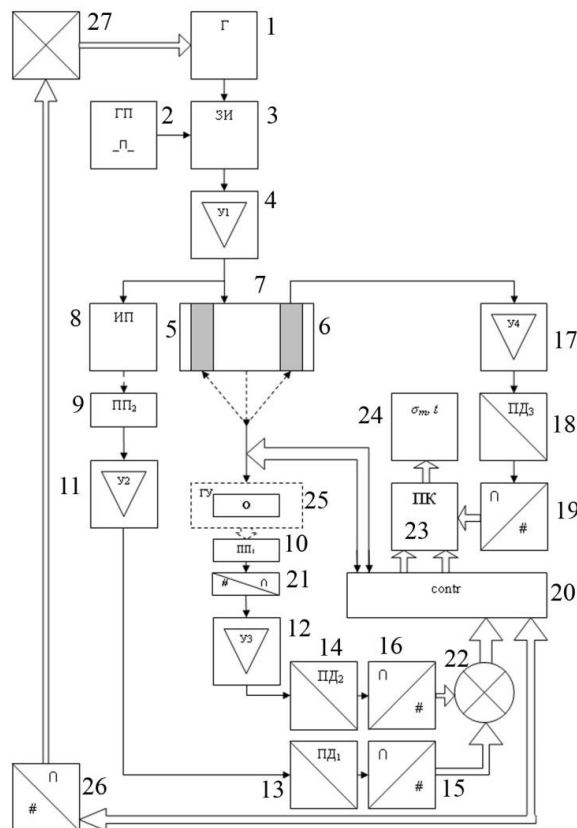
НТУ «Харківський політехнічний інститут»

**Вступ.** Найбільш важливою проблемою для попередження відмов під час роботи млина та іншого подрібнюючого обладнання є контроль стану деталей та комплектуючих не тільки при виготовленні, але й під час експлуатації вузлів та конструкцій переробних та харчових виробництв. Саме тому особливого значення набувають методи та пристрої контролю деталей обладнання, навіть під час вимушеного простою. У зв'язку з нагрівом деталей і механізмів, що рухаються, можуть виникати вібрації, тріщини, що призводять до відмови пристрою, а іноді й до повільного його руйнування та виникнення аварійних ситуацій на виробництві.

**Постановка задачі.** Існуючі методи та прилади для контролю деталей, вузлів та конструкцій обладнання харчових та переробних виробництв, не завжди дозволяють визначити стан рухомих деталей та значення їхніх параметрів, які впливають на роботу пристроїв в цілому. Тому виникає важлива технологічна проблема, яка полягає у створенні універсальних методів контролю обладнання переробних та харчових виробництв не тільки під час виготовлення деталей, вузлів та конструкцій, а й під час їхньої експлуатації, за допомогою безконтактних акустичних методів неруйнівного контролю (НК). На теперішній час, чавуни широко використовуються в хімічному машинобудуванні при виготовленні підшипників, плит, насосів, корпусів редукторів, станин, зубчастих коліс. Особливий інтерес представляють ковкі чавуни КЧ45-7, КЧ50-5, КЧ60-3, в структурі яких графіт знаходиться у формі пластівців, що дозволяє досягати високі міцнісні і пластичні характеристики виробів і конструкцій машинобудування після проведення термічної обробки деталей. На акустичні властивості чавуну впливає не лише легування і термообробка, але і форма графітових включень. При цьому змінюються інформативні параметри первинних п'єзоперетворювачів автоматизованих акустичних пристроїв: швидкість звукової подовжньої хвилі  $v$  (може змінюватися у декілька разів), а також відносна зміна коефіцієнта загасання  $\Delta/\Delta_1$  (залежно від частоти  $f$ ). Автоматизація процесу вимірів дозволяє здійснювати контроль міцнісних характеристик за відносно короткий проміжок часу і завдяки усереднюванню, зменшувати випадкові похибки вимірів та підвищувати точність виміру міцнісних характеристик виробів і загальну вірогідність контролю  $D$  параметрів стану обладнання харчових і переробних виробництв.

Метою роботи є створення схеми варіанта автоматизації процесу контролю межі міцності  $\sigma_B$  обладнання харчових і переробних виробництв. При дослідженнях необхідно враховувати зв'язок між температурними і механічними параметрами, такими як, наприклад: нерівномірність розподілу температури  $t$  по довжині зразка  $L$  (в результаті

нагрівання), що, у свою чергу, призводить до неоднорідності розподілу температурної деформації  $\epsilon_t$ , з локалізацією її пластичної складової в середній найбільш нагрітій частини зразка. На рис.1 надано схему варіанту автоматизації процесу контролю межі міцності  $\sigma_B$ . Структурна схема включає до себе генератор електричних коливань (Г) - 1, генератор прямокутних імпульсів (ГП) - 2, пристрій створення зондуючих імпульсів (ЗИ) - 3, підсилювачі (У1 - У4) - 4, 11, 12, 17, п'єзокерамічний перетворювач - 7 з випромінювачем - 5 і приймачем - 6, випромінюючий п'єзоперетворювач (ИП) - 8, приймаючі п'єзоперетворювачі (ПП1, ПП2) - 9,10, пікові детектори (ПД1 - ПД3) - 13, 14, 18, аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП) - 15, 16, 19, контролер - 20, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) - 21, диференціальний пристрій (ДУ) - 22, персональний комп'ютер (ПК) - 23, дисплей - 24, виріб з нагрівачем - 25, ЦАП - 26, блок (драйвер) - 27.



**Висновки.** Наведено схему автоматизованого пристрою контролю межі міцності  $\sigma_B$  зразка циліндричної форми.

#### Список використаних джерел

1. Ермолов И.Н. Отражение ультразвука от дефектов различной формы // Дефектоскопия. – 1970. – № 4. – С. 17–24.
2. Шкарлет Ю.М. Основы общей теории возбуждения акустических колебаний гармоническими полями сил // Дефектоскопия. – 1974. – № 3. – С. 84-92.
3. Kartashov V. M., Tikhonov V. A. , Voronin V. V. Features of construction and application of complex systems for the atmosphere remote sounding// Telecommunications and Radio Engineering.- New York. - 2017.- Vol. 76, №8.- P.743-749.

**ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ**  
**ЯК ПЕРЕДУМОВА ДО ОПАНУВАННЯ CAD/CAM СИСТЕМ**  
**Терлецький Т.В., Кайдик О.Л., Савич М.В.**  
Луцький національний технічний університет

Сьогодення вимагає від інженерних кадрів мобільності у прийнятті технічних рішень і втілення їх у виробництво. Підготовка висококваліфікованих інженерних кадрів на даному етапі неможлива без вивчення передових систем автоматизованого проектування (CAD) і моделювання (CAM), яким обов'язково має передувати опанування основ комп'ютерної графіки. Освоєння таких програм самотужки, без спеціального курсу навчання є проблематичним і не завжди вірним.

У першу чергу майбутні інженерні кадри мають усвідомити, що побудова технічного кресленика чи моделі об'єкта будь-якої складності базується на уявному розчленуванні його на основні структурні складові, а ці складові отримують за допомогою таких графічних примітивів як лінія, коло, дуга тощо, які поєднують між собою потрібним чином із подальшим застосуванням команд редагування.

Опануванню студентами методів побудови цих графічних примітивів допомагає розроблений змістовний модуль «Основи комп'ютерної графіки» в курсі «Основи технічної документації та комп'ютерної графіки», що викладається студентам технічних спеціальностей у ЛНТУ.

Під час освоєння можливих шляхів створення геометричних елементів (графічних примітивів) пропонується опрацювати спеціально розроблені електронні варіанти практичних робіт, які мають текстову і графічну частини. Текстова частина описує послідовність дій, а графічна поділена на дві зони – зону прикладу і зону побудови. В зоні прикладу представлено образ, який студент має отримати, а в зоні побудови є необхідний для виконання макет.

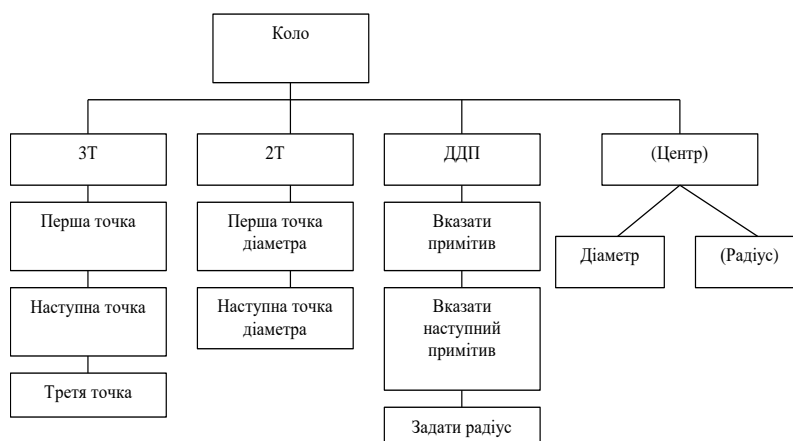


Рисунок 1 – Блок-схема побудови кола

Результатом опрацювання можливих шляхів побудови конкретного графічного елемента чи операції є побудова блок-схема (рисунок 1), яку майбутні фахівці повинні створити.

Як показала практика, створення такої схеми допомагає студенту повністю усвідомити та засвоює пройдений матеріал.

**PREREQUISITES FOR DEVELOPING  
A HUMAN FACE IDENTIFICATION  
ALGORITHM IN CCTV**

**Taras Terletskyi, Oleh Kaidyk,  
Yurii Derdiyk, Oleksandr Meus**  
Lutsk National Technical University

The effectiveness of closed-circuit television (CCTV) in solving the operational task of face identification depends on the capabilities of hardware and software components.

The effectiveness of the software component affects the level of image processing method, which is based on the corresponding algorithm for its processing, as close to human perception.

A man identifies objects by comparing them to existing information stored in his memory. When a new image of an object or subject appears, it is recorded by the visual apparatus and supplemented with the existing ones.

Human perception of the environment consists of several basic steps in the process of identifying other faces:

- distinguishing a face as such from a general background based on its physical characteristics;
- identification of facial features, which makes a person aware of whether or not they have seen a face before;
- a human recognises a person as belonging to a particular image embedded in their memory, and establishes who it is.

These features of perception were investigated by Alfred L. Yarbus, who established the independence of solving the question of the role of eye movements in visual perception from solving the question of the regulation of eye movements themselves and their determination.

Eye movements are an extremely complex picture of its activity and consist of several forms of movements: nystagmus, saccades, inversion nystagmus, and sinusoidal oscillations. During prolonged observation the whole image of any object or its fragments alternately fade, then reappear – image fragmentation occurs.

This is partly explained by the theory of neuronal ensembles, according to which individual neurons have a greater tendency to discharge more frequently in relation to movements in certain directions, which are commonly called «preferred directions of individual neurons».

Thus, according to the theory of neural ensembles, experience is necessary for the realization of perceptual ability: an image is perceived due to combinations of individual traces in the brain formed there by previously learned elements. This is consistent with other theories of perception, according to which the image is perceived as a whole, without synthesis from separate parts, due to the ability to perceive «form», «coherence» and «organization».

It follows from the above that at the initial stage of image perception, groups of structural elements or organized structures are identified, which confirms the reproduction of eye movements when looking at an image.

The same object is first detected, initially processed by the periphery with the transfer of the received information to the brain, and then it is examined in more detail.

The peculiarities of perception of low-contrast images by the human visual tract consist in the fact that in the process of recognition the brain acts as an active recognition system that carries out verification of the correctness of decisions.

The characteristic stages of recognition of the active system are: feature extraction, preliminary analysis, hypothesis making (supposition), hypothesis checking (supposition) – verification of images with the sample taken from the memory database. This principle of active recognition is laid down at the initial stage of the design of technical vision systems of low contrast objects, in particular in the recognition and identification of people.

When one looks at objects such as a mug, a clock, a chair or a car – one recognises them by comparing what one sees with the known characteristics inherent in the mental images of those objects.

Although all of these types of objects are the same and some modifications of them may differ from the prototype mental image, each of them has characteristic features. Yes, each mug has a set of key characteristics peculiar only to it – shape, size, colour, etc.; a classic watch – shape, size, hour hands, dial, etc., which help a person to recognize it. The image of the object is then classified by the human brain and stored in memory under a certain category.

Thus, increasing the number of varieties of objects of a certain category memorized by the brain will simplify the recognition of the new object image.

If at the stage of classifying objects the recognition process may come to an end, at the stage of identifying faces it is only the beginning. For example, if a suitcase is enough to be recognized as a suitcase and a watch as a watch, a human face is not enough to be recognized as a human face – a deeper analysis is needed.

Almost instantly, the human brain recognises the sex of a person, their approximate age and their belonging to a particular race. The person is also able to determine almost immediately if the person is familiar.

If the person is familiar, the brain begins to retrieve information about that person from the memory database. Face identification algorithms are built in a similar way.

The result of the face identification algorithms is a match or mismatch with the available face database, and the operation of the information system for recognizing and identifying people in reality is a complex of interacting hardware and software.

## ОСНОВНІ РИСИ СУЧАСНИХ САПР ЕЛЕКТРОНІКИ

Терлецький Т.В., Кайдик О.Л., Федорчук Л.М.

Луцький національний технічний університет

Сучасні системи автоматизованого проектування (САПР) засобів електроніки і їх принципові відмінності від «позадачних» методів автоматизації дозволяють виділити та сформулювати основні їх риси.

Можливість комплексного вирішення загального завдання проектування, встановлення тісного зв'язку між частковими завданнями, тобто можливість інтенсивного обміну інформацією і взаємодія не тільки окремих процедур, а й етапів проектування, формує комплексну характеристику САПР. Наприклад, стосовно технічного (конструкторського) етапу САПР дозволяє вирішувати завдання компоновання, розміщення і трасування в тісному взаємозв'язку, яка повинна бути закладена в технічних і програмних засобах системи.

Стосовно систем більш високого рівня можна говорити про встановлення тісного інформаційного зв'язку між схемотехнічним і конструкторськими етапами проектування. Такі системи дозволяють створювати електронні вироби, більш ефективні з точки зору комплексу функціональних і конструкторсько-технологічних вимог.

Інтерактивний режим проектування, при якому здійснюється безперервний процес діалогу «людина-машина» формує інтерактивну рису, яка пояснює неможливість створення складної апаратури без посередньої участі людини. Таким чином, сучасні САПР за своїм задумом не замінюють конструктора, а виступають засобом забезпечення його творчої діяльності. Імітаційне моделювання радіоелектронних систем в умовах, які є близьких до реальних формує імітаційну рису. Ця риса САПР дає можливість передбачити реакцію проєктованого об'єкта на найрізноманітніші збурення, дозволяє конструктору оцінити результати своєї праці в дії без макетування об'єкта. Імітаційне моделювання дозволяє провести випробування різних варіантів конструкції і обрати найкращий.

Значне ускладнення програмного та інформаційного забезпечення проектування призвело не тільки до кількісного та об'ємного збільшення, а й до ідеологічного ускладнення, яке пов'язане з необхідністю створення мов спілкування проєктувальника і ПК, розвинених банків даних, програм інформаційного обміну між складовими частинами системи, програм проектування, корекції роботи ПК, його навчання, систематизації і узагальнення досвіду, вдосконалення стратегії прийняття рішень.

Сучасні САПР вимагають застосування машин високої продуктивності, багатомашинних комплексів, розгалуженої системи периферійних пристроїв, зокрема пристроїв відображення інформації, діалогу і виготовлення документації.

Все це і замкненість процесу автоматизованого проектування призвело до того, що конструктор вводить в машину інформацію на рівні задуму, а в результаті діалогу отримує технічні рішення і необхідну документацію.

# РОЗРОБЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НА ОСНОВІ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ КЕРУЮЧИХ ЗАСОБІВ

Чабан В.Я., Матіко Ф.Д., Костик І.В.

Національний університет «Львівська політехніка»

Сучасні системи автоматизації розробляють на основі мікропроцесорних контролерів та засобів людино-машинного інтерфейсу (НМІ). Такі системи мають гнучку структуру, добре масштабовані, реалізують необхідні інформаційні та керуючі функції. Для розроблення сучасних керуючих систем фахівці з автоматизації повинні не тільки знати апаратні можливості усіх складових системи, а й уміти розробляти програми функціонування мікропроцесорних керуючих засобів, досліджувати систему під час її налагодження. Отже розроблення лабораторних стендів для навчання фахівців з автоматизації та дослідження систем керування є актуальним завданням.

Групою викладачів та студентів кафедри «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» за сприяння фахівців АТ «Галичфарм» виконано розроблення лабораторного стенду призначеного для дослідження систем керування з мікропроцесорним контролером, НМІ-панеллю та різними видами приводів (див. рис.1). Стенд розроблено на основі мікропроцесорного ПЛК Simatic S7-1200 (11A1 на рис.1,а) та НМІ-панелі оператора КТР600 (11A2). У якості виконавчих пристроїв застосовано кроковий двигун типу ДШР56 (М1) в комплекті з драйвером управління Microstep Driver DM542 (А3), а також частотний перетворювач FR-S520SE-0.2K-ЕС (13U1), виробництва компанії MITSUBISHI. Загальний вигляд та фото лабораторного стенду представлено на рис. 1.

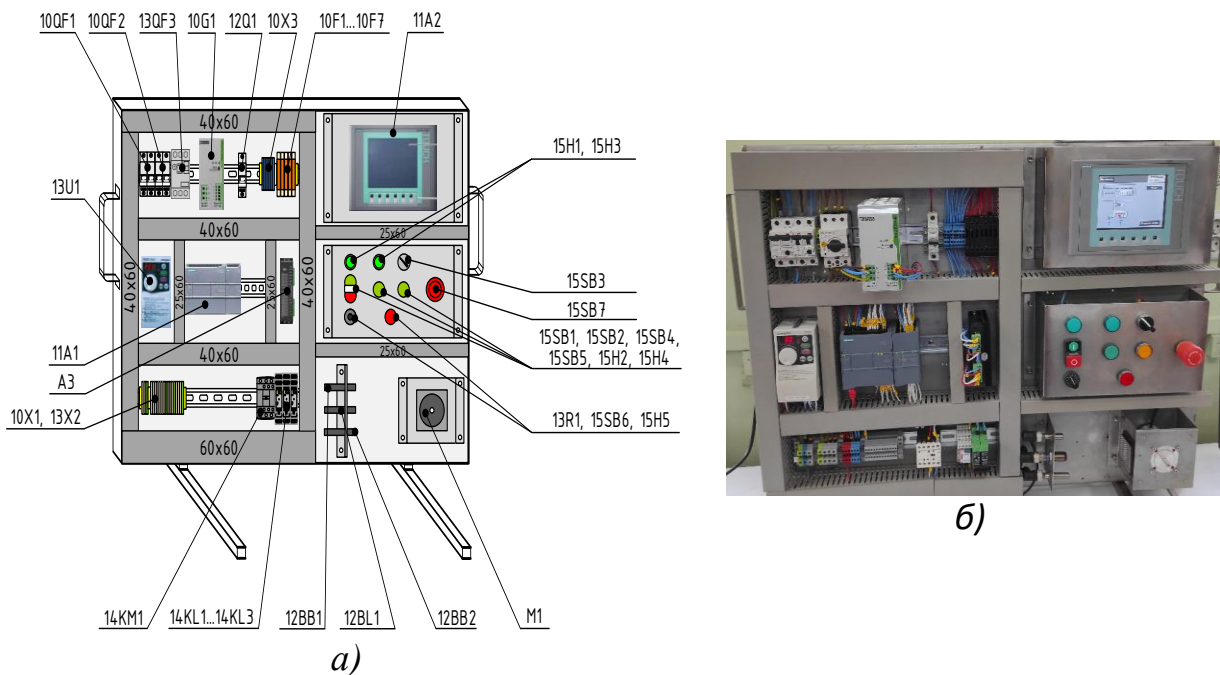


Рисунок 1– Загальний вигляд лабораторного стенду:  
а) з позначенням електричних компонентів; б) фото стенду

Для виконання досліджень систем керування крім названого вище обладнання на лабораторному стенді розміщено:

- кнопки 15SB1, 15SB2, та лампи 15H2, 15H4 для ручного керування та сигналізація стану обладнання;
- індуктивні давачі 12BB1 та 12BB2, які фіксують крайні положення повзунка, що прикріплені до ротора крокового двигуна;
- оптичний давач 12BL1, який контролює проміжне положення (кут повороту) повзунка.

Встановлений на стенді набір обладнання дає можливість розробляти та досліджувати низку функцій систем керування, зокрема:

- розробляти та тестувати програми функціонування контролера та програми функціонування НМІ-панелі оператора;
- відлагоджувати схеми та програми керування кроковим двигуном за допомогою драйвера керування, завдання для якого формують на НМІ-панелі оператора;
- відлагоджувати програми керування асинхронним двигуном за допомогою частотного перетворювача, керуючі сигнали для якого формують в програмі ПЛК;
- реалізувати верхній рівень керування із застосуванням програмних засобів для створення супервізорних систем керування та збору даних, а також з використанням web-технологій, технології Ethernet та протоколу TCP/IP.

Зокрема, для дослідження системи керування неперервним технологічним процесом на стенді реалізовано систему автоматичного регулювання температури в електричній печі. Зокрема реалізовано три контури:

- 1) контур автоматичного регулювання температури в електричній печі шляхом зміни витрати повітря за допомогою зміни частоти обертання вентилятора; застосовано частотний перетворювач;
- 2) контур автоматичного регулювання ступеня відкриття поворотних жалюзі за допомогою крокового двигуна та його драйвера керування;
- 3) контур ручного керування відцентровим вентилятором подачі повітря в піч.

Підтримання температури в печі здійснюється за допомогою електричного нагрівача з постійною потужністю нагріву. Додатково, за допомогою поворотних жалюзі можна змінювати витрату повітря на виході з печі.

Розроблення програми функціонування програмованого логічного контролера SIMATIC S7-1200 виконано в середовищі TIA Portal. Для відображення поточного стану системи керування за допомогою НМІ панелі в цьому ж середовищі програмування розроблено конфігурацію взаємозв'язку НМІ панелі з ПЛК SIMATIC S7-1200. Застосування розробленого стенду у навчальному процесі дає можливість підвищити якість підготовки фахівців з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, сформувавши в студентів практичні навички розроблення та відлагодження систем керування, потрібні під час роботи за фахом.

# ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ СТАНЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ШЛЯХОМ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ

Фединець В.О.<sup>1</sup>, Сільник М.Я.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка», <sup>2</sup>Відокремлений структурний підрозділ "Львівський фаховий коледж транспортної інфраструктури Українського державного університету науки і технологій"

**Вступ.** Працездатність пристроїв залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку багато в чому визначається якістю проведення вимірювань та застосування прогресивних методів обслуговування.

**Постановка задачі.** Під час експлуатації пристроїв залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку за допомогою вимірювань можна виявити відхилення їх параметрів від встановлених норм, а за виявленими відхилення вживати заходів для відновлення їх нормального функціонування. Враховуючи те, що такі пристрої працюють в складних умовах, при яких необхідно забезпечувати безпеку руху поїздів, вимірювання їх параметрів набуває важливого значення.

**Мета роботи.** Дослідження тепловізійного контролю станційних пристроїв залізничної автоматики та способів його здійснення.

**Результати досліджень.** Аналіз пошкоджень пристроїв сигналізації, централізації, блокування (СЦБ), які були віднесені за господарствами сигналізації та зв'язку, свідчить, що їх кількість не зменшилась.

Ретроспективний аналіз відмов пристроїв (СЦБ) вказує на те, що основними причинами їх відмов є :

1) вихід з ладу реле, блоків, трансформаторів, випрямлячів, безконтактної апаратури, пристроїв захисту. Основні причини відмов апаратури - обрив обмоток та монтажних проводів в приладах, коротке замикання проводів, втрата ємності конденсаторів, які виникали через неякісне виконання робіт при технічному обслуговуванні та ремонті пристроїв, фізичне старіння, вплив грозових та комутаційних перенапруг. Основні типи приладів, які найбільше виходили з ладу – трансформатори, трансмітери, конденсатори та конденсаторні блоки;

2) несправність в релейних шафах, на стативах, в колійних коробках. Основні причини відмов: несправність штепсельних плат, клем, роз'ємів, колодок, монтажу;

3) порушення роботи кабельних ліній. Основні причини відмов кабельних ліній - внутрішній обрив жил в кабелі, обрив жил на клемах, заниження опору ізоляції;

4) порушення роботи рейкових кіл. Основні причини відмов у рейкових колах - обрив або відсутність рейкових з'єднувачів;

5) несправність світлофорів. Основною причиною є перегорання світлофорних ламп внаслідок заводського недоліку – негерметичність колб;

6) несправність стрілочних електроприводів, гарнітури, замків Мелентьєва. Основними причинами цих відмов на залізницях є несправність електродвигунів, втрата контакту, несправність монтажу в автоперемикачі.

Основними причини теплового нагрівання є: збільшення перехідного опору контактів реле та перемикачів, перевищення амплітуди робочих струмів, зменшення опору ізоляції електричних кіл, зміна параметрів напівпровідникових елементів, тощо.

Для виявлення та недопущення відмов пристроїв залізничної автоматики, необхідно застосовувати метод тепловізійного діагностування. Це діагностування станів та властивостей різноманітних об'єктів є найсучаснішим, високоефективним і перспективним напрямком у діагностуванні. Тепловізор – це прилад який сприймає сигнали в інфрачервоній області спектра (теплове випромінення) і перетворює їх у видимі зображення.

Суть методу полягає в його універсальності, яка зумовлена тим, що інформаційним якісним параметром об'єктів дослідження є температура. Температура є невід'ємним показником роботи технічних установок і складних систем, а також характеризує внутрішню структурні та теплові процеси в конструкційних матеріалах. Інформація про процеси в об'єктах контролю надається через розшифрування розподілу температури.

Згідно результатів досліджень тепловізійного контролю в ручному режимі використання є певні недоліки, характерні для більшості відомих методів контролю, а саме “людський фактор”. “Людський фактор” зменшує об'єктивність, достовірність, і продуктивність результатів контролю, а оскільки об'єкти залізничної інфраструктури контролюються в комплексі (до декількох сотень об'єктів одночасно), то завдання підвищення якості контролю показників є актуальним.

У зв'язку з цим, доцільно використовувати метод автоматизованого процесу теплового контролю. Одним з основних етапів контролю є автоматичне виявлення потенційно небезпечних (перегрітих) ділянок у великому масиві аналізованих об'єктів, їх вибірка, ідентифікація та класифікація. Для елементів, які підлягають діагностуванню, залежно від їхніх типів, технічних особливостей та режиму роботи визначаються оптимальні порогові значення, тобто межі розмежування на нормальні та аномальні зони.

**Висновки.** Традиційні методи теплового контролю об'єктів залізничної інфраструктури, як правило, засновані на необхідності тимчасового виведення його з роботи. Тепловізійна діагностика на відміну від традиційних методів дає змогу виконувати поелементну, а також загальну оцінку технічного стану об'єктів в процесі його роботи, виявляти значну кількість дефектів на ранній стадії їх виникнення, а також визначати необхідні експлуатаційні обмеження, що перешкоджають розвитку дефектів.

Результати досліджень свідчать, що при використанні традиційних методів теплового контролю пристроїв залізничної автоматики необхідна постійна присутність обслуговуючого персоналу і неможлива його автоматизація. Впровадження автоматизованого способу теплового контролю дасть змогу зменшити кількість відмов пристроїв залізничної автоматики.

**ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ  
ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ**  
**Федосов С.А.<sup>1</sup>, Замуруєва О.В.<sup>1</sup>, Захарчук Д.А.<sup>2</sup>, Сахнюк В.Є.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Волинський національний університет імені Лесі Українки

<sup>2</sup>Луцький національний технічний університет

Дискові гальма з гідравлічним приводом є найвживанішим різновидом автомобільних гальм. Дискове гальмо – тип гальма, що створює тертя притисканням пар колодок супортами до диска. Саме гальмівні колодки створюють гальмівне прискорення, завдяки взаємодії з поверхнею колеса або гальмівного диска і перетворення сили натискання на гальмівний момент, і тому активно застосовуються на всіх видах колісного транспорту. Не дивним є висока зацікавленість науковців усього світу до досліджень пов'язаних з основним робочим компонентом гальмівної системи, а саме гальмівними колодками (brake pads).

На жаль, Україна не займає передового місця в дослідженнях та розробках гальмівних колодок (brake pads) серед країн Світу, хоча і має досить непогані результати. Для ефективного розвитку та впровадження власних розробок необхідно враховувати різні фактори одночасно. Швидкий термін впровадження визначається економічним фактором та наявністю певних інвестицій. Однак довгострокова перспектива вимагає розробки нових, екологічно чистих та ефективних досліджень і створення можливостей для їх впровадження. Самостійне вирішення даного питання значно складніше реалізувати. Для розвитку співпраці пророблено аналіз зосередження українських наукових центрів і їх доробок у розв'язанні даних проблем.

Дослідження з даної тематики в Україні зосереджено у провідних науково-дослідних центрах. Провідними українськими установами за кількістю публікацій є: *Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Український державний університет залізничного транспорту, Державний університет інфраструктури та технологій, Донецький інститут залізничного транспорту, Бердянський університет менеджменту і бізнесу* тощо. Найбільш частими авторами публікацій з «brake pads» є науковці саме цих центрів, серед яких: *Ravlyuk V.* (4), *Chesnokon A.V.*, *Hrebeniuk V.*, *Osenin Y.I.*, *Prosvirova O.*, *Ravliuk M.* (по 3)

Найвагоміші результати досліджень українських науковців опубліковано у авторитетних виданнях. Найбільшу кількість представлено у матеріалах конференцій і журналах Q2, Q3: *Journal of Friction and Wear* (US, SJR 0,46), *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* (Ukraine, SJR 0,27), тоді як найбільш цитовані статті опубліковані, в основному, у рейтингових (з високим SJR) журналах: *Communications - Scientific Letters of the University of Žilina* (Slovakia, SJR 0,24), *Journal of Friction and Wear* (US, SJR 0,46), *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* (Ukraine, SJR 0,27). Причому, значна кількість публікацій видана не лише у топових журналах, але й у великій кількості матеріалів

конференцій, таких як *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (UK, 0,25), *E3S Web of Conferences* (France, 0,24), *MATEC Web of Conferences* (France, 0) тощо, що вказує на важливість участі науковців у роботі таких заходів, зокрема представлення на них своїх результатів.

Невелика кількість праць опубліковано з представниками інших країн, які йдуть на співпрацю. Як правило, така співпраця проходить з країнами, інституції яких мають можливість надати матеріальну базу високого рівня. Тому найбільш цитовані публікації українських вчених є у співавторстві з науковцями із Російської Федерації, Азейбарджану, Словачії, Литви.

Для України ситуація із державною підтримкою досліджень, пов'язаних з гальмівними системи, є складна. Взагалі відсутні публікації, де вказано виконання за сприянням НАНУ, МОНУ та ДФФД МОНУ. Зате є публікація із українськими вченими, дослідження яких підтримані *Lietuvos Mokslo Taryba*. Як правило, українські вчені виконують свої дослідження або в закордонних інституціях, вигравши певний дослідницький грант, або українська організація співпрацює із закордонною, та певний вчений (вчені) є співавтором статті. Однак, важливою проблемою науковців з України є часта не деталізація уваги на метаданих (не вказують виконання у рамках певного гранту), або просто виконують дослідження без фінансової підтримки. Лише незначна кількість публікацій з українськими науковцями із проіндексованих мають відомості про фінансування дослідження.

Найбільша кількість публікацій в Україні за тегом «brake pads» (гальмівні колодки) стосується таких галузей знань, як Інженерія 35,6 %, Матеріалознавство – 22,2 %, Науки про Землю і планету – 13,3 %, Екологія – 8,9 %, Соціальні науки – 6,7 %. Тобто, в основному (близько 40 % усіх публікацій), це не високотехнологічні результати, які стосуються інженерії пристроїв. Майже 22 % усіх публікацій – високотехнологічні результати і дуже мало пов'язаних з питанням екології, економіки, тощо.

Тобто, в Україні є небагато досліджень, які обґрунтовують економічні прогнозування щодо доцільності тих чи інших напрямків досліджень, соціальній сфері адаптації кінцевого продукту (доцільність дослідження технологій чи матеріалів, які, наприклад, містять екологічно небезпечні речовини), відповідають потребам свого національного ринку. Українські дослідники можуть отримувати надзвичайно важливі й актуальні результати у високотехнологічних сферах. Але відсутність матеріальної бази є тією перепорою, яка стоїть на заваді їх промислового застосування.

Якість досліджень можна довести на основі якісних наукових публікацій у рецензованих журналах. Кількість та вплив таких наукових публікацій свідчать про потенціал наукових колективів, їх актуальність та можливість впровадження.

# ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВІДНОВЛЕННЯ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ

Фединець В.О., Васильківський І.С., Боднар А.В.  
Національний університет “Львівська політехніка”

Під час вимірювання температури газового потоку, що рухається зі швидкістю 50 м/с і більше необхідно враховувати як впливаючий фактор часткове гальмування потоку в зоні розміщення термоперетворювача (ТП), що викликає додаткове нагрівання його робочої частини.

Для оцінки цього процесу вводиться поняття *коефіцієнта гальмування* або *коефіцієнта відновлення*  $r$ , який характеризує ступінь відновлення температурного еквівалента кінетичної енергії газу. Складову похибки, обумовлену неповним перетворенням кінетичної енергії рухомого газу в теплову називають «швидкісною похибкою», яка визначається рівнянням:

$$\Delta t_{ув} = (1 - r) \frac{V^2}{2C_p},$$

де  $V$  – швидкість газового потоку;  $C_p$  – коефіцієнт його теплоємності при постійному тиску.

Тому мінімізація швидкісної складової похибки повинна включати в себе визначення способів і засобів, що забезпечують постійність коефіцієнта відновлення  $r$  і штучного зменшення швидкості обтікання чутливого елемента. В експериментальній практиці для штучного зменшення швидкості обтікання найбільше розповсюдження отримали ТП з камерами гальмування.

Значення коефіцієнта  $r$  в загальному випадку є функцією критеріїв Маха  $M$ , Рейнольдса  $Re$  і Прандтля  $Pr$  та показника адиабати  $k$  газового потоку. Тому під час синтезу ТП необхідно вибрати такі конструктивні розміри камери гальмування, які забезпечували б мінімальну зміну коефіцієнта відновлення  $r$  ТП в усьому діапазоні зміни чисел  $M$  і  $Re$ , тобто  $\Delta r \rightarrow 0$ . При забезпеченні таких умов швидкісна складова похибки  $\Delta t_{ув}$  буде мати мінімальне значення для даних умов вимірювання.

Дослідженням на визначення коефіцієнта відновлення  $r$  піддавалися конструкції ТП з поздовжнім обтіканням газовим потоком.

Експериментальні дослідження проводились в аеродинамічній в діапазоні зміни числа  $M$  від 0,1 до 0,6 в потоці повітря з температурою від 15 до 25 °С. Проведення досліджень при такій температурі дає змогу отримувати результати практично вільні від похибок, обумовлених тепловідведенням через теплопровідність і випромінення.

Встановлено, що коефіцієнт відновлення змінюється в невеликих межах і практично не залежить від відношення площ вхідних і вихідних отворів, через які газовий потік поступає в камеру гальмування і витікає з неї. Це означає, що при правильній експлуатації ТП забезпечується постійність швидкісної складової похибки, тому немає необхідності перевіряти її в процесі експлуатації, а визначати тільки під час синтезу конструкції в умовах розробника і періодичних випробувань в умовах заводу-виготовлювача.

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ВЕРСТАТОМ ЧПК

Федік Л.Ю., Грудецький Р.Я., Троянчук Б.О.

Луцький національний технічний університет

**Вступ.** Одним із важливих питань економічної стратегії уряду України є широке впровадження в промисловість передової техніки завдяки використанню автоматизованого верстатного устаткування. Сьогодні практично кожне підприємство механічної обробки має в своєму складі верстати з системами числового програмного керування (ЧПК). Обробка деталей на яких здійснюється за рахунок керуючої програми, написаної вручну чи автоматизовано за допомогою САМ системи.

Тому постає **завдання** проаналізувати програми для керування верстатом ЧПК.

**Метою роботи** є дослідження видів керуючих програм для станків ЧПК.

**Основна частина.** G-код (NC-код), як умовна назва мови програмування пристроїв числового програмного керування (ПЧПК), був створений компанією Electronic Industries Alliance на початку 1960-х років, а в 1980 році - як стандарт RS274D/(ISO 6983). У свою чергу Комітет ISO затвердив G-код, як стандарт ISO 6983-1:2009, а Держкомітет стандартів СССР — як ГОСТ 20999-83. У літературі G-код позначається як код ІСО 7-бит (ISO 7-bit). G-код кодували на 8-мидоріжкову перфострічку в коді ISO 7-bit (для подання інформації ПЧПК у вигляді машинного коду так само, як і коди AEG и PC8C), восьма доріжка застосовувалась для контролю парності.

Виробники системи ПЧПК (CNC), як правило, застосовують софт керування станком, для якого написана оператором програма обробки в якості команд керування, застосовуючи G-код у якості базової підмножини програмування, з можливістю розширення. Існує 256 кодових комбінацій ( $N=256$ ), з яких робочими є приблизно 42 ( $N_p=42$ ). Цей код двійковий, рівномірний з сіма інформаційно несучими двійковими розрядами і одним розрядом захисту по паритету ( $n=8$ ). При цьому код має можливість виявляти одиничні перешкоди ( $d_{min}=2, r=1$ ).

Програма, написана із застосуванням G-коду, має жорстку структуру. Всі команди керування об'єднуються в кадри – групи, що складаються з однієї чи більше команд. Кожен кадр керуючої програми починається з номера кадру (N) і закінчується символом LF (ПС) - кінець кадру. Кадр закінчується символом переведення стрічки (CR/LF) і має номер, за винятком першого кадру програми і коментарів. Перший (а в деяких випадках ще і останній) кадр містить тільки один символ «%». Основні одиниці даного коду команди G (підготовчі – визначають режим і умови роботи верстата і системи ЧПК; G00-G99) і M (допоміжні – для керування різними пристроями станка, наприклад вкл/викл шпиндель, охолодження і ін.). Закінчується програма командами M02 чи M30. Підпрограми можуть бути описані після команди M02, але до M30. Починається програма з кадру типу Lxx, де xx — номер підпрограми, а закінчується командою M17.

Коментарі до програми розміщуються в круглих дужках, як після програмних кодів, так і в окремому кадрі.

Порядок команд у кадрі не обумовлюється, проте традиційно передбачається, що першими вказуються підготовчі команди (наприклад, вибір робочої площини), потім команди переміщення, вибору режимів обробки і технологічні команди.

Слід відмітити, що керуюча програма оперується двома видами інформації: технологічною (вид інтерполяції, різний характер траєкторії контура виготовляючої деталі, режими різання, вид ріжучого інструменту, команди вказівки площини, в якій переміщується ріжучий інструмент, команди встановлення системи координат, у яких програмується переміщення ріжучих інструментів) і геометричною. Технологічні команди керуючої програми діють до їх відміни чи заміни на команди з новими значеннями. Цифрова частина команди характеризує чи геометричну інформацію, чи уточнює технологічну команду.

Комп'ютерні програми, які використовуються на станках ЧПК, застосовують драйвери, що настроюються користувачем, адаптовані до кожної машини і її конфігурації.

Зараз з'явилися нові коди, що інтегрують ISO, мови специфічні для виробників, а також інтерактивні програмні інтерфейси, призначені для спрощення програмування.

Довгий час програми писались безпосередньо операторами верстатів із ЧПК. Із моменту розробки персональних комп'ютерів були розроблені програми САМ (на англ. Computer Aided Manufacturing) для автоматичного запису послідовності коду ISO з файлів проекту і кінцевих настройок інструменту. Цей код формується за допомогою постпроцесора, який форматує керуючу програму від вимоги певного верстата і системи ЧПК. Втручання безпосередньо в код стали маргінальними.

Щоб перевірити правильність роботи послідовностей обробки, існують програми моделювання обробки, що дозволяють візуалізувати деталь у тому вигляді, в якому вона буде спроектована під час обробки. Таким чином, повна виробнича послідовність: САД (автоматизироване проектування) → САМ (розробка послідовності) → моделювання розкрою → виробництво.

У деяких випадках програмування G-Code (CN) повністю автоматизоване з планів, створених САПР. У випадку фізичного цифрового керування цифровий керуючий директор (DCN) інтерпретує інструкції, які містяться в послідовностях, отримує інформацію від датчиків і впливає на виконавчі механізми. Існують також пілоти з цифровим керуванням, які являють собою комп'ютерні програми (програмне забезпечення), що працює на ПК, можливо, з частковим делегуванням обчислень на спеціалізовану карту.

**Висновки.** Отже, для роботи станків ЧПК застосовують програму G-код (ISO 7-bit); коди, що інтегрують ISO для виробників; інтерактивні програмні інтерфейси і програми САМ; і повністю автоматизоване програмування G-Code (CN) з планів, створених САПР.

## **ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДНЮ НА ПОХИБКУ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ**

**<sup>1</sup>Шевчук В.Б., <sup>1</sup>Мануляк Р.Т., <sup>1</sup>Середюк Д.О., <sup>1</sup>Бас О.А., <sup>2</sup>Середюк О.Є.**

**<sup>1</sup>ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»**

**<sup>2</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**

У зв'язку з проблемами з енергозбереженням і зменшенням обсягу видобутку природного газу на даний час стає актуальним питання додавання водню до природного газу для його зменшення використання і заміни на водневу складову суміші природного газу.

Однак є невизначеними питання взаємодії водню із елементами вузлів побутових лічильників газу, які повинні працювати при вимірюванні об'єму газоводневих сумішей. Це потребує проведення низки експериментальних досліджень, оскільки відомі математичні моделі функціонування побутових лічильників газу не можуть достатньо адекватно описати цей процес.

Для вирішення цих питань фахівцями центру наукового забезпечення вимірювань ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» розроблена «Методика визначення впливу чистого водню та сумішей на працездатність та метрологічні характеристики лічильників газу, які застосовуються в побутовому секторі РМУ 001 РД/М-2021», яка конкретизує методичні аспекти проведення необхідних експериментів.

Метою роботи є викладення конкретного технічного забезпечення, яке дозволяє реалізувати вказаний напрям дослідження.

Для проведення експерименту розроблено вимірювальну систему (рис. 1), яка містить послідовно встановлений дослідний побутовий лічильник та еталонний засіб вимірювання об'єму газу. Як еталонний засіб у вимірювальній системі, використовується барабанний лічильник газу з попередньо визначеною градуовальною характеристикою в лабораторних умовах з повітряним робочим середовищем. Так як барабанний лічильник є об'ємного типу з гідравлічним затвором, то вид робочого газового середовища не повинен суттєво впливати на його метрологічні характеристики, оскільки матеріал виконання ковшів не взаємодіє з воднем, а розчинністю водню чи природного газу у запірній рідині (малов'язкій оливі) практично можна знехтувати. Еталонний лічильник встановлений після дослідного мембранного лічильника з метою уникнення можливого ефекту випаровування запірної рідини та насичення нею водню або газоводневих сумішей, а також для ліквідації впливу цього ефекту на покази дослідних лічильників.

Вентиль 2 в системі призначений для регулювання робочого випробувального тиску, а вентиль 7 – для регулювання робочої витрати через досліджуваній і еталонний лічильники. Контроль за температурним режимом і робочим тиском в системі до і після лічильників газу здійснюють за допомогою термометрів Т1, Т2 і манометрів Р1 і Р2.

Для проведення експериментів з максимально можливою точністю для автоматизації вимірювального процесу розроблено спеціалізоване

програмне забезпечення для проведення вимірювань об'єму пройденого газу через еталонний і дослідний лічильник, здійснення фіксації значення робочої об'ємної витрати газу, а також вимірювання тиску та температури робочого середовища. За допомогою програмного забезпечення здійснювався підрахунок імпульсів височастотного давача еталонного лічильника, формувався часовий проміжок вимірювання для проходження контрольного об'єму та проводився розрахунок до стандартних умов з врахуванням вимірянних значень тиску та температури.

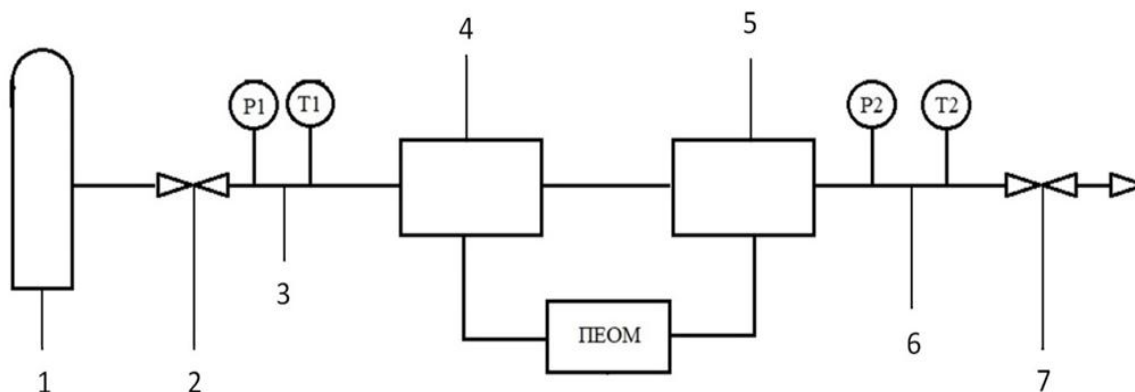


Рисунок 1 – Вимірювальна система для дослідження метрологічних характеристик побутових лічильників газу

1 – ємність з газовими сумішами; 2, 7 – вхідний та вихідний вентиля; 3, 6 – вхідний та вихідний трубопроводи; 4 – дослідний лічильник; 5 – еталонний лічильник

Експериментальна установка забезпечує можливість проведення експериментів із досліджуваними зразками побутових лічильників газу різних типів, в тому числі роторного та мембранного за витрат, які складають  $0,1Q_{max}$  та  $0,2Q_{max}$  (від значення максимальної витрати типорозміру лічильника газу).

При дослідженнях застосовуються наступні газові робочі середовища:

- газоподібний водень (концентрацією не менше 99%);
- суміш метану та водню в об'ємній пропорції (80:20)%;
- суміш метану та водню в об'ємній пропорції (90:10%).

Реалізація методики експериментальних досліджень впливу водню на похибку ПЛГ передбачає порівняння кривих похибок дослідних лічильників при їх отриманні для таких трьох видів експериментів:

- на повітрі в лабораторних умовах перед проведенням експериментів;
- на водні і на газоводневих сумішах з використанням барабанного лічильника в умовах полігону;
- на повітрі в лабораторних умовах після проведення експериментів.

Також після проведення експериментів проводиться додаткове визначення градувальної характеристики еталонного барабанного лічильника на повітрі в лабораторних умовах з метою дослідження її стабільності на предмет впливу водню і газоводневих сумішей при його роботі в умовах полігону.

# БАГАТОФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ ТА МОНІТОРИНГ ДАНИХ РОБОТИ ВИРОБНИЧИХ МАШИН

Щербинін В.О.

Донецький національний технічний університет

Актуальність – зменшення простоїв виробничих машин завдяки застосуванню метода, що використовує штучні нейронні системи (ШНМ). Також технологія, що описується надає можливість підвищити ефективність роботи верстатів та інших машин на підприємстві й передбачати аварійні ситуації виходячи з даних, що було зібрано з машини. Є немаловажним фактором те, що збільшиться термін придатності виробничих машин, а також підвищиться якість продукту, що виготовляється.

Після проведення ретельного аналізу, можна зробити висновок, що зараз існує велика кількість систем з різними методами діагностики. Однак у більшості цих систем є певний недолік, а саме те, що вони не охоплюють в повному обсязі весь процес роботи машини. Через це зменшується коефіцієнт корисної дії, строку придатності механізму та знижується якість товару, що виготовляється. Сучасне виробництво та процеси, що проходять на ньому з кожним роком стають все складнішими. Людський фактор вносить вагомий внесок у виробництво, але виникають різні ситуації, що призводять до небажаних випадків такі як, аварій, простої та інші.

Для реалізації метода, що дозволить повною мірою підвищити ефективність роботи виробничих машин використовується підхід теоретичного апарату штучних нейронних мереж. Насамперед для того, щоб виробництво уникало великої кількості простоїв, а також вироби були якісними, усе обладнання, що використовується на підприємстві має бути правильно спроектовано та правильно вводиться до виробничого процесу. Однією з найпоширеніших проблем на підприємствах, що вводять новітні технології є неухважність до нейронних мереж.

Надалі було проаналізовано фактори впливу на виробничі машини та системи передачі даних. З великої кількості було обрано сім найбільш впливових та інформаційно корисних факторів щодо процесу роботи машин на виробництві, а саме:

- вібрації ( $V_{dB}$ ), що виникають в наслідок безпосередньої роботи машини;
- вплив температурного фактора ( $t_{work}$ ) в ході роботи машини;
- рефракція ( $O_r$ ) радіохвиль під час передачі даних шляхом використання радіомодулів;
- вплив дротів високої напруги ( $U_{wire}$ ) на радіохвилі;
- вплив Bluetooth приладів ( $B_{radio}$ ) на бездротову передачу даних;
- аналіз відстані ( $L_{line}$ ) від машини до комп'ютера, що обробляє дані;
- якість сигналу ( $A_{if}$ ), що передається з урахуванням металевих конструкцій та поверхонь.

Вихідним шаром розроблюваної ШНМ для оцінки та прогнозування ефективності роботи машин та якості продукції, що виготовляється на підприємстві. Таким чином можна зробити висновок, що вихідне значення розроблюваної ШНМ змінюється в діапазоні від 0 до 1 [1].

Надалі необхідно визначити кількість нейронів прихованого шару, оскільки дані поділенні не лінійно. Визначивши приховані шари можна розробити мережеву архітектуру ШНМ. Він визначається за формулою, що впливає із теореми Арнольда-Колмогорова-Хехт-Нільсена [2].

$$N_{HL} = \frac{W}{N_{IL} + N_{OL}}. \quad (1)$$

де  $N_{HL}$  – кількість нейронів прихованого шару;  $W$  – необхідна кількість синоптичних вагових коефіцієнтів;  $N_{IL}$  – розмірність вхідного шару;  $N_{OL}$  – розмірність вихідного шару.

Оскільки дана мережа використовує динамічний зв'язок, виникає необхідність розрахунку числа синоптичних вагових коефіцієнтів ( $W$ ), що розраховується за формулою.

$$\frac{N_{OL} \cdot M}{1 + \log_2(M)} \leq W \leq N_{OL} \cdot \left( \frac{M}{N_{IL}} + 1 \right) (N_{IL} + N_{OL} + 1) + N_{OL}. \quad (2)$$

де  $M$  – об'єм вибірки даних, що використовується для навчання розроблюваної ШНМ.

В даній роботі отримане значення кількості нейронів прихованого шару змінюється в діапазоні від 5 до 48, це знайдено виходячи з вихідних даних:  $N_{OL}=1$ ;  $N_{IL}=7$ ;  $M=30$ . Далі на рис.1 представлено структуру розробленої ШНМ для прогнозування ефективності роботи та якості продукції, що виготовляється, шляхом аналізу даних, що було зібрано багатьма сенсорами різної направленості та суті дії.

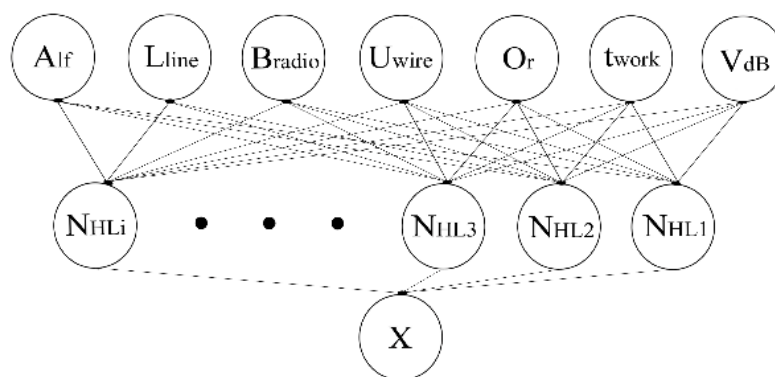


Рисунок 1 – Структура ШНМ

Проведено аналіз необхідних етапів обробки вимірювальної аналітичної інформації та відповідних до неї функціональних зв'язків. Через це обґрунтовано структурну схему процесів обробки потоків вимірювальної інформації та апаратно-програмних засобів із використанням запропонованої штучної нейронної мережі (див. рис 1), що наведено на рис. 2.

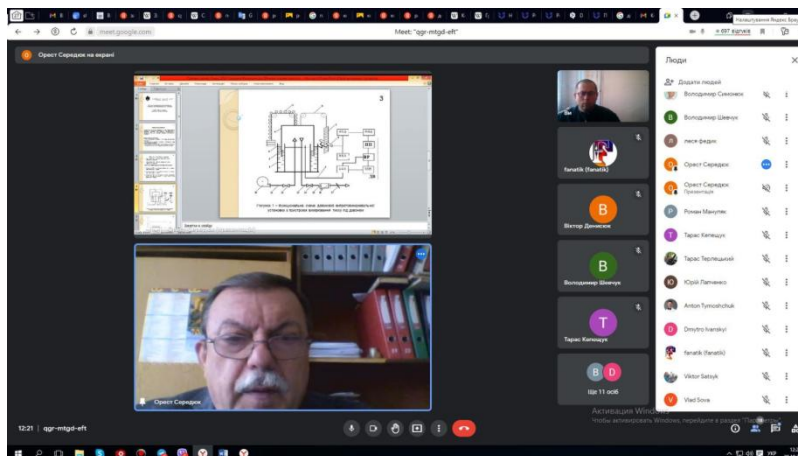
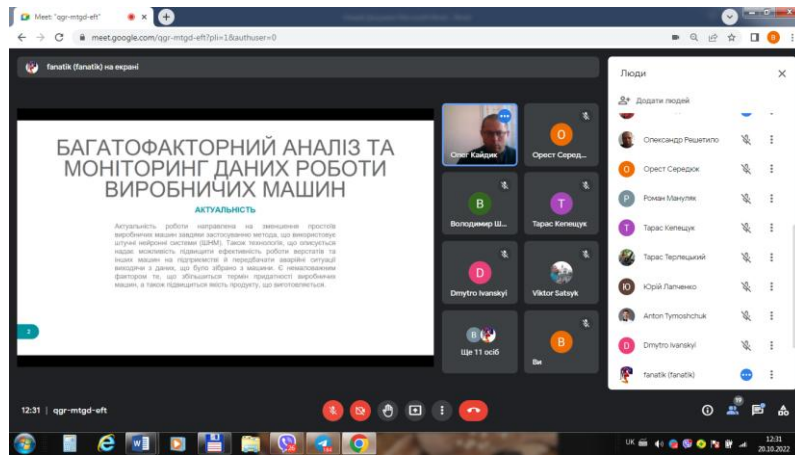
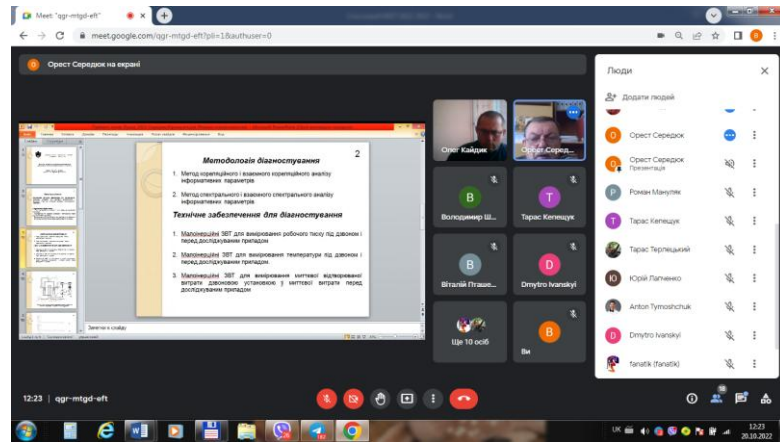
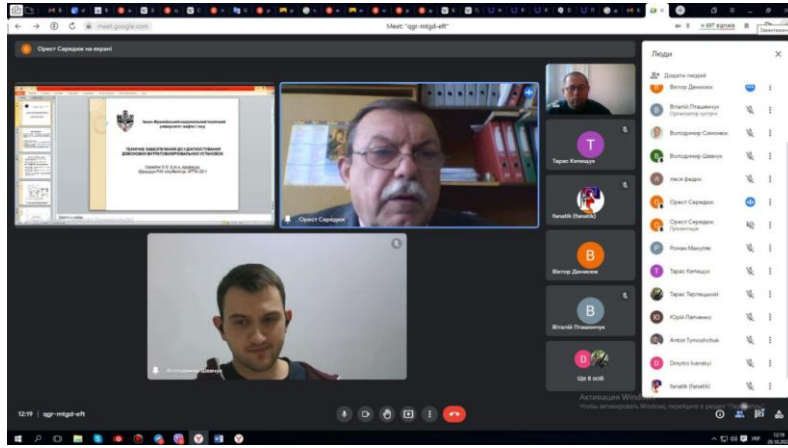


Рисунок 2 – Структурна схема процесів обробки інформації

**Висновки.** Проведено аналіз методів моніторингу виробничих машин та прогнозування аналітичної вимірювальної інформації показників технологічних процесів виробничих машин. Використання ШНМ дозволить підвищити ефективність керування та зменшити кількість простоїв машин на виробництві. Обрано сім найбільш впливових та інформаційно корисних факторів щодо процесу роботи машин на виробництві. Побудовано структурну схему, яка відображає процес обробки потоків вимірювальної інформації. Також розроблено структуру ШНМ для прогнозування ефективності роботи та якості продукції.

### Список використаних джерел

1. Лактіонов, І.С. Обґрунтування моделі багатофакторної оцінки та прогнозування параметрів якості вирощування культур на захищеному ґрунті: стаття / І.С. Лактіонов – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017.
2. Гулаков, К.В. (2013), « Вибір архітектури нейронної мережі для розв'язування задач апроксимації експериментальних даних та регресійного аналізу», Vestnik Bryanskogo nats. tehn. un-ta, no. 2 (38), pp. 95 – 105.



Meet "qgr-mtgd-efit"

meet.google.com/qgr-mtgd-efit?pli=1&authuser=0

fanatik (fanatik) на екрані

## АНАЛІЗ

ПРОЦЕСИ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ

Після чергового регулярного засідання комісії з питань безпеки, що відбулося 18 лютого 2022 року, було проведено аналіз виконання роботи комісії за період з 15 лютого по 18 лютого 2022 року. Аналіз виконання роботи комісії за період з 15 лютого по 18 лютого 2022 року. Аналіз виконання роботи комісії за період з 15 лютого по 18 лютого 2022 року.

Для реалізації методів, що дозволяють, крім іншого, підвищити ефективність роботи комісії, необхідно: визначити відповідальних за виконання роботи комісії; визначити відповідальних за виконання роботи комісії; визначити відповідальних за виконання роботи комісії.

12:33 | qgr-mtgd-efit

Людям: Олександр Рещетилко, Орест Сердюк, Роман Мануїл, Тарас Кемішук, Тарас Тешельський, Юрій Гамченко, Антон Тупошчук, Дмитро Іванський, fanatik (fanatik)

Meet "qgr-mtgd-efit"

meet.google.com/qgr-mtgd-efit?pli=1&authuser=0

fanatik (fanatik) на екрані

## СТРУКТУРНА СХЕМА

ПРОЦЕСІВ СЕРВІСНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Процесні етапи роботи системи збору персональних даних робітників: аналіз вхідних даних; Формування вибірок даних; Висновок на основі аналізу даних; Фінальне використання персональних даних.

12:41 | qgr-mtgd-efit

Людям: Роман Мануїл, Тарас Кемішук, Тарас Тешельський, Юрій Гамченко, Антон Тупошчук, Дмитро Іванський, fanatik (fanatik), Viktor Satsyk

Meet "qgr-mtgd-efit"

meet.google.com/qgr-mtgd-efit?pli=1&authuser=0

fanatik (fanatik) на екрані

## СТРУКТУРА ШНМ

ШТРАФНА МОДЕЛЬНА МЕРЕЖА

Аналіз структури штрафної моделі. Мережа складається з вузлів: Air, L1m, B, U, O, I, V, N1, N2, N3, X.

12:36 | qgr-mtgd-efit

Людям: Орест Сердюк, Роман Мануїл, Тарас Кемішук, Тарас Тешельський, Юрій Гамченко, Антон Тупошчук, Дмитро Іванський, fanatik (fanatik), Прем'єр-міністр

Meet "qgr-mtgd-efit"

meet.google.com/qgr-mtgd-efit

fanatik (fanatik) на екрані

Вибір (V) що виконують аналіз даних робітників машини; Висновок (O) розподіляти фактори (B) в кожній роботі машини; Рефракція (R) розподіляти на час передачі даних швидкістю розподілює; Висновок (O) розподіляти напруження (L) на розподілює; Висновок (O) розподіляти передачу даних; Аналіз надстані (L) що розподіляти до комп'ютера, що обробляє дані; Якість сигналу (A), що розподіляти в управління металевими конструкцій та поверток.

12:35 | qgr-mtgd-efit

Людям: Володимир Сиваченко, Іван Феденко, Олександр Рещетилко, Орест Сердюк, Роман Мануїл, Тарас Кемішук, Тарас Тешельський, Юрій Гамченко, Антон Тупошчук, Дмитро Іванський, fanatik (fanatik), Прем'єр-міністр, Viktor Satsyk



**ВОЛИНЬ**  
**унікальна**