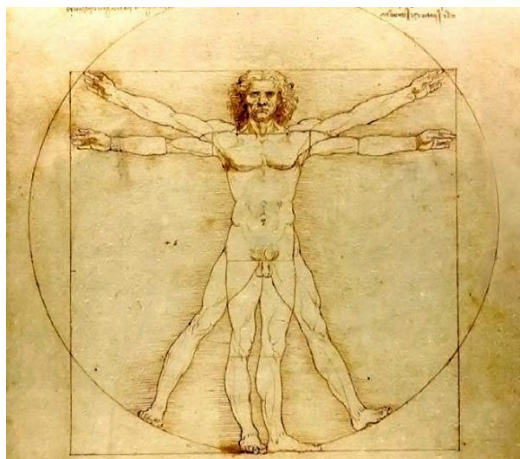


**Академія метрології України
Національний університет «Львівська політехніка»
ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і
управляючих систем» («Система»)**

**Спонсори:
Науково-виробниче об'єднання «АМІКО», Миколаїв
Підприємство «Енергооблік», Харків**

**Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених
у царині метрології**

«Technical Using of Measurement – 2015»



**2- 6 лютого 2015 року
м. Славське**

«TECHNICAL USING OF MEASUREMENT – 2015»

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених у царині метрології

**м. Славське, Україна
2-6 лютого, 2015**

«TECHNICAL USING OF MEASUREMENT – 2015»

ABSTRACTS **of Ukrainian Scientific and Technical Conference of** **Young Scientists are in the Area of Metrology**

Slavs'ke, Ukraine
February 2-6, 2015

УДК 621

Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement-2015», 2-6 лютого 2015 року: тези доповідей / Відп. за вип. Володарський Є.Т. – Київ: Академія метрології України, 2015. – 170 с.

У виданні зібрано тези доповідей конференції, присвяченої науково-технічним проблемам метрології

Відповідальний за випуск Є.Т. Володарський

Укладачі: Гоц Н.Є., Бойко Т.Г., Бубела Т.З., Міхалева М.С.,
Ільницька Т.М., Дзіковська Ю.М., Антонюк О.О.

Організатори:

Академія метрології України

Національний університет «Львівська політехніка»

**ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і
управляючих систем» («Система»)**

Спонсори:

Науково-виробниче об'єднання «АМКО», Миколаїв

Підприємство «Енергооблік», Харків

Матеріали подано в авторській редакції та затверджено на засіданні Науково-технічної ради ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» («Система») від 19.01.2015р.

Протокол засідання секції "Метрологія і стандартизація" Науково-технічної ради ДП НДІ "Система" №1/2015 від 19.01.2015 р. Рішення секції "Метрологія і стандартизація" Науково-технічної ради ДП НДІ "Система" №1-2/2015 від 19.01.2015 р.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

Голова: Володарський Є.Т., д.т.н., проф., президент Академії метрології України

Заступники голови:

Микийчук М.М., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Стадник Б.І., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Столярчук П.Г., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Члени наукового комітету:

Большаков В.Б., д.т.н., г.н.с. (ННЦ «Інститут метрології», Харків)

Кондрашов С.І. д.т.н., проф. (НТУ «Харківський політехнічний інститут»)

Косач Н.І., д.т.н., проф. (Харківський аерокосмічний університет)

Кошева Л.О., д.т.н., проф. (Національний авіаційний університет, Київ)

Кучерук В.Ю., д.т.н., проф. (Вінницький національний технічний університет)

Куц Ю.В., д.т.н., проф. (Національний авіаційний університет, Київ)

Луцик Я.Т. , д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Микитин І. П. д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Мисов О. П., к.т.н., доц. (Державний хіміко-технологічний університет, Дніпропетровськ)

Петришин І.С., д.т.н., проф. (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу)

Походило Є.В., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Середюк О.Є., д.т.н., проф. (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу)

Сурду М.М., д.т.н., проф. (Укрметртестстандарт, Київ)

Трищ Р.М., д.т.н., проф. (Українська інженерно-педагогічна академія, Харків)

Туз Ю.М., д.т.н., проф. (НТУ України «Київський політехнічний інститут»)

Яцишин С.П., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Яцук В.О., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

ОРГКОМІТЕТ

Голова: Паракуда В.В., к.т.н., доц. (ДП НДІ «Система», Львів)

Гоц Н.Є., (відповідальний секретар), д.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)

Бубела Т.З., д.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)

Бойко Т.Г., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Кочан Р. В., д.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)

Куць В.Р., к.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)

Міхалева М.С., к.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)

Прохоренко С.В., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

ЗМІСТ

О.О. Антонюк, аспірант, М.О. Довгань, студент РІЗНОВИДИ БІОІМПЕДАНСНОГО АНАЛІЗУ ЗА ОБ'ЄКТОМ ВИМІРЮВАННЯ	11
Т. З. Бубела, д.т.н., О. В. Воробець, аспірант НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ.....	12
Н. И. Косач, д.т.н., Н. В. Бейнер, аспірант ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ВОДЫ НА АЭС И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА.....	14
Н. И. Косач, д.т.н., П. С. Бейнер, аспірант СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	17
А. В. Борзенкова, аспірант, Г. А. Черепашук, к.т.н., доцент ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОГРЕШНОСТИ СИТ ПРИ ФИЗИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭТАЛОННЫХ СРЕДСТВ	20
А. В. Дураченко, слухачка магістратури ДО ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ КАФЕДР ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ	24
Б. І. Стадник, д.т.н., проф., В. В. Герасименко, аспірант ДОСЛІДЖЕННЯ НАХИЛІВ ОПОРНИХ КАМЕНІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЇХНЬОГО ВПЛИВУ НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ КОМПАРАТОРІВ МАСИ У НАНОДІАПАЗОНІ	27
П. І. Кулаков, к.т.н., Т. В. Гнесь, аспірант СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ ТРИВАЛОСТІ МАШИННОГО ДОЇННЯ НА СТІЙЛОВІЙ ДОЇЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ	29
К. Ю. Голуб, аспірант, О. В. Заболотний, к.т.н., доцент АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ РЕЧОВИН.....	32
В. В. Паракуда, к.т.н., доц., В. П. Чалий, к.т.н., с.н.с., Т. М. Ільницька, здобувач ПРОСТЕЖУВАНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ «МЕДИЧНОГО» УЛЬТРАЗВУКУ	35
Р. М. Івах, к. т. н., доцент АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ.....	37
Б. В. Кокотенко, Ю. М. Туз, д. т. н., проф. КОРЕКЦІЯ РЕЗУЛЬТАТУ ВИМІРЮВАННЯ ДЮОЧОГО ЗНАЧЕННЯ СИГНАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ АПРОКСИМУЮЧОЇ ВАГОВОЇ ФУНКЦІЇ.....	40

- В. Ю. Кучерук, д.т.н., проф., Д. М. Компанець, магістрант_АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ ОБЛІКУ ВИТРАТ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ45**
- М. С. Міхалєва, к.т.н., с.н.с., доц., І. М. Коваль, студентка ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІДИН ПІД ЧАС ПРОХОДЖЕННЯ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ.....46**
- А. А. Кравченко, асистент, Н. А. Яремчук, к.т.н., доц. АНАЛІЗ КРИТЕРІЇВ ОДНОРІДНОСТІ ДАНИХ ПРИ ТЕСТУВАННІ49**
- Т. Б. Крет, аспірант ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИМІРЮВАННЯ52**
- Ю. Кривенчук, І. Микитин, П. Скоропад, І. Питель, І. Ліхновський, І. Петровська, У. Кривенчук, А. Ліхновська БЕЗКОНТАКТНИЙ КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРИ В ПРОЦЕСІ ХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ ТОНКИХ ПЛІВОК53**
- І. Я. Кунець, аспірант, І. П. Микитин, д.т.н., проф. ГОМОГЕНІЗАЦІЯ РОБОЧОЇ РЕЧОВИНИ РЕПЕРНИХ ТОЧОК НА ОСНОВІ ЕВТЕКТИЧНИХ СТОПІВ55**
- В. Ю. Ларин д.т.н., проф., Е. Ю. Ларина, к.т.н., Н. А. Киктев, к.т.н. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ АППРОКСИМАЦИИ С МАКСИМАЛЬНЫМ ПРАВДОПОДОБИЕМ МЕТОДОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОЛИНОМА.....57**
- В. Ю. Ларин, д.т.н., проф., Е. Ю. Ларина, к.т.н., доц., Я. А. Савицкая, аспірант_МЕТОД МИНИМИЗАЦИИ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СИГНАЛОВ АППАРАТНЫМИ СРЕДСТВАМИ..... 59**
- Е. Ю. Ларина, к.т.н. СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ АППРОКСИМАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ62**
- О. М. Любименко, к.ф.-м. н. МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ФОРМОЗМІНЕННЯ ТА ОДНОЧАСНО ЕЛЕКТРООПОРУ ПАЛАДІЄВОЇ ПЛАСТИНИ ПРИ НАСИЧЕННІ ВОДНЕМ65**
- В. Ю. Кучерук, д.т.н., В. М. Севастьянов, к.т.н., В. С. Маньковська, асистент, М. О. Трачук, магістр_ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЄМНОСТІ В НАПРУГУ НА ОСНОВІ RL-ДІОДНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЕТЕРМІНОВАНО-ХАОТИЧНИХ КОЛИВАНЬ.....66**
- Т. Г. Бойко, проф., В. В. Мельник, аспірант ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ВАГОМОСТІ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕНЧМАРКІНГУ ТА НЕЧІТКИХ МНОЖИН68**

- І-М. В. Мідик, аспірант, П. Г. Столярчук, д.т.н., професор МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ОВОЧІВНИЦТВА.....70**
- В. Ю. Кучерук, д.т.н., проф., Д. В. Мостовий, студент СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ CO₂ НА БАЗІ ПРОМИСЛОВО-ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА VIRA 20072**
- М. Я. Микитюк, аспірант КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ТЕЛЕФОННИХ ЛІНІЙ НА ПРЕДМЕТ ВИЯВЛЕННЯ НЕЛЕГАЛЬНИХ ПІДКЛЮЧЕНЬ.....73**
- В. А. Науменко, С. Д. Недзельский, к.т.н. МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СЧЕТЧИКОВ ГАЗА.....76**
- С. Бедухин ЭТАЛОНЫ, СОЗДАНИЕ НА КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ КОНСТАНТАХ.....80**
- І. П. Микитин, д.т.н., проф., Т. Фрьогліх д.т.н., проф., О. М. Олеськів, аспірант ОСОБЛИВОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕВІРКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ З РІЗНИМИ СТРУКТУРАМИ83**
- Е. Павлов, студент НАУ, А. Безвершнюк, студент НАУ БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ86**
- Н. І. Петришин, к.т.н. ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ВИМІРЮВАННЯМИ НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ ОБЛІКУ ГАЗУ.....88**
- І. С. Петришин, д.т.н., проф., Т. І. Присяжнюк, к.т.н., О. А. Бас ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ОДИНИЦІ ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ ПОРШНЕВОЮ УСТАНОВКОЮ З МЕХАНІЧНИМ ПРИВОДОМ....90**
- О. В. Авраменко, нач., лабор., М. М. Дорожовець, д.т.н., проф., І. В. Попович, аспірант ОЦІНЮВАННЯ НЕПЕВНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ ПІД ЧАС КОНТРОЛЮ ВІДНОСНОГО ВИДОВЖЕННЯ ТА МЕЖІ ПЛИННОСТІ ПРИ РОЗРИВІ ВИРОБІВ З ПЛАСТМАСИ94**
- Т. Г. Бойко, проф., Т. В. Рябкова, аспірант РИЗИКИ, ЩО СУПРОВОДЖУЮТЬ ГОСПОДАРСЬКУ ДІЯЛЬНІСТЬ97**
- Б. В. Богданець, магістрант, Ю. І. Рудик, к.т.н., доцент НОРМАТИВНА ПРАКТИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ У ДОСЛІДНО-ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ ДСНС УКРАЇНИ99**

- В. О. Яцук, проф., д.т.н., Х. В. Серкез, аспірант ОЦІНЮВАННЯ НЕПЕВНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗАМІЩЕННЯ 101**
- A. Shantyr, D. Shantyr, Ph.D. DEFINITION FOR SOFTWARE QUALITY MEASUREMENT PROCEDURE 103**
- Д. І. Шматков, к. пед. н. ДО ПИТАННЯ ПОДАВАННЯ ЗНАТЬ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЮ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ..... 104**
- Д. І. Шматков, к. пед. н., О. А. Дідусенко, слухачка магістратури ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОІНДИКАТОРНИХ ФАРБ У ГАЛУЗІ БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ 107**
- Д. І. Шматков, к.пед.н., Р. З. Балафендієва, слухачка магістратури ПРОЕКТУВАННЯ ЗАСОБУ КОНТРОЛЮ ЗАЛИШКІВ ШОКОЛАДУ В ФОРМАХ НА АВТОМАТИЧНІЙ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА..... 109**
- A. В. Шнира, магістр, Б. В. Чапалюк, магістр, А.І. Алімов, магістр ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ 3D-ДРУКУ 112**
- Й. І. Стенцель, д.т.н., К. А. Літвінов, аспірант ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИНИХ СЕРЕДОВИЩ УЛЬТРАЗВУКОВИМ МЕТОДОМ..... 115**
- Й. І. Стенцель, д.т.н., О.І. Шаповалов, аспірант СТАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНІТОСТРИКЦІЙНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИНИ 118**
- Й. І. Стенцель, д.т.н., О. І. Проказа, к.т.н., К. А. Літвінов, аспірант ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ..... 121**
- A. Г. Бондаренко, В. П. Сироклыи, к.т.н САМООЦЕНКА КАК МЕТОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ 124**
- M. В. Глебова, В. П. Сироклыи, к.т.н ВЫЯВЛЕНИЕ РИСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В УНИВЕРСИТЕТЕ..... 125**
- Е. Ю. Ларина, к.т.н., В. И. Котовский, д.т.н., с.н.с., Н. И. Чичикало, д.т.н., проф. КООРДИНАТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ – ЭЛЕМЕНТ ОБОБЩЕННОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ – СЕНСОР СЕГМЕНТА 126**

М. С. Міхалєва, с.н.с., к.т.н., доцент, Г. Р. Чурко, студентка КОНТРОЛЬ ОЛІЙНИХ РІДИН ЗА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ	128
І. М. Волощук, студент, Н. Є. Гоц, д.т.н., доцент АНАЛІЗ МЕТОДІВ КАЛІБРУВАННЯ ТЕРМОМЕТРІВ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЕННЯ.....	131
Ю. М. Дзіковська, аспірант, Н. Є. Гоц, д.т.н., доцент ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ ТЕХНІКИ У ПРОМИСЛОВОСТІ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ..	133
О. Є.Середюк, д.т.н., Т. В.Лютенко, аспірант МЕТРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСЛІДОВНО З'ЄДНАНИХ ВИТРАТОМІРІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	135
М.В. Наконечний, д.т.н., доц.; О.В. Івахів, д.т.н., проф.;Т.М. Репетило, к.т.н. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ АВТОМОБІЛЯ	138
А. А. Пульків, студентка ДО ПИТАННЯ МІЖНАРОДНОЇ СТАНДАРТИЗАЦІЇ В ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ	140
А. В. Хома, аспірант РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПОВЕРХНІ НА ОСНОВІ ІНТЕРФЕРОГРАМИ БІЛОГО СВІТЛА.....	141
М. В. Гапоненко, студент, В. А. Бридіньський, студент ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЇ В УКРАЇНІ У КОНТЕКСТІ СТАНОВЛЕННЯ ЇЇ ДЕРЖАВНОСТІ.....	144
Ю. П. Кривенчук, аспірант ВИБІР СПОСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ МІКРООБ'ЄКТІВ В МЕЖАХ МЕТОДУ КОМБІНАЦІЙНОГО РОЗСПОВАННЯ СВІТЛА.....	152
А. А. Штепа, к.т.н. ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКАЖЕНИЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ЗВЕНЬЯМИ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ	154
Т. Г. Бойко, проф., Х. І. Дух, студентка ІДЕНТИФІКАЦІЯ І ПІДХОДИ ДО ОТРИМАННЯ РИЗИКІВ В ХАРЧОВОМУ ЛАНЦЮЗІ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК (на прикладі вітамінних додатків, що містять аскорбінову кислоту)	156
О. Ю. Пілат, здобувач РОЗРАХУНОК ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВЕБ-САЙТІВ.....	159
Т.В. Кепещук, к.т.н. ПЕРЕСУВНА УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВІРКИ (КАЛІБРУВАННЯ) МАСОВИХ ВИТРАТОМІРІВ.....	162
Шпаковський О.Ю. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО РОЗРОБКИ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВИМИ АКТАМИ І НОРМАТИВНИМИ ДОКУМЕНТАМИ В СФЕРІ МЕТРОЛОГІЇ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ В ХОДІ РЕФОРМУВАННЯ ТА ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ. ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ.....	165

О.О. Антонюк, аспірант, М.О. Довгань, студент

РІЗНОВИДИ БІОІМПЕДАНСНОГО АНАЛІЗУ ЗА ОБ'ЄКТОМ ВИМІРЮВАННЯ

Ключові слова: адмітанс, активна та реактивна складові адмітансу, біоімпеданс, інтегральна та локальна біоімпедансометрія, частотний діапазон

Вступ. Для дослідження тканин організму людини використовують методи біоімпедансометрії, що за об'єктом вимірювання поділяються на інтегральні (об'єктом вимірювання є значна частина тіла), регіональні (досліджуються окремі ділянки тіла чи сегменти), полісегментні (параметри всього організму встановлюються на основі опрацювання результатів вимірювань складових його сегментів), локальні (малі ділянки біологічних тканин). Вимірювання проводяться як на фіксованих значеннях частот, так і в частотному діапазоні [1]. Для досягнення більшої інформативності краще проводити аналіз активної та реактивної складових адмітансу в частотному діапазоні [2].

Об'єкт дослідження. У нашому випадку проводилося вимірювання активної та реактивної складової адмітансу за методом регіональної та локальної імпедансометрії на ділянках руки тіла людини.

Мета дослідження. Визначити діапазон частот для дослідження параметрів адмітансу методом локальної та регіональної біоімпедансометрії.

Результати досліджень. За результатами вимірювань активної та реактивної складових адмітансу отримано їхні графічні залежності від частоти, що зображені на рис. 1а,б відповідно. Регіональним методом проводилося вимірювання параметрів адмітансу верхніх шарів тканин, локальним – верхніх та внутрішніх тканин на двох різних ділянках руки. З отриманих графічних залежностей видно, що значення активної складової при локальному вимірюванні у частотному діапазоні збігаються, а значення реактивної відрізняються у діапазоні частот понад 10 кГц. Реактивна складова адмітансу у разі регіонального вимірювання має екстремальне значення на частоті 4 кГц, а у разі локальних вимірювань - на частотах 20 кГц і 40 кГц.

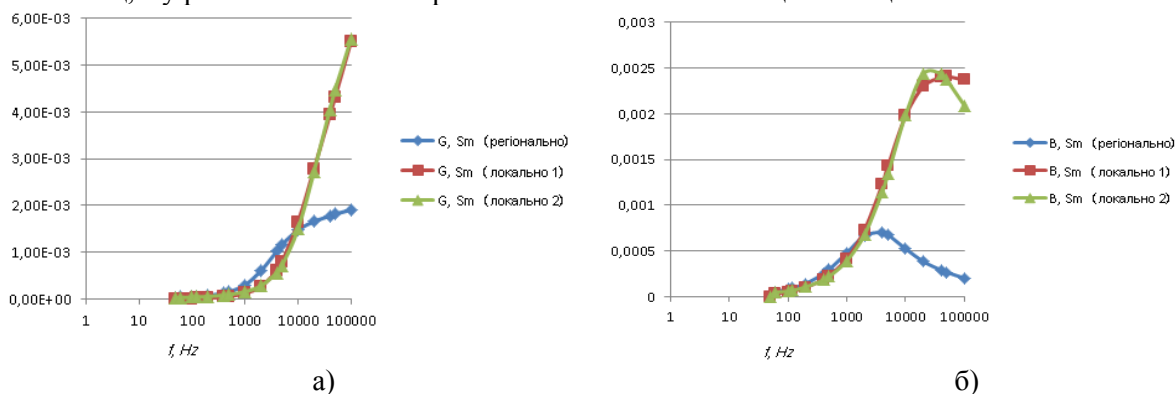


Рис. 1. Залежності активної та реактивної складових адмітансу від частоти

Висновки. Отже, результати дослідження показують, що активна складова адмітансу для різних видів вимірювань у діапазоні частот від 100 Гц до 100 кГц відрізняється як за значеннями, так і за характером. Разом з тим, реактивна складова адмітансу незалежно від виду вимірювання зберігає характер і набуває екстремального значення, однак різного рівня та для різної частоти. Саме такі особливості реактивної складової можна використати як інформативні параметри про стан біологічних об'єктів.

1. Мартиросов Э.Г. Технологии и методы определения тела человека / Э.Г. Мартиросов, Д.В. Николаев, С.Г. Руднев. – М.: Наука, 2006. – 248 с.

2. Антонюк О. Дослідження біологічних об'єктів за параметрами імітансу / Антонюк О., Довгань М., Походило Є. // Міжнародна науково-практична конференція "Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи": [тези]: (м. Львів, 22-24 травня 2013 р.). - Львів: НУ ЛП, 2013. – С. 216-217.

Т. З. Бубела, д.т.н., О. В. Воробець, аспірант

НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ

Ключові слова: органічне виробництво, сертифікація органічної продукції, система управління органічним виробництвом, маркування, експрес-контроль, адмітансне картографування ґрунтів

Увага світової громадськості до органічної продукції неухильно зростає. Це зумовлено не лише турботою про навколишнє середовище, а й піклуванням про власне здоров'я. В Україні також збільшується популярність органічної продукції серед споживачів і як наслідок, зростає чисельність органічних фермерських господарств. Потенціал органічного землеробства в Україні є одним з найбільших у світі, зважаючи на високу природну родючість земель та відносно невисокий рівень забрудненості полів отруйними агрохімікатами [1, 2].

Система управління органічним виробництвом характеризується двома рівнями [3-5]:

- акредитація органу із сертифікації процесу виробництва (національною або Міжнародною Федерацією органічного сільськогосподарського руху – International Federation of Organic Agricultural Movements (IFOAM));

- сертифікація акредитованим органом безпосередньо виробництва та надання права маркування продукції як «органічна».

Використання розробок IFOAM, як основи для державного регулювання органічної продукції в Україні, дозволяє вирішити проблему міжнародної узгодженості, істотно спростує національне законодавство, заощаджує ресурси і кошти та дозволяє уникнути багатьох перешкод для виробників. Можливими варіантами цього є включення в законодавство посилань на базові стандарти та акредитаційні критерії IFOAM, визнання акредитації IFOAM для роботи сертифікаційних установ у країні, а також використання послуг IOAS (International Organic Accreditation Services) національними сертифікаційними установами.

Слід наголосити, що Україна підписала економічну частину угоди про Асоціацію з ЄС, що відкриває українським виробникам нові можливості, якщо Україна виконає декілька завдань, змінивши національне законодавство та успішно впровадивши ці зміни. Одне з таких завдань – необхідність приведення системи технічного регулювання до європейських вимог. В ЄС у розробленні стандартів, які загалом мають добровільний характер, беруть участь всі зацікавлені сторони, а держава визначає обов'язковими лише засадничі параметри безпечності. В Україні ж не існує національних стандартів на органічну продукцію, які необхідно розробляти.

Органічне виробництво неодмінно сприяє збереженню навколишнього середовища, збалансованому використанню природних ресурсів, зокрема ґрунтів. Органічне виробництво вимагає додаткового контролю усіх показників якості ґрунтів, а особливо їх фізико-хімічного складу. Створення інформаційної системи моніторингу якості ґрунтів дозволило б оптимізувати процес збирання та прогностичного аналізу параметрів стану земель (ґрунтів), а також покращити процедуру їх сертифікації та технічного нагляду за використанням сертифікованих ґрунтів. Формування розвинутої інформаційної бази моніторингу стану забруднення ґрунтів забезпечило б належний рівень управління ними. Для оптимізування процесу збору інформації про показники якості (ПЯ) ґрунтів, а отже, забезпечення технічної складової виробництва органічної продукції, пропонується концепція, яка базується на використанні адмітансного методу для оперативного контролю ґрунтів, згідно з якою об'єкт контролю неелектричної природи (ґрунти), поміщений в електричне коло змінного струму, розглядається як складний двополосний об'єкт, елементи якого містять інформацію про відповідні фізико-хімічні властивості контрольованого об'єкта [6, 7]. Тобто, за результатами вимірювання параметрів двополосника на основі встановлення залежностей між електричними та відповідними фізико-хімічними характеристиками можна визначити необхідні показники якості ґрунтів. Зокрема, незадовільні результати експрес-контролю в польових умовах, а саме: коли фактичне значення окремого ПЯ перевищує його допустимий рівень ($ПЯ_i > ПЯ_{\text{доп}}$), сигналізували б про невідповідність показників якості встановленим нормам та необхідність уточнення даних вже в межах лабораторії стандартними методами (рис. 1).

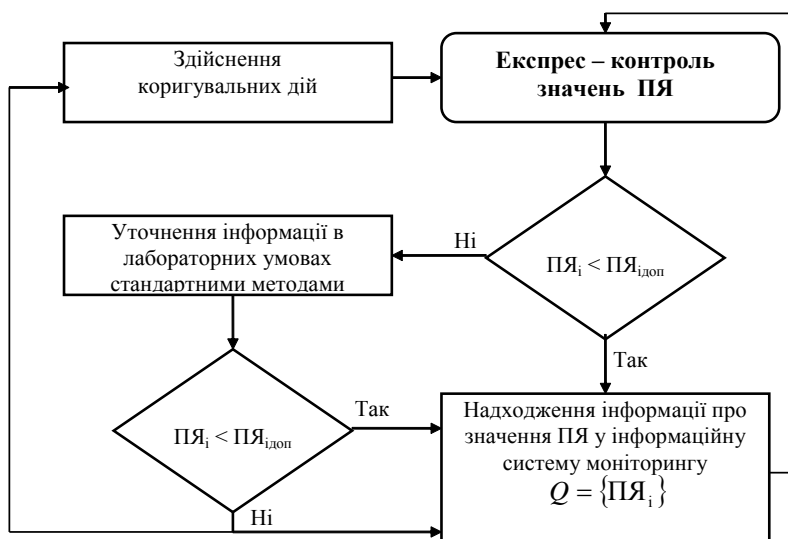


Рис. 1. Алгоритм реалізації концепції експрес-контролю для оперативного забезпечення роботи інформаційної системи моніторингу

Крім цього, використання адмітансного методу могло б оптимізувати процедуру картографування ґрунтів за комплексною електропровідністю, тобто сприяти введенню нового поняття адмітансне картографування ґрунтів. Останнє дозволило б запровадити технологію, що дозволяє з високою точністю визначити ділянки поля, які потенційно обмежуватимуть загальну продуктивність органічних культур, а також визначити потенційну придатність земель для вирощування органічних продуктів. Карта адмітансу ґрунту висвітлюватиме контрастні зони за структурою ґрунту. Хоча абсолютні значення адмітансу збільшуватимуться з підвищенням вологості ґрунту, але відносні значення залишатимуться послідовними і через певний проміжок часу. Значення адмітансу інтерпретуватимуться по всьому профілю ґрунту до глибини, наприклад, 1м і тому менше залежатимуть від тимчасових явищ, таких як нерівномірне випадання дощових опадів по полю перед вимірюванням. Отже, адмітансне картографування ґрунтів - це системна характеристика зміни ґрунтових умов, яка дозволяє детально враховувати просторово-функціональні відмінності ґрунтової поверхні залежно від ґрунтово-кліматичних умов, рельєфу, типу ґрунту, гранулометричного складу, рослинних решток, мікроклімату, технологій вирощування культур та інших факторів.

Отже, в Україні для забезпечення належного виробництва органічної продукції необхідно сформуванню низку підзаконних національних нормативних документів. Запровадити національну систему органічної сертифікації, яка повинна бути гармонізована з міжнародними вимогами. Для розвитку органічного агровиробництва створити спеціальну державну програму, яка б сприяла його популяризації та поширенню.

1. Ульяновченко, О. В. Всесвітня мережа Інтернет як канал збуту органічної продукції [Текст] / О. В. Ульяновченко, Р. М. Безус // Економіка АПК. – 2012. – № 4. – С. 128–134.

2. Органік в Україні [Електронний ресурс] / Федерація органічного руху в Україні // Режим доступу: <http://www.organic.com.ua/uk/homepage/2010-01-26-13-42-29>.

3. Organic Directory Online Ukraine [Електронний ресурс] / Офіційний сайт International Federation of Organic Agriculture Movements // Режим доступу: http://www.ifoam.org/organic_world/directory/Countries/Ukraine-Members.html.

4. Кропивко М.Ф. Екологічна диверсифікація використання сільськогосподарських земель в Україні [Текст] / Кропивко М.Ф., Ковальова О.В. // Економіка України. - 2010. - № 7. – С. 78-85.

5. Organic Standards and Certification [Електронний ресурс] / Офіційний сайт International Federation of Organic Agriculture Movements // Режим доступу: http://www.ifoam.org/about_ifoam/standards/index.html.

6. Походило Є.В., Столярчук П.Г. Способи імітансного контролю якості // Методи та прилади контролю якості. - 2003. - №.11. –С. 105 - 108.

7. Бубела Т.З. Система забезпечення єдності оцінювання якості об'єктів різної природи / Т.З. Бубела // Автореф. дисерт. докт. техн. наук – Львів, 2014 р.

Н. И. Косач, д.т.н., Н. В. Бейнер, аспирант

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ВОДЫ НА АЭС И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Ключевые слова: циркуляционная вода, охлаждение, гидротермический режим, градирня, брызгальная установка

Для эффективной и надежной работы АЭС принципиальное значение имеют термодинамические характеристики циркуляционной воды, от которых зависит работа энергоблоков на номинальной мощности. При этом необходимо измерять следующие величины: температуру и расход циркуляционной и добавочной воды, давление, влажность и температуру окружающего воздуха, направление и скорость ветра, а также напор воды перед соплами в случае использования брызгальных устройств [1].

Температура охлажденной циркуляционной воды зависит от большого числа факторов, в том числе от режима работы АЭС и метеорологических параметров, которые постоянно меняются. Рассмотрим принцип охлаждения воды на примере обратного водоснабжения Запорожской АЭС (ЗАЭС), которое не имеет аналогов, а сама система гидротехнических сооружений (ГТС) по сути является опытно-экспериментальной. Маневренность гидроохладителей обеспечивается за счет совместного использования пруда-охладителя, брызгальных установок, башенных градирен. Схема движения циркуляционной воды представлена на рис. 1.

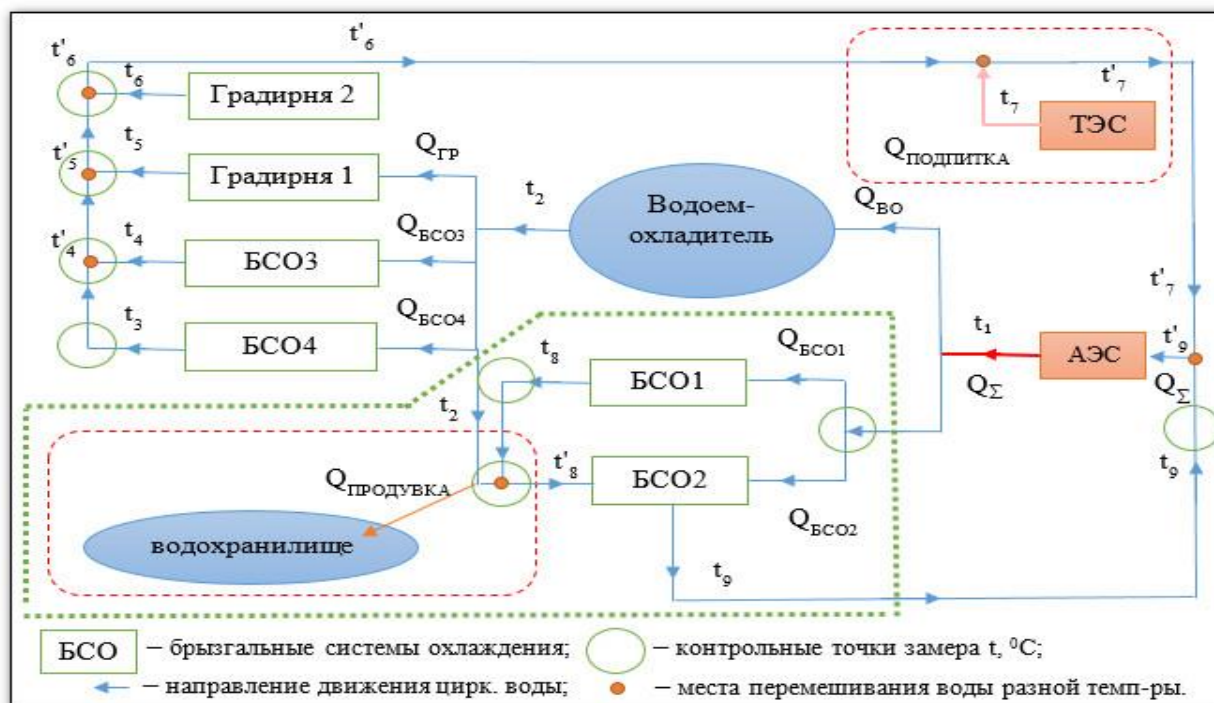


Рис.1. Комбинированная схема использования гидроохладителей на ЗАЭС

В зависимости от цели наблюдений температуру воды измеряют в поверхностном или глубинном слоях. Измерение температуры воды производят во время отбора пробы, погружая термометр непосредственно в водный объект. На ЗАЭС температура циркуляционной воды измеряется ежедневно два раза в сутки в 06-00 и в 18-00 на водосливах от каждого охладителя посредством термометров стеклянных жидкостных типов ТЛ-2 и ТФ-3.

Задача прогнозирования гидротермического режима циркуляционной воды в ГТС АЭС крайне актуальна, т.к. от точности прогноза температуры воды на входе в блочные насосные станции (БНС) при заданном режиме работы АЭС на следующие сутки зависит расчетное значение максимально допустимой заявляемой мощности энергоблоков, что позволяет увеличивать номинальную мощность работы АЭС в летний период, когда возникают сезонные ограничения мощности работы энергоблоков.

В работах сотрудников ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, КазНИИМИ, Харьковского института “Энергопроект” и др. описано большое количество комбинированных систем, имеющих различные схемы расположения ГТС. Однако все они отличаются от схемы, представленной на рис. 1. Данная схема имеет ряд отличительных особенностей, которые следует учитывать при прогнозировании охлаждающей способности всей системы в целом и, в первую очередь это:

1. Присутствие как параллельного, так и последовательного использования гидроохладителей различных видов, к числу которых относятся пруд-охладитель, два брызгальных бассейна (№ 1, № 2) с брызгальными установками (модулями), две башенные градирни и два брызгальных бассейна (поля) с брызгальными установками, расположенные на дамбе пруда-охладителя.

2. Использование для компенсации безвозвратных потерь и поддержания проектного уровня (НПУ) пруда-охладителя сооружения подпитки, через которое осуществляется сброс подогретой воды из Запорожской ТЭС в ГТС циркуляционной системы ЗАЭС.

3. Прогнозирование охлаждающей способности комплекса ГТС, исходя из сложности системы, следует основывать на суперпозиции гидротермических расчетов отдельных ее сооружений с учетом их взаимного влияния.

В открытых ГТС, используемых для охлаждения циркуляционной воды на АЭС, математические модели гидротермических процессов строятся на основе уравнений теплопереноса и гидромеханики. Для пруда-охладителя ЗАЭС может быть выбрана модель вертикального переноса тепла, а также метод прогнозирования охлаждающей способности водоема с термической стратификацией с учетом действия основных метеофакторов, усовершенствованный А.С. Карагяуром [2].

$$\left. \begin{aligned} \alpha_E \frac{d}{dz} \left(K_0 \frac{dE}{dz} \right) &= \frac{K_0^3}{c^4 L^4}; \\ \frac{\partial T}{\partial t} + W \frac{\partial T}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial z} \left((\alpha_T K + \alpha) \frac{\partial T}{\partial z} \right). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где t – время; T – осредненная температура, K_0 – коэффициент турбулентной вязкости при нейтральной стратификации; α_E – отношение коэффициента турбулентной диффузии кинетической энергии турбулентности к коэффициенту турбулентной вязкости; α_T – отношение коэффициента турбулентной теплопроводности к коэффициенту турбулентной вязкости; L – масштаб турбулентности; c – числовой коэффициент; z – вертикальная координата; W – составляющая осредненной скорости.

Модель (1) предполагает использование следующих начального и граничных условий:

$$T = T_0(z) \text{ при } t = 0; \quad T = T_{\text{пов}} \text{ при } z = 0; \quad \frac{\partial T}{\partial z} = 0 \text{ при } z = H, \quad (2)$$

где $T_{\text{пов}}$ – поверхностная температура; H – глубина водоема.

Для численного решения нестационарной краевой задачи (1) и (2) ее следует аппроксимировать с помощью неявной схемы на прямоугольной сетке, состоящей из целых (по времени t и по глубине z) и полужелых (по z) узлов.

Выбор одномерной однопараметрической математической модели турбулентного нестационарного переноса тепла по глубине малопроточных стратифицированных водоемов обосновывается тем, что учитывается влияние основных метеорологических и технологических факторов: ветровое перемешивание, температурная стратификация, сброс и забор циркуляционной воды из пруда. К тому же, пруд-охладитель ЗАЭС является глубоководным стратифицированным водоемом (максимальная глубина 13,2 м).

В публикациях различных авторов встречается значительное количество различных методов расчета брызгальных бассейнов. Однако сопоставление результатов расчетов охлаждающей способности данного вида гидроохладителей, выполненных по различным методикам, и сравнение результатов этих расчетов с натурными данными позволяют выделить метод Гельфанда Р.Е., использующий число испарения. Этот метод не только показал наиболее эффективный результат, но и является простым, быстрым и легко реализуемым на ЭВМ. Поэтому при расчете брызгальных бассейнов метод числа испарения $K_{\text{И}}$ наиболее предпочтителен [3]:

$$K_{И} = \frac{t_1 - t_2}{0,4t_{cp} - \frac{r_{t_{cp}} P_{t_{cp}}}{c_{ж} P_a} - 0,4\Theta - \varphi \frac{r_{\Theta} P_{\Theta}}{c_{ж} P_a}}, \quad (3)$$

где t_1, t_2 – температура теплой/охлажденной воды на входе/выходе в (из) брызгальную установку; t_{cp} – средняя температура циркуляционной воды; $c_{ж}$ – удельная теплоемкость воды; Θ и φ – температура и относительная влажность воздуха; P_a – атмосферное давление; $r_{t_{cp}}, r_{\Theta}, P_{t_{cp}}, P_{\Theta}$ – теплота парообразования и давление насыщенного пара при температурах t_{cp} и Θ , соответственно.

Для системы, где в качестве гидроохладителей применяются градирни, целесообразно использовать методику теплового и аэродинамического расчета градирен, позволяющую определять эффективность охлаждения циркуляционной воды при заданном ее расходе, основанную на методах расчета Л.Д. Бермана и Ф. Меркеля [4].

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial q}{\partial z} &= \frac{1}{\gamma_{ж}} \beta_{\rho V} (p_i'' - p); \\ \frac{\partial t}{\partial z} &= \frac{1}{c_{ж} \gamma_{ж} q} [\alpha_V (t - \Theta) + r_i \beta_{\rho V} (p_i'' - p)]; \\ -\gamma_B \nu - R \frac{\partial t}{\partial R} + \gamma_B \nu_z \frac{\partial p}{\partial z} &= \beta_{\rho V} \frac{(p_{\sigma} - p)^2}{0,622 p_{\sigma}} (p_i'' - p); \\ -\gamma_B \nu - R \frac{\partial i}{\partial R} + \gamma_B \nu_z \frac{\partial i}{\partial z} &= c_{ж} \gamma_{ж} \left(q \frac{\partial t}{\partial z} + t \frac{\partial q}{\partial z} \right); \\ R \frac{\partial (\gamma_B \nu - R)}{\partial R} + \gamma_B \nu - R - R^{\partial} \frac{(\gamma_B \nu_z)}{\partial z} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где q – удельный массовый расход z – высота впрыска, $\gamma_{ж}$ – плотность воды, γ_B – плотность воздуха, $c_{ж}$ – удельная теплоемкость воды; $\beta_{\rho V}$ – объемный коэффициент массообмена, p – время, p – парциальное давление водяного пара во влажном воздухе, p'' – парциальное давление пара в насыщенном воздухе, p_{σ} – барометрическое давление, ν – составляющая скорости, i – энтальпия влажного воздуха, R – радиус факела разбрызгивания.

На данный момент описанная система решается численными методами с использованием специализированного программного обеспечения на ЭВМ, а в этой работе представлена лишь постановка задачи, доведенная до соответствующих краевых задач. Показано, что измерение температуры циркуляционной воды является доминирующим фактором для идентификации предложенной модели прогнозирования охлаждающей способности ГТС, используемых в комплексе.

В последующей публикации на основе измеренных значений температуры циркуляционной воды в контрольных точках за продолжительный период времени ((5 - 10) лет) будут представлены результаты численной проверки предложенной модели, а также сопоставления сделанного по ней прогноза с натурными наблюдениями.

1. Берман Л. Д. *Испарительное охлаждение циркуляционной воды.* – М.: Л.: Госэнергоатомиздат, 1957. – 314 с.

2. Карагяур А.С. *Моделирование вертикального распределения температуры в малопроточных водоемах // Коммунальное хозяйство. - Научн. техн. сб. - ХГАГХ. - К.: "Техніка", 2002. – Вып. 38. - С.147-152.*

3. Гельфанд Р. Е. *Метод теплового расчета брызгальных установок с использованием числа испарения // Изв. ВНИИГ им. Б.В. Веденеева. – 1980. –Т. 143. – С. 38-43.*

4. Гончаров В.В. *Брызгальные водоохладители ТЭС и АЭС.* – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 140 с.

УДК 681.5:[621.311.25:556.55]

Н. И. Косач, д.т.н., П. С. Бейнер, аспирант

СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Ключевые слова: АЭС, мониторинг водных объектов, база данных, система управления базами данных (СУБД), система управления базами данных MySQL

На сегодняшний день одной из актуальных задач эффективного использования АЭС является проведение комплексного мониторинга водных объектов, используемых в его системах технического водоснабжения для охлаждения циркуляционных вод. Это связано, прежде всего, с необходимостью определения эффективности гидротехнических сооружений (ГТС) для создания необходимого гидрологического режима – термического, гидрохимического и гидробиологического [1, 2].

Мониторинг водных объектов АЭС подразумевает непрерывный процесс наблюдения и регистрации основных их параметров, обработку, хранение и анализ с целью определения и предсказания момента перехода в предельное состояние [3]. Для проведения качественного мониторинга водных объектов АЭС необходима разработка и внедрение интеллектуальных информационных технологий для создания современных систем накопления, обработки и хранения информации.

В результате анализа СУБД для обеспечения целостного отображения информации и ее интегрированного хранения была выбрана одна из наиболее эффективных СУБД – MySQL, которая обладает высоким быстродействием и производительностью, а также является многопользовательской системой, т.е. количество пользователей, которые могут с ней одновременно работать, не ограничено [4, 5]. Наличие возможности хранить большое количество записей в таблицах обеспечивает создание крупных проектов. Также MySQL эффективна с точки зрения безопасности. Все это позволяет использовать данную СУБД при ведении мониторинга водных объектов АЭС.

Достоинством такой системы является поддержка языка запросов SQL, что делает возможным осуществление таких операций, как запись в базу данных (БД) параметров и значений, подлежащих постоянному наблюдению и контролю, а также их редактирование, извлечение или удаление из БД. Неоспоримым ее преимуществом является быстрая подготовка отчетов на основе информации, найденной в БД за нужный период. Немаловажный факт, что данная система распространяется бесплатно с использованием лицензии GNU [6].

Применение визуального интерфейса PhpMyAdmin позволяет значительно упростить работу с БД: работать с MySQL можно не только в текстовом режиме, но и в графическом. Создание БД для системы «Мониторинг гидротермического режима ГТС АЭС» выполнялось в PhpMyAdmin. На рис. 1 приведен пример создания таблицы БД «Температурные показатели».

The screenshot shows the PhpMyAdmin interface for a MySQL database. The main panel displays the structure of the 'tbl_temperature' table with 16 columns. The SQL editor window is open, showing the following CREATE TABLE statement:

```
CREATE TABLE tbl_temperature
(
  id INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,
  date DATE NOT NULL,
  averageTemperature FLOAT NOT NULL,
  power VARCHAR(128) NOT NULL,

  p_CircSystem INTEGER NOT NULL,
  p_SprayPondDam INTEGER NOT NULL,
  p_CoolingTowns INTEGER NOT NULL,

  t_EscapeChannel FLOAT NOT NULL,
  t_Ps13 FLOAT NOT NULL,
  t_Ps33 FLOAT NOT NULL,
  t_Ps42 FLOAT NOT NULL,
  t_entrancePondAndTowns FLOAT NOT NULL,
  t_exitDam1 FLOAT NOT NULL,
  t_exitDam2 FLOAT NOT NULL,
  t_exitTown1 FLOAT NOT NULL,
  t_exitTown2 FLOAT NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_unicode_ci;
```

Рис.1. Создание таблицы БД «Температурные показатели»

В БД вошло 4 таблицы: «Температурные показатели», «Технологические показатели», «Показатели мощностей», «Метеорологические параметры».

Первоочередная задача, которая стояла при разработке данной системы, это заполнить БД данными за предшествующие года. Исходные данные были сохранены в формате *.xls (файлы Microsoft Excel). В связи с тем, что они были разнородные, т.е. отличались количеством строк, столбцов, структурой, для извлечения данных предложено использовать стороннюю библиотеку «PHPExcell». Для каждого файла был разработан индивидуальный алгоритм считывания и обработки данных.

Для заполнения созданной таблицы MySQL использовался скрипт php, в котором указывалась корневая директория, где хранятся файлы *.xls. После запуска скрипта, он рекурсивно сначала считывал файлы в массив, затем считывались вкладки файлов, после этого весь файл построчно считывался и заносился в таблицу. При этом, каждая строка разбивалась на соответствующие данные. Результаты представлены на рис. 2.

Температурный режим гидротехнических сооружений за ноябрь 2011 года														
Дата замера	Среднесуточная температура воздуха	Мощность, тыс кВт	Количество работающих насосов циркуляционной системы	Количество работающих насосов брызгальных бассейнов на плотине	Количество работающих башенных градирен	Температура, °С								
						Сбросного канала	Подводящего канала в районе НС №13	Подводящего канала в районе НС №33	Подводящего канала в районе НС №42 (выход пруда-охладителя)	Градирни и брызгальные бассейны на плотине				
										На входе брызгальных бассейнов на плотине, башенных градирен	Брызгального бассейна на плотине №1	Брызгального бассейна на плотине №2	Градирни №1	Градирни №2
1	4,5		22	1	-	30,0	21,5	20,5	22,0	24,5	17,5	-	-	-
2	8,7		22	1	-	30,0	21,5	20,5	22,5	24,5	17,5	-	-	-
3	7,6		23	1	-	31,0	22,5	21,5	23,5	25,5	18,5	-	-	-
4	6,5		24	1	-	31,0	22,5	21,5	23,5	25,5	18,0	-	-	-
5	7,5		24	1	-	31,5	23,0	22,0	24,0	25,0	17,5	-	-	-
6	5,3		24	1	-	31,0	21,5	20,5	22,5	24,0	17,0	-	-	-
7	-1,3		22	1	-	28,5	19,5	19,5	20,5	23,0	16,0	-	-	-
8	0,0		20	1	-	28,0	19,0	18,0	19,5	23,5	16,5	-	-	-
9	4,3		18	1	-	28,0	19,0	18,0	20,0	22,5	15,5	-	-	-
10	1,0		19	1	-	27,5	19,1	18,3	20,5	20,5	13,5	-	-	-

Считывание данных из таблицы Excel в БД

Id	date	averageTemperature	power	p_CircSystem	t_EscapeChannel	t_Ps13	t_Ps33	t_Ps42	t_entrancePondAndTowns	t_exitDam1			
31	2011-12-31	2.2	0		22		26	19	18	20		21.5	13.5
32	2011-11-01	4.5	0		22		30	21.5	20.5	22		24.5	17.5
33	2011-11-02	8.7	0		22		30	21.5	20.5	22.5		24.5	17.5
34	2011-11-03	7.6	0		23		31	22.5	21.5	23.5		25.5	18.5
35	2011-11-04	6.5	0		24		31	22.5	21.5	23.5		25.5	18
36	2011-11-05	7.5	0		24		31.5	23	22	24		25	17.5
37	2011-11-06	5.3	0		24		31	21.5	20.5	22.5		24	17
38	2011-11-07	-1.3	0		22		28.5	19.5	19.5	20.5		23	16
39	2011-11-08	0	0		20		28	19	18	19.5		23.5	16.5
40	2011-11-09	4.3	0		18		28	19	18	20		22.5	15.5

Рис.2. Заполнение таблицы БД «Температурные показатели»

Для формирования сводных таблиц использовался класс Model, хранящийся в файле model.php и отвечающий за выборку данных из БД. Функция имеет название get_data. Если выбран определенный период, то выполняется запрос по умолчанию и из БД считываются данные, отвечающие условию, которые задает пользователь. Если период не задан, то таблица формируется автоматически из последние 900 записей БД.

Выборка данных была реализована средствами MySQL, PHP и JavaScript. Для написания запросов использовался код MySQL+PHP. Запросы генерируются динамически в зависимости от модели. Форма, позволяющая задавать период, за который будут выводиться данные, реализована средствами JavaScript и представлена на рис. 3.

Запрос по умолчанию. Выполняется выборка из БД (в таблицу заносятся последние 900 записей)

```
$query = "SELECT * FROM $this->_tblName
ORDER BY date DESC LIMIT 900";
```

```
$to .= ' 23:59:59';
$query = "SELECT * FROM $this->_tblName WHERE date >= :1
AND date <= :2 ORDER BY date DESC, MONTH(date) ASC";
```

В случае, если пользователь задает период. В результате, за указанный период формируется сводная таблица

Начало периода Конец периода

<Пред.		Сегодня		След.>		
Май 2014						
Вос	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Суб
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31
Очистить			Закреть			

Выбор периода за который данные сформируются в таблицу

Рис.3. Выборка данных из БД

Разработка ядра системы выполнялась при помощи Model-view-controller (MVC). MVC («модель-представление-поведение», «модель-представление-контроллер», «модель-вид-контроллер») – схема использования нескольких шаблонов проектирования, с помощью которых модель данных приложения, пользовательский интерфейс и взаимодействие с пользователем разделены на три отдельных компонента таким образом, чтобы модификация одного из компонентов оказывала минимальное воздействие на остальные.

Таким образом, разработанная система накопления, обработки и хранения информации позволяет сократить расходы, материальные и временные ресурсы на проведение мониторинга водных объектов, участвующих в системе водоснабжения АЭС с сохранением достоверности результатов измерений. В настоящее время стоит задача автоматизации мониторинга гидрологических и температурных характеристик ГТС в режиме реального времени и выполнения непрерывного контроля и регистрации данных в контрольных точках.

1. РД ЭО 0547-2004 Типовой регламент мониторинга водоемов-охладителей атомных станций – М., 2005 – 19 с.

2. Богославчик П.М. Гидротехнические сооружения ТЭС и АЭС / П. М. Богославчик, Г. Г. Круглов – Высшая школа: Минск, 2010. – 270 с.

3. Абдюкова Г. М. Мониторинг водных объектов – М., 2007. – 738 с.

4. Стухляк П.Д. Теорія інформації (інформаційно-вимірвальні системи, похибки, ідентифікація) / П.Д. Стухляк [и др.] – Херсон: Айлант, 2011. – 371 с.

5. Шварц Б. MySQL. Оптимизация производительности (2-е издание) / Б. Шварц, П. Зайцев, В. Ткаченко [и др.] – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2010. – 832 с.

6. Белл Ч. Обеспечение высокой доступности систем на основе MySQL / Ч. Белл, М. Кин, Л. Талманн – Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 624 с.

УДК 533.69.04

А. В. Борзенкова, аспирант, Г. А. Черепашук, к.т.н., доцент

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОГРЕШНОСТИ СИТ ПРИ ФИЗИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭТАЛОННЫХ СРЕДСТВ

Ключевые слова: физическое моделирование, погрешность, оценка точности, модель, эталонный объект

Реальные объекты и процессы бывают многогранны и сложны, поэтому лучшим способом их изучения часто является построение модели, отображающей какую-либо грань реальности и потому значительно более простой, чем эта реальность, и исследование вначале этой модели.

Любой эксперимент в науке, производимый для выявления тех или иных закономерностей изучаемого явления или для проверки правильности и границ применимости найденных теоретическим путём результатов, по существу представляет собою моделирование, так как объектом эксперимента является конкретная модель, обладающая необходимыми физическими свойствами, а в ходе эксперимента должны выполняться основные требования, предъявляемые к моделированию. В технике физическое моделирование используется при проектировании и изготовлении различных объектов для определения на соответствующих моделях тех или иных свойств (характеристик) как объекта в целом, так и отдельных его частей. К физическому моделированию прибегают не только по экономическим соображениям, но и потому, что натурные испытания очень трудно или вообще невозможно осуществить, когда слишком велики (малы) размеры натурального объекта или значения других его характеристик (давления, температуры, скорости протекания процесса и т. п.) [1].

В основе физического моделирования лежат теория подобия и анализ размерностей. Необходимыми условиями физического моделирования являются геометрическое подобие (подобие формы) и физическое подобие модели и натуре: в сходственные моменты времени и в сходственных точках пространства значения переменных величин, характеризующих явления для натуре, должны быть пропорциональны значениям тех же величин для модели. Наличие такой пропорциональности позволяет производить пересчёт экспериментальных результатов, получаемых для модели, на натуре путём умножения каждой из определяемых величин на постоянный для всех величин данной размерности множитель — коэффициент подобия [2].

Для физического моделирования характерны следующие основные операции:

- переход от натурального объекта к модели - построение модели;
- экспериментальное исследование модели;
- переход от модели к натуральному объекту, состоящий в перенесении результатов, полученных при исследовании, на этот объект.

При метрологической аттестации средств измерительной техники (СИТ) часто возникает ситуация, когда воспроизведение эталонного объекта в реальном масштабе является практически невозможным либо затруднительным. В этом случае целесообразно применять метод физического моделирования, основанный на построении реалистической экспериментальной модели. При этом необходимо и достаточно соблюдение соответствия метрологических критериев подобия определяющих параметров (частичное метрологическое подобие) объекта и реалистической экспериментальной модели. Из-за неадекватности эталонного объекта и его реалистической модели возникает погрешность определения метрологических характеристик СИТ [3], т. к. выходные сигналы эталонного объекта и его модели отличаются по точностным характеристикам и, чаще всего, по диапазону изменения. Следовательно, возникает задача оценки точности определения метрологических характеристик СИТ при использовании метода физического моделирования.

Рассмотрим упрощенную структурную схему процесса метрологических испытаний СИТ с использованием эталонного объекта измерений (рис.1). Найдем функцию преобразования измерительной цепи:

$$x_2 = F_1(x_1); x_3 = F_2(x_2); x_4 = F_3(x_3) = F_3; x_5 = F_4(x_4) = F_4\{F_3[F_2(x_2)]\} = F(x_2),$$

где F_1 – оператор преобразования эталонного объекта;

F_2, F_3, F_4 – операторы преобразования звеньев СИТ;

F – оператор преобразования исследуемого СИТ.

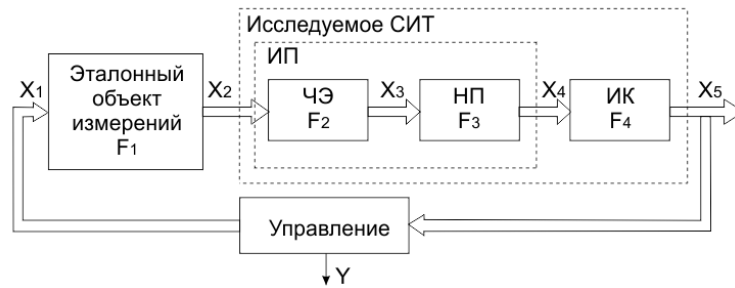


Рис. 1 - Процесс метрологических испытаний СИТ, где ИП – измерительный преобразователь, ЧЭ – чувствительный элемент, НП – нормирующий преобразователь, ИК – измерительный канал

Выражение для определения метрологической характеристики (МХ) будет иметь вид:

$$Y = Q[x_2; x_5] = Q[x_2; F(x_2)],$$

где Q – оператор определения МХ;

Y – действительное значение искомой МХ.

Заменив эталонный объект физической моделью с соблюдением соответствия критериев подобия определяющих параметров, согласно методу физического моделирования, получим следующую схему процесса метрологических испытаний СИТ (рис. 2).

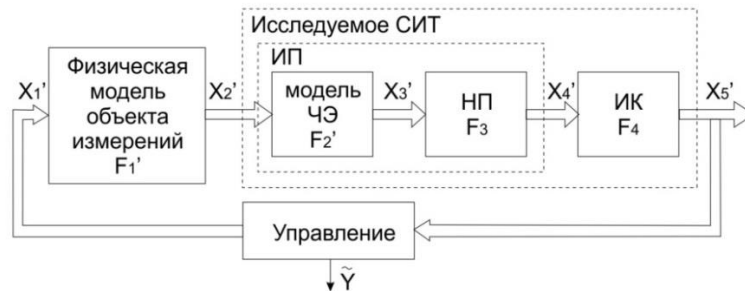


Рис. 2 - Процесс метрологических испытаний СИТ при использовании физической модели

Функция преобразования полученной измерительной цепи:

$$\begin{aligned} x_2' &= F_1'(x_1') = P_1\{F_1(x_1)\}; F_1(x_1) = P_1^{-1}\{F_1'(x_1')\}; x_3' = F_2'(x_2'); \\ x_4' &= F_3(x_3'); x_5' = F_4(x_4') = F_4\{F_3[F_2'(x_2')]\} = F_4\{P_2\{F_3(F_2(x_2))\}\} = F_{\square}'(x_2'), \end{aligned}$$

где P_1 – оператор подобия объекта;

P_2 – оператор подобия ЧЭ;

F_1' – оператор преобразования модели объекта измерений;

F_2' – оператор преобразования модели ЧЭ.

Выражение для оценки МХ будет иметь вид:

$$\tilde{Y} = Q'[x_2'; x_5'] = Q'[x_2'; F_{\square}'(x_2')],$$

где Q' – оператор определения оценки МХ.

Из-за различия точностных характеристик, диапазона и скорости изменения выходных сигналов эталонного объекта и его модели, а также функции преобразования ЧЭ и его модели возникает погрешность определения МХ при использовании схемы (рис. 2). Для определения точности оценки МХ, необходимо вычислить погрешность оценки МХ:

$$\varepsilon = \tilde{Y} - Y = Q'[x_2'; F_{\square}'(x_2')] - Q[x_2; F(x_2)].$$

Для упрощения расчетов считаем что операторы Q и Q' совпадают, однако для минимизации этой погрешности можно поставить задачу оптимизации оператора Q' .

В качестве примера оценим точность определения систематической и случайной составляющих погрешности СИТ с линейной функцией преобразования звеньев.

Номинальная и действительная функции преобразования ЧЭ имеют вид:

$$x_3 = k_2 \cdot x_2 + b_2; \quad \tilde{x}_3 = (k_2 + \Delta k_2) \cdot x_2 + (b_2 + \Delta b_2),$$

где x_3, \tilde{x}_3 – выходные сигналы ЧЭ с номинальной и действительной функцией преобразования соответственно;

Δk_2 – систематическая погрешность коэффициента передачи;

Δb_2 – систематическая погрешность смещения.

Номинальные и действительные функции преобразования остальных звеньев определяем аналогично. Выражение для систематической составляющей погрешности СИТ будет иметь вид:

$$\Delta x_c = \tilde{x}_5 - x_5 = x_2 \cdot (\Delta k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 + k_2 \cdot \Delta k_3 \cdot k_4 + k_2 \cdot k_3 \cdot \Delta k_4) + \\ + (k_3 \cdot k_4 \cdot \Delta b_2 + k_4 \cdot \Delta b_3 + \Delta b_4 + k_3 \cdot \Delta k_4 \cdot b_2 + \Delta k_3 \cdot k_4 \cdot b_2 + \Delta k_4 \cdot b_3).$$

После замены эталонного объекта измерений и ЧЭ их моделями, определим систематическую составляющую погрешности полученного СИТ:

$$\Delta x_c' = \tilde{x}_5' - x_5' = x_2' \cdot \left(\frac{k_2}{k_{\text{мн}}} \cdot k_3 \cdot k_4 + k_3 \cdot k_4 \cdot \Delta k_2' + \frac{k_2}{k_{\text{мн}}} \cdot \Delta k_3 \cdot k_4 + \frac{k_2}{k_{\text{мн}}} \cdot k_3 \cdot \Delta k_4 \right) + \\ + (k_3 \cdot k_4 \cdot \Delta b_2' + \Delta k_3 \cdot k_4 \cdot b_2 + k_4 \cdot \Delta b_3 + k_3 \cdot \Delta k_4 \cdot b_2 + \Delta k_4 \cdot b_3 + \Delta b_4 - k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot x_2),$$

где $k_{\text{мн}}$ – номинальный коэффициент масштабирования;

$\Delta k_2'$ – систематическая погрешность коэффициента передачи модели;

$\Delta b_2'$ – систематическая погрешность смещения модели.

Для определения точности оценки систематической составляющей необходимо вычислить погрешность оценки данной МХ. При $x_2' = (k_{\text{мн}} + \Delta k_{\text{м}}) \cdot x_2 + \Delta x_2$, получим следующее выражение:

$$\varepsilon = \Delta x_c' - \Delta x_c = x_2 \cdot (\Delta k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 - k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \Delta k_{\text{м}} - \Delta k_2' \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_{\text{мн}}) + \\ + k_3 \cdot k_4 \cdot \Delta b_2 - \frac{k_2}{k_{\text{мн}}} \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \Delta x_2 - k_3 \cdot k_4 \cdot \Delta b_2',$$

$\Delta k_{\text{м}}$ – систематическая погрешность коэффициента масштабирования;

Δx_2 – смещение характеристики модели.

Теперь оценим среднеквадратическое отклонение (СКО) случайной составляющей погрешности рассматриваемого СИТ. При распределении случайных погрешностей звеньев СИТ по закону равномерной плотности формула будет иметь вид:

$$\sigma[\delta] = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma^2[\delta_i]}}{\sqrt{3}},$$

где $\sigma^2[\delta_i]$ – относительное СКО случайной погрешности i -го звена СИТ, %;

n – количество звеньев, входящих в состав СИТ.

Для рассмотренных выше схем получаем следующее:
для схемы с эталонным объектом:

$$\sigma[\delta] = \sqrt{\frac{\delta_{\text{эт.о.}}^2 + \delta_{\text{чз}}^2 + \delta_{\text{нп}}^2 + \delta_{\text{мк}}^2}{3}}.$$

После замены эталонного объекта моделью:

$$\sigma'[\delta] = \sqrt{\frac{\delta_{\text{мод}}^2 + \delta_{\text{м.чз}}^2 + \delta_{\text{нп}}^2 + \delta_{\text{мк}}^2}{3}}.$$

Погрешность оценки данной МХ определим как:

$$\varepsilon = \sigma'[\delta] - \sigma[\delta] = \sqrt{\frac{\delta_{\text{мод}}^2 + \delta_{\text{м.чз}}^2 + \delta_{\text{нп}}^2 + \delta_{\text{мк}}^2}{3}} - \sqrt{\frac{\delta_{\text{эт.о.}}^2 + \delta_{\text{чз}}^2 + \delta_{\text{нп}}^2 + \delta_{\text{мк}}^2}{3}}$$

Числовые расчеты погрешностей оценки систематической и случайной составляющих погрешности СИТ показывают, что определенные характеристики имеют значение на порядок меньше чем сами МХ СИТ. Это говорит о рациональности использования метода физического моделирования в случаях, когда исследуемый объект сложно или невозможно воспроизвести в реальном масштабе. Аналогично рассмотренным примерам можно оценить точность определения других МХ.

1. Тирский, Г. А. Подобие и физическое моделирование [Текст] / Г. А. Тирский // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – № 5, Том 7. – С. 122-127.
2. Седов, Л. И. Методы подобия и размерности в механике [Текст] / Л. И. Седов. -М., 1972.
3. Горбоконенко, В. Д. Метрология в вопросах и ответах [Текст] / В. Д. Горбоконенко, В. Е. Шикина. –Ульяновск: УлГТУ, 2005. – 196 с.

А. В. Дураченко, слухачка магістратури
ДО ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ КАФЕДР
ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Ключові слова: управління університетом, система менеджменту якості, кількісна оцінка процесів, одиничні показники якості процесів, узагальнений показник якості

Від результатів діяльності університетів в значній мірі залежить економічний розвиток країни. Тому проблема забезпечення якості освітніх послуг завжди була актуальною і соціально значимою. Останнім часом вона загострилася у зв'язку з усе більшою орієнтацією університетів на бізнес, висока конкуренція, серед яких, викликає необхідність боротися за кожного споживача на ринку освітніх послуг.

Особливо актуально ця проблема представляється в країнах, що переживають складну демографічну ситуацію (серед них і Україна). З 2008 року спостерігається скорочення кількості випускників шкіл, які, в пошуках якісних освітніх програм, кращих умов навчання, при меншій вартості, з гарантією працевлаштування і т.д. Таким чином, кожен університет окремо зобов'язаний боротися за своє існування шляхом підвищення якості діяльності, що тягне за собою необхідність застосування нових технологій менеджменту. Сучасною загальноновизнаною моделлю, є система менеджменту (СМЯ) відповідно до ISO 9001:2008. Як показує досвід її впровадження у виробничій сфері, правильне проектування і супровід такої системи сприяє поліпшенню діяльності, збільшенню «доданої цінності» і вартості нематеріальних активів будь-якої організації, що неодмінно призводить до підвищення її конкурентоспроможності.

Однак проектування та підтримання такої системи менеджменту вимагає впровадження значних змін в багато сфер діяльності університету. Наприклад, в Україні необхідність переорієнтації управління з того, що націлене на результат освітньої діяльності, на управління процесами, тягне за собою значні труднощі. Однією з них є прийняття рішень щодо об'єкта управління, що неможливо без оцінювання його стану при застосуванні керівницьких впливів.

Існує безліч методик [1; 2] для контролю і оцінювання знань та умінь студентів, на підставі яких приймаються рішення щодо поліпшення, проте університет – це складна сукупність процесів, і необхідно вивчати характеристики кожного з них.

Починаючи з 2007 року проблема побудови СМЯ в навчальних закладах викликає активний інтерес в учених-дослідників [3, 4], однак питання оцінювання процесів не розглядаються. Ряд робіт [5; 6] направлені на дослідження даних питань, але вони полягають у якісній оцінці відповідності або невідповідності вимогам ISO 9001:2008 при проведенні аудитів. Такий підхід є необхідною умовою, однак недостатнім, оскільки тільки на підставі кількісного значення приймаються об'єктивні рішення з управління.

Методи кількісного оцінювання процесів за декількома критеріями розглядаються в роботах [7–10], проте при оцінюванні діяльності в університетах необхідно враховувати їх особливості, а саме різну значимість навчальних кафедр у підготовці випускників, різну значимість процесів, що здійснюються на кафедрах, а також, становить інтерес отримання кількісних планових одиничних показників якості процесів.

Міжнародні стандарти містять вимоги до 4-х груп взаємопов'язаних процесів: управлінської діяльності; забезпечення ресурсами; випуску продукції (або надання послуг); вимірювання, аналізування та поліпшення.

Університет складна організація, в якій здійснюються всі ці види діяльності. Процеси, пов'язані з наданням освітніх послуг реалізуються на кафедрах. Розглянемо процеси, які здійснюються на кафедрах, як структурних підрозділах університету:

1. Профорієнтаційна робота. Викладачі або вихователі мають безпосередній зв'язок із споживачами освітніх послуг (студентами, батьками, роботодавцями), які за даними [11] є найбільш ефективним методом реклами. Крім того, найбільш докладно, точно і цікаво про спеціальності і специфіці майбутньої діяльності абітурієнтам можуть розповісти люди, у яких є значний досвід у цій сфері, тобто науково-педагогічні співробітники університету. Кожен співробітник кафедри зацікавлений в результаті профорієнтаційної роботи, оскільки від прийнятих в університет абітурієнтів залежить його майбутня діяльність. Таким чином, процес профорієнтаційної роботи є важливим у роботі кафедр, і показники його функціонування

необхідно враховувати для оцінки якості роботи кафедри, як структурного підрозділу університету.

2. Навчальний процес спрямований на реалізацію змісту освіти із застосуванням компонентів навчання (методик, методів, форм і засобів) для досягнення поставлених цілей. Завдання викладача полягає не тільки в реалізації змісту, а й у розробці даних компонентів, найбільш оптимальних для вивчення певної дисципліни, їх адаптації до кожної навчальної групи, а також вдосконалення з урахуванням вимог зовнішніх систем. Навчальний процес є ключовим у діяльності університету, від його функціонування залежить задоволення роботодавців, мобільність випускників на ринку праці, їх рівень життя, і, як результат подальша зацікавленість споживачів у наданні даними університетом освітніх послуг.

3. Не менш важливим є виховний процес. Його реалізація здійснюється як на рівні університету, так і на рівні кафедр – через роботу кураторів груп. Куратор впливає на студентську молодь шляхом проведення різноманітних заходів, залученням їх до самовиховання, сприяє формуванню морально-етичних якостей та ін.

4. Наукова діяльність. В рамках даного процесу здійснюється виконання науково-дослідних робіт, підготовка наукових і науково-педагогічних кадрів (PhD і докторів наук), наукова робота з студентами (підготовка магістрів, студентів до участі у наукових конкурсах та олімпіадах), патентно-ліцензійна і інноваційна діяльність, науково-видавнича діяльність, організація та проведення науково-практичних конференцій та ін. Дані види робіт здійснюють співробітники навчальних кафедр, і якість їх виконання слід оцінювати з метою подальшого управління.

5. Міжнародна діяльність. Основне завдання даного процесу забезпечити реалізацію освітньої та науково-дослідної діяльності на міжнародному рівні, а також формування міжкультурної комунікації. Головні складові міжнародної діяльності: академічна мобільність студентів або співробітників кафедри (можливість міжнародного навчання та обміну досвідом), навчання іноземних громадян, міжнародне співробітництво (проведення та участь у конференціях, міжнародні публікації, лекції, форуми, консультації та ін.).

6. Навчально-методичне забезпечення кожної дисципліни також є обов'язком співробітників кафедри. Функціонування даного процесу має вплив на інші у складі СМК, тому показники якості даного процесу необхідно враховувати для оцінювання діяльності кафедри.

Кожен із зазначених вище процесів має місце в діяльності кафедр університету. Однак, кафедри мають різне значення у формуванні майбутнього фахівця. Наприклад, є кафедри: соціально-гуманітарного напрямку (кафедри: іноземних мов, історії та політології, філософії і т.д.), фундаментального (фізики, математики, теоретичної механіки, інформатики тощо), і спеціального напрямку (кафедри, що здійснюють підготовку фахівців з певної спеціальності).

Таким чином, неприпустимо оцінювати всі кафедри по одній і тій же залежності, оскільки вимоги до їх діяльності повинні бути різними. Крім того, кожна кафедра відрізняється кількістю співробітників, професорським складом та ін. В такому випадку, для комплексної оцінки кафедр вищих навчальних закладів необхідно використовувати методи, які дозволяють враховувати різну вагомість процесів і кафедр, а також різноманітність одиничних показників якості.

1. Коваленко О. Е. *Методика професійного навчання: Підруч. для студ. вищ. навч. закл.* – Х.: Вид-во НУА, 2005. – 360 с.

2. Безрукова В. С. *Педагогика. Проективная педагогика: Учебное пособие для инженерно-педагогических институтов и индустриально-педагогических техникумов.* – Екатеринбург: Изд-во «Деловая книга», 1996. – 344 с.

3. Використання результатів зворотного зв'язку із вступниками при проектуванні та розвитку системи управління якістю ВНЗ / Вісник КНУТД. – 2011. – № 6 (62).

4. Арпентьев Б. М., Триц Г. М. *Процесний та системний принципи управління якістю ВНЗ // Проблеми інженерно-педагогічної освіти: Зб. наук. праць.* – Харків, 2005. – Вип. 11. – С. 18-23.

5. Байцар Р. І. *Стандарти ISO серії 9000: еволюція підходів до управління якістю / Р. І. Байцар, А. В. Гунькало // Збірник матеріалів VI Всеукраїнського науково-практичного семінару „Якість: проблеми та рішення”.* – Х., 2006. – С. 35-36.

6. Столярчук П. Г. *Методи оцінювання систем управління якістю / П. Г. Столярчук, Р. І. Байцар, А. В. Гунькало // Вимірjувальна техніка та метрологія.* – 2008. – №68. – С.244-247.

7. Stankevičienė, J.; Sviderskė, T.; Miečinskienė A. 2014. *Dependence of sustainability on country risk indicators in EU Baltic Sea region countries, Journal of Business Economics and Management* 15(4): 646–663.

8. Keršulienė, V.; Turskis, Z. 2014. A hybrid linguistic fuzzy multiple criteria group selection of a chief accounting officer, *Jurnal of Business Economics and Management* 15(2): 232–252.

9. Ginevičius, R.; Suhajda, K.; Šimkūnaitė J. 2014. Lithuanian experience of quantitative evaluation of socioeconomic system position by multicriteria methods, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 110(2014): 952–960.

10. Тріщ Г. М. Система залежностей для оцінювання процесів систем управління якістю підприємств / Г. М. Тріщ // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2013. - № 4/3 (64). – С. 60-63.

11. Інноваційна модель системи управління якістю вищого навчального закладу: Монографія / І.П. Тавлуй. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2014. – 220 с.

УДК 681.518.5

Б. І.Стадник, д.т.н., проф., В. В. Герасименко, аспірант

ДОСЛІДЖЕННЯ НАХИЛІВ ОПОРНИХ КАМЕНІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЇХНЬОГО ВПЛИВУ НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ КОМПАРАТОРІВ МАСИ У НАНОДІАПАЗОНІ

Ключові слова: компаратор маси, опорний камінь, нановимірювання, кут нахилу, система автоматичного керування (САК), п'єзоелектричний актуатор

Об'єктом досліджень є компаратор маси, який знаходиться при Інституті вимірювальної техніки для управління технологічними процесами та сенсорної техніки Технічного університету Ільменау (Німеччина). Для високоточних вимірювань він встановлений на спеціальному опорному камені і фундаменті, залитому безпосередньо на фундаменті будівлі (рис. 1). Нахили такого компаратора у мікро- та нанодіапазоні через вісь x або y через особливості його механічної будови призводять до виникнення похибки його показу. Нахили компаратора виникають передусім через нахили опорного каменя вагою близько 3 т, фундаменту або земної кори. Результати експериментальних досліджень показали наступну чутливість показів ваги до нахилів опорного каменя: $0,110 \pm 0,021$ г/рад (нахили через вісь y), $0,86 \pm 0,06$ г/рад (через вісь x). Причинами виникнення нахилів є: термічні і геологічні ефекти (припливи/відпливи, рух підземних вод, термічні деформації земної кори); термічні та механічні властивості матеріалу опорного каменя, його опор і фундаменту; конструкція будівлі; погода тощо [1].



Рис.1. Схема встановлення компаратора маси на опорному камені

Метою роботи є дослідження нахилів опорного каменя, а саме причин їхнього виникнення, та зменшення їхнього впливу на точність вимірювання компаратора маси у нанодіапазоні таким чином, щоб похибка показу приладу, спричинена цими нахилами, не перевищувала 10 нг.

Одною із досліджуваних причин виникнення нахилів опорного каменя є теплове розширення машинних опор, на яких він розміщений, через градацію температури у лабораторії. Наприклад, якщо висота машинної опори становить 5 см і відстань до сусідніх 1,2 м і 1,6 м, при зміні температури на 1 К виникає зміна висоти опори на 500 нм, що відповідає нахилу опорного каменя на 312 нрад (спричиняє похибку вимірювання компаратора ≈ 268 нг) і 416 нрад (≈ 46 нг) вздовж кожної зі сторін.

Для дослідження впливу припливів/відпливів проводилось вимірювання нахилу опорного каменя протягом 5 днів. З допомогою перетворення Фур'є вдалось виділити кілька частот, які характеризують впливи припливів/відпливів, а саме три складові: K_1 і O_1 – головні складові щоденного припливу, які мають часовий інтервал 23,935 і 25,819 годин відповідно; M_2 – виникає під впливом фіктивного місяця, має період 12,4167 годин [2]. Вони спричиняють нахил опорного каменя у межах 60-35 нрад і тим самим похибку вимірювання до 52 нг.

Ще одною вагомою причиною виникнення нахилів опорного каменя є деформація підлоги, яка виникає через рух людини або роботу іншого устаткування поряд. Цей вплив залежить безпосередньо від з'єднання між фундаментом опорного каменя та підлогою будівлі. При дії сили величиною близько 700 Н на підлогу у близькості від установки виникає кут нахилу опорного каменя до 150 нрад, що спричиняє похибку вимірювання до 130 нг.

Дію деяких із розглянутих впливів можна частково зменшити без застосування спеціального обладнання. Наприклад, вплив деформації підлоги можна значно зменшити через створення так званого зазору між фундаментом опорного каменя і підлогою, а температурний вплив – через

термоізоляцію машинних опор. Проте дію деяких впливів неможливо зменшити таким способом, наприклад, вплив припливів/відпливів або інших чинників, вплив яких виділити окремо неможливо. Тому для досягнення поставленої мети необхідно розробити систему автоматичного керування (САК), яка компенсує нахили опорного каменя під час вимірювань компаратором маси.

Найважливішими вимогами до САК є роздільна здатність, діапазон керування та швидкодія системи. Роздільна здатність САК визначалася як $10 \text{ нг}/N_w$, де N_w – досліджувана чутливість ваги до нахилів опорного каменя, г/град, і становить 10 нрад. Безперервне вимірювання змін нахилу опорного каменя протягом 5-ти днів при сталій температурі та відсутності персоналу у лабораторії дозволило встановити необхідний діапазон керування ± 1000 нрад. Перетворення Фур'є цього ж вимірювання показало, що для усунення нахилів опорного каменя вище 10 нрад, частота роботи САК повинна бути більша за $6 \cdot 10^{-5}$ Гц (4,42 год), 1 нрад - $3,6 \cdot 10^{-4}$ Гц (0,7 год)[1].

Розроблена САК складається з об'єкта керування (опорний камінь) і пристрою керування. Пристрій керування складається з системи вимірювання кута нахилу TUI [3], ПК, DAQ USB 3102 (ЦАП), підсилювача. У ролі виконавчого елемента використовується п'єзоелектричний актуатор РАНЛ 18/20. Принцип роботи полягає в тому, що система вимірювання кута нахилу безперервно вимірює нахил опорного каменя, який залежить від впливних величин. ПК з допомогою розробленого програмного забезпечення в MatLab визначає похибку регулювання і формує на основі вибраного алгоритму цифровий керуючий параметр. ЦАП перетворює його у значення струму, яке через підсилювач надходить на вхід п'єзоактуатора, викликає його деформацію і усуває похибку регулювання.

Для визначення ефективності розробленої САК було проведено декілька тестів. Зокрема було досліджено час встановлення системи. Для цього у деякий момент часу одна зі сторін опорного каменя навантажувалась гирею вагою 3,2 кг на 30 хв. У результаті був обчислений час встановлення САК, який становить 42,82 с.

Також проводилось довготривале тестування системи впродовж ночі. Перші 6 годин вимірювання кута нахилу проводилося без регулювання. Стандартне відхилення кута нахилу протягом цього періоду становило 12,64 нрад. Близько 1 год ночі САК автоматично вмикалась. Стандартне відхилення кута нахилу при ввімкненій САК становила 0,94 нрад. Це значно кращий результат за очікуваний < 10 нрад. Важливо зазначити, що з 6 год ранку шум вимірюваних даних зростає, що вказує на опосередкований вплив присутності людини через вібрацію конструкції будівлі на стабільність опорного каменя.

Отже, можемо зробити висновок, що розроблена САК дозволяє компенсувати нахили опорного каменя, які спричиняють виникнення похибки вимірювання компаратора маси > 10 нг. Більше того, результати тестування системи показують, що можливим є зменшення похибки вимірювання, спричиненої нахилами, до 1 нг, що у свою чергу дозволяє проводити точні вимірювання компаратором маси у нанодіапазоні.

1. V.Herasymenko, „Untersuchung und Reduzierung der zeitabhängigen Neigungsänderungen von hochpräzisen Messtischen und Wägesteinen“, TU Ilmenau, 2014.

2. Hideo Hanada, Ground Vibrations and tilts, National Astronomical Observatory, Mizusawa, Iwate, JAPAN.

3. M. Kühnel, Precise tiltmeter and inclinometer based on commercial force compensation weigh cells, IMEKO Conference TC3, TC5 & TC22, 2014, Cape Town, Republic of South Africa.

П. І. Кулаков, к.т.н., Т. В. Гнесь, аспірант

СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ ТРИВАЛОСТІ МАШИННОГО ДОЇННЯ НА СТІЙЛОВІЙ ДОЇЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ

Ключові слова: доїння, тривалість доїння, тривалість підготовки, статистична модель, стійлова доїльна установка

В теперішній час найбільш розповсюдженими в Україні є стійлові доїльні установки, ефективність яких можна підвищити шляхом впровадження систем автоматичного управління та інформаційно-вимірвальних систем параметрів технологічного процесу отримання молока.

Тривалість машинного доїння є важливим параметром доїльної установки і залежить від зоотехнічних параметрів тварин, їх кількості, селекційної підібраності, тривалості підготовки тварини до доїння та тривалості процесу доїння, типу та кількості доїльних апаратів. Недосконалість існуючих моделей тривалості доїння в значній мірі зумовлюють складність визначення продуктивності установки та характеристик інформаційно-вимірвальних систем параметрів технологічного процесу отримання молока при їх проектування та модернізації. Виходячи з цього, подальше вдосконалення цих моделей є актуальним завданням.

Існує два типи доїльних апаратів – з функцією керування процесом доїння та без функції керування процесом доїння. Обидва ці типи можуть бути використані на стійловій доїльній установці.

Типовий алгоритм роботи доїльного апарату без функції керування процесом доїння полягає в наступному: після вдягання доїльних стаканів, дояр візуально оцінює процес доїння і за певними ознаками робить суб'єктивний висновок про необхідність його завершення. Таким чином, час тривалості доїння t_{TDi} при використанні доїльного апарату без функції керування процесом доїння є повністю випадковою величиною.

Типовий алгоритм роботи доїльного апарату з функцією керування доїнням полягає в наступному: після вдягання доїльних стаканів дояр вмикає доїльний апарат, який протягом детермінованого часу t_s здійснює стимуляцію вимені. Після закінчення фази стимуляції відбувається перехід до фази некеруваного доїння. Під час цієї фази протягом детермінованого часу t_{ND} інтенсивність молоковиділення не вимірюється. Далі здійснюється перехід до фази керуваного доїння, під час якої вимірюється інтенсивність молоковиділення, і в залежності від її значення, встановлюється частота і шпаруватість пульсацій вакууму в доїльних стаканах. Ця фаза має випадкову тривалість t_{KDi} . Після зниження інтенсивності молоковиділення нижче певного значення, відбувається перехід до фази додоювання, під час якої протягом детермінованого часу t_M здійснюється масаж вимені [1].

У роботі [2] наведено результати експериментальних досліджень часу підготовки тварини до доїння та часу видоювання тварини при різних типах доїльних апаратів. У цій роботі встановлено, що часовий інтервал технологічного процесу підготовки тварини до доїння t_{PD} має хі-квадрат розподіл, а часовий інтервал тривалості доїння t_{TDi} при використанні доїльного апарату без функції керування процесом доїння та часовий інтервал фази керуваного доїння t_{KDi} при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння мають гамма-розподіл.

Математичне очікування часового інтервалу t_{PD} тривалості підготовки тварини до доїння визначається виразом [3]

$$M_{PD} = \int_0^{+\infty} \frac{t^{\frac{k}{2}} e^{-\frac{t}{2}}}{2^{\frac{k}{2}} \tilde{\Gamma}(\frac{k}{2})} dt = k, \quad (1)$$

де k – параметр хі-квадрат розподілу;

$\tilde{\Gamma}(Z)$ – гамма-функція Ейлера.

Дисперсія часового інтервалу t_{PD} тривалості підготовки тварини до доїння визначається виразом [3]

$$D_{PD} = \int_0^{+\infty} \frac{(t-k)^2 t^{\frac{k}{2}-1} e^{-\frac{t}{2}}}{2^{\frac{k}{2}} \tilde{A}\left(\frac{k}{2}\right)} dt = 2k. \quad (2)$$

Математичне очікування тривалості доїння t_{TDi} при використанні доїльного апарату без функції керування процесом доїння та математичне очікування часового інтервалу фази керованого доїння t_{KDi} при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначається виразом [3]

$$M_{TD} = \int_0^{+\infty} \frac{t^{l+1} e^{-\frac{t}{m}}}{m^{l+1} \tilde{A}(l+1)} dt = m(l+1), \quad (3)$$

де l, m – параметри гамма-розподілу.

Дисперсія тривалості доїння t_{TDi} при використанні доїльного апарату без функції керування процесом доїння та дисперсія часового інтервалу фази керованого доїння t_{KDi} при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначається виразом [3]

$$D_{TD} = \int_0^{+\infty} \frac{(t-m(l+1))^2 t^l e^{-\frac{t}{m}}}{m^{l+1} \tilde{A}(l+1)} dt = m^2(l+1). \quad (4)$$

Для створення статистичної моделі тривалості доїння на стійловій доїльній установці необхідно отримати вираз, який зв'яже математичне очікування і дисперсію тривалості доїння з кількістю доїльних апаратів, кількістю тварин, математичним очікуванням та дисперсією підготовки тварини до доїння, математичним очікуванням та дисперсією часу доїння.

В результаті аналізу циклограми роботи стійлової доїльної установки [4], встановлено, що математичне очікування тривалості доїння стійлової доїльної установки визначається виразом

$$M_{TDU} = RM_{PD} + \frac{N}{Z} M_{TD}, \quad (5)$$

де Z – кількість доїльних апаратів;

R, N – коефіцієнти, які залежать від кількості доїльних апаратів і кількості тварин K у доїльній групі та визначаються виразами

$$R = \begin{cases} Z, \left\{ \frac{K}{Z} \right\} = 0 \\ Z \left\{ \frac{K}{Z} \right\}, \left\{ \frac{K}{Z} \right\} \neq 0 \end{cases}; \quad (6)$$

$$N = \begin{cases} K, \left\{ \frac{K}{Z} \right\} = 0 \\ Z \left(\left[\frac{K}{Z} \right] + 1 \right), \left\{ \frac{K}{Z} \right\} \neq 0. \end{cases} \quad (7)$$

Дисперсія тривалості доїння стійлової доїльної установки визначається виразом

$$D_{TDU} = RD_{PD} + \frac{N}{Z} D_{TD}, \quad (8)$$

Після нескладних перетворень отримуємо рівняння, яке визначає математичне очікування тривалості доїння стійлової доїльної установки при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння

$$M_{TDU} = Rk + \frac{N}{Z} m(l+1). \quad (9)$$

Математичне очікування тривалості доїння стійлової доїльної установки при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначається виразом

$$M_{TDU} = Rk + \frac{N}{Z} (t_s + t_{ND} + t_M + m(l+1)). \quad (10)$$

Дисперсія тривалості доїння стійлової доїльної установки при використанні двох типів доїльних апаратів визначається виразом

$$D_{TDU} = 2Rk + \frac{N}{Z} m^2 (l+1). \quad (11)$$

Закон розподілу тривалості машинного доїння на стійловій доїльній установці у вищевказаних випадках можна вважати нормальним, згідно першої граничної теореми [3].

Таким чином, створено статистичну модель, яка встановлює функціональний зв'язок між статистичними характеристиками тривалості доїння стійлової доїльної установки та статистичними характеристиками часу підготовки тварини, статистичними характеристиками часу видоювання тварини, кількістю тварин, кількістю доїльних апаратів, типом доїльного апарату.

Створена статистична модель тривалості доїння стійлової доїльної установки дозволить підвищити точність визначення продуктивності доїльної установки при її проектуванні або модернізації, дозволить розробити методику проектування інформаційно-вимірвальних систем параметрів технологічного процесу отримання молока та систем автоматичного управління фермою.

1. Цой, Ю. А. *Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм [Текст]* / Ю. А. Цой. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.

2. Кучерук, В. Ю. *Статистичні моделі тривалості машинного доїння [Текст]* / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2014. – Т. 1, № 3 (67). – С. 4–7.

3. Королюк, В. С. *Справочник по теории вероятностей и математической статистике [Текст]* : справочник / В. С. Королюк, Н. И. Портенко, А. В. Скороход, А. Ф. Турбин. – М. : Наука, 1985. – 640 с.

4. Кучерук, В. Ю. *Статистичні моделі тривалості машинного доїння на стійловій доїльній установці [Текст]* / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2014. – Т. 2, № 4 (68). – С. 31–37.

УДК 621.317.39

К. Ю. Голуб, аспірант, О. В. Заболотний, к.т.н., доцент

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ РЕЧОВИН

Ключові слова: вологість, діелькометричний вологомір, сортова невизначеність, тестовий метод

Вологість речовин є важливим параметром, від якого залежать показники якості продукції. Якщо говорити про сільськогосподарський сектор промисловості України, то відомо, що щорічно втрати зернових становлять понад 10 % від загального виробництва. Здебільшого це пов'язано зі псуванням зерна внаслідок його неправильного зберігання в умовах з підвищеною вологістю.

Сучасні вологоміри дозволяють отримувати значення вологості матеріалів з невизначеністю до 0,01 % і характеризуються високою швидкістю і простотою використовуваних засобів. Разом з тим в області вологометрії залишається ряд невирішених проблем, наприклад, «сортова невизначеність» вологомірів. Суть цієї проблеми полягає у наступному. Відомо, що процес визначення вологості передбачає вимірювання кількості вологи, що міститься в досліджуваному зразку речовини і порівняння отриманого значення з відповідним стандартним зразком. З цього випливає, що тип (сорт) досліджуваної речовини може відрізнитися від матеріалу стандартного зразка, що зумовлює появу «сортової невизначеності» під час вимірювання вологості.

В основу роботи всіх вологомірів закладений один або декілька принципів визначення вологості. Вибір оптимального принципу є надзвичайно важливим завданням, оскільки саме від нього залежать основні параметри і технічні характеристики вимірювача. На даний час існує багато принципів визначення вологості речовин [1]. Однак найбільше поширення отримали чотири: кондуктометричний, діелькометричний, інфрачервоний (ІЧ) або термогравіметричний і надвисоких частот (НВЧ). У своїх дослідженнях автори даної роботи зупинили свій вибір на діелькометричному методі визначення вологості [2]. Такий вибір базується на ретельному вивченні даного питання. З цією метою проведено аналіз ринку вологомірів і аналіз метрологічних характеристик усіх моделей вологомірів, що виробляються сучасною промисловістю.

Аналіз ринку вологомірів проводився для вітчизняних і зарубіжних фірм станом на 2014 рік (в роботі [3] подібний аналіз проводився за часовий період з 1960 по 1987 рр., тому може не відображати сучасний стан речей). Для цього були виділені дві цільові групи матеріалів – сипкі речовини (у т.ч. сільгосппродукти) і нафтопродукти. До кожної з цих груп були віднесені вологоміри, що отримали найбільше поширення конкретно в даній групі. Так, для сипких матеріалів – це діелькометричні вологоміри, кондуктометричні, ІЧ вологоміри-сушарки, ІЧ аналізатори спектру і НВЧ вологоміри; для нафтопродуктів – діелькометричні, кондуктометричні, ІЧ аналізатори спектру і НВЧ вологоміри. Загалом в ході аналізу розглянуто 186 вологомірів для першої групи матеріалів і 67 для другої. На рис. 1 представлені діаграми, що показують частку ринку вироблених вологомірів для сипких матеріалів і нафтопродуктів станом на вересень 2014 р.

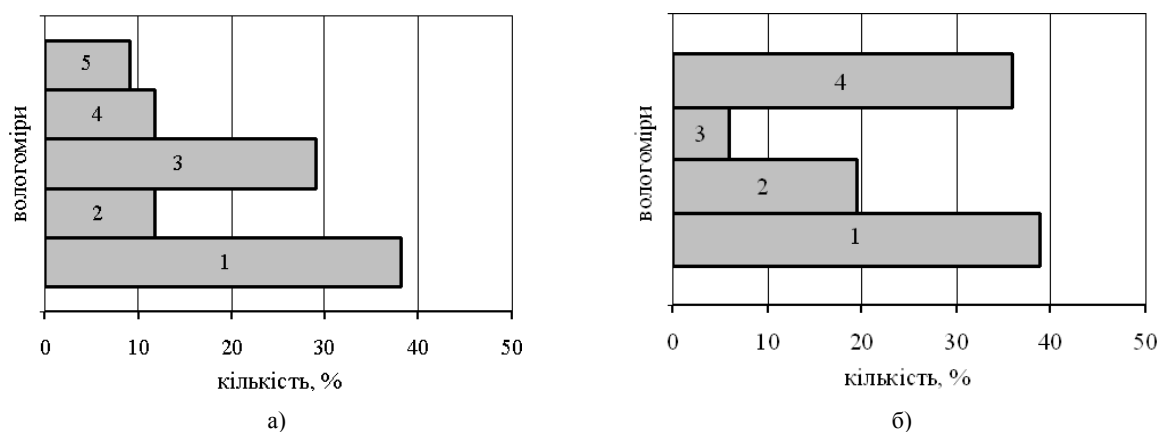


Рис. 1. Частка ринку вироблених вологомірів за групами матеріалів:

- а) для сипких матеріалів: 1 – діелькометричні вологоміри; 2 – кондуктометричні вологоміри; 3 – ІЧ вологоміри-сушарки; 4 – ІЧ аналізатори спектру; 5 – НВЧ вологоміри;
 б) для нафтопродуктів: 1 – діелькометричні вологоміри; 2 – кондуктометричні вологоміри; 3 – ІЧ аналізатори спектру; 4 – НВЧ вологоміри

Як видно з діаграми, для сипких матеріалів найбільше поширення отримали діелькометричні вологоміри. Такий вибір фірм-виробників не є випадковим і обумовлений наявністю в них ряду переваг. Насамперед, це досить висока точність визначення вологості, висока чутливість, широкий діапазон вимірювань, можливість проведення експрес-оцінки, простота конструкції і відносна дешевизна виготовлення.

Що стосується нафтопродуктів, ситуація є аналогічною сипким матеріалам, за винятком того, що використання ІЧ вологомірів-сушарок є неможливим. Таким чином, діелькометричні вологоміри займають 39 % серед усіх моделей, що виготовляються; близько 36 % займають НВЧ вологоміри; виробництво ІЧ аналізаторів спектру та кондуктометричних вологомірів в сумі становить 25 %.

Одним з основних факторів при виборі вологомірів є точність вимірювання. У ході аналізу ринку вологомірів проведена порівняльна оцінка метрологічних характеристик приладів, що випускаються. Результати оцінки представлені на рис. 2.

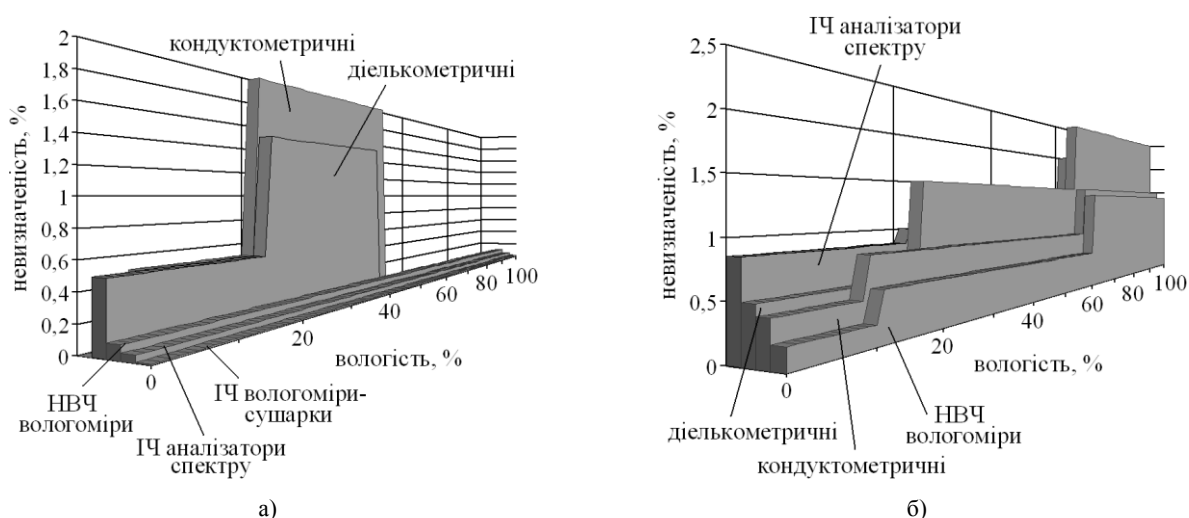


Рис. 2. Значення невизначеності вимірювання вологості для різних груп вологомірів: а) для сипких матеріалів; б) для нафтопродуктів

Виходячи з аналізу невизначеностей вимірювання вологості сипких матеріалів, наведених на рис. 2а, видно, що найбільш точними є ІЧ вологоміри-сушарки. Невизначеність вимірювань вологості діелькометричними вологомірами становить 0,5 % в діапазоні (0-20) % і 1,5 % в діапазоні (20-45) %. Для нафтопродуктів (рис. 2б) найкращі характеристики точності мають НВЧ вологоміри, а найгірші – діелькометричні та ІЧ аналізатори спектру. Щодо діелькометричних вологомірів, то слід зазначити, що їх невизначеність може бути зменшена за рахунок компенсації впливу сорту матеріалу.

Таким чином, доцільним є пошук способу або групи способів вимірювання вологості в рамках діелькометричного методу, що дозволяють компенсувати вплив сорту матеріалу на результат вимірювання. З цією метою авторами проведено аналіз способів визначення вологості діелькометричними вологомірами. В якості інформаційної бази використовувалися патенти і авторські свідоцтва ЄСРР, Росії, України, США, Японії, Китаю і країн Європи за часовий період з 1944 по 2014 рр. В цілому проаналізовано близько 135 джерел (патенти і авторські свідоцтва). Всі способи об'єднані в 14 груп за принципом їх реалізації:

1) вимірювання діелектричної проникності при емульгації досліджуваної суміші, при зміні кількісного складу або агрегатного стану одного з компонентів цієї суміші (SU 159692, SU 178569, SU 186740);

2) визначення вологості речовини за зміною температури, шляхом вимірювання діелектричної проникності при різних температурах або в результаті температурного впливу (SU 209806, SU 662854, SU 1111088, SU 1144045 A, SU 1434351 A1, SU 1476368 A1, SU 1599748, US 5073756 A, SU 1718091);

3) визначення вологості речовини в залежності від частоти (US 3226635 A, SU 183471, SU 243955, SU 268003, SU 321738, US 3675121 A, CA 2326703, SU 648895, EP 0019154 A1, SU 828053, SU 857840, SU 987492, WO 1992007251 A1, SU 1822964 A1, WO 1997001090 A1,

UA 17939, RU 2082158 C1, RU 2092824 C1, US 20040025574 A1, UA 75443 C2, UA 76326 C2, WO 2007109772 A3, UA 52360 U, RU 2416092 C1);

4) визначення вологості речовини з використанням градуювальних і тарирувальних характеристик, калібрувальних кривих (US 2373846 A, US 2499069 A, SU 247610, SU 280992, SU 273508, SU 357510, SU 112892, по заявці SU 3315243/25, US 4352059 A, SU 1061031 A, SU 991276, SU 1144045 A, SU 1206671, US 4774680, SU 1283638, SU 1476368 A1, SU 1518763 A1, SU 1555655, SU 1636757, SU 1718089, SU 1718091, SU 1728764, SU 1746282, SU 1728765, SU 1822963 A1, RU 2065603 C1, RU 2174678 C1, RU 2320985 C1, UA 84682 C2, RU 2484453 C1);

5) вплив на досліджувану речовину електричним полем (US 3090004 A, SU 216807, SU 280992, SU 306411, SU 337708, SU 370513, SU 578629, по заявці SU 3315243/25, SU 834489, SU 1061031 A, SU 1165967, SU 1772710 A1, SU 1749810 A1, UA 10783, UA 10782, UA 44052 A, WO 2006069720 A2, UA 76326 C2, WO 2006069721 A3, RU 2383885 C1);

6) визначення вологості з використанням ємнісних датчиків різної конструкції (SU 249749, SU 297916, SU 572698, SU 667881, SU 1165967 A, SU 1749810 A1, UA 77818 C2);

7) визначення вологості шляхом вилучення вологи з речовини з подальшим її вимірюванням (US 2499069 A, US 3253458 A, SU 452781);

8) способи вимірювання вологості з ущільненням матеріалу (US 2343340 A, US 3348140 A, SU 561124, SU 842542, SU 1330533 A1, SU 1509715 A1, US 6440475 B1);

9) вимірювання ємності первинного перетворювача з досліджуваною речовиною у початковому і зневодненому стані або з досліджуваною і зразковою речовиною (SU 204018, SU 243955, SU 585436, SU 744307, SU 857840, US 4352059 A, по заявці JP 63-59103, SU 1434351 A1, US 4853614 A, SU 1807373 A1, SU 1827614 A1, UA 15065, RU 2174678 C1, UA 48438 A, UA 55453 C2, UA 75700 C2, UA 75699 C2, UA 95573 C2, RU 2484453 C1);

10) способи з вимірюванням декількох параметрів, таких як діелектрична проникність, тангенс кута діелектричних втрат, щільність, сорт, температура, швидкість проходження ультразвуку і т.д. (SU 557300, SU 1265569 A1, SU 1479863 A1, SU 1567952, SU 1583816, SU 1636757, SU 1681221, SU 1670561, RU 2109277 C1, RU 2174678 C1, UA 75443 C2, UA 95572 C2);

11) вимірювання ємності первинного перетворювача в порожньому і заповненому стані (US 2665409 A, US 3231814, SU 247611, SU 569932, SU 1056029 A, SU 1453296 A1, US 5253512 A, RU 2168719 C1, UA 50766 U);

12) визначення вологості речовини за коефіцієнтом амплітудної модуляції, струмом (SU 1439478 A1, US 4352059 A, SU 1283638, SU 1822964 A1, RU 2478943 C2);

13) визначення вологості речовини за кутом зсуву фаз сигналів (SU 585436, SU 1627964 A1, RU 94042610 A1, UA 55453 C2, US 6904789 B2);

14) визначення вологості з використанням тестових методів (у т.ч. з добавками води) (SU 1157439 A, SU 1265571 A1, SU 1332216 A1, SU 1423952 A1, SU 1732247 A1, UA 104201 C2).

У результаті детального аналізу найбільш перспективною можна вважати групу способів із застосуванням тестових методів. В цьому випадку процес визначення вологості включає такі етапи: а) визначають ємність первинного перетворювача з досліджуванним матеріалом (діелектрична проникність матеріалу невідома); б) визначають ємність первинного перетворювача після введення в досліджуваний матеріал деякої речовини з відомою діелектричною проникністю (наприклад, води) один або декілька разів; в) розв'язують систему рівнянь відносно діелектричної проникності матеріалу, що досліджується; г) за отриманою діелектричною проникністю матеріалу визначають його вологість. Дані способи дозволяють виключити вплив початкової діелектричної проникності досліджуваного матеріалу (тобто компенсувати «сортову невизначеність»). А точність вимірювань в цьому випадку буде залежати від адекватності сформованих тестів.

1. Берлинер, М. А. Измерения влажности [Текст] / М. А. Берлинер. – М. : Энергия, 1973. – 400 с.

2. Заболотный, А. В. Поиск эффективного способа измерения влажности сыпучих материалов [Текст] / А. В. Заболотный, Н. Д. Кошевой, А. Н. Саттаров // Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету ім. Т. Г. Шевченка. – 2008. – Вип. 15. – С. 50–57.

2. Секанов Ю. П. Некоторые тенденции развития влагометрии сельскохозяйственных материалов за рубежом [Текст] / Ю.П. Секанов // Измерительная техника. – 1990. – № 6. – С. 58–61.

УДК 534:321.9:534.6

В. В. Паракуда, к.т.н., доц., В. П. Чалий, к.т.н., с.н.с., Т. М. Ільницька, здобувач
ПРОСТЕЖУВАНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ
«МЕДИЧНОГО» УЛЬТРАЗВУКУ

Ключові слова: єдність вимірювання, еталон, метрологія, потужність, простежуваність, ультразвук

Вступ. Забезпечення єдності вимірювання в країні є головною умовою захисту громадян і національної економіки від недостовірних результатів вимірювання. Зокрема, завищена потужність (інтенсивність) випромінювання ультразвукового терапевтичного апарату може призвести до пошкодження органів і тканин тіла. За недостатньої ж потужності не досягається лікувальний ефект [1]. Максимальна допустима похибка вимірювання потужності не повинна перевищувати $\pm 20\%$ [2]. А результати вимірювання мають бути порівнювані, визнаватися на національному та міжнародному рівнях та забезпечувати довіру до них [3]. І основним інструментом досягнення такої єдності на сьогодні (згідно з міжнародними нормативними документами [4-7]) вважається **простежуваність** результатів вимірювання до еталонів системи одиниць SI.

Основна частина. В Україні експлуатується великий парк ультразвукової медичної апаратури і кілька типів вимірювачів потужності ультразвуку, зокрема UPM-DT-10 (виробництва США), «ИМУ-Квант» створеного за типом UPM (вітчизняного виробництва) та вимірювачі потужності «ИМУТАП» і «ИМА-2» (виробництва Росії). Утім донедавна була повністю відсутня система метрологічного забезпечення ультразвукових вимірювань у водному середовищі, не було еталонів і повірочної схеми [8]. Апаратура експлуатувалася з порушенням нормативно-правових документів з метрології: у вимірювача потужності «ИМУ-Квант», наприклад, під час перевірки контролювався лише один компонент вимірювального каналу; «ИМУТАП» «повірявся» за допомогою апаратів УЗ-терапії, для контролю вихідних акустичних параметрів яких він призначений.

Виробники вимірювачів потужності декларують часом контраверсійні дані щодо їх метрологічних характеристик, які навіть «перевищують» метрологічні характеристики національних еталонів розвинених країн, чого неможливо досягнути в принципі.

Тому відповідно до «Державної програми розвитку еталонної бази на 2006-2010 роки» в ДП НДІ «Система» було розроблено та введено в дію в 2011 році вихідний вторинний еталон одиниці потужності (Вт) ультразвуку у водному середовищі ВЕТУ 10-169-01-11 і локальна повірочна схема передавання одиниці потужності ультразвуку ЛПУ 10-01-2011 [11, 12], завдяки чому фактично була створена в Україні перша черга системи метрологічного забезпечення вимірювання основного параметра (потужності) ультразвукового випромінювання в мегагерцовому (так званому «медичному») діапазоні частот і досягнута єдність цього виду вимірювання на національному рівні.

На жаль, повірка засобів вимірювання (ЗВ) ще не гарантує єдності та визнання результатів вимірювання на міжнародному рівні [13]. Єдність вимірювання в технічному плані мала б досягатися через повірочні схеми. Але метою повірки, як відомо, є визначення придатності засобу вимірювання до застосування за призначенням [14] і не вимагається досліджувати і документувати характеристики похибок під час повірки. Все це значно послаблює вимоги до єдності вимірювання і фактично виключає отримання довіри на міжнародному рівні до результатів вимірювання, отриманих за результатами повірки. Згідно з міжнародними правилами [6-7] для цього треба забезпечити простежуваність результатів вимірювання до еталонів системи одиниць SI.

Відповідно до [5] метрологічна простежуваність – це властивість результату вимірювання, відповідно до якої він може бути зв'язаний з основою для порівняння (тобто з дійсним значенням вимірюваної величини, відтворюваної еталоном SI) через документований безперервний ланцюг калібрувань, кожне з яких робить свій внесок у непевність вимірювання. Міжнародна організація ІЛАС вимагає, крім того, для підтвердження метрологічної простежуваності, наявності документованої методики та оцінювання непевності вимірювання, акредитації на технічну компетентність і встановлених інтервалів між калібруваннями [7].

Для забезпечення простежуваності результатів вимірювання до еталонів системи одиниць SI (до Вата), а в дійсності до опорного значення ключового звірення національних еталонів одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі, яке проводять під егідою Міжнародного Комітету

мір і ваги нами розроблена і затверджена методика калібрування і оцінювання непевності вимірювання, пройшла акредитацію на технічну компетентність лабораторія ультразвукових і гідроакустичних вимірювань і розпочаті міжнародні звірення еталона ВЕТУ 10-169-01-11.

Для завершення формування системи метрологічного забезпечення ультразвукових вимірювань необхідно подальше вдосконалення еталона одиниці потужності ультразвуку і створення еталона одиниці ультразвукового тиску у водному середовищі.

Висновки

1. Метрологічна простежуваність результату вимірювання є одним з фундаментальних понять нової парадигми метрології; забезпечення метрологічної простежуваності гарантує довіру до результату вимірювання, як на національному так і на міжнародному рівні.

2. Аналіз показав, що розроблена система метрологічного забезпечення потужності ультразвуку в «медичному» діапазоні частот забезпечила тільки єдність вимірювання в Україні. Для забезпечення необхідної точності і довіри до результатів вимірювання потужності випромінюваного ультразвуку і на міжнародному рівні, необхідно забезпечити простежуваність до міжнародного еталона SI, а для цього необхідно подальше вдосконалення системи метрологічного забезпечення цієї галузі вимірювання в Україні.

3. Для контролю параметрів ультразвукового терапевтичного обладнання можна рекомендувати вимірювачі потужності UPM-DT-10, «ИМУ-Квант» та аналогічні.

1. Еняков А.М. Метрологическое обеспечение ультразвукового медицинского оборудования. – М: ВНИИФТРИ. – 2006. – 160 с.

2. IEC 61689:2007. Ultrasonics – Physiotherapy systems – Field specifications and methods of measurement in the frequency range 0,5 MHz to 5 MHz.

3. Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes. – Paris, 14 October 1999. (Угода CIPM MRA).

4. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій

5. Международный словарь по метрологии и общие понятия и соответствующие термины. Пер.с англ.и фр., - СП НПО «Профессионал», - 2010. – 84 с.

6. EA-4/07M Прослеживаемость измерений и испытательного оборудования до национальных стандартов.

7. ILAC P10:01/2013 Политика ILAC по прослеживаемости результатов измерений. - <https://www.ilac.org/documents>

8. Чалый В.П., Ильницкая Т.М., Паракуда В.В., Кизливский И.Г. Создание в Украине материальной базы метрологического обеспечения измерения мощности ультразвука в мегагерцовом (медицинском) диапазоне частот в водной среде // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Метрология гидроакустических измерений». – Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2013. – С. 265-272

9. Christian Koch and Klaus-Vitold Jenderka. Final report on key comparison CCAUV.U-K3 for ultrasonic power // Metrologia 2014 51 Tech. Suppl. 09001 – 75 p. http://www.bipm.org/utis/common/pdf/final_reports/AUV/U-K3/CCAUV.U-K3.pdf

10. IEC 61161:2006. Ultrasonics – Power measurement – Radiation force balances and performance requirements

11. Чалый В., Ильницкая Т. Створення еталона одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі // Метрологія та прилади. - 2012. - №3. - С. 16-25

12. ЛПУ 10-01-2011. Метрологія. Локальна повірочна схема для засобів вимірювання потужності ультразвуку у водному середовищі. - К.: Держспоживстандарт України, 2011.

13. Единство и прослеживаемость измерений - http://metro.ru/HTML/metrology/vvedenie/obespechenie_EI.html

14. Что означает прослеживаемость? <http://nreferat.ru/referat/metrologiya-osnovnyye-popyatiya>

Р. М. Івах, к. т. н., доцент

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ

Ключові слова: діелектрична проникність, методи, вимірювання, змінний струм, постійний струм, мостові методи, силові методи

Вимірювання діелектричної проникності речовин має вагомим значення у фізиці, хімії, техніці та інших галузях промисловості (сільськогосподарській, будівельній тощо). Усестороннє дослідження різноманітних діелектричних речовин показали, що для виявлення їх структури та складу необхідно здійснювати вимірювання діелектричної проникності у широкому діапазоні частот (від 0 до 10^{13} Гц) [1]. Такий широкий частотний діапазон не можна охопити єдиним методом вимірювання. Тому методи вимірювання діелектричної проникності можна поділити наступним чином (рис. 1) [2]:

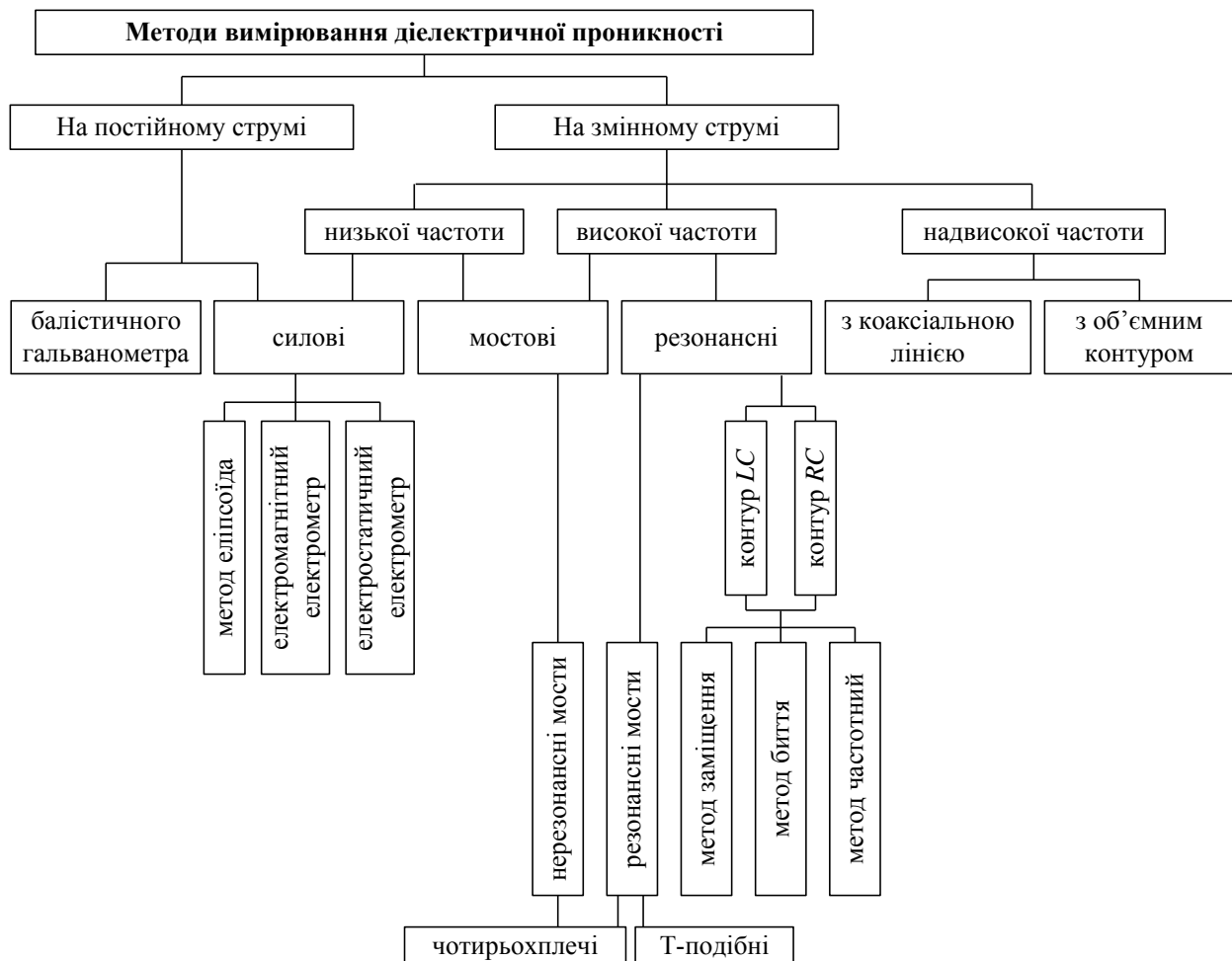


Рис. 1. Класифікація методів вимірювання діелектричної проникності

Для визначення значення діелектричної проникності використовують методи як на постійному струмі, так і на змінному в широкому діапазоні частот.

Методи вимірювання діелектричної проникності на постійному струмі можна поділити на дві групи:

- класичний метод балістичного гальванометра;
- силові методи.

Метод балістичного гальванометра у даний час застосовується дуже рідко, зазвичай для речовин з малою провідністю (ізоляторів). Даний метод можна застосувати для вимірювання діелектричної проникності речовин з невеликою провідністю (наприклад, напівпровідників), але при цьому використовується громіздка вимірювальна апаратура.

Проте силові методи вимірювання діелектричної проникності набули досить широкого поширення через можливість їх використання як на постійному струмі, так і на змінному. Основною перевагою цих методів є те, що вони можуть бути використані для вимірювань діелектричної проникності рідких речовин з порівняно високою провідністю – порядку $10^{-3} - 10^{-2}$ См·см⁻¹ при будь-якому значенні ϵ , при цьому похибка вимірювання становить 0,5–10% [3]. Ці методи можна також застосовувати для вимірювання діелектричної проникності газів.

Силові методи вимірювання можна поділити на три групи [2]:

- метод електростатичного електрометра;
- метод електромагнітного електрометра;
- метод еліпсоїда.

Серед наведених вище методів найпоширенішим є метод еліпсоїда. Даний метод використовується як на постійному, так і на змінному струмі низької частоти. Зазвичай під час вимірювань провідних рідин застосовуються частоти в межах 2–10 кГц. Вимірювання діелектричної проникності можна здійснювати для добре провідних рідин (розчини сірчаної, азотної кислот солей) з максимальною похибкою до 5%.

Найбільшого поширення отримали методи вимірювання діелектричної проникності на змінному струмі. Це пов'язано з тим, що під час їх використання можна отримати інформацію про структуру і властивості матеріалу. Вони дозволяють визначати діелектричну проникність рідин та розчинів електролітів зі значною електропровідністю, і нарешті, обладнання, яке використовується, є компактним та зручним.

Методи вимірювання діелектричної проникності на змінному струмі поділяються на [2]:

- на низькочастотні (НЧ) – з діапазоном частот від 50 Гц до 20 кГц;
- високочастотні (ВЧ) – з діапазоном частот від 10^4 до 10^8 Гц;
- надвисокочастотні (НВЧ) – від 10^8 до 10^{11} Гц.

До низькочастотних методів належать дві групи методів: силові та мостові. Останні найпоширеніші і використовуються, як правило, для вимірювання діелектричної проникності непровідних, або погано провідних речовин, з похибкою менше $\pm 1\%$ [4].

Мостові методи за принципом роботи можна поділити на дві групи:

I група – нерезонансні або прості мости різного типу (зрівноважені, незрівноважені), які використовуються при низьких частотах (не більше 10^4 Гц):

II група – резонансні мости, умова рівноваги яких залежать від частоти, які можуть застосовуватися при частотах до 10^7 Гц для речовин з питомою електропровідністю 10^{-4} См·см⁻¹. Резонансні мости, як правило, мають вищу чутливість порівняно з нерезонансними мостами. Крім того, мостові методи вимірювання дозволяють під час вимірювання відділити активну та реактивну складові повного опору.

До високочастотних методів, окрім мостових, які розглянуто вище, відносяться резонансні методи з використанням активних (LC) або пасивних (RC) коливальних контурів. Ці методи широко поширені, тому що вимірювання можна проводити як аналоговими, так частотними методами при частотах до 10^8 Гц [5].

Методи надвисокої частоти (НВЧ) застосовуються головним чином для вимірювання діелектричної проникності добре провідних розчинів електролітів. На даний час широко використовуються, незважаючи на порівняльно з іншими методами складну апаратури. Ці методи можна поділити на дві групи:

- методи з коаксіальною лінією, які використовуються в діапазоні частот від 10^8 до 10^{11} ;
- методи з об'ємним резонансним контуром, які застосовуються в діапазоні частот $10^9 - 10^{11}$ Гц.

В першому випадку досліджуваний зразок поміщається в коаксіальну лінію або хвилевід, в якому створюється стояча або біжуча хвиля, в другому випадку застосовується циліндричний об'ємний резонансний контур, всередині якого знаходиться досліджуваний розчин, який виконує роль навантаження цього контуру. З використанням НВЧ-методів можна вимірювати діелектричну проникність розчинів, що мають провідність до 1 См·см⁻¹ з точністю до $\pm 1\%$ [2].

Недоліком методів НВЧ є необхідність витримувати точні розміри коливальних контурів, так як вони визначають точність розмірів досліджуваного зразка, необхідність високої стабільності роботи НВЧ-генератора.

1. Эме Ф. Диэлектрические измерения для количественного анализа и для определения химической структуры / Перевод с нем. Штиллера Б. Н. / Под ред. к.т.н. Заславского И. И. – М., изд-во «Химия», 1967.
2. Лопатин Б. А. Теоретические основы электрохимических методов анализа: Учеб. пособие для ун-тов. – М., «Высш. школа», 1975. – 295 с.
3. Основы измерения диэлектрических свойств материалов. Заметки по применению. – Agilent Technologies.
4. Rohde & Schwarz . *Measurement of Material Dielectric Properties: Application Note.*
5. M.S. Venkatesh and G.S.V. Raghavan. *An overview of dielectric properties measuring techniques. – Canadian Biosystems Engineering. – Vol. 47, 2005. – p.7.15–7.30.*

Б. В. Кокотенко, Ю. М. Туз, д. т. н., проф.

КОРЕКЦІЯ РЕЗУЛЬТАТУ ВИМІРЮВАННЯ ДІЮЧОГО ЗНАЧЕННЯ СИГНАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ АПРОКСИМУЮЧОЇ ВАГОВОЇ ФУНКЦІЇ

Ключові слова: діюче значення, вагові функції, апроксимація сигналу, підвищення точності, методи корекції результату вимірювання, цифрова обробка сигналів

Вимірювачі діючого (або ефективного) значення сигналу є найпоширенішим типом вимірювальних приладів. До них належить більшість вольтметрів, амперметрів та вимірювачів потужності (зокрема лічильники енергії). Діюче значення сигналу визначається як середньоквадратичне значення за його період:

$$x_{\text{скз}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} . \quad (1)$$

Існує велика кількість методів та засобів для реалізації такого виду вимірювання. Однак завдяки використанню в сучасних засобах вимірювальної техніки АЦП та мікроконтролера (або сигнального процесора) найпоширенішою стала реалізація в дискретному вигляді (рис. 1):

$$x_{\text{скз}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i^2} . \quad (2)$$

де x_i – миттєві значень сигналу $x(t)$, що взяті з періодом дискретизації Δt за інтервал часу $T = N \cdot \Delta t$.

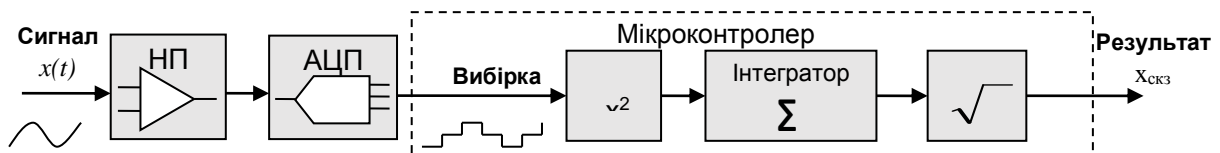


Рис. 1. Спрощена блок-схема цифрового вимірювача діючого значення: НП – нормуючий підсилювач; АЦП – аналого-цифровий перетворювач.

Вибір частоти дискретизації

При використанні (2) для обчислення діючого значення сигналу вирішальними характеристиками, що впливають на точність результату, є параметри АЦП, за допомогою якого взята вибірка [1]. В той час як розрядність, нелінійності та власні шуми АЦП є сталими характеристиками, частоту дискретизації можна регулювати. Як правило при виборі частоти дискретизації виходять з основної умови теореми Котельникова-Шенона: частота дискретизації $f_d = 1/\Delta t$ повинна більше ніж в два рази перевищувати частоту, якою обмежений спектр сигналу $f_d > 2 f_{\text{max}}$ [2]. При невиконанні умови відбувається накладання (“алиайзинг”) спектрів.

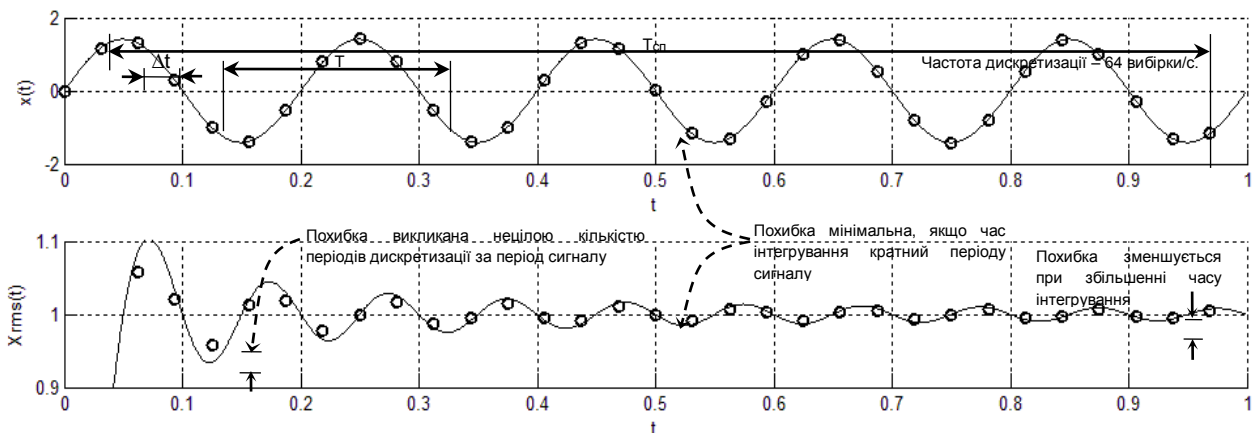


Рис. 2. Вибірка сигналу та залежність середньоквадратичного значення від тривалості вибірки

Також при виборі частоти дискретизації важливим є забезпечення кратності періоду сигналу T та часу спостереження $T_{\text{сп.}} = N \cdot \Delta t$ (тривалості вибірки):

$$N \cdot \Delta t = nT, \quad n \in \mathbb{N}. \quad (3)$$

Для виконання умови (3) необхідно частоту дискретизації вибирати так, щоб за час спостереження $T_{\text{сп.}}$, що є кратним періоду сигналу, можна було отримати цілу кількість N періодів дискретизації Δt (рис. 2). В результаті отримуємо *когерентну вибірку* [3]. Це можливо, якщо попередньо виміряти частоту сигналу і використовувати кратну їй частоту дискретизації. З тією ж метою при низьких частотах вхідного сигналу можна використати помножувач частоти. При високих частотах реалізувати когерентну вибірку досить складно, що потребує складної апаратної частини, зокрема систему фазового автопідстроювання частоти тощо.

Застосування вагових вікон

При обчисленні середньоквадратичного значення сигналу для зменшення похибки викликаної некогерентністю вибірки застосовують накладання вагових вікон:

$$x_{\text{скз}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} w_i \cdot x_i^2}, \quad (4)$$

де w_i – вагові коефіцієнти вікна отримані із вагової функції.

Вагові функції широко застосовуються для отримання заданих частотних характеристик при різноманітних перетвореннях сигналів [4]. Накладання вагового вікна при спектральному аналізі ослабляє ефект “розтікання спектру”, а при інтегруванні дозволяє отримати результат вимірювання з мінімальною похибкою за меншу кількість періодів вхідного сигналу. В таблиці 1 для порівняння наведено найпоширеніші вагові функції. Найефективнішим є застосування регульованих вагових функцій (Гауса, Дольфа-Чебишева), що дозволяють встановити необхідний рівень пульсації.

Таблиця 1 – Порівняння характеристик вагових функцій

Тип вагового вікна	Максимальний рівень бокових часток спектру, дБ	Кількість періодів сигналу для отримання пульсації менше 1 ppm
Прямокутне	- 13,2	$250 \cdot 10^3$
Трикутне	- 26,6	700
Хана	- 31,5	35
Гауса ($\sigma = 0,2$)	- 44,9	10
Дольфа-Чебишева	- 100	5

Відновлення сигналу. Застосування апроксимуючої вагової функції

В даній статті пропонується альтернативний підхід визначення середньоквадратичного значення, який полягає у відновленні (інтерполяції) сигналу та встановленні точної тривалості інтегрування, для виконання умови когерентності вибірки (3).

При виконанні основної умови теореми Котельникова-Шенона неперервна форма вхідного сигналу може бути відновлена за допомогою апроксимуючого ряду [2]:

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} x(k \cdot \Delta t) \cdot \text{sinc} \left(\pi \left(\frac{t}{\Delta t} - k \right) \right) \approx \sum_{k=0}^{M-1} x_k \cdot \text{sinc} \left(\pi \left(\frac{t}{\Delta t} - k \right) \right), \quad (5)$$

де $\text{sinc}(t) = \sin(t)/t$ – sinc-функція.

За обмеженої вибірки формула дає апроксимований сигнал, при цьому точність відновлення залежить від обсягу вибірки M . Ефективне відновлення сигналу апроксимуючим рядом (5) вимагає великої вибірки і, як наслідок, нескінченних обчислювальних ресурсів. Тому на практиці для відновлення сигналу застосовують інші методи апроксимації (віконні sinc-фільтри, інтерполятори Лагранжа, тощо) [5]. В загальному випадку формула відновлення сигналу має наступний вигляд:

$$x(t) = \sum_k x_k \cdot h \left(\frac{t}{\Delta t} - k \right), \quad (6)$$

де $h(t)$ – апроксимуюча функція.

Як описано в [6], після відновлення неперервної форми сигналу стає можливим точне визначення його інтегральних значень. Тоді для визначення середньоквадратичного значення підставимо (6) в (1), отримаємо:

$$x_{\text{скз}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt = \frac{1}{T_{\text{інт}}} \int_{t_n}^{t_k} \left(\sum_{k=0}^{M-1} x_k \cdot h\left(\frac{t}{\Delta t} - k\right) \right)^2 dt, \quad (7)$$

де t_n та t_k – відповідно початок та кінець інтегрування; $T_{\text{інт}} = (t_k - t_n)$ – час інтегрування, кратний періоду сигналу.

Варто зауважити, що відновлення неперервної форми сигналу не має практичного сенсу для підвищення точності обчислення середньоквадратичного значення (як і інших інтегральних значень), оскільки апроксимація не вносить нової інформації у відновлений сигнал. Однак неперервний сигнал дозволяє точно задати моменти часу t_n та t_k всередині інтервалу спостереження $T_{\text{сп}} = M \cdot \Delta t$ і відповідно усунути похибку від некогерентності вибірки.

Оскільки обчислення виразу (7) чисельним методом при кожному визначенні середньоквадратичного значення є дуже ресурсоємним, то варто виконати певні аналітичні перетворення, для чого введемо заміну $y(t) = x^2(t)$. Тоді за миттєвими значеннями x_k можна знайти миттєві значення функції $y(t)$:

$$y_k = y(k \cdot \Delta t) = x^2(k \cdot \Delta t) = x_k^2 \dots \dots \dots (8)$$

Тоді функція $y(t)$ також може бути відновлена за допомогою апроксимуючої формули (6):

$$y(t) = \sum_k y_k \cdot h\left(\frac{t}{\Delta t} - k\right) = \sum_k x_k^2 h\left(\frac{t}{\Delta t} - k\right). \quad (9)$$

Підставимо (9) в (1) та виконаємо спрощення враховуючи лінійність інтегралу:

$$x_{\text{скз}}^2 = \frac{1}{T_{\text{інт}}} \int_{t_n}^{t_k} y(t) dt = \frac{1}{T_{\text{інт}}} \int_{t_n}^{t_k} \left(\sum_{k=0}^{M-1} x_k^2 \cdot h\left(\frac{t}{\Delta t} - k\right) \right) dt = \frac{1}{T_{\text{інт}}} \sum_{k=0}^{M-1} x_k^2 \cdot \int_{t_n}^{t_k} h\left(\frac{t}{\Delta t} - k\right) dt \dots \dots (10)$$

У виразі (10) межі та час інтегрування можна виразити як

$$t_n = m_1 \cdot \Delta t, \quad t_k = m_2 \cdot \Delta t, \quad T_{\text{інт}} = (m_2 - m_1) \cdot \Delta t, \quad (11)$$

де m_1 та m_2 – безрозмірні неперервні величини, що виражають кількість періодів дискретизації відповідно до початку та кінця інтегрування. Підставимо (11) у (10) та виконаємо заміну змінної інтегрування:

$$x_{\text{скз}}^2 = \frac{1}{(m_2 - m_1) \Delta t} \sum_{k=0}^{M-1} x_k^2 \cdot \int_{m_1 \Delta t}^{m_2 \Delta t} h\left(\frac{t}{\Delta t} - k\right) dt = \left| \frac{t/\Delta t = \tau}{dt = \Delta t \cdot d\tau} \right| = \frac{1}{m_2 - m_1} \sum_{k=0}^{M-1} x_k^2 \cdot \int_{m_1}^{m_2} h(\tau - k) d\tau \dots (12)$$

Тепер у виразі (12) інтеграл від апроксимуючої функції можна позначити як

$$w(m_1, m_2, M, k) = \frac{M}{(m_2 - m_1)} \int_{m_1}^{m_2} h(\tau - k) d\tau, \dots \dots \dots (13)$$

де τ, m_1, m_2 – безрозмірні величини; $k = 0 \dots (M-1)$; $k, M \in \mathbf{N}$; $0 \leq m_1 < m_2 \leq M$; $m_1, m_2 \in \mathbf{R}$; \mathbf{N} – множина натуральних чисел; \mathbf{R} – множина дійсних чисел.

Тоді вираз (12) перетворюється в формулу обчислення середньоквадратичного значення з ваговою функцією:

$$x_{\text{скз}}^2 = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} x_k^2 \cdot \frac{M}{(m_2 - m_1)} \int_{m_1}^{m_2} h(\tau - k) \cdot d\tau = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} x_k^2 \cdot w(m_1, m_2, M)_k, \dots \dots (14)$$

де $w(m_1, m_2, M)_k$ – вагове вікно, що формується функцією (13).

Назвемо її *апроксимуючою ваговою функцією*. Використання отриманої вагової функції для обчислення середньоквадратичного значення дозволяє довільно (незалежно від періоду Δt) регулювати межі та час інтегрування $T_{\text{інт}} = (m_2 - m_1) \cdot \Delta t$ всередині загального часу спостереження $T_{\text{сп}} = M \cdot \Delta t$. Обчислення діючого значення в дискретній формі із застосуванням такого вагового

вікна є еквівалентним інтегралу функції квадрату неперервного сигналу, що теоретично дозволяє абсолютно точно обчислити істинне середньоквадратичне значення. При цьому, процедура обчислення вже не вимагає надмірних обчислювальних ресурсів, оскільки масив вагових коефіцієнтів може бути обчислений один раз для фіксованого інтервалу інтегрування вираженого в періодах дискретизації ($m_2 - m_1$).

Однак очевидно, що точність обчислення інтегрального значення з використанням апроксимуючого вагового вікна залежить від точності самої апроксимації. Тому похибка результату вимірювання залежить від обсягу вибірки M , та вибору апроксимуючої функції. Аналіз залежності похибки від типу апроксимуючої функції є предметом окремого дослідження і виходить за межі даної статті.

Для прикладу розглянемо вираз (13) з класичним ядром – нормованою sinc-функцією, як у виразі (5). Оскільки точність відновлення сигналу всередині інтервалу спостереження є найбільшою, тому вибираючи m_1 та m_2 , відступимо від країв вікна спостереження однаковий інтервал. Тоді:

$$m_1 = (M - m)/2, m_2 = (M + m)/2, \quad (15)$$

де $m = (m_2 - m_1)$ – кількість інтервалів дискретизації за час інтегрування $T_{\text{інт}}$. Підставивши (15) та апроксимуючу функцію в вираз (13), отримаємо

$$w(m, M, k) = \frac{M}{m} \int_{(M-m)/2}^{(M+m)/2} \text{sinc}(\pi(\tau - k)) d\tau \dots \dots \dots (16)$$

На рис. 3 зображена форма функції (16) та її частотна характеристика при заданому обсязі вибірки M та тривалості часу інтегрування m .

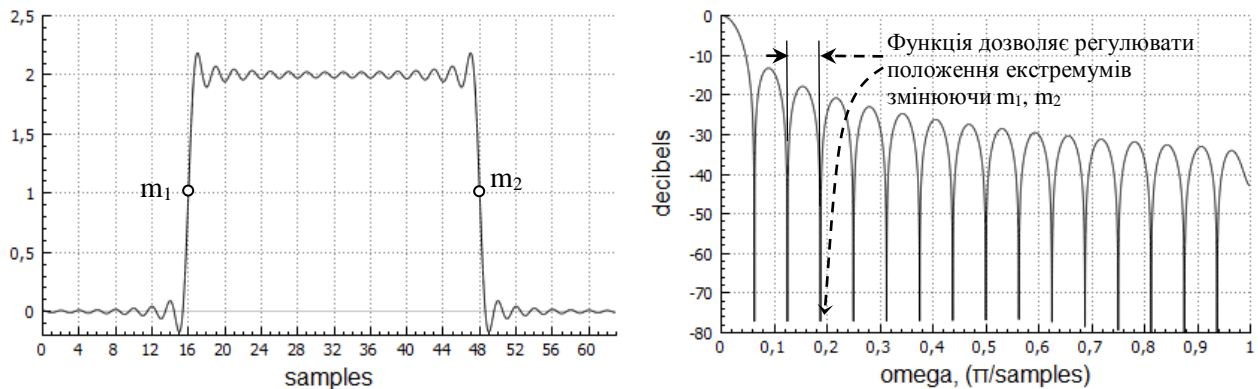


Рис.3. Апроксимуюча вагова функція (16) та її частотна характеристика ($M = 64, m = 32$).

Порівняння апроксимуючої вагової функції з іншими ваговими функціями

Варто зауважити головну відмінність апроксимуючої вагової функції від типових вагових функцій (табл. 1): вона дозволяє виконати корекцію результату за рахунок обмеження сигналу точно заданою тривалістю. Таким чином, при застосуванні апроксимуючої вагової функції результат обчислення середньоквадратичного значень не залежатиме від кількості періодів сигналу за час спостереження. І, як наслідок, достатньо щоб у вікно спостереження потрапило більше одного періоду сигналу.

Запропонована апроксимуюча вагова функція (13) може бути використана при проектуванні вимірювачів діючих значень напруги, струму або потужності. При цьому для генерації вагового вікна необхідно попередньо вимірювати частоту за допомогою окремого блоку частотоміра або безпосередньо обчисленням за миттєвими вибірками. Застосування запропонованого вагового вікна в спектральному аналізі потребує подальшого дослідження.

1. Horowitz P., Hill W. "Art of Electronics" (Мистецтво схемотехніки) // Cambridge University Press, 1989 – 1125 p.

2. R.J. Marks II, Editor "Advanced Topics in Shannon Sampling and Interpolation Theory" (Додаткові питання в теорії дискретизації та інтерполяції Шенона) // Springer-Verlag, 1993–332 p.

3. В. Н. Вьюхин, Ю.А. Попов, Ю.Л. Тани, “Исследование метода когерентной выборки для тестирования высокоразрядных АЦП” // *Автометрия*, Новосибирск, 1997 – 6 ст.
4. E. Shrüfer “*Signal verarbeitung*” (Обробка сигналів) // *Carl Hanser Verlag, München Wien*, 1990
5. Lyons R. “*Understanding digital signal processing, 2nd edition.*” (Розуміння цифрової обробки сигналів, друге видання) // *Vinom-Press*, 2006 – 656 p.
6. Tuz Ju. M. “*Integral characteristics based on digital signal processing*” (Інтегральні характеристики на основі цифрової обробки сигналів) // *Conference on actual problems of measurement technique MEASUREMENT-98, September 1998.*

В. Ю. Кучерук, д.т.н., проф., Д. М. Компанець, магістрант

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ ОБЛІКУ ВИТРАТ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ

Ключові слова: температура, регулювання, контроль, управління

Основним напрямком розвитку сучасної техніки сенсорів є використання напівпровідникових матеріалів, інтегральної технології і розробка на їх основі мікроелектронних перетворювачів. Зокрема перетворювачів температури, які є найважливішим різновидом сенсорів, оскільки більшість процесів, регулюються температурою.

Стрімкий розвиток нових ідей та технологій потребують їх застосування у різних сферах нашого повсякденного життя. Одним із поставлених питань є питання щодо обліку та регулювання температури води, як на виробництві, так і у побуті.

Метою цієї роботи є створення універсального автоматизованого пристрою обліку витрат та регулювання температури води.

Для того, щоб в результаті роботи пристрою була отримана температура води, попередньо зазначена у пристрою введення та зчитування інформації, необхідно знати обсяг витрат води із гарячої та холодної магістралей. Були розглянуті різноманітні лічильники витрат води. Найяскравішим представником сьогодення є „інтелектуальний лічильник”. Подібні пристрої звичайно аналогічні давно існуючим лічильникам, проте включають в себе ряд різних технологій, таких як: зчитування, накопичення і запам'ятовування інформації в режимі реального часу, оповіщення про втрати води та моніторинг якості комунальних ресурсів. Відмінною рисою інтелектуальності є мікроконтролер з незалежним живленням на 5-10 років і виходом типу USB-порту. Ці додаткові можливості є більшим, ніж просте автоматичне зчитування показань. На підставі цих переваг, саме його і планується використати в новітньому пристрої.

Також були розглянуті температурні датчики. Для конструювання та проведення випробувань вибрали погрузний зонд для газів і рідин з нейтральним потенціалом Pt100.

Більш детально розглянуті механізми регулювання подачі води із холодної та гарячої магістралі. Одним із основних питань вирішення цієї задачі є регулювання рухомих вентилів за допомогою запрограмованого мікроконтролера, котрий у свою чергу буде обробляти інформацію про температуру та тиск води, що поступає.

Для цього необхідно створити математичну модель цього пристрою, із такими динамічними складовими: контроль температури та обсягу витрат води із магістралей. А також визначити відповідне розташування механізму, що встановлює необхідне положення перемикача для проходження води із магістралей. На даному етапі розвитку цього пристрою є створення електричної принципової схеми пристрою, на базі розробленої електричної функціональної схеми.

Автоматизований пристрій регулювання включає в себе такі основні функціонально пов'язані пристрої:

- пристрої для отримання інформації безпосередньо від об'єкта і перетворення її в зручну для подальшого використання форму, пристроями первинної обробки інформації;
- пристрої, які регламентують весь процес підготовки отриманої інформації для подальшого використання, пристрої вторинної обробки інформації;
- пристрої, що використовують інформацію для зміни стану об'єкта та автоматизовану систему регулювання в процесі контролю і управління, а також пристрої індикації та реєстрації інформації, пристроями кінцевої обробки інформації.

Кожна група зазначених пристроїв працює за своїми алгоритмами, синтез яких необхідно здійснювати з урахуванням стану об'єкта, описуваного математичною моделлю; цілей окремих етапів контролю та управління, досягнення яких оцінюється відповідними критеріями кількісних характеристик зовнішніх і внутрішніх впливів, а також технічної реалізованості алгоритмів.

1. Поліщук Є.С. *Методи та засоби вимірювань неелектричних величин: Підручник/ Є. С. Поліщук.* – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2000. – 360 с.

2. Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Долгополов В.П., Грумінська Л.В. *Метрологія та вимірвальна техніка: В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук; Навчальний посібник.* - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. -252 с.

УДК 006+621.317.1+543.3+658.562

М. С. Міхалєва, к.т.н., с.н.с., доц., І. М. Коваль, студентка

ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІДИН ПІД ЧАС ПРОХОДЖЕННЯ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Ключові слова: іммітанс, адмітанс, двокомпонентна рідина, об'ємний аналіз, точка еквівалентності, спектральна залежність, діелектрична проникність

Актуальність. На сьогоднішній час постає необхідність у постійному контролі продукції при транспортуванні, зберіганні, при вхідному контролі на підприємствах, митницях, в торгових мережах та ін. Стандартний об'ємний метод аналізу вимагає лабораторії, спеціально вивчений персонал та довготривалий час. Метою даного дослідження є удосконалення стандартного методу шляхом пришвидшення процесу контролю, підвищення точності отриманого результату та можливістю автоматизації. Увага до таких досліджень посилюється завдяки появі нової експериментальної техніки [1].

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є процес вимірювання адмітансу багатокомпонентної рідини під час протікання в ній хімічних реакцій. Об'ємний або титриметричний аналіз – метод кількісного хімічного аналізу, який полягає у вимірюванні об'єму розчину реагенту з відомою концентрацією, витраченого на взаємодію з досліджуванним розчином. Він ґрунтується на титруванні – додаванні невеликих порцій одного з розчинів до відомого об'єму іншого розчину. Титрування виконують до тих пір, поки кількість титранту не стане еквівалентною кількості реагуючої з ним досліджуваної речовини. Момент титрування, коли титрант додано в кількості, еквівалентній досліджуваній речовині, називається точкою еквівалентності. Точку еквівалентності можна визначити за зміною забарвлення розчину (за допомогою індикатора), за зміною фізико-хімічних властивостей розчину (зміна рН). Формула для розрахунків в об'ємному аналізі наступна $N_1 V_1 = N_2 V_2$. Тобто, об'єми розчинів речовин, що вступають в хімічну реакцію, обернено пропорційні їх еквівалентним концентраціям.

Титриметричні методи широко застосовують у фармації для визначення складу різних сполук неорганічної та органічної природи, для визначення якості питної та стічних вод, для визначення кислотності харчових продуктів, визначення вмісту гідроген карбонату натрію в питній соді, визначення тимчасової твердості води та ін.

Результати досліджень з використанням RLC-метрів дозволяють встановити залежності електричних параметрів рідин у широких діапазонах частот електромагнітного поля від їх хімічної природи та концентрації їх складників [2].

Мета даного дослідження полягає у виконанні об'ємного аналізу визначення кислотності з допомогою розробленої устави, що складається з бюретки, смісного перетворювача та RLC-метра. Виміряти електричні властивості у широко частотному електромагнітному полі під час виконання титрування рідини з відомою концентрацією контрольованої речовини. Такий експериментальний прийом використовувався для того, щоби на отриманих залежностях реактивної складової від частоти електричного сигналу зафіксувати точку еквівалентності. Точка еквівалентності (т.е.) – момент титрування, коли кількості визначуваної речовини А і доданого титранту Т хімічно еквівалентні.

Умови дослідження. Дослідження виконувалися з використанням смісного первинного перетворювача з квадратними електродами із нержавіючої сталі. Робоча поверхня електродів повністю занурена у рідину для того, щоби електричні параметри досліджуваних рідин не залежали від об'єму досліджуваної рідини, яка постійно змінюється. Установка для досліджень складалася з бюретки із вмістом луку відомої концентрації; перетворювача з вмістом води та оцтової кислоти; RLC-метра та комп'ютера для реєстрації результатів вимірювання. Температура розчинів підтримувалася однаковою у 20°C.

Результати досліджень. В результаті експериментальних досліджень отримано графічні залежності реактивної складової від частоти електромагнітного поля під час хімічної реакції між лугом (гідроксидом натрію) та оцтовою кислотою до аналітичної точки еквівалентності. При інтерпретації отриманих графічних залежностей використовувався вже відомий науковий факт, що існують такі частоти електромагнітного поля, при яких значення реактивної складової іммітансу не залежать від концентрації речовини. У даному випадку спочатку змінювалася концентрація оцтовокислого натрію, потім - гідроксиду натрію, тому на графічній залежності отримано дві точки

перетину [2]. Як вже відмічалось, концентрація оцтової кислоти була відома, отже був теоретично розрахований об'єм лугу у точці еквівалентності, він складав 4,5 мл. Саме під час додавання лугу через бюретку такого об'єму (починаючи від B10 і до B12 на графіку) зафіксований скачок графічної точки перетину управо (рис. 1).

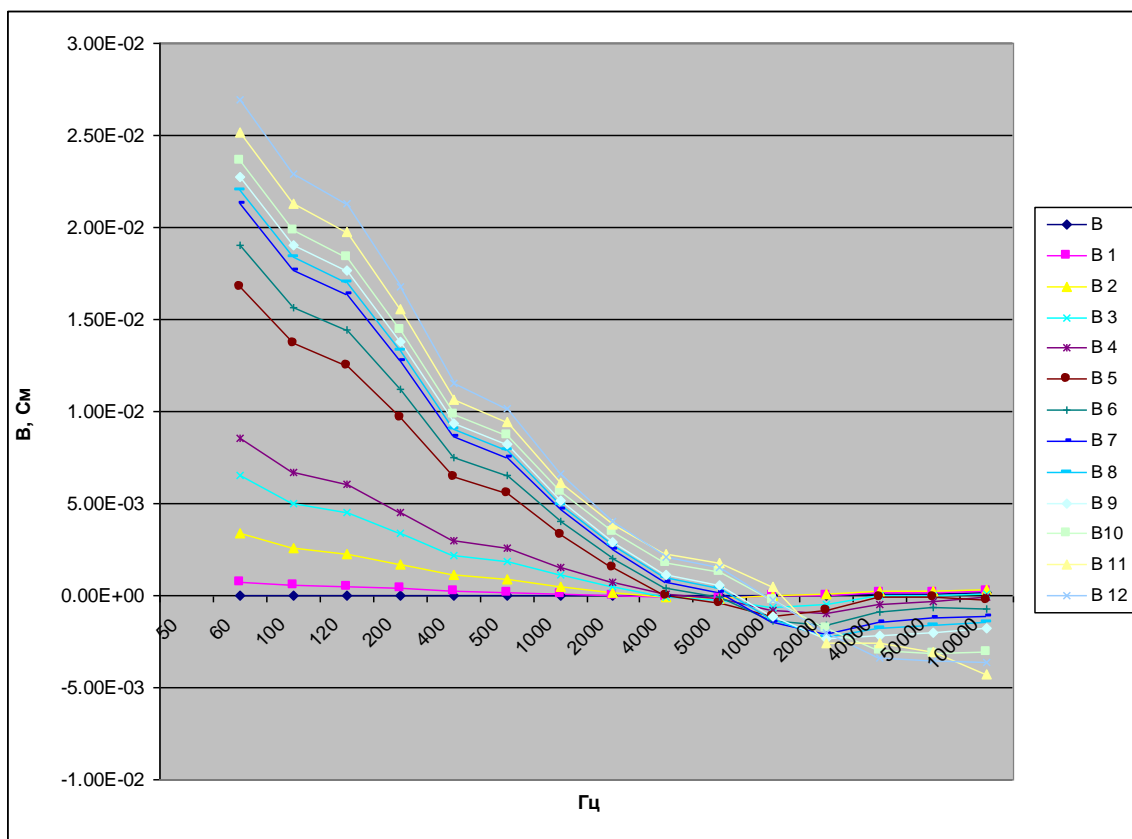
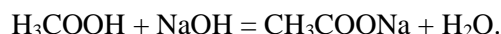


Рис. 1. Графічні залежності реактивної складової від частоти електромагнітного поля під час об'ємного аналізу – хімічної реакції лугу та оцтової кислоти. Графічна ілюстрація утворення точки еквівалентності через вимірювані значення іммітансу.

Перша точка (ліворуч, при 5000Гц) утворилася при сполученні речовин в оцтовокислий натрій до повного зв'язування NaOH, друга – отримана при надлишку NaOH. Коли зростає концентрація оцтовокислового натрію, тобто, до точки еквівалентності, то графічно отримується точка зліва. Під час та після моменту еквівалентності з'являється ще одна точка перетину - праворуч – це у розчині з'явилися вільні молекули NaOH, концентрація яких при додаванні розчину з бюретки збільшується (B10-12, при 20000Гц). Хімічний процес, що відбувається під час даного титрування описується наступною моделлю:



Висновки

Отримані результати мають теоретичне значення, а саме, встановлено, що існують такі частоти електромагнітного поля, при яких під час хімічної реакції зміна концентрації утвореного в рідині одного виду речовини не впливає на експериментально встановлене одне значення реактивної складової аж до повного хімічного заміщення (точки еквівалентності).

Практичне застосування. Розроблений алгоритм знаходження точки еквівалентності (об'єму розчину NaOH, який повністю хімічно зв'язався з всією кількістю оцтової кислоти) полягає у наступному. Досліджувана рідина з невідомим вмістом оцтової кислоти, тобто досліджуваний об'єкт, титрується розчином лугу відомої концентрації та досліджується при частоті 5000Гц до точки еквівалентності, коли значення реактивної складової додатне, а вимірювальне від'ємне значення цієї величини або певне встановлене значення свідчить про фіксацію точки еквівалентності, після чого по бюретці зчитується об'єм NaOH (мл) (рис 2). Далі концентрацію оцтової кислоти розраховується за відомою формулою об'ємного аналізу.

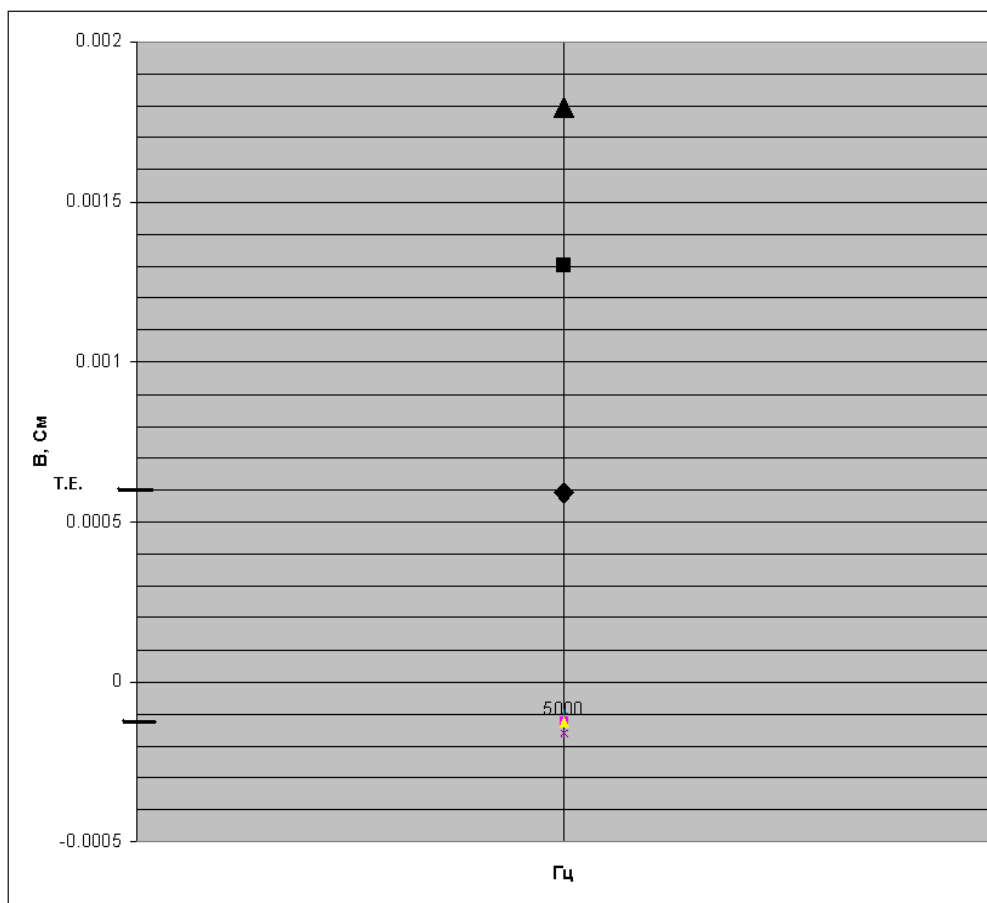


Рис. 2. Ілюстрація способу контролю точки еквівалентності

Розроблений спосіб дає можливість фіксувати точку еквівалентності за електричними параметрами за кілька секунд (на відміну від методу з допомогою рН-метра) та удосконалити стандартний аналітичний об'ємний аналіз шляхом його автоматизації. Стандартний об'ємний аналіз є одним з візуальних аналізів, при якому точку еквівалентності знаходять при перебільшенні лугу після точки еквівалентності і фіксуванні цього перебільшення зміною кольору індикатора. За електричним методом, що пропонується - точка еквівалентності фіксується при зміні значення реактивної складової при одній встановленій експериментально частоті та за малий час вимірювання (секунди), що спрощує аналіз до кондуктометричного.

1. Походило, С. В. Імітансний контроль якості [Текст]: монографія / С. В. Походило, П. Г. Столярчук. – Львів: Львівська політехніка, 2012. – 164 с.

2. Міхалева, М. С. Результати експериментальних досліджень модельних водних розчинів новим електричним імпедансним методом [Текст] / М. С. Міхалева // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Автоматика, вимірювання та керування. – 2010. – № 665. – С. 169-173.

А. А. Кравченко, асистент, Н. А. Яремчук, к.т.н., доц.

АНАЛІЗ КРИТЕРІЇВ ОДНОРІДНОСТІ ДАНИХ ПРИ ТЕСТУВАННІ

Ключові слова: критерій однорідності, врахування повторюваності елементів вибірки, врахування різниці шкал

Вступ

При експлуатації підсистем тестування, що входять до складу автоматизованих навчальних систем, систем дистанційного навчання, визначається рівень навченості опитуваних. При застосуванні теорії IRT для статистичного опрацювання даних тестування рівень навченості опитуваних визначають як [1]:

$$\theta_i = \ln \frac{b_i}{k - b_i},$$

де b_i – кількість правильних відповідей на запитання; k – кількість запитань в тесті.

Стандартну невизначеність рівня навченості отримують за орієнтовним співвідношенням:

$$\sigma[\theta_i] = 2,6/\sqrt{k}. \quad (1)$$

Як видно з (1), невизначеність рівня навченості залежить від кількості завдань в тесті. Але зменшення невизначеності за рахунок збільшення кількості завдань проблематичне з огляду на стомлюваність учасників тестування, обмеженість часу тестування, тощо. Тому одним із шляхів підвищення точності можна вважати об'єднання результатів декількох сеансів тестування. Але при цьому повинні бути визначені критерії однорідності даних тестування. Обмеження в використанні критеріїв наступні:

- для отримання балів тестування – шкала порядкова;
- для рівня навченості – логарифмічна шкала інтервалів;
- розподіл елементів вибірки відрізняється від нормального;
- при формуванні критерію повинна враховуватись повторюваність елементів.

Постановка задачі: необхідно провести аналіз критеріїв, що можуть бути використані для перевірки однорідності даних тестування з метою їх подальшого об'єднання.

Вибір критеріїв тестування

З урахуванням обмежень, наведених у вступі для аналізу обрані непараметричні критерії: коефіцієнт рангової кореляції Спірмена, коефіцієнт конкордації та критерій Краскела-Уоліса [Статистика]. В якості контрольної вибірки (табл. 1) були обрані результати тестування з дисципліни «Метрологія та вимірювання» за трьома змістовними модулями з різною кількістю запитань $k_1 = 8$, $k_2 = 6$, $k_3 = 5$.

Методика перевірки однорідності залежить від однаковості чи неоднаковості шкал визначення рівня навченості, іншими словами від однаковості чи неоднаковості кількості запитань в тесті різних сеансів тестування. Якщо шкали відрізняються (як в табл. 1), то визначаються часткові коефіцієнти рангової кореляції за формулою:

$$\rho_S = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}},$$

де R_i – ранг i -го елементу вибірки X , S_i – ранг i -го елементу вибірки Y ; \bar{R} , \bar{S} – значення середнього рангу кожної вибірки.

Якщо серед елементів вибірки є однакові, то обчислюють середній ранг:

$$\bar{R}_i = \frac{\sum_{j=1}^g R_j}{g},$$

де g – кількість елементів, що повторюються; R_j – ранг кожного елементу вибірки, який повторюється.

Коефіцієнт визначає ступінь зв'язку між отриманими даними, які представляють собою ранги порівнюваних величин. Чим ближче значення ρ_S до одиниці, тим більш тісний зв'язок між даними двох вибірок.

Таблиця 1 -

Опитуваний	Отриманий бал			R_i
	Номер вибірки			
	1	2	3	
1	8	6	5	19
2	8	5	5	18
3	8	6	4	18
4	7	6	5	18
5	7	5	5	17
6	7	6	4	17
7	6	5	4	15
8	6	5	3	14
9	6	4	4	14
10	5	3	2	10
11	5	3	3	11
12	5	4	3	12

При використанні удосконаленої формули критерію Спірмена ρ_S для урахування повторюваності елементів обчислюють середній ранг та використовують удосконалену формулу ρ'_S з поправками:

$$\rho'_S = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n 6(R_i - S_i)^2 + t_R + t_S}{n^3 - n},$$

де t_R , t_S – поправки на однакові ранги

$$t_R = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^g l_m (l_m^2 - 1),$$

де n – кількість елементів у вибірці; g – кількість груп повторюваності; l_m – кількість елементів, що повторюються.

Після цього складається таблиця коефіцієнтів кореляції вибірок з урахуванням повторюваності елементів (табл. 2).

Таблиця 2

ρ_{kl}	1	2	3
1	1	0,843	0,836
2	0,843	1	0,680
3	0,836	0,680	1

Характеристикою однорідності між $l \geq 3$ вибірками може бути коефіцієнт конкордації

$$W' = \frac{(2\bar{\rho} + 1)}{3},$$

де $\bar{\rho}$ – середнє арифметичне значення коефіцієнтів Спірмена за всіма $\frac{k(k+1)}{2}$ вибірками

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_{RS} + \rho_{RH} + \rho_{HS}}{3} = \frac{1}{3}(\rho_{12} + \rho_{23} + \rho_{31}).$$

За даними табл. 2 $\bar{\rho} = 0,773$, а коефіцієнт конкордації дорівнює $W' = 0,8490$.

Перевірку гіпотези однорідності необхідно проводити як для часткових коефіцієнтів кореляції, так і для коефіцієнта конкордації.

При однаковості шкал рівня навченості в окремих вибірках можна використовувати критерії, засновані на рангах об'єднаної вибірки. Але при цьому використовується середній ранг і поправки,

що враховують повторюваність елементів вибірок. Це ранговий коефіцієнт конкордації, що є мірою узгодженості декількох наборів даних і критерій Краскела-Уоліса.

Коефіцієнт конкордації являється мірою узгодженості декількох наборів даних. Його розраховують за наступною формулою [2]:

$$W = \frac{12}{l^2(n^3 - n)} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^l R_{ij} - \frac{l(n+1)}{2} \right)^2,$$

де l – кількість порівнюваних вибірок; R_{ij} – ранг i -го елементу у j -й вибірці.

Якщо серед елементів вибірки є співпадання, то для урахування повторюваності елементів обчислюють середній ранг та використовують удосконалену формулу W :

$$W^* = W/\gamma, \quad (2)$$

де $\gamma = 1 - \frac{1}{N(N^2 - 1)} \sum_{m=1}^g l_m(l_m^2 - 1)$; N – загальна кількість елементів у вибірках; g – кількість груп повторюваності; l_m – кількість елементів, що повторюються.

Критичне значення коефіцієнта конкордації визначають за розподілом χ^2 , гіпотеза про однорідність приймається, якщо $l \cdot (n-1)W > \chi_{кр}^2$.

Для обчислення статистики критерію Краскела-Уолліса необхідно об'єднати порівнювані вибірки та знайти ранг кожного елементу об'єднаної вибірки R_{ij} .

Статистика критерію Краскела-Уолліса задається наступною формулою:

$$\omega = \left[\frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^l R_{ij} \right] - 3(N+1),$$

де R_{ij} – ранг i -го елементу j -ї вибірки у об'єднаній вибірці даних; n_j – кількість елементів у j -й вибірці.

Для усунення похибки, що виникає через наявність елементів, що повторюються використовують наступне співвідношення:

$$\omega^* = \omega/\gamma,$$

де γ обчислюється як і для формули (2); N – загальна кількість елементів у вибірках; g – кількість груп повторюваності; l_m – кількість елементів, що повторюються.

Критичне значення критерію також отримують за розподілом χ^2 .

При невеликій кількості елементів вибірки потужність критеріїв зменшується [3]. Тому доцільно проводити перевірку за обома критеріями та приймати рішення за колективним критерієм.

Висновки

В роботі проведено аналіз статистичних критеріїв, що використовуються для перевірки однорідності даних тестування для прийняття рішення про об'єднання результатів тестування. Враховано особливості даних тестування та вимоги: відмінність шкал, наявність елементів вибірки, які повторюються, незалежність від розподілу вибірки.

При відмінності шкал рекомендовано використовувати критерій конкордації, що визначається за середнім коефіцієнтом рангової кореляції між вибірками. При однаковості шкал рекомендовано використовувати коефіцієнт конкордації за об'єднаною вибіркою та критерій Краскела-Уолліса. В критерій введено корегувальні поправки від повторюваності елементів вибірки.

1. Нейман Ю. В. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов/ Ю. В. Нейман, В. А. Хлебников. – М.: Прометей, 2000. – 168 с. – ISBN 5-7042-1068-6.

2. Большев Л. Н. Таблицы математической статистики/ Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.

3. Лагутин М. Б. Наглядная математическая статистика: учебное пособие/ М. Б. Лагутин. – 2-е изд., испр. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 472 с. – ISBN 978-5-94774-996-0.

Т. Б. Крет, аспірант

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИМІРЮВАННЯ

Ключові слова: інтелектуальна система керування, інформаційно-вимірвальна система, інтелектуалізація, вимірювання, характеристики інтелектуальної системи

В процесі вимірювань здійснюється відображення вимірвальних величин їх значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів. Процес вимірювання можна розділити на три етапи: підготовка та планування вимірювань; виконання вимірювань; опрацювання та аналіз отриманих даних. Процедура вимірювання реалізується засобами вимірювань (вимірвальні прилади, реєструвальні прилади, вимірвальні канали, вимірвальні установки, вимірвальні системи, кодові засоби вимірювань) [1]. Сукупність засобів вимірвальної техніки, засобів контролю, діагностування та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірвальної та інших видів інформації називається інформаційно-вимірвальною системою [2]. Підвищення ефективності роботи та точності функціонування інформаційно-вимірвальних систем можна досягти за рахунок їх інтелектуалізації, тобто створення системи яка ґрунтується на базі знань та наближена за своєю функціональною будовою до моделі роботи свідомості людини.

Інтелектуальні системи можна поділити на системи, що виконують завдання аналізу та завдання синтезу. До завдань аналізу відносять: підтримку прийняття рішень, діагностику, інтерпретацію даних. У свою чергу до завдань синтезу належать: проектування, планування, керування.

До основних функцій, які мають бути реалізовані в інтелектуальній системі керування (ІСК) процесом вимірювання відносять:

1. накопичення, узагальнення знань, їх класифікація, оцінювання та порівняння з набутими в минулому;
2. виведення логічних висновків, умовиводів;
3. формування плану власної діяльності;
4. відновлюваність роботи без участі людини;
5. зміна алгоритму роботи для збереження або встановлення раціонального стану системи при зміні показників середовища[3].

Відповідно до фізичної величини, яка вимірюється ІСК буде набувати певних ознак характерних даному процесу, проте така система завжди повинна залишатися: адаптивною, автономною, здатною до навчання та самовідновлення. Основою для створення ІСК вимірвальним процесом є застосування штучного інтелекту. До інформаційних технологій, що дозволяють створити ІСК відносять: експертні системи; штучні нейронні мережі; нечітку логіку; еволюційні методи і генетичні алгоритми. Основними параметрами ІСК вимірвальним процесом є: точність, швидкодія, гарантоздатність.

Враховуючи результати аналітичного огляду можна стверджувати, що інтелектуалізація процесу вимірювання потребує застосування знань з таких областей, як вимірювання, обробка інформації, штучний інтелект та системи керування. Розвиток та прогрес ІСК вимірвальним процесом залежатиме від збільшення можливостей даних систем, що потребує наявності математичної бази, алгоритмізації, метрологічного аналізу та синтезу.

1. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. *Метрологія та вимірвальна техніка: Підручник* / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко; За ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003. – 544с.

2. ДСТУ 2681-94. *Метрологія. Терміни та визначення.* – К: Держстандарт України, 1994.

3. Микитин М. *Засади створення інтелектуального термометра* / М. Микитин // *Вимірвальна техніка та метрологія.* — 2012. — Вип. 73. — С. 32 – 36.

УДК 536.521.2

Ю. Кривенчук, І. Микитин, П. Скоропад, І. Питель, І. Ліхновський,
І. Петровська, У. Кривенчук, А. Ліхновська

БЕЗКОНТАКТНИЙ КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРИ В ПРОЦЕСІ ХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ ТОНКИХ ПЛІВОК

Ключові слова: хімічне осадження, тонкі плівки, реактори для процесів осадження плівок

В процесі хімічного осадження можна використовувати багато реакцій хімічних сполук. Вибір конкретної хімічної реакції часто залежить від температури осаджування, яка визначається з урахуванням властивостей матеріалів, які входять в структуру осаджуваної плівки. Найбільш розповсюдженим є термічний розпад тетраетоксилану при температурах 973К – 1173К. такий процес нанесення тонких діелектричних плівок називається піролізом. Якість піролітичного виготовлення плівок можна покращити шляхом проведення цього процесу в присутності кисню. Піролітичний процес можна також проводити при більш низьких температурах, які не перевищують 673К – 773К. При зменшенні температури піролізу швидкість осадження плівок зростає. Плівки SiO₂ одержані цим методом мають аморфну структуру. Також ще використовують реакції окислення силану киснем при температурі 673К – 723К для осадження двоокису кремнію. Часто для легування окислів в реакційну камеру додають легуючі елементи. Частіше всього для цього використовують такі гідриди як арсен, фосфін і диборан, так як процес їхнього одержання і очистки добре освоєний. Нітрид кремнію одержують реакцією силану з аміаком при атмосферному тиску і температурі 973К – 1173К або реакцією дихлорсилану з аміаком при пониженому тиску і температурі до ~ 973 К.

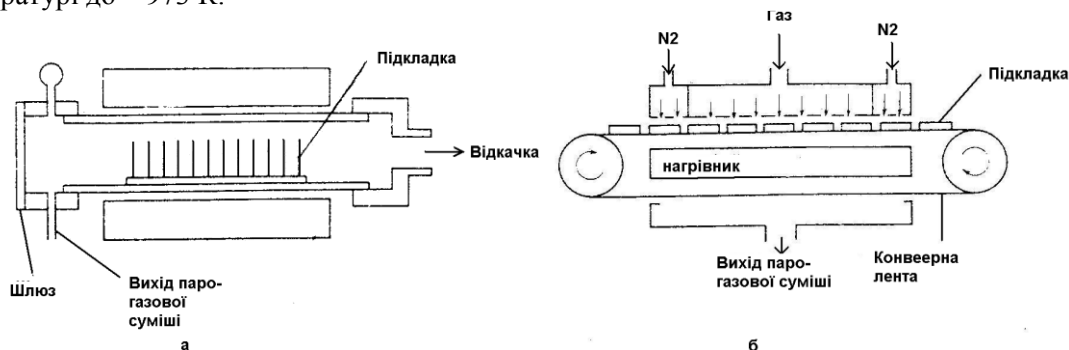


Рис. 1. Два типи реакторів, які використовують для процесів осадження плівок

Реактор з гарячими стінками, який працює при пониженому тиску і використовується в основному для осадження полі кремнію, двоокису кремнію і нітриду кремнію. Такий реактор складається з кварцової труби, що нагрівається трьохзонній печі. Газова суміш поступає з одного кінця труби і відкачується з другого. Для механічного насосу інколи підсилюється вентилятором Рутса. Тиск в реакційній камері звичайно складає від 30 до 250 Па, температура 573 – 1173К, а затрата газу 100 – 1000 см³/хв. в перерахуванні на атмосферний тиск. Підкладки встановлюються вертикально, перпендикулярно газовому потокові, в кварцовій лодочці. Одночасно в реакторах такого типу можна обробляти від 50 до 200 підкладок. Для зміни динаміки газового потоку інколи використовують спеціальні обтікачі. Досягнута однорідність товщини плівок 5%. Реактори з гарячими стінками, які працюють при пониженому тиску, можна легко збільшити (в масштабі) для обробки підкладок діаметром 150 мм. Основні переваги реакторів розглянутого типу – висока однорідність плівок по товщині, великий об'єм завантаження і здатність обробляти підкладки великого діаметра. До недоліків такого реактора відносяться низька швидкість осадження і часте використання ядовитих, легкозаймистих газів або газів які розвивають корозію, різна адгезія та невисока однорідність всього лиш 5% осаджених тонких плівок. Дві останні проблеми можна вирішити контролюючи розподіл температурного кола за допомогою термометра випромінювання. Провівши дослідження було запропоновано контролювати температурне поле за допомогою пірометра SIMVOLT - HT-822, який має достатню чутливість та діапазон вимірювання.

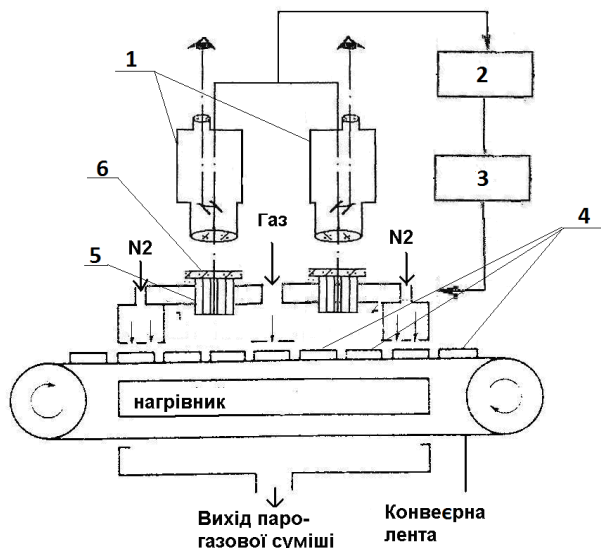


Рис.2. Запропонована схема для безконтактного контролю температури в процесі хімічного осадження

Система для контролю температури працює наступним чином (рис. 2): після проведення усіх необхідних маніпуляцій уставка запускається, та прогрівається, після чого запускається система контролю температури. Пірометри типу SIMVOLT - HT-822 (1) сканують температурне поле зрізів для осадження через оглядове вікно(6), яке складається з набору тонкостінних кварцових трубок(5), оглядові вікна таких конструкцій дозволяє відвести парову суміш, що попереджає забрудненню вікна. Сигнал від пірометрів потрапляє на персональний комп'ютер (2), де обробляється отримана інформація, та контролюється виміряне температурне поле. В разі зміни температури програмне забезпечення встановлене на персональному комп'ютері дає сигнал системі управління уставкою (3), яка в свою чергу змінює температурний режим в реакторі. Такий метод контролю температури дозволяє швидко регулювати адгезію та однорідність нанесеної тонкої плівки. Це дозволить підвищити якість плівок які наносяться на підкладки (4).

1. ДСТУ 3170-95 Пірометри. Загальні технічні вимоги.
2. ДСТУ 3765-98 Пірометри. Методи випробувань.
3. Линеверг Ф. Измерение температуры в технше. - М., 1980.
4. Свет Д. Я. Оптические методы измерения истинных температур. -М., 1982.
5. Зсименко В.М. Промышленные специализированные пирометры излучения и направления их развития // Приборы и системы управления. – 1991. - №10. С. 15-16.
6. Засиенко В. М. Самченко Г.П. Состояние и тенденции развития переносных пирометров излучения //Обзорная информация.-М.: ЦНИИТЭИ приборостроения, ТС-6. Вып.2. – 1987.

І. Я. Кунець, аспірант, І. П. Микитин, д.т.н., проф.

ГОМОГЕНІЗАЦІЯ РОБОЧОЇ РЕЧОВИНИ РЕПЕРНИХ ТОЧОК НА ОСНОВІ ЕВТЕКТИЧНИХ СТОПІВ

Ключові слова: реперна точка температури, евтектичні стопи, температура, гомогенізація

Вступ. Для забезпечення єдності вимірювань температури у міжнародному масштабі прийнято практичну температурну шкалу. Температурна шкала із часом змінювалась і вдосконалювалась. На сьогоднішній час використовують Міжнародну температурну шкалу (МТШ-90), яку затвердили на Генеральній конференції мір та ваг у 1990 р. МТШ-90 базується на добре відтворювальних реперних точках температури (РТТ). В основному РТТ – це точка, якій приписано певне значення температури, що відповідає або потрібній точці (температура рівноваги між твердою, рідкою і газоподібною фазами), або температурі плавлення чи кристалізації (температура рівноваги рідкої і твердої фаз при атмосферному тиску 101325 Па), в основному, чистих металів. Чистота металу повинна бути на рівні 99,999% [1].

Кількість РТТ, що використовуються при побудові МТШ-90, є обмеженою. Це призводить до того, що в шкалі є досить великі температурні проміжки між РТТ [2]. Для того, щоб зменшити відстань між РТТ і зробити шкалу щільнішою, потрібно використовувати нові РТТ.

У вирішенні даної проблеми вся увага скерована на використання евтектичних стопів. Евтектичний стоп складається з двох, або і більше різних матеріалів. При нагріванні, або охолодженні температурні властивості евтектичного стопу будуть відрізнятися від температурних властивостей кожного з матеріалів, які використовуються в стопі [3]. При різних концентраціях складових евтектичного стопу фазовий перехід між рідким та кристалічним станами, буде мати різні температури.

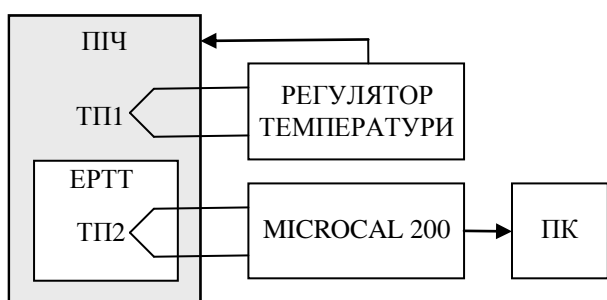
Евтектичні реперні точки температури (ЕРТТ) мають і свої недоліки порівняно однокомпонентними РТТ. Одним з недоліків є відносно не тривалий час використання, оскільки евтектична робоча речовина з часом стає неоднорідною [4]. Це пов'язано з тим, що компоненти робочої речовини починають шаруватись, що призводить до зміни температурного плато фазового переходу.

Метою роботи є розроблення устав для дослідження властивостей ЕРТТ, реєстрації плато температури при кристалізації та для гомогенізації робочої речовини ЕРТТ.

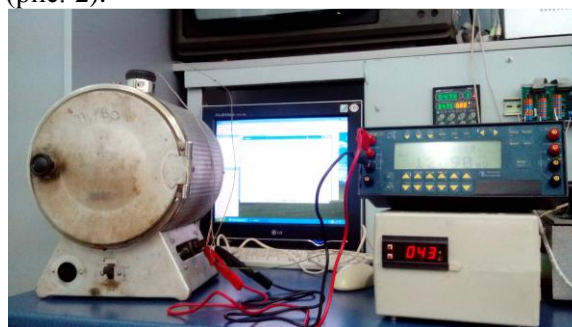
Вирішення даної проблеми є актуальне, оскільки зараз активно використовуються ЕРТТ у засобах вимірювальної техніки. Запропоновано для гомогенізації матеріалу ЕРТТ використовувати ультразвукові сигнали.

Для проведення експериментальних досліджень розроблено дві устави:

- для автоматичного нагрівання, охолодження ЕРТТ та реєстрації плато температури при кристалізації (рис. 1);
- для гомогенізації робочої речовини ЕРТТ (рис. 2).



а)



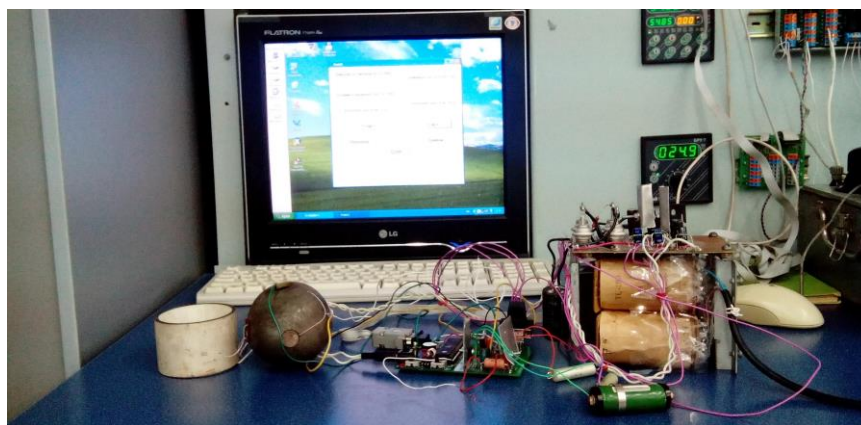
б)

Рис. 1. Структурна схема (а) та вигляд устави (б) для автоматичного нагрівання, охолодження ЕРТТ та реєстрації плато температури при кристалізації. ПК – персональний комп'ютер, ТП1, ТП2 – відповідно термоперетворювач термоелектричний 1 та 2

Устава (рис. 1) складається з печі, регулятора температури, який за сигналом термоперетворювача термоелектричного ТПІ керує процесом нагрівання та охолодження в печі. ЕРТТ нагрівається до температури на 5 °С вище ніж температура фазового переходу. Коли температура в печі перевищує задане значення, нагрівання печі автоматично вимикається. Компаратор MicroCal 200 автоматично реєструє температурне плато фазового переходу ЕРТТ при кристалізації. Коли температура в печі стає на 5 °С нижчою температури кристалізації, нагрів печі автоматично вмикається. Даний процес триває задану кількість разів. Отримані результати вимірювань надсилаються до персонального комп'ютера, де відбувається збереження даних та подальше опрацювання.



а)



б)

Рис. 2. Структурна схема (а) та вигляд устави (б) для гомогенізації робочої речовини ЕРТТ

Устава (рис. 2) складається з ультразвукових первинних перетворювачів сферичної і циліндричної форми, схеми керування, блоку живлення і персонального комп'ютера. За допомогою схеми керування та інтерфейсу користувача можна змінювати параметри ультразвукового сигналу, а саме частоту і шпарність.

Розроблена устава дозволяє впливати на робочу речовину ЕРТТ ультразвуковим випромінюванням у частотному діапазоні від десятків герц до 250 кГц. Змінюючи параметри ультразвукового сигналу можна провести дослідження залежності якості відновлення властивостей ЕРТТ від частоти, шпарності та потужності ультразвукового сигналу.

Висновки. Розроблені устави дозволяють провести експериментальні дослідження зміни плато температури ЕРТТ від кількості нагрівань та охолоджень (часу експлуатації), а також впливу ультразвукового випромінювання на якість відновлення властивостей ЕРТТ.

1. *Енциклопедія термометрії*//Я.Т. Луцик, Л.К. Буняк, Ю.К. Руданський, Б.І.Стадник.//Львів, 2003, - 373-376,402-403 с.

2. *International Temperature Scale 1990 (ITS-90)*//Document of BIMP. – Paris. – 1989.

3. *Структура эвтектических сплавов*// Ю.Н. Таран, В.И. Мазур. М., 1978.

4. *Куриц В., Зам П. Направленная кристаллизация эвтектических материалов. Получение, свойства естественных композитов / пер. с нем. под ред. Ю.Н. Тарана. М.: Металлургия, 1980. - 272 с.*

В. Ю. Ларин д.т.н., проф., Е. Ю. Ларина, к.т.н., Н. А. Киктев, к.т.н.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ АППРОКСИМАЦИИ С
МАКСИМАЛЬНЫМ ПРАВДОПОДОБИЕМ МЕТОДОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
СТЕПЕНИ ПОЛИНОМА

Ключевые слова: аппроксимация, метод, полином, правдоподобие, погрешность, визуальное программирование, виртуальный проект

В статье предложен способ оценки точности характеристик, полученных в процессе экспериментальных исследований путем определения оптимальной степени полинома. Исследования, выполненные в статье, позволяют наглядно обеспечить выбор аппроксимирующего полинома с минимальной погрешностью путем создания виртуального проекта с использованием языка визуального программирования в среде LabVIEW.

Анализ известных решений

Успешно используемые пакеты прикладных программ (ППП) в зависимости от назначения обеспечивают аппроксимацию экспериментальных характеристик и постоянно совершенствуются как в возможностях, так и в быстродействии. Так, в некоторых ППП до недавнего времени не была обеспечена возможность повышения точности аппроксимации характеристик полиномами выше третьей степени. Учитывая тот факт, что исследователь не всегда имеет возможность воспользоваться новейшими достижениями в области использования средств автоматизированного проектирования (САПР), сравнительный анализ способов аппроксимации экспериментальных характеристик с максимальным правдоподобием методом определения степени полинома и рекомендации по выбору пути решения этой задачи являются весьма актуальными.

Постановка задачи исследований

Учитывая все возрастающие требования к повышению точности получения исходных данных и стремительное развитие новых информационных технологий, обеспечивающих системы автоматизированного проектирования, для решения каждой конкретной задачи следует определить наиболее оптимальный вариант выбора средств САПР. программных средств математической обработки данных

Изложение основного материала

В проекте представлена реализация метода наименьших квадратов в пакете LabView. Begin Data – исходные данные. На рисунке они представлены графиком красного цвета (Plot1). Первая колонка — значения по шкале X, вторая колонка — значения по шкале Y. Выбраны методом подбора, могут быть изменены по желанию пользователя. Plot0 – получаемый полином. На рисунке обозначен графиком белого цвета. Также проведено сравнение с работой метода наименьших квадратов в пакетах MatLab и MathCad.

Результаты аппроксимации в пакете LabView показаны на рис. 1а при порядке полинома 2 и на рис. 1б при порядке полинома 6. Исходя из полученных полиномов, можно сделать вывод, что предложенная концепция реализации метода наименьших квадратов является действующей. Уже на графике полинома пятого порядка видно существенное расхождение только в двух точках. На графике полинома седьмого порядка, рассчитываемый полином полностью повторяет исходный. Небольшие расхождения наблюдаются только на графике полинома девятой степени.

Метод наименьших квадратов также можно реализовать встроенной функцией:

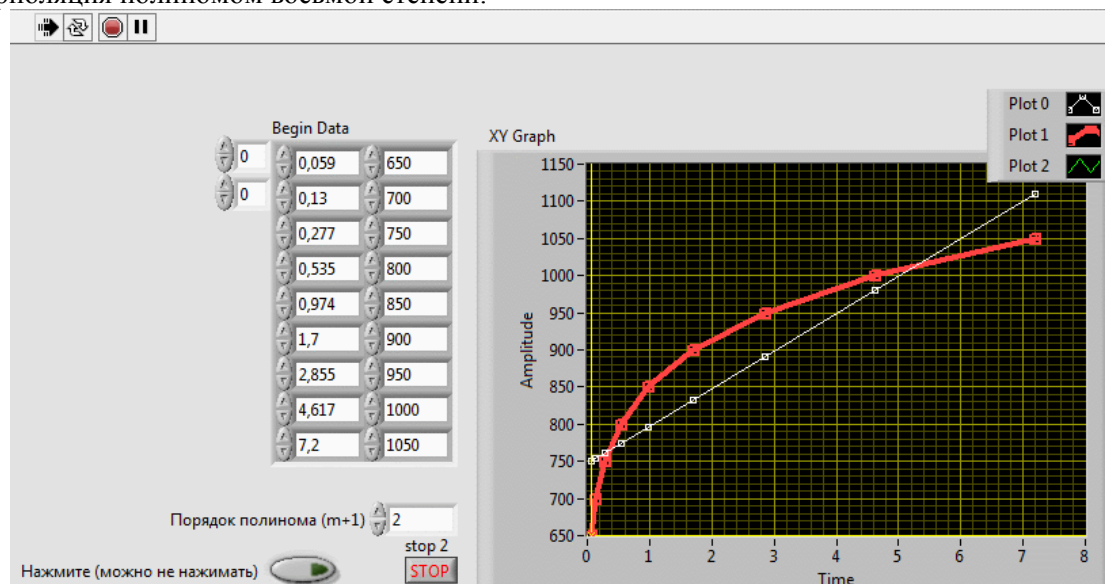
Mathematics -> Fiting.

Например, *Linear Fit* с методом *Least squares*.

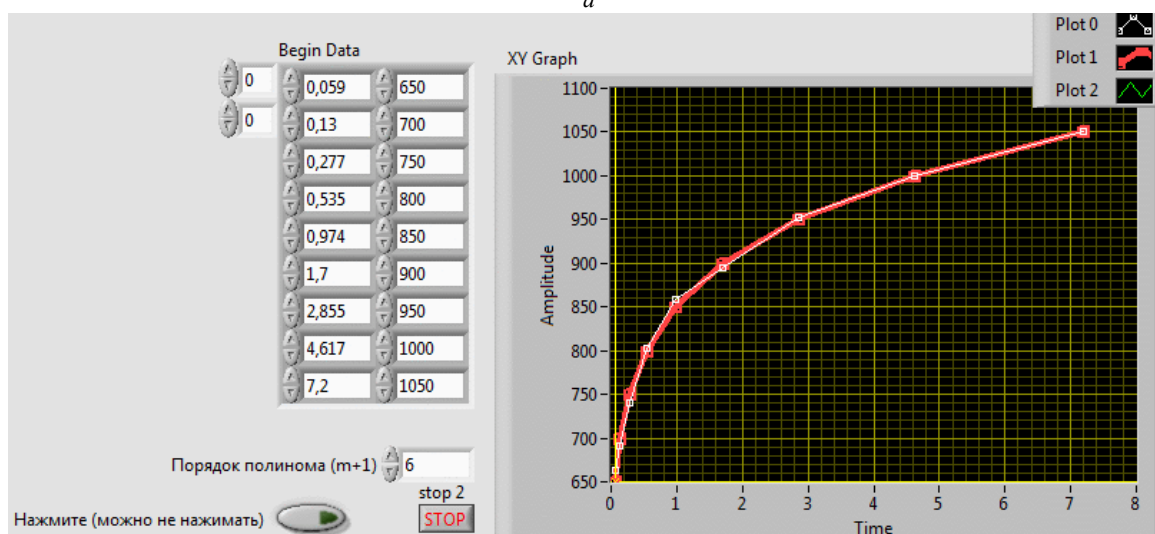
Проведены решение аналогичной задачи в пакете MatLab. Поставлена задача: приблизить данные, которые заданы массивами x и y полиномами первой, третьей и пятой степени.

Повышение степени полинома приводит к уменьшению погрешности, однако качество приближения не всегда улучшается. Например, для наших данных полином восьмой степени обеспечивает практически нулевую ошибку (вычислительные погрешности возникают в ходе алгоритма нахождения коэффициентов). Так происходит потому, что полином восьмой степени является интерполяционным полиномом, который как правило, плохо подходит для приближения данных. Дальнейшее увеличение степени полинома ни к чему хорошему не приведет, например, при построении полинома девятой степени выведется предупреждение о том, что такой полином

не единственный. Приближение полиномом девятой степени окажется еще хуже, чем интерполяция полиномом восьмой степени.



а



б

Рис. 1. Результаты аппроксимации полиномами 2-й степени (а) и 6-й степени (б)

Проведены аналогичные вычисления в пакете MathCad. Заданы исходные данные в векторах x и y , далее проведем с ними следующие преобразования. Матрица A формируется путем возведения i -го элемента массива x в j -ю степень. Матрица Z формируется путем умножения транспонированной матрицы A на матрицу A , вектор b – умножением транспонированной матрицы A на исходный вектор y , вектор коэффициентов полинома c – путем умножения обратной матрицы Z на вектор b . Результирующий полином $\phi(x)$ является суммой произведения коэффициентов $c_i \cdot x^i$, он отображается на графике рядом с исходными точками. Порядок полинома равен 2 и отклонение в данном случае равно 17.297.

Рассмотрены более высокие степени полинома. Наилучший результат показывает полином четвертой степени, так как отклонение равно 0. На основе вышеизложенного можно считать, что пакет LabView предоставляет наиболее точные результаты расчетов.

Выводы

В сравнении с другими математическими пакетами, такими как MatLab и MathCad, пакет LabView показал наилучшие результаты по критерию точности расчетов и для их визуализации. При повышении степени полинома результаты реализации в LabView точность результатов увеличивается, тогда как в других рассматриваемых пакетах она остается прежней. Следует отметить, что пакеты программ постоянно совершенствуются, поэтому описанный сравнительный анализ выполнен по состоянию на сегодняшний день.

УДК 681.327.8: 681.3.08

В. Ю. Ларин., д.т.н., проф., Е. Ю. Ларина, к.т.н., доц., Я. А. Савицкая, аспирант
МЕТОД МИНИМИЗАЦИИ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ
ИДЕНТИФИКАЦИИ СИГНАЛОВ АППАРАТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Ключевые слова: приемный тракт, канал связи, спектральный состав сигнала, граф составляющих погрешности, идентификация типов сигналов, сканирующий приемник, анализатор спектра

Оценка точности идентификации типов сигналов выполняется совокупностью электронных устройств, объединенных общим целевым назначением и образующих канал связи, оптимальный для взаимодействия с объектом и оператором. В связи с этим возникает необходимость метрологического обеспечения для всех звеньев канала связи. Современные методы оценки точности существенно отличаются от классических, то есть разрабатываемых ранее и обеспеченных метрологическими правилами и стандартами. Это отличие связано с применением новых информационных технологий, повышающих функциональные возможности проектируемых устройств, комфортность обслуживания и виртуального места отображаемой информации. Вместе с этим появляются новые источники погрешностей, связанные со средой передачи информации. Кроме того, трактуя методику оценки точности через идентификацию неопределенности, возникают проблемы с распознаванием и последующей ликвидацией составляющих погрешности или сведением их до уровня незначительных. В связи с оригинальностью процессов измерений в настоящее время отсутствуют аналоги разработок оценки ряда составляющих погрешностей. Поэтому направление исследований, приведенных в данной статье, является актуальным [1, 2].

При использовании стандартных пакетов прикладных программ (MultiSim, LabView или других средств специального назначения) применяют виртуальные инструменты. Ими целесообразно воспользоваться на стадиях предпроектных исследований, так как они позволяют проанализировать составляющие погрешностей при работе электронных устройств в идеальных условиях [3].

В промышленных условиях при наличии инженерной интуиции и опыта эксплуатации целесообразно воспользоваться аппаратными средствами, например, сканирующим приемником SR2000 и анализатором спектра типа GSP-7830. Приемная сторона канала связи идентифицирует тип радиосигнала с помощью сканирующего приемника, анализатора спектра и аппаратно-программного комплекса на базе персонального компьютера. Точность идентификации типа радиосигнала зависит от таких факторов как точность: настройки измерительного приемника, передачи сигнала по приемно-усилительному тракту при отсутствии искажений, измерения спектра сигнала, определения типа сигнала экспертной системой. Учитывая это, определим суммарную погрешность идентификации типа сигнала (рис. 1):

$$\delta_{\Sigma} = \delta_{\text{нп}} + \delta_{\text{пс}} + \delta_{\text{с}} + \delta_{\text{эс}} \quad (1)$$

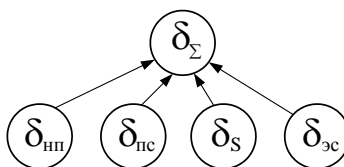


Рис. 1. Граф составляющих погрешности идентификации сигнала

На рисунке представлены погрешности: δ_{Σ} – суммарная погрешность идентификации, $\delta_{\text{нп}}$ – на-троечки измерительного приемника, $\delta_{\text{пс}}$ – передачи сигнала по приемно-усилительному тракту, $\delta_{\text{с}}$ – измерения спектра сигнала, $\delta_{\text{эс}}$ – определения типа сигнала экспертной системой.

Рассмотрим возможности выявления составляющих погрешностей аппаратными средствами для повышения точности идентификации типа сигнала.

1. Оценка погрешности измерения спектра сканирующим приемником, в качестве которого используется приемник-анализатор спектра. В табл. 1 приведены основные характеристики SR2000, оказывающие влияние на форму выходного сигнала и, как следствие, на его спектральный состав.

Таблица 1 - Значения параметров сканирующего приемника

№ п/п	Наименование параметра	Значения параметра
1	Относительная нестабильность частоты	$\pm 1 \times 10^6$
2	Неравномерность АЧХ	3db
3	Коэффициент нелинейных искажений	3%

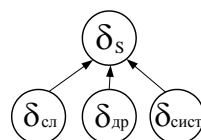
Погрешность настройки может привести к выходу граничных областей спектра сигнала за пределы полосы пропускания радиотракта. Сигнал может оказаться не опознанным или неправильно опознанным. Такую случайную погрешность можно учитывать с помощью математической статистики. Неравномерность АЧХ приемно-усилительного тракта дает искажения уровней тех или иных частот спектра, что в конечном итоге отразится на выходном спектре. В отличие от погрешности настройки неравномерность АЧХ можно определить, интерполировать и вычислить сигнал поправки, то есть учитывать при построении спектра. Значения параметров, влияющих на точность идентификации, приведены в табл. 2.

2. Оценка погрешности измерения спектра анализатором спектра GSP-7830.

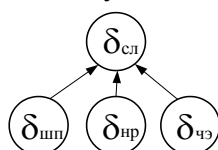
Таблица 2 - Значения параметров анализатора спектра

№ п/п	Наименование параметра	Значения параметра
1	Погрешность источника опорной частоты	$\pm 5 \times 10^{-6}$
2	Неравномерность АЧХ	$\pm 1,5 \text{db}$
3	Погрешность измерений	$\pm 1,5 \text{db}$ на 100 МГц

Граф включает три составляющих погрешности измерения спектра (δ_s): $\delta_{сл}$ – случайные погрешности, $\delta_{др}$ – погрешности дрейфа, $\delta_{сист}$ – систематические погрешности (рис. 2):

Рис. 2. Граф составляющих погрешности измерения спектра δ_s

Случайные погрешности имеют нерегулярный характер во времени. В силу своей непредсказуемости, они не могут быть компенсированы методом калибровки прибора. Графом (рис. 3) представлены такие случайные погрешности как: $\delta_{шп}$ – шумовые, $\delta_{нр}$ – неповторяемости разъемов, $\delta_{чз}$ – обусловленные неустойчивостью установки чувствительного элемента.

Рис. 3. Граф составляющих случайной погрешности измерения спектра $\delta_{сл}$

Шумовые погрешности вызваны электрическими флуктуациями в электронных компонентах, использованных в измерительном приборе. Эти погрешности могут быть уменьшены увеличением мощности сигнала в цепи измеряемого устройства, сужением полосы измерительного фильтра, включением режима усреднения. Погрешности неповторяемости разъемов вызваны флуктуациями электрических характеристик разъемов вследствие износа и могут быть уменьшены путем осторожного обращения с разъемами или их заменой. Погрешности дрейфа вызваны изменением электрических характеристик прибора, которые происходят после калибровки (рис. 4).

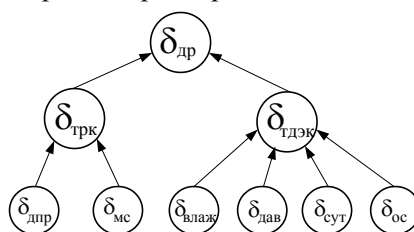


Рис. 4. Граф составляющих погрешностей дрейфа

Систематические погрешности вызваны не идеальностью электрических характеристик устройств, включая соединительные кабели, разъемы, цепи разделения сигнала. Данные погрешности повторяемы, их характеристики не изменяются со временем. Систематические погрешности можно охарактеризовать тестовой проверкой, а затем компенсировать в результатах измерений математическим способом и калибровкой. Различают следующие типы систематических погрешностей ($\delta_{\text{сист}}$): $\delta_{\text{чнтту}}$ – вызванные частотной неравномерностью прибора и тестовой установки; $\delta_{\text{ис}}$ – погрешности, вызванные отражениями сигнала в измерительной системе; $\delta_{\text{ус}}$ – вызванные утечками сигнала в измерительной системе. Они включают такие составляющие погрешностей как: $\delta_{\text{нто}}$ – частотная неравномерность тракта отражения, $\delta_{\text{нтп}}$ – частотная неравномерность тракта передачи; $\delta_{\text{сис}}$ – согласования источника сигнала, $\delta_{\text{сн}}$ – согласования нагрузки и: $\delta_{\text{нп}}$ – направленность измерений, $\delta_{\text{р}}$ – развязка (рис. 5).

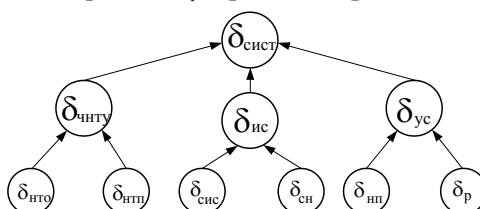


Рис. 5. Граф составляющих систематической погрешности измерения спектра $\delta_{\text{сист}}$

Таким образом, полный граф суммарной погрешности, включающий составляющие погрешности измерения спектра представлен на рис. 6.

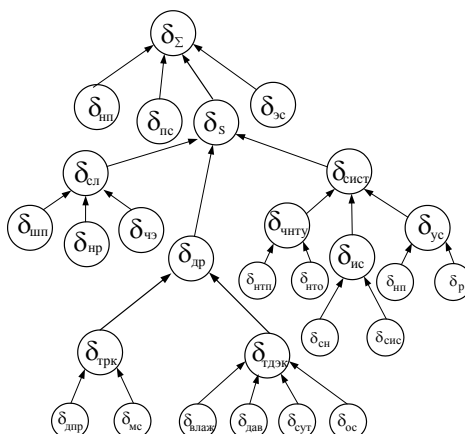


Рис. 6. Полный граф составляющих погрешности

Экспертная система (ЭС) идентифицирует сигнал. ЭС, моделирует нейронную сеть, настроенную на определенные типы спектров сигналов. Нейронные сети имеют особенность группирования данных. При получении на вход вектора, относящегося к определенной группе, сеть «узнает» этот сигнал. Если входной вектор сигнала будет находиться вблизи пограничной полосы, разделяющей несколько групп, то даже небольшие погрешности настройки (обучения) нейронной сети могут повлиять на результат, поэтому обучение сети нужно проводить при условиях близких к граничным.

Таким образом, можно повысить точность идентификации типов сигналов за счет выявления составляющих погрешностей и сведения к уровню незначимых или их ликвидации. Аппаратные средства целесообразно применять при выявлении отдельных составляющих погрешностей с целью повторения экспериментальных исследований с учетом реакции на условия эксплуатации и изменчивости окружающей среды.

1. ISO 5725-1. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1: General principles and definition.

2. ISO 5725-1. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.

3. Ларин В.Ю., Квасников В.П., Чичикало Н.И. Исследование сигналов ферромагнитного преобразователя с помощью программной лаборатории NI LabView. // Вестник НАУ. №1(32). К.: вид. НАУ, 2008р. – с.42-48.

Е. Ю. Ларина, к.т.н.

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ АППРОКСИМАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Ключевые слова: процесс управления, асинхронный двигатель, характеристика нагревания, не стандартизированные режимы, характеристика теплового баланса, фиксированный период импульсов, количество импульсов, пороговое значение погрешности

Актуальность. Анализ особенностей эксплуатации отечественных и зарубежных систем управления, исполнительным механизмом в которых используются асинхронные двигатели (АД), работающие в нестандартных (НС) режимах и в ненулевых начальных условиях показал, что это приводит к перегреву обмоток изоляции и к потере их работоспособности. Отсутствие полносистемных решений для эффективного взаимодействия автоматизированной системы обработки информации и управления (АСОИУ) приводит к значительным простоям оборудования из-за перегрева и в результате сокращения назначенного ресурса АД. Наличие указанных нерешенных проблем может быть достигнуто адаптацией системы управления каждым АД к выполнению технологических функций объекта путем поддержания температурного баланса АД на всех контролируемых технологических циклах, что позволит достичь высоких показателей качества управления процессом на сравнительно узком диапазоне допустимых норм работы объектов.

Указанная проблема обуславливает повышение точности измерительных средств и информативности о состоянии объекта и переход на более высокий уровень управления объектом при экономии материальных ресурсов. Поэтому при использовании АД в НС-режимах контролируемая точность аппроксимации его характеристик перегрева повысит эффективность температурной защиты АД, позволит в полной мере использовать эксплуатационные возможности машин, создавать оптимальные системы САУ объектами является весьма актуальной задачей.

Анализ известных решений. Известно уравнение теплового баланса [1]:

$$\tau = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T}},$$

где $\tau_y = \frac{Q}{A}$ – установившийся перегрев; τ – перегрев машины; t – текущее время;

Q – количество тепла, выделяющегося в машине в единицу времени, в *кал/сек*;

A – коэффициент теплоотдачи в *кал/сек·град*, то есть количество тепла, отдаваемое в окружающую среду, в 1 *сек*, при перегреве на 1⁰С;

$T = \frac{C}{A}$ – постоянная времени нагревания; C – общая теплоемкость машины в *кал/сек·град*.

Решение этого уравнения дает следующую зависимость (рис. 1)

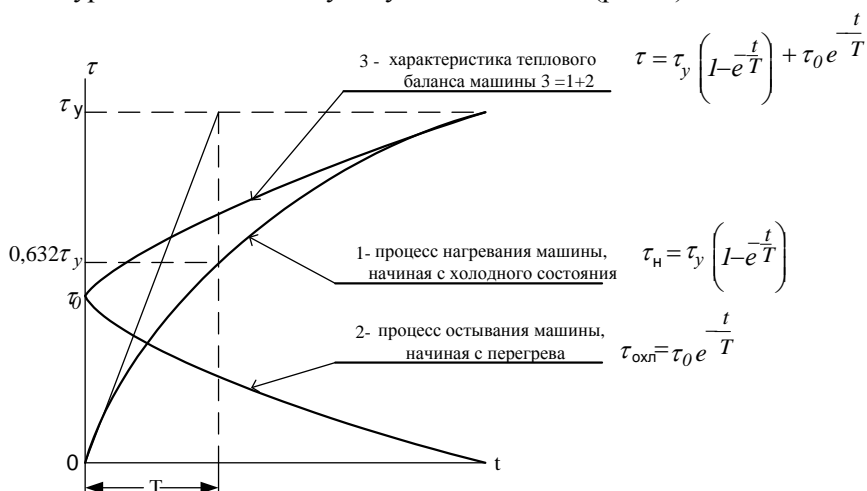


Рис. 1. Графическое представление процессов нагревания-остывания и теплового баланса АД

Постановка задачи исследования

Разработать способ поддержание теплового баланса АД, работающего в нестандартизированных режимах включения-выключения. Для этого необходимо повысить точность определения текущей характеристики нагревания и обеспечивать выполнение условий невыхода температуры перегрева за пределы, допустимые для данного класса изоляции обмоток.

Изложение основного материала

На рис. 2 приведены характеристики перегрева АД в НС-режимах, полученные путем обработки осциллограмм при изменении возможных периодов включения – выключения и начальных условий. Задавались: В – время работы, D – номер цикла, E – строб отключения АД, G – время после начала очередного процесса, H – начальные условия для очередного процесса, I – работа АД в данном режиме до полного остывания, M – включение АД в стационарный режим работы.

Дискретизированная в результате АЦП-преобразования характеристика (1), описывающая номинальный режим работы АД, может быть представлена переходной функцией инерционного (или аperiодического 1-го порядка) звена (рис. 3.):

$$h(n) = k(1 - e^{-n/\tilde{T}})1_0(n), \quad (1)$$

где k – коэффициент усиления звена, (значение допустимой температуры перегрева обмоток по ГОСТ для данного класса изоляции), n – нормированная координата времени, \tilde{T} – постоянная времени звена, $1_0(n)$ – единичный скачок (единичная функция или функция включения).

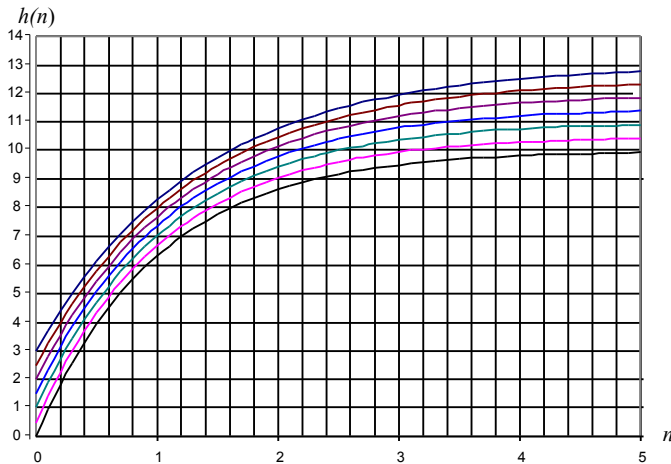


Рис. 2. Экспериментально полученные характеристики перегрева, описывающие реальные режимы работы АД в НС-режимах

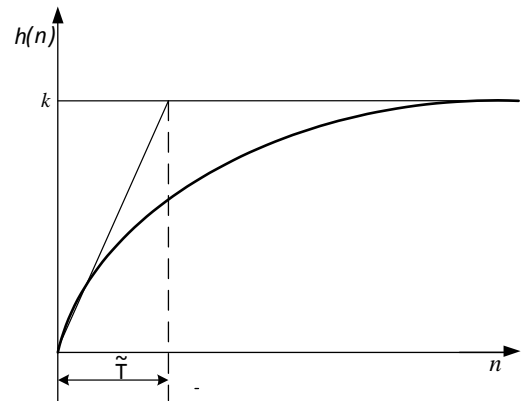


Рис. 3. Переходная функция инерционного звена

Задача оптимизации заключается в том, чтобы при работе АД в НС-режимах не допустить перегрева обмоток электрической машины. Описание этого условия, находящегося в области между переходной функцией и максимальным значением единичного скачка, который укладывается в класс изоляции для данного типа АД, может быть представлено условием следующего вида: $\forall n \in \overline{0, N} \quad h(n) \leq y(n) \leq k1_0(n)$, (2), где $y(n)$ – анализируемый сигнал, $\overline{0, N}$ – область определения анализируемого сигнала. Описание процессов нагревания и остывания АД представлено в табл. 1

Таблица 1 математическое описание теплового баланса АД

Характеристика процесса нагревания-остывания	Математические зависимости	
	в аналоговом виде	дискретизированные
Нагревание, начиная с холодного состояния, где t – время, с.	$\tau_n = k \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$	$y_n = k \left(1 - e^{-\frac{n}{T}} \right)$
Остывание, начиная с перегрева k_0 ,	$\tau_{ост} = k_0 e^{-\frac{t}{T}}$	$y_{ост} = k_0 e^{-\frac{n}{T}}$
Характеристика теплового баланса АД	$\tau = k \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + k_0 e^{-\frac{t}{T}}$	$y = k \left(1 - e^{-\frac{n}{T}} \right) + k_0 e^{-\frac{n}{T}}$

Математическая оптимизация работы системы может быть представлена в виде последовательности импульсов анализируемого сигнала $y(n)$, образованных включениями-выключениями в процессе нагревания-остывания АД. С целью определения наиболее точного описания рассмотрены пять возможных способов ($type=1, 2, 3, 4, 5$ соответственно) [1].

$type=1$. Двумя степенными полиномами первой степени вида $y = A_0 + A_1n$,

$type=2$. Двумя степенными полиномами второй степени вида $y = A_0 + A_1n + A_2n^2$

$type=3$. Двумя неполными степенными полиномами третьей степени вида $y = A_0 + A_1n + A_3n^3$

$type=4$. Двумя тригонометрическими полиномами первой степени вида $y = A_0 + A_1 \cos(\omega_1 n + \phi_1)$

$type=5$. Двумя экспоненциальными полиномами вида $y = A_0 + A_1 e^{n\beta_1}$.

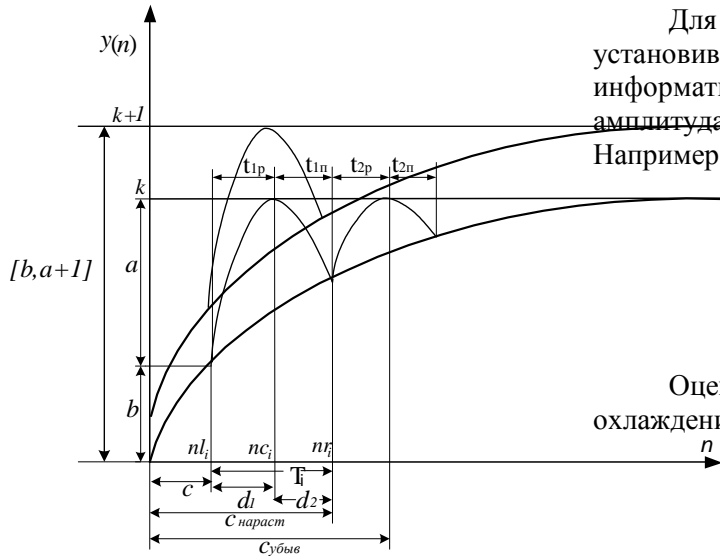


Рис. 4. Графическая интерпретация коэффициентов экспоненциальной функции i -го импульса

Для оценки момента достижения установившегося режима необходимо определить информативный параметр. Одним из них может быть амплитуда i -го импульса для кривой нагревания. Например, экспоненциальной функцией

$$\Delta y_i = \frac{b1_i(1 - e^{-\frac{n-\phi1_i}{T1_i}}) + c1_i - k(1 - e^{-nc_i/\tilde{T}})}{2} = \frac{b2_i e^{-\frac{n-\phi2_i}{T2_i}} + c2_i - k(1 - e^{-nc_i/\tilde{T}})}{2}$$

Оценка амплитуды i -го импульса для кривой охлаждения

$$\Delta y_i = \frac{b1_i(1 - e^{-\frac{n-\phi1_i}{T1_i}}) + c1_i - ke^{-nc_i/\tilde{T}}}{2} = \frac{b2_i e^{-\frac{n-\phi2_i}{T2_i}} + c2_i - ke^{-nc_i/\tilde{T}}}{2}$$

Также производится оценка количества импульсов: при фиксированном периоде импульсов ($\forall T_i T_i = T$) количество импульсов M определяется в виде $M = \left\lceil \frac{n^*}{T} \right\rceil$; при нефиксированном

периоде импульсов $\neg(\forall T_i T_i = T)$ количество импульсов M находится из соотношения $\sum_{i=1}^M T_i \leq n^* < \sum_{i=1}^{M+1} T_i$. При этом n^* удовлетворяет условию $k - k(1 - e^{-n^*/\tilde{T}}) = ke^{-n^*/\tilde{T}} \leq \varepsilon$, где

ε – пороговое значение погрешности, а T_i определено согласно $T_i = xr_i - xl_i$. Оценка средней крутизны: $S_{cp} = \frac{y(nc_i) - y(nl_i)}{nc_i - nl_i}$, $S_{cp} = \frac{y(nr_i) - y(nc_i)}{nr_i - nc_i}$. Невязка $e = \sqrt{\sum_n (y(n) - p(n))^2} \leq \varepsilon$. Ни в

одном из известных способов не предусмотрена возможность управления процессом нагревания-остывания АД, так как у них постоянный период нагревания, соответствующий начальным только нулевым условиям, при которых не учитывается работа АД с нагретого состояния, когда закон нагревания зависит от режимов включения-выключения и постоянная периода T изменяется. Анализ результатов показывает, что характеристика, измеренная на объекте и спрогнозированная на основе степенными полиномами третьей степени, в режиме остывания ($\varepsilon=0.152$) имеют наименьшие расхождения.

Таким образом, может быть реализован способ интеллектуального управления тепловым балансом АД, основанный на использовании характеристики теплового баланса машины, описывающей процесс нагревания и остывания АД, а также на использовании способов аппроксимации нелинейных элементов полиномами, а также способов, определяющих крутизну характеристик.

УДК 669.788 + 669.234: 539.373

О. М. Любименко, к.ф.-м. н.

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ФОРМОЗМІНЕННЯ ТА ОДНОЧАСНО ЕЛЕКТРООПОРУ ПАЛАДІЄВОЇ ПЛАСТИНИ ПРИ НАСИЧЕННІ ВОДНЕМ

Ключові слова: система паладій-водень, водневі напруження, формозмінення пластини, стріла вигину пластини

Досліджуваний зразок у вигляді тонкої пластини розмірами (68×5.5×0.27 mm) з чистого паладію (99.98%) *відналили* при 700 °С протягом 60 хвилин і охолодили з піччю. Одну сторону відпаленого зразка електролітичним способом покривали міддю.

У воднево-вакуумну установку ВВУ-4 [1], яка дозволяє проводити в широкому інтервалі температур 110÷360°С і тиску водню 0,01÷2,5 МПа спостереження *«in situ»*, відеозапис та вивчення ефектів зміни форми зразків і яка складається з робочої камери і обслуговуючих її чотирьох допоміжних блоків, закріплювали зразки. Перший зразок одним кінцем закріплювали горизонтального в тримачі у робочій камері ВВУ-4 мідної стороною вгору (при цьому вигини пластини, які спостерігалися експериментально, були направлені догори). Робоча частина зразка після закріплення складала 60 мм. Другий зразок у вигляді проволочи, діаметром 0.5 мм, також закріплювали у допоміжний тримач. Після монтажу зразка в камері і стабілізації його стану шляхом термоциклювання у вакуумі (1,32 Па) від 20°С до температури, при якій проводилась серія експериментів, зразки нагрівали до заданої температури, яка залишалася в процесі експерименту постійною, витримували зразок в цих умовах протягом 0,5 години. Після цього здійснювали напуск дифузійно-очищеного водню в робочу камеру до заданого тиску. Відеозапис вигину вільного кінця пластини під впливом водню здійснювали через вікно робочої камери. Отриманий відеозапис розшифровували кадр за кадром в комп'ютерній програмі SonyVegas 7. Використовування відеозапису особливо важливо для перших секунд експерименту, коли вигин зразка розвивається дуже швидко. Помилка вимірювання величини стріли вигину при відеозапису складала ± 0,03 мм.

Одночасно з відеозаписом формозмінення проводили вимірювання сили струму та напруги у другому зразку. Це дало можливість розрахувати електроопір зразка при насиченні його воднем, та отримати необхідні данні для побудови часових залежностей формозмінення та електроопору паладієвої пластини при насиченні її воднем. Ці данні дають можливість удосконалити та підвищити час роботи датчиків, які вимірюють вміст водню в захисній атмосфері реакторів при експлуатації атомної електростанції [2].

1. Гольцов В. А. Установка, методика и результаты исследования водородоупругой деформации палладиевой пластины / В. А. Гольцов, Е. Н. Любименко, Ж. Л. Глухова // Физико-химическая механика материалов. – 2009. – Т. 45, № 5. – С. 55–60.

2. *Progress in Hydrogen Treatment of Materials, Donetsk–Coral Gables: Kassiopeya Ltd, 3, (2001).*

УДК 621.3.082

**В. Ю. Кучерук, д.т.н., В. М. Севастьянов, к.т.н., В. С. Маньковська, асистент,
М. О. Трачук, магістр**

ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЄМНОСТІ В НАПРУГУ НА ОСНОВІ RL-ДІОДНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЕТЕРМІНОВАНО-ХАОТИЧНИХ КОЛИВАНЬ

Ключові слова: ємнісний перетворювач, генератор детерміновано-хаотичних коливань, чутливість, чутливий елемент

На даному етапі розвитку науки і техніки, широко використовують різноманітні рівнеміри, принципи дії яких ґрунтуються на різноманітних фізичних явищах. Від найперших візуальних і поплавкових до мікрохвильових і радіоізотопних. Серед такого розмаїття рівнемірів існує і такий їх клас, як ємнісні. Вони призначені для вимірювання рівня електро- і неелектропровідних рідин, криогенних рідин, а також агресивних і вибухонебезпечних. Їх використовують в системах контролю, регулювання і управління виробничими процесами в різних галузях промисловості.

Прогресуючий розвиток комп'ютерних технологій, зокрема мікрокомп'ютерів, дав поштовх для їх використання при вирішенні різноманітних задач автоматизації, серед яких і задача вимірювання рівнів рідин.

На сьогодні існує багато методів вимірювання рівня рідин, але найширше застосування отримали ємнісні перетворювачі. Такі сенсори характеризуються надійністю, малою споживаною потужністю, високою роздільною здатністю, широким діапазоном вимірювання, хорошою відтворюваністю [1]. Чутливим елементом (ЧЕ) ємнісного сенсора є електричний конденсатор, ємність якого змінюється зі зміною вимірюваної величини (внаслідок зміни параметрів конденсатора). Переміщення електродів конденсатора або зміна діелектрика між ними дає змогу виміряти лінійні переміщення, зсув, кут, проміжок, прискорення, механічні коливання, зусилля, тиск, товщину шару діелектрика, рівень заповнення рідини. У разі зміни відстані між рухомими обкладками вимірюються лінійні переміщення, інтервал, коливання. Через зміну площі перекривання обкладок можна вимірювати кути, переміщення, а діелектрика між обкладками – товщину плівок, склад матеріалів, товщину покриттів або рівень рідини. Для зменшення впливу збурюючих факторів обкладки чутливого елемента екранують, але тоді виникають небажані паразитні ємності, що зменшує чутливість сенсора. Тому підвищення чутливості ємнісних перетворювачів є актуальним завданням.

Структурна схема ємнісного перетворювача рівня складається з двох частин: нелінійної вимірювальної схеми, до якої підключений ємнісний сенсор, і синхронного детектора (рис. 1).

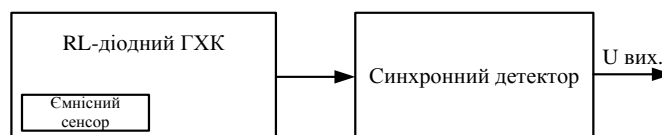


Рис. 1. Структурна схема ємнісного перетворювача рівня

Використання генератора детерміновано-хаотичних коливань (ГХК) як вимірювального перетворювача для отримання вимірювальної інформації дозволяє суттєво підвищити чутливість засобу вимірювання, так як в нелінійних хаотичних системах найбільш сильна залежність процесу від параметрів системи виникає саме в режимі хаотичних коливань [2].

Вимірювальний перетворювач, в основі якого лежить генератор детерміновано-хаотичних коливань, є коливальною системою зі складною динамікою.

Схема включає в себе всього три лінійні елементи (резистор R_1 , індуктивність L_1 , ємність C_1) і один нелінійний елемент (діод D_1). При виборі величин елементів схеми перетворювача на основі RL-діодного генератора хаотичних коливань необхідно враховувати не тільки можливість попадання в зону хаосу, але також сусідство з іншими коливальними режимами. Схема RL-діодного генератора хаотичних коливань наведена на рис. 2. Для реалізації перетворення ємності в постійну напругу на вихід генератора детерміновано-хаотичних коливань підключено синхронний детектор. Як первинний вимірювальний перетворювач використано змінну ємність C_1 .

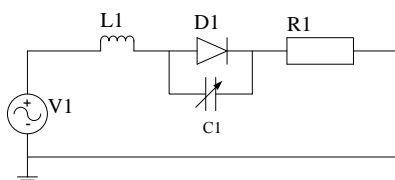


Рис. 2. Принципова схема RL-діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань

На рис. 3 наведено атрактор вихідного сигналу RL-діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань.

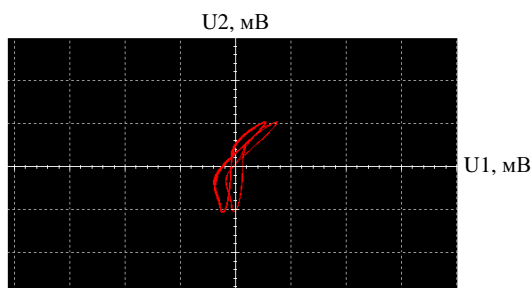


Рис. 3. Атрактор RL-діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань

Результати моделювання показують, що представлена на рис. 2 схема RL-діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань є чутливою до зміни $C1$, тобто при використанні замість конденсатора $C1$ ємнісного сенсора можливо здійснювати вимірювальне перетворення його сигналу.

Графік чутливості напруги до зміни ємності показано на рис. 4.

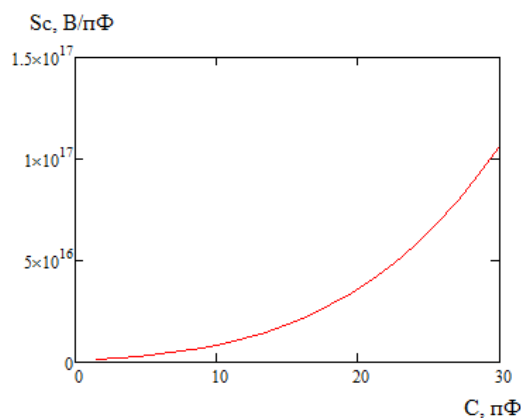


Рис.4. Залежність чутливості напруги до зміни ємності

З графіку чутливості напруги до зміни ємності видно, що із збільшенням ємності чутливість збільшується.

Встановлено, що використання вимірювального перетворювача на основі RL- діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань дає змогу збільшити чутливість при вимірюванні ємності. Значне підвищення чутливості відбувається при вимірюванні ємності більше 10 пФ.

1. Ємнісні сенсори / Р.І. Байцар, С.С. Варшава, Ю.Ю. Радченко – Львів: Видавництво ЛвЦТТЕІ, 2002 – 63 с.

2. Кучерук В.Ю. Про основні принципи створення вимірювальних пристроїв з використанням генераторів хаотичних коливань/ В. Ю. Кучерук, В. М. Севаст'янов, В. С. Маньковська // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. - № 2. – С. 101-104.

Т. Г. Бойко, проф., В. В. Мельник, аспірант

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ВАГОМОСТІ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕНЧМАРКІНГУ ТА НЕЧІТКИХ МНОЖИН

Ключові слова: алгоритм, оцінювання якості, бенчмаркінг, інженерний аналіз, функція розгортання якості, «будиночки якості», нечітка логіка

Вступ. Технічний рівень відображає матеріалізацію в продукції науково-технічних досягнень. Причому мова йде не про добре відому з минулого тезу «догнати і перегнати» найкращих світових виробників, а про рівень самих вимог до продукції. Не зайвим буде пригадати, що забезпечення найвищої якості продукції завжди містить дві складові:

- ступінь до якого власні характеристики задовольняють вимоги;
- ступінь самих вимог, що мають бути задоволені власними характеристиками.

Тому складовою будь якої СУЯ, чи вузькоспеціалізованих систем якості, мало б бути і постійне поліпшення вимог. Не треба детально аналізу, щоби переконатись у відсутності такого пункту як в міжнародних так і національних нормативних документах, які формують вимоги до СУЯ.

Вищевикладені міркування породжують очевидне запитання - який зв'язок є між рівнем якості продукції та рівнем або ступенем самих вимог до продукції? По-перше, оскільки об'єктом оцінювання може бути будь-який об'єкт, до якого ставляться вимоги, то є очевидним, що якість самих вимог теж може бути об'єктом оцінювання. По-друге, розвиток нових шляхів формування вимог є стимулом для розвитку самих вимог, а значить матиме позитивний вплив як на методи оцінювання ступеня відповідності до них так і в цілому на якість продукції. Доцільно використати в даному випадку інформаційний ресурс бенчмаркінгу та такі його техніко-економічні інструменти як реверсивний інженерний аналіз та функцію розгортання якості.

Базові інформаційні ресурси для визначення коефіцієнтів вагомості показників продукції. Бенчмаркінг – процес пошуку стандартного чи еталонного економічно більш ефективного підприємства-конкурента з метою порівняння з власним та переймання їх найкращих методів роботи. Суть сьогодиншнього трактування бенчмаркінгу можна сформулювати як "безупинний систематичний пошук і впровадження найкращих практик, що приведуть організацію до більш досконалої форми" [1]. Тому вважається, що бенчмаркінг - дієвий інструмент для визначення становища вашої компанії порівняно з іншими, подібними за розмірами та/або сферою діяльності, організаціями. Для виявлення причин переваг конкурентів виконують так званий зворотній інженерний аналіз (англ. *reverse engineering*) або просто інженерний аналіз, що теж є різновидом бенчмаркінгу. Завданням методу є відповідь на запитання – за рахунок чого забезпечуються високі характеристики продукції? Результати інженерного аналізу теж подають у вигляді матриць, які рекомендовано будувати окремо для компонентів, матеріалів, методів виготовлення та збирання, хоча це суттєво ускладнює їх зіставлення.

Слабкою стороною інженерного аналізу є відсутність неперервного алгоритму зв'язку інженерних параметрів виробу з виробничими операціями і вимогами виробництва. Такий алгоритм можна зреалізувати на основі методу QFD (англ. *quality function deployment*), що, фактично, є технологією інженерного проектування виробів і процесів їх виготовлення та «перетворює» побажання споживачів в технічні вимоги до виробу, а також технологічні параметри процесу його виробництва. Поруч з тим QFD дає можливість оцінити ступінь важливості споживчих параметрів виробу, пов'язавши їх з вимогами споживачів. Причому враховується та особливість, що побажання споживачів переважно отримуються за результатами опитування і виражені побутовою, нетехнічною мовою. Для їх «перетворення» в оцінювані параметри застосовують інструменти кваліметрії. В основі розгортання функції якості - QFD, або як його ще називають методу синхронного інжинірингу лежить використання серії дво- або навіть тривимірних таблиць-матриць, так званих «будиночків якості» (англ. *houses of quality*) [2]. Такі матриці дають можливість пов'язати вимоги споживачів до рівня якості з показниками виробу, показники виробу з інженерними характеристиками компонентів, характеристики компонентів з виробничими операціями, а виробничі операції з вимогами виробництва.

Оскільки важливість у вищенаведеній методиці буде оцінюватися експертами можна застосувати теорію нечітких множин. Апарат нечіткої логіки може дозволити нам оперувати лінгвістичними змінними, що значно полегшить процес оцінювання. Також лінгвістичні змінні значно інформативніші для споживачів, ніж чисельне відображення.

Висновки. В результаті можна стверджувати, що метод QFD забезпечує:

- зв'язок між вимогами споживачів, технічними характеристиками виробу, параметрами його функціональних підсистем і їх компонентів на всіх етапах розроблення;

- шлях перенесення споживчих вимог в сукупність контрольованих характеристик (проведення саме цієї операції вимагає бенчмаркінг) і вимог до технології виготовлення виробу.

Окрім того метод є суттєво універсальним і може бути використаним для об'єднання методів опрацювання маркетингової інформації, бенчмаркінгу та інженерного аналізу в єдиний неперервний інформаційний потік. Також застосування нечітких множин значно полегшує експертну роботу і робить запропонований метод доволі гнучким.

1. Ашуев А.М. Бенчмаркінг та інформаційне забезпечення процесу нововведень // Зб. наук. праць Донецького державного університету. Сер.: Економіка. – 2004.-Т.5; Вип. 34: Економіка та маркетинг підприємства і території. – С. 140-146.

2. Лоренс П. Сулліван "Структурирование функции качества" (оригинал L .P.Sullivan , "Quality Function Deployment", June 1986, pp. 39-50) (<http://www.deming.nm.ru/TehnUpr/StrFunKa.htm>).

УДК 658.562(075.8)

І-М. В. Мідик, аспірант, П. Г. Столярчук, д.т.н., професор

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ОВОЧІВНИЦТВА

Ключові слова: цільова функція, лінійне програмування, обмеження, нечітка множина

Овочі забезпечують організм споживача клітковиною, вуглеводами, вітамінами, мінеральними речовинами, мають природні антиоксиданти та антигрибкові, антибактеріальні, антивірусні та протиракові властивості. Споживачі зацікавлені у наявності якнайбільшої кількості цих корисних речовин в овочах і, водночас, у відсутності в овочах шкідливих здоров'ю речовин. Тому актуальною задачею є оцінювання якості овочів, а також надання рекомендацій щодо виробництва продукції овочівництва необхідної якості. Різна якість овочів в межах одного виду, сорту потребує не тільки визначення її окремих показників, але й встановлення певної норми її якості, виходячи з якої підприємства, що закупають сільськогосподарську продукцію, будуть її оплачувати. Не менш важливо для переробних підприємств мати норму якості для сільськогосподарської продукції, оскільки при відхиленні від норми змінюється якість та вихід продукції (у %) переробних підприємств.

Метою даного дослідження є розробка і апробація математичної моделі комплексного оцінювання рівня якості продукції овочівництва для визначення значень параметрів виробництва цієї продукції з максимально можливим значенням комплексного показника якості об'єкта. визначивши та описавши фактори, на які можна впливати для підвищення якості продукції овочівництва, у процесі дослідження складено математичну модель оцінки якості продукції овочівництва, яка встановлює взаємозв'язок між якістю продукції та речовинами, які формують цю якість.

Математичну модель оцінки якості продукції овочівництва представлено як нечітку лінійну модель [2]:

$$Z(x) = c \cdot x \rightarrow \max \quad (1)$$

Характеристики $x = (x_1; \dots; x_n)$, вибирають з обмежень:

$$\begin{aligned} g_i(x) &\equiv a_i \cdot x \leq \tilde{b}_i, \tilde{b}_i = \overline{b_i + d_i}, i = \overline{1, m_1} \\ g_i(x) &\equiv a_i \cdot x \leq b_i, i = \overline{m_1 + 1, m} \end{aligned} \quad (2)$$

Вектори $x = (x_1; \dots; x_n)$, $C = (c_1; \dots; c_n)$; $a_i = (a_{i1}; \dots; a_{in})$ та числа $b_i, i = \overline{1, m}, d_i > 0, i = \overline{1, m_1}$ дійсні.

Керованими факторами є обсяги макро- та мікроелементів, які потрібно внести у ґрунт для одержання безпечної та якісної продукції овочівництва. Безпечною є продукція, яка задовольняє вимоги стандартів щодо її безпечності, тобто немає вмісту шкідливих речовин вище гранично допустимих норм. Щодо якості овочів, то чим більший вміст поживних речовин, тим вищий рівень якості продукції. Отже, визначаємо такий набір макро- та мікроелементів, який забезпечив би вирощування овочів якнайвищої якості. Тобто треба вибрати таку стратегію з множини допустимих значень, щоби функція оцінки якості продукції досягала максимального значення. Водночас якісною є не лише та продукція, яка задовольняє певним конкретним значенням характеристик, а й продукція, якісні характеристики якої знаходяться у певних межах значень. Той факт, що якісні характеристики не прив'язані до певного значення, а можуть варіювати у певних межах, дає змогу розширити множину допустимих значень для досягнення максимальної величини комплексної оцінки якості.

Якість продукції овочівництво оцінимо за вмістом в овочах вуглеводів, клітковини, білків. Їх вміст можна регулювати кількістю внесених мінеральних добрив. Тому представимо функцію оцінювання якості продукції овочівництва (на прикладі оцінювання якості моркви) як лінійну функцію залежності оцінки якості від внесених мінеральних добрив.

$$Z(x) = w_j \cdot c \cdot x \rightarrow \max \quad (3)$$

де x – кількість мінеральних добрив, яку необхідно внести, щоб забезпечити максимальне значення функції якості;

w_j – коефіцієнт вагомості вмісту вуглеводів, клітковини, білків [1].

На підставі даних дослідів із впливу кількості внесених мінеральних добрив на вміст вуглеводів, клітковини, білків складено структурну матрицю для характеристики лінійної оптимізаційної задачі оцінки якості моркви.

$$A = \begin{pmatrix} 1,599 & -1,35 & -0,355 \\ 0,227 & -0,185 & -0,056 \\ 0,246 & -0,211 & -0,05 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Цільова функція оцінки якості моркви має вигляд

$$Z(x) = 0,7777x_1 - 0,6536x_2 - 0,175x_3 \rightarrow \max, \quad (5)$$

при обмеженнях

$$\begin{aligned} g_1(x) &= -1,599 \cdot x_1 + 1,35 \cdot x_2 + 0,355 \cdot x_3 \leq -7; -7 + 0,2 \\ g_2(x) &= -0,227 \cdot x_1 + 0,185 \cdot x_2 + 0,056 \cdot x_3 \leq -1,1; -1,1 + 0,1 \\ g_3(x) &= -0,246 \cdot x_1 + 0,211 \cdot x_2 + 0,05 \cdot x_3 \leq -1,2; -1,2 + 0,1 \\ g_4(x) &= x_1 \leq 200 \\ g_5(x) &= x_2 \leq 180 \\ g_6(x) &= x_3 \geq 133 \\ g_7(x) &= x_3 \leq 210 \\ x &\geq 0. \end{aligned}$$

Використавши багатоцільовий підхід Белмана-Заде [3] для розв'язку задачі лінійного програмування при умовах заданих матрицею (5), одержано наступний розв'язок $x_1=200$, $x_2=0$, $x_3=133$. $Z=132,125$. Тобто для вирощування моркви доцільно використовувати добрива $N_{180} K_{120}$ плюс здійснювати позакореневі підкормки. Оцінка якості моркви у цьому випадку 132,125.

Отже, проблему комплексного оцінювання рівня якості продукції овочівництва розв'язано шляхом побудови математичної багатокритеріальної моделі оцінки якості. Цільову функцію представлено як функцію залежності комплексного показника якості об'єкта від параметрів формування окремих якісних характеристик продукції. Характеристики продукції описано із застосуванням теорії нечітких множин. Задачу оптимізації з нечітко визначеними обмеженнями зведено до задачі класичного лінійного програмування, використовуючи підхід Беллмана-Заде. Проведено апробацію побудованої математичної моделі на підставі аналізу впливу на комплексний показник оцінки якості моркви внесених мінеральних добрив при її вирощуванні. Використовуючи сформовану математичну модель, надано рекомендації щодо виробництва безпечної продукції з максимальним комплексним показником оцінки якості.

1. Бубела Т.З. *Методи та засоби визначення показників якості продукції: навч. посібник* / Т.З. Бубела, П.Г. Столярчук, С.В. Походило, М.С. Міхалева, В.М. Ванько. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. – 292 с.

2. Лыса О.В. *Теоретико-методологические подходы к определению оценки качества сельскохозяйственной продукции* / О.В. Лыса, Б.И. Стадник - MOTROL. *Commission of Motorization and Energetics in Agriculture* – 2013. Vol.15. No.4. p. 120-125

3. Сявавко М.С. *Математичне моделювання за умов невизначеності: навч. посібник* / М.С. Сявавко, О.М. Рибицька. – Львів: НВФ «Українські технології», 2000. – 317 с.

В. Ю. Кучерук, д.т.н., проф., Д. В. Мостовий, студент

СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ CO₂ НА БАЗІ ПРОМИСЛОВО-ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА VIRA 200

Ключові слова: концентрація, вуглекислий газ, промислово-логічний контролер, оптико-абсорбційний інфрачервоний метод, терморезистивний датчик, дестабілізуючі фактори, VIRA 200

Актуальність роботи обумовлена проблемою зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері Землі. За останні 50 років концентрація вуглекислого газу в атмосфері землі підвищилася з 0,0315% або 315 ppm до 400 ppm і росте на 2,2 ppm в рік. Як відомо, причиною багатьох проблем із самопочуттям і синдрому хронічної втоми може бути надлишок вуглекислого газу (CO₂) в повітрі приміщення. Спалювання викопних палив, таких як вугілля, нафта і природний газ, є основною причиною емісії антропогенного CO₂, вирубка лісів є другою за значимістю причиною. У 2008 році в результаті спалювання викопного палива в атмосферу було виділено 8,670 млрд тонн вуглецю (31,8 млрд тонн CO₂), в той час як в 1990 році річна емісія вуглецю становила 6,14 млрд тонн. Тому наявність точної вимірювальної апаратури для паливної промисловості є досить актуальною.

Метою роботи є розробка системи вимірювання концентрації CO₂. Для досягнення поставленої мети процес вимірювання концентрації вуглекислого газу буде проводитися на основі оптико-абсорбційного інфрачервоного методу з компенсацією дестабілізуючих факторів інфрачервоного перетворювача.

Оптико-абсорбційний інфрачервоний метод реалізований у інфрачервоних газоаналізаторах. Їх дія заснована на виборчому поглинанні молекулами газів і пари ІЧ-випромінювання в діапазоні (1-15) мкм. Це випромінювання поглинають всі гази, молекули яких складаються не менше ніж з двох різних атомів. Висока специфічність молекулярних спектрів поглинання різних газів обумовлює високу вибірковість таких газоаналізаторів і їх широке застосування в лабораторіях і промисловості [1].

Інфрачервоні газоаналізатори широко використовують для контролю якості продукції, аналізу газів, що відходять у складі димових газів котельних установок. З їх допомогою визначають, наприклад CO₂, NH₃, CH₄ в технологічних газах виробництва синтетичного аміаку, пари ряду розчинників в повітрі промислових приміщень, оксиди азоту, SO₂ і вуглеводні у вихлопних газах автомобілів, димових газах котельних установок.

Програма реалізована у програмному пакеті WINPLC7 на мові програмування Ladder Diagram (LAD) – мова релейно-контактних схем [2]. Алгоритм роботи програми наступний: з першого вимірювального каналу надходить електричний сигнал функціонально залежний з концентрацією вуглекислого газу. Цей сигнал приймає функціональний блок FC105 (Scaling analog value) та перетворює його у змінну типу 'real' (MDx). MDx – відповідає значенню електричного сигналу (напрузі), який лежить в межах 0.1-5 В. Далі здійснюється перетворення електричного сигналу у відповідну йому концентрацію вуглекислого газу. По другому вимірювальному каналу передається значення опору, яке функціонально пов'язане з значенням температури. Цей сигнал приймає також функціональний блок FC105 (Scaling analog value) та перетворює його у змінну типу 'real' (MDx). Потім за допомогою математичної моделі знаходиться значення температури. Відбувається розрахунок температурної підставки для даного значення температури, яка вноситься у значення концентрації. Після обробки вхідної інформації і визначення значення концентрації відображається на екрані ПК. Процес вимірювання відбувається в режимі реального часу.

1. Франко Р.Т., Кадук Б.Г., Кравченко А.А. Газоаналитические приборы и системы. – М., Машиностроение, 1983. – 358с.

2. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю., Севастьянов В.М. Основы микропроцессорной техники. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 206 с.

М. Я. Микитюк, аспірант

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ТЕЛЕФОННИХ ЛІНІЙ НА ПРЕДМЕТ ВИЯВЛЕННЯ НЕЛЕГАЛЬНИХ ПІДКЛЮЧЕНЬ

Ключові слова: абонентська телефонна лінія, несанкціоновані підключення, робочий і знеструмлений стан лінії, методи контролю телефонної лінії, сторожові і пошукові пристрої контролю

Попри величезний поступ у розвитку телекомунікаційних технологій традиційний телефонний зв'язок і надалі залишається одним із найпоширеніших і затребуваних засобів комунікацій. Серед загроз інформаційної безпеки абонентів телефонного зв'язку найімовірнішими є перехоплення телефонних повідомлень та прослуховування приміщень, оснащених телефонними апаратами. Найчастіше такі загрози реалізуються шляхом під'єднання засобів технічної розвідки (телефонних закладок) до абонентських телефонних ліній (АТЛ). Для виявлення таких нелегальних (несанкціонованих) підключень (НСП) проводиться контроль параметрів АТЛ, а результати контролю зіставляються із параметрами так званої «чистої лінії».

Принцип роботи засобів виявлення НСП до абонентських телефонних ліній базуються на тому, що безпосереднє підключення до них сторонніх пристроїв (засобів технічної розвідки, «піратських» телефонних апаратів, тощо) викликає зміну електричних параметрів ліній, насамперед напруги, струму, а також імпедансу. Крім того, працюючі телефонні закладки передають телефонними лініями чи випромінюють в ефір сигнали, тому можна використовувати методи, які забезпечують їх виявлення та ідентифікацію.

Методи і засоби, що застосовуються для виявлення несанкціонованих підключень до АТЛ, доцільно поділити за такими класифікаційними ознаками:

- за способом використання – пошукові і сторожові;
- за станом АТЛ – лінія у робочому стані або знеструмлена.

У пошуковому режимі телефонний апарат зазвичай відключається від АТЛ, а на його місце вмикається пристрій виявлення НСП. Телефонна лінія у цьому випадку може знаходитися у робочому стані чи бути знеструмленою (відімкнутою від обладнання АТС). На рис. 1 наведено перелік найпоширеніших методів, які застосовуються для виявлення НСП до АТЛ у знеструмленому та робочому станах.

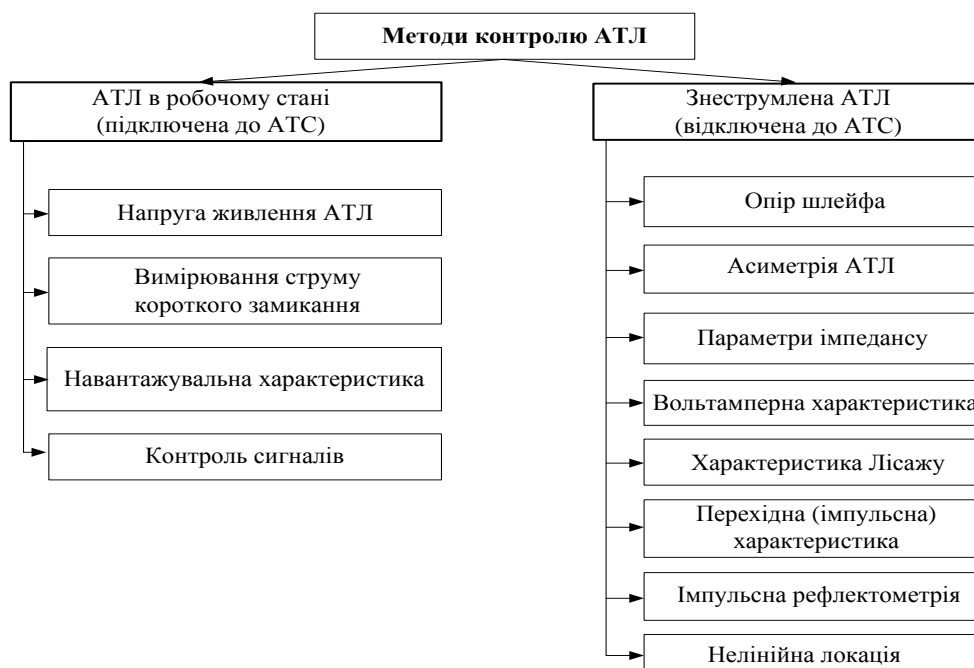


Рис. 1. Методи, що використовуються для виявлення несанкціонованих підключень до АТЛ

На цей час арсенал методів і засобів виявлення нелегальних підключень на знеструмлених АТЛ значно ширший, і, основне, забезпечує потенційно вищу достовірність результатів контролю. Знеструмлення АТЛ (відключення від АТС) найбільш доцільно здійснювати у розподільчій шафі, оскільки, з одного боку, нелегальні підключення на ділянках абонентського проводу та розподільчого кабелю є найбільш імовірним, а з іншого – протяжна ділянка міського кабелю АТЛ зазвичай вносить додаткові завади. Зрозуміло, що дані методи контролю застосовуються лише при виконанні пошукових робіт, а їх спільною особливістю є потреба у використанні зовнішніх джерел різного роду зондувальних сигналів.

В основі роботи пристроїв контролю знеструмлених АТЛ лежать методи вимірювання параметрів лінії як пасивного об'єкта - двополосника або чотиріполосника. Пасивна природа лінії, як об'єкта контролю, зумовлює обов'язкове використання зовнішніх джерел зондувальних сигналів. На рис. 2 наведено повну (а) та спрощену (б) електричну схему заміщення знеструмленої «чистої» абонентської телефонної лінії, а на рис. 3 еквівалентні схеми, що враховують різні способи підключення телефонних закладок: а – резистивну ланку, що відображає безпосереднє підключення кола живлення телефонної закладки, б – ємнісно-резистивну ланку зйому/передачі інформації, в – діодно-мостову схему живлення закладки.

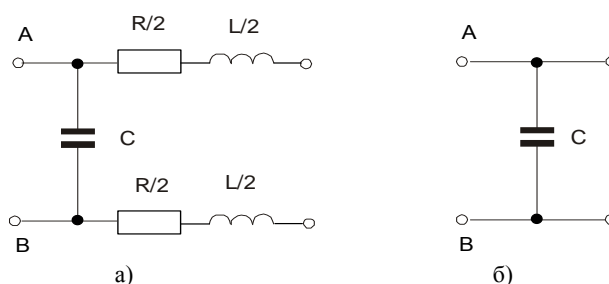


Рис. 2. Повна (а) та спрощена (б) схеми заміщення знеструмленої «чистої» абонентської телефонної лінії

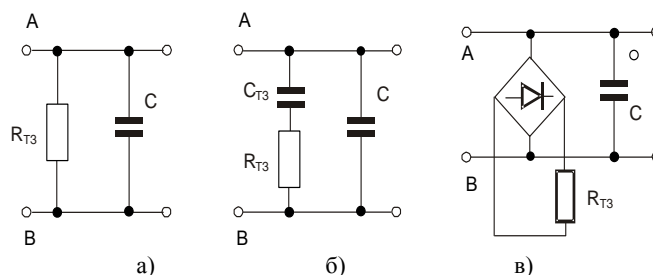


Рис. 3. Еквівалентні схеми з різними способами підключень телефонних закладок

У методах вимірювання опору шлейфа, асиметрії провідників лінії, параметрів імпедансу, вольт-амперної характеристики та характеристики Лісажу АТЛ розглядається як пасивний двополосник. Зондувальний сигнал у вигляді постійного струму застосовується для вимірювання опору шлейфа, асиметрії та вольт-амперної характеристики АТЛ. Для вимірювання параметрів імпедансу АТЛ та її характеристики Лісажу використовують гармонічний зондувальний сигнал.

АТЛ виступає у ролі пасивного чотиріполосника у разі застосування методів нелінійної локації, перехідної (імпульсної) характеристики, імпульсної рефлектометрії. Суть методу нелінійної локації полягає у застосуванні гармонічного колювання для зондування лінії та виявленні і аналізі у відбитому сигналі другої чи вищих гармонік. У методі перехідної (імпульсної) характеристики аналізується реакція лінії на збудження одиничним стрибком (імпульсом). Особливістю методу імпульсної рефлектометрії є зондування лінії імпульсом із такими короткими часом наростання фронту і тривалістю, що лінія вже описується як чотиріполосник із розподіленими параметрами. Це дає змогу не лише встановлювати сам факт наявності нелегальних підключень, але і локалізувати їх місце на усій протяжності лінії.

Перелік методів, придатних до побудови засобів виявлення нелегальних підключень на телефонних лініях у робочому стані, є обмежений порівняно із розглянутими вище, а достовірність результатів контролю - нижча. Причиною є наявність напруги живлення від АТС, шунтувальний вплив внутрішнього опору «центральної батареї» та високий рівень внутрішніх та зовнішніх завад і наведень.

Засоби контролю АТЛ у робочому стані можуть бути виконані не лише як пошукові, але також як сторожові (працюють весь час). Якщо пошукові пристрої вмикаються на місце

телефонного апарату, то сторожові працюють паралельно із телефонним апаратом. Отже, робота у сторожових пристроїв піддається додатковому впливу телефонного апарату.

Абонентська телефонна лінія в робочому стані може перебувати у двох режимах – «Очікування» (розімкнений шлейф) та «Розмова» (замкнений шлейф). Контроль напруги є найпростішим у реалізації і може застосовуватися як у режимі «Очікування» для виявлення паралельних закладок, так і у режимі «Розмова» для виявлення паралельних і послідовних закладок. Контроль струму короткого замикання застосовується до виявлення послідовних телефонних закладок.

Принцип дії пристроїв контролю сигналів у телефонній лінії заснований на виявленні та аналізі сторонніх сигналів мовного і позамовного діапазону частот. Пристрої даної групи мають високу чутливість (на рівні 20 мкВ) в широкому частотному діапазоні від кількох десятків Гц до кількох десятків МГц і розпізнають тип модуляції сигналу.

Деякі телефонні закладки з метою маскування своєї присутності, підключаються до АТЛ лише в режимі «Розмова», тобто під час замикання шлейфу. Виявити такого роду нелегальні підключення дає змогу метод контролю навантажувальної характеристики. Суть методу зводиться до зміни опору навантаження із одночасним вимірюванням струму шлейфу. У разі перевищення струмом деякого порогового значення, телефонна закладка активується, сприймаючи це як замикання шлейфу. Підключення закладки зумовлює стрибок струму споживання, що і є демаскувальною ознакою.

Сторожові пристрої на відміну від пошукових можуть викрити нелегальне підключення у реальному часі та запобігти можливій втраті інформації. Це є їх безумовна потенційна перевага, яку на практиці складно досягти. Насамперед це зумовлено тим, що відомі сторожові пристрої зазвичай реалізують метод контролю напруги АТЛ. Основними недоліками контролю напруги є потреба налаштування приладу при першому підключенні на «чистій» лінії для реєстрації «еталонного» значення напруги, причому перевірка на «чистоту» потребує використання інших методів контролю, висока вірогідність помилкових спрацьовувань, пов'язана із дрейфом параметрів абонентських телефонних ліній, вимога переналаштування пристрою, що працює у сторожовому режимі, при заміні телефонного апарату.

Таким чином, на цей час склалася ситуація, коли з позицій інформаційної безпеки найбільш затребуваними є сторожові пристрої контролю АТЛ, проте вони мають низку недоліків, передовсім недостатню достовірність результатів контролю, особливо на тлі вдосконалення характеристик засобів технічної розвідки. З іншого боку, найдосконалішими з погляду точності є пристрої виявлення нелегальних підключень на знеструмлених лініях. Тому актуальним є пошук шляхів підвищення точності і достовірності сторожових пристроїв, розроблення нових і вдосконалення існуючих методів їх побудови, забезпечення інваріантності до впливу дестабілізуючих факторів, які притаманні АТЛ у робочому стані.

1. Дудикевич В.Б., Хома В.В., Пархуць Л.Т. *Захист засобів і каналів телефонного зв'язку: Навчальний посібник.* – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2012. – 212 с.

2. Ленков С.В. *Методы и средства защиты информации. В 2-х томах / Ленков С.В., Перегудов Д.А., Хорошко В.А. Под ред. В.А.Хорошко.* – К.: Арий, 2008. – Том 1. *Несанкционированное получение информации.* – 464 с.

3. Хорев А.А. *Классификация электронных устройств перехвата информации. Спецтехника и связь.* – 2009. - № 1. – с. 46–49.

4. Хома В.В. *Методи і засоби технічного захисту інформації на абонентських телефонних лініях.* / В.В. Хома // *Автоматика, вимірювання та керування* № 639. – Л.: Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка", 2009. – С. 87–93.

5. Максимов Ю.Н., Сонников В.Г., Петров В.Г. и др. *Технические методы и средства защиты информации.* – Санкт-Петербург: ООО Издательство Полигон, 2000, с. 320.

В. А. Науменко, С. Д. Недзельский, к.т.н.

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СЧЕТЧИКОВ ГАЗА

Ключевые слова: ультразвуковые счетчики газа, метрологические характеристики, повышение точности, погрешности измерений, расход газа

В связи с постоянным ростом цен на энергоресурсы все более ужесточаются требования к точности их учета, а следовательно, и к приборам, выполняющим такие функции. В настоящее время возрастает не только спрос на средства измерения расхода, но и требования к их метрологическим характеристикам. В связи с этим и наблюдается повышение потребности в высококачественных средствах измерения расходов.

Как показывает практика, ультразвуковые расходомеры в последние годы приковывают к себе все большее внимание, поскольку находят широкое применение во многих областях народного хозяйства. Они с успехом заменяют расходомеры других типов при измерении практически любых сред. Ультразвуковые расходомеры имеют ряд существенных преимуществ перед остальными средствами измерения расхода. Когда при выборе того или иного метода измерения в качестве приоритетных ставятся такие критерии, как высокая точность, повторяемость, простота калибровки и надежность, то более предпочтительным зачастую является именно ультразвуковой метод.

Ультразвуковая технология – это одна из немногих технологий, позволяющих измерять любые среды: жидкости, газы и даже пар. Измерение практически без потерь давления может сэкономить значительные затраты на насосное оборудование особенно там, где требуются высокое давление в магистрали или длинные дистанции транспортировки тех или иных сред.

Но задачи последующего повышения эффективности ультразвукового метода, в частности, точности, актуальны и по сей день. Особенно, когда речь идет об измерении очень дорогих сегодня энергоресурсов.

Перспективы повышения точности измерений в основном кроются в особенностях метода измерений и технологии производства реализующих этот метод приборов, поэтому интерес представляют факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс измерения, а также пути устранения вызываемых ими погрешностей.

Анализ современной литературы, нормативных документов (в частности, европейских стандартов и рекомендаций ISO 17089-1, OIML R 137-1) а также опыта многолетней эксплуатации выпускаемых предприятием счетчиков газа ГУВР-011 показывает, что рабочие характеристики ультразвуковых счетчиков зависят от ряда внутренних и внешних факторов.

Внутренние факторы (относящиеся к счетчику и его калибровке перед поставкой) включают:

- 1) геометрию корпуса счетчика и местоположения преобразователей электроакустических (ПЭА), а также неопределенность, с которой они известны (включая коэффициент, зависящий от температуры и давления);
- 2) точность и качество преобразователей и электронных компонентов, используемых в электрической схеме измерения времени прохождения импульсов;
- 3) методики, применяющиеся для измерения времени прохождения и вычисления средней скорости;
- 4) калибровку (включая соответствующую компенсацию задержек сигнала в электронных компонентах и преобразователях).

Внешние факторы (относящиеся к потоку и условиям окружающей среды в том или ином применении) включают: 5) профиль скорости потока; 6) параметры рабочей среды; 7) распределение температуры; 8) пульсации потока; 9) шум, акустический и электромагнитный; 10) твердые и жидкие загрязнения; 11) сохраняемость размеров длительное время.

Перечень факторов, влияющих на метрологические характеристики счетчиков, по сути, определяет направление деятельности предприятия по улучшению этих характеристик.

Погрешности, определяемые геометрическими параметрами счетчика. Эти погрешности имеют разное происхождение. Во-первых, это заложенные на стадии создания конструкторской документации допуски на диаметры врезных секций (корпусов) счетчиков. Именно из-за них в ряде случаев можно получить ступеньку при присоединении счетчика к измерительному

трубопроводу. Данная ступенька может существенно отразиться на конечном результате измерения. По данным исследований, проведенным предприятием «Энергоучет» ступенька в 3% приводит к появлению погрешности 0,1-0,15 % даже у многолучевых счетчиков. Во избежание негативного влияния ступенек, а также для реализации возможности присоединения счетчиков к измерительному трубопроводу, диаметр которого отличается в пределах заданного допуска от диаметра корпуса счетчика, используются конические переходы, исключая отрыв пограничного слоя от стенок трубы, тем самым, исключая искажения эпюры скоростей, и, соответственно, внесение погрешности в измерительный процесс.

Решением этой проблемы является высокая степень точности изготовления деталей с целью исключения погрешностей, связанных с неточностью выполнения того или иного размера корпуса (врезной секции) счетчика.

Во-вторых, при присоединении счетчика к измерительному трубопроводу может иметь место разная шероховатость внутренних поверхностей трубы и счетчика. По результатам проведенных исследований погрешность может достигать до 0,3 % при использовании труб с высокой степенью коррозии, равномерно образованной на внутренней поверхности труб.

На практике зачастую бывает весьма тяжело разделить коррозию от загрязнения или осадочного налета, который образуется на стенках труб, причем весьма неравномерно по окружности, но как первая, так и вторая субстанция приводят к уменьшению проходного сечения счетчика, а значит, к появлению дополнительной составляющей погрешности.

Один из путей уменьшения влияния данного фактора – применение калиброванных прямых участков, обработанных с высокой точностью, как до счетчика, так и после него.

Погрешность от измерения времени. В ультразвуковом методе определения расхода процесс измерения времени является неотъемлемой частью. Использование высокоточной и стабильной электроники, высококачественных кварцевых излучателей, оригинальных методов измерения коротких временных интервалов позволяет свести погрешность измерения времени практически к нулю. Таким образом, можно считать, что процесс измерения временной задержки прохождения акустических сигналов полностью отработан и не вносит неточностей при проведении измерений.

Калибровка. Заключительным этапом компенсации погрешностей, определяемых неопределенностями измерения геометрических параметров, времени, преобразователей, является калибровка счетчиков на поверочной установке. После калибровки погрешности измерения расхода, вызванные указанными неопределенностями, компенсируется. Единственная остающаяся неопределенность по месту калибровки – это неопределенность самого калибровочного коэффициента.

При установке счетчика по месту эксплуатации появляется дополнительная неопределенность вследствие специфики рабочих условий и монтажных эффектов по месту эксплуатации, которые отличаются от условий по месту калибровки.

Данная проблема решается путем максимального приближения условий испытаний к условиям эксплуатации. Иными словами, после калибровки (в условиях эталонного потока) на установке моделируется стандартизированный набор возмущений (испытания в «полевых» условиях), позволяющих проверить качество передачи калибровочной кривой к месту эксплуатации счетчика. Методика проведения данных испытаний приведена в OIML R 137-1.

Такие испытания счетчиков проводятся на предприятии «Энергоучет». Испытания ведутся в соответствии с определенной программой, цель которой состоит в определении точности и повторяемости показаний счетчиков в разных условиях. Повторяемость каждого счетчика ГУВР-011 находится в пределах $\pm 0,3$ %, что является весьма высоким показателем стабильности средств измерений.

Важным показателем метрологических характеристик счетчика является воспроизводимость. В соответствии с требованиями ISO 17089, счетчик должен быть испытан в одних и тех же условиях установки с интервалом времени не менее одного месяца.

Предприятие АО «Энергоучет» провело подобное испытание со счетчиком ГУВР-011, проведя калибровку на своем стенде на рабочей среде «воздух», затем испытав его на Датской установке «Forge Technology» на рабочей «природный газ» и, затем, снова проведя испытания на своем стенде. Результаты показали требуемую воспроизводимость (в пределах 0,3%).

В настоящее время одним из важных направлений своей деятельности предприятие «Энергоучет» считает исследования долговременной стабильности (в течение до одного года) метрологических характеристик счетчиков газа ГУВР-011.

Погрешность, вносимая искажениями профиля скорости потока и изменениями параметров рабочей среды. Данная погрешность прежде всего связана с динамическим коэффициентом вязкости газа. Неточность определения этого коэффициента вносит, пожалуй, самую большую долю в суммарную погрешность прибора. Некорректное принятие того или иного значения поправочного коэффициента может давать до 5% погрешности особенно в нижней части диапазона измерений.

Для уменьшения этой величины часто используют многохордовые схемы зондирования потока, благодаря которым, в частности при задействовании 5 хорд, разброс погрешностей показаний уменьшается до $\pm 0.3\%$.

Традиционно этот коэффициент вычисляется по формуле, выведенной на базе степенного закона распределения скоростей в потоке по данным измерений, проведенных Никурадзе.

Проблема состоит в том, что предложенная теория подходит лишь для случая практически идеальной трубы без изменения ее конфигурации, т.е. сужений, расширений, без наличия на расходомерном участке «карманов» около ультразвуковых датчиков, и т.д. Кроме того, предложенная формула не учитывает асимметрию потока, приводящую к неравномерному распределению скоростей, в результате которого измеренная средняя скорость не будет соответствовать реальной. Выходит, что для получения истинных значений поправочного коэффициента целесообразно провести численный эксперимент, а для оценки его достоверности сравнить полученные результаты с результатами натурного эксперимента. Впоследствии такой путь даст огромную экономию временных и материальных затрат.

Для оценки адекватности результатов численного моделирования используется образцовый проливной стенд.

Такой сложный научный подход на самом деле оправдывает себя, поскольку помогает определить «динамическую специфику» работы узла учета в разных условиях, а значит создавать прибор с высокой стабильностью показаний.

Эффективным решением указанных проблем является созданный предприятием «Энергоучет» четырехканальный счетчик ГУВР-011, обеспечивающий измерение расхода газа с погрешностью 0,5.

Температурная погрешность. Эта погрешность определяется влиянием температуры на процесс распределения энтропии скоростей по сечению трубы, а также на характер прохождения в такой среде ультразвукового сигнала. Выявления подобной погрешности зачастую не происходит, поскольку подавляющее большинство испытательных стендов работают в нормальных условиях. В реальных же условиях разница температур весьма существенна, что приводит к образованию дополнительных погрешностей.

Твердые и жидкие загрязнения. Ультразвуковые счетчики не чувствительны к влиянию твердых механических загрязнений и не требуют установки фильтров, что является преимуществом по сравнению с роторными и турбинными счетчиками, где они приводят к износу механических частей и заклиниванию.

Наличие жидкости в измеряемом газе может оказывать существенное влияние на показания счетчика. При большом содержании в потоке газа жидкости результаты измерений с помощью счетчиков, предназначенных для измерений расхода сухого газа, непредсказуемы. Причем при повышении давления и понижении температуры газа с высоким влагосодержанием в трубопроводах могут образовываться гидраты, оседающие в виде твердых кристаллов. Для предотвращения гидратообразования используют подогрев или осушку газа, специальные ингибиторы, конденсатосборники и отстойные камеры на измерительных трубопроводах, периодическую продувку счетчиков

Выводы

Как следует из всего вышесказанного, влияние ряда факторов, дестабилизирующих работу ультразвуковых счетчиков, можно заранее предвидеть и предотвратить, сэкономив при этом большие денежные средства, связанные с неточностью учета. Во многом этому помогает использование программного обеспечения на базе современных методов обработки данных. Кроме того, программное обеспечение дает возможность наиболее полно реализовать в счетчиках функции контроля, учета и анализа нештатных ситуаций, возникающих на объектах эксплуатации.

Оценивая сегодняшние реалии постоянного повышения цен на энергоносители, предприятие «Энергоучет» еще более ужесточает требования к разработке, производству и контролю качества

выпускаемых ею счетчиков газа ГУВР-011. Благодаря этому удалось добиться следующих результатов:

1. Счетчики ГУВР-011 обладают высокой стабильностью показаний во времени, что позволяет обеспечить сохранение метрологических характеристик в течение всего межповерочного интервала.

2. Взаимная нестабильность каналов ГУВР-011 находится в допустимых пределах.

3. Разработан четырехканальный ультразвуковой счетчик газа ГУВР-011 позволяющий проводить учет газа с меньшей погрешностью, а также ультразвуковой счетчик газа ГУВР-011, имеющий в своем составе преобразователи давления и температуры, которые позволяют устранить влияние температуры и давления среды на процесс измерения.

Резюмируя вышесказанное, хочется добавить, что будущее ультразвуковой расходомерии видится за так называемыми смарт-приборами, т.е. «умными» приборами учета, способными к диагностике и предотвращению влияния на измерительный процесс любых нежелательных факторов. С учетом этого, а также многочисленных очевидных достоинств ультразвуковых счетчиков и при высоком качестве их производства можно прогнозировать лидирующие позиции данных средств учета в любых сферах, где речь идет о проведении точных, стабильных и надежных измерений, что позволит сберечь огромные денежные средства, а экономию энергоресурсов сделать действительно экономной.

1. *ISO 17089-1:2010 Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic meters for gas — Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement (Измерение расхода текучих сред в закрытых каналах. Ультразвуковые счетчики расхода газа. Счетчики для измерения передачи и распределения)*

2. *OIML R 137-1&2: 2012 Gas meters. Part 1: Metrological and technical requirements. Part 2: Metrological controls and performance tests (Счетчики газа. Часть 1: Метрологические и технические требования и Часть 2: Метрологический контроль и осуществление испытаний)*

3. *Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. – Л.: Машиностроение, 1989. – 701 с.*

4. *Близнюк В.И., Костылев В.В., Сорокопут В.Л., Стеценко А.И., Стеценко А.А. Ультразвуковые расходомеры и система учета на их основе. // Современные технологии и автоматизация. – 1998. – №2. – С. 56-57.*

5. *Стеценко А.А. Проблемы метрологического обеспечения ультразвуковых счетчиков газа. Материалы конференции «Измерения. Качество. Безопасность». УНИИМ. Екатеринбург. 2012.*

6. *Стеценко А.А. Результаты испытаний ультразвуковых счетчиков газов ГУВР-011 на соответствие требованиям международного стандарта ISO/FDIS 17089-1:2009(E). Материалы научно-практического семинара. Харьков. 2011.*

УДК 006.91

С. Бедухин, Частное акционерное общество «Энергоучет», Харьков
ЭТАЛОНЫ, СОЗДАННЫЕ НА КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ И
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ КОНСТАНТАХ

Ключевые слова: метрология, эталоны, квантовые эффекты, фундаментальные константы, достижения, возможности

Причины создания и развития квантовых эталонов

Как известно, после научно-технической революции XIX в. человечество совершило качественный скачок в области естественных наук и техники, который привел к коренной перестройке технических основ материального производства. Увеличение масштабов производства, появление новых видов техники стимулировали развитие метрологии, как науки, так как возникла нужда в унификации и стандартизации промышленного оборудования и обеспечении единства измерения. В данной ситуации, одним из приоритетных направлений в метрологии становится метрологическое обеспечение измерений. В задачи данной области деятельности входит установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Наряду с метрологией возникли теория измерений, теоретические основы измерительной техники. Появились новые способы измерений, например электрические, оптические, механические. В последние годы, в первую очередь в связи с резкой интенсификацией и автоматизацией процессов производства, усложнением и расширением фронта научных экспериментов, существенно изменились требования к средствам измерений. В связи с этим возник вопрос о новых подходах в создании и хранении эталонов физических единиц.

До 60-х годов XX века основными эталонами физических величин, являлись артефакты – предметы, созданные для хранения единиц ФВ. Но вскоре обнаружилось очень серьезные недостатки данного подхода к воспроизведению и хранению физических величин. Основным недостатком предметных эталонов является подверженность изменениям со временем его характеристик. Стало известно, что за все время существования эталона килограмма, не смотря на все меры предосторожности, его масса изменилась на 50 микрограмм по сравнению с национальными эталонами. Подобные проблемы возникли и с эталоном метра. Принятый в 1791 г. Национальным собранием Франции эталон метра равный одной десятиллионной части четверти дуги парижского меридиана в 1837 г. пришлось пересмотреть. Ученые установили, что в четверти меридиана содержится не 10 млн., а 10 млн. 856 метров. К тому же известно, что происходят хоть и незначительные, но постоянные изменения формы и размеры Земли.

Такое состояние эталонов не может удовлетворять современные научные и технические потребности. Для решений данной проблемы было предложено создание эталонов на базе квантовых эффектов и фундаментальных констант. Данное решение имеет много преимуществ:

- Перспектива создания «вечных эталонов», не зависящих от географического положения, не подвергаемых изменению внешними факторами и не изменяющихся со временем;
- Децентрализация системы поверки и калибровки, которая привязана к государственным эталонам;
- Использование в качестве эталонов физических констант способствуют возрастанию точности измерений;

На данный момент практически все эталоны основных физических величин основаны на квантовых эффектах и фундаментальных константах.

Достижения в сфере создания квантовых эталонов

Самыми известными достижениями в сфере создания квантовых эталонов являются следующие события;

- *Единый эталон длины, времени и частоты;*

Согласно последней Конференции по мерам и весам принято такое определение единицы метр: «Метр — это расстояние, проходимое светом в вакууме за $1/299\,792\,458$ долю секунды». Это определение придаёт ему зависимость от размера секунды. Эталон частоты, задающий атомную секунду, — цезиевый генератор, частота которого $f_{\text{т}} = 9\,192\,631\,770$ Гц лежит в радиодиапазоне. И чтобы измерить частоту лазера ν сравнением с эталонной частотой, надо осуществить переход эталонной частоты в оптический диапазон, то есть умножить её до оптических значений. Однако

эталонная частота имеет нецелочисленную величину и неудобна для преобразований. Поэтому обычно вместо цезиевого генератора используют более низкочастотный кварцевый генератор с удобным значением частоты, например 5 МГц. Но такой генератор имеет гораздо меньшую стабильность частоты и сам по себе служить эталоном не может. Необходимо стабилизировать его частоту по цезиевому стандарту, придав ему такую же стабильность. Это осуществляется при помощи схемы фазовой автоподстройки частоты. Низкая частота кварцевого генератора $f_{кв}$ увеличивается радиотехническими средствами в некоторое число (n) раз и в смесителе вычитается из частоты цезиевого эталона $f_{эт}$. Подбором конкретных значений n и $f_{кв}$ разностную частоту можно сделать приблизительно равной частоте кварцевого генератора:

$$f_{кв} = f_{эт} - n f_{кв}$$

Сигнал разностной частоты после усиления поступает на один вход фазового детектора, а на другой его вход подаётся сигнал частоты $f_{кв}$ от кварцевого генератора. На выходе фазового детектора возникает напряжение, величина и знак которого зависят от отклонения разностной частоты от частоты $f_{кв}$. Это напряжение поступает на блок управления частотой кварцевого генератора, сдвигая её до тех пор, пока она не станет точно равной разностной частоте. Другими словами, любая расстройка частот вызывает появление управляющего сигнала, сводящего эту расстройку к нулю, благодаря чему частота кварцевого генератора автоматически поддерживается неизменной и её стабильность оказывается практически равной стабильности цезиевого эталона. Теперь можно осуществлять передачу этой частоты в оптический диапазон. Для этой цели используется радиооптический частотный мост (РОЧМ), в котором при помощи многозвенной цепочки различных СВЧ-генераторов и промежуточных лазеров субмиллиметрового и инфракрасного диапазонов выполняется последовательное умножение эталонной частоты 5 МГц до значений 10^{14} Гц. Так создаются эталоны частоты в оптическом диапазоне — оптические стандарты частоты. В качестве таких стандартов утверждены пять стабилизированных газовых лазеров.

Следовательно, эталон длины, воспроизводящий метр в его новом определении, реализуется при помощи атомного (цезиевого) эталона времени и частоты, дополненного РОЧМ. Этот комплекс и представляет собой единый эталон ВЧД. При этом характерно, что размеры всех единиц — единицы времени (секунды), частоты (герца) и длины (метра) — задаются всего двумя природными константами: резонансной частотой перехода в атоме цезия-133 и скоростью света в вакууме.

- Квантовый эталон ампера;

Будущее переопределение международной системы единиц через фундаментальные константы требует надежного высокоточного квантового эталона основной единицы силы электрического тока ампера. Однако, надежность любого одноэлектронного источника тока, порождающего номинально квантованный выходной ток путем эмиссии одиночных электронов зарядом e с частотой f , в конечном счете, ограничена стохастическим характером квантово-механического процесса туннелирования. Экспериментально уже исследован путь преодоления этого фундаментального ограничения поочередным подключением тактовых одноэлектронных излучателей с несколькими монолитными одноэлектронными детекторами. Корреляционный анализ временного ряда сигналов детектора в реальном времени показывает ошибочные срабатывания одноэлектронных насосов и позволяет определить отклонение выходного тока от номинального квантованного значения ef . Прототип самодостаточного одноэлектронного квантового эталона электрического тока уже продемонстрирован метрологами.

Для оценки нынешних технических ограничений этой методики предложили схему с пятью насосами и детектором с полосой пропускания увеличенной до 50 кГц, которые могут быть получены с использованием RF-SET технологии. Предполагая далее, что частота накачки насосом $F = 1$ ГГц и вероятность ошибки насоса порядка одной миллионной, как экспериментально показано очень низкая, может быть достигнута относительная неопределенность исправленного выходного тока менее одной стомиллионной. Такое устройство требуется для прямого сравнения хорошо охарактеризованного выходного тока одного электрона через квантовый метрологический треугольник, включающий квантовый эффект Холла и эффект Джозефсона, чтобы заложить основу для будущего переопределения электрических единиц СИ с точки зрения фундаментальных констант. Можно сделать вывод, что концепция учета ошибок, реализованная в ссылающемся на самого себя источнике одноэлектронного тока, является доступным путем для метрологической

точной квантизации нынешнего поколения несовершенных источников тока, страдающих от собственного стохастического характера квантово-механического туннелирования. В сочетании с современным высокоточным масштабированием и методами измерения, в настоящее время такой одноэлектронный эталон мог бы закрыть концептуальный разрыв между макроскопической, нано и одночастичной электроникой.

Возможности развития в сфере квантовых эталонов

На данный момент самой перспективной разработкой в сфере квантовых эталонов является создание эталона массы. Если будет создан эталон массы на основе квантовых эффектов, то многие существующие эталоны перейдут в разряд "вечных", поскольку размерности их величин так или иначе связаны с массой.

Международная команда исследователей из Германии, Австралии, Италии и Японии под эгидой Немецкой лаборатории стандартов (German standards laboratory) хочет переопределить килограмм как массу определённого числа атомов. В лаборатории сделан совершенно круглый килограммовый шар из чистого кристаллического кремния.

Хотя число атомов кремния, составляющих уникальный объект, ещё не подсчитано, методика уже вызывает критику из другого лагеря, сплотившего учёных из США, Англии, Франции и Швейцарии. По их мнению, с сегодняшними технологиями невозможно точно сосчитать число атомов, поэтому килограмм легче и надёжнее вычислить, используя электрическое напряжение. Проект «электронный килограмм» ведётся в вашингтонском Национальном институте стандартов и технологии. В работе используется сложный механизм, называемый балансом Ватта. В основу методики положена эквивалентность механической и электрической мощности. Следует создать электромагнитное поле, поместить в него эталонный килограмм, и измерить параметры эксперимента. Поскольку гравитационное поле постоянно и детерминировано местоположением трёхэтажной установки, через эталонный килограмм можно связать значения механических и электрических величин. Правда, надо ещё учесть приливно-отливные воздействия, а прочие проявления внешней среды можно исключить, поместив установку в глубокий вакуум. Измерив значения длины, времени, электрического тока и сопротивления можно квантовым способом оцифровать и основную единицу — килограмм. Подобным образом была уже определена масса электрона. По информации New York Times, секция массы ВМР, инстанция, в конечном счёте, определяющая судьбу килограмма, склоняется к последнему подходу, но сделать окончательный выбор пока очень сложно. Разница в результатах, полученных альтернативными способами, слишком велика.

Вывод

Исторический анализ развития метрологии выявил явные преимущества применения квантовых эталонов. Высокоточные воспроизведения единиц и успехи в реализации квантовых эффектов создали благоприятные условия для дальнейшего пересмотра определений ряда единиц в направлении их привязки к фундаментальным постоянным.

1. Балонишников А. М., Герберг М. З., Старобогатов Р.О. *Квантовый эталон ампера* // *Научный электронный архив*.
2. Голубев А.Д. «В погоне за точностью: единый эталон времени – частоты – длины» // *Наука и жизнь*. – 2009 г. - №2.
3. Н. Scherer, В. Camarota, // *Measurement Science and Technology* 23, – 124010, - 2012 г.
4. Бронфман А. «Час от часу не легче: эталон килограмма надо спасать» // *Membrana*. – 2003 г.- *электрон. дан.* – Режим доступа: <http://www.membrana.ru.>, свободный.

УДК 621.317.089.6, УДК 004.4

І. П. Микитин, д.т.н., проф., Т. Фрьогліх д.т.н., проф., О. М. Олеськів, аспірант
ОСОБЛИВОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕВІРКИ ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ З РІЗНИМИ СТРУКТУРАМИ

Ключові слова: Засіб вимірювання, програмне забезпечення, метрологічна перевірка, структурна схема, вбудована система керування, кібер-фізична система

Вступ. Застосування програмного забезпечення (ПЗ) та мікроконтролерної техніки дозволило істотно зменшити аналогову та цифрову частину засобів вимірювання. Враховуючи це, зростають вимоги до програмного забезпечення. Некоректна програмна реалізація алгоритмів розрахунку та опрацювання результатів, невідповідність ПЗ вимірювальній задачі, випадкова або навмисна зміна функцій ПЗ може призвести до виникнення додаткової похибки вимірювання. Тому **актуальним** є дослідження впливу ПЗ на метрологічні характеристики засобів вимірювання (ЗВ).

Структура засобу вимірювання може впливати на процес, а інколи, і можливість проведення метрологічної перевірки ПЗ. Не завжди є доступ до ПЗ, що ускладнює, а в деяких випадках і унеможливує перевірку ПЗ. З іншого боку, відсутність доступу до ПЗ покращує його захищеність, так як немає можливості його навмисної зміни або пошкодження.

Метою роботи є дослідження впливу структур засобів вимірювання на можливість проведення метрологічної перевірки програмного забезпечення.

За структурою засоби вимірювальної техніки умовно можна розділити на: автономні ЗВ; ЗВ, які функціонують на базі персонального комп'ютера (ПК); інформаційно-вимірювальні системи; вбудовані системи керування; кібер-фізичні системи.

Автономні ЗВ (рис.1) є цільовими пристроями, що мають встановлений набір вимірювальних функцій. Перетворення вимірюваної величини і опрацювання вимірювальних даних виконується з використанням внутрішніх апаратних і програмних засобів. Автономні ЗВ характеризуються такими загальними технічними особливостями: закритий корпус; може мати інтерфейс для передавання даних, можливість зберігання результатів вимірювання на зовнішньому накопичувачі, тощо [1, 2].

Програмне забезпечення автономного ЗВ є недоступним для перевірки при експлуатації. Проводиться тільки перевірка ЗВ в цілому: аналогової, цифрової і програмної частини. А метрологічна перевірка ПЗ можлива лише на етапі проектування ЗВ.



Рис. 1. Структурна схема автономного ЗВ

Як один з різновидів автономного ЗВ можна розглядати **автономний ЗВ з додатковим входом** [3], що дозволяє реалізувати необхідне тестування програмного забезпечення не лише на етапі розроблення ЗВ, а й під час експлуатації.

Основною особливістю **ЗВ на базі ПК** (рис. 2) є те, що до складу ЗВ входить персональний комп'ютер [2, 4]. Причому опрацювання результатів вимірювання може проводитися:

1. тільки на ПК;
2. частково на МК та частково на ПК.

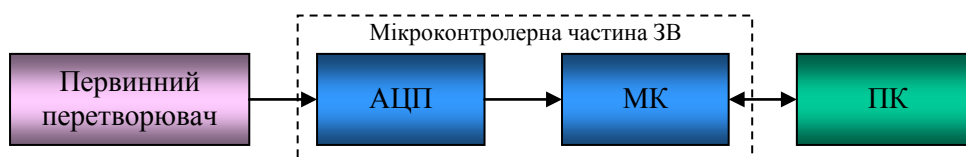


Рис. 2. Структурна схема ЗВ на базі ПК

Обмін інформацією між ПК та мікроконтролерною частиною ЗВ може відбуватися через будь-який стандартний інтерфейс ПК. Якщо опрацювання результатів вимірювання відбувається лише на ПК, то немає перешкод для метрологічної перевірки ПЗ. Існує можливість подавання

зразкових тестових послідовностей чисел через інтерфейс до ПЗ, яке проводить опрацювання результатів вимірювань за певним алгоритмом. Отриманий результат опрацювання тестової послідовності програмним забезпеченням, що перевіряється, порівнюється із зразковим результатом та робиться висновок про придатність ПЗ до подальшого використання. Для метрологічної перевірки ПЗ можуть також використовуватись інші методи [5]. У випадку, коли частина ПЗ розміщена на мікроконтролері, його перевірка є аналогічною перевірці ПЗ автономних ЗВ.

Інформаційно-вимірювальні системи (рис. 3) є сукупністю функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних та інших допоміжних технічних засобів, що призначені для отримання вимірювальної інформації, її перетворення, опрацювання для представлення споживачу в необхідному вигляді, а також автоматичного контролю, діагностування, ідентифікації тощо [6].

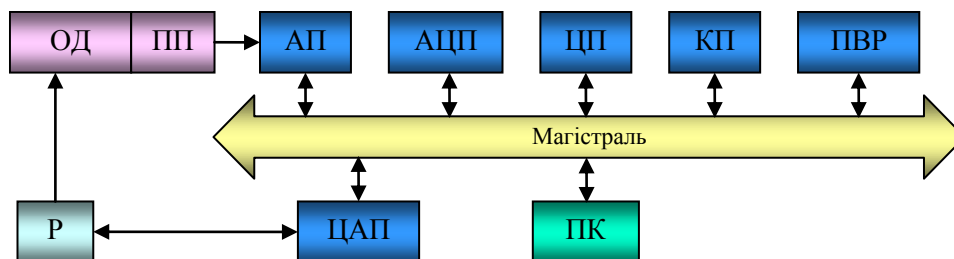


Рис. 3. Узагальнена структурна схема вимірювальної системи: ОД - об'єкт дослідження; ПП – первинні перетворювачі; Р – регулятори; АП – аналогові перетворювачі; АЦП – аналогово-цифрові перетворювачі; ЦАП – цифро-аналогові перетворювачі; ЦП – цифрові прилади; КП – канали передавання; ПВР – пристрої відображення та реєстрації; ПК – персональний комп'ютер [6]

При реалізації ІВС для конкретної вимірювальної задачі наявність всіх функціональних блоків (рис. 3) не є обов'язковою. Характерними областями застосування вимірювальних систем є управління технологічними процесами, наукові дослідження, тощо. Вимірювальна система, як правило, виконується з незалежних функціональних блоків (модулів): АЦП, ЦАП, цифрових приладів (мультиметр, генератор, дисплей і т. п.). ІВС є гнучкими системами, які можна легко нарощувати і змінювати програмне забезпечення. Якщо в ІВС відбулися структурні зміни, що поміняли алгоритм опрацювання результатів вимірювання, то така система, і ПЗ зокрема, можуть потребувати повторної метрологічної перевірки. Програмне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем, залежно від конфігурації, може бути як вбудованим в ІВС (інтегрованим), так і знаходитися на ПК (прикладне). У першому випадку доступ до ПЗ переважно закритий і такий блок ІВС потрібно перевіряти в цілому. У другому випадку перевірка ПЗ може проводитися із використанням зразкової тестової послідовності чисел, що подаються на ПК, або іншими методами [5].

Вбудована система керування (ВСК) – система керування, конструктивно інтегрована в устаткування. Обов'язковий для багатьох ВСК компонент – інтерфейс із системою керування більш високого рівня – промисловим комп'ютером. ВКС вирішують певні специфічні завдання; будуються на основі різноманітного асортименту процесорів та архітектур; мають певні обмеження за вартістю, тепловиділенням, тощо та вимагають менше ресурсів, ніж звичайний комп'ютер [7].

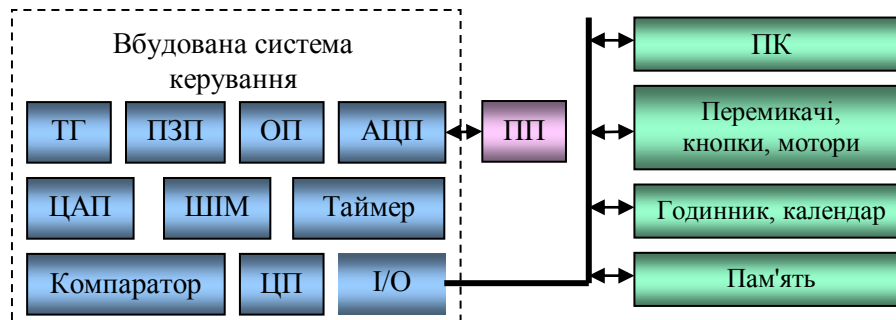


Рис. 4. Архітектура типової вбудованої системи; ПП – первинні перетворювачі; ОП – оперативна пам'ять; ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій; ТГ – тактовий генератор; ШІМ – широкоімпульсний модулятор; ЦП – центральний процесор; I/O – пристрої вводу-виводу

Як і для ІВС, програмне забезпечення ВСК може бути як інтегрованим, коли опрацювання результатів вимірювання відбувається тільки у ВСК, так і прикладним, якщо частина опрацювання відбувається на ПК (рис. 4). ВСК перевіряється в цілому, а ПЗ, яке розміщене комп'ютері – із використанням зразкової тестової послідовності чисел або іншими методами.

Кібер-фізичні системи (КФС) це системи, що об'єднують інформаційні і програмні компоненти з механічними або електронними компонентами, які «спілкуються» за допомогою комунікаційної інфраструктури, такої як Інтернет в режимі реального часу (рис. 5) [8]. Це, як правило, великі складні системи, які здійснюють опрацювання інформації і виконують функції моніторингу та управління обладнанням.

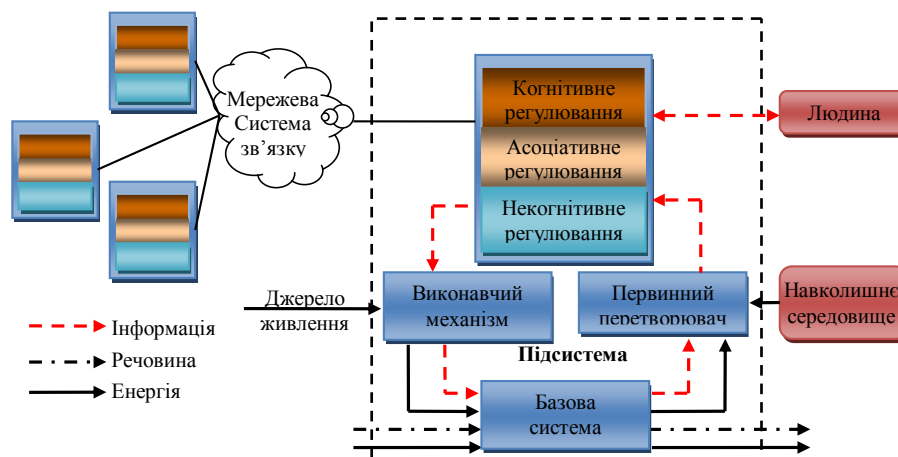


Рис. 5. Узагальнена структурна схема кібер-фізичної системи [9]

КФС є подальшим розвитком вбудованих систем. КФС включають в себе апаратне забезпечення і оптимізовані системи, які зазвичай виконують певні визначені функції [8]. Складність і питома вага ПЗ в КФС стрімко зростає. В перспективі компоненти КФС, використовуючи можливості Інтернету, можуть змінювати свою конфігурацію та об'єднуватися в єдину систему для виконання певної задачі. Під час конфігурації змінюються функції КФС та використовуються інші блоки та програмні засоби. Тому для коректної роботи такої системи після конфігурації потрібно проводити метрологічну перевірку засобів вимірювання КФС. Завдяки Інтернету такі системи можна перевіряти через віддалений доступ.

Висновки. Проведені дослідження показали, що різні структури ЗВ потребують відповідної перевірки в залежності від можливості доступу до ПЗ. ЗВ, які мають інтегроване ПЗ, можна перевіряти тільки в цілому. ПЗ, що розміщене на ПК, перевіряється зразковими тестовими послідовностями чисел або іншими методами перевірки.

1. ВЭЛМЭК – 7.2 Руководство по программному обеспечению МОСКВА 2009. – 130 с.
2. Классификация программного обеспечения средств измерений. [Електронний ресурс] – Режим доступу до інформації: http://testrussia.ru/doc/classification_soft.pdf.
3. Проблемы аттестации встроенного программного обеспечения средств измерений. Дудыкин А.А., Кудеяров Ю.А., Паньков А.Н. Законодательная и прикладная метрология, № 1, 2007 г.
4. Віртуальний вимірювальний комплекс для дослідження перехідних процесів в електричних колах довільної конфігурації. [Електронний ресурс] – Режим доступу до інформації: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/50831/09-Tarasenko.pdf?sequence=1>.
5. Аналітичний огляд процедур та методів метрологічної перевірки програмного забезпечення засобів вимірювання. Ольга Олесків, Ігор Кунець, Ігор Микитин
6. Измерительные системы. [Електронний ресурс] – Режим доступу до інформації: <http://toe-kgei.ru/mcc/91-metrology>.
7. Проектування вбудованих комп'ютерних систем. Одеса 2008 – 89 с.
8. Cyber-physische Systeme. [Електронний ресурс] – Режим доступу до інформації: <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/cyber-physische-systeme>.
9. Technologie-Konzept. [Електронний ресурс] – Режим доступу до інформації: <http://www.its-owl.de/technologie-netzwerk/strategie/technologie-konzept/>.

УДК 004.72+519.713(075)

Е. Павлов, студент НАУ, А. Безвершнюк, студент НАУ

БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Ключевые слова: сенсор, беспроводная сеть, мониторинг, коммуникационные технологии, протокол передачи информации, автономность датчиков, маломощное потребление энергии

В настоящее время задача построения распределенных систем сбора данных и мониторинга технологических процессов как никогда актуальна в самых различных областях жизнедеятельности человека. В качестве регистрирующих элементов используются различного рода датчики. В зависимости от среды передачи сигналов датчики могут быть проводными и беспроводными. Достоинствами беспроводных датчиков являются минимальные ограничения по их размещению, возможность установления таких датчиков на эксплуатируемом объекте без вмешательства в процесс функционирования, надежность и отказоустойчивость всей системы в целом при нарушении отдельных соединений между узлами. Благодаря развитию элементной базы, миниатюризации интегральных микросхем и появлению новых технологий передачи информации, беспроводные датчики стали реальностью и применяются во многих сферах жизнедеятельности человека с целью автоматизации процессов сбора информации, мониторинга и контроля характеристик разнообразных технических и природных объектов.

Беспроводная сенсорная сеть (БСС) – это распределенная сеть необслуживаемых миниатюрных электронных устройств (узлов сети), которые осуществляют сбор данных о параметрах внешней среды и передачу их на базовую станцию посредством ретрансляции от узла к узлу с помощью беспроводной связи [1]. Узел сети, называемый сенсором, содержит датчик, воспринимающий данные от внешней среды (собственно сенсор), микроконтроллер, память, радиопередатчик, автономный источник питания и иногда исполнительные механизмы. Возможна также передача управляющих воздействий от узлов сети к внешней среде [2].

Следует особо выделить такие особенности БСС как способность к самовосстановлению и самоорганизации; способность передавать информацию на значительные расстояния при малой мощности передатчиков (путем ретрансляции); низкая стоимость узлов и их малый размер; низкое энергопотребление и возможность электропитания от автономных источников; простота установки, отсутствие необходимости в прокладке кабелей (благодаря полностью беспроводной технологии и питанию от батарей) [3]; возможность управления инфраструктурой БСС с помощью планшетного ПК; низкая стоимость технического обслуживания.

Особенности беспроводных сенсорных сетей обусловили целесообразность их применения при решении сложных задач в области мониторинга телекоммуникационной инфраструктуры сетей; мониторинга транспортных магистралей (железных дорог, метрополитена и др.), нефте- и газопроводов, инженерных сетей энерго- и теплоснабжения; экологического, биологического и медицинского мониторинга; при контроле и анализе транспортных грузопотоков; автоматизации систем жизнеобеспечения, в том числе и в системах класса «Умный дом»; при выявлении и предупреждении чрезвычайных ситуаций (мониторинг сейсмической активности и вулканической деятельности, анализ атмосферы и прогноз погоды для своевременного предупреждения о наступлении стихийных бедствий) и др.

Одной из проблем применения БСС является снижение энергопотребления. Выбирая экономичные устройства, приходится жертвовать их характеристиками (точностью измеряемых величин, быстродействием и др.). Решая задачу синтеза беспроводных датчиков с низким энергопотреблением, нужно выбирать такие элементы, производительность которых достаточна только для выполнения необходимых функций. Ключевыми элементами, позволяющими реализовать подобную технологию, являются обеспечение высокой плотности размещения и автономности датчиков за счет повышения степени интеграции (что включает в себя и миниатюризацию источников питания), использования высокоэффективных схем управления питанием, а также трансиверов, датчиков и остального схемного обеспечения с минимальным энергопотреблением.

Первой проблемой, встающей перед разработчиком автономных датчиков, является интеграция в микросхему источника питания (ИП). Такой ИП должен содержать в малом объеме достаточно энергии, чтобы обеспечить его автономное функционирование в течение нескольких дней, месяцев или даже лет. Тонкопленочные литий-ионные аккумуляторные батареи довольно

удобны и имеют приемлемую емкость, однако ее недостаточно для питания реального электронного устройства при приемлемых размерах. Разумной альтернативой представляются гибридные системы на основе микроэлектромеханических топливных элементов, дополненных тонкопленочными LiIon-аккумуляторами. Уменьшение потребляемой мощности, однако, ухудшает точность обработки сигнала, т.к. вызывает увеличение ошибок в усилителях с ООС (за счет меньшего петлевого усиления), сужения полосы пропускания (за счет уменьшения токов, перезаряжающих паразитные емкости) и уменьшения соотношения сигнал/шум, а также других факторов. Следовательно, соответствующие меры для уменьшения энергопотребления должны предприниматься на всех уровнях — системном, схемном и компонентном.

Интеграция антенн, датчиков и катушек индуктивности, входящих в схемы, также представляет собой сложную задачу. Эффективность антенн сильно связана с их геометрией и рабочей длиной волны: ее размер должен быть того же порядка или превышать длину волны.

Для кодирования и передачи данных в беспроводных датчиках могут использоваться различные протоколы (Bluetooth, Wi-Fi, Wireless MAN, ZigBee, UWB, GSM, CDMA, NMT, IRDA, EDGE, DECT, INSTEON, Z-Wave, ANT, RuBEE, RFID, X10, UMTS, IDEN, PDC) [4].

Перечисленные выше стандарты подходят для передачи больших объемов информации (голоса, данных, видео) с высокой скоростью (от 1 до 200 Мбит/с). Устройства на их основе способны работать в автономном режиме (от батарей и аккумуляторов) на дальности передачи от 10 до 100 м. Эти стандарты позволяют заменить проводные соединения в устройствах, с которыми имеют дело каждый день (компьютеры, вычислительные сети). Однако существует множество специфических систем (разнообразные датчики, системы сбора информации и т.д.), в приложениях которых невозможно эффективно использовать упомянутые технологии. Для реализации подобных задач был разработан стандарт IEEE 802.15.4 для низкоскоростных WPAN-сетей [5]. Тип протокола определяет набор требований, предъявляемых к передатчику беспроводного датчика, а его выбор зависит от объема и скорости передачи данных, возможностей источника электропитания и т.д. Такие распространенные протоколы, как GSM, Bluetooth или Wi-Fi ориентированы на мобильные устройства (например, сотовые телефоны), потребляющие мощность порядка нескольких милливольт при достаточно широкой полосе пропускания. Беспроводные датчики с автономным электропитанием формируют меньший объем передаваемых данных, что позволяет использовать гораздо более узкополосные протоколы и, как следствие, осуществлять питание источниками микроваттной мощности, например, солнечного излучения, использовать электрохимические батареи, магнитоэлектрические или изотопные источники, которые имеют ряд недостатков.

В целом при проектировании и построении сенсорных сетей должно учитываться множество аспектов, связанных с решением научно-технических задач, относящихся к различным областям инфокоммуникационных технологий. К существующим исследовательским проблемам в области БСС можно отнести разработку узлов сети, их структуру и топологию; маршрутизацию и адресацию; защиту от несанкционированного доступа; покрытие; самоконфигурирование, самооптимизацию и самовосстановление; сбор и агрегацию данных; энергопотребление сети и увеличение общего времени работы сети; связность антенн, приёмников и передатчиков; повышение точности обработки собираемой информации; надёжность, живучесть и безопасность; протоколы взаимодействия; а также генерацию, модуляцию, излучение и распространение радиосигналов.

1. Nitaigour, P.M. (Editor) *Sensor networks and configuration fundamentals, standards, platforms, and applications* / P.M. Nitaigour // Springer. — 2007. — 510 p.

2. Кучерявый, Е.А. *Принципы построения сенсоров и сенсорных сетей* / Е.А. Кучерявый, С.А. Молчан, В.В. Кондратьев // *Электросвязь*, 2006. — №6 — С.10-15.

3. *Беспроводные системы на базе сенсорных сетей для автоматизации объектов нефтяной промышленности* / URL: <http://www.ipmce.ru/img/release/oil.pdf>.

4. Колыбельников, А.И. *Обзор технологий беспроводных сетей* / А.И. Колыбельников // *Труды МФТИ*. — 2012. — Т. 4, № 2. — С. 3–29.

5. Панфилов, Д., Соколов, М. *Введение в беспроводную технологию ZigBee стандарта 802.15.4*. — URL: <http://www.freescale.com/files/abstract/global/s50210.pdf>.

Н. І. Петришин, к.т.н.

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ВИМІРЮВАННЯМИ НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ ОБЛІКУ ГАЗУ

Ключові слова: проектування вузлів обліку, лічильник газу, управління вимірюваннями, метод аналізу ієрархій

Проектування вузлів обліку природного газу при наявності широкого розмаїття видів, типів і типорозмірів витратовиміральної техніки, як правило, з ідентичними нормованими метрологічними характеристиками вимагає об'єктивного вирішення питання вибору найліпшого (або оптимального) варіанту технічних засобів виміральної системи. В першу чергу для газозбутових організацій та їх споживачів ця проблема буде стосуватись вибору типу і типорозміру лічильника газу (для газотранспортних організацій також можливий варіант застосування методу змінного перепаду тиску).

В [1, 2] наведено вимоги до проектування процесу вимірювання, де акцентовано увагу, що вибір елементів системи (в нашому випадку лічильників газу) та меж контролю повинно бути суміжним з ризиком неспроможності відповідати встановленим вимогам. Ці елементи та заходи контролю необхідно визначати з врахуванням впливових факторів газового середовища, умов довкілля, застосовуваних приладів та методів вимірювання, а також особистих навиків оператора.

Загальною вимогою до вимірвальних систем є їх точність та можливість зменшення випадкових та систематичних похибок до такого рівня, який вимагається контрактними або законодавчими вимогами. Спроектвані на основі такої виміральної системи вузли обліку повинні забезпечувати правильне функціонування у всьому діапазоні регламентованих тисків і температур газового середовища, тобто максимального і мінімального робочого тиску, мінімального тиску на вході вузла обліку, максимальної та мінімальної робочої температури газу та навколишнього середовища. Також повинна враховуватись якість природного газу за рівнем домішок, вологості тощо.

Вимірвальна системи для обліку газу в загальному випадку складається із лічильника та коректора з первинними перетворювачами тиску та температури, необхідного для визначення об'ємної кількості переданого газу. Нормативними документами [3 - 6] встановлені рекомендації та вимоги щодо вибору лічильників газу з врахуванням особливостей їхньої роботи за наявності окремих впливових факторів. До таких факторів відносять густину газу за робочих умов, наявність твердих домішок, конденсованої рідини в газі, характеру зміни потоку газу, його пульсації, перевантажень по максимальній витраті, довжин прямих ділянок до та після лічильника газу, можливість створення небезпечних ситуацій в газопостачанні при відмові лічильника газу. Вплив даних факторів на роботу конкретного типу лічильника є різним. Так, наприклад, збільшення густини газу в робочих умовах може приводити до зміни мінімальної витрати турбінними лічильниками і збільшує ризики роботи роторних лічильників. Наявність твердих тіл в газовому середовищі приводить до заклинювання роторів роторних лічильників та пошкодження лопаток у турбінних лічильниках. Даний фактор практично не впливає на роботу ультразвукового лічильника газу. Разом з тим наявність рідини (підвищена вологість газу, наявність конденсату) впливає на роботу ультразвукового лічильника та може привести до корозії матеріалів, з яких виготовлено турбінний та роторний лічильник газу. Також вагомим фактором при виборі лічильника газу є його вартість, так як аналогічні типи імпортованих лічильників, що ввозяться за відповідними правилами, та лічильники вітчизняного виробництва мають іноді суттєвий ціновий дисбаланс. Таким чином, сукупність взаємодіючих факторів для визначення способу вибору лічильника газу потребує застосування технологій і методологій теорії систем, що дозволяє описати систему та її проблеми в термінах взаємопов'язаної ієрархії з впорядкуванням пріоритетів і вимірюванням відносної інтенсивності взаємодії впливових факторів з метою досягнення цілі. Одним із методів теорії систем, які успішно можна застосувати при виборі типу лічильника газу при проектуванні вузла обліку, є метод аналізу ієрархій (МАІ) [7]. Суть методу полягає в декомпозиції проблеми вибору лічильника газу, як мети поставленої задачі, що є верхнім (вищим) рівнем ієрархії на більш прості складові частини (впливові фактори), які є підсистемами цієї проблеми і знаходяться на нижчому рівні ієрархії. Таким чином, у спрощеному вигляді декомпозиція задачі вибору лічильника в ієрархію подана на рис. 1 (розглядаються три найбільш застосовувані лічильники газу і 10

найбільш впливових факторів). На першому рівні знаходиться вибраний лічильник газу, на другому рівні - впливові фактори, які уточнюють мету, і на третьому місці - три типи лічильників, які будуть оцінюватись.

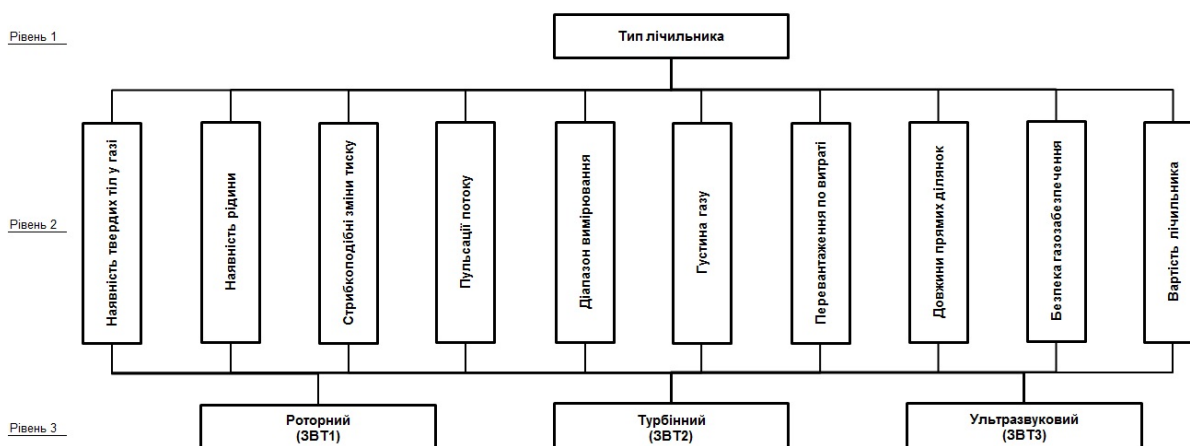


Рис. 1. Декомпозиція проблеми вибору лічильника

В подальшому на основі закону ієрархічної безперервності впливові фактори попарно порівнюються між собою. Суть попарних порівнянь зводиться до оцінки відносної важливості впливових факторів.

Найбільш ефективною бальною шкалою для попарних порівнянь є зворотньосиметрична шкала, запропонована американським вченим Т.Сааті, суть якої полягає в наступному. Число градацій в залежності від важливості показника та компетентності експерта оцінюється балами від 9 (дуже сильна перевага) до 1 (рівна можливість). Якщо при порівнянні одного показника з другим отримано одне із даних чисел (наприклад 5), то для порівняння другого показника першим будемо мати зворотню величину (тобто 1/5). В подальшому формується квадратична (з рівним числом рядків і стовпців) матриця попарних порівнянь впливових факторів, на основі якої на базі середнього геометричного (добутку елементів в кожному рядку матриці і добуваючи з нього корінь n -ї степені, де n - число елементів матриці) вираховуються власні вектори. Для нормалізації отриманих власних векторів до одиниці їх кожне значення ділять на суму всіх значень і отримують оцінки локальних пріоритетів, які визначають відносний вплив множини однорідних показників на показник вищого рівня. На базі локальних пріоритетів, за окремою формулою, визначаються так звані глобальні пріоритети, ранжування яких дозволяє вирішити мету поставленої задачі.

Отже, застосування системного підходу для керування вимірюваннями на стадії проектування вузлів обліку газу є надійним інструментом забезпечення належної точності та вірогідності вимірювань на стадії їх експлуатації.

1. ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання (ISO 10012:2003, IDT).

2. Постанова Кабінету Міністрів України від 8 квітня 2009 р. № 332 “Про затвердження Технічного регламенту щодо суттєвих вимог до засобів вимірювальної техніки” (Офіційний вісник України, 2009 р., № 27, ст. 905; 2012 р., № 3, ст. 85).

3. ДСТУ EN 12261:2006 Лічильники газу турбінні. Загальні технічні умови (EN 12261:2002, IDT).

4. ISO 17089-1:2010 Measurement of fluid flow in closed conduits. Ultrasonic meters for gas. Meters for custody transfer and allocation measurement. (Вимірювання витрати в закритих каналах - Ультразвукові лічильники газу - Частина 1: Лічильники для вимірювання під час комерційного обліку та розподілу).

5. ДСТУ EN 12480:2006 Лічильники газу роторні. Загальні технічні умови (EN 12480:2002, IDT).

6. EN 1776:1998 Gas supply systems — Natural gas measuring stations — Functional requirements. (Системи газопостачання. Вузли обліку природного газу. Функціональні вимоги).

7. Саати Т.К., Кернс К.П. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1991. — 224 с. (Saaty, T. Analytical Planning: The Organization of Systems, with Kevin P. Kearns: Trans. from Eng. — М.: Радио и Связь, 1991. — 224 p.)

І. С. Петришин, д.т.н., проф., Т. І. Присяжнюк, к.т.н., О. А. Бас

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ОДИНИЦІ ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ ПОРШНЕВОЮ УСТАНОВКОЮ З МЕХАНІЧНИМ ПРИВОДОМ

Ключові слова: поршнева установка, об'єм, об'ємна витрата, механічний привід, відтворення, нестабільність, ланцюгова передача

Технічний аспект реалізації поршневою установкою процесу відтворення одиниці об'ємної витрати газу при тиску до 1,6 МПа являє собою складну динамічну систему, ключовим елементом якої є вузол електромеханічного приводу. Оптимальною конструкцією такого вузла приводу є застосування комплексу редукторів із зубчастими передачами: циліндричного редуктора із змінним передавальним відношенням та конічного редуктора, а для перетворення обертового руху приводних валів конічного редуктора в зворотно-поступальний рух поршневих розділювачів є застосування ланцюгової передачі [1].

Ланцюгова передача розробленого вузла приводу поршневої витратовимірної установки (рис. 1) конструктивно складається з ведучої, веденої та двох натяжних зірочок. Разом з тим, використання ланцюгової передачі обумовлено тим, що ланцюги будуть піддаватися впливу розтягувально – стискувальним зусиллям під час руху поршневих розділювачів при переміщенні газу та подоланні сили тертя. Для застосованої ланцюгової передачі використано зірочки з однаковою кількістю зубців ($z_z = 18$ шт [2]), що, в свою чергу, забезпечує стале передавальне відношення, яке рівне одиниці. За способом розташування це похило-горизонтальна ланцюгова передача з роликівими ланцюгами, на робочій приводній вітті ланцюга закріпленій повнотілій палець, який монтується в отворах штоків циліндрів перпендикулярно до напрямку їхнього руху. Послідовно встановлені дві зірочки на робочій та холостій вітках виконують одночасно роль плавного повороту з тупим кутом огинання ланцюга і додатково є натяжними пристроями.

Зі схеми компоновки складових елементів вузла приводу поршневої установки яка показана на рис. 1 зрозуміло, що важливим елементом компоновки приводу є правильне розміщення конічного редуктора в двох площинах, а саме його приводних валів із зірочками. Таке положення редуктора забезпечить рівномірний натяг ланцюгів, їхню сталу довжину і, як наслідок, виключається можливий перекид повнотілого пальця.

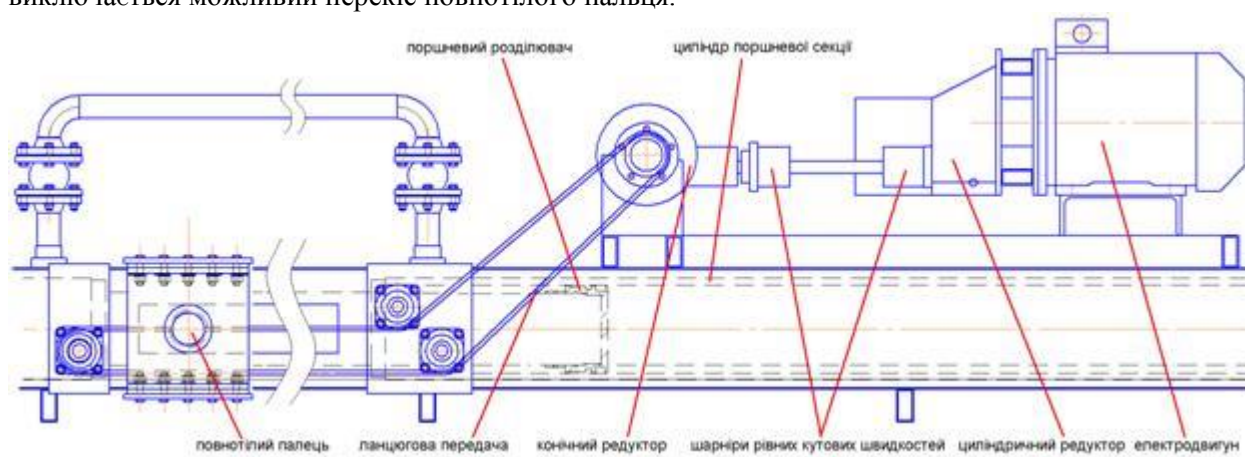


Рис. 1. Схема компоновки вузла приводу поршневої установки

Застосування ланцюгової передачі в комплексі з механічними редукторами та електродвигуном впливає на нестабільність відтворення установкою одиниці об'ємної витрати газу в процесі здійснення заміру. Оскільки основне поступальне переміщення забезпечується обертальним рухом ланцюгів навколо зірочок, які являють собою багатокутник, відповідно, при русі поршневих розділювачів буде наявна пульсація значення об'ємної витрати внаслідок різниці довжини периметра багатокутника та довжини кола, по якому рухаються шарнірні ланки ланцюга. Така особливість буде виражатися в безперервній пульсації та нестабільності за час заміру

значення витрати в межах зміни кроку ланцюга, яка рівна $t_z = 0,01905$ м [3] відносно довжини дуги кола (рис. 2).

Проведемо аналітичний розрахунок стабільності об'ємної витрати газу за геометричними параметрами ланцюгової передачі.

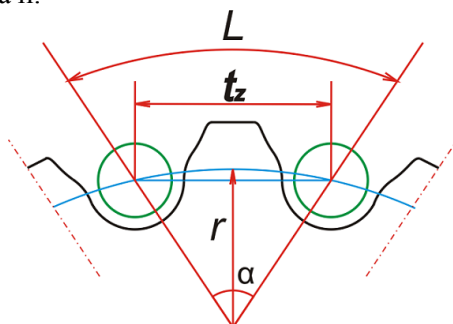


Рис. 2. Співвідношення довжини дуги ділительного кола L до кроку ланцюга t_z

Зважаючи на фізичний принцип рух ланцюгів можна стверджувати, що зміна об'ємної витрати газу буде відбуватись по гармонічному закону. Довжина дуги кола при цьому складає:

$$L = (\pi \cdot r \cdot \alpha) / 180^\circ, \quad (1)$$

де r – розрахунковий радіус ділительного кола зірочки, згідно [2] визначається як

$$r = \frac{t_z}{2 \cdot \sin(\pi/z_z)}; \quad (2)$$

α – кут, по якому визначається довжина дуги, тобто $360^\circ / z_z = 360^\circ / 18 = 20^\circ$;

Таким чином пульсація об'ємної витрати газу визначена як різниця між довжиною дуги та кроком ланцюга, переведена у відсотки складе:

$$q_p = \frac{L - t_z}{t_z} \cdot 100 = \left(\frac{\pi \cdot \alpha}{2 \cdot \sin(\pi/z_z) \cdot 180^\circ} - 1 \right) \cdot 100 = 0,5\%,$$

що в загальному випадку виконує вимоги поставлені до еталонних установок, в яких допускається нестабільність витрати в межах 2 % від заданого значення.

Разом з тим, для врахування впливу пульсацій витрати в межах контрольної ділянки відтворення одиниці об'єму газу, вимірювання проводяться в діапазоні трьох повних обертів ведучої зірочки, що дає можливість визначити середнє значення пульсації за час заміру та врахувати вплив неточності виготовлення зірочки. Крім того, оскільки зірочка має кратну кількість зубців, тому за три оберти відбудеться $3 \cdot 18 = 54$ пульсацій витрати.

Для підтвердження правильності застосованих рішень проведено експериментальні дослідження стабільності переміщення поршневих розділювачів з використанням оптичної лінійки установки, яка закріплена до повнотілого пальця та цифрового записуючого осцилографа. Дослідження проводились згідно схеми на рис. 3 за наступною методикою. Вибиралась необхідна передача циліндричного редуктора при заданій вхідній частоті живлення електродвигуна і таким чином задавалась швидкість переміщення поршневих розділювачів установки. За час руху оптичної лінійки в межах контрольної ділянки з фотодавача формувалися імпульси, аналіз тривалості яких проводився з використанням цифрового записуючого осцилографа. Заміри були проведені на різних швидкостях в межах динамічного діапазону роботи установки.

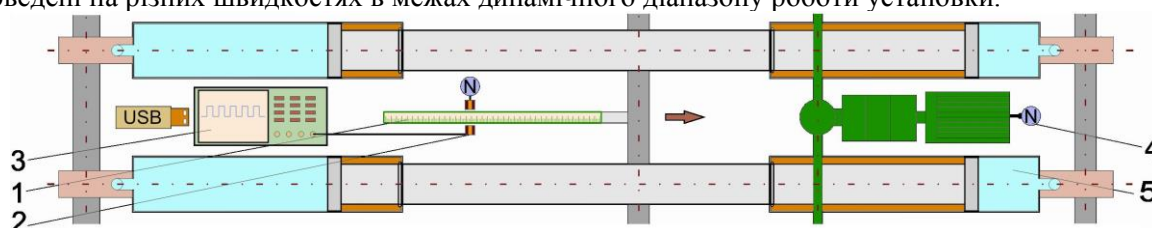


Рис. 3. Схема проведення досліджень нестабільності відтворення одиниці об'ємної витрати газу поршневою установкою
1 – оптична лінійка; 2 – фотодавач-формуваць імпульсів; 3 – цифровий осцилограф; 4 – частотний регулятор обертів електродвигуна вузла приводу, 5 – поршневі секції

Репрезентативні результати досліджень проведені при швидкості переміщення поршнів 0,1 м/с (об'ємна витрата 54,77 м³/год). На рис. 4 показана осцилограма вибірки імпульсів кількістю 40 шт., а на рис. 5 представлений фрагмент графіку імпульсів, отриманий з експериментальних даних.

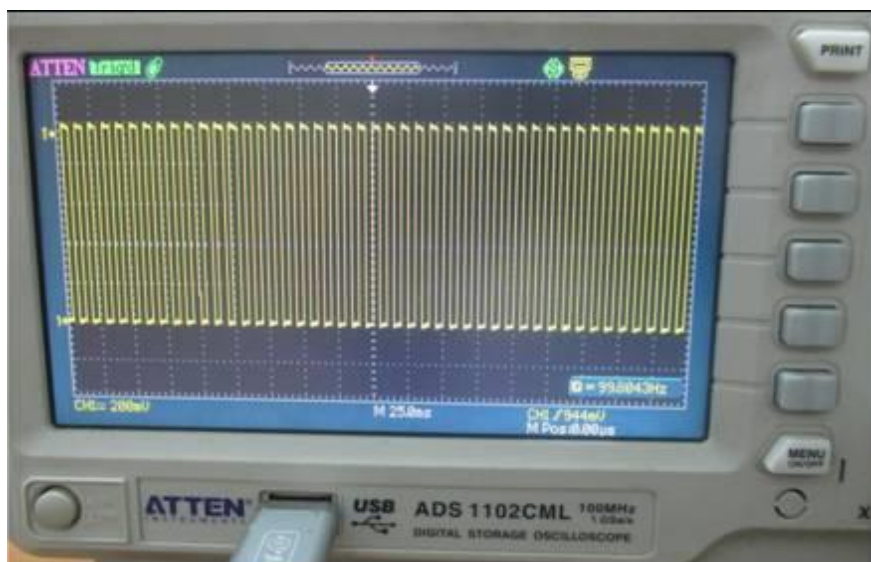


Рис. 4. Осцилограма сигналу з оптичного давача цифрової лінійки

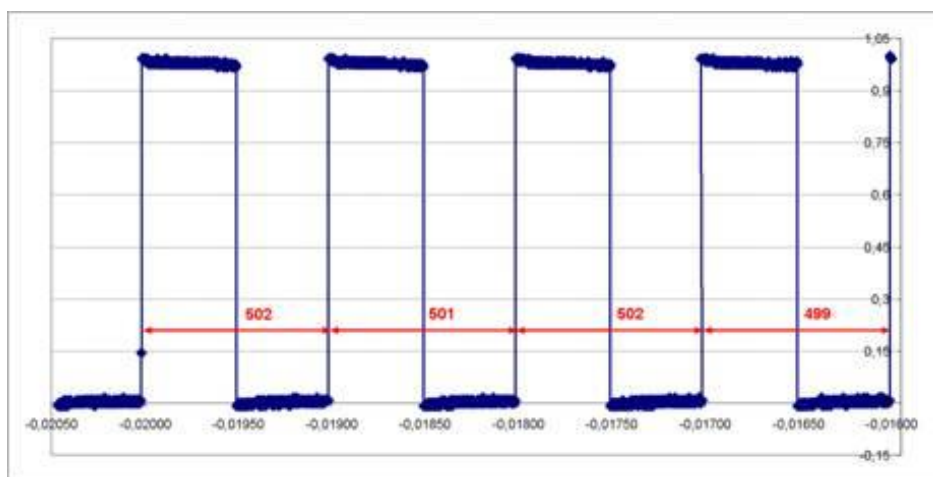


Рис. 5. Фрагмент графіку імпульсів, отриманих з експериментальних даних

В результаті обробки експериментальних даних встановлені межі зміни періоду слідування імпульсів, виражені в кількості дискретних даних цифрового осцилографа в межах одного вимірюного імпульсу, від 499 до 503, середнє кількості дискретних даних становить відповідно 501.

Розрахунок нестабільності проводився за наступною формулою:

$$\delta_{qi} = \frac{n_i - \bar{n}}{\bar{n}} \cdot 100 \quad (3)$$

де n_i – кількість дискретних даних в межах одного вимірюного імпульсу

\bar{n} – середня кількість дискретних даних в межах одного вимірюного імпульсу;

Отримані експериментальні дані показали, що максимальна нестабільність відтворення одиниці об'ємної витрати газу поршневою установкою складає 0,4 %, загалом середнє значення нестабільності з вибірки імпульсів кількістю 40 шт. не перевищує 0,2 %. Це обумовлено масою рухомої частини установки близько 1500 кг, яка забезпечує плавність руху і згладжує пульсації.

1. Бас О.А. Метрологічний аналіз вузла приводу поршневих розділювачів у витратовимірювальних поршневих установках / О.А. Бас, І.С. Петришин, Т.І. Присяжнюк // Методи та прилади контролю якості. – 2014. – №32. – С. 72 – 82.

2. Звездочки к приводным роликовым и втулочным цепям. Методы расчета и построения профиля зуба и инструмента. Допуски: ГОСТ 591-69. – [Чинний від 1970-01-01]. Переиздание, М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 71с.

3. Цепи приводные роликовые и втулочные. Общие технические условия: ГОСТ 13568-97 (ИСО 606-94). – [Чинний від 2000-07-01]. Мн.: Межгосударственный совет по метрологии, 2000. – 27с.

О. В. Авраменко, нач., лабор., М. М. Дорожовець, д.т.н., проф.,
І. В. Попович, аспірант

ОЦІНЮВАННЯ НЕПЕВНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ ПІД ЧАС КОНТРОЛЮ ВІДНОСНОГО ВИДОВЖЕННЯ ТА МЕЖІ ПЛИННОСТІ ПРИ РОЗРИВІ ВИРОБІВ З ПЛАСТМАСИ

Ключові слова: відносне видовження, межа плинності, аналітико-числовий метод, метод Монте-Карло, непевність результату, контроль параметрів, машина розривна

Під час виробництва у різних галузях промисловості необхідним елементом є контроль якості продукції. При контролі параметрів технологічних процесів виготовлення виробів потрібно дотримуватись стандартів для отримання достовірного результату.

На прикладі вимірювань під час контролю якості пластмасових труб показано загальний підхід до виконання і опрацювання контрольних вимірювань, проблеми оцінювання непевності таких вимірювань і запропоновано методику вирішення такої проблеми. Експериментальні дослідження з контролю якості пластмасових труб, використовуються для будівництва газових та водяних мереж чи інших потреб, виконували в лабораторії ТзОВ «Ельпласт-Львів». Дослідження стосувалося вимірювань під час контролю лише двох параметрів - відносного видовження та межі плинності труб в процесі їх розриву.

Згідно нормативної документації [1, 2] випробовування на осьовий розтяг пластмасової труби проводять не раніше ніж через 24 години після її виготовлення. Для досліджень штамп-просічки вирубують зразки-лопатки (рис.1) з відрізків труби [3, 4], довжиною не менше 150 мм. З кожного контрольного відрізка рівномірно по периметру труби вирізають не менше п'яти зразків-лопаток. Перед випробуванням зразки кондиціонують згідно [5], впродовж не менше 2 годин при температурі (23 ± 2) °C [6].

Стандартна методика [1, 2, 6] випробувань передбачає визначення:

- відносного видовження ε_p ;
- межі плинності σ_{pt} ;
- порівняння розрахованих параметрів із допустимими значеннями;
- висновок на основі порівняння.

Згідно [3] випробовування на розтяг проводять на будь-якій розривній машині, що забезпечує точність виміру навантаження з відносною допустимою похибкою не більше ± 1 %, потужність якої дозволяє розірвати зразки (зусилля від 5000 до 10000 Н) і яка має регульовану швидкість розтягування. При випробуванні визначають відносне видовження ε_p при розриві:

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta l_p}{L_0} \cdot 100\% \quad , \quad (1)$$

де Δl_p – дійсне видовження зразка в момент розриву, мм, за результат вимірювання приймаємо найменше значення; L_0 - дійсна початкова довжина зразка, мм.

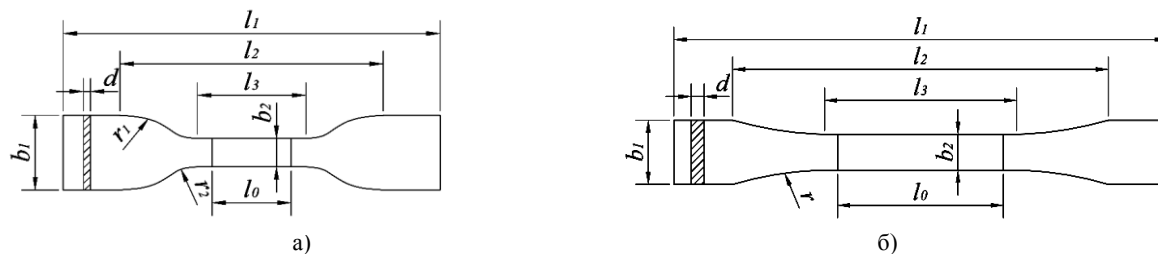


Рис. 1. Геометричні розміри досліджуваних лопаток: а) - лопатка тип 1; лопатка тип 2

Випробовування труб для подачі холодної води проводять при швидкості розсування тримачів випробовувальної машини (100 ± 10) мм/хв у відповідності до номінальної товщини стінки, яка в даному випадку не більше 5 мм на зразках-лопатках типу 1 та більше 5 мм на зразках-лопатках типу 2 [6]. Випробовування труб для подачі горючих газів проводять на зразках-лопатках типу 2 [1, 2].

При визначенні межі плинності виміряють товщину D та ширину b_2 в робочій частині досліджуваних зразків не менше ніж у трьох поперечних перерізах з допустимим відхиленням за

шириною не більше $\pm 0,05$ мм та за товщиною - не більше $\pm 0,01$ мм [1, 2]. На основі результатів вимірювань з точністю до $\pm 0,001$ см² [1, 2] визначають площу кожного початкового поперечного перерізу зразка:

$$A_0 = D \cdot b_2 . \quad (2)$$

При розрахунку межі плинності σ_{PT} використовують мінімальну площу поперечного перерізу зразка A_0 , мм² та навантаження F_{PT} , Н при якому досягається межа плинності:

$$\sigma_{PT} = \frac{F_{PT}}{A_0} . \quad (3)$$

Для кожного зразка на розривні машині зареєстровано результати вимірювань видовження Δ_p , мм зразка в момент його розриву, та навантаження F_{PT} , Н, при якому досягається межа плинності. Отримані результати вимірювань використовують для розрахунку відносного видовження ϵ_p при розриві та межі плинності σ_{PT} при розтягу для кожного з п'яти досліджуваних зразків, а за результат випробування приймають найменше з них, розраховане до другої значущої цифри [6].

Наступним етапом є оцінювання характеристик точності отриманих результатів. Стосовно контролю відносного видовження і межі плинності проблемою є те, що, як було зазначено вище результатами контролю є найменше значення параметрів досліджуваних зразків. Тому неможливо безпосередньо застосувати типову методику опрацювання результатів вимірювань з багаторазовими спостереженнями.

В даній роботі виконано оцінювання непевності найменшого значення контрольованих параметрів з вибірки значень обсягом у п'ять елементів. Отримано вирази та на основі експериментальних даних, даних про метрологічні властивості вимірювального обладнання виконано обчислення стандартної непевності відносного видовження і межі плинності труб [7-8].

Опрацювання характеристик непевності отриманих результатів здійснено двома методами:

1. Аналітико-числовим, який ґрунтується на аналізі та обчисленні непевності результатів на основі метрологічних властивостей використовуваних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), умов вимірювань, рівнянь, які описують залежність шуканих параметрів від безпосередньо отримуваних результатів вимірювань та самих результатах прямих вимірювань. Цим методом оцінюємо складові непевності типу В.

Непевність найменшого значення відносного видовження має дві складові:

I - інструментальну складову зумовлену непевністю показів вимірювальної машини та додаткового устаткування (штангерцикуль та мікрометр), оцінювану за методом типу В результатом оцінювання є сумарна стандартна непевність $u_{CB}(\epsilon_{S1})$;

II - статистичну складову, зумовлену статистичним розкидом результатів, оцінювану за методом типу А $u_{CA}(\epsilon_{S1})$,

2. Оцінювання стандартної непевності найменшого результату за методом типу А, було виконано методом Монте-Карло [9]. Аналіз непевності методом Монте-Карло виконано при кількості статистичних досліджень $M=10^6$ – (очікувана стандартна непевність отриманих характеристик непевності $\pm 0,1\%$), нормальний розподіл. На основі вигенерування для кожних з $n = 5$ спостережень обчислювали:

I - найменший результат:

$$\epsilon_{(1),j} = \min(\epsilon_{1,j}, \epsilon_{2,j}, \epsilon_{3,j}, \epsilon_{4,j}, \epsilon_{5,j}) . \quad (4)$$

II - відхилення $v\epsilon_j$ найменшого результату від середнього значення:

$$v\epsilon_j = \epsilon_j - \epsilon_{(1),j} . \quad (5)$$

III - стандартизоване v_j (шляхом нормування $v\epsilon_j$ до стандартного відхилення спостережень) відхилення найменшого результату від середнього значення s_j :

$$v_j = \frac{\epsilon_j - \epsilon_{(1),j}}{s_j} . \quad (6)$$

На рис. 2 представлено гістограми відхилення найменшого результату відносного видовження від середнього значення (рис. 2а) та стандартизованого відхилення найменшого результату відносного видовження від середнього значення (рис. 2б).

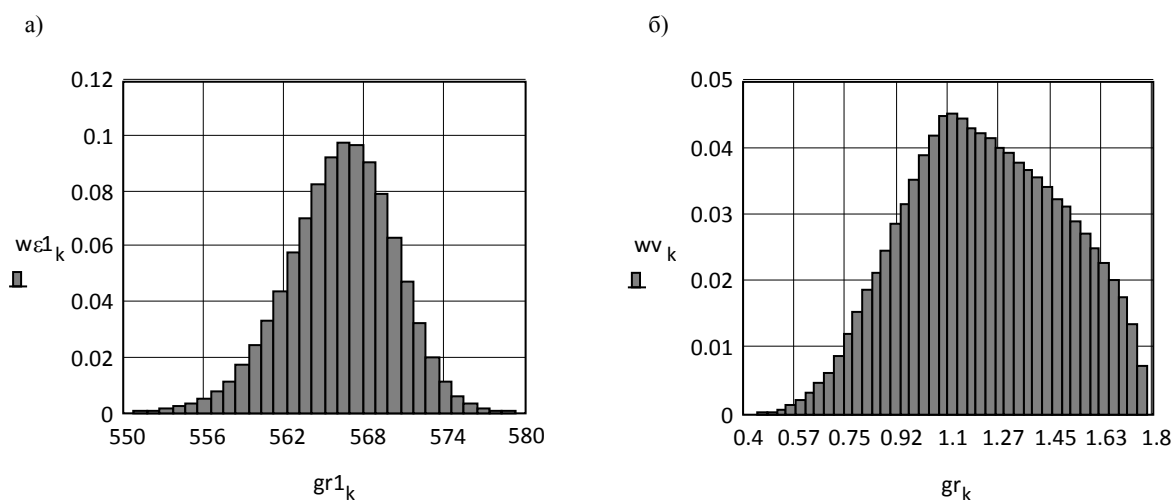


Рис. 2. Гістограми відхилень

Як приклад, для лопаток типу 1 та 2, отримано мінімальне значення відносного видовження ε_p зразка в момент розриву 563,38% з відносними сумарними стандартними непевностями оцінюваними за методом типу В $u_{cB,rel}(\varepsilon_{s1})=0,41\%$ та 0,21%, складовими непевності визначеними за методом типу А $u_A(\varepsilon_{s1})=2,86\%$ та 1,54%. Мінімальне значення межі плинності σ_{pT} зразка в момент розтягу 22,49Н/мм² та 21,85Н/мм² з сумарними стандартними непевностями $u_{c,rel}(\sigma_{pT})=0,61\%$ та 0,58%, складовими непевності визначеними за методом типу А $u_A(\sigma_{s1})=0,02\%$ та 0,05%. На основі цих значень визначено відносну сумарну стандартну непевність досліджуваних параметрів: $u_{c,rel}(\varepsilon_{s1})=0,65\%$ та 0,34%; $u_{c,rel}(\sigma_{s1})=0,62\%$ та 0,63%. Отже, отримані результати експериментальних досліджень відносного видовження та межі плинності разом з їх непевностями підтверджують, що досліджувані зразки лопаток відповідають вимогам чинних в Україні нормативно-технічних документів (НТД) [1, 2, 6].

Запропонована методика може бути використана для оцінювання непевності результатів для контрольних вимірювань інших величин, де інформативним параметром є найменше (або найбільше) значення із серії кількох спостережень.

1. ДСТУ Б В.2.7-73-98 Труби поліетиленові для подачі горючих газів. Технічні умови.
2. ДСТУ Б EN 1555-1:2012 Системи пластмасових трубопроводів для подачі газоподібного палива. Поліетилен (PE). Частина 1. Загальні вимоги (EN 1555-1:2010, IDT); ДСТУ Б EN 1555-2:2012 Системи пластмасових трубопроводів для подачі газоподібного палива. Поліетилен (PE). Частина 2. Загальні вимоги (EN 1555-2:2010, IDT).
3. ГОСТ 11262-80 Пластмассы. Метод испытания на растяжение (Пластмассы. Метод випробування на розтяг).
4. ГОСТ 26277-84 Пластмассы. Общие требования к изготовлению образцов способом механической обработки (Пластмассы. Загальні вимоги до виготовлення зразків способом механічної обробки).
5. ГОСТ 12423-66 Пластмассы. Условия кондиционирования и испытаний образцов (проб) (Пластмассы. Умови кондиціонування і випробувань зразків (проб)).
6. ДСТУ Б В.2.7-151:2008 Труби поліетиленові для подачі холодної води. Технічні умови.
7. Guide of the Expression of Uncertainty in Measurement. – ISO, 1993, 1995.
8. Дорожовець М. Опрацювання результатів вимірювань. Навч. Посібник. – Львів: Видавництво НУ “Львівська політехніка”, 2007. – 624 с.
9. Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement” – Propagation of distributions using a Monte-Carlo method BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML. Крім того, детально цей метод описано у: Cox M.G., Siebert B.R.L.: The use of a Monte Carlo method for evaluating uncertainty and expanded uncertainty, Metrologia 43 (2006) s. 178-188.

Т. Г. Бойко, проф., Т. В. Рябкова, аспірант
РИЗИКИ, ЩО СУПРОВОДЖУЮТЬ ГОСПОДАРСЬКУ ДІЯЛЬНІСТЬ

Ключові слова: кількісна міра безпеки, ризик, класифікація ризиків, градація суб'єктів господарювання, оцінювання ризиків

Внаслідок приведення системи технічного регулювання України до вимог Європейського Союзу (ЄС), зокрема щодо впровадження та застосування гармонізованих міжнародних нормативних документів, слід внести ряд змін в тлумачення і розуміння підходів до якості, оскільки головними перешкодами в торгівлі з ЄС є різні вимоги до безпеки та якості продукції, її характеристик та процедур оцінювання відповідності.

Так, наприклад, у проекті стандарту ISO 9001:2015, що був опублікований у травні 2014, додано поняття «ризик», та підхід оцінювання якості, що базується на аналізі ризиків [1]. Чинне законодавство України використовує термін «ступінь ризику», а також диференціює його оцінку досить абстрактними поняттями «жодного ризику», «мінімальні ризики» чи «серйозний ризик». Тому надзвичайно важливим є чітке визначення терміну «ризик» та його оцінка, зокрема для потреб віднесення суб'єктів господарювання до груп ризику, які враховуватимуть ймовірність виникнення негативних наслідків від здійснення ними господарської діяльності. Також важливим є розроблення класифікації ризиків, що супроводжують господарську діяльність, з метою відповідної градації суб'єктів господарювання і їх продукції за рівнем відповідності до вимог, що визначається з врахуванням аналізу ризиків.

Методи або процеси, які використовуються для оцінювання та управління ризиками, повинні ґрунтуватися на інформації отриманій шляхом аналізування, оцінювання і контролювання ризиків, а також поширенні даних про ризик [2]. В свою чергу перелічені дії з ризиками повинні базуватися на зручній та інформативній класифікації ризиків, що супроводжують господарську діяльність. Під час здійснення класифікації ризиків в першу чергу слід виділяти специфічні ризики ведення певного типу господарської діяльності, що відображають особливості цієї діяльності, враховують конкретну економічну чи господарську ситуацію та специфіку прояву ризиків у визначеній сфері діяльності. Поруч з тим важливою є загальна класифікація [3], яка базується на універсальних критеріях, властивих для різних типів ризиків. Класифікація ризиків, пов'язана з господарською діяльністю суб'єктів господарювання, пропонується у таблиці.

Таблиця - Класифікація ризиків, пов'язаних з господарською діяльністю

Критерії	Види ризиків
за походженням (джерелом виникнення), на:	<ul style="list-style-type: none"> • антропогенні; • природні; • соціогенні; • техногенні; • комбіновані; • внутрішні; • зовнішні
за об'єктами ураження, на:	<ul style="list-style-type: none"> • людські; • технічні; • економічні; • моральні.
за масштабами ураження (безпеки, наслідків) <ul style="list-style-type: none"> ▪ за критерієм охоплення ризиком, на: ▪ за критерієм ступеня істотності наслідків, на: 	<ul style="list-style-type: none"> • місцеві; • локальні; • національні (глобальні). • незначні; • істотні; • значні.
за часовою залежністю або тривалістю: <ul style="list-style-type: none"> ▪ за критерієм тривалості дії ризику, на: ▪ за зміною ризику з часом, на: ▪ за можливістю вчасно виявити та ліквідувати втрати (негативні наслідки), на: 	<ul style="list-style-type: none"> • безстрокові; • довгострокові; • короткострокові. • статичні ризики; • динамічні ризики. • скриті; • приховані; • явні
за періодичністю або притаманністю (типівістю) виникнення ризику, на:	<ul style="list-style-type: none"> • регулярний ризик; • спонтанний або сезонний ризик

Продовження таблиці

за характером наслідків ризику, на:	<ul style="list-style-type: none"> • прямиї ризик; • альтернативний (опосередкований)
за характером взаємодії з іншими ризиками чи об'єктами ризику: <ul style="list-style-type: none"> ▪ за ступенем поширення ризику, на: ▪ за критерієм зв'язків між ризиками, на: ▪ за критерієм індукування послідовності ризиків, на: 	<ul style="list-style-type: none"> • масові ризики; • унікальні ризики. • пов'язані і взаємно посилюються; • пов'язані і взаємно послаблюються; • не пов'язані. • первинні ризики; • вторинні ризики; • похідні ризики
за масштабами ризику: <ul style="list-style-type: none"> ▪ за критерієм частоти виникнення втрат, на: ▪ за критерієм обсягу втрат, на: 	<ul style="list-style-type: none"> • рідкісні ризики; • ризики помірної частоти; • часті ризики. • малі ризики; • середні ризики; • високі ризики; • катастрофічні ризики
за умовою прийнятності ризику, на:	<ul style="list-style-type: none"> • неприйнятні; • прийнятні за певних умов; • прийнятні без будь-яких умов
за можливістю уникнення (свободи вибору) ризику, на:	<ul style="list-style-type: none"> • добровільні; • вимушені
за ступенем визначення і прогнозування ризику, на:	<ul style="list-style-type: none"> • передбачувані; • прогнозовані; • непередбачувані (не прогнозовані)
за здатністю до оцінювання ризику, на:	<ul style="list-style-type: none"> • оцінювані кількісно; • оцінювані якісно; • безоціночні

Класифікаційні ознаки визначають методи і засоби оцінювання ризиків, шкали їх градації, ступінь прийнятності та порогові значення кожної конкретної безпеки, тому класифікація є надзвичайно важливою під час оцінювання ризиків. Розглянуті різновиди ризиків доцільно систематизувати, класифікувати і конкретизувати для кожного суб'єкта господарювання та його господарських об'єктів як важливу складову, що має істотний вплив як на його діяльність загалом, так і на життєвий цикл продукції, що ним випускається. Запропонована класифікація не є вичерпною, тому вимагає її подальшого розвитку та доповнення. Однак, вже запропоновані критерії поділу і класифікаційні ознаки дають змогу виділити ризики, які відноситимуться до таких, що вимагатимуть підвищеної уваги. Також окремі критерії, такі як ступінь істотності наслідків та обсяг втрат, передбачають пряму градацію відповідних ризиків.

Запропонована класифікація також дає можливість приблизно врахувати ризики, що супроводжують господарську діяльність певного суб'єкта господарювання, під час оцінювання його належності до того чи іншого рівня ризику. Поруч з тим, для того, щоби здійснювати ефективну градацію суб'єктів господарювання, продукції чи будь-яких інших об'єктів не достатньо мати лише якісні оцінки, з'являється також потреба в кількісній мірі оцінювання відповідності.

1. <http://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/-8835176/-8835848/8835872/8835883/ISO9001andRisk.docx>

2. Ayyub, Bilal M. *Risk Analysis in Engineering and Economics* // Bilal M. Ayyub/ - Chapman&Hall/CRC, 2003. — 579 p.

3. Быков А.А., Порфильев Б.Н. *Об анализе риска, концепциях и классификации рисков* // Проблемы анализа риска. 2006. — № 4. — С. 319-336.

Б. В. Богданець, магістрант, Ю. І. Рудик, к.т.н., доцент

НОРМАТИВНА ПРАКТИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ У ДОСЛІДНО-ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ ДСНС УКРАЇНИ

Ключові слова: методика, оцінювання придатності, дослідно-випробувальна лабораторія, пожежна безпека

У теперішній час надзвичайно швидко розвивається наука і техніка. Часто буває так, що існуючі методики випробувань у сфері пожежної безпеки не можуть забезпечити дослідження певних характеристик якості речовин (матеріалів) на відповідність встановленим вимогам. Тому до таких випадків застосовують індивідуальний підхід, який підлягає оцінюванню придатності.

Проаналізувавши масив карток обліку пожеж, які сталися в Україні за 11 місяців 2014 року, зазначимо, що в середньому на території держави щодня виникало 193 пожежі, зокрема 146 із них – у житлі, внаслідок яких гинуло 5-6 людей і 4 людини отримували травми, вогнем знищувалося або пошкоджувалося 76 будівель і споруд різного призначення, 12 одиниць техніки та 817 голів худоби. Щоденні матеріальні втрати складали близько 23,2 млн грн. Левова частка із цих пожеж виникають через те, що в процесі будівництва, на виробництві чи просто в побуті використовуються матеріали, характеристики, яких не відповідають встановленим вимогам. Саме тому випробування з метою сертифікації проводяться випробувальними лабораторіями, що акредитовані на технічну компетентність та незалежність в Системі сертифікації УкрСЕПРО. Вони у своїй діяльності можуть використовувати як стандартизовані, так і не стандартизовані методики випробувань або процедур.

Провівши огляд діяльності дослідно-випробувальних лабораторій (далі – ДВЛ) ГУ (У) ДСНС України в областях та м. Києві у 2006-2010 роках, Українським науково-дослідним інститутом цивільного захисту ДСНС України (далі – УкрНДЦЗ) виконано науково-дослідну роботу “Провести дослідження та розробити процедуру оцінювання придатності нестандартизованих методів випробувань відповідно до галузі акредитації УкрНДЦЗ” (“Оцінювання придатності”).

Слід зазначити, що цей документ було розглянуто Національним агенством з акредитації України (НААУ), ДП «Укрметртестстандарт» та ДП «УкрНДНЦ» Держстандарту України, від яких отримано позитивні відгуки. Ці методичні рекомендації розроблені з метою забезпечення виконання вимог ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 до компетентності випробувальних лабораторій та центрів щодо оцінювання придатності нестандартизованих методик випробувань речовин, матеріалів, будівельних конструкцій та продукції протипожежного призначення.

У роботі проведено аналіз впливу методики оцінювання придатності нестандартизованих методів випробувань у сфері пожежної безпеки на забезпечення пожежної безпеки в Україні.

Під час оцінювання придатності методики досліджуються повторюваність, відтворюваність, стійкість та невизначеність результатів.

Оцінювання придатності повинно включати наступні етапи:

- деталізація вимог до методики;
- визначення (експериментальне чи теоретичне) характеристик методики;
- перевірка відповідності методики встановленим вимогам;
- оформлення результатів оцінювання придатності.

Цілі оцінювання придатності:

а) підтвердження чи оптимізація рівняння, що застосовується для обчислення результату вимірювання (перевірка адекватності вибраної моделі вимірюваної величини);

б) оптимізація параметрів методики;

в) визначення характеристик методики, наприклад, повторюваності, невизначеності вимірювання тощо;

г) встановлення слабких місць методики;

д) підтвердження та надання об’єктивних доказів того, що за методикою вимірюють саме те, що повинні вимірювати, а також, що вона задовольняє попередньо встановлені критерії.

Таким чином, дані методичні рекомендації застосовуються для оцінювання придатності нестандартизованих методик випробувань речовин, матеріалів, будівельних конструкцій та продукції протипожежного призначення, що у свою чергу дозволяє проводити їхню сертифікацію

або визначення конкретних характеристик. Все це сприятиме підвищенню рівня пожежної безпеки в Україні.

1. Наказ МНС України від 23.06.2011 № 648 «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо оцінювання придатності нестандартизованих методів випробувань у сфері пожежної безпеки.

2. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій».

3. Огляд діяльності дослідно-випробувальних лабораторій ГУ (У) МНС України в областях та м. Києві у 2010 році.

4. Аналіз масиву карток обліку пожеж: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.undicz.mns.gov.ua/content/amkop.html>.

УДК 535.241.42/.46; 535.08; 681.7.08

В. О. Яцук, проф., д.т.н., Х. В. Серкез, аспірант

ОЦІНЮВАННЯ НЕПЕВНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗАМІЩЕННЯ

Ключові слова: енергетична освітленість, абсолютний радіометр, метод електричного заміщення, напівпровідниковий перетворювач температури, платиновий термоперетворювач опору, різниця температур, непевність результату вимірювання

Через постійне зростання вартості традиційних енергоносіїв останнім часом значна увага світової спільноти приділяється альтернативній і поновлюваній енергетиці, серед яких провідне місце займає енергія Сонця. Для перетворення сонячної енергії в придатну для використання людьми теплову енергію широко використовують сонячні колектори.

В Україні гармонізовані міжнародні стандарти для випробування сонячних колекторів [1-4]. Однак встановлені за цими стандартами вимоги до контрольно-вимірювальної апаратури для вимірювання сонячного та теплового випромінювання і температури достатньо високі і регламентують досить трудомістку процедуру їх калібрування.

За результатами зробленого аналізу пропонується вдосконалена методика вимірювання параметрів приймачів сонячного випромінювання з використанням відкаліброваного радіометра з електричним заміщенням (калориметра) із врахуванням того, що в кінцевому підсумку інформативним сигналом можна вважати різницю температур приймача випромінювання і навколишнього середовища [5]. Аналіз показав також, що з метою забезпечення необхідних точності, чутливості та порогу чутливості вимірювань температури та різниці температур в околі кімнатних значень доцільно використовувати напівпровідникові перетворювачі температури або плівкові платинові термоперетворювачі опору [6, 7].

Проведено аналіз непевності вимірювання енергетичної освітленості методом паралельного електричного заміщення з використанням в структурі абсолютного радіометра двох якомога ідентичніших приймачів випромінювання. Під час паралельного заміщення процес вимірювання полягає в одночасному доведенні обох приймальних елементів до однакового теплового стану при нагріванні одного з них вимірюваною променистою потужністю, а іншого - електричною потужністю заміщення [8]. За результатами не менше, ніж п'яти вимірювань енергетичної освітленості за однакових умов обчислюють енергетичну освітленість для кожного окремого дослідження $E_{e,i}$ ($i=1, \dots, n$, де n - кількість окремих вимірювань) за співвідношенням:

$$E_{e,i} = P_{n,i} / \alpha S, \quad (1)$$

де $P_{n,i}$ - електрична потужність заміщення, i -го дослідження енергетичної освітленості.

Очевидно, що для отримання E в абсолютних одиницях необхідно з відповідною точністю вимірювати не тільки потужність P , але й коефіцієнт поглинання α і площу поверхні S приймального елемента. Результат вимірювання енергетичної освітленості E_e знаходимо як середнє арифметичне із отриманих значень окремих вимірювань енергетичної освітленості $E_{e,i}$, тобто

$$E_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{e,i}. \text{ Отже, оцінювання непевності результату вимірювання енергетичної освітленості}$$

методом електричного заміщення згідно із [9] потрібно здійснювати у такій послідовності:

1) обчислити комбіновану стандартну непевність типу В $u_{CB}(E_{e,i})$ результату вимірювання енергетичної освітленості $E_{e,i}$, i -го дослідження енергетичної освітленості;

2) розрахувати стандартну непевність типу А $u_A(E_e)$ результату вимірювання енергетичної освітленості E_e ;

3) визначити комбіновану стандартну непевність типу В $u_{CB}(E_e)$ результату вимірювання енергетичної освітленості E_e ;

4) обчислити розширену стандартну непевність $U_p(E_e)$ результату вимірювання енергетичної освітленості E_e для заданого рівня довіри p .

Для паралельного електричного заміщення комбінована стандартна непевність типу В $u_{CB}(E_{e,i})$ результату вимірювання енергетичної освітленості $E_{e,i}$, i -го дослідження, має три складових, спричинених трьома впливними чинниками - стандартними непевностями результатів вимірювання величин $P_{n,i}$, α , S , які входять у формулу 1. За умови взаємної незалежності

розглянутих вище величин комбіновану стандартну непевність типу В $u_{CB}(E_{e,i})$ результату вимірювання енергетичної освітленості $E_{e,i}$, i -го дослідження енергетичної освітленості, визначаємо як корінь квадратний із зважених через коефіцієнти впливу C_j (тут $j=1, \dots, 3$, оскільки є три впливних величин, а саме $P_{n,i}$, α , S) сум квадратів відповідних стандартних непевностей $u_B(x_j)$ результатів вимірювань величин – аргументів x_j , тобто $P_{n,i}$, α , S :

$$u_{CB}(E_{e,i}) = \sqrt{C_1^2 u_B(P_{n,i})^2 + C_2^2 u_B(\alpha)^2 + C_3^2 u_B(S)^2} \quad (2)$$

Коефіцієнти впливу непевностей значень величин $P_{n,i}$, α , S на непевність результату вимірювання енергетичної освітленості $E_{e,i}$, i -го дослідження визначені як: $C_1 = \frac{\partial E_{e,i}}{\partial P_{n,i}}$ – коефіцієнт впливу непевності $u_B(P_{n,i})$, Вт²/см²; $C_2 = \frac{\partial E_{e,i}}{\partial \alpha}$ – коефіцієнт впливу непевності $u_B(\alpha)$, Вт/см²; $C_3 = \frac{\partial E_{e,i}}{\partial S}$ – коефіцієнт впливу непевності $u_B(S)$, Вт/см⁴.

Оскільки енергетичну освітленість E_e , яка вимірюється методом електричного заміщення, знаходять як середнє арифметичне отриманих значень $E_{e,i}$ із серії n досліджень, то оцінку стандартної непевності типу А $u_A(E_e)$ визначаємо за формулою:

$$u_A(E_e) = S_{E_e} / \sqrt{n} \quad (3)$$

де S_{E_e} – оцінка стандартного відхилення окремих значень $E_{e,i}$ від середнього значення E_e .

Оцінку комбінованої стандартної непевності типу В $u_{CB}(E_e)$ визначаємо як корінь квадратний із суми квадратів знайдених значень стандартної непевності типу А $u_A(E_e)$ та стандартної непевності типу В $u_{CB}(E_{e,i})$:

$$u_{CB}(E_e) = \sqrt{u_A(E_e)^2 + u_{CB}(E_{e,i})^2} \quad (4)$$

Розширену стандартну непевність $U_p(E_e)$ результату вимірювання енергетичної освітленості E_{e1} для заданого рівня довіри p обчислюємо за формулою:

$$U_p(E_e) = k_p \cdot u_{CB}(E_e) \quad (5)$$

де $k_p = t_p(\nu)$ – коефіцієнт розширення (охоплення), який вибирається як коефіцієнт розподілу Стьюдента з ефективним числом ступенів свободи n та довірчою ймовірністю p (для $n=5$ та $p=0,95$ дорівнює 1,96).

Оцінений результат непевності вимірювання засвідчуватиме, що використання вдосконаленої процедури вимірювання енергетичної освітленості дозволить застосовувати її для проведення випробувань сонячних колекторів. В результаті, це сприятиме широкомасштабному впровадженню сонячних установок в Україні і дозволить зробити суттєвий крок у зменшенні енергетичної залежності країни та охороні довкілля.

1. ДСТУ ISO 9806-1:2005 Методи випробувань сонячних колекторів. Частина 1. Теплові характеристики та перепад тиску закслених сонячних колекторів для нагрівання рідини.

2. ДСТУ ISO 9806-2:2005 Колектори сонячні. Методи випробування. Частина 2. Кваліфікаційні випробування.

3. ДСТУ ISO 9806-3:2005 Колектори сонячні. Методи випробування. Частина 3. Теплові характеристики (лише відчутне теплопередавання) та перепад тиску незаскслених сонячних колекторів для нагрівання рідини.

4. ISO 9846:1993 Сонячна енергія. Калібрування піранометра із застосуванням піргеліометра.

5. Серкез Х.В., Яцук В.А. Метрологическое обеспечение измерений энергетических параметров солнечного излучения при испытаниях солнечных коллекторов. // Международный журнал «Устойчивое развитие» (ISSN 1314-4138), техн. ун-т Варна, май, 2013. - №7. – С. 45-49.

6. Василюк В.М. Принципи побудови високоточних температурних сенсорів на основі рп-переходу // Міжвідомчий науково-технічний збірник "Вимірювальна техніка та метрологія", № 53. - Львів: НУ "Львівська політехніка", -1998. -С. 70-76.

7. Каталог ELFA. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.elfaelektronika.com>.

8. Кмито А. А., Скляр Ю. А. Піргеліометрия. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1981. – 232с.

9. Дорожовець М.М. Опрацювання результатів вимірювань: Навч. посіб. / Дорожовець М.М. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2007. – 624 с.

A. Shantyr, D. Shantyr, Ph.D.

DEFINITION FOR SOFTWARE QUALITY MEASUREMENT PROCEDURE

Keywords: software metrology, software quality, quality control and assurance, quality model, measurement procedure

Today technological innovations are increasing workload on quality control and assurance teams while time and financial expenses needs to be reduced [1]. Another quality problem is staff with low knowledge of core testing processes and methodologies that leads to inability to perform quality assurance. To overcome these problems should be implemented automatized quality control and assurance processes that increase efficiency [2] and not require staff with high theoretical knowledge.

In area of software development quality faces the greatest challenges which are related to need to create formal model of software product or its separate parts and to perform measurements using several types of scales (in particular ordinal). Thus to develop automatized quality control and assurance processes should be clearly defined software quality measurement procedure which started from quality model and quality measure definition.

According to VIM [3], measurement procedure can be defined as detailed description of a measurement according to one or more measurement principles and to a given measurement method, based on a measurement model and including any calculation to obtain a measurement result. This definition can be presented as it shown on figure 1, a.

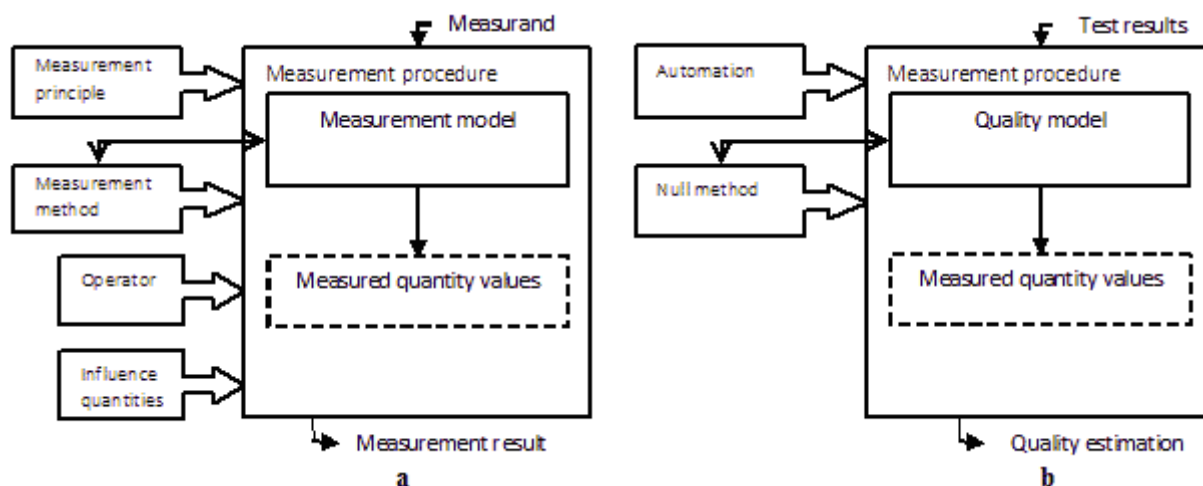


Fig.1. Measurement procedure: a – general representation; b - software quality measurement procedure

This definition should be modified to be applicable to software quality measurement.

Proposed to concretize measurement procedure via usage of automation principle and null method (figure 1, b). Quality estimations obtained while processing of measured quantity values are often used for risks estimation while software deliveries to end-user. Thus, uncertainty of quality estimations is also can be considered as risk and needs to be estimated. Proposed to use reliability theory (particularly reliability problem “redundancy with fractional multiplicity and permanent source”) to calculate uncertainty with following inputs: time spend to get test results; quality estimation obtained while internal testing according to accepted scale; time of software usage or time until the next update delivery.

The implementation of measurement procedure with proposed risks-based uncertainty calculation can increase risks of software deliveries and guaranty quality to end-user.

1. *World quality report. – 2012-13 4-rd edition. – Capgemini, Sogeti, HP, 2012. – 78 p.*
2. *M.B. Chrissis CMMI for development / M.B. Chrissis, M. Konrad, S. Shrum. – 3-rd edition. – Addison-Wesley, 2011. – 650 p.*
3. *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms. – 3-rd edition. – JCGM, 2012. – 91 p.*

Д. І. Шматков, к. пед. н.

ДО ПИТАННЯ ПОДАННЯ ЗНАТЬ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЮ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ

Ключові слова: подання знань, предметна галузь, неруйнівний контроль, автоматизована система, семантична мережа, каузальна мережа, штучний інтелект

Сучасний етап економічного розвитку України поряд з оновленням зношеного та застарілого обладнання вимагає пошуку резервів продовження термінів його експлуатації за рахунок модернізації і діагностування фактичного стану без зупинки виробництва. Розв'язання цих, а також багатьох інших завдань діагностики та контролю можливо за допомогою засобів неруйнівного контролю.

Предметна галузь з цього напрямку має великий об'єм, який постійно зростає. Так, неруйнівний контроль об'єднує дев'ять видів контролю (магнітний, електричний, вихрострумний, тепловий, радіохвильовий, акустичний, радіаційний, оптичний та контроль прониклими речовинами) та сотні методів. Для даної предметної галузі є характерною наявність великої кількості зв'язків з іншими метрологічними галузями, загальною фізикою, матеріалознавством тощо.

У теперішній час постає потреба у визначенні ефективної моделі подання знань предметної галузі неруйнівного контролю в автоматизованих системах, що забезпечує можливість відображення предметної галузі з великою інформаційною місткістю.

Відомим є специфічний метод автоматизованого навчання ефективному пошуку причин порушень ходу технологічних процесів [1], що включає пошук причин виникнення змодельованих проблемних ситуацій. Такий підхід є перспективним. Але, незважаючи на предметне наповнення, у методі недостатньо опрацьований інструментарій формування всіх рівнів сформованості знань, а складність алгоритмів, які використовує комп'ютерна система, потребує залучення фахівців відповідної компетенції у разі розробки подібної системи чи доробки існуючої.

Зупинимось на найбільш загальній класифікації моделей подання знань, що виділяють теоретики штучного інтелекту. За цією класифікацією моделі поділяються на логічні, в основі яких лежить формальна модель; продукційні, засновані на продукціях (спосіб представлення процедурних знань); мережеві, в основі яких лежить семантична мережа; фреймові, засновані на фреймах [2; 3].

Логічні моделі ставлять занадто високі вимоги та обмеження до предметної галузі [4]. Продукційні моделі зустрічаються майже усюди, та за думкою деяких експертів майже вичерпали себе, як і відповідна їм психологічна концепція біхевіоризму з ідентичною формулою «стимул-реакція» змінилась на формулу «стимул-образ-реакція» з психології когнітивізму [5], які відповідають іншим моделям. Іншою добре розробленою моделлю подання знань є фрейм. Головна мета фреймів – формалізований опис об'єктів, подій, ситуацій та інших понять та взаємозв'язків між ними [6].

Більш детального аналізу потребує мережева, семантична модель. За індуктивного виведення на основі фактів і відношень між ними, що існують у навколишньому світі, люди використовують асоціативні зв'язки. Для подання таких знань доцільно використовувати мережну модель. Це мережа, в вершинах якої знаходяться інформаційні одиниці, а дуги характеризують семантичні відношення (лінгвістичні – час, стан, вид, вага, колір, агент, джерело, приймач та ін.; логічні – заперечення, кон'юнкція, диз'юнкція, імплікація; теоретико-множинні – частина-ціле, елемент-множина, клас-підклас, підмножина, близькість та ін.; квантифікаційні – квантори загальності, існування, нечіткі квантори, такі як «багато», «кілька», «часто» та ін.) і зв'язки між ними є найбільш загальною моделлю представлення знань [7]. Сама семантична мережа є моделлю пам'яті людини і не розкриває повністю яким чином виконується подання знань. Вершини можуть являти собою: поняття, події, властивості. У якості інформаційних одиниць виступають абстрактні або конкретні об'єкти.

Важливим різновидом семантичних мереж є мережа каузальна, в якій дуги характеризують відношення, що використовуються в каузальній логіці. Ці мережі можуть бути імплікаційними (присутній бінарний логічний зв'язок), вони відображають причинно-наслідковий зв'язок між елементами мережі [2].

Розуміння причинної обумовленості було головним питанням обговорення протягом часу: від «паралелізму причин і умов» Будди, категорій причин Аристотеля та Ф. Аквінського до виділення Д. Юмом найважливішого впливу розуміння причинно-наслідкових зв'язків, яке допомагає пояснювати й пророкувати поведження речей для керування ними, «рибною кісткою», як методу структурного аналізу причинно-наслідкових зв'язків К. Ішикави та основних принципів причин-наслідків для простого інтуїтивного процесу рішення проблем Д. Л. Гейно [8]. Причинне мислення – процес розуміння причин конкретного випадку, за рахунок чого постає можливість управляти ними у власних інтересах.

Застосування каузальних мереж для навчання автоматизованих систем неруйнівного контролю має наступні переваги:

- Простота побудови мережі, яка полягає у тім, що для розробки подібної моделі розробнику достатньо володіти будь-яким методом витягування знань та теоретичними основами будови таких мереж. До теоретичних основ будови каузальних мереж можна віднести генетичне прагнення людини встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між подіями. Процес побудови мережі не потребує специфічних технічних засобів.

- «Синтаксис подання специфікує набір правил, що регламентують об'єднання символів для формування виразів мовою подання. Можна говорити про те, що вираз є гарно або погано сформованим, тобто про те, наскільки він відповідає цим правилам» [7, с. 70]. Синтаксична будова каузальної мережі на основі теорії графів максимально наближена до ефективного розуміння її, що й забезпечує синтаксичну адекватність.

- Доступність моделі полягає у можливості роботи з моделлю з будь-яких місць людям різного інтелектуального рівня та фізичних можливостей. Таку перевагу забезпечують: широкі електронні можливості розробки мереж, простота їх побудови, наочність, ілюстраційні можливості та ін.

- Можливість поповнення моделі подання знань, в контексті предметної галузі, що динамічно розвивається, відіграє важливе значення. В каузальних мережах створення нових вершин у вигляді елементів будь-якого характеру чи нових зв'язків у сформованій моделі не вимагає повної переробки моделі, а носить лише локальний характер. Це забезпечує її адаптивність (можливість поповнення новою інформацією) та довговічність (відповідність сучасним тенденціям розвитку предметної галузі з плином часу).

- Динамічний розвиток предметної галузі передбачає її інформаційну місткість. Виокремлення предметних знань або знань, що безпосередньо становлять зміст дисципліни від знань, що обслуговують предметні знання (тлумачення, пояснення та ін.) та знань, які не мають жодних ефективних функцій навчання, тобто «води», забезпечує можливість засвоєння в одиницю часу більшого обсягу знань. Через це каузальні мережі можна називати ергономічними та економічними.

- Можливість виділення базових елементів знань, визначення логічних взаємозв'язків між ними, що називається «дидактичною операційністю», головним чином зумовлює використання мереж в автоматизованому навчанні. Саме апарат каузальних мереж з семантичним відношенням між інформаційними одиницями дозволяє повною мірою забезпечити дидактичну операційність.

- Через всеохоплюючий зв'язок причини-наслідку, простоту побудови, високі адаптивність та дидактичну операційність, доступний синтаксис подання, каузальні мережі є універсальними, тобто в них присутні широкі можливості описання знання з різних предметних галузей.

- Розмірність таких моделі значно ефективніша за знання що надаються експертами, довідниковою і навчальною літературою. Це також досягається виділенням лише предметних знань.

- На основі моделі з каузальними зв'язками розробка цілої системи не представляє особливої складності. Цим відрізняються усі семантичні моделі, а каузальні мережі з однотипними причинно-наслідковими зв'язками значно спрощують завдання.

- Інтерперабельність – можливість взаємодії з іншими моделями та системами – одна з основних властивостей каузальних мереж. Так, мережі можуть вільно входити чи приєднуватись до іншої навчальної системи, а інші навчальні системи можуть вільно входити чи приєднуватись до каузальних мереж.

- Через те, що каузальні мережі можуть поєднувати в собі елементи декларативних (твердження або декларації про об'єкти предметної галузі, їх властивості і відношення між ними) та процедурних (правила перетворення об'єктів предметної галузі) моделей, вони несуть в собі

широкі функції прийняття рішень або інтелектуальні можливості. Варто зазначити, що серед інших семантичних мереж (наприклад, пірамідальних чи нейронних), каузальні мережі мають не найбільші інтелектуальні можливості, але за рахунок цього досягаються інші переваги, що вже аналізувалися.

- В питанні зв'язності знань семантичні мережі мають найбільші переваги, бо це їх основна функція. Особливо це стосується каузальних мереж, що, як вже зазначалося, містять міцні однотипні зв'язки.

- Каузальні мережі достатньо відображають семантику предметної галузі, описують локальні та глобальні цілі, є формалізованими, системними, інваріантними, природними та наочними, мають інференційні можливості, забезпечують достатню швидкість орієнтації. Серед інших моделей подання знань за цими особливостями вони не виділяються, тому детального опису ці особливості не потребують.

У змісті предметної галузі неруйнівного контролю досить очевидно виділяються три умовні блоки знань, які мають характер наскрізного проникнення. Коротко їх можна назвати так: 1) фізичні основи; 2) схеми пристроїв; 3) методика використання засобів контролю. На фізичних основах будується кожний з методів неруйнівного контролю. Наявність блоку схеми пристроїв є логічним відображенням назви предметної галузі. Методика використання засобів контролю є невід'ємною завершальною складовою моделі змісту.

Отже, для навчання автоматизованих систем неруйнівного контролю доцільно використовувати різновиди семантичних мереж, а саме мережі з каузальними зв'язками, що аналізувалися вище. Це зумовлюється тим, що за їх використання постає можливість ефективного відображення відповідних предметних знань та причинно-наслідкових зв'язків тріади містких умовних інформаційних блоків, які є характерними для даної предметної галузі.

1. Пат. № 2232429 Российская Федерация, МПК G 09 B 5/00. Способ автоматизированного обучения эффективному поиску причин нарушений хода технологических процессов / В. М. Дозорцев ; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Совместное предприятие ПЕТРОКОМ". – № 2003128580/12 ; заявл. 25.09.2003 ; опубл. 10.07.2004.

2. Аверкин А. Н. Толковый словарь по искусственному интеллекту / А. Н. Аверкин, М. Г. Гаазе-Рапопорт, Д. А. Поспелов. – М. : Радио и связь, 1992. – 256 с.

3. Елисеев Д. В. Модель представления знаний при создании адаптивной информационной системы / Д. В. Елисеев // Наука и образование. Электронное научно-техническое издание. – 2010. – №. 3. – Режим доступа : <http://technomag.edu.ru/doc/139659.html>

4. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб : Питер, 2000. – 384 с.

5. Червинская К. Р. Компьютерная психодиагностика / К. Р. Червинская. – СПб : Изд-во «Речь», 2004. – 336 с.

6. Гурбанов А. С. Использование баз знаний в обучающем процессе / А. С. Гурбанов // Информатизация образования. – 2009. – №1. – Режим доступа: http://195.50.0.123/sm_full.aspx?guid=7053

7. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень : Навчальний посібник / С. О. Субботін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2008. – 341 с.

8. Gano D. L. Apollorootcauseanalysis – a new way of thinking / D. L. Gano. – third edit. – Huston: Apollonian Publications, 2007. – 178 p.

УДК 620.179.13:664

Д. І. Шматков, к. пед. н., О. А. Дідусенко, слухачка магістратури

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОІНДИКАТОРНИХ ФАРБ У ГАЛУЗІ БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Ключові слова: термоіндикатор, фарба, харчові продукти, безпечність, контроль, зберігання, транспортування

Одним з важливих чинників, що впливає на стан здоров'я населення та рівень захворюваності, є якість харчування та його безпечність.

Відомо, що зі зміною температури зберігання харчової продукції, змінюються складові компоненти, колір, вміст вітамінів, вуглеводів, жирів та білкових компонентів, утворюються нові або зникають старі смакові та ароматичні речовини [1].

Температурні режими зберігання висвітлено у технічних умовах для всіх харчових продуктів, окрім таких, як чай чорний, кава натуральна розчинна, ячмінь, горох, кукурудза тощо. Багато продуктів, як, наприклад, заморожені м'ясо та риба, хлібобулочні вироби, сухе та згущене молоко мають декілька температурних режимів, які визначають строки зберігання. Цей факт є надзвичайно важливим для забезпечення їх безпечності.

У технічних умовах до більшості харчових продуктів у розділі «Методи контролювання» вимірювання температур не висвітлено. Це питання розглянуто лише в нормативних документах, що стосуються деяких м'ясних та молочних продуктів.

Вимоги до температурних режимів зберігання харчової продукції викладено у переважній більшості технічних умов щодо неї. Але методи та відомі засоби теплового контролю, не можуть в повній мірі забезпечити постійних моніторинг продукції на всіх складових харчового ланцюга згідно зі стандартом [2].

Ці суперечності дозволяють сформулювати проблему, яка полягає у теоретичному та практичному дослідженні можливостей застосування термоіндикаторних фарб для забезпечення безпечності харчових продуктів під час контролю температурних режимів зберігання на всіх складових харчового ланцюга.

Важливим підходом до моніторингу якості харчових продуктів є застосування термоіндикаторів, які змінюють колір в умовах недотримання температурних режимів [3].

В роботі запропоновано підхід до застосування термоіндикаторів, який полягає у нанесенні їх на тару із продукцією, наприклад у формі ярлика.

Засіб контролю температурних режимів зберігання харчової продукції (рис. 1, 2) виконано у формі прямокутного паперового, тканинного або полімерного ярлика, 1, що містить щонайменше два надруковані інформаційні написи, 2, які інформують про дотримання або недотримання температурного режиму зберігання харчової продукції, та, щонайменше, один сектор із нанесеною необоротною термоіндикаторною фарбою, 3, з лицьової сторони. У разі зазначення двох або більше меж режимів зберігання продукції, термоіндикатор містить два або більше сектора із нанесеними термоіндикаторними фарбами та дві або більше пари інформаційних написів, причому кожна фарба повинна характеризуватися критичною температурою, за якої відбувається зміна кольору, відповідною до температури межі режиму зберігання продукції. На інформаційних написах, 2, зазначається «Температура зберігання продукції НЕ ПЕРЕВИЩУВАЛА / ПЕРЕВИЩУВАЛА» або «Температура зберігання продукції НЕ БУЛА НИЖЧОЮ / БУЛА НИЖЧОЮ за» та допустима температура зберігання продукції згідно з ДСТУ або інших нормативних документів у °С в місці для зазначення температури, або усі ці написи одразу, або декілька однакових написів із різними межами зберігання продукції на одному ярлику, 1, в залежності від технічних умов щодо конкретного виду харчової продукції. Сектор із нанесеною необоротною термоіндикаторною фарбою, 3, виконано у формі окружності, а кожний з щонайменше двох інформаційних написів, 2, відповідає кольору фарби до та після досягнення нею критичної температури відповідно. Сектор із нанесеною необоротною термоіндикаторною фарбою, 3, покрито тонкою поліетиленовою плівкою, 4, адгезивна сила якої, у разі спроби її механічного зняття, дозволяє повністю або частково зняти шар термоіндикаторної фарби з ярлика. Зі зворотної сторони ярлика нанесено адгезивний шар, 5. Геометричні розміри ярлика, 1, та всіх компонентів повинні задовольняти показник наочності для замовника або споживача.

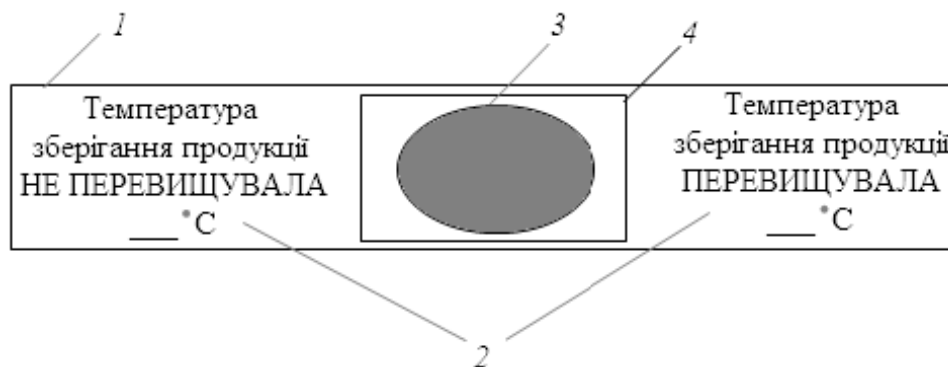


Рис. 1. Засіб контролю температурних режимів зберігання харчової продукції (вид спереду)

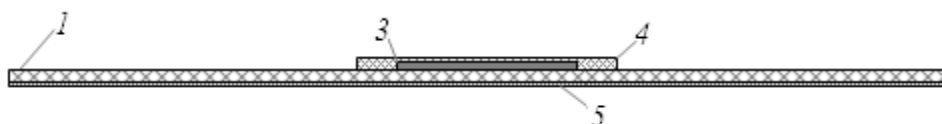


Рис. 2. Засіб контролю температурних режимів зберігання харчової продукції (вид знизу)

Виконання засобу контролю температурних режимів зберігання харчової продукції із адгезивним шаром дозволяє застосовувати його для більшості харчових продуктів під час складського зберігання та реалізації у будь-якій тарі та пакуванні.

Цей підхід дозволяє контролювати температурні режими зберігання фруктів, овочів, ягід, морепродуктів, м'ясних та молочних продуктів, яєць, мучних, кондитерських виробів, горіхів, бакалійної продукції, а також безалкогольних та алкогольних напоїв на всіх складових харчового ланцюга.

1. Ростовський В. С. *Теоретичні основи технології громадського харчування. Загальна частина : Навчальний посібник.* – К. : «Кондор», 2006. – 200 с.

2. ДСТУ ISO 22000:2007 *Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга.* – К., 2007. – 30 с.

3. Pat. № US2012174853 (A1), IPC G01D21/00. *Temperature Sensing Food Stuff Label* / R. WILSON. – App. № 13/343,223 ; filed 04.01.2012 ; pub. date 12.07.2012.

УДК 620.179.1:663.915

Д. І. Шматков, к.пед.н., Р. З. Балафендієва, слухачка магістратури
ПРОЕКТУВАННЯ ЗАСОБУ КОНТРОЛЮ ЗАЛИШКІВ ШОКОЛАДУ В ФОРМАХ
НА АВТОМАТИЧНІЙ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА

Ключові слова: неруйнівний контроль, оптичний контроль, автоматизована лінія, шоколад, форми, контроль залишків, контраст

В умовах конкуренції із зарубіжними фірмами для вітчизняних виробників актуальним питанням є посилення вимог до якості продукції, що випускається, дотримуватись якої можна із застосуванням програмно-керованого устаткування з автоматичним контролем і управлінням технологічними процесами на всіх стадіях життєвого циклу продукції.

Дивлячись на те, що в автоматизованому виробництві шоколад у процесі виготовлення більшість часу знаходиться в формах, постає необхідність у контролі наявності залишків шоколаду у формах з метою підвищення якості продукції.

Вимоги до якості шоколаду передбачено нормативною документацією ДСТУ 3924-2000 «Шоколад. Загальні технічні умови» [1], в якій визначено, що шоколад повинен задовольняти наступним органолептичним показникам: смак і аромат; зовнішній вигляд; форма; консистенція; структура.

Істотні залишки шоколаду у формах можуть вплинути на ці показники, а саме через порушення консистенції може спостерігатись деформація плитки шоколаду, нерівність країв, неоднорідна структура та тьмяна поверхня тощо.

Відомим є пристрій контролю поверхні форм із шоколадом із застосуванням лазера, який утворює полосу світла, що проектується на об'єкт контролю [2]. Відеокамера пристрою, зафіксована в центрі контрольованої ділянки, фіксує траєкторію світла від лазера. Отримана інформація обробляється з використанням відповідного програмного забезпечення. Також відомим є спосіб і пристрій для контролю залишків шоколаду у формах [3], згідно яких контроль здійснюється з використанням світлового променя, який проектується на вимірювану площину. Освітлену ділянку знімає відеокамера, що розташовується поза площиною проєкції. Кадри отримані відеокамерою порівнюються з еталонною моделлю з використанням програмного забезпечення.

Для впровадження цих пристроїв, необхідно забезпечити кожну форму штрих-кодом (ідентифікаційним номером), за допомогою якого система буде розпізнавати об'єкт. Оскільки форми постійно змінюються на форми іншої конфігурації, проблематичним є забезпечення кожної спеціальним кодом. Для використання засобу контролю із лазером [2] передбачається застосування плоских дзеркал, які встановлюються зафіксованому положенні, а їх робота повинна здійснюватись без сторонніх вібрацій. У виробничому середовищі досягти таких умов важко через те, що робота автоматів майже завжди супроводжується вібраційним рухом.

У дослідженні, що представляється, вирішується завдання проектування ефективного засобу контролю залишків шоколаду в формах на автоматичній лінії виробництва. Метод з використанням вказаного засобу повинен гармонійно включатися в основний ланцюг виробництва.

Авторами запропоновано пристрій, спрямований на підвищення технологічності способу контролю залишків шоколаду в формах та засобу для його здійснення.

Пристрій складається із засобу оптичного контролю, джерела світла та блоку обробки.

Реалізацію пристрою представлено на рис. 1.

Оптичний засіб контролю - фотокамера, 1, встановлено в зафіксованому положенні, причому відстань від конвеєрної стрічки, 2, обирається залежно від фокусування, 3, фотокамери, 1, для охоплення усієї площини форми, 4, поза площиною проєкції світлового променя, 5. Фотокамеру, 1, направлено в центр контрольованої ділянки, 6, під прямим кутом.

Світло галогенної лампи, 7, яке проектується на форму, 4, є однорідним та направленим, не створює тіні і не нагріває шоколад. Кут, А, між проєкцією, 5, світла і положенням фотокамери, 1, становить близько 15° для того, щоб світло від лампи, 7, не засвічувало зйомку фотокамери, 1, та не створювало тіні на формі, 4.

Форми, 4, встановлені на конвеєрній стрічці, 2, рухаються послідовно, безперервно за заданим напрямком, 8.

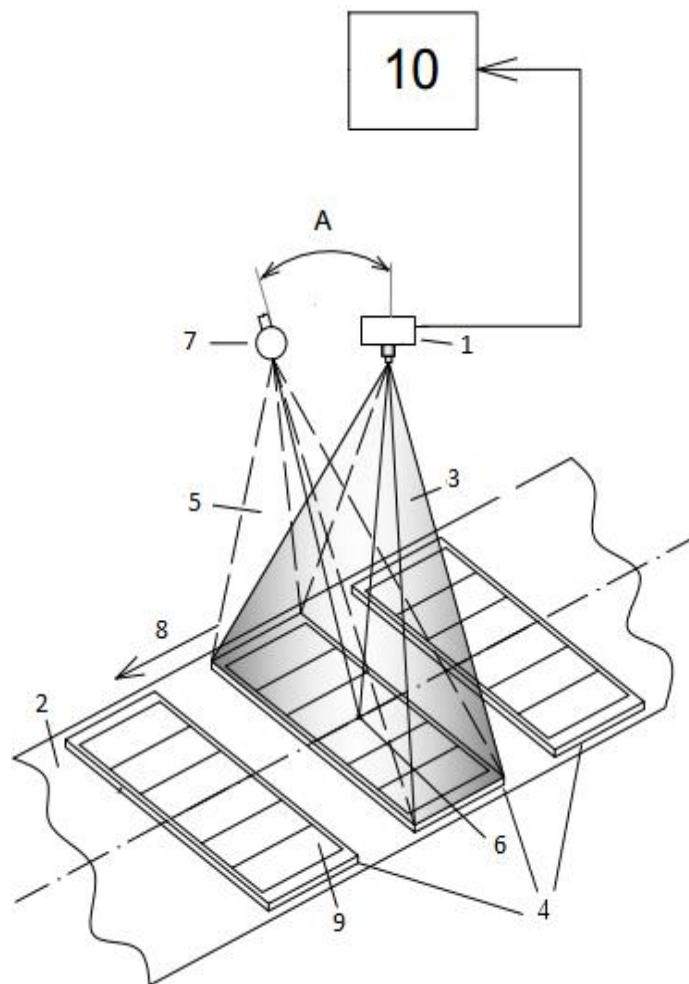


Рис. 1. Пристрій контролю залишків шоколаду в формах

Кожна форма, 4, має ідентичні порожнини, 9, для відливки, які переміщуються вздовж замкнутої траєкторії конвеєрної стрічки, 2, з регульованою швидкістю подачі.

Частота зйомки фотокамери, 1, програмується в залежності від швидкості руху конвеєрної стрічки, 2, та відстані між формами, 4.

Інформація, отримана після зйомки, автоматично передається до блоку обробки, 10, де за допомогою програмного забезпечення визначається міра забруднення форми, 4, за методом обчислення геометричної складової, а саме площин неправильних фігур – залишків шоколаду в формах на знімках, зроблених фотокамерою.

Відомо, що окрім геометричної, чутливість методу контролю ґрунтується на оптичній складовій [4]. Оптичну складову забезпечено експериментальними даними, які свідчать про те, що контраст білої поверхні форм з коричневим кольором шоколаду є середнім (достатнім для обраного методу):

$$k_o = 1 - \frac{B_d}{B_\phi},$$

де k_o – оптична складова методу контролю;
 B_d – яскравість шоколаду, Кд/м²;
 B_ϕ – яскравість форми, Кд/м².

$$k_o = 1 - \frac{1222}{2116} = 0,42.$$

Ступінь забрудненості форм визначається методом порівняння отриманого показника за знімком із допустимим показником геометричної складової залишку шоколаду в формах. Допустимий показник визначається нормативною документацією підприємства.

Засіб контролю запропоновано до впровадження у виробництво на лінії виготовлення шоколаду «Автоматична установка для виготовлення шоколадних плиток типу ЗІБЕ4».

Використання на підприємстві такого засобу повинно забезпечувати зменшення кількості невідповідної продукції. Це підвищує якість виготовленої продукції, та збільшує конкурентоспроможність виробника.

1. Шоколад. Загальні технічні умови.: ДСТУ 3924 – К., 2000. – 24 с.
2. Pat № US4741621, IPC G01B 11/24. Geometric surface inspection system with dual overlap light stripe generator / J. D. Taft, J. F. Ellison. – App. № 8977473; filed 18.07.1986; pub. date 03.05.1988.
3. Pat № EP2112503 (A3), IPC G01N 21/954, G01B 11/25. Method and device for verifying the absence of foodstuff residues in moulds for foodstuffs, in particular chocolate products / G.Dario. – App. № 09158322.9; filed 21.04.2009; pub. date 07.07.2010.
4. Білокур І. П. Основи дефектоскопії : Підручник / І. П. Білокур. – К. : «Азимут-Україна», 2004. – 496 с.

УДК 681.3

А. В. Шнира, магістр, Б. В. Чапалюк, магістр, А.І. Алімов, магістр

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ 3D-ДРУКУ

Ключові слова: 3D-принтер, температури робочої поверхні та екструдера, моніторинг переміщення каретки принтера

3D-принтер – це пристрій для створення фізичного об'єкта на основі комп'ютерної 3D-моделі. Іноді 3D-принтери називають пристроями швидкого прототипування (rapid prototyping), оскільки за їх допомогою можна в найкоротші терміни пройти шлях від ідеї до працюючого прототипу. Актуальність обраного напрямку досліджень обумовлена розвитком технологій 3D-друку, що останнім часом набирає обертів у всіх сферах життєдіяльності людини. Для забезпечення максимально можливої точності та якості друку, необхідно враховувати комплекс параметрів, починаючи з калібрування механіки принтера до налаштування параметрів друку за допомогою програмного забезпечення. Тому сучасні дослідження та розробки в цій сфері наукової діяльності спрямовані на створення 3D-принтерів високого класу точності завдяки системам моніторингу 3D-друку. Найбільш розповсюдженими є 3D-принтери на основі FDM-технології друку [1-3]. FDM – це технологія адитивного синтезу, яка будує прототипи і кінцеві вироби пошарово з термопластику інженерного класу. Зазвичай 3D-принтери на основі FDM-технології комплектуються стандартним програмним забезпеченням, яке використовується для налаштування параметрів друку, але при цьому не враховуються деякі фактори впливу на його якість і точність.

Метою статті є висвітлення проблем, що виникають при друці моделі 3D-принтером на основі FDM-технології та шляхи їх розв'язання за рахунок розширення можливостей стандартного програмного забезпечення, що сприяє підвищенню точності.

Одними з головних проблем, які виникають при друці моделі та не розв'язуються за допомогою стандартного ПЗ, є невідповідність розмірів роздрукованої моделі розмірам, заданим програмно, та нерівномірне нагрівання площ робочої поверхні і екструдера принтера. Для виявлення факторів впливу на точність друку проведено ряд експериментальних досліджень, за результатами яких розроблено підсистему моніторингу температури робочої поверхні і екструдера, переміщення та швидкості обертів каретки. Розроблені підсистеми складаються з апаратної та програмної частин.

Підсистема моніторингу температури робочої поверхні та екструдера. Якісний друк моделі забезпечується підігрівом робочої поверхні 3D-принтера. Це підвищує адгезію пластика до поверхні столу та дозволяє зменшити різницю температур в різних частинах друкованої моделі, і, таким чином, запобігти її деформації. За результатами експериментальних досліджень було встановлено, що робоча поверхня принтера нагрівається нерівномірно відносно її центру, що суттєво впливає на точність та якість друку моделей великих розмірів. Нерівномірний нагрів спостерігається і на краях робочої поверхні. Розроблена підсистема дозволяє автоматично призупинити друк у випадку відхилення температурних показників усієї робочої поверхні від оптимальних та скорегувати їх [4, 5]. Також відмінність розробленої підсистеми моніторингу температури від стандартної полягає у використанні додаткових, розміщених на краях робочої поверхні принтера цифрових датчиків DS18B20 з метою визначення оптимальних температурних параметрів для початку друку моделей (Рис. 1). Температурні показники відображаються у вигляді графіків залежності від часу (Рис. 2).



Рис. 1. Підсистема моніторингу температури робочої поверхні: апаратна частина



Рис. 2 Підсистема моніторингу температури робочої поверхні: програмна частина

За результатами експериментальних досліджень виявлено вплив зовнішніх факторів на вихідні дані цифрових датчиків зокрема та на точність друку моделі загалом. Для запобігання цим впливам датчики розміщені в термостатованих корпусах.

Розроблена підсистема дозволяє зменшити похибку вимірювання температурних показників друку до $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а похибку друку до $0,1\text{ мм}$.

Підсистема моніторингу вимірювання переміщення каретки. Розроблена підсистема не входить до складу стандартного програмного забезпечення [4, 6]. В основу підсистеми покладено використання методу безконтактних вимірювань необхідних параметрів моделі, що дозволяє контролювати та корегувати якість і точність моделі в процесі друку. Апаратна частина підсистеми включає активно-піксельний датчик зображення з використанням сенсора OmniVision OV5647 Color CMOS QSXGA. Розроблене програмне забезпечення дозволяє отримати від датчика зображення розміщення моделі та обробити його, визначити відстань, на якій знаходиться модель від камери, автоматично зупинити друк моделі при відхиленні параметрів друку більш ніж на $0,1\%$ та програмно відкалібрувати 3D-принтер (Рис. 3, 4).

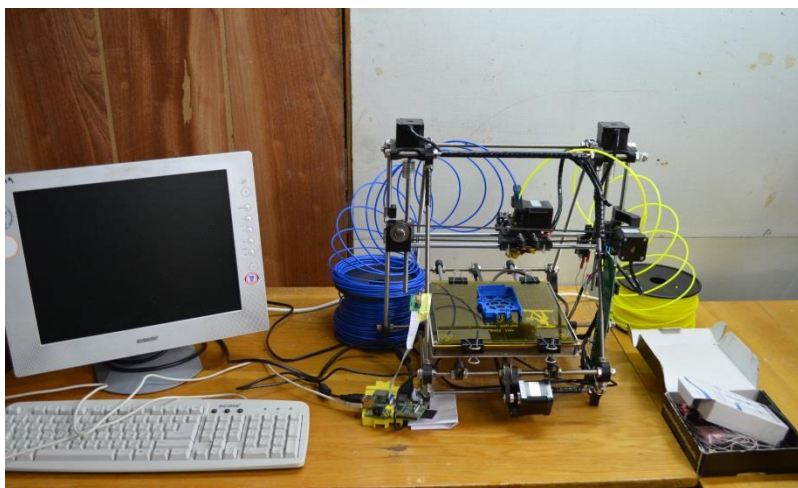


Рис. 3. Підсистеми моніторингу вимірювання переміщення та швидкості обертів каретки: апаратна частина

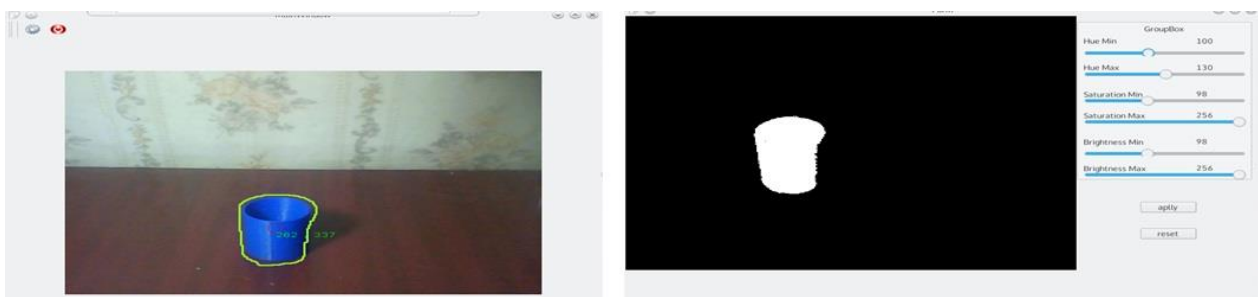


Рис. 4 Підсистема моніторингу вимірювання переміщення: програмна частина

Підсистема моніторингу швидкості обертів каретки. Розроблена підсистема не входить до складу стандартного програмного забезпечення [7]. В основу підсистеми покладено використання методу контактних вимірювань необхідних параметрів моделі, що дозволяє контролювати в процесі друку відповідність розмірів роздрукованої моделі розмірам, заданим програмно. Апаратна частина підсистеми включає спеціальні датчики (енкодери) моделі EC12-20F-S. Вихідні дані надходять до персонального комп'ютеру та оброблюються програмно, а саме: кластеризуються та заносяться до бази даних, після чого будується 3D-модель з врахуванням можливостей спостереження за її друком у різних площинах і пошарово та отримання точних координат і розмірів побудованої моделі (Рис. 3, 5). Згідно цих даних користувач має можливість контролювати та виявляти збої в роботі 3D-принтеру.

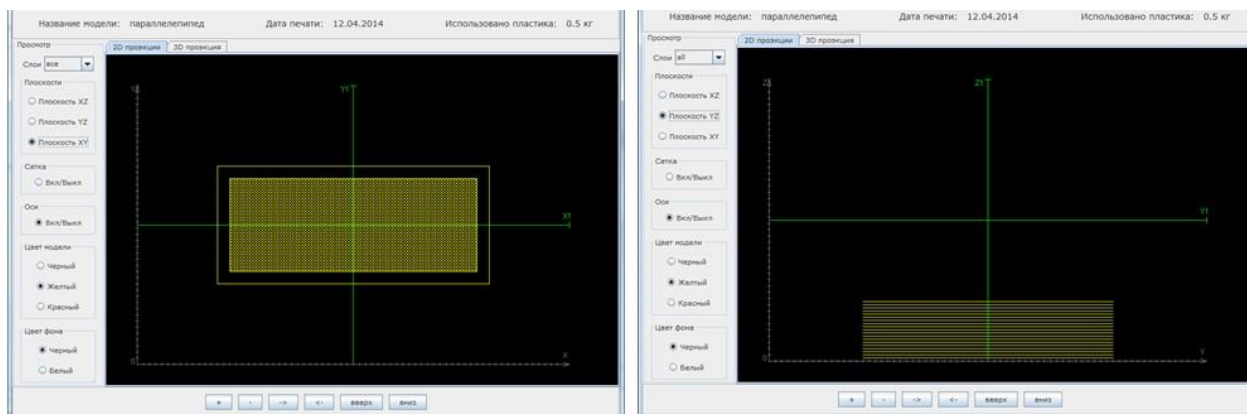


Рис. 5. Підсистема моніторингу швидкості обертів каретки: програмна частина

Висновки. Розглянуто проблеми, що виникають при друці моделі 3D-принтером на основі FDM-технології та шляхи їх розв'язання за рахунок розширення можливостей стандартного програмного забезпечення, що сприяє підвищенню точності, та вдосконалення апаратної частини 3D-принтерів зазначеного типу. Розроблена система моніторингу стає особливо актуальною при малих обсягах виробництва.

1. Конструкция FDM-принтеров/Илья Холодов – Режим доступу: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_fdm.shtml – Дата доступу: 19.12.14 – ХВТ
2. 2RepRap wiki – Режим доступу: http://www.reprap.org/wiki/Main_Page – Дата доступу: 19.12.14 – RepRap wikipedia
3. Nullblog/Alik// Блог – Режим доступу: <http://null-b.blogspot.com/2013/10/3d-reprap-5.html> – Дата доступу: 19.12.14 – Nullblog
4. Шнира А.В. Якість 3d-друку / А.В. Шнира, Б.В. Чапалюк, М.В. Добролюбова // Науково-технічна конференція викладачів, науковців, аспірантів та студентів до Днів Науки 2014, 26-27 травня 2014 р. – К.: «Політехніка», 2014. – С. 101-105.
5. Шнира А.В. Система моніторинга 3d-принтера: підсистема вимірювання температури / А.В. Шнира, Б.В. Чапалюк, А.І. Алімов, М.В. Добролюбова // XVI науково-технічна конференція студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки, 3-4 лютого 2014 р. – К.: «Політехніка», 2014. – С. 81-83.
6. Чапалюк Б.В. Система моніторинга 3d-принтера: підсистема вимірювання переміщення / Б.В. Чапалюк, А.В. Шнира, А.І. Алімов, М.В. Добролюбова // XVI науково-технічна конференція студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки, 3-4 лютого 2014 р. – К.: «Політехніка», 2014. – С. 78-79.
7. Алімов А.І. Система моніторинга 3d-принтера: підсистема вимірювання швидкості обертів / А.І. Алімов, Б.В. Чапалюк, А.В. Шнира, М.В. Добролюбова // XVI науково-технічна конференція студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки, 3-4 лютого 2014 р. – К.: «Політехніка», 2014. – С. 8-9.

Й. І. Стенцель, д.т.н., К. А. Літвінов, аспірант

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИННИХ СЕРЕДОВИЩ УЛЬТРАЗВУКОВИМ МЕТОДОМ

Ключові слова: ультразвук, перетворювач, середовище, рівень, п'єзоелемент, випромінювач, реологія, перехід

Рівень речовини в технологічному апараті належить до основних технологічних параметрів, які підлягають постійному контролю, регулюванню, сигналізації та блокуванню. У сучасному виробництві зростають вимоги до засобів автоматизації, у тому числі до приладів контролю рівня рідинних речовин. У залежності від параметрів контрольованої речовини, таких як температура, агресивність, в'язкість, чистота, наявність піни, а також параметрів та конструкцій технологічних апаратів (надлишкового тиску в апараті, його конструкція, мішалок та інших механізмів) використовують прилади, принцип роботи яких заснований на різних методах вимірювання рівня. Ультразвуковий метод заснований на визначенні часу проходження ультразвуковим імпульсом відстані від джерела ультразвукових імпульсів до поверхні рідинного середовища (РС). Цей метод простіший в реалізації за інші безконтактні методи вимірювання [1, 2]. Рівнеміри, засновані на цьому методі, мають достатньо високу точність (до 0,25%) та діапазон вимірювання до 10÷30 м (деякі – до 120 м). До їх недоліків можна віднести залежність визначення рівня РС від параметрів газового середовища (ГС), наявність зони нечутливості, вплив внутрішніх конструктивних елементів апаратів на точність вимірювального контролю (ВК) [3, 4].

При класичному методі ВК рівня РС вимірюють подвійну відстань проходження ультразвуковим сигналом (УЗС) – від випромінювача ультразвукових коливань (УЗК) до поверхні РС і від останньої до приймача цих коливань. Рівень РС в ємності визначають за формулою [5]:

$$L = H - 0.5ct_2, \quad (1)$$

де L - рівень РС; H - висота апарату; t_2 - час, за який імпульс УЗК проходить подвійну відстань від

випромінювача до поверхні РС; c - швидкість розповсюдження ультразвуку в ГС.

Як правило, ультразвукові засоби контролю рівня (УЗКР) мають достатньо велику зону нечутливості, яка обумовлена накладанням довжини випроміненого та сприйнятого УЗС, котра дорівнює для більшості промислових УЗКР від 0,4 до 0,6 м. У більшості випадків на рівні зони нечутливості УЗКР установлюють реперний пристрій (РП) [10, 12]. Так як РП розташовується в ГС, то час t_{2p} проходження УЗК від випромінювача до РП і від останнього до приймача не залежить від рівня РС і визначається за формулою

$$t_{2p} = 2R_p/c, \quad (2)$$

де R_p – відстань від випромінювача до РП;

З врахуванням (2) рівняння (1) приймає наступну форму

$$L = H - 0,5c(t_2 - t_{2p}). \quad (3)$$

Так як час $2t_2 = (H - L)/c = \mathcal{R}/c$, де \mathcal{R} - товщина ГС, то похибка ВК рівня РС

$$\Delta_L = \Delta L/c = \Delta \mathcal{R}/c = 2\Delta t_2, \quad (4)$$

де $\Delta L, \Delta \mathcal{R}, \Delta t$ – зміна рівня РС, товщини ГС і вимірювального часу відповідно.

З рівняння (4) випливає, що на одиницю зміни рівня РС або товщини ГС приходиться дві зміни вимірювального часу за рахунок подвійного руху імпульсу УЗК. Тобто такий ультразвуковий метод має методичну похибку, яка практично дорівнює основній абсолютній похибці вимірювального контролю. У роботі розглядається ультразвуковий метод ВК рівня РС, в якому така методична похибка є практично відсутньою. Суть методу полягає в тому, що УЗК проходять товщину ГС тільки один раз. При використанні такого методу рівняння (4) приймає наступну форму

$$\Delta_L = \Delta L/c = \Delta \mathcal{R}/c = \Delta t_1, \quad (5)$$

де Δt_1 – зміна часу при односторонньому русі імпульсу УЗК.

Таким чином, запропонований ультразвуковий метод дозволяє підвищити точність ВК рівня практично в два рази. Принцип роботи такого засобу ВК рівня полягає в наступному (рис. 1). Випромінювач УЗК, який являє собою п'єзокерамічний елемент (ПКЕ) круглої форми (поз. 4), розташовується в поплавку (поз 5), який плаває на поверхні РС. Електричний збуджуючий імпульс (ЕЗІ) по ізолюваному гнучкому кабелю (поз. 2) подається через електрод (поз. 6) до ПКЕ, у результаті чого створюється імпульс УЗК, котрий через розділювальну металеву мембрану (поз. 3) передається в ГС товщиною R . Пройшовши ГС, імпульс УЗК (поз. 8) сприймається приймачем (поз. 7), котрий перетворює ці коливання в електрорушійну силу. Остання поступає в блок реєстрації та обробки виміральної інформації (поз.9).

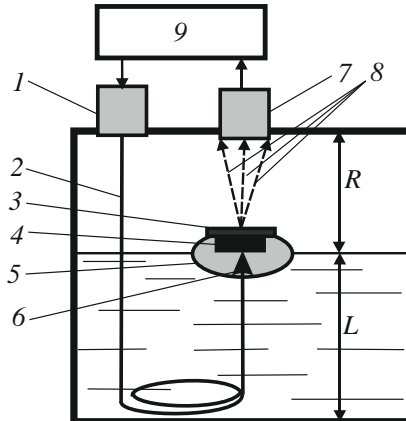


Рис. 1. Схема ультразвукового УЗВК з одностороннім рухом УЗК

Відомо [9], що ступінь поглинання енергії УЗК в ГС підпорядковується закону Бугера-Ламберта-Бера, згідно з яким інтенсивність поглинання можна описати наступним рівнянням

$$I = I_0 \exp[-\varepsilon_\lambda (R_{\text{пр}} + R_{\text{зв}}) Q] \quad (6)$$

де I_0 – енергія УЗК, яка випромінюється; ε_λ – коефіцієнт поглинання, $\text{м}^2/\text{моль}$; $R_{\text{пр}}, R_{\text{зв}}$ – відстань від випромінювача до поверхні РС і зворотна відстань відповідно, м ; Q – мольна концентрація газового середовища, $\text{моль}/\text{м}^3$.

Якщо $R_{\text{пр}} + R_{\text{зв}} = 2R = 2(H - L) = 2ct_2$, то підставивши це рівняння в (6), маємо

$$I = I_0 \exp(-2\varepsilon_\lambda Qct_2). \quad (7)$$

Швидкість розповсюдження УЗК в ГС визначається за наступною формулою [12]:

$$c = \sqrt{\frac{kP}{\rho}}, \quad (8)$$

де k – адіабатичний коефіцієнт; P – тиск ГС; ρ – його густина.

Згідно з законом Менделєєва-Клапейрона для густини ГС маємо

$$\rho = MP / RT, \quad (9)$$

де M – молярна маса газу; R – універсальна газова стала; T – температура газу.

Підставивши рівняння (8) у (7) з врахуванням (9), отримуємо наступне рівняння для інтенсивності поглинання енергії УЗК в ГС у такому вигляді

$$I = I_0 \exp(-2\varepsilon_\lambda Q \sqrt{kRT/M} \cdot t_2). \quad (10)$$

Так як мольна концентрація $Q = \rho/M = P/RT$, то рівняння (7) приймає наступну форму

$$I = I_0 \exp(-2\varepsilon_\lambda P \sqrt{k/MRT} \cdot t_2). \quad (11)$$

Для УЗКР з прямим (одностороннім) рухом УЗК маємо

$$I = I_0 \exp(-\varepsilon_\lambda P \sqrt{k/MRT} \cdot t_2) \quad (12)$$

або

$$I = I_0 \exp[-\varepsilon_\lambda (R_{\text{пр}} + R_{\text{зв}})(P/\mathcal{RT})] \quad (13)$$

Так як рівняння (12) і (13) є рівнозначними, то отримуємо

$$t_2 = (R_{\text{пр}} + R_{\text{зв}}) \sqrt{M/k\mathcal{RT}}. \quad (14)$$

Якщо припустити, що $R_{\text{пр}} = R_{\text{зв}} = R$, то, приймаючи до уваги, що $R = H - L$, рівняння статичної характеристики такого УЗКР приймає наступну форму

$$t_2 = 2(H - L) \sqrt{M/k\mathcal{RT}} - t_p. \quad (15)$$

Так як молекулярна маса $M = \rho(\mathcal{RT}/P)$, то рівняння (15) приймає такий вигляд

$$t_2 = 2(H - L) \sqrt{\rho/kP} - t_p. \quad (16)$$

Для УЗКР з одностороннім рухом імпульсу УЗК рівняння статичної характеристики буде наступним

$$t_1 = (H - L) \sqrt{\rho/kP}. \quad (17)$$

Зона нечутливості такого УЗКР практично обмежується зоною шуму вимірювальної схеми. З рівнянь (15) і (17) видно, що вони більш придатні для практичного використання, так як густину газової суміші і тиск можна вимірювати з достатньо високою точністю, що дає можливість уводити поправки до результату вимірювального контролю рівня. З рівняння (17) видно, що статична характеристика УЗКР є лінійною. Як показують експериментальні дослідження для реальних УЗКР ця характеристика є нелінійною, яка пов'язана з наявністю реологічних перетворень випроміненого імпульсу УЗК, котрі описуються нелінійними диференціальними рівняннями. До основних реологічних перетворень відносяться:

- перетворення ЕЗІ у відхилення п'єзокерамічного елемента (ПКЕ) від нормального стану;
- перетворення відхилення ПКЕ у вільні УЗК;
- перетворення УЗК в газовому середовищі;
- перетворення відбитих від поверхні РС УЗК в електрорушійну силу, котра поступає у вимірювальну схему для розрахунку рівня.

1. Баби́ков О.И. Контроль уровня с помощью ультразвука / Баби́ков О.И. – Л.: Энергия, 1971. – 98 с.
2. Дж. Фрайден. Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден ; пер. с англ. Ю.А. Заболотной ; под ред. Е.Л. Свинцова. – Москва: Техносфера, 2006. – 592 с.
3. Шарапов В.М. Пьезоэлектрические датчики / Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. ; под ред. В.М. Шарапова. – Москва: Техносфера, 2006. – 632 с.
4. Жданкин В.К. Приборы для измерения уровня / В.К. Жданкин // Современные технологии автоматизации. – М.: СТА-ПРЕСС, 2002. - №2. – С. 6 – 19.
5. Уровнемеры. Тематический каталог №5. Выпуск 6 / ПГ «Метран». – Челябинск, 2007. – 206 с.
6. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики / Кузьмичев В.Е.; отв. ред. В.К. Тартаковский. – К.: Наук.думка, 1989. – 864 с. – Библиогр.: с. 846 – 848.
7. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем / Кухлинг Х. – М.: Мир, 1982. – 520 с.
8. Уровнемеры ультразвуковые МТМ900. Технические условия: ТУ У 32.2-19081403-016-2004. – Северодонецк: ТОВ НВП «Мікротерм», 2004. – 35 с. – (Нормативний документ ТОВ НВП «Мікротерм»).
9. Крым А.Е. Применение ультразвуковых уровнемеров в различных областях промышленности // Сборник докладов семинара ЗАО «Взлёт». – Санкт-Петербург, 2007. – С. 97 – 100. Режим доступа: www.vzljot.ru/files/publications2007/014.pdf – Назва з титул.екрану.
10. Стенцель Й.І., Томсон А.В., Рябіченко А.В. Математичні моделі ультразвукових рівнемірів рідин. МНТЖ „Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. –Хмельницький, 2006. №2 (28). – с.55-58.
11. Стенцель Й.І., Томсон А.В., Рябіченко А.В. Вплив температури хімічних процесів на точність вимірювання рівня реакційних рідин ультразвуковим рівнеміром. Вісник СНУ ім. Володимира Даля. №5(111). Ч.2, - 2007. – с.97-101
12. Стенцель Й.І., Томсон А.В., Рябіченко А.В. Аналіз похибок вимірювання ультразвукових рівнемірів //Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Прилади та методи неруйнівного контролю. – Харків: НТУ «ХПІ» - № 48. – 2008. – с. 55-60.

Й. І. Стенцель, д.т.н., О.І.Шаповалов, аспірант

СТАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНІТОСТРИКЦІЙНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИНИ

Ключові слова: магніострикція, перетворювач, середовище, рівень, хвилевод, електромагнітне поле, реологія, перехід

Сучасні нафтопереробні заводи, автозаправні комплекси, хімічні та інші підприємства потребують постійного вдосконалення засобів та систем обліку рідких продуктів. Одним з важливих елементів подібних систем є засоби контролю рівня рідких нафтопродуктів (бензин, керосини тощо) в ємностях, резервуарах і нафтоховищах. Відповідно, до нормативних документів межі допустимої абсолютної похибки контролю рівня світлих нафтопродуктів не повинні перевищувати ± 2 мм. Цим вимогам відповідають засоби контролю рівня, принцип роботи яких заснований на магніострикційному методі вимірювального контролю (ВК). Відомі магніострикційні засоби контролю (МСЗК) рівня рідинних середовищ (РС), які працюють за принципом вимірювання часу проходження ультразвуковим сигналом (УЗС) подвійної відстані від поверхні РС до приймача УЗС та визначенні рівня за часом проходження цього сигналу. Теоретичних та експериментальних досліджень МСЗК у зарубіжній і вітчизняній науковій літературі надзвичайно мало. В основному вони стосуються дослідженню деяких магніострикційних параметрів як коефіцієнта магнітомеханічного зв'язку k , динамічної магніострикційної сталості α , відносної магнітної проникності μ , магніострикційного насичення λ_s . МСЗК широко використовуються на підприємствах різних галузей народного господарства для неруйнівного контролю виробів, у дефектоскопії, а також для контролю рівня РС. Вказується [1, 4, 5], що МСЗК рівня можуть використовуватися при температурах від мінус 40°C до плюс 122°C. Явище магніострикції полягає в тому, що при зміні стану намагніченості тіла його об'єм і лінійні розміри змінюються [2, 3, 6]. Зміна форми магніострикційного матеріалу може виявлятися, наприклад, в розтягуванні, стискуванні, зміні об'єму. Рухливим елементом є постійний магніт, а електричний струмовий імпульс (ЕСІ) подається безпосередньо в хвилевід, кінці якого закріплені в демпферах. Навколо хвилеводу утворюється електромагнітне поле (ЕМП), яке взаємодіє з поздовжнім магнітним полем постійного магніту. У результаті цього, магнітне поле в зоні взаємодії змінюється і згідно з ефектом Відеману хвилеводі виникає обертова ультразвукова хвиля, яка розповсюджується вздовж хвилеводу у зворотному напрямку до дії ЕСІ [7]. Різниця часу Δt між моментом подачі ЕСІ і появи імпульсу електрорушійної сили (ЕРС) ультразвукової частоти на вході у вторинний перетворювач є мірою рівня рідини. Так як різниця часу Δt , може бути значною, то процес вимірювання розділяється на наступні основні реологічні перетворення:

1. перетворення ЕСІ в електромагнітне поле бігучої хвилі;
2. перетворення магнітного поля бігучої хвилі та магнітного поля постійного магніту в механічну дію доменів матеріалу;
3. перетворення механічної дії доменів в їх механічні ультразвукові коливання;
4. перетворення механічних УЗК в електрорушійну силу.

У МСЗК рівня з допомогою генератора створюються прямокутні імпульси, котрі підсилюються за струмом до певної амплітуди I_0 і далі подаються на вхід хвилеводу, по котрому цей імпульс рухається з певною швидкістю [8]. Так як швидкість такого ЕСІ в хвилеводі значно менша від його швидкості в електричних провідниках з інших матеріалів, то можна рахувати, що магніострикційний хвилевід є аналогом електропровідної лінії з розподіленими параметрами. Магнітне поле $\Phi(l_p)$, котре формується на певній відстані x хвилеводу, при його досягненні магнітного поля постійного магніту, який знаходиться в поплавку, взаємодіють між собою, викликаючи відповідні механічні дії. Як показують теоретичні та експериментальні дослідження МСЗК, довжина, на яку розповсюджується ЕМП хвилеводу, є достатньо обмеженою. Аналіз МСЗК показує, що такі засоби використовуються для контролю рівня висотою не більше 18 метрів. Це свідчить про те, що загасання магнітного поля в хвилеводах є достатньо суттєвим. Якщо

припустити, що активний опір хвилеводу є незначним, котрим можна знехтувати, то ЕМП хвилеводу описуватиметься наступним рівнянням [9-10]

$$\Phi(l_p) = 2\mu_a r_c I_0 [\exp(\Delta l / \Re_x K_c)] \operatorname{erf}(\Delta l / 2\sqrt{D_E \vartheta}), \quad (1)$$

де μ_a – абсолютна магнітна проникність матеріалу хвилеводу; r_c – радіус; $\Delta l = H_x - l_p$; H_x – довжина хвилеводу; \Re_x – частина хвилеводу, яка знаходиться в газовому середовищі; K_c – стала хвилеводу; D_E – коефіцієнт перенесення електромагнітної енергії ЕСІ за час ϑ .

З рівняння (1) видно, що електромагнітний потік хвилеводу зменшується нелінійно зі зменшенням рівня РС. Фізична модель реологічного перетворення ЕМП активної ділянки хвилеводу (АДХ) в УЗК показана на рис. 1, де 1 – хвилевід; 2 – ЕМП; 3 – поплавок; 4 – постійний магніт; 5 – УЗК; 6 – захисна трубка; 7 – напрямок переміщення імпульсу УЗК.

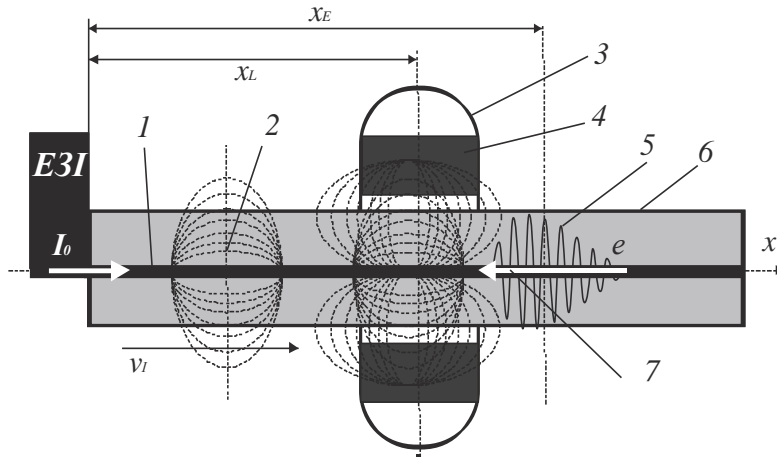


Рис. 1. Фізична модель перетворення ЕМП АДХ в УЗК

Узагальнюючим параметром, за яким можна розглядати перенесення електричної енергії в хвилеводі при русі ЕСІ до області розташування поплавка з постійним магнітом і русі імпульсу УЗК від цієї області до вторинного перетворювача, є ЕМП. У цьому разі зоною реологічного переходу є область перетворення ЕМП ЕСІ в ЕМП УЗК, а фактично зона дії магнітного поля постійного магніту. Перенесення енергії магнітного поля ЕСІ зі швидкістю $v(x, \vartheta)$ можна описати наступним рівнянням

$$\frac{\partial E_I(x_1, \vartheta)}{\partial \vartheta} + \frac{\Re}{\tau_I} \frac{\partial E_I(x_1, \vartheta)}{\partial x_1} - v_I(x_1, \vartheta) \Re \frac{\partial^2 E_I(x_1, \vartheta)}{\partial x^2} = \tau_p \frac{d^2 E_y(\vartheta)}{d\vartheta^2} + \frac{dE_y(\vartheta)}{d\vartheta}, \quad (2)$$

де $E_I(x_1, \vartheta)$ - зміна енергії ЕМП ЕСІ при його русі зі швидкістю $v_I(x_1, \vartheta)$ до області дії магнітного поля постійного магніту; x_1 – переміщення енергії ЕСІ вздовж хвилеводу; ϑ - час перенесення енергії; $v_I(\vartheta)$ - швидкість стоку енергії ЕСІ в області створення УЗК за час ϑ ; $\tau_I = R_x / L_x$ – електрична стала часу; R_x і L_x - активний опір та індуктивність АДХ відповідно; τ_p - стала часу реологічного перетворення; $E_y(\vartheta)$ - енергія затрачена на створення УЗК.

Так як у зоні реологічного переходу проходить взаємодія напруженості ЕМП з магнітним полем постійного магніту, то стало часу реологічного перетворення $\tau_p = \mu_0 \Phi_{M0} / E_{I0} L_x$. Якщо прийняти, що швидкість розповсюдження ЕМП у хвилеводі $v(x_1, \vartheta) = \sqrt{G/\rho}$, де G – модуль пружності матеріалу хвилеводу; ρ - його густина, то отримуємо математичну модель для зміни напруги на виході вторинного перетворювача у такій формі

$$u(\vartheta) = k_T E_{I0} \left\{ \exp\left(-\frac{L_x \sqrt{G/\rho}}{R_x l_0}\right) \exp\left(-\frac{2\vartheta E_{I0} L_x}{\mu_0 \Phi_{M0}}\right) \right\}^2, \quad (3)$$

де k_T - коефіцієнт перетворення вторинного перетворювача.

Вихідна напруга $u(\theta)$ порівнюється з деякою опорною напругою u_0 і при $u(\theta) = u_0$ визначається час вимірювального контролю. Враховуючи, що час проходження ЕСІ від моменту його подачі до моменту порівняння з опорною напругою $\Delta t = l_0 / \sqrt{G/\rho}$, то враховуючи, що ця напруга на компараторі порівнюється з напругою вторинного перетворювача, яка повинна бути більшою від опорної напруги, тобто $u(\theta) = k_T E_{I0} + u_0$, то з (3) після відповідних перетворень отримуємо рівняння статичної характеристики МСЗК рівня РС у такому вигляді

$$\Delta t = \frac{\tau_I l_\Gamma^3}{\left(\frac{E_{I0}}{\Phi_{M0}}\right) \left[\frac{\pi}{2} D_x^2 \theta_0 \left(\frac{v}{t_I}\right) + l_\Gamma^3 \left(\frac{\Phi_{M0}}{E_{I0}}\right) \ln \sqrt{1 + \frac{u_0}{k_T E_{I0}}} \right]}. \quad (4)$$

Аналіз рівняння (4) дозволяє зробити наступні висновки.

1. Якщо прийняти, що АДХ є його довжина в газовому середовищі, тобто $v/t_I = l_\Gamma$, то рівняння (4) спрощується до наступного вигляду

$$\Delta t = \frac{\tau_I l_\Gamma}{\left(\frac{E_{I0}}{\Phi_{M0}}\right) \left[\frac{\pi}{2} D_x^2 \theta_0 + l_\Gamma \left(\frac{\Phi_{M0}}{E_{I0}}\right) \ln \sqrt{1 + \frac{u_0}{k_T E_{I0}}} \right]}. \quad (5)$$

2. Якщо опорна напруга $u_0 \approx k_T E_{I0}$, то $\ln \sqrt{1 + u_0/k_T E_{I0}} \approx 0$. Тоді рівняння (5) спрощується і приймає таку форму

$$\Delta t = \frac{2}{\pi} \left(\frac{\Phi_{M0}}{E_{I0}}\right) \frac{\tau_I}{\theta_0 D_x^2} l_\Gamma = K_M l_\Gamma. \quad (6)$$

Таким чином, з рівняння (6) видно, що при відповідних налагоджувальних умовах статична характеристика МСЗК рівня РС є лінійною. Коефіцієнт перетворення є функцією як конструктивних параметрів, таких як магнітного потоку постійного магніту, напруженості електромагнітного поля ЕСІ і часу задання опорної напруги переднього фронту імпульсу УЗК, так і електрофізичних параметрів і діаметра хвилеводу. Окрім того можна рахувати, що відношення магнітного поля Φ_{M0} постійного магніту до напруженості електромагнітного поля хвилеводу є характерним магнітоелектричним показником, за котрим можна оцінювати якість хвилеводу

1. Дж. Фрайден. *Современные датчики. Справочник / Перевод с английского Ю.А. Заболотной под ред. Е.Л. Свинцова.* – Москва: Техносфера, 2006. – 592 с.
2. Кузьмичев В.Е. *Законы и формулы физики / Отв. ред. В.К. Тартаковский.* – К.: Наук.думка, 1989. – 864 с.
3. Беранек Л. *Акустические измерения.* – М.: Изд-во иностр. лит., 1952. – 626 с.
4. *Siemens. Контрольно-измерительные приборы. Уровень: Каталог FI 01 / SiemensAG.* – 2007. – 188 с.
5. *Каталог компании EmersonProcessManagement и Промышленной группы «Метран». Выпуск 10 «Уровнемеры» - М.: Изд-во каталогов, 2011. - 206 с.*
6. *Ультразвуковые преобразователи / Под ред. Е. Кикучи, пер с англ.* – М.: Наука, 1972. – 386 с.
7. Стенцель Й.І., Томсон А.В., Шаповалов О.І. Аналіз магнітострикційних засобів контролю рівня рідинних середовищ. *Східно-Європейський журнал передових технологій. Харків, № 3/5 (45) 2010.* – с. 53- 56
8. Стенцель Й.І., Шаповалов О.І. Експериментальні дослідження ультразвукових сигналів магнітострикційного засобу контролю рівня рідинних середовищ. *Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць «Електроенергетика і перетворювальна техніка». №12. 2010.* – с. 15-21.
9. Стенцель Й.І., Шаповалов О.І., Томсон А.В., Янішина А.С. Основи теорії магнітострикційного засобу контролю рівня рідинних середовищ. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. «Електроенергетика та перетворювальна техніка». – Харків: НТУ «ХПІ» - №41. – 2011. – с. 18 - 23*
10. Шаповалов О.І. Математична модель магнітодинамічного потоку в зоні реологічного переходу магнітострикційного перетворювача. *Вісник ХНУ. Технічні науки. – Хмельницький: «ХНУ» – №2. – 2014 с. 240-246.*

УДК 66.012-52:661.525.3:532.135

**Й. І. Стенцель, д.т.н., О. І. Проказа, к.т.н., К. А. Літвінов, аспірант
ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА
ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ**

Ключові слова: вимірювання, технологія, контроль, перетворення, середовище, інтеграл, функціонал, реологія, перехід

Технологічний процес (ТП) являє собою складну багатопараметричну систему, до якої входять інформаційні системи вимірювального контролю (ВК) та діагностики. Системи ВК є основними елементами, за показниками котрих визначається якість готової продукції. Як правило, для хімічних ТП вихідними координатами є концентрація виготовленої речовини, густина, в'язкість або інші фізико-хімічні її властивості. Кожний ТП являє собою об'єкт ВК та управління, який характеризується вхідними, вихідними та впливовими координатами. Такий об'єкт має джерело енергії (маси чи кількості руху), зону реологічного переходу і перетворення та стік його результату (готового продукту з нормованими технологічними параметрами) (рис. 1). Вхідні матеріальні й теплові потоки F_1, F_2, \dots, F_n , котрі поступають в технологічний апарат, створюють відповідне джерело енергії, маси чи кількості руху. За рахунок енерго- тепло і масоперенесення матеріальні й теплові потоки поступають в зону реологічного переходу, у котрій проходить відповідне їх перетворення (наприклад, випаровування, абсорбція, ректифікація, хімічна реакція тощо), створюючи нові матеріальні, теплові та інші потоки. Новостворені в зоні реологічних переходів енергетичні, матеріальні чи інші потоки, котрі володіють новими властивостями (наприклад, температурою T , концентрацією Q тощо), виводяться з ТП [1, 2].

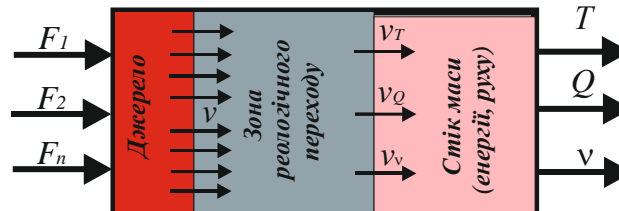


Рис. 1. Фізична модель реологічних переходів технологічного процесу

Як показано в [3-6], такі ТП описуються нелінійними диференціальними рівняннями енерго-масо - і теплоперенесення в наступному вигляді:

- для перенесення густини (щільності) ρ_i речовини

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial \theta} + \text{div}(\rho_i \cdot \bar{v}_i) = -\text{div}(D_i \nabla \rho_i) + \gamma_{\rho_i}; \quad (1)$$

- для перенесення теплової енергії

$$\frac{\partial}{\partial \theta} (m_i c_i T_p) + \text{div}(m_i c_i T_p \cdot \bar{v}_T) = -\text{div}(\lambda_i \nabla T_p) + \gamma_T, \quad (2)$$

де ρ_i, m_i – густина і маса i -ої речовини; \bar{v}_i – вектор направленості швидкості руху i -ої речовини; D_i – ефективний коефіцієнт масоперенесення i -ї речовини; γ_{m_i} – швидкість стоку маси i -ої речовини; c_i – питома теплоємність перетворюваної речовини; T_p – температура потоку; \bar{v}_T – вектор направленості теплового потоку; γ_T – швидкість стоку теплової енергії; ∇ – лінійний оператор.

Стоки, як правило, описуються інтегральними функціями першого, другого або вищого порядку. Якщо реологічне перетворення густини (щільності) є одностадійним, то швидкість стоку концентрації $Q_j(t)$ за час t описується таким рівнянням: $\gamma_m(t) = \tau \frac{d^2 Q_j(t)}{dt^2} + \frac{d Q_j(t)}{dt}$. Відповідно при двостадійному перетворенні - $\gamma_m(t) = \tau_2 \frac{d^3 Q_j(t)}{dt^3} + \tau_1 \frac{d^2 Q_j(t)}{dt^2} + \frac{d Q_j(t)}{dt}$, де τ, τ_1, τ_2 – сталі часу. Якщо припустити, що процес перенесення маси є одностороннім та одностадійним, то рівняння (1) набуває вигляду

$$\frac{\partial \rho_i(x, \theta)}{\partial \theta} + D_i \frac{\partial^2 \rho_i(x, \theta)}{\partial x^2} + v_i \frac{\partial \rho_i(x, \theta)}{\partial x} = \tau \frac{d^2 Q_j(t)}{dt^2} + \frac{dQ_j(t)}{dt}, \quad (3)$$

де x – напрямок перенесення густини (щільності).

Згідно з методом нульового градієнта [8] нелінійне диференціальне рівняння (3) для границь реологічних переходів розділяється на наступну систему:

$$\frac{\partial \rho_i(x, \theta)}{\partial \theta} + D_i \frac{\partial^2 \rho_i(x, \theta)}{\partial x^2} + v_i(x, \theta) \frac{\partial \rho_i(x, \theta)}{\partial x} = 0; \quad (4)$$

$$\tau \frac{d Q_j(t)}{dt} + Q_j(t) = \rho_i(x, \theta). \quad (5)$$

Сумісне рішення рівнянь (4) і (5) дозволяє отримати аналітичний розв'язок нелінійного диференціального рівняння (3) у залежності від умов, котрі висуваються до процесу реологічного перенесення. Якщо x є нелінійною функцією від часу перенесення θ , швидкість $v_i(x, \theta) \rightarrow 0$, а стала часу стоку $\tau = V/F_{Q_i}$, де V – об'єм; F_{Q_i} – об'ємна витрата стоку з концентрацією Q_i , то аналітичний розв'язок системи рівнянь (4) і (5) має вигляд

$$Q_i(x, \theta, t) = k_0 \rho_0 \operatorname{erf}(x/2\sqrt{D_i \theta}) [1 - \exp(-t F_{Q_i}/V)]. \quad (6)$$

Якщо $x = v_i \theta$, де $v_i = F_i/S$ – швидкість руху вхідних потоків; F_i – об'ємна витрата; S – поперечний перетин потоків, то розв'язком цієї системи буде

$$Q_i(x, \theta, t) = k_0 \rho_0 [1 - \exp(-2x^2/\theta D_i)] [1 - \exp(-t F_{Q_i}/V)]. \quad (7)$$

З рівнянь (6) і (7) видно, що технологічний об'єкт є багатопараметричним, а результат реологічного перетворення визначається трьома змінними параметрами: лінійним розміром x , часом реологічного перетворення θ і часом стоку t . Для забезпечення оптимального режиму такого об'єкту вимірювального контролю між змінними параметрами повинні існувати екстремальні умови, при котрих забезпечується оптимальне значення концентрації в матеріальному потоці стоку. Згідно з фізичною моделлю ТП перетворення речовин густиною ρ_i проходить в зоні реологічного перетворення, котрий описується інтегральною імпульсною δ – функцією Дірака [7]. Згідно з теорією узагальнених функцій похідна ступінчастої функції приводить до символічної рівності $\delta(t) = \partial f(t)/\partial t$, де $\delta(t)$ - дельта-функція Дірака; $f(t)$ - деяка довільна функція, яка описує процес реологічного перетворення, наприклад, рівняння (6) або (7). Якщо функція $f(x, \theta, t) = Q_i(x, \theta, t)$ при $\theta = t = \text{const}$ (одномірний процес) описує перетворення зі спадковістю, то функція Дірака є асиметричною. При $\xi = f(x)$ інтегральна імпульсна δ – функція Дірака описується рівнянням

$$\int_{x_1+0}^{x_2} f(\xi) \delta(\xi - x_0) d\xi = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ f(x_0+0), & x \geq 0 \end{cases}, \quad (8)$$

де x_1, x_2 – початкова і кінцева відстань перенесення густини речовини в зоні реологічного перетворення відповідно; x_0 – відстань в зоні реологічного перетворення, при якій зрівноважені густини вхідних і вихідних потоків; ξ - змінна відстані x ; $\delta(\xi - x_0)$ - ядро лінійного інтегрального перетворення.

Якщо змінна $\xi = f(x, \theta, t)$ є тримірною величиною, то рівняння (8) приймає наступну форму

$$\iiint_{\xi_1}^{\xi_2} f(\xi) \delta(\xi - \xi_0) d\xi = \begin{cases} 0, & \xi < 0 \\ f_{\xi_0+0}, & \xi \geq 0 \end{cases} \quad (9)$$

де $\xi_0 = f_0(x, \theta, t)$ – деяка номінальна змінна функція.

Так як змінна ξ є функцією відстані x і часу перенесення t , то можна отримати функції за швидкістю v_p та прискоренням a_p перенесення речовини в зоні реологічного перетворення. Тобто оптимізувати цей процес за критерієм Лагранжа. При цьому отримуємо такі значення відстані x , а фактично витрат вхідних потоків, при котрих час перенесення є найбільш оптимальним. Технологічний процес буде найбільш ефективним, коли час θ перенесення вхідних речовин дорівнюватиме часу t стоку перетвореного продукту. При оптимальному значенні витрат вхідних матеріальних потоків функція $f(\Delta = \theta - t) \equiv Q_i(x_{\text{опт}}, \Delta) \rightarrow \max$. Оптимізацію ТП за приростом часу Δ можна виконати за критерієм Понтрягіна. З рівняння (6) і (7) видно, що концентрація перетвореного продукту залежить не тільки від x, θ, t , а також від різних технологічних параметрів, як густина, температура, тиск (для газових потоків), коефіцієнта масопередачі тощо [9]. Оптимізацію концентрації Q_i вихідного потоку можна виконати за критерієм Ейлера. Таким чином, рівняння (9) є оптимізаційним одночасно за трьома критеріями: Лагранжа, Понтрягіна та Ейлера. Позначивши критерій Лагранжа через \mathcal{L} , Понтрягіна через \mathcal{P} і Ейлера через \mathcal{E} , отримуємо новий критерій оптимізації, який назвемо критерієм інтегрального функціоналу. Математично цей критерій можна записати у такій формі

$$I = \int_{\xi_1+0}^{\xi_2} f(\mathcal{L}, \mathcal{P}, \mathcal{E}, \xi) \delta(\mathcal{L}, \mathcal{P}, \mathcal{E}, \xi) d\xi \Rightarrow \min. \quad (10)$$

1. Поркуян О.В., Стенцель Й.І., Проказа О.І. Реологічні моделі технологічного контролю параметрів з внутрішніми зв'язками у виробництві аміачної селітри // Збірник наукових праць «Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». «Електроенергетика та перетворювальна техніка». – 2010. – № 12. – С.21–28.

2. Стенцель Й.І., Поркуян О.В., Проказа О.І. Дослідження вимірювального контролю технологічних параметрів при реологічних перетвореннях хімічних процесів // Збірник наукових праць «Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». «Електроенергетика та перетворювальна техніка». – 2011. – № 19. – С. 31–36.

3. Стенцель Й.І., Поркуян О.В., Проказа О.І. Основи теорії багатопараметричних об'єктів керування з реологічними переходами // Науковий журнал «Технологічні комплекси» Луцького національного університету. – 2010. – № 2. – С.46–51.

4. Стенцель Й.І., Проказа О.І., Поркуян О.В. Математичні моделі апарату нейтралізації за витратою аміачної селітри // Збірник наукових праць «Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». «Електроенергетика та перетворювальна техніка». – 2012. – №41. – С. 24-33.

5. Стенцель Й.І., Проказа О.І., Поркуян О.В. Математичні моделі управління апаратом нейтралізації кислоти за температурою реакції у виробництві аміачної селітри // Науковий журнал «Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля». – 2012. – №15(186). – Ч. 2. – С. 114-122.

6. Stentsel I., Porkuyan O., Prokaza E. Researches of the system of neutralization process control in the production of ammonium nitrate on the basis of rheologica ltransitions principles //An International journal on motorization, vechicle, operation, energy efficiency and mechanical engineering “ТЕКА Commission of motorization and Energetics in Agriculture”. – 2012. – Vol.12, № 4. – P.274-278.

7. Стенцель Й.І. Математичне моделювання хімічних процесів на основі теорії реологічних переходів // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал. – Луганськ, 2007. – №5 (111). – Ч.2. – С. 91–96.

8. Стенцель Й.І. Фотокolorиметричні газоаналізатори: Монографія– К.: НМК ВО, 1992. – 120 с.

9. Стенцель Й.І. Математичне моделювання технологічних об'єктів керування– К.: ІСДО, 1993. – 328 с.

А. Г. Бондаренко, В. П. Сироклы, к.т.н

САМООЦЕНКА КАК МЕТОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Ключевые слова: система управления качеством, самооценка организации, модель самооценки, модель совершенства EFQM, методика самооценки, критерии самооценки, экспертный метод

Для обеспечения конкурентоспособности университета на рынке образовательных и научно-исследовательских услуг Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» разрабатывает и внедряет систему управления качеством согласно ДСТУ ISO 9001:2009.

Одним из ключевых моментов совершенствования данной системы является самооценка. По своему содержанию самооценка – это вид сопоставительного анализа деятельности организации в сравнении с какой-либо моделью, эталоном. Разработка модели для проведения самооценки университета осуществляется с использованием модели совершенства EFQM и методики самооценки согласно ДСТУ ISO 9004:2012.

Главной целью самооценки является определение сильных сторон в работе вуза и областей, по которым он отстает от модели, то есть областей, где можно ввести улучшения и за счет этого поднять свою деятельность на более высокий уровень.

Соответствие модели совершенства EFQM в области качества оценивается по девяти критериям, адаптированных к образовательной деятельности, каждый из которых разбит на составляющие, содержащие в свою очередь ряд областей оценки. Оценка проводится экспертным методом.

Отметим следующие преимущества, которые дает этот метод:

- получение объективной количественной оценки на основе единого общепризнанного комплекса критериев в рамках выбранной модели;
- возможность оценки динамики развития вуза;
- возможность сопоставить свою деятельность с деятельностью других вузов, например, лауреатов премий по качеству;
- выявление связи между достижениями вуза и применяемыми для этого методами;
- выявление сильных сторон и областей для улучшения, в том числе, процессов, в которые нужно внести улучшения;
- стимулирование изучения и применения опыта других вузов.

Использование методики самооценки согласно ДСТУ ISO 9004:2012 позволяет:

- осуществить сравнительный анализ уровня зрелости университета (по ключевым элементам – принципам руководства, стратегии, системе управления, ресурсам, процессам);
- идентифицировать сильные и слабые стороны вуза;
- находить возможности для улучшений или инноваций, использовать все возможности для совершенствования.

Стандарт ДСТУ ISO 9004 рекомендует оценивать уровни развития систем управления качеством (используя балльную шкалу от 1 до 5).

В стандарте приведены различные таблицы с критериями для проведения самооценки, их можно использовать в оригинале или трансформировать в вид, удобный для организации. В университете разработана своя форма регистрации данных по самооценке.

Таким образом, используя самооценку, как инструмент для совершенствования системы управления качеством Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» гарантирует высокий уровень образовательных услуг, которые предоставляет.

1. ДСТУ ISO 9000:2007 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів.

2. ДСТУ ISO 9001:2009 Системи управління якістю. Вимоги.

3. ДСТУ ISO 9004:2012 Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю.

4. Моделі досконалості EFQM [Електрон. ресурс]: <http://www.uaq.org.ua/index.php?module=ContentExpress&func=display&ceid=41>

УДК 658.562

М. В. Глебова, В. П. Сироклыи, к.т.н

ВЫЯВЛЕНИЕ РИСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В УНИВЕРСИТЕТЕ

Ключевые слова: система управления качеством, проект, риск, методы регулирования рисков, университет, карта мероприятий

На основании закона Украины «О высшем образовании» наивысшим руководством Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» было принято решение о разработке и внедрении системы управления качеством в университете в соответствии с требованиями ДСТУ ISO 9001: 2009.

Разработка системы управления качеством включает в себя определение и описание различных процессов, необходимых для функционирования данной системы и получения желаемых результатов.

При построении процессов могут возникать непредвиденные ситуации, которые отрицательно повлияют на сроки разработки системы управления качеством и на ожидаемые результаты.

Разработку системы управления качеством можно рассматривать как определенный проект, а непредвиденные ситуации, которые возникают при ее внедрении – как риски данного проекта, соответственно.

На основании решения «О разработке системы управления качеством в Национальном аэрокосмическом университете им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» была создана рабочая группа.

В связи с тем, что в состав рабочей группы по разработке системы управления качеством в университете входят сотрудники университета, то к возможным рискам можно отнести:

1 Недостаточную квалификацию члена рабочей группы в области качества.

2 Недостаточное количество времени у члена рабочей группы на разработку порученных процессов из-за необходимости выполнения своих непосредственных обязанностей по учебному процессу.

3 Отсутствие необходимой информации для разработки порученных процессов. Каждое подразделение университета имеет свою специфику деятельности, но не возможно включить в рабочую группу сотрудников всех подразделений.

4 Несогласование действий членами рабочей группы.

5 Несоответствие содержания разработанных процессов заданным требованиям из-за особенности восприятия информации каждым человеком.

6 Случайные ошибки членов рабочей группы.

Детально проанализировав причины возникновения перечисленных и других возможных рисков, с помощью методов регулирования рисков, можно составить карту мероприятий по управлению рисками и причинами их возникновения. Карта мероприятий по управлению рисками и причинами их возникновения позволит максимально уменьшить возникновение рисков или их влияние на достижение желаемых результатов при разработке системы управления качеством в Национальном аэрокосмическом университете им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».

1. ДСТУ ISO 9000:2007 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів.

2. ДСТУ ISO 9001:2009 Системи управління якістю. Вимоги.

3. ДСТУ ISO 10006:2005 Системи управління якістю. Настанови щодо управління якістю в проектах.

4. Управление рисками при построении процессов системы управления качеством [Электрон. ресурс]: <http://quality.eup.ru/MATERIALY14/risk-smk.htm>.

УДК 004

Е. Ю. Ларина, к.т.н., В. И. Котовский, д.т.н., с.н.с., Н. И. Чичикало, д.т.н., проф.
КООРДИНАТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ – ЭЛЕМЕНТ ОБОБЩЕННОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ
КОНЦЕПЦИИ – СЕНСОР СЕГМЕНТА

Ключевые слова: сегмент позвоночника, смещение, биологическая система координат, ориентированный контроль, центр масс человека, погрешности, координатный сенсор

Актуальность

В настоящее время все большее внимание уделяется созданию датчиков (указателей, сенсоров) многофункционального назначения. Особое значение приобретают измерительные средства ориентированного положения. Их техническое решение должно обобщать функции целого ряда механических величин. Это в итоге позволяет создавать оптимальные высоконадежные системы автоматизированного контроля и управления и до минимума сводить неизбежные составляющие погрешности измерений. Примерами потребителей сенсоров – координатных указателей практически в любой отрасли народного хозяйства могут быть: летательные аппараты различного уровня назначения, проходческие комбайны шахтных выработок, опорно-двигательная система человека и другие объекты. К числу отличий в применении указанных средств можно отнести ориентированные системы координат, способы установки сенсора на объекте, конструктивные особенности, наборы преобразовательных устройств, уровни выходных сигналов, программные средства и устройства отображения информации. В связи со сказанным, создание элементов обобщенной логической концепции – координатных указателей-сенсоров является весьма актуальной задачей.

Анализ известных решений

Датчики (сенсоры) являются элементом технических, биологических и других систем, предназначенных для измерения, сигнализации, регулирования, управления устройствами или процессами измерения. Как известно, датчик – это конструктивно завершенное устройство, осуществляющее восприятие контролируемой величины и преобразование ее в величину, удобную для передачи по линиям связи и для дальнейшего преобразования. Обобщающий термин датчик укрепился в связи с развитием автоматических, автоматизированных, научно-исследовательских систем контроля и управления, как элемент обобщенной логической концепции датчик (сенсор) : устройство измерения – исполнительное устройство – объект управления.

В зависимости от назначения и вида объекта для описания движения (смещения, направления равнодействующей сил и т.п.) могут быть использованы различные системы координат (СК). Они отличаются исходным (начальным) положением, основной плоскостью и опорным направлением. От правильного выбора системы координат зависит успех решаемой задачи. Известны СК с исходным или начальным расположением: в центре Земли (геоцентрические); в центре Солнца, Луны и планет (гелио-, селено-, планетоцентрические); в центре масс объекта (барицентрические); с исходным положением в центре масс тела (связанная биологическая барицентрическая (БСК)) совпадает с продольной осью био-объекта относительно его равнодействующей. Среди распространенных СК представляет интерес по отношению к решаемой задаче определения уровня смещения сегментов позвоночника человека связанная биологическая барицентрическая система.

Постановка задачи исследования

Разработать способ повышения точности определения поэлементного смещения координат сегментов позвоночного столба в системе БСК.

Изложение основного материала

Возможная ориентация сегментов относительно БСК может находиться в пределах: a – нормы, b – близких к критическим; v – критических (рис. 1). Для лечебных целей необходимо знать уровень смещения сегментов. Построение координатного указателя основано на перемещении приводного элемента в направлении центра масс при смещении сегмента и обеспечивается конструктивными решениями указателя. В зависимости от текущего местоположения приводного элемента в компьютеризированный модуль подается соответствующий сигнал и на основании занесенных в память вычислительного устройства сведений определяется код и уровень смещения сегмента, выраженный в линейных размерах. Поскольку кодированный указатель имеет на выходе

дискретный сигнал, который связывается с компьютеризированным модулем непосредственно, то составляющие погрешностей преобразовательных элементов отсутствуют и погрешности удовлетворяют требованиям, предъявляемым лечащим персоналом для их своевременного обнаружения и предписания эффективных лечебных препаратов и процедур (рис. 2).

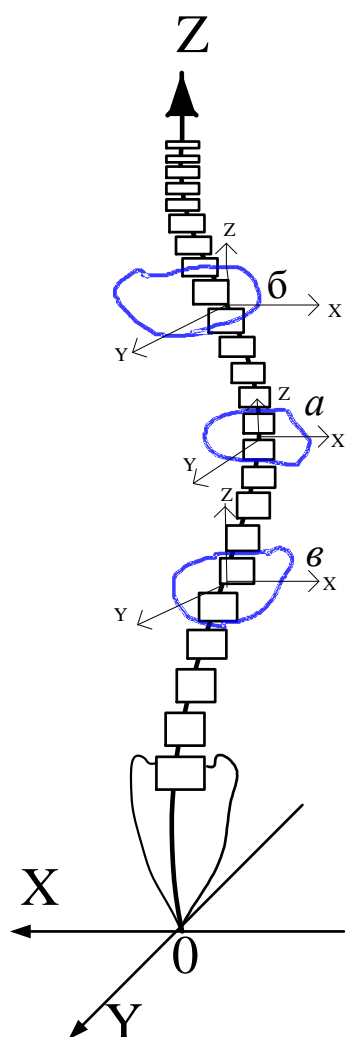


Рис. 1. Возможная ориентация сегментов связанной биологической барицентрической системы координат: *a* – в пределах нормы, *b* – в пределах, близких к критическим, *v* – в критических пределах

Область кодированных площадок	Ориентация сегментов в БСК	Погрешность
		0,03%
		0,05%
		0,09%
		0,11%

Рис. 2. Оценка поэлементного смещения сегментов позвоночника

Выводы

1. Предложен принцип построения сенсора для контроля с высокой точностью положения каждого сегмента позвоночного столба. Сенсор представляет собой координатный указатель положения сегмента относительно биологической барицентрической системы координат и выдает значения координат в осях X, Y, Z при смещении сегмента в любом направлении.

2. Обеспечивается уменьшение погрешности смещения сегмента за счет уточненного направления биологической оси контролируемого индивидуума относительно сегмента. Положение сегмента в зависимости от уровня смещения определяется координатами сенсора. Погрешности последних можно привести к желаемым от 0,03% до 0,11% за счет конструкции и способа нанесения кодированных площадок координатного указателя и свойств приводного элемента.

УДК 006+621.317.1+543.3+658.562

М. С. Міхалєва, с.н.с., к.т.н., доцент, Г. Р. Чурко, студентка

КОНТРОЛЬ ОЛІЙНИХ РІДИН ЗА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Ключові слова: іммітанс, адмітанс, багатокомпонентна рідина, фармацевтична чистота, спектральна залежність, діелектрична проникність, активна складова провідності

Актуальність теми. Проблема якості ефірних олій це їх фальсифікація. Для здешевлення продукту в нього підмішують різні добавки, або ж втрачаються найбільш цінні компоненти при нестандартному виробництві. При фальсифікації використовуються продукти органічного синтезу, рослинні та мінеральні масла. На жаль, за запахом натуральні і фальсифіковані ефірні олії практично ідентичні, чого не можна сказати про якість – ефективність та безпечність. Для лікування повинні використовуватися тільки натуральні й чисті (без небажаних домішок) ефірні олії. Чисті ефірні олії коштують досить дорого, адже вони використовуються в обмеженому обсязі для індивідуального лікування та догляду.

Об'єкт дослідження. Олії ефірноолійних рослин.

Предмет дослідження. Електричні параметри фармацевтичних олій рослин.

Новизна теми. В даній статті пропонується ідентифікувати ефірні олії за електрофізичними параметрами у магнітному полі різної частоти [1]. Сучасні прилади дозволяють досліджувати склад рідин без лабораторних маніпуляцій – розділення на складові, відокремлення контрольованих складників, розчинення у розчинниках тощо. Автори поставили задачу розробити метод для швидкого (експресного) контролю, що базується на залежностях електричного параметра від складу рідини – хімічної природи речовин та їх концентрацій. Електричні параметри ефірних олій визначаються наявністю у них зарядів і можливістю їх руху у електромагнітному полі. Всі олії ефірноолійних рослин є провідниками струму. Діелектрична проникність рослинних олій на різних частотах залежить від їх індивідуального хімічного складу. Результати вимірювання параметрів іммітансу в частотному діапазоні електромагнітного поля багатокомпонентної рідини, якою є олія ефірноолійної рослини, містять інформацію про склад ефірних олій та про їхні окремі фізико-хімічні властивості [2, 3].

В роботі поставлено задачу дослідити електрофізичні параметри олійних рідин зразків готової продукції, і на основі отриманих індивідуальних для кожної олії електрофізичних параметрів створити атлас залежностей, що буде використовуватися для їх експресного контролю.

Проведення досліджень. Проведено дослідження електрофізичних параметрів ефірних олій бергамоту, розмарину, евкаліпту та мигдального горіху. Вибірка для кожного виду досліджуваних олій складала 14 промислових одиниць. Кожного із зразків для досліджень було взято по 3 мг (промислові ампули готової продукції), що не вимагало значних витрат на дослідження.

Дослідження виконувалися з використанням ємнісного первинного перетворювача, який складається з скляного резервуара з фіксованими вуглецевими електродами з малою контактною робочою площею. Робоча поверхня електродів знаходиться на кінцівках електродів, тому електричні параметри досліджуваних рідин не залежали від об'єму рідини. Перетворювач вмикається в електричну систему генерування електромагнітного поля різних частот та вимірювання складових провідності іммітансу. Вимірювання реактивної складових провідності ємнісної комірки з ефірними оліями здійснювалися вимірювачем іммітансу в діапазоні частот 50 Гц – 100КГц.

Результати досліджень. За результатами дослідження реактивної складових комплексної провідності у даному частотному діапазоні можна створити атлас залежностей складу ефірних олій від електрофізичних параметрів. Фрагмент такого атласу подано на рис. 1- 4.

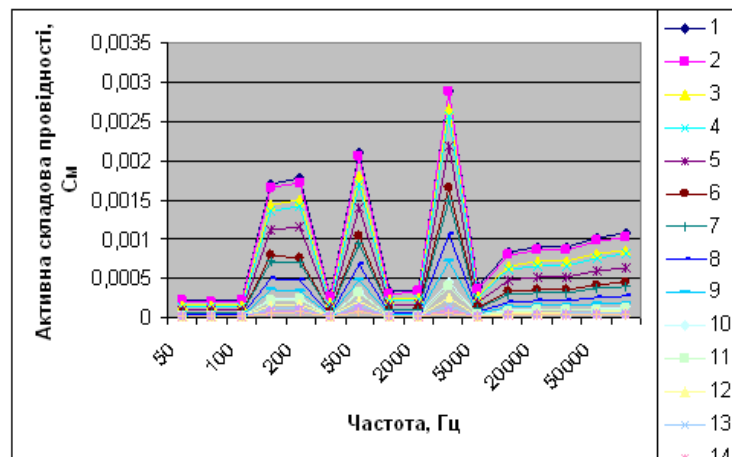


Рис. 1. Експериментальні результати дослідження олії бергамоту

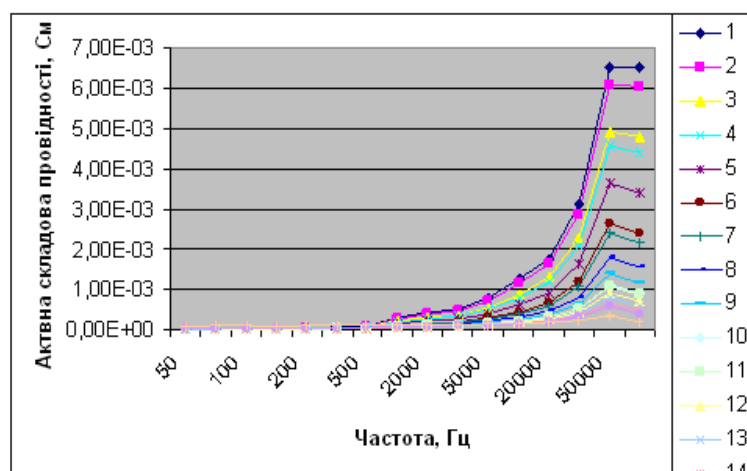


Рис. 2. Експериментальні результати дослідження олії розмарину

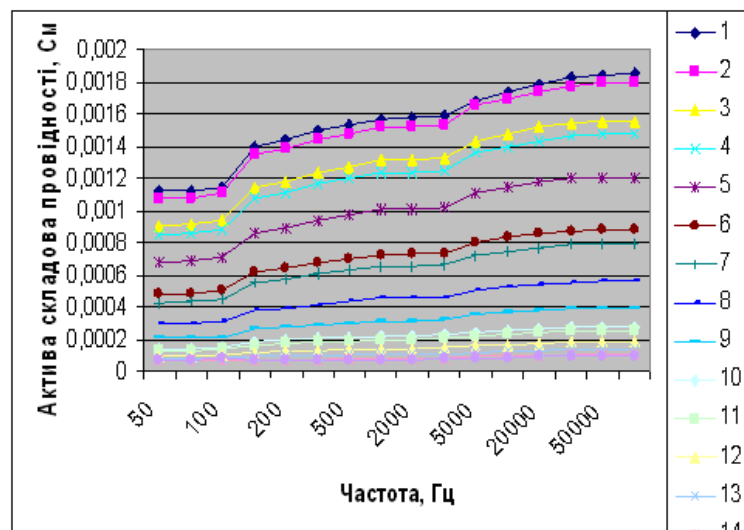


Рис. 3. Експериментальні результати дослідження олії евкаліпту

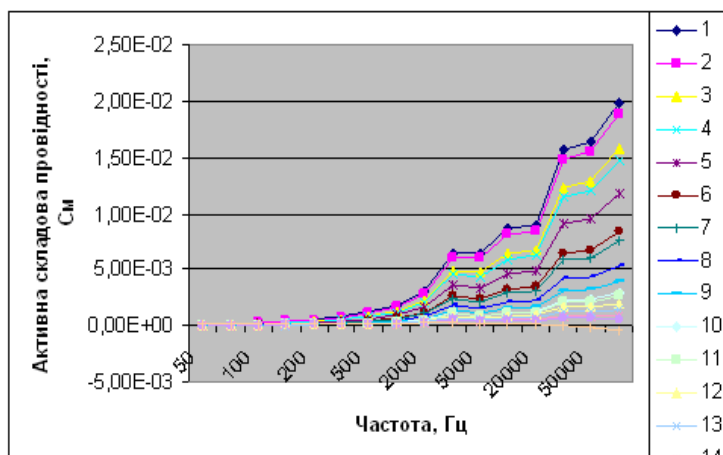


Рис. 4. Експериментальні результати дослідження олії мигдального горіху

Висновки. В результаті експериментальних досліджень отримано індивідуальні електрофізичні параметри олій ефірнолійних рослин, що мають:

- теоретичне значення. Значення складових комплексної провідності олій у електромагнітному полі різної частоти залежить від хімічної природи ефірнолійної рослини. Тобто, з допомогою вимірювання іммітансу багатокомпонентної рідини досягаються селективні результати (спектральні залежності) щодо її складу.

- практичне застосування. Це дає можливість удосконалити швидкі методи ідентифікацій натуральних олій (визначення виду рослини при всіх можливих фальсифікацій) та контролю їх якості.

Дане дослідження дало можливість створення атласу залежностей складу ефірних олій від їх електрофізичних параметрів. Це дасть змогу використовувати отримані частотні залежності електричних параметрів ефірних олій для вдосконалення (автоматизації) процесу сертифікаційних досліджень і контролю у торгівельних мережах та на митниці.

1. Походило, Є. В. *Іммітансний контроль якості: монографія* / Є. В. Походило, П. Г. Столярчук. – Львів: Львівська політехніка, 2012. – 164 с.

2. Міхалева М.С. *Контроль безпеки харчових продуктів за спектральними електричними характеристикам* / М.С. Міхалева // *Технологічний аудит та резерви виробництва – 2014.* – № 1/4(15). – С.4-8.

3. Міхалева М.С. *Визначення та контроль концентрації складника багатокомпонентної рідини за одним електричним параметром* / М.С. Міхалева // *Технологічний аудит та резерви виробництва – 2014.* – № 2/1(16). – С.41-45.

І. М. Волощук, студент, Н. Є. Гоц, д.т.н., доцент

АНАЛІЗ МЕТОДІВ КАЛІБРУВАННЯ ТЕРМОМЕТРІВ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЕННЯ

Ключові слова: термометр випромінення, непевність результатів вимірювання, калібрування, вимірювання температури за випроміненням

На сьогоднішній день розширяється виробництво та застосування термометрів інфрачервоного випромінення (ТМІЧВ) в промисловості. Вони використовуються для вимірювання температури та контролю теплових режимів в діапазоні від 0° С до 1500° С і широко використовуються зокрема в металургійній промисловості, виробництві пластмас і виробів з них, виробництві скляних виробів, електротехнічної та харчової промисловості.

На даний час калібрування ТМІЧВ відбувається з використанням температурної лампи. Температурна лампа представляє собою джерело випромінювання електромагнітних хвиль в діапазоні від 0,47 до 2,0 мкм, зумовлене нагрівом електричним струмом вольфрамової нитки поміщеної в вакуумний скляний балон. Температура нитки залежить від сили протікаючого по ній струму. Кожному значенню струму відповідає певне значення температури вольфрамової нитки і яскравість випромінення. Таким чином можна визначити залежність температури вольфрамової нитки від сили протікаючого по ній електричного струму. Лампа є носієм температурної шкали за тепловим випроміненням.

Недоліком цього методу є те, що температурна лампа працює на класичній довжині хвилі 0,65 мкм, а її скло не пропускає випромінення понад 1,5-2 мкм, що унеможливило калібрування ТМІЧВ.

Тому метою є дослідження методів калібрування для термометрів інфрачервоного випромінювання. Завдання дослідження: дослідити перспективні методики калібрування ТМІЧВ; розробити методику оцінювання результатів калібрування ТМІЧВ відповідно до сучасних метрологічних вимог. Для виконання поставлених завдань нами проведений аналіз перспективних методів калібрування ТМІЧВ.

Існує метод калібрування, який реалізується з використання еталонного термометра випромінення. Еталонним термометром випромінення вимірюють температуру АЧТ, а потім значення вимірюють робочим ТМІЧВ. Після цього порівнюють результати. Якщо похибка знаходиться в межах допустимих значень, то робочий термометр випромінення визнається придатним до застосування, а якщо ні, то його направляють на ремонт. Недоліком цього методу є висока ціна еталонного термометра випромінення, необхідність атестації еталонного термометра та випромінювача та можливе неспівпадіння робочих спектральних діапазонів робочого та еталонного ТМІЧВ.

Тому доцільним є використання методу калібрування ТМІЧВ на основі еталонного випромінювача. Атестований в установленому порядку еталонний випромінювач відтворює декілька значень температури, які вимірюються робочим ТМІЧВ. У порівнянні з попереднім методом перевагою цього методу є зменшення сумарної непевності від впливу еталонних засобів вимірювання. Тому його доцільно застосовувати в калібрувальних лабораторіях ТМІЧВ.

Згідно вимог міжнародного стандарту ISO 17025 опрацювання результатів калібрування в калібрувальній лабораторії має відбуватися шляхом оцінювання непевності. Але маємо зазначити, що в експлуатаційній документації до ТМІЧВ характеристикою точності є значення основної похибки. Тому пропонуємо вираз для визначення придатності ТМІЧВ до застосування за результатами оцінювання невизначеності калібрування з використання інформації про значення основної похибки ТМІЧВ.

Співвідношення (1) визначає узгодженість між допустимою похибкою та непевністю вимірювання температури при калібруванні термометра випромінення та може сформульовано наступним чином: відхилення від еталонних значень температури з врахуванням розширеної непевності результату вимірювання, не мають перевищувати значення допустимої похибки Δ_{don} :

$$-\Delta_{don} \leq (\bar{T}_i - T_{ij}) + U_j \leq \Delta_{don} \quad (1)$$

За умови виконання співвідношення (1) результатів калібрування, ТМІЧВ визнаний придатним до застосування.

Отже, за результатами аналізу визначено доцільність впровадження методу калібрування термометрів інфрачервоного випромінювання з використанням еталонного випромінювача. Для забезпечення порівняння результатів калібрування, єдності вимірювань та відповідності міжнародним метрологічним вимогам доцільне розроблення методик опрацювання результатів калібрування на базі поняття непевність.

1. Походун А.И. Экспериментальные методы исследований. Измерения теплофизических величин: учебное пособие / А.И. Походун, А.В. Шарков. - СПб: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий и оптики, 2006. – 87 с.

2. Preston-Thomas H. The international temperature scale ITS-90 / H. Preston-Thomas // Metrologia. – 1990. – № 27(1). – P. 3–10.

3. Назаренко Л.А. Метод передачі температурної шкали інфрачервоним термометрам випромінювання на засадах первинної термометрії / Л.А. Назаренко, Н.Є. Гоц // Современные проблемы светотехники: материалы V Междунар. науч.-техн. конф., Харьков, 15–16 мая 2013 г., – X., 2013. – С. 90–92.

Ю. М. Дзіковська, аспірант, Н. Є. Гоц, д.т.н., доцент

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ ТЕХНІКИ У ПРОМИСЛОВОСТІ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Ключові слова: безконтактні методи теплового контролю, тепловізор, калібрування тепловізорів

У сучасних умовах у різних галузях виробництва для контролю за функціонуванням та надійністю роботи промислових об'єктів широко застосовується безконтактний метод контролю теплового стану за випроміненням. Просторово-часовий розподіл температури поверхні об'єктів є носієм інформації про їх зовнішню та внутрішню структуру, а також приховані дефекти [1].

Тепловізори застосовуються у різних сферах промисловості, зокрема з метою:

- 1) візуалізації теплових полів медичних об'єктів;
- 2) дистанційного визначення розподілу температури в енергетиці та металургії;
- 3) для виявлення (у т.ч. і мікродефектоскопія) та реєстрації дефектів [2];
- 4) в системах глобального екологічного моніторингу;
- 5) в наземних та супутникових системах;
- 6) для наукових досліджень, тощо.

Серед переваг використання теплового контролю у промисловості можна відзначити дистанційність; оперативність доступу до результатів дослідження та можливість їх швидкої обробки; можливість контролю об'єктів із будь-яких матеріалів; можливість дослідження динамічних та статичних теплових процесів, процесів вироблення, перетворення, передачі, споживання та консервації енергії різних видів; можливість прогнозування теплової деградації виробів; можливість суцільного та безперервного дослідження; багатопараметричність дослідження; можливість доповнення теплового контролю іншими методами дослідження (перевагу серед яких першочергово віддаємо неруйнівним); можливість поєднання зі стандартними системами обробки інформації; можливість поточного контролю та створення повноцінних автоматизованих систем контролю та управління технологічними процесами [3].

Ефективність використання тепловізійного методу зумовлена не тільки застосуванням високотехнологічних тепловізорів, програмного забезпечення для обробки результатів дослідження, але й методиками вимірювання, повірки та калібрування.

Калібрування тепловізорів відбувається у нормальних умовах [4]. При цьому вихідний сигнал кожного приймача випромінення в спектральній смузі $\lambda_1 \div \lambda_2$ можна описати виразом:

$$S(\lambda T) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R(\lambda T) \tau_{\text{ICNV}}(\lambda T) \varepsilon_{\text{EB}}(\lambda T) C_1 \lambda^5 (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} + 1) + L(\lambda T_{\text{ФВНУ}}) d\lambda =$$

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} [\varepsilon_{\text{EB}}(\lambda T) \tau_{\text{ICNV}}(\lambda T) R(\lambda T)] C_1 \lambda^5 (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} + 1) d\lambda + \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R(\lambda T) L(\lambda T_{\text{ФВНУ}}) d\lambda \quad (1)$$

де $S(\lambda T)$ – вихідний сигнал окремого приймача випромінення тепловізора при калібруванні в нормальних умовах; $R(\lambda T)$ – спектральна чутливість оптично-приймальної системи окремого приймача випромінення тепловізора в спектральній смузі $\lambda_1 \div \lambda_2$; $\tau_{\text{ICNV}}(\lambda T)$ – коефіцієнт пропускання проміжного середовища в нормальних умовах, значення якого наближається до 1; $\varepsilon_{\text{EB}}(\lambda T)$ – коефіцієнт випромінення еталонного випромінювача; $L(\lambda T_{\text{ФВНУ}})$ – відбите від еталонного випромінювача фонове випромінення оточуючих предметів в нормальних умовах, яке потрапляє на оптичну систему тепловізора, який калібрується, значення якого відповідає температурі оточуючого середовища (20 ± 5) °С.

При відхиленні умов від нормальних, а саме в робочих умовах виробництва виникає додаткова похибка вимірювань – складова похибки вимірювання, що виникає додатково до основної похибки внаслідок відхилення якої-небудь із впливних величин від нормального її значення або внаслідок її виходу за межі нормальної області значень [5]. Так відхилення температури оточуючого середовища на кожні 10 °С спричинює додаткову похибку, значення якої дорівнює половині основної похибки засобу вимірювання [6].

В умовах виробництва значення впливних параметрів робочих умов відрізняють від значень в нормальних умовах, яких дотримуються при калібруванні. Також випромінювальні властивості

реального технічного об'єкта відрізняються від випромінювальних властивостей еталонного випромінювача.

Це призводить до того, що визначення реального значення температури за функцією калібрування тепловізора, встановленою в калібрувальній лабораторії в нормальних умовах, буде неможливим, внаслідок впливу на інформативний сигнал низки неінформативних параметрів, які характерні для конкретного технологічного процесу. Випромінювальні властивості об'єкта, фонове випромінювання, пропускання проміжного середовища в робочих умовах виробництва відрізняються від значень цих впливних факторів в нормальних умовах.

Тому вихідний сигнал $S_p(\lambda T)$ окремого приймача випромінювання тепловізора в реальних умовах виробництва можна описати виразом:

$$S_p(\lambda T) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R(\lambda T) \tau_{\text{ПСПВ}}(\lambda T) \varepsilon_{\text{ОВ}}(\lambda T) C_1 \lambda^5 (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} + 1)^{-1} + L(\lambda T_{\text{ФБПВ}}) d\lambda =$$

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} [\varepsilon_{\text{ОВ}}(\lambda T) \tau_{\text{ПСПВ}}(\lambda T) R(\lambda T)] C_1 \lambda^5 (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} + 1)^{-1} + L(\lambda T_{\text{ФБПВ}}) d\lambda = \quad , \quad (2)$$

$$= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \zeta_{\text{р}}(\lambda T) L_{\text{АЧТ}}(\lambda T) d\lambda + S(T_{\text{ФБНВ}})$$

де $S(T_{\text{ФБНВ}})$ – вихідний сигнал окремого приймача випромінювання тепловізора від впливу випромінювання фону, що відповідає робочим умовам виробництва; $\zeta_{\text{р}}(\lambda T)$ – коефіцієнт передавання випромінювання від еталонного випромінювача до приймача випромінювання в робочих умовах виробництва для окремого спектрального каналу.

Тому при вимірюванні температури T відкаліброваним тепловізором різниця вихідних сигналів окремого приймача випромінювання в нормальних та робочих умовах можна описати як:

$$\Delta S(\lambda T) = S(\lambda T) - S_p(\lambda T). \quad (3)$$

Таким чином, для усунення додаткової похибки, яка виникає при вимірюванні температури та розподілу температур тепловізором в реальних умовах виробництва, доцільне додаткове калібрування тепловізорів в умовах виробництва.

Отже, вважаємо, що сьогодні актуальним є розвиток методів паралельного застосування активного та пасивного теплового контролю при використанні автоматизованих комплексів для калібрування тепловізійних систем безпосередньо в умовах експлуатації.

1. Грабко В.В., Грабко В.В. Математическая модель для диагностирования состояния изоляции работающей мощной электрической машины по ее тепловому портрету / В.В. Грабко, В.В. Грабко // Наукові праці ВНТУ. – 2008. – № 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/article/download/1316/763>.

2. Базалеев Н.И., Брюховецкий В.В., Клепиков В.Ф., Литвиненко В.В. Тепловизионная акустотермографическая дефектоскопия конструкционных материалов / Н.И. Базалеев, В.В. Брюховецкий, В.Ф. Клепиков, В.В. Литвиненко // Вопросы атомной науки и техники. – 2011. – №2 (Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение (97)). – С. 178-185.

3. Будадин О.Н. Тепловой метод неразрушающего контроля и диагностики технического состояния материалов, изделий и конструкций [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dissercat.com/content/teplovoi-metod-nerazrushayushchego-kontrolya-i-dagnostiki-tekhnicheskogo-sostoyaniya-materi>.

4. ДСТУ 3194-95. Метрологія. Державна повітряна схема для засобів вимірювання температури. Термометри за випромінюванням. – Введ. 31.08.95. – К.: Держстандарт України, 1995. – 8 с.

5. Інформаційно-вимірювальна техніка: у 2 т. / М.М. Дорожовець [та ін.]. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2005. – Т.1. – 455 с.

6. Засименко В.М. Основи теорії планування експерименту / В.М. Засименко. – Львів: ДУ «Львівська політехніка», 2000. – с. 204.

О. Є.Середюк, д.т.н., Т. В.Лютенко, аспірант

МЕТРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСЛІДОВНО З'ЄДНАНИХ ВИТРАТОМІРІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Ключові слова: природний газ, ультразвуковий витратомір, витратомір змінного перепаду тиску, статистичні характеристики, щільність імовірності, кореляційна функція, закон розподілу

Аспекти підвищення точності обліку природного газу (ПГ) були і залишаються актуальними науково-прикладними завданнями, оскільки вони стосуються не тільки раціонального і економного використання ПГ, але і питань досягнення енергетичної безпеки України.

Аналіз сучасних підходів до вирішення цих питань показав, що поряд з вдосконаленням технічних засобів для вимірювання витрати і об'єму ПГ, над якими працюють значна кількість наукових та інженерних фахівців, недостатньо вивченими є питання метрологічних досліджень робочих засобів вимірювальної техніки і опрацювання отриманих результатів вимірювань. Це відкриває нові шляхи для підвищення точності обліку ПГ, який є дороговартісним джерелом енергоресурсів.

Про актуальність дослідження впливу метрологічних аспектів при опрацюванні результатів вимірювань свідчать нові наукові дослідження у цій сфері [1-3]. Крім того, як відомо, різні засоби обліку ПГ можуть забезпечувати різні отримані результати вимірювань, оскільки, незважаючи на те, що точність робочих засобів витратовимірювальної техніки є практично співрозмірними, однак з точки зору метрологічної оцінки результати можуть суттєво відрізнятися між собою. Це зумовлює в багатьох випадках, в першу чергу при комерційному обліку, встановлення дублювальних вузлів вимірювання об'єму і витрати ПГ, а також необхідність вирішення питання надання переваги практичного застосування того чи іншого виду вимірювальної техніки. При цьому часто з суб'єктивних чи інших комерційних міркувань практичного впровадження набувають не достатньо обґрунтовані технічні рішення. Тому потребує наукового, і насамперед в плані метрологічних досліджень, вивчення питань точності обліку ПГ засобами вимірювальної техніки різних принципів дії.

Метою роботи є дослідження імовірнісних характеристик послідовно з'єднаних витратомірів ПГ різних принципів дії для пошуку напрямків підвищення достовірності обліку ними ПГ.

Об'єктом дослідження вибраний процес вимірювання витрати ПГ ультразвуковими витратомірами і витратомірами змінного перепаду тиску. Технічний аспект досліджень реалізований на базі ультразвукового витратоміра типу ГУВР-011 (похибка вимірювання 0,5%, виробник АТ "Енергооблік", м.Харків) і витратоміра змінного перепаду тиску із звужувальним пристроєм (діафрагма), який укомплектований обчислювачем об'ємної витрати та об'єму газу ОЕ-22ДМ (границя допустимої відносної похибки при обчисленні об'єму газу, зведеного до стандартних умов 0,5%, виробник ТОВ "СЛОТ", м. Івано-Франківськ). Досліджувані засоби були змонтовані при їх промисловій експлуатації на замірному вузлі одного з промислових підприємств м. Івано-Франківська. Умови досліджень стосувалися їх зимового періоду експлуатації, за яких температура ПГ становила -5°C , надлишковий тиск газу 0,3 МПа, умовний діаметр вимірювального трубопроводу 300 мм.

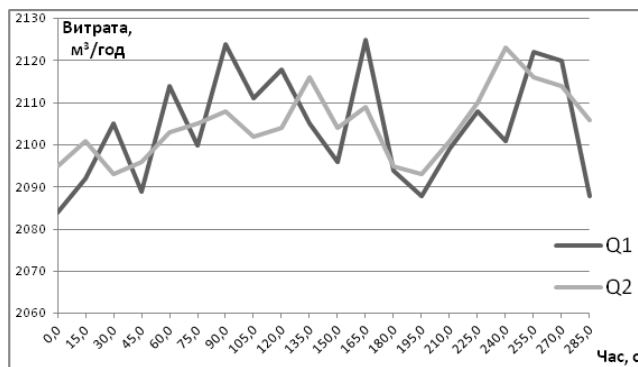


Рис. 1. Графічна ілюстрація результатів вимірювання витрати: Q1- ультразвуковий витратомір; Q2 – витратомір змінного перепаду тиску

Під час експериментальних досліджень з інтервалом 15с одночасно фіксувалися покази двох витратомірів при вимірюванні витрати газу за робочих умов, результати яких ілюструються на рис.1. З нього видно, що процес вимірювання характеризується деякою непостійністю, причиною якої можуть слугувати миттєві зміни споживання витрати ПГ, а також нестабільність метрологічних характеристик складових вузлів досліджуваних технічних засобів витратовимірювання. Це обґрунтовує можливість опрацювання результатів досліджень з урахуванням теорії імовірності і математичної статистики. Оцінка статистичних характеристик результатів вимірювання подана в табл. 1, з якої слідує, що різниця між середніми арифметичними значеннями вимірюваної витрати різними засобами не перевищує 0,026 %, що є суттєво меншим від нормованих значень метрологічних характеристик (відносна похибка) цих засобів вимірювань. В той же час імовірнісні характеристики ультразвукового витратоміра є суттєво більшими від витратоміра змінного перепаду тиску. Наприклад, розмах є більшим на 27,5 %, а дисперсія вищою майже у три рази. Це свідчить про різні динамічні властивості засобів вимірювання, тобто інерційність ультразвукового витратоміра є набагато меншою і він є порівняно кращим засобом при обліку витрати динамічно нестабільних процесів.

Таблиця 1 - Статистичні характеристики результатів вимірювання витрати

Види статистичних характеристик	Ультразвуковий витратомір	Витратомір змінного перепаду тиску
Середнє арифметичне значення, м ³ /год	2104,15	2104,7
Розмах, м ³ /год	41	30
Дисперсія, (м ³ /год) ²	172,55	69,02
Стандартне відхилення, м ³ /год	13,13	8,31
Коефіцієнт варіації	160,18	253,06

Оскільки одним із шляхів підвищення достовірності вимірювання в метрологічній практиці є правильний вибір довірчих інтервалів, для аналізу яких побудовані графіки щільності розподілу імовірності результатів вимірювання для кожного із засобів вимірювання (рис. 2). З них слідує, що вид графіків не достатньо корелює із їх загальноприйнятим виглядом для нормального закону розподілу і на перший погляд є більш близьким до рівномірного.

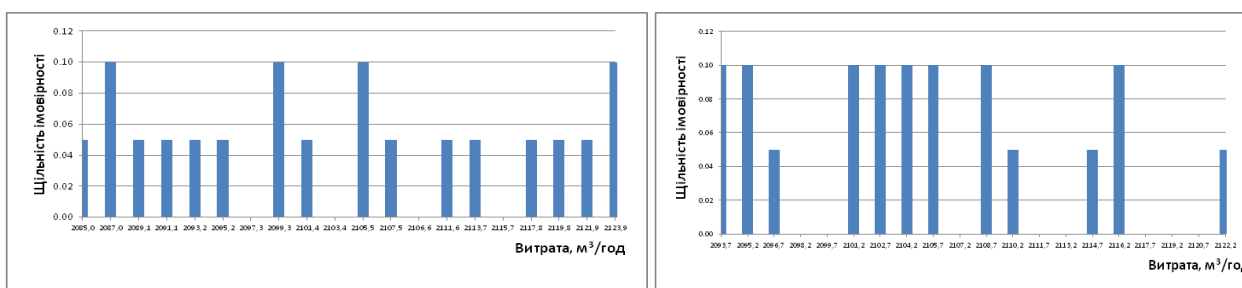


Рис.2. Щільність розподілу імовірностей результатів вимірювання ультразвукового витратоміра (на рис. зліва) і витратоміра змінного перепаду тиску (на рис. справа)

Тому за результатами досліджень здійснене моделювання стосовно виду розподілу з врахуванням довірчої імовірності і прийнятої кількості класів при опрацюванні результатів, яке подається в табл. 2. З неї є очевидним, що методологія опрацювання результатів вимірювання може певним чином впливати на вид вибраного закону розподілу, а значить і на методологічні підходи при опрацюванні результатів вимірювання, які в кінцевому результаті формують границі основної допустимої похибки результатів вимірювання. Так, при довірчій ймовірності 50% і 20 класах результати вимірювання обома засобами можна вважати з рівномірним законом розподілу, а при зростанні ймовірності понад 65% і тих же 20 класах результати вимірювання можна оцінювати як за рівномірним, так і за нормальним законом. При цьому коефіцієнт розподілу Ст'юдента для проведеної кількості вимірювань може змінюватись від 1,03 при довірчій імовірності 0,682 до 2,86 при імовірності 0,99, що також впливає на метрологічну оцінку результатів вимірювання.

Таблиця 2 - Моделювання виду закону розподілу результатів вимірювання різними типами витратомірів

Кількість класів	Зада-на імовір-ність, %	Ультразвуковий витратомір				Витратомір змінного перепаду тиску			
		Зна-чення аргумента χ^2	Сума відхи-лень S	Результат перевірки гіпотези $S < \chi^2$	Вид закону розподілу	Зна-чення аргумента χ^2	Сума відхи-лень S	Результат перевірки гіпотези $S < \chi^2$	Вид закону розподілу
20	50	18	8	приймається	тільки рівномірний	18	16	приймається	тільки рівномірний
20	66	21	8	приймається	рівномірний або нормальний	19	16	приймається	рівномірний або нормальний
		18	17			18	18		
20	95	30	8	приймається	рівномірний або нормальний	30	16	приймається	рівномірний або нормальний
		27	17			27	18		
10	50	8,3	3	приймається	тільки рівномірний	8,3	10	не приймається	-
						6,3	7,8		
10	66	9,5	3	приймається	рівномірний або нормальний	9,5	9,4	приймається	рівномірний або нормальний
		7,9	7,8			7,9	7,8		
10	95	10	3	приймається	рівномірний або нормальний	16	10	приймається	рівномірний або нормальний
		14	7,8			14	7,8		

При дослідженнях також вивчалася взаємна кореляційна функція двох вимірювальних процесів (рис.3). За її числовими значеннями і формою можна стверджувати, що вимірювальні процеси є стаціонарними, а кореляційні зв'язки для різних моментів часу є змінними як по амплітуді, так і за суттю (за знаком). Так, в початкові моменти і близько 150с кореляція між вимірювальними процесами є додатною, а близько 60с і 240с - від'ємною. Це також підтверджує доцільність застосування теорії ймовірності для опрацювання результатів вимірювання.

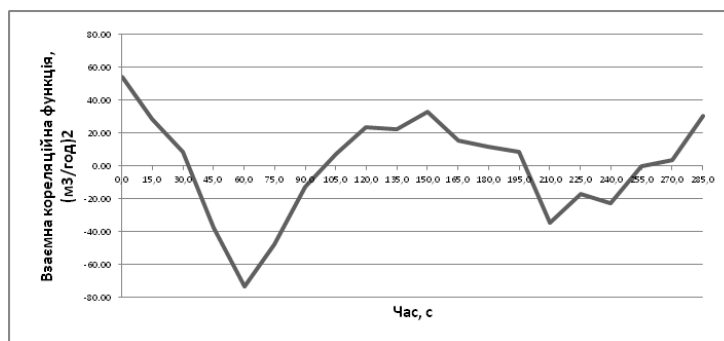


Рис.3. Графік взаємної кореляційної функції двох типів витратомірів

Висновки. За результатами досліджень обґрунтовано необхідність врахування імовірнісних характеристик результатів вимірювання при функціонуванні витратомірів ПГ, що відкриває нові практичні аспекти підвищення точності вимірювань при обліку ПГ. При цьому види імовірнісних моделей є неоднаковими для різних конструкцій і принципів дії витратомірів і в багатьох випадках можуть відрізнятися від загальноприйнятого нормального закону розподілу, що обґрунтовує потребу уточнення виду закону за результатами статистичного опрацювання результатів вимірювань.

1. Середюк О.Є. Дослідження похибок і невизначеності вимірювань для ділянок з паралельно встановленими засобами обліку природного газу / О.Є.Середюк // *Метрологія та прилади.* – 2011. – №6. – С.42-47.

2. Тевяшев А.Д. Метод оцінювання неопределенности результатов измерения рас хода природного газа методом переменного перепада давления / А.Д.Тевяшев, Ю.В.Пономарев, В.Б.Коток, О.А.Сендеров // *Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія–2006): V міжнар. наук.-техн. конф., 10–12 жовтня 2006 року.* – Харків: наук. праці конф. – У 2 т. – Т.2. – Харків: ННЦ “Інститут метрології”, 2006. – С. 238-241.

3. Ключко Н.Б. Вдосконалення методів оцінювання точності турбінних лічильників газу/Н.Б.Ключко, С.А.Чеховський // *Метрологія та прилади.* – 2014. – №1II(45). – С.101-105.

М.В. Наконечний, д.т.н., доц.; О.В. Івахів, д.т.н., проф.; Т.М. Репетило, к.т.н.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ АВТОМОБІЛЯ

Ключові слова: електромобіль, нейронні мережі, нейроконтролер, теорія керування, нелінійні системи, обернена модель еталона

Одним з визначальних чинників-забруднювачів довкілля в сучасному світі є зростання кількості автотранспорту (бензинового і дизельного). Одним з можливих способів зменшення впливу цього чинника є переведення автотранспорту на електропривід. При цьому потрібно розв'язати важливу науково-практичну задачу керування електродвигуном автомобіля, що, як відомо [1], є нелінійним об'єктом, а для реалізації законів керування нелійними об'єктами добре надається методологія нейронних мереж. Тому нашою метою була побудова контролера на базі нейронної мережі, що забезпечить ефективне керування швидкістю електромобіля.

Побудова спрощеної фізичної моделі руху автомобіля. В [2] прийнято, що автомобіль рухається поступально по похилій площині і на нього діють такі зовнішні сили: сила тяги двигуна (яка передається через колеса), або сила гальмування автомобіля (F_e) (в останньому випадку величина F_e від'ємна), протидіюча рухові аеродинамічна сила (F_w), і проекція сили тяжіння на повздовжню вісь автомобіля (F_h). Отже, рівняння руху автомобіля за другим законом Ньютона можна записати

$$m\ddot{x} = F_e - F_w - F_h$$

де m – маса автомобіля, \ddot{x} – пришвидшення (що є другою похідною за часом від переміщення x).

Для керування швидкістю автомобіля в [2] використано дискретний ПІД – контролер, параметри якого мають наступні значення: $K_p=50$, $K_i=0.75$, $K_d=75$. Тривалість моделювання дорівнює 1000 с, а значення заданої швидкості складає 80 м/с. Реакцію системи з ПІД-контролером на дію вхідного (збуджуючого) сигналу показано на рис. 1.

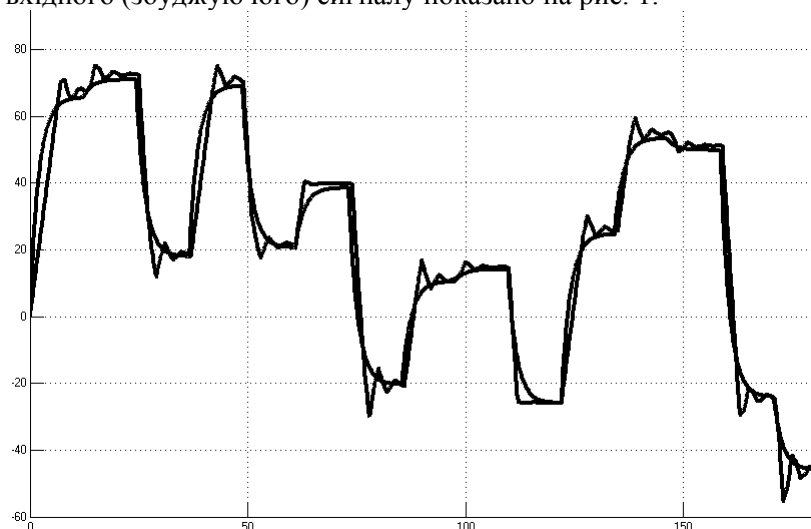


Рис. 1. Реакція системи з дискретним ПІД-контролером на збурення у вигляді випадкового сигналу

Побудова нейронного контролера на основі оберненої моделі еталона. Відомо [1], що для забезпечення процесу керування в нелінійному об'єкті, можна використовувати контролери, виконані на базі нейронних мереж. Керування слід здійснювати так, щоб вихідний сигнал об'єкта відповідав деякому опорному сигналу, при цьому повинна мінімізуватися деяка норма похибки в часі.

Способи навчання нейронних контролерів. Будемо вважати, що архітектура нейронного контролера відома та в процесі навчання необхідно лише визначити його вагові коефіцієнти.

Нейронний контролер так доповнює нелінійний об'єкт, щоб утворена система максимально наближалася до еталону (в ідеалі $y_{rk} = y_k$) при подачі будь-якої реально допустимої послідовності r_k . Оскільки для навчання нейронної мережі потрібно знати її вхідні й вихідні сигнали, то нейронний контролер можна навчити, якщо одночасно відомі:

1. задаючий сигнал на вході нейронного контролера (послідовність r_k);

2. вихідний сигнал нейронного контролера (послідовність u_k , що подається на об'єкт);
3. сигнал оберненого зв'язку з виходу об'єкта (послідовність y_k).

Складність полягає у тому, що до початку процесу навчання попередньо вказані три послідовності одночасно не є відомими.

Представимо еталон в операторній формі та запишемо відношення $y_r(s)/r(s)$ у наступному вигляді:

$$w(s) = \frac{y_r(s)}{r(s)} = \frac{200}{2s+1}.$$

В загальному випадку для створення моделі оберненого еталона можна скористатися нейронною мережею та сформувані узагальнену схему навчання нейронного контролера з використанням нейронної моделі оберненого еталона (рис. 2).

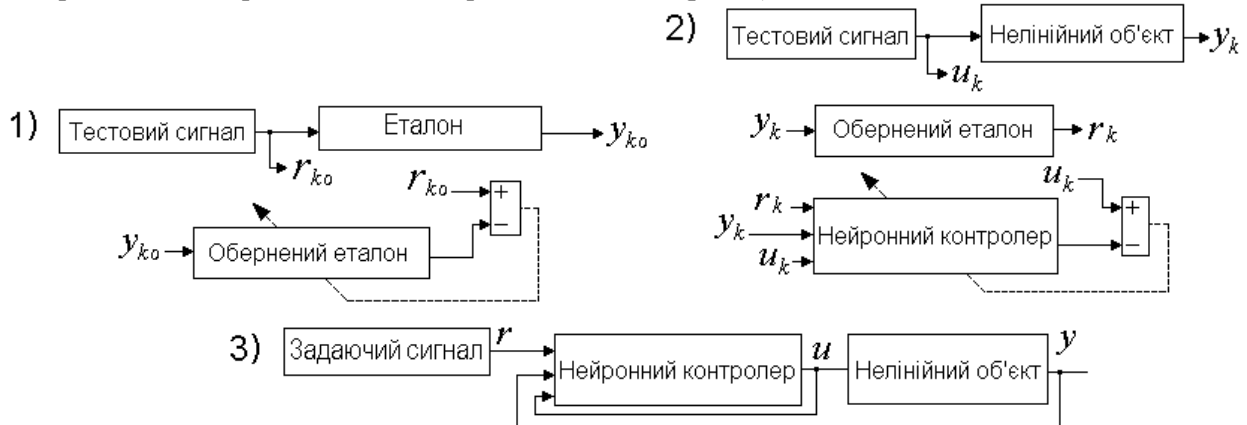


Рис. 2. Навчання нейронного контролера з використанням нейронної моделі оберненого еталона

Реакцію системи керування швидкістю автомобіля з таким нейронним контролером на дію вхідного (збуджуючого) сигналу показано на рис. 3.

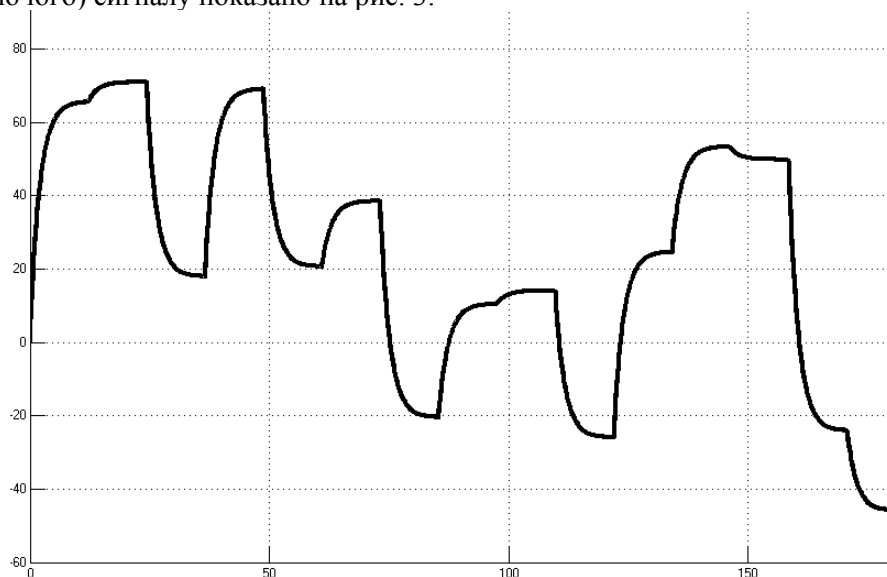


Рис. 3. Реакція системи з дискретним нейронним контролером на збурення у вигляді випадкового сигналу

На основі порівняння рис. 1 і рис. 3 можемо зробити висновок, що система з нейронним контролером, який побудовано на базі оберненої моделі еталона, працює краще за систему з класичним ПІД контролером, на що вказує краща збіжність сигналів у першому випадку.

1. Наконечний М. В. Ідентифікація об'єктів керування та синтез контролерів з використанням штучних нейронних мереж : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук : 05.13.05 - комп'ютерні системи та компоненти / Наконечний Маркіян Володимирович ; Національний університет "Львівська політехніка". - Львів, 2013. - 41 с.

2. Дзэбні Дзэ. Simulink 4. Секреты мастерства. / Дзэ. Дзэбні, Т. Харман (пер. М. Симонова) // Бинум. Лаборатория знаний, Москва, 2003.

А. А. Пульків, студентка

ДО ПИТАННЯ МІЖНАРОДНОЇ СТАНДАРТИЗАЦІЇ В ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

Ключові слова: інформаційна безпека, міжнародні стандарти, система менеджменту, захист інформації, управління ризиками

Забезпечення неперервної роботи організації та мінімізації розміру збитків від подій, що є загрозою безпеці, шляхом їх нейтралізації становлять основну мету менеджменту інформаційної безпеки. Система менеджменту інформаційної безпеки дає змогу використовувати інформацію, забезпечуючи при цьому її захист, а також захист інформаційних та комунікаційних ресурсів. Завдяки розвитку сучасного високотехнологічного функціонування організацій, поступово усвідомлюється важливість менеджменту інформаційної безпеки у такій сфері, як інформаційні технології [1].

Міжнародні стандарти ISO/IEC 17799, ISO 27001 є основоположними в сфері управління інформаційною безпекою. Представляючи собою модель системи менеджменту, яка визначає загальну організацію процесів, класифікацію даних, системи доступу, напрямки планування, відповідальність співробітників, використання оцінки ризику в контексті інформаційної безпеки.

Розглянемо структуру стандартів з менеджменту інформаційної безпеки на основі стандарту ISO 27005, який містить вступну частину, розділи з оцінки ризиків, обробки ризиків, безперервні дії з управління ризиками, а також має додаток з прикладами активів, погроз, вразливостей, методів оцінки ризиків. Стандарт містить найзагальніше поняття ризику, під яким розуміють комбінацію ймовірності події і їх наслідків. Управління ризиками визначено як скоординовані, безперервні дії з управління та контролю ризиків в організації [2].

Є такий перелік сімейства міжнародних стандартів управління інформаційною безпекою 27000: 1) ISO 27000 ISO/IEC 27000:2009 – Визначення і основні принципи; 2) ISO 27002 ISO/IEC 27002:2005, BS 7799-1:2005, BS ISO/IEC 17799:2005 – Інформаційні технології. Методи забезпечення безпеки. Практичні правила управління інформаційною безпекою; 3) ISO 27003 ISO/IEC 27003:2010 – Керівництво з впровадження системи менеджменту інформаційної безпеки; 4) ISO 27004 ISO/IEC 27004:2009 - Вимірювання ефективності системи менеджменту інформаційної безпеки; 5) ISO 27005 ISO/IEC 27005:2008 – Інформаційні технології. Методи забезпечення безпеки. Управління ризиками; 6) ISO 27006 ISO/IEC 27006:2007 – Інформаційні технології. Методи забезпечення безпеки. Вимоги до органів аудиту; 7) ISO 27007 – Керівництво для аудитора; 8) ISO 27011 ISO/IEC 27011:2008 – Керівництво з управління інформаційною безпекою для телекомунікацій; 9) ISO 27033-1 ISO/IEC 27033-1:2009 – Основні концепції управління мережевою безпекою [3].

Застосування згаданих нормативних актів передбачає, як правило, часткову зміну ІТ-інфраструктури організації і, в тому числі, перебудову системи ІБ як частини цієї інфраструктури, а також зміну підходу до її побудови. Стандартизуючи свою систему, компанія забезпечує необхідну і достатню ступінь прозорості її структури для своїх партнерів і клієнтів, що, у свою чергу, дає їм упевненість у забезпеченні належного рівня захисту тієї інформації, яку вони довіряють цій організації: персональних даних, ділової інформації.

1. Замула О. А. Аналіз міжнародних стандартів в галузі оцінювання ризиків інформаційної безпеки / О.А. Замула, В.І. Черниш // Системи обробки інформації, випуск 2 (92), 2011, С. 53 – 56.

2. Ромака В. А. Системи менеджменту інформаційної безпеки: навч. посібник / В.А. Ромака, В.Б. Дудикевич, Ю.Р. Гарасим та ін. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012 – 232с.

3. Архипов О. Є. Оцінювання ризиків інформаційної безпеки: міжнародні стандарти та українське законодавство / О.Є. Архипов, С.М. Куц, В.О. Шутковський // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, №3, 2011 С. 60 – 67.

А. В. Хома, аспірант

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПОВЕРХНІ НА ОСНОВІ ІНТЕРФЕРОГРАМИ БІЛОГО СВІТЛА

Ключові слова: інтерферометрія білого світла, реконструкція топології поверхні, нанотехнології, математична модель інтерферограми, оптична різниця ходу, аналітичний сигнал, перетворення Гільберта, похибка реконструкції топології поверхні

Інтерферометрія білого світла є безконтактним методом вимірювання, що широко використовується під час визначення механічних величин, як от геометричні розміри, позиціонування об'єкту, топографія поверхні тощо. Вона дає змогу виконувати вимірювання в діапазоні від кількох сантиметрів до кількох мікрометрів.

Основними сферами використання інтерферометрів білого світла є мікро- і нанотехнології, біомеханіка, хімія полімерів, напівпровідникова техніка та ін. В нанотехнологіях інтерферометрія білого світла застосовується для нанопозиціонування в 3D-координатних системах, нормування метрологічних характеристик матеріальних еталонів, що в подальшому використовується для калібрування атомних силових мікроскопів. Цікавою технологією підвищення твердості та механічної стійкості пластикових виробів є покриття їх наноалмазними плівками, для контролю якості яких можуть застосовуватися інтерферометри білого світла [2].

Перевагами інтерферометрії білого світла є висока швидкість сканування та велика область вимірювання. До недоліків можна віднести нелінійну залежність інтенсивності сигналу інтерферограми від інформативного параметра (оптичної різниці ходу променів від опорної та досліджуваної поверхонь). На цей час розроблено низку методів і алгоритмів реконструкції поверхонь на основі інтерферограми білого світла [2, 3]. Проте у деяких випадках ці алгоритми не забезпечують необхідної для потреб практики точності та ефективності. Особливо складним завданням є реконструкція нелінійних динамічних поверхонь. Наприклад, в сенсорах тиску мембрана має вигляд сферичної поверхні із змінною в часі кривизною. Для досягнення високої швидкодії доцільно розробити метод, який би забезпечував можливість реконструкції поверхні із однієї інтерферограми.

Проаналізуємо математичну модель інтерферограми білого світла, що описується таким виразом [4, 5]:

$$I(h) = I_0 + \underbrace{I_M \cdot \exp\left(-\frac{4 \cdot \Delta\lambda^2 \cdot h^2}{\lambda_0^4}\right)}_{\text{огинаюча}} \cdot \underbrace{\cos\left(\frac{4 \cdot \pi}{\lambda_0} \cdot h\right)}_{\text{несуча}}, \quad (1)$$

де I_0 і I_M – відповідно стала складова та амплітуда огинаючої сигналу інтенсивності інтерферограми; h – оптична різниця ходу; λ_0 і $\Delta\lambda$ – центральна довжина хвилі та ширина спектральної густини джерела світла.

За структурою модель інтерферограми білого світла (1) можна віднести до категорії вузькосмугових процесів. У найпростішому випадку сигнал інтерферограми має вигляд радіоімпульса Гауса. Для аналізу подібних процесів зручно використовувати математичний апарат аналітичного сигналу. Такий підхід покладено в основу розробленого методу реконструкції топології поверхні, в якому можна виділити два етапи:

- на основі сигналу інтерферограми синтезується відповідний аналітичний сигнал з використанням перетворення Гільберта;

- одержаний аналітичний сигнал логарифмується та виділяється його квадратурна складова, що пропорційна шуканому параметру – оптичній різниці ходу h .

Як відомо [6], перетворення Гільберта для деякого дійсного сигналу забезпечує формування його квадратурного еквівалента. У дискретному вигляді перетворення Гільберта описується виразом:

$$s_{\perp}(m) = \frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{s(n)}{n-m}. \quad (2)$$

де $s(n)$ і $s_{\perp}(m)$ – вибірки вхідного і вихідного квадратурного сигналів; n і m – аргументи вхідного та вихідного сигналів.

Застосуємо перетворення Гільберта до сигналу інтерферограми із вилученою сталою складовою та запишемо вираз аналітичного сигналу [6]:

$$\vec{I} = I(h) + j \cdot I_{\perp}(h) = A(h) \cdot e^{j \cdot \Phi(h)} \quad (3)$$

де $A(h)$ – амплітудна огинаюча та $\Phi(h)$ – повна фаза аналітичного сигналу.

Після логарифмування цей вираз набуває вигляду:

$$\ln \vec{I} = \ln [A(h) \cdot e^{j \cdot \Phi(h)}] = \underbrace{\ln [A(h)]}_{real} + \underbrace{j \cdot \Phi(h)}_{imag} \quad (4)$$

У одержаному виразі шукана величина h фігурує у двох складових, причому із уявною складовою вона пов'язана лінійним співвідношенням:

$$h = \frac{\lambda_0}{4 \cdot \pi} \cdot \text{Im}(\ln \vec{I}) \quad (5)$$

Дослідження методу проводилося у програмному пакеті MATLAB та передбачали створення математичної моделі сферичної поверхні, синтез інтерферометричної картини із підбором, наближених до реальних параметрів джерела світла і, нарешті, реконструкція поверхні на основі застосування розробленого методу. Такий підхід дає змогу оцінити метрологічні характеристики розробленого методу.

На рис. 1 зображено сферична поверхня та відповідна інтерферометрична картина. При цьому були вибрані такі параметри світла: стала складова $I_0 = 1$, модуляційна амплітуда $I_M = 2$, центральна довжина хвилі $\lambda_0 = 620$ нм і ширина спектру джерела світла $\Delta\lambda = 41$ нм. Кількість пікселів по осях x та y – 1000×1000 точок.

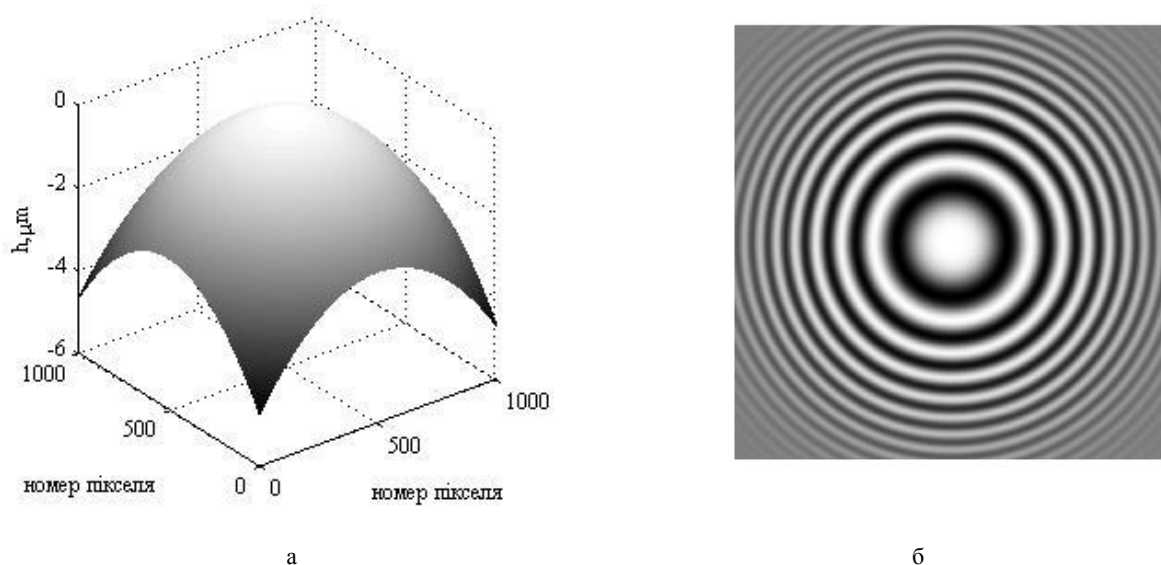


Рис. 1. Синтезована поверхня (а) та її інтерферограма (б)

На рис. 2, а подано вигляд реконструйованої поверхні за розробленим алгоритмом. Візуально складно оцінити точність реконструкції, тому для більшої інформативності на рис. 2, б наведено зведені похибки реконструкції центрального 500-го рядка та віддаленого від центру 50-го рядка. Як видно з графіків, похибки реконструкції мають коливний характер. Найбільші значення спостерігаються на краях та в центрі інтерферометричної картини і не перевищують 1,5 %, що є задовільним результатом в оптичних вимірюваннях.

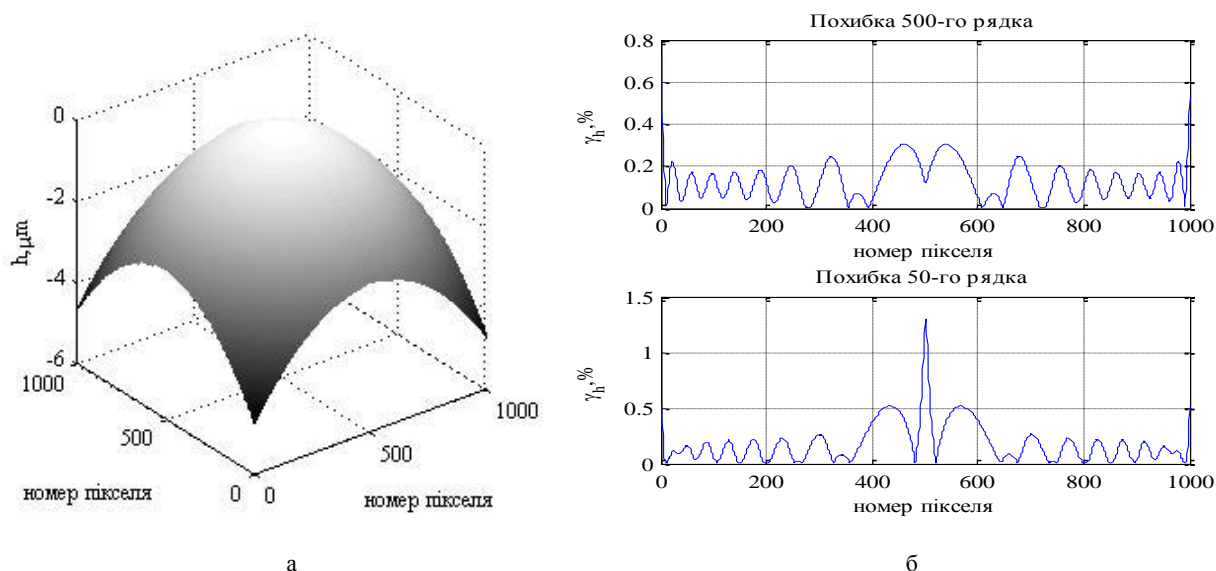


Рис. 2. Реконструйована поверхня за розробленим алгоритмом (а) та зведені похибки реконструкції для 500-го і 50-го рядків поверхні (б)

Таким чином, аналіз математичної моделі інтерферограми білого світла показав наявність сталої складової, огинаючої експоненційного характеру та косинусної несучої, причому оптична різниця ходу, як інформативний параметр, входить одночасно до виразів огинаючої та несучої. Процеси, математичні моделі яких мають подібну структуру, зручно аналізувати застосовуючи математичний апарат аналітичного сигналу.

Як відомо, аналітичний сигнал складається із дійсної компоненти, що збігається із аналізованим сигналом (сигналом інтерферограми без сталої складової) та квадратурної компоненти, яку одержують за допомогою перетворення Гільберта. Перейшовши із декартової системи до полярної, одержуємо вираз аналітичного сигналу у вигляді добутку амплітудної огинаючої та комплексної експоненційної функції, аргументом якої є повна фаза. Дослідження показали, що повна фаза пов'язана лінійним співвідношенням із шуканим параметром h , причому коефіцієнт пропорційності визначається параметрами джерела світла. Найпростіший спосіб визначення інформативного параметру h є логарифмування аналітичного сигналу та виділення його уявної частини. У цьому полягає суть розробленого методу.

Дослідження методу проводилися в середовищі MATLAB, який має вбудовану функцію для обчислення дискретного перетворення Гільберта. Для аналізу ефективності методу та оцінки його точності було синтезовано сферичну поверхню та на її основі одержано симульовану інтерферограму білого світла. Застосувавши розроблений метод, одержано реконструйовану поверхню, яка візуально збігається із синтезованою. Проте більш детальний аналіз показав, що похибка реконструкції залежить від координат x і y поверхні та досягає найбільших значень на краях та в центрі інтерферограми. При цьому, значення зведеної похибки не перевищує 1,5 %. Подальші дослідження доцільно спрямувати на зменшення похибок реконструкції та аналізу стійкості методу до впливу шумів.

1. Ajay Kumar etc. *Formation of nanodiamonds at near-ambient conditions via microplasma dissociation of ethanol vapours*, *Nature Communications*, 4, 2013.

2. Li Mingzho. *Development of fringe analysis techniques in white light interferometry for micro-component measurement*, *Ph.D. thesis, National University of Singapore*, 2008.

3. H. Abdul-Rahman. *Three-dimensional fourier fringe analysis and phase unwrapping*, *Ph.D. thesis, Liverpool John Moores University*, 2007.

4. Кальянов А.Л. и др. *Оптическая низкокогерентная интерферометрия и томография*. Саратов, 2009, 86 с.

5. Th. Seiffert. *Schnelle Signalvorverarbeitung in der Weißlichtinterferometrie durch nichtlineare Signalaufnahme*, *DGAO-Proceedings, Stuttgart*, 2004.

6. А.Б.Сергиенко. *Цифровая обработка сигналов, 2-е изд.: Питер, 2006.-751с.*

УДК 621

М. В. Гапоненко, студент, В. А. Бридінський, студент

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЇ В УКРАЇНІ У КОНТЕКСТІ СТАНОВЛЕННЯ ЇЇ ДЕРЖАВНОСТІ

Ключові слова: метрологічна служба, міри, Метрична конвенція.

Вступ. Метрологія є одною із перших трьох наук, які сприяли розвитку людської цивілізації: *філософії*, як науки щодо становлення мислення людини; *математики*, як науки щодо здатності людей до лічби навколишніх об'єктів; *метрології*, як науки щодо здатності людей до вимірювання об'єму, маси та розмірів навколишніх об'єктів. У сучасному розумінні рівень метрології визначає науковий, технічний та організаційний рівень держави, і, в певному сенсі, є одним із визначальних напрямів її соціально-економічного розвитку.

Україна має багату історію – як часи розквіту, так і занепаду, вплив інших країн на всі сторони життя суспільства. *Метою* даного дослідження є аналіз розвитку метрології в Україні в залежності від державного устрою та історичних чинників.

Основні завдання дослідження:

1. Аналіз виникнення та розвитку метрології в державах стародавнього світу.
2. Формування та загальна періодизація історії метрології України - від давніх часів до сьогоденних днів.
3. Дослідження особливостей розвитку метрології на різних землях України в різні періоди історії держави.

Виникнення та розвиток метрології в державах стародавнього світу.

Потреба людства у вимірюваннях виникла, насамперед, із розвитком торгівлі. Перші вимірювання стосувалися, в основному, довжини, об'єму і ваги предметів.

Першими з'явилися примітивні одиниці та міри довжини, якими слугували:

◆ різні частини людського тіла, такі як лікоть, п'ядь, ступня, долоня, палець тощо, та відрізки шляху;

◆ подолані людиною відстані за певні інтервали часу, а саме день, суботній перехід тощо;

◆ результати людських дій (відстань кинутого списа, пройденого за день шляху).

Як міри довжини здавна застосовували, також, ширину зерна, зокрема, ячмінного, товщину волосся верблюда чи мула.

Такі міри і одиниці вимірювань відтворювалися різноманітними предметами і використовувалися для відповідних вимірювань відстаней, маси, об'єму тощо.

Виникнення держав стало новим ступенем у розвитку людського суспільства. Перші цивілізації та держави виникли в різних куточках світу та зробили свій внесок як у розвиток людства, так і у розвиток метрології. Зокрема це Месопотамська держава в межиріччі Тигру та Євфрату, Єгипетська держава в долині Нілу, Індійська держава в долині Гангу та Китайська держава в долинах Хуанхе та Янцзи. Також існувала велика держава східних слов'ян яка мала назву «Русь», або «Русь-Україна». Русь - слов'янські племена, які жили в середній течії рік Дніпра та Дністра і в причорномор'ї.

Першими вимірюваннями були, вірніше визначення, часу для організації сільськогосподарських робіт; вимірювання відстаней і площ при обробленні землі, місць полювання; вимірювання об'єму та ваги при торгівлі; вимірювання кутів різних геометричних тіл і фігур при будівництві тощо.

При подальшому розвитку торговельних зв'язків як усередині країни, так і між іншими державами виникає нагальна потреба в уніфікації мір.

Вавилонянам належить ідея використання кратних і частинних похідних однорідних одиниць вимірювання, завдяки чому ці одиниці приводяться до стрункої сукупності мір.

Створена в Єгипті система мір отримала назву філетерійської за іменем Філетера, правителя Пергама (283-263 pp. н. е.). Єгиптяни при вимірюваннях користувалися «царськими»,

тобто встановленими законом мірами, ідея створення яких була висунута ними вперше. Їм належить також ідея побудови на основі лінійних мір похідних неоднорідних одиниць (наприклад, одиниця площі агура була квадратом зі стороною у 100 «царських» ліктів).

Ассирійсько-вавилонська і давньоєгипетська вагові системи послуговували основою для вагових одиниць інших давніх народів. Тогочасна вавилонська одиниця ваги 1 шекель - вага 60 пшеничних зерен (гранів) - є природною, але, звичайно, не точно відтворюваною (зерна бувають різної величини і навіть усереднення по великому їх числу не може забезпечити точної відтворюваності грана).

Відкриття шумерами переваг числа дванадцять було видатним досягненням і вони пішли на справді революційну перебудову своєї системи мір і ваг на дванадцяткової основі. Однак, вони не врахували того, що без подальшого кроку - без запроваджених дванадцяткової системи в усі сфери життя свого народу - зручність цієї системи буде переважена незручністю існування поряд двох несумісних одиниць вимірювання. Шумерська дванадцяткова система поширилася в усіх кінцях світу. Вона виявилася «колискою приречених починань» і це починання, поза всяким сумнівом, ще не зазнало остаточної поразки (англійці ще досі числять 12 дюймів у футі та 12 пенні в шилінгу). Числення 24 годин у добі та 60 хвилин у годині також шумерського походження і має кращі шанси на неозначене виживання у часі.

З появою зразкових мір з'явилася необхідність їхнього дбайливого збереження. А. Поктон у своїй капітальній і, очевидно, першій монографії з метрології (історичної) констатував: «У давніх народів еталони лінійних мір і ваги зберігалися дуже дбайливо в храмах і освячувалися релігією...».

Оригінальний спосіб уніфікації мір зафіксований у Руській державі - при будівництві Софійського Собору у Києві як уніфіковану міру довжини використовували пояс князя Ярослава Мудрого.

Єгиптяни, за свідченням Климента Олександрійського, мали в колегії своїх жерців посадову особу, до обов'язку якої належало знати всі міри і зберігати їхні первинні зразки. У римлян еталон законних мір був поміщений у храмі Юпітера на Тарпейській скелі. Юстиніан... наказав, щоб лінійні міри і міри ваги зберігалися в християнських церквах». У давніх державах у античний період був запроваджений спеціальний нагляд за дотриманням вірності встановлених мір, який здійснювали спеціальні державні чиновники - магістрати чи астіноми.

В IV ст. до н. е. створюються перші метрологічні установи в Херсонесі, з дотримання мір, проведення контролю монет, таврування гир, а також функціонував інститут астиномів, де таврували торговельну тару, мірні посудини, черепицю й контрольні гирі.

Дослідження особливостей розвитку метрології на землях України в різні періоди історії держави

Формування загальної періодизації історії метрології в Україні від давніх часів до сьогоднішніх днів. З огляду на основні етапи історії розвитку України як держави вважаємо за доцільне сформулювати таку періодизацію розвитку метрології в Україні:

1. Метрологія за часів Київської Русі.
2. Метрологія середньовіччя (VI-XVI ст.).
3. Метрологія як вид діяльності та науки про вимірювання (XVII-початок XX ст.).
4. Метрологія в Україні в XX столітті.
5. Метрологічна система в незалежній Україні.

Метрологія за часів Київської Русі. В кінці I століття нашої ери на теренах України виникла перша держава - Київська Русь. Наша держава мала на відміну від тогочасної Європи високий соціальний, політичний та економічний рівень. Відповідно, в Київській Русі існувала власна система мір, зокрема, міри довжини, міри об'єму і маси, грошові міри, міри інтервалів часу.

Міри довжини. Першими з'явилися примітивні одиниці та міри довжини, якими слугували різні частини людського тіла. Міри довжини, що застосовувалися у Київській Русі, наведені у табл.

1.

Таблиця 1 - Одиниці довжини, застосовувані у Київській Русі

Міра довжини	Верста	Сажень	Аршин	Лікоть	Ступня	Долоня	Вершок	Палець
Числове значення	1066,8 м	2,154 м	0,7112 м	0,5385 м	0,359 м	89,9 мм	44,9 мм	22,4 мм

Міри об'єму і маси. Природне походження мали також і міри об'єму та маси, в основі яких лежали вага зерен визначених злаків (гран), кількості, що людина може захопити чи віднести своїми руками (жменя, ноша, оберемок). Маса зерна ячменя чи пшениці, а іноді деяких плодів дерев, використовували як міру маси. У різних актових матеріалах вказувалось, що у Київській Русі користувалися такими мірами ваги: гривна (одночасно була і ваговою і грошовою одиницею) і півгривна — 96 або 48 золотників, близько 409 або 204 г; золотник; берковець- 10 пудів. Проте, як вказує Н.В.Устюгов у своїй статті «Очерк древнерусской метрологии» стародавні джерела не дають можливості установити точне співвідношення між усіма цими ваговими одиницями, тобто гривнею, гривенною, пудом і берківцем.

У літописі згадуються такі міри об'єму рідини: кадь, відро, луконо та корчага. Ми до цього часу ще незнаємо точної місткості цих одиниць, крім відра і каді. Відро як одиниця міри з'явилося у XI ст. Відро в період Київської Русі і пізніше ділилося на 10 кварт, в кожній кварти було по 10 чарок. Місткість каді, або окови, складала близько 16 пудів. Ці міри існували лише у Східній Русі і не застосовувались у Новгородському і Псковському князівствах. У XIV—XVI ст. тільки новгородською мірою була короб'я, яка ділилася на чверті і четвертинки. Місткість короб'ї дорівнювала 8 пудам. Короб'єю вимірювалось, головним чином, зерно. Сіль та деякі інші продукти вимірювались рогозиною, або рогожею. Рогозина солі мала вагу від 21 до 28 пудів.

Для періоду Київської Русі можна вказати такі співвідношення мір об'єму сипких речовин, які наведені у табл. 2.

Таблиця 2 - Міри сипких речовин, застосовувані у Київській Русі

1 кадь	2 половники	4 чверті	8 осьмин
1 половник	2 чверті	4 осьмини	
1 чверть	2 осьмини		

Давнє відро вмщувало близько 24 фунтів води, тобто 9-10кг. Значення давньоруських мір об'єму (лише для сипких тіл), приведені до літра, наведені у табл. 3.

Таблиця 3 - Значення давньоруських мір об'єму сипких речовин

Міра	1 окова, кадь, бочка	1 полокова	1 чверть, четь	1 осьмина	1 напівосьмина	1 четверик
Значення, л	839,69	419,84	209,92	104,96	52,48	26,24

Міри грошових розрахунків. З чотирьох одиниць — ногати, куни, резани і вевериці в XI ст. у Київській державі склалася система грошового розрахунку, основою якої була *срібна гривня*. Ногата-дирхем, зокрема, містила 2,46 г срібла. Встановилось певне співвідношення у грошових розрахунках, яке наведене в табл. 4.

Таблиця 4 - Система грошових розрахунків на основі срібної гривні

1 гривна	49,25 г срібла	20 ногат	25 кун	50 резан	100 вевериць
1 ногата	2,46 г срібла	11/4 куни	21/2 резани	5 вевериць	
1 куна	1,97 г срібла	2 резани	4 вевериці		
1 резана	0,98 г срібла	2 вевериці			
1 вевериця	0,49 г срібла				

Міри інтервалів часу. Великі одиниці вимірювання інтервалів часу, зокрема, рік, місяць, доба даються безпосередньо самою природою, дрібніші введені людиною. Природні одиниці - рік, місяць (місячний календар) - виявилися дуже зручними для застосування. Правда, при використанні цих давніх одиниць вимірювань виникла певна незручність, оскільки рік не містить у собі цілого числа місяців і діб, а місяць - цілого числа діб. що призвело до відступу від астрономічних прототипів. Найдавніші літературні пам'ятки свідчать, що в Київській Русі одиниці часу (до години включно) були досить відомі вже в XI ст. Прийнятий в давній Русі розподіл дня і ночі на 12 годин зафіксували літературні пам'ятки. Про такий спрощений розподіл доби свідчать, наприклад, що зустрічаються в літописах, назви дій і явищ, що служили для позначення різних моментів часу: «заутрення», «рання зоря», «схід Сонця», «ранок», «обідня», «обід», «полудень», «удіння», «полудіння», «наобід», «вечерня», «вечір», «північ» тощо. Вогневі (масляні) годинники, що були в той же час і світильниками, зручні для вимірювання часу по ночах, необхідність у чому відчувалася в монастирях, вартовій службі тощо. У місті Чернігові в Спасо-Преображенському соборі, побудованому у 1031-1036 рр., був знайдений декор, неглибокі западини якого із певним орнаментом були елементами унікального сонячного годинника циліндричної форми.

Отже, в потужній державі, якою була Київська Русь на той час, була створена велика система мір, діяли метрологічні правила, були розроблені еталони та визначена система їх зберігання в храмах.

Метрологія середньовіччя (VI-XVI ст.). Для даного періоду характерна так звана *сільська* метрологія, яка мала специфічні одиниці мір. Сільська народна метрологія була розвинута на землях Центральної України за часів Великої Руїни, яку, з одного боку, метрологією назвати було важко, а з іншого боку - вона чітко регламентувала міри врожаю та всі сільськогосподарські роботи.

Міри врожаю. Спочатку подаємо відомості необмолоченого збіжжя соломи і сіна. Збіжжя здебільшого обчислювали копами, копицями, стогами, стіжками, і скиртами; солому, сіно чи конюшину – копицями скиртами, стогами і возами. Сніп – найменша одиниця виміру врожаю. Копиця – спільно-слов'янський термін для позначення збіжжя у снопах. За давніх часів він означав 60 штук, а стосовно до збіжжя - 60 снопів. Слово скирта означає масу сіна, соломи, або снопів збіжжя, яку складали для зберігання під відкритим небом у вигляді прямокутника із двоххилим верхом. Велика скирта сіна містила 46 возів. Метрологічний термін стіг означає масу сіна або снопів, яку складали для зберігання під відкритим небом у вигляді циліндра або куба із конусоподібним верхом.

Визначення тривалості дня відбувалось через виробничі процедури. Зокрема, день міг прирівнюватися до півгектара поля, тобто по кількості часу, затраченого на оранку цієї площі («день орати», або «день косити»), тощо.

Міри маси і рідини. Споконвіку мірою для сипких продуктів — зерна, муки, круп — була не їх маса, а об'єм. Обмін здійснювали за правилом: однаковий товар вимірювався посудом однакової місткості. Так з'явилися «мірки».

Міри поля. У хліборобській практиці потрібно було якось вимірювати поле. Народні міри, що з'явилися у процесі тих чи інших польових робіт, мали досить умовний характер і були надто приблизними. Найпоширенішою була міра «день орати», чи «день землі», або «на один плуг», тобто величина поля, зорана впродовж дня.

Метрологія на західних землях України. Західні землі України в часи середньовіччя були під владою Речі Посполитої. Це була сільськогосподарська країна, основною якої було виробництво зерна. Саме це визначало створення різних видів мір об'єму для визначення об'єму зернових культур, які йшли на продаж в Європу. Основні одиниці мір об'єму, ваги і довжини, що використовувалися на західних землях України, наведені у табл. 5 і табл. 6.

Таблиця 5 - Основні міри об'єму

Для насипних речовин:	Для наливних речовин:
1 корець = 2 корчики = 4 чверті = 32 гарнці	1 бочка = 2 півбочки = 14.4 канівки = 72 гарнці
1 чверть = 8 гарнців	1 півбочка = 7.2 канівки = 36 гарнців
1 гарнець = 2 півгарнці	1 конві = 5 гарнців
4 кварта = 16 квартирок	1 гарнець = 2 півгарнці = 4 кварта = 16 квартирок
1 півгарнець = 2 кварта	
1 кварта = 4 квартирки	

Таблиця 6 - Основні міри ваги і довжини

Міри ваги:	Міри довжини:
1 польський фунт = 16 унцій = 32 лоти = = 128 драхм = 384 скрупил = 9216 грамів	1 лікоть = 24 дюйми
1 центнер = 5 каменів = 100 фунтів	1 аршин =

Метрологія як вид діяльності та науки про вимірювання (XVII-початок XX ст.).

Метрологія в Галичині. Йосиф Лізганик. Починаючи із середини XVII-го століття у Галичині і, зокрема, у Львові, які тоді перебували у складі Австро-Угорської імперії, розвиток метрології був провідним не тільки в Україні, але й на всій території східної Європи. Декретом від 5 грудня від 1785 року при галицькому намісництві було створено інспекторат мір і ваг – першу метрологічну службу в Галичині, першу на теренах України. У складі інспекторату було вісім працівників включно з керівником. До обов'язків інспекторату входило таврування, впровадження, нагляд за дотримання мір і ваг, навчанням призначених відповідальних осіб в окружних містах, виготовленню та налагодженню засобів вимірювань.

Першим інспектором був директор навігації та інженерії Галичини Йосиф Лізганик – постать непересічна, який багато зробив для розвитку інженерної думки в краю і, зокрема, метрології. Аббе Йосиф Лізганик – директор навігації та інженерії, професор університету, один із засновників інспекторату мір і ваг першої Державної метрологічної служби в Галичині. У 1772 році Лізганик був призначений директором з будівництва у Львові з повноваженнями у Східній Галичині та Волині. З 1775 року він також обіймав посаду професора механіки і головного виконавчого директора механічних майстерень в колегії Нобіліум у Львові. Пізніше він займав посаду навігаційного директора. У 1784 році Лізганик перевіряв кадастрові зйомки за часів царювання династії Гутенбрунів (Нижня Австрія). У 1785 році він взяв на себе управління кадастровою зйомкою для Галичини; а також писав інструкцію для навчання, яка була перекладена на польську, чеську, словенську та італійську мови. Для забезпечення єдності вимірювань у Галичині і, загалом, в Австрійській імперії потрібно було здійснити уніфікацію мір довжини відповідно до прийнятої в країні одиниці довжини і встановлювати її співвідношення до Віденського сажню. В 1765 році Лізганик визначив азимут (це пагорб Леопольдсберг у Відні, Брно та Граці - сторони трикутника), і в тому ж році у Відні встановив довжину маятника для означення секунди секунди (3 фути, 1 дюйм та 8,739 ліній). На рівні кутового (градусного) вимірювання він здійснював всі розрахунки на м'ячі і встановив зменшення рівня моря на градус Мередіана, що дорівнює 2,3 сажня, (згідно з сьогоднішніми величинами це приблизно 1 метр). Для тригонометричних записів східної Галичини та Волині (1772-74 року), Лізганик використав п'ять припущень Рамшпока та годинникаря Шрейбелмейера у Відні, і сконструював квадрант з латуні, з мікроскопічним читанням, який пізніше використовувався як ватерпас. Він виміряв 3 основи, приєднуючи до цього тригонометричну сітку, вимірював сонячний азимут у Львові, Ряшеві та біля Кракова, і звів всі вимірювання до меридіана на маятнику у Львові. В результаті була створена схема із 6 карт, яка складала площу близько 1400 квадратних миль топографічних даних. Лізганик створив “Топографічні карти Східної Галичини та Волині” для генерального штабу квартирмейстера з масштабом 1:144000 з 1786-90 року у

Ляйштентерні, а пізніше була зменшена до масштабу 1:288000 і з'явилася у 1790 році - на 49 листах в перспективному зображенні з одностороннім освітленням („Regna Galiciae et Lodomeriae...” - мапа Галичини і Волині).

Метрологія в Україні за часів перебування в складі Російської імперії. Східна частина України із середини XVII століття перебувала у складі Російської імперії. Відповідно, розвиток метрології на цій частині України залежав від загального розвитку метрології у Росії, а точніше, у Московії, яка в той час була технічно відсталою країною. Тому метрологія на східній частині України була значно менше розвинута ніж в західній частині України, зокрема, у Галичині та Волині. Однак, певне розширення міжнародних зв'язків, торгівлі, промисловості, будівництва, картографії потребував застосування різних вимірювальних приладів - компасів, нівелірів, квадрантів тощо, що призвело до створення відповідних метрологічних центрів у Києві та Харкові. Основні одиниці мір об'єму, ваги, довжини і площі, що використовувалися в Україні за часів перебування в складі Російської імперії, наведені у табл. 7.

Таблиця 7 - Основні одиниці мір об'єму, ваги, довжини і площі, що використовувалися в Україні за часів перебування в складі Російської імперії

Одиниці довжини:	Одиниці площі:
Сажень = 2 полусажені = 3 аршини	Квадратний сажень = 9 квадратних аршинів = = 49 квадратних дюймів
Аршин = 2 піваршини	Квадратний фуг = 144 квадратних дюймів
Піваршин = 2 чверті	
Чверть = 4 вершки	
Одиниці об'єму:	Одиниці ваги:
Кубічний сажень = 27 кубічних аршинів = = 343 кубічних футів	берковець, пуд, полпуда, четверть пуда, осьмуха, золотник
Кубічний аршин = 4096 кубічних вершків = = 21952 кубічних дюймів	
Кутові одиниці:	Одиниці часу:
Градус = 60 мінут	Рік, місяць, “седмиця”, день, година (час) мінута, секунда і терція.
Мінута = 60 секунд	
Секунда = 60 терцій	

Метрологія в Україні в XX столітті Основні законодавчі декрети. В 1918 році було прийнято декрет РСФСР про впровадження в державі міжнародної метричної системи мір.

В 1922 році Всеукраїнським ЦВК була заснована в м. Харкові Українська Головна палата мір і ваг (УГП), на яку було покладено керівництво метрологічним забезпеченням в республіці.

До завдань УГП відносяться:

1. Встановлення, зберігання і число первинних еталонів всіх одиниць вимірювань.
2. Взаємодія встановлених нормованих властивостей матеріалів і виготовлення необхідних для цього фізичних зразків мір.
3. Перевірка всіх зразків мір та вимірювальних приладів особливої точності і спеціального призначення.
4. Розроблення інструкцій щодо типів вимірювальних приладів, які необхідно обов'язково перевіряти, щодо методик перевірки, таврування і застосування.
5. Організація виготовлення та ремонту вимірювальних приладів.
6. Вивчення і розроблення методів всіх фізичних вимірювань.
7. Наукове розроблення питань технології та конструкції вимірювальних приладів, а також наукових методів їх стандартизації.

8. Встановлення достовірних значень фізичних констант і постійних технічних коефіцієнтів, застосовуваних при вимірюваннях і розрахунках в науці та у всіх галузях народного господарства.

Метрологія в незалежній Україні. Метрологічна служба України та її функції. В наш час в Україні метрологія присутня у всіх сферах нашого життя, все чим ми користуємось щодня: продукти, які ми споживаємо, послуги, які нам надають різноманітні організації, центри, підприємства і т.д. обов'язково повинні проходити перевірку, контролюватися при виробництві та експлуатації з метою безпеки здоров'я і життя кожного з нас.

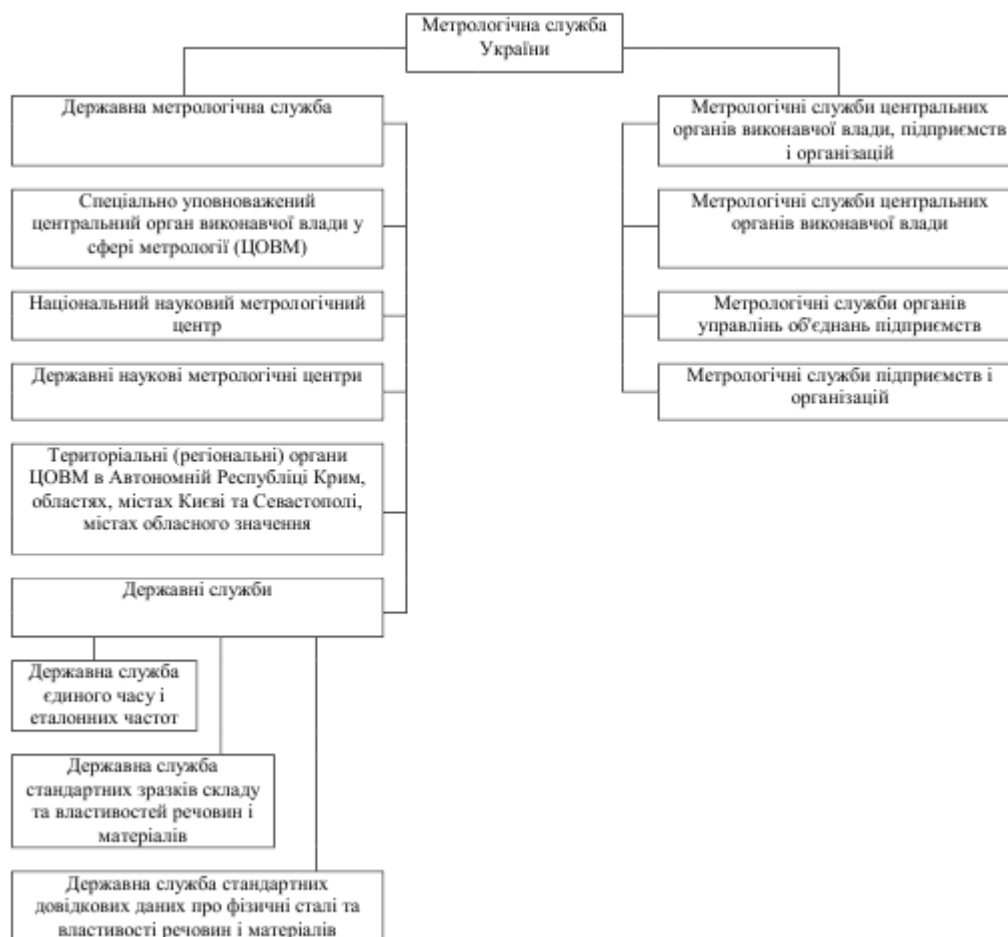


Рис. 1. Структура метрологічної служби України

Державна метрологічна служба організовує, провадить та координує діяльність, спрямовану на забезпечення єдності вимірювань у державі, а також здійснює державний метрологічний контроль і нагляд за додержанням вимог цього Закону, інших нормативно-правових актів і нормативних документів з метрології. Метрологічна служба України складається з Державної метрологічної служби і метрологічних служб центральних органів виконавчої влади, підприємств і організацій. Структура метрологічної служби України зображена на рисунку 1.

Метрологічна діяльність в сучасній Україні включає широкий спектр контролю і нагляду над засобами вимірювальної техніки, організаціями та підприємствами, калібрувальними лабораторіями. Всі ці роботи здійснюються кваліфікованими державними інспекторами та повірниками, права та обов'язки яких встановлені Законом України "Про метрологію та метрологічну діяльність". Розробляються спеціальні методики виконання вимірювань для забезпечення отримання точних і відповідних результатів. В містах України створені спеціальні метрологічні центри, організації і лабораторії, які працюють над підвищенням якості виготовлення

продукції за рахунок її своєчасного контролювання. До цих установ фізичні та юридичні особи можуть звертатися за допомогою у вирішенні питань з метрологічної діяльності.

В 2014 році прийнятий новий закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», який регулює відносини, що виникають в процесі провадження метрологічної діяльності [http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1314-18]. Зокрема Закон "Про метрологію та метрологічну діяльність" розмежовує регуляторні, наглядові та господарських функцій у сфері метрології, розширяє застосування механізмів акредитації, гармонізує законодавчі акти з документами Міжнародної організації законодавчої метрології, актами законодавства Європейського союзу з питань метрології та документами Європейської співпраці із законодавчої метрології, а також цим Законом передбачено створення державної метрологічної інспекції нового органу виконавчої влади якого раніше в Україні не було.

Висновки.

1. Метрологія є одним із основних чинників наукового, технічного та організаційного розвитку держави.
2. Метрологія в Україні має велику історію, яка тісно пов'язана із розвитком України як держави.
3. Метрологія України будувалася від окремих одичних мір довжини, маси і об'єму до розвинутої метрологічної системи міжнародного значення.
4. Розвиток держави потребує розвитку метрологічної системи відповідно до міжнародних вимог для забезпечення єдності вимірювань.

1. С.А. Чеховський, Н.М. Піндус - "Вступ в спеціальність".
2. О.Л. Храмова-Баранова - "Центри метрології, стандартизації і сертифікації в Україні: історія створення і перспективи".
3. Б.А. Грицко – "Нариси з історії метрології на теренах України".
4. О.М. Величко – "Всесвітня історія метрології", [ADB](#) 18.
5. A. Westphal, *Basisapparate u. Basismessungen*, in: *Zs. f. Instrumentenkde.* 5, 1885.
6. E. Nischer, *Österr. Kartographen, ihr Leben u. Wirken*, 1925.
7. R. Krauland, *Legales u. internat. Meter in Österreich*, in: *Österr. Zs. f. Vermessungswesen* 37, 1949.
8. K. Logo, P. Embacher, *Die L.sche Gradmessung*, ebd. 39, 1951.
9. H. Ebner, in: *Bll. f. Heimatkde. (Graz)* 36, 1962.
10. W. Bonacker. *Kartenmacher aller Länder u. Zeiten*, 1966.
11. W. Fischer, in: *Dict. of Scientific Biogr.* VIII, 1973.
12. [Jöcher-Adelung](#) Bd. 3; [Sommervogel](#) IV; [Wurzbach](#) 15; [Pogg.](#) I. - *Eigene Archivforschungen.*

Післямова: Висловлюємо щире подяку завідувачу кафедри "Інформаційно-вимірювальні технології" Національного університету "Львівська політехніка" доктору технічних наук, професору Б. Стаднику та доценту кафедри "Інформаційно-вимірювальні технології" доктору технічних наук В. Моталу за підтримку і допомогу у роботі над матеріалом статті.

Автори - Михайло Гапоненко та Віталій Бريدінський

Ю. Кривенчук, аспірант

ВИБІР СПОСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ МІКРООБ'ЄКТІВ В МЕЖАХ МЕТОДУ КОМБІНАЦІЙНОГО РОЗСІЮВАННЯ СВІТЛА

Ключові слова: вимірювання температури, температура мікрооб'єктів, метод комбінаційного розсіювання світла

Комбінаційне розсіювання світла або як його ще називають Раманівським, є не пружним розсіюванням світла, внаслідок якого частота розсіяної хвилі змінюється на значення частоти власних коливань молекул в досліджуваному зразку. Відбите випромінювання на частоті меншій від частоти падаючої хвилі називається стоксовим (I_s), а відбите випромінювання на більшій частоті від падаючої хвилі називається антистоксовим (I_{as}). Стоксове випромінювання пояснюється поглинанням енергії фотонів, що йде на збурення коливань у молекулі. На противагу, антистоксове випромінювання – енергією, яка виділяється молекулою опромінюваної речовини і передається фотонам випромінювання змінюючи їх частоту. Комбінаційне розсіювання широко застосовується для вивчення коливань спектрів молекул, характеристики поверхні кристалів, а також для вимірювання температури мікрооб'єктів. Вимірювання температури методом комбінаційного розсіювання світла можливе трьома способами [1-11].

Перший і найбільш поширеніший спосіб вимірювання температури методом комбінаційного розсіювання світла є залежність інтенсивностей стоксової (I_s) та антистоксової (I_{as}) компонент комбінаційного розсіювання світла. Даний спосіб є досить простим в реалізації, оскільки при зміні інтегральних площ стоксової та антистоксової компонент змінюється температура:

$$\frac{I_s}{I_{as}} = \left[\frac{\nu_i - \nu_0}{\nu_i + \nu_0} \right]^4 \exp \frac{h\nu_0}{kT} \quad (1.1)$$

де ($\nu_i = \frac{1}{\lambda_i}$, $\nu_0 = \frac{1}{\lambda_0}$) - хвильові числа оптичних фотонів, що падають на досліджуваний зразок та

відбитих від зразка, см⁻¹, h – стала Планка.

Даний спосіб вимірювання температури методом комбінаційного розсіювання світла має хорошу чутливість та точність, проте, має декілька суттєвих недоліків. Основний недолік, це методична похибка яка виникає в наслідок визначення стоксової та антистоксової компоненти. Спектрофотометр дозволяє вимірювати стоксову, після чого антистоксову компоненту спектру комбінаційного розсіювання світла, за час проведення вимірювання стоксової компоненти досліджуваний об'єкт нагрівається лазером.

Другий спосіб вимірювання температури методом комбінаційного розсіювання світла був нещодавно винайдений академіком Мілдред Дрессельхаус із США. Вона довела, що вимірювати температуру досліджуваних об'єктів можлива за допомогою чотирьох фотонних та двохфотонних компонент. Такі компоненти повторюються із періодичністю яка дорівнює відстані від несучої моди лазера до стоксової та антистоксової компонент. Проте, даний метод має два суттєві недоліки, спектрофотометр для вимірювання температури таким способом повинен володіти широким діапазоном реєстрації спектру, а такі прилади є серійні, та доступні не кожній лабораторії. Другим недоліком є те, що компоненти які мають природу повторюваності мають в десятки разів меншу інтенсивність, тому їх виявити, та провести вимірювання вкрай важко.

Третім способом є вимірювання зсуву Раманівської частоти комбінаційного розсіювання світла. Для вимірювання температури за зсувом Раманівської частоти достатньо визначити тільки антистоксову компоненту спектру комбінаційного розсіювання світла, оскільки тільки вона є чутливою до температури. Коли при способах описаних вище нас цікавить відношення інтегральних площ стоксової та антистоксової компонент, то даний спосіб дозволяє виміряти температуру досліджуваного об'єкту за зсувом Раманівської частоти антистоксової компоненти. Для вимірювання температури за зсувом частоти комбінаційного розсіювання світла доцільно використовувати не спектрофотометр, а спектроаналізатор. Особливістю спектроаналізатора є те, що він вимірює тільки антистоксову компоненту, причому увесь спектр цілком, а не сходинкоподібно як це робить спектрофотометр, що дозволяє зменшити методичну похибку.

Також безумовною суттєвою перевагою даного способу в межах вимірювання температури методом комбінаційного розсіювання світла є швидкодія. До порівняння при вимірюванні температури за відношенням інтегральних площ швидкодія дорівнює 13 секунд, а за зсувом Раманівської частоти від 1 секунда. За рахунок зменшення часу проведення вимірювання додатково зменшується методична похибка.

Порівнявши переваги та недоліки трьох можливих способів вимірювання температури в межах методу комбінаційного розсіювання світла можна зробити висновок, що доцільно проводити вимірювання температури за зсувом частоти комбінаційного розсіювання світла, оскільки швидкодія методу є в 13 разів вищою та методична похибка від нагріву досліджуваного об'єкту лазером зменшується.

1. Grubb, S. G.; Erdogan, T.; Mizrahi, V.; Strasser, T.; Cheung, W. Y.; Reed, W. A.; Lemaire, P. J.; Miller, A. E.; Kosinski, S. G.; Nykolak, G.; Becker, P. C.; Peckham, D. W. *1.3 μm Cascaded Raman Amplifier in Germanosilicate Fibers*. // *Optical Amplifiers and their Applications Topical Meeting* (1994).

2. John X J Zhang, Kazunori Hoshino. «*Molecular Sensors and Nanodevices*». Springer Science & Business Media, USA, 2013

3. Robin E. Bentley. «*Handbook of temperature measurement*». Springer Science & Business Media, USA, 1998

4. Richard W. Solarz, Jeffrey A. Paisner. «*Laser Spectroscopy and its Applications*». Marcel danker, NY, 1987

5. Wang Xinwei. *Experimental Micro Nanoscale Thermal Transport*. // John Wiley & Song, Canada, 2012

6. L. Michalski. *Temperature Measurement. Second edition*. // John Wiley & Song, Canada, 2012

7. Peter J. Hesketh. «*Bio Nano Fluidic MEMS*». Springer Science & Business Media, NY, 2007

8. Boyraz, Özdal; Jalali, Bahram. *Demonstration of a silicon Raman laser* // *Optics Express* (2004), 5269–5273 p.

9. Rong, Haisheng; Jones, Richard; Liu, Ansheng; Cohen, Oded; Hak, Dani; Fang, Alexander; Paniccia, Mario. *A continuous-wave Raman silicon laser* // *Nature* (2005), 725–728 p.

10. Jalali, Bahram. *Making silicon lase*. // *Scientific American* 296 (2007). 58–65 p.

11. Rong, Haisheng; Jones, Richard; Liu, Ansheng; Cohen, Oded; Hak, Dani; Fang, Alexander; Paniccia, Mario. *A continuous-wave Raman silicon laser*. // *Nature* 433 (2005), 725–728 p.

А. А. Штепа, к.т.н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКАЖЕНИЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ЗВЕНЬЯМИ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ

Ключевые слова: электрофизиологический сигнал, информационно-измерительная система, цифровая обработка сигнала, фильтрация, фазовые искажения, АЧХ, ФЧХ

Программное и алгоритмическое обеспечение для цифровой обработки сигналов (ЦОС) играют важную роль в системах измерения и регистрации электрофизиологических сигналов (ЭФС). Основное требование к программному обеспечению заключается в обеспечении высокой степени достоверности измерения временных и амплитудных параметров структурных элементов ЭФС (интервалов, зубцов, сегментов, волн, комплексов), на основании которых врач проводит постановку диагноза [1]. В подавляющем большинстве случаев обработка ЭФС может быть представлена следующие тремя этапами: сглаживание и фильтрация ЭФС; обнаружение и измерение характерных структурных элементов формы ЭФС; постановка диагностического заключения. Основными источниками фазовых искажений сигнала являются фильтры высоких порядков (как аналоговые, так и цифровые), которые даже при наличии весьма равномерной АЧХ в полосе пропускания, имеют, как правило, нелинейную фазочастотную характеристику (ФЧХ).

Исследуем влияние собственной АФЧХ измерительного канала на форму сигнала в информационно-измерительной системе (ИИС) ЭФС. Математическое моделирование прохождения сигнала по измерительному тракту и его дальнейший анализ позволит выделить причины основных искажений и обосновать выбор методов их коррекции [2]. Разобьем моделирование на 3 этапа:

1. Моделирование поступающего на вход измерительной системы тестового сигнала $x(t)$ с некоторой ограниченной полосой частот.

2. Моделирование измерительного канала звеном порядка не выше 6-8, что соответствует максимальному порядку реально применяемых фильтров. Моделью измерительного тракта может выступать полосовой цифровой фильтр, тип и параметры которого соответствуют типу и параметрам реально применяющихся активных фильтров. Если коэффициент усиления фильтра-модели принять равным 1, а спектр входного сигнала полностью помещается в полосе пропускания этого фильтра, то по степени отличия входного тестового сигнала $x(t)$ от сигнала обработанного фильтром-моделью $y(t)$ можно судить о степени и характере искажений, обусловленных влиянием собственной АФЧХ измерительного канала.

3. Моделирование алгоритма коррекции искажений и анализ его эффективности на основе сравнения формы тестового сигнала $x(t)$ с формой $y(t)$ и скорректированного сигнала $y_c(t)$.

Проведено исследование на примере реального электрофизиологического сигнала электрокардиограммы (ЭКГ) для оценки значимости фазовых искажений в анализе диагностически значимых параметров. В качестве реального сигнала использованы минутные записи электрокардиограмм. В качестве фильтра, имитирующего фильтры высокого порядка, входящие в состав измерительного канала, использован эллиптический фильтр, отличающийся равномерной АЧХ. Для оценки влияния фазовых искажений сопоставлены характерные участки кардиограмм без фильтрации, с фильтрацией и с фильтрацией, повторно проведенной над сигналом в обратном направлении. Последний сигнал легко получить с помощью ЦОС, при этом влияние нелинейности фазовой характеристики сводится к минимуму, однако устранить фазовые искажения таким методом с помощью аналоговых фильтров весьма затруднительно. Сравнение этих трех сигналов даст представление о степени влияния ФЧХ на диагностические параметры ЭКГ сигнала.

Нижняя и верхняя частоты полосы пропускания полосового эллиптического фильтра 6-го порядка для исследования выбраны таким образом, чтобы вмещать весь спектр полезного сигнала и вносить минимальный вклад в искажение формы. На исследуемых участках ЭКГ представлены легко узнаваемые характерные для ЭКГ участки, содержащие QRS комплекс и другие зубцы и волны, форма, размер, длительность и взаимное расположение которых являются основными параметрами в диагностике сердечной деятельности. На рис. 1 заметно значительное искажение амплитуды и длительности зубца Q и сегмента ST, которое хорошо устраняется повторной обратной фильтрацией, что свидетельствует о фазовом характере искажения в этой части ЭКГ сигнала.

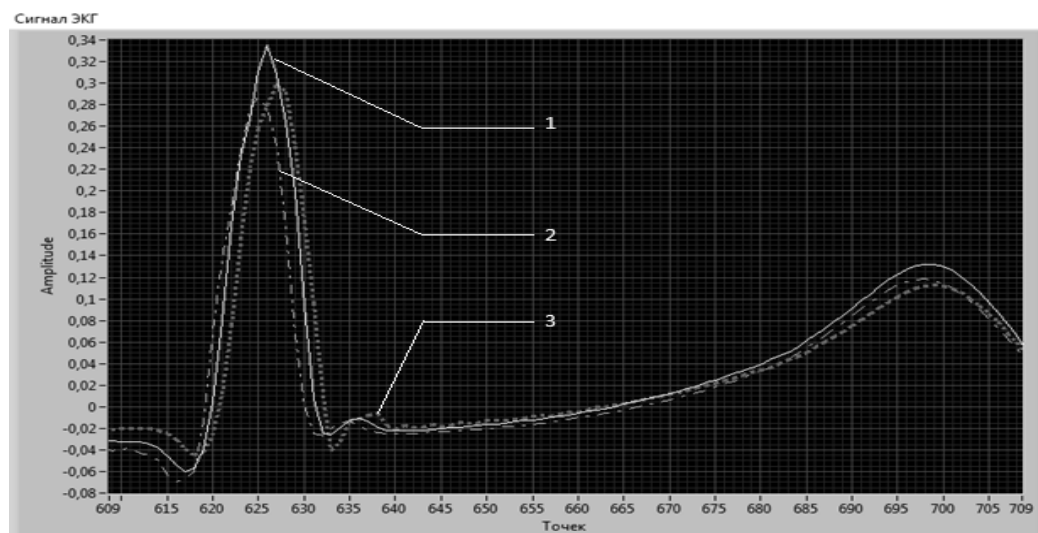


Рис. 1. Исследование реального ЭКГ сигнала (1 – исходный сигнал $x(t)$, 2 – сигнал после фильтрации с фазовой коррекцией $y_k(t)$, 3 – сигнал $y(t)$ после фильтра без коррекции)

Анализ результатов математического моделирования показал, что применение фильтров высокого порядка, имеющих весьма равномерную АЧХ приводит к появлению в составе измерительного канала звена с существенно нелинейной ФЧХ, которая является причиной значительного искажения формы измерительного сигнала. Искажения, связанные с нелинейностью фазовой характеристики фильтров относительно высокого порядка (до 6-того), имеющих применение в измерительных каналах измерительных систем электрофизиологических сигналов способны вызвать значительные искажения элементов формы этих сигналов, значимых для медицинской диагностики, что, в свою очередь, может привести к ошибкам диагностики. Таким образом, наличие в составе измерительного канала высококачественных активных фильтров высоких порядков является крайне нежелательным с точки зрения высокой вероятности влияния фазовых искажений таких звеньев на форму сигнала.

Цифровая обработка сигнала с помощью современных вычислительных средств обеспечивает эффективную коррекцию как амплитудных, так и фазовых искажений сигнала. Восстановленный сигнал может быть подвергнут цифровой фильтрации, при которой отсутствуют проблема фазовых искажений и жесткие ограничения порядка фильтра.

Для успешной реализации алгоритма апостериорного восстановления измерительного сигнала необходимо до начала измерений знать передаточные функции звеньев измерительного канала [2, 3]. Возможны два способа получения этих передаточных характеристик: прямыми измерениями в лабораторных условиях и с помощью специальных программных средств моделирования работы принципиальных схем каждого звена. В первом случае существенным недостатком является необходимость прибегать к специфическому лабораторному оборудованию каждый раз при изменении состава измеряемых параметров. Во втором – эффективность процедуры восстановления будет зависеть от точности модели и возможностей программного продукта. При этом отсутствие в составе измерительного канала сложных для моделирования звеньев высоких порядков окажется преимуществом.

1. *Съем и обработка биоэлектрических сигналов: Учеб. пособие / [Зайченко К. В., Жаринов О. О., Кулин А. Н. и др.] ; под ред. К. В. Зайченко. – СПб. : СПбГУАП, 2001. – 140 с.*

2. *Штепа А.А. Метод исследования и оценки методической погрешности цифровой обработки сигналов в измерительных каналах ИИС электрофизиологической диагностики / А.А. Штепа // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – Донецьк, 2012. – Вип. 32. – С. 110–116.*

3. *Витрук С. К. Пособие по функциональным методам исследования сердечно-сосудистой системы / Витрук С. К. – К. : Здоровье, 1990. – 224 с.*

Т. Г. Бойко, проф., Х. І. Дух, студентка

ІДЕНТИФІКАЦІЯ І ПІДХОДИ ДО ОТРИМАННЯ РИЗИКІВ В ХАРЧОВОМУ ЛАНЦЮЗІ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК (на прикладі вітамінних додатків, що містять аскорбінову кислоту)

Ключові слова: біологічно активна добавка (БАД), вітамінний додаток, небезпечний чинник харчового продукту, оцінювання небезпечних чинників, ризик харчового ланцюга

Актуальність. БАД – спеціальний харчовий продукт (ХП), який застосовується для оптимізації структури харчування людини [1]. Однією з найбільш поширених БАД є вітамінні добавки. Існують стани, коли виникає нестача певного вітаміну в організмі і людині рекомендовано вживати їх у вигляді БАД. Тому вітамінні добавки є досить важливими харчовими продуктами, які потребують відповідального ставлення до оцінювання їх якісних властивостей і в першу чергу безпеки, як цього вимагає [2], що зумовлює актуальність дослідження.

Суть проблеми. Фактично усталеною практикою у побуті є трактувати вітамінні добавки як лікарські засоби. Цьому сприяє і форма, в якій вони надходять до споживача і те, що найчастіше вони рекомендовані до вживання лікарями і те, що основною торгівельною мережею, через яку їх реалізують, є аптеки. В медичних колах періодично виникає дискусія стосовно необхідності їх віднесення до лікарських засобів. Зокрема аргументом «за» є те, що це зобов'язало б виробників дотримуватися тих самих нормованих вимог, що й під час виробництва ліків.

З іншого боку є неоднозначність в офіційному трактуванні БАДів різними державними дозвільними системами, які недостатньо однозначно їх характеризують як ХП, що в свою чергу формує сприятливе підґрунтя для їх неконтрольованого обігу.

Тому **метою дослідження** є ствердити необхідність чіткого віднесення вітамінних додатків до ХП, ідентифікувати небезпечні чинники і розробити підходи до отримання ризиків, що супроводжують в цілому їх харчовий ланцюг.

Регламентування вимог до БАД. В нашій державі для БАДів чинними є такі норми:

- відповідність харчового продукту до обов'язкових вимог безпеки встановлює висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи, яка регулюється законодавством з врахуванням вимог ISO 22000, IFSFood, CODEXSTAN 146-1985 тощо;

- відповідність харчового продукту до інформації щодо його властивостей встановлює звіт, складений за результатами експертних досліджень і виданий експертними установами;

- уповноваження на проведення і порядок експертних досліджень визначає МОЗ з урахуванням законодавства ЄС щодо використання інформації про користь для здоров'я ХП;

- дозволені БАДи заносяться до Державного реєстру харчових продуктів для спеціального дієтичного споживання, функціональних харчових продуктів та дієтичних добавок.

На відміну, для ліків:

- вимоги встановлюють GLP, GCP і GMP, а також Державна фармакопея України;

- лікарські засоби дозволені для виробництва і застосування в медичній практиці заносяться до Державного реєстру лікарських засобів України.

В міжнародному масштабі безпеку БАДів регламентують НД таких організацій: FDA – Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів; FAO – Продовольча та сільськогосподарська організація ООН; WHO – Всесвітня організація охорони здоров'я; Комісія Кодексу Аліментаріус (надалі САС).

Зокрема FDA стосовно БАДів керується таким правилами:

- з 1994 року, біологічно активні добавки перестали вважатися харчовими продуктами і з цього часу БАДи не потребують схвалення FDA;

- FDA вимагає, щоби інформація на етикетці містила: описову назву продукту з вказанням, що це "добавка"; найменування та місце знаходження виробника, пакувальника або дистриб'ютора; повний список інгредієнтів; чистий вміст біологічно активного продукту;

- на відміну від лікарських препаратів, безпечність і ефективність котрих, повинна бути доведена ще перед надходженням до споживача, щодо БАДів у FDA відсутні такі положення.

Іншою впливовою міжнародною організацією, яка регламентує правила поводження з БАДами є згадана вже САС, яка була спеціально створена для впровадження спільної FAO/WHO програми стандартів на продукти харчування. Зокрема ця комісія підготувала:

- збірник міжнародно схвалених і поданих в однаковому вигляді стандартів на харчові продукти, розроблений під керівництвом FAO/WHO, спрямованих на захист здоров'я споживачів;
- спеціально для харчових добавок стандарт CODEXSTAN 146-1985.

Небезпечні чинники і їх ризики в харчовому ланцюзі БАД. Оскільки САС визнає БАДи, які містять вітаміни і мікроелементи, за харчові продукти, то очевидно, що на них повинен поширюватися [3]. Згідно стандарту, поняття *безпечність харчових продуктів* означає, що ХП не спричинить шкоди споживачеві, якщо його приготовлено та/або спожито в їжу відповідно до його використання за призначенням. Харчовим продуктам, як і будь-якій іншій продукції, властивий так званий «життєвий цикл» або інакше *харчовий ланцюг*, яким є послідовність стадій починаючи з первинного виробництва та до споживання. Безпечність ХП пов'язана, в першу чергу, з наявністю в ХП небезпечних чинників. Тому основним поняттям, за яким визначатиметься безпечність ХП є *небезпечний чинник харчового продукту – небезпека ХП*. Це біологічний, хімічний або фізичний агент у ХП, або такий його стан, що потенційно може спричинити негативний вплив на здоров'я. Термін «небезпечний чинник» не слід плутати з терміном «ризик» [4]. Ризик є кількісною мірою небезпеки і отримується як комбінація вірогідності виникнення небезпеки та розміру втрат. Вірогідність небезпеки слід визначати базуючись на так званій *програмі-передумові* - ПП безпечності харчових продуктів, якою є базові умови та діяльність, необхідні для підтримання потрібної гігієни довкілля протягом всього харчового ланцюга. Конкретизована для певної продукції *операційна програма-передумова* це ПП, що містить ідентифікацію та аналіз небезпечних чинників, які суттєво важливі для керування вірогідністю їх привнесення до ХП.

Ризики вітамінних додатків. Ідентифікуємо небезпечні чинники, що супроводжують в цілому харчовий ланцюг біологічно активних добавок на прикладі вітамінного додатка, що містить один окремий вітамін. Зокрема для вітамінного додатка, що містить вітамін С – аскорбінову кислоту, виявлено такі критичні точки керування - стадії: висадка посівного матеріалу, грануляція, екстракція, екструзія, експандування, кондиціонування, покриття захисним шаром, пакування, споживання [5]. На кожній з цих стадій згідно [3], слід здійснювати керування для запобігання або усунення небезпечних чинників, а саме: хімічних, фізичних, біологічних (табл. 1).

Таблиця 1 – Небезпечні чинники життєвого ланцюга вітамінних додатків

Причина, що веде до виникнення небезпечного чинника	Небезпечний чинник (англ. <i>hazard</i>) - джерело НВ	Негативний вплив (НВ), (англ. <i>harm</i>) на здоров'я - втрата	Ризик	
			вірогідність втрат	розмір втрат
Хімічні чинники (агенти)				
Окиснення і відновлення вітамінів через взаємодію з хімічними сполуками і продуктами окиснення жирів	Утворення потенційно небезпечної продукції, в результаті взаємодії речовин	Харчове отруєння споживача	дуже низька	великий
Взаємодія з киснем внаслідок якого утворюється інша хімічна сполука без біологічної активності			середня	великий
Взаємодія вітамінів за принципом антагонізму, наприклад, вітамін С не можна поєднувати з ціанкобаламіном			висока	великий
Фізичні чинники (агенти)				
Не дотримання властивих певному етапу виробництва температурних режимів під час: - екструзії; - грануляції; - кондиціонування	Зниження вмісту біологічно активної речовини	Відсутність очікуваної позитивної дії, через недоотримання продукту	середня	істотний
Не дотримання властивих певному етапу виробництва режимів, під час яких контролюється тиск			низька	істотний
Не дотримання властивих певному етапу виробництва режимів, під час яких контролюється відносна вологість			низька	істотний
Біологічні чинники (агенти)				
Попадання сторонніх мікроорганізмів	Утворення потенційно небезпечної продукції	Зараження мікроорганізмами	низька	значний
Недостатня кількість посівного матеріалу	Зниження вмісту біологічно активної речовини	Відсутність очікуваної позитивної дії, через недоотримання продукту	середня	малий

Стани харчового продукту				
Неоднорідність змішування, що спричиняє, наприклад, неоднорідне покриття аскорбінової кислоти яке, захищає її від взаємодії з доквілліям	Утворення потенційно небезпечної продукції	Харчове отруєння споживача	низька	великий
Отримання гігроскопічних властивостей під час таблетування з додаванням крохмалю (метод <i>Spraydrying</i>)	Зниження вмісту біологічно активної речовини	Відсутність очікуваної позитивної дії, через недоотримання продукту	дуже низька	малий
Тертя між частинками продукту, що прискорює окисно-відновні реакції	Зниження вмісту біологічно активної речовини	Відсутність очікуваної позитивної дії, через недоотримання продукту	дуже низька	не-значний
Неконтрольований доступ до вітамінного додатка; відсутність попередження у маркуванні про наслідки вживання без призначення фахівця; дезінформація з недостовірних джерел	Потрапляння в організм без необхідності	Недомагання споживача - м'язова втома і часті судоми	висока	значний
	Неправильне регулювання дози	Порушення нормального функціонування організму	низька	великий
	Передозування	Харчове отруєння споживача	дуже низька	дуже великий

Наприклад, типовими ознаками негативного впливу на здоров'я споживача вживання вітамінного додатку без належного призначення фахівцем є м'язова втома і як наслідок часті судоми за вживання невеликих доз; пригнічення вироблення інсуліну і підвищення рівень цукру в крові за вживання неправильно відрегульованих доз; ознаки отруєння організму, а саме нудота, спазми кишківника, діарея, алергічні реакції, порушення функції нирок, зростання артеріального тиску, збудливість, порушення сну, біль у ділянці епігастрію, свербіж, шкірні висипи, запаморочення, головний біль у випадку істотного передозування вітамінного додатка.

Висновки. Отже на основі проведеного аналізу можна стверджувати, що всі БАДи, в тому числі і вітамінні добавки, слід відносити до харчових продуктів. Тому згідно [3] на БАДи необхідно поширювати вимоги щодо систем управління безпекою ХП і організації харчового ланцюга. Оскільки безпека ХП безпосередньо залежить від наявності в них небезпечних чинників на момент споживання, а сам небезпечний чинник може з'явитися на будь-якій ділянці харчового ланцюга, то для адекватного керування в кожній його ланці необхідно мати конкретні значення всіх можливих ризиків. Відповідно до вимог НАССР слід формувати операційну ПП для ідентифікації та аналізу небезпечних чинників, які суттєво важливі для керування вірогідністю їх привнесення до ХП, а також для забезпечення проведення контрольних заходів та моніторингів. Потрібно ідентифікувати у продукті небезпечні чинники з високим ризиком, які потребують особливої уваги; встановити критичні точки контролю, критичні межі, процедуру моніторингу, коригувальні дії та процедури верифікації, щоб підтвердити, що система НАССР є ефективною.

1. Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» № 191—IV від 24 жовтня 2002 р.

2. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» № 771/97-ВР від 23.12.1997 (Редакція станом на 01.01.2015, підстава 67-19).

3. Системи керування безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2005, IDT): ДСТУ ISO 22000:2007. – [Чинний від 2007-08-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 39 с. – (Національний стандарт України).

4. ISO/IEC Guide 51:2014 Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards.

5. Horowitz, W. 1970. Vitamin C (ascorbic acid) in "Official Methods of Analysis." 11th Ed. Assn. Off. Anal. Chem., Washington, D.C. . 777-779-c.

УДК 004.03:624.15

О. Ю. Пілат, здобувач

РОЗРАХУНОК ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВЕБ-САЙТІВ

Ключові слова: веб-сайт; оцінювання якості; однофакторний дисперсійний аналіз; ранжування; критерії якості; анкетування; інтегральна оцінка; дизайн; контент; функціональність.

Оцінювання якості веб-сайтів є складним багатокритеріальним технологічним процесом. Добротне виконання кожного етапу цього процесу вимагає використання чітких ефективних засобів розробки. Дослідження та моделювання складових частин процесу оцінювання дає можливість вибрати ефективний спосіб вимірювання вартості веб-сайту. Формалізований опис

критеріїв, що характеризують виробничий процес, та визначення міри їхнього впливу на результат дозволить належним чином запроєктувати потрібну послідовність етапів роботи.

Інформаційну технологію визначення якості веб-сайту встановлюють сукупність методів формування обґрунтованих критеріїв оцінювання, набору виробничих процесів та програмно-технічних засобів автоматизації дій, об'єднаних у технологічний ланцюжок, який забезпечує виконання інформаційних процесів із метою підвищення надійності та оперативності зі зниженням трудомісткості.

Інформаційну технологію доцільно подати такими етапами:

1. Анкетування, оцінювання вибраних веб-сайтів експертами.
2. Обробка результатів анкетування.
3. Обчислення часткових оцінок, статистична обробка результатів анкетування.
4. Ранжування критеріїв в межах категорій.
5. Ранжування категорій.
6. Інтегральна оцінка якості веб-сайту.
7. Оцінювання за допомогою інтернет-ресурсів.
8. Скерування на доопрацювання та рекомендації власнику чи розробнику веб-сайту.

Відповідно до методу оцінювання якості сайтів, враховані пристрої, за допомогою яких користувачі оцінюватимуть сайти. Для пристроїв з малим екраном розроблено окремий блок питань. Він враховує зміни деяких характеристик сайту порівняно з сайтами, оціненими зі звичайного екрану. Отримані результати дають змогу побачити, що саме необхідно доопрацювати чи відкоригувати в роботі, в оформленні чи наповненні сайту, а також виробити відповідні рекомендації щодо покращення якості веб-сайту.

Документацію та специфікацію щодо якості оцінюваного веб-сайту скеровують розробникам, власникам та іншим зацікавленим сторонам у підвищенні якості веб-ресурсу.

1. Під час побудови моделі оцінювання якості веб-сайту проаналізували етап розробки та інформаційного наповнення веб-сайту.

2. Застосовуючи метод опитування – анкетування із використанням моделі взаємозв'язку розробки, наповнення та інформаційної технології оцінювання якості сайту, проаналізували низку сайтів. Для апробації розробленої моделі оцінювання якості сайтів, було вибрано по п'ять сайтів за рейтингом видачі пошукової системи (найвищий, середній, крайній рейтинги). Вибрали сайти підприємств з різними видами діяльності.

3. На стадії проектування процесу оцінювання якості сайтів провели анкетування студентів старших курсів, які вивчають мультимедійні технології, обізнані з правилами створення та наповнення веб-сайтів та користувачів, які часто відвідують дані сайти та обізнані із напрямками роботи у відповідних галузях. Було опитано 121-го користувача за зразком анкети, сформованої відповідно до критеріїв ISO/IES 25010:2011. Оцінюючи сайт, експерти ставили оцінку за рейтингом від 5-ти до 1-го балу («5» – відмінно, «4» – добре, «3» – задовільно, «2» – незадовільно, «1» – погано) відповідно до власного досвіду та керуючись знаннями та стандартами з якості сайтів.

На стадії реалізації процесу оцінювання якості згідно з розробленою моделлю опрацювали одержані результати опитування і виконали елементарне оцінювання показників якості, тобто обчислили інтегральну оцінку якості всіх досліджуваних веб-сайтів.

На стадії реалізації процесу оцінювання якості відповідно до моделі використовуючи метод однофакторного дисперсійного аналізу, обчислили результати анкетування. Для сайтів, які за інтегральною оцінкою в рейтингу нашого опитування отримали найвищі та найнижчі бали, для апробації запропонованої моделі оцінювання якості сайту, виконано статистичну обробку експериментальних даних для сайтів. Статистична обробка результатів експерименту дозволяє оцінити за даними поточних вимірів точність застосованого методу дослідження. А також з певною достовірністю проаналізувати вплив кожного критерію на загальну якість категорії.

Проаналізувавши сайти, які за інтегральною оцінкою в рейтингу нашого опитування отримали найвищі та найнижчі бали та враховуючи дані, одержані методом статистичної обробки, проведено ранжування категорій кожного з таких сайтів і оцінено три найважливіші категорії.

Відсоткова шкала оцінювання ранжується на 3 рівні оцінки:

Задовільний рівень – від 60% до 100%;

Граничний рівень – від 40% до 59%;

Незадовільний рівень – від 0% до 39%.

Проранжуємо від «3» до «1» категорії дизайну, контенту та функціональності за величиною середньої інтегральної оцінки кожної категорії Q_i , середнє. Найвищий ранг $R = 3$ – присвоюємо категорії, середня інтегральна оцінка якої виявилася найвищою, ранг $R = 1$ – присвоюємо категорії, середня інтегральна оцінка якої виявилася найнижчою.

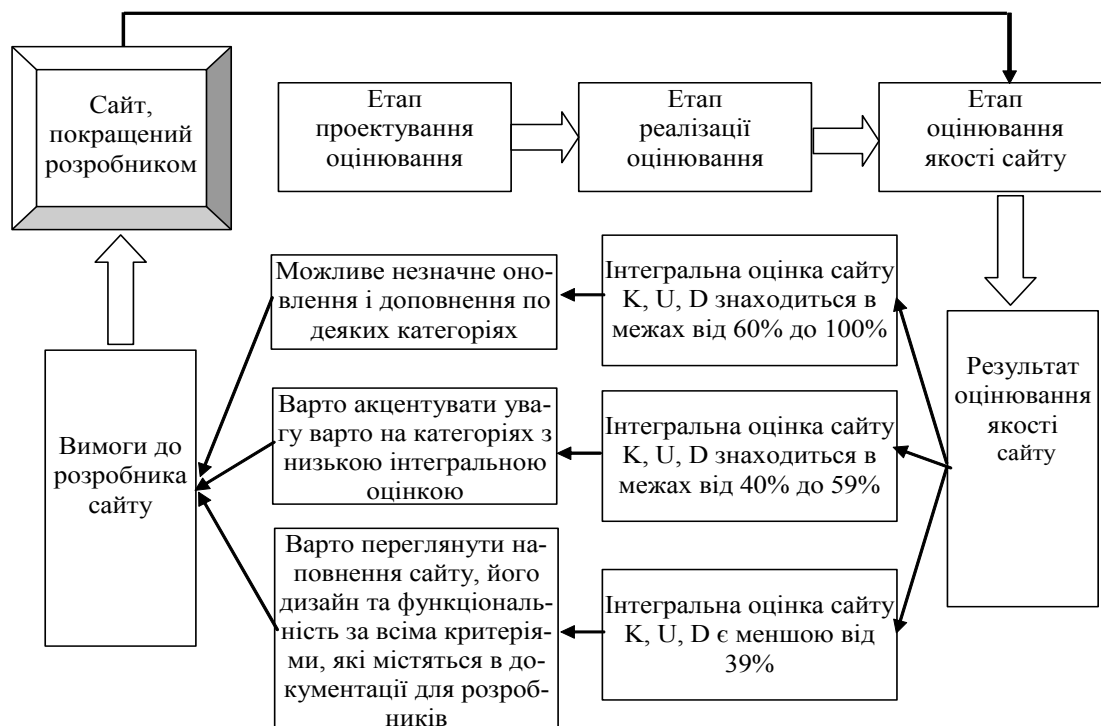


Рис. 1. Структурна модель оцінки якості веб-сайтів по кожній категорії

Аналізуючи середню інтегральну оцінку якості досліджуваних сайтів, виявили таку закономірність: найменший ранг по всіх досліджуваних сайтах має категорія функціональності – 5 одиниць, наступною є категорія контенту – 9 одиниць, найбільший ранг має категорія дизайну сайтів – 10. Така тенденція вказує на те, що для розробників сайтів пріоритетом при створенні сайту є дизайн та контент сайту, а функціональність сайту відіграє другорядну роль. Якщо аналізувати окремі сайти, то така послідовність може бути порушена. Рекомендацією для розробників сайтів є доопрацювання категорії функціональності сайтів. З погляду користувачів – така закономірність вказує на те, що найважливішу роль у оцінці сайту відіграє саме дизайн або візуальне наповнення сайту. Якщо користувача зацікавив дизайн сайту, тоді він продовжує свою роботу з контентом цього сайту.

Аналізуючи отримані результати та результати інтернет-оцінювання за допомогою спеціальних ресурсів, робимо висновок, що кращий сайт, з поміж порівнюваних, має вище місце у рейтингу видачі, більшу вартість та більшу кількість відвідувачів, ніж сайт, який за інтегральною оцінкою набрав меншу кількість балів. Одержані результати корелюються з інтегральною оцінкою якості, яку ми визначили для досліджуваних сайтів.

Структурна модель оцінки якості веб-сайтів по кожній категорії подана на рисунку 1 визначає порядок проектування, реалізації та оцінювання якості веб-сайту та з'ясування рекомендацій щодо аспектів покращення програмного продукту.

За результатами інтегральної оцінки кожної з оцінюваних категорій розроблено відповідні рекомендації.

1. Гарретт Д. Веб-дизайн: книга Джесса Гарретта. Елементи опыта взаимодействия – *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web*. – Символ-Плюс, 2008. – 192 с.
2. Дудикевич В. Б. Функціональна безпека інформаційних технологій: засади, методологія, реалізація / В. Б. Дудикевич, Г. В. Микитин, О. Я. Рудник // *Сучасна спеціальна техніка*. – 2013. - №1 (32). – С. 115-125.

3. Круг С. Как сделать сайт удобным. Юзабилити по методу Стива Круга / С. Круг // *Rocket Surgery Made Easy : The Do-It-Yourself Guide to Finding and Fixing Usability Problems*. – СПб. : Изд-во "Питер", 2010. – 208 с.
4. Лях І. М. Теоретичні основи захисту даних в телекомунікаційних системах / І. М. Лях // *Моделювання та інформаційні технології : зб. наук. пр. (ІПМЕ НАН України)*. – К., 2005. Вип. 29. – С. 88-92.
5. Микитин Г. В. Стандартизація – основа створення інформаційних ресурсів // *Доповіді НАН України*. – 2000. – №10. – С. 106-110.
6. Пілат О., Огірко І. Інформаційна система оцінки якості електронних видань. В збірнику : *Український Університет в Москві. Москва. Том 17. 2012.* – С. 162–166.
7. Пілат О. Ю. Інформаційна технологія оцінювання якості сайтів. / О. Ю. Пілат // *Наукові записки: наук.-техн. зб.* – Львів : УАД, 2014. – №1-2. – С. 90-99.

Т.В. Кепещук, к.т.н.

ПЕРЕСУВНА УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВІРКИ (КАЛІБРУВАННЯ) МАСОВИХ ВИТРАТОМІРІВ

Ключові слова: масові витратоміри, облік нафти та нафтопродуктів, еталонні засоби вимірювальної техніки, похибка вимірювань.

Одними з найбільш досконалих і точних засобів вимірювання маси в динаміці є масові витратоміри. Вони з'явилися в 70-х роках минулого століття, безперервно удосконалювалися і стали одними з прогресивних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) маси найрізноманітніших продуктів. Практика застосування виявила низку безсумнівних переваг вказаних ЗВТ: пряме вимірювання маси, висока точність вимірювання, відсутність впливу властивостей рідини - в'язкості, густини, висока надійність, відсутність рухомих частин і малі витрати на обслуговування [1]. Важливою особливістю коріолісових масових витратомірів є можливість одночасного вимірювання маси і густини, чи об'єму і густини, а також температури продукту.

На Україні застосування масових витратомірів в різних галузях народного господарства, зокрема в нафтогазовому секторі, почалося в останні роки. На даний час значна частина вузлів обліку нафти на нафтогазовидобувних підприємствах оснащені саме масовими витратомірами.

Під час експлуатації масових витратомірів (зокрема при комерційному обліку товарної нафти та нафтопродуктів) [2] необхідно здійснювати визначення (контроль) їх метрологічних характеристик (МХ) шляхом проведення повірки (калібрування) на робочому середовищі в реальних умовах експлуатації.

Тому на вузлах обліку на базі масових витратомірів необхідно передбачувати або якийсь стаціонарний еталонний ЗВТ зі стабільними МХ (трубопоршневу повірочну установку, компакт-прувер 1 або 2 розряду згідно ГОСТ 8.510 чи еталонний перетворювач витрати 2 розряду згідно ГОСТ 8.510 з границями допустимої відносної похибки – не більше $\pm 0,1\%$) [2], або можливість визначення (контролю) їх МХ за допомогою пересувних пристроїв.

Стаціонарними ТПУ, в основному, оснащуються вузли обліку нафти (нафтопродуктів) (ВОН) за наявності робочих перетворювачів витрати з великою пропускною здатністю (500 м³/год і більше), а також ВОН, розташовані в складних географічних умовах. Як правило, на Україні таких ВОН немає. Окрім того необхідно врахувати те, що повірка перетворювачів витрати та лічильників проводиться періодично, тому коефіцієнт використання стаціонарних повірочних установок дуже низький [3].

На вузлах обліку сирої нафти в якості еталонних, а також контрольних перетворювачів витрати необхідно використовувати перетворювачі, що відрізняються від робочих відсутністю впливу в'язкості і вмісту вільного газу, або перетворювачі з більш широкими робочими діапазонами в'язкості і вмісту вільного газу в сирій нафті в порівнянні з відповідними діапазонами робочих перетворювачів витрати.

Повірочні вимірювальні лінії з еталонним перетворювачем витрати слід використовувати в економічно вигідних випадках, а також при обліку високообводненої сирої нафти коли значення границь допустимої відносної похибки вимірювань маси нафти нетто, в основному, визначається не границями допустимої відносної похибки витратоміра, а границями допустимої відносної похибки вимірювань маси нафти, обумовленої величиною допустимої абсолютної похибки вимірювань вмісту води.

Тому, враховуючи вищенаведене для повірки (калібрування) витратомірів на ВОН можуть з успіхом використовуватися пересувні установки, що буде набагато економічніше в порівнянні зі стаціонарними еталонними засобами. Ними доцільно повірять (калібрувати) ВОН, оснащені перетворювачами витрати з низькою пропускною здатністю, а також групу ВОН, розміщених компактно на обмеженій території.

В якості пересувної установки для повірки (калібрування) масових витратомірів товарної і сирої нафти, нафтопродуктів, широкої фракції легких вуглеводнів, газового конденсату може використовуватися установка на базі еталонних масових витратомірів (рис. 1).

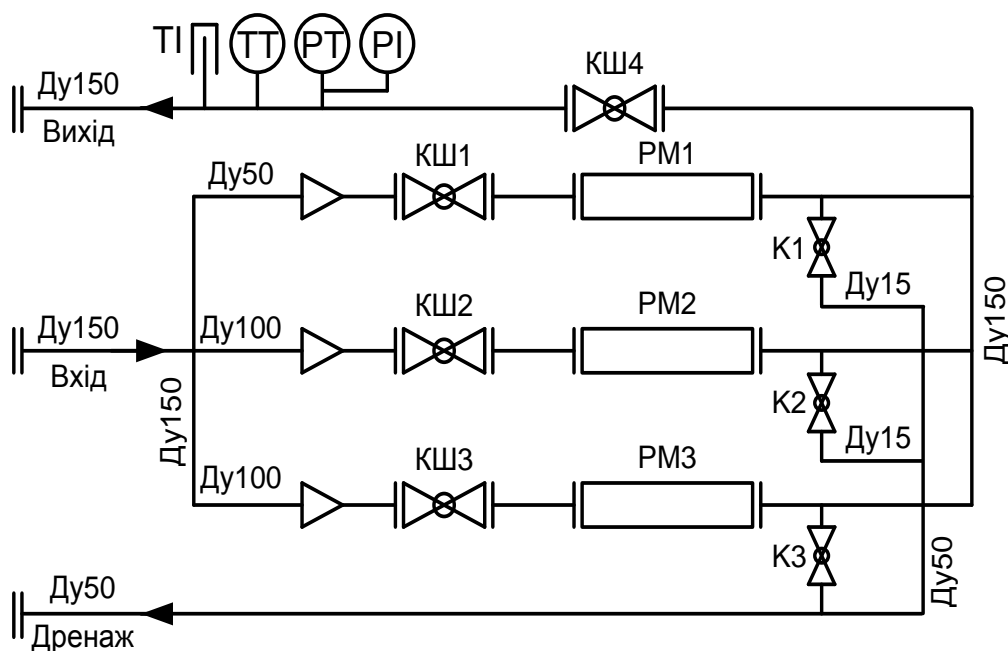


Рис. 1 – Технологічна схема пересувної установки для перевірки (калібрування) масових витратомірів

PM1 – PM3- еталонні масові витратоміри, PT – перетворювач тиску, TT – перетворювач температури, PI – манометр, TI – термометр, КШ, К – крани кульові.

Установка повинна представляти собою мобільний комплекс, що складається з наступних складових частин:

- технологічний блок;
- апаратний блок обробки інформації.

Обидва блоки встановлюються на дно кузова автомобіля підвищеної прохідності або автомобільного причепа.

Технологічний блок, у свою чергу, повинен включати в себе:

- три еталонних перетворювачі витрати (наприклад, типу MICRO MOTION серії CMF 100 (1 шт.) та CMF 300 (2 шт.) з вторинної апаратурою MVD польового виконання);
- технологічні трубопроводи;
- станину для розміщення трубопроводів з перетворювачами витрати;
- перетворювачі тиску (наприклад, типу 3051TG фірми "Fisher-Rosemount" та границями допустимої відносної похибки $\pm 0,25\%$);
- перетворювачі температури (наприклад, типу 644ЕН фірми "Fisher-Rosemount" з границями допустимої абсолютної похибки $\pm 0,2$ °С);
- манометр надлишкового тиску МТИ з класом точності 0,6;
- термометр скляний показуючий, в захищеній оправі, типу ТЛ-4 з границями допустимої абсолютної похибки $\pm 0,2$ °С;
- трубопровідну запірну арматуру (відсічні, дренажні кульові крани).

Апаратний блок обробки інформації повинен забезпечувати:

- електричне живлення перетворювачів витрати, температури і тиску, електрообладнання, що входять до складу технологічного блоку;

- обробку сигналів з вимірювальних приладів технологічного блоку за заданим в програмі алгоритмом, в т.ч. обробку сигналів з перетворювачів витрати, що повіряються (калібруються), за заданим алгоритмом відповідно до методики їх повірки (калібрування);

- друк протоколів повірки (калібрування) перетворювачів витрати.

Окрім того, для підтримки плюсової температури повітря всередині блок-боксу при мінусовій температурі навколишнього повітря повинна бути передбачена система опалення. Для роботи в темний час доби в блоках має бути передбачено місцеве освітлення. Для підключення технологічного блоку до вузла обліку в складі установки повинні бути рукави високого тиску з швидкороз'ємною запірною арматурою.

Повірка (калібрування) масових перетворювачів витрати здійснюється шляхом порівняння показів робочого перетворювача витрати з показами еталонного при вибраних значеннях витрати в діапазоні вимірювань, наприклад, 10%, 20%, 50 %, 80%, 100% від верхньої межі діапазону.

Якщо повірка масових перетворювачів витрати проводиться на місці експлуатації і діапазон витрат визначений, то МХ визначаються при крайніх значеннях діапазону і значеннях, вибраних всередині діапазону з інтервалом 10-20% від найбільшої витрати [1].

Похибка масового витратоміра визначається для кожного *i*-того вимірювання за формулою:

$$\delta_i = \frac{M_i - M_{Ei}}{M_{Ei}} \cdot 100\%,$$

де M_i - маса, виміряна масовим витратоміром, що повіряється, т,

M_{Ei} - маса, виміряна еталонним засобом, т.

Резюмуючи вищенаведене можна констатувати наступне. Оскільки коефіцієнт використання стаціонарних еталонних засобів, зокрема ТПУ дуже низький, а також враховуючи те, що дані ЗВТ є дуже дорогі, застосування окремого ТПУ для кожного вузла обліку є економічно не вигідним. Застосування пересувних еталонних засобів, зокрема установки для повірки (калібрування) масових витратомірів установки буде доцільним в першу чергу з економічної точки зору. Окрім того, використання еталонних масових витратомірів має ряд переваг: пряме вимірювання маси, відсутність впливу змін робочого середовища (в'язкості, густини, профілю швидкостей) на покази вимірювання, висока надійність, а також менші витрати на профілактичне обслуговування в порівнянні з ТПУ.

1. *Автоматизированный учет нефти и нефтепродуктов при сборе, транспорте и переработке. Пособие для метрологов / Фатхутдинов А.Ш., Слепян М.А., Золотухин Е.А., Фатхутдинов Т.А., Коловертнов Г.Ю. – Уфа: Нефтеавтоматика, 1999.- 296 с.*

2. *Рекомендации по определению массы нефти при учетных операциях с применением систем измерений количества и показателей качества нефти. –Уфа: МАО „Нефтеавтоматика”, 2005.- 56 с.*

3. *Измерение количества и качества нефти и нефтепродуктов при сборе, транспортировке и коммерческом учете/ Ханов Н.И., Фатхутдинов А.Ш., Слепян М.А., Золотухин Е.А., Фатхутдинов Т.А., Коловертнов Г.Ю.– СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 2000.- 268 с.*

4. *ГОСТ 8.510-2002 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений объема и массы жидкости.*

Шпаковський О.Ю.

**ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО РОЗРОБКИ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
НОРМАТИВНО-ПРАВОВИМИ АКТАМИ І НОРМАТИВНИМИ ДОКУМЕНТАМИ В
СФЕРІ МЕТРОЛОГІЇ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ В ХОДІ
РЕФОРМУВАННЯ ТА ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ. ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ**

Введення нової редакції Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», який набуває чинності з 01.01.2016 передбачає гармонізацію законодавчих актів у повному обсязі з документами Міжнародної організації законодавчої метрології і актами законодавства ЄС та дозволить провести розмежування управлінських, наглядових і господарських функцій.

Одночасно проводиться активна робота по реформуванню залізничного транспорту України, що передбачає створення публічного акціонерного товариства «Українська залізниця» (далі - ПАТ) з впровадженням вертикально-інтеграційної системи, розподілом на останньому етапі регуляторних і господарських функцій.

Як відомо, урядом України в 2006 році було ухвалено Концепцію Державної програми реформування залізничного транспорту, а в 2011 році було затверджено програму реформування на 2010-2019 роки, цілі та завдання якої базуються на рекомендаціях Європейських країн. Проведення реформ передбачено в три етапи:

1. Утворення єдиної державної акціонерної залізничної компанії та розподіл функцій між державою (регулювання і контроль) і компанією (господарські функції).
2. Внутрішня трансформація єдиної компанії, виділення декілької залежних товариств за напрямками діяльності.
3. Акціонування виділених структурних одиниць з можливістю продажу акцій приватним особам і компаніям (реалізовано тільки в деяких країнах).


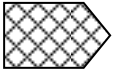
I-й етап на сьогодні майже завершено, а саме: забезпечено законодавчу та нормативно-правову базу для початку реформ у галузі. Однак у нас виникає ряд запитань щодо розроблення оптимальної кількості нормативно-правових актів (НПА) та нормативних документів (НД) з організації метрологічної діяльності в ПАТ та виконання функцій Базових організацій метрологічної служби міністерства Інфраструктури на залізничному транспорті (БОМС МІУ ЗТ), які покладені на Дорожні центри стандартизації та метрології (ДорЦСМ) залізниць.

ДорЦСМ Придніпровської залізниці розглянув процедури та процеси реалізації положень нової редакції Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» щодо забезпечення єдності вимірювань при виконанні метрологічних робіт: перевірка засобів вимірювальної техніки (ЗВТ); калібрування ЗВТ, метрологічне обслуговування ЗВТ які безпосередньо впливають на безпеку руху (відомча «перевірка», «калібрування», «визначення придатності до застосування за призначенням» або інший термін відповідно до нової редакції Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність»). Інформація наведена в таблиці 1 (Таблиця 1). Зрозуміло, що на нас ще чекає велика робота щодо визначення та застосування термінів, процедур та процесів, які безпосередньо пов'язані з організацією метрологічного обслуговування ЗВТ, що застосовуються поза сферою законодавчо регульованої метрології на залізничному транспорті України та безпосередньо впливають на безпеку руху. В зв'язку з вищевикладеним, фахівцями ДорЦСМ Придніпровської залізниці була проведена робота по визначенню необхідної оптимальної кількості НПА та НД, яка наведена в таблиці 2. НПА та НД, наведені в таблиці 2, на наш погляд, дозволять Дорожнім центрам залізниць виконувати метрологічні роботи та покладені на них функції БОМС МІУ ЗТ в повному обсязі.

Для реалізації цих задач пропонуємо наступне:

1. Провести інвентаризацію та облік НПА, НД в галузі метрології;
2. Провести актуалізацію або метрологічну експертизу цих документів;
3. Скласти графік або програму з перегляду або розробки НД БОМС МІУ ЗТ;
4. Створити робочі групи для розробки та перегляду НПА та НД;
5. Створити інформаційно-довідковий центр (чи надати статус одному з ДорЦСМ) у сфері метрології на залізничному транспорті.

Таблиця 1 - Роботи з калібрування та повірки засобів вимірювальної техніки (ЗВТ)

Національні еталони (при калібруванні ЗВТ також еталони інших держав або міжнародні)		
Еталони які застосовуються при проведенні калібрування	 <p>ЗВТ або відомчі еталони, які застосовуються поза сферою законодавчо регульованої метрології при проведенні процедури визначення придатності до застосування за призначенням ЗВТ залізничного транспорт України та безпосередньо впливають на безпеку руху (Перелік ЗВТ визначається Міністерством інфраструктури України)</p>	 <p>Еталони та ЗВТ, які застосовуються при проведенні повірки</p>
Процедура акредитації	Процедура відомчої атестації	Процедура уповноваження
ЗВТ, які в добровільному порядку підлягають калібруванню та застосовуються у сфері та/або поза сферою законодавчо регульованої метрології	ЗВТ, які застосовуються поза сферою законодавчо регульованої метрології на залізничному транспорті України та безпосередньо впливають на безпеку руху (Перелік ЗВТ визначається Міністерством інфраструктури України)	Законодавчо регульовані ЗВТ (Перелік категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці, встановлюється Кабінетом Міністрів України) та ЗВТ, які не застосовуються у сфері законодавчо регульованої метрології та повіряються на добровільних засадах

Таблиця 2- кількість розроблених проєктів нормативно-правових актів, нормативних документів для виконання робіт «БОМС МІУ ЗТ»

Метрологічні роботи, функції БОМС МІУ ЗТ – ДорЦСМ	НПА та/або галузеві НД, які встановлюють порядок виконання функцій БОМС та діють зараз	НД, що пропонуються до розробки АТ «УЗ»	НПА, що пропонуються до розробки МІУ з реєстрацією в Мінюсті у зв'язку із зміною законів	Посилання на закони (проекти законів) України, які встановлюють правові основи, для розробки НПА	Функція БОМС МІУ ЗТ - ДорЦСМ після зміни законодавства у сфері метрології та залізничного транспорту
1	2	3	4	5	6
-	-	-	<p>Загальний НПА Порядок організації підприємствами (організаціями, установами) залізничного транспорту метрологічної діяльності стосовно забезпечення безпеки руху і експлуатації залізничного транспорту</p>	<p>ЗУ «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 05.06.2014 № 1314-VII Ст. 14, -МС ЦОВВ 17- повірка ЗВТ 20- метрологічний нагляд 27- калібрування ЗВТ Проект ЗУ «Про залізничний транспорт» ст.5 п.3 – повноваження ЦОВВ щодо безпеки руху та експл. ЗТ 7 - станд, метр. діяльність та оц. відповід. на ЗТ 35 – правове та тех. регулювання ЦОВВ у сфері безпеки руху та експл. ЗТ</p>	

Метрологічні роботи, функції БОМС МІУ ЗТ – ДорЦСМ	НПА та/або галузеві НД, які встановлюють порядок виконання функцій БОМС та діють зараз	НД, що пропонуються до розробки АТ «УЗ»	НПА, що пропонуються до розробки МІУ з реєстрацією в Мінюсти у зв'язку із зміною законів	Посилання на закони (проекти законів) України, які встановлюють правові основи, для розробки НПА	Функція БОМС МІУ ЗТ - ДорЦСМ після зміни законодавства у сфері метрології та залізничного транспорту
1	2	3	4	5	6
Атестація калібрувальних лабораторій на проведення калібрування засобів виміральної техніки для власних потреб	- Настанова про порядок атестації підприємств та організацій залізничного транспорту України на право проведення метрологічних робіт НД 32 УЗ-ЦТЕХ-0040-2004	Немає потреби	Порядок атестації на проведення процедури визначення придатності до застосування за призначенням ЗВТ або Порядок атестації на проведення метрологічного обслуговування ЗВТ, які застосовуються поза сферою законодавчо регульованої метрології та засобів допускового контролю на залізничному транспорті України	Ст.14 пункт 1 Закону України від 5 червня 2014 року № 1314-VII «Про метрологію та діяльність», Ст.7 п.2 проекту Закону України «Про залізничний транспорт України» (забезпечення проведення робіт (надання послуг), пов'язаних із забезпеченням єдності вимірювань у визначених сферах діяльності безпеки руху	Атестація підрозділів підприємств залізничного транспорту на проведення процедури визначення придатності до застосування за призначенням (або метрологічного обслуговування) ЗВТ, які застосовуються поза сферою законодавчо-регульованої метрології
Атестація вимірвальних лабораторій на проведення вимірювань у сфері та/або поза сферою поширення	- Правила уповноваження та атестації у державній метрологічній системі, затвержені наказом Держспоживстандарту	Немає потреби	Правила уповноваження на отримання права з проведення вимірювань не пов'язаних з оцінкою відповідності		Уповноваження на проведення певних вимірювань у сфері законодавчо регульованої метрології, не пов'язаних з оцінкою
державного метрологічного нагляду	України від 29.03.2005 № 71 - Настанова з організації та порядку проведення атестації вимірвальних лабораторій на залізничному транспорті України НД 32 УЗ-ЦТЕХ-0042-2004		продукції, процесів та послуг (визначається законом) підприємствами (організаціями, установами) залізничного транспорту	Ст.7 пункт 4 Закону України від 5 червня 2014 року № 1314-VII «Про метрологію та діяльність» Ст.7 п.1 проекту Закону України «Про залізничний транспорт України»	відповідності продукції, процесів та послуг та на проведення вимірювань поза сферою законодавчо-регульованої метрології підприємств залізничного транспорту
Організація та проведення метрологічного нагляду за забезпеченням єдності вимірювань	- Настанова про порядок організації та проведення метрологічного нагляду на залізничному транспорті України НД 32 УЗ-ЦТЕХ-0041-2004 - Настанова про порядок проведення метрологічного нагляду у процесі обліку нафтопродуктів на підприємствах та організаціях залізничного транспорту України НД 32 УЗ-ЦТЕХ-0055-2006	Немає потреби	Порядок організації та проведення відомчого метрологічного нагляду за забезпеченням єдності вимірювань поза сферою законодавчо-регульованої метрології підприємств залізничного транспорту	Ст.7 п.2 проекту Закону України «Про залізничний транспорт України»	Організація та проведення відомчого метрологічного нагляду за забезпеченням єдності вимірювань поза сферою законодавчо-регульованої метрології підприємств залізничного транспорту

Метрологічні роботи, функції БОМС МІУ ЗТ – ДорЦСМ	НПА та/або галузеві НД, які встановлюють порядок виконання функцій БОМС та діють зараз	НД, що пропонуються до розробки АТ «УЗ»	НПА, що пропонуються до розробки МІУ з ресстрацією в Мінюсти у зв'язку із зміною законів	Посилання на закони (проекти законів) України, які встановлюють правові основи, для розробки НПА	Функція БОМС МІУ ЗТ - ДорЦСМ після зміни законодавства у сфері метрології та залізничного транспорту
1	2	3	4	5	6
Метрологічна експертиза проектів нормативних документів з метрології, конструкторської і технологічної документації	Відсутній	Порядок проведення метрологічної експертизи, погодження затвердження, ресстрації та внесення змін до нормативних документів з метрології, конструкторської і технологічної документації	Немає потреби	Відсутні	Метрологічна експертиза проектів нормативних документів з метрології, конструкторської і технологічної документації
Організація та виконання робіт із розроблення нормативної документації з метрології	- Настанова про порядок розробки методики виконання вимірювань та порядку її метрологічної атестації НД 32 УЗ-ЦТЕХ-0058-2007	Порядок розробки нормативної документації з метрології	Немає потреби	Відсутні	Організація та виконання робіт із розроблення нормативної документації з метрології
Атестація методик виконання вимірювань поза сферою поширення державного метрологічного нагляду	- Настанова про порядок розробки методики виконання вимірювань та порядку її метрологічної атестації НД 32 УЗ-ЦТЕХ-0058-2007	Настанова про порядок розробки методики виконання вимірювань та порядку її метрологічної атестації	Немає потреби	Відсутні	Атестація методик виконання вимірювань поза сферою поширення державного метрологічного нагляду
Метрологічна атестація ЗВТ, Калібрування ЗВТ	- НД 32 УЗ ЦТЕХ-0044-2004 Настанова про порядок організації калібрування засобів виміральної техніки, що застосовується на залізничному транспорті України - НД 32 УЗ-ЦТЕХ-0048-2004 Настанова про порядок визначення періодичності калібрування засобів виміральної техніки, що використовуються на залізничному транспорті України - НД 32 УЗ-ЦТЕХ-0065-2010 Методика складання переліку ЗВТ, що перебувають в експлуатації на залізничному транспорті і підлягають повірці	Настанова про порядок організації та проведення метрологічного обслуговування засобів виміральної техніки, які застосовуються поза сферою законодавчо регульованої метрології та засобів допускового контролю на залізничному транспорті України	Інструкція про порядок застосування підприємствами (організаціями, установами) залізничного транспорту законодавчо нерегульованих засобів виміральної техніки, засобів допускового контролю, випробувального обладнання стосовно забезпечення безпеки руху і експлуатації залізничного транспорту	ЗУ «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 05.06.2014 № 1314-VII Ст. 14, -МС ЦОВВ 17- повірка ЗВТ 20- метрологічний нагляд; 27- калібрування ЗВТ Проект ЗУ «Про залізничний транспорт» ; ст.5 п.3 – повноваження ЦОВВ щодо безпеки руху та експл. ЗТ; 7 - станд. метр. діяльність та оц. відповід. на ЗТ 35 – правове та тех. регулювання ЦОВВ у сфері безпеки руху та експл. ЗТ	Метрологічне обслуговування засобів виміральної техніки, які застосовуються поза сферою законодавчо регульованої метрології та засобів допускового контролю на залізничному транспорті України
Організація та проведення атестації випробувального обладнання поза сферою поширення державного метрологічного нагляду	- НД 32 УЗ ЦТЕХ-0043-2004 Настанова про порядок проведення атестації випробувального обладнання та перелік випробувального обладнання, яке використ. на заліз. транспорті України	Настанова про порядок організації та проведення метрологічного обслуговування засобів випробувального обладнання, яке застос. на заліз. транспорті України			Метрологічне обслуговування засобів випробувального обладнання, яке застосовується на залізничному транспорті України

Метрологічні роботи, функції БОМС МІУ ЗТ – ДорЦСМ	НПА та/або галузеві НД, які встановлюють порядок виконання функцій БОМС та діють зараз	НД, що пропонуються до розробки АТ «УЗ»	НПА, що пропонуються до розробки МІУ з ресстрацією в Мінюсті у зв'язку із зміною законів	Посилання на закони (проекти законів) України, які встановлюють правові основи, для розробки НПА	Функція БОМС МІУ ЗТ - ДорЦСМ після зміни законодавства у сфері метрології та залізничного транспорту
1	2	3	4	5	6
Підготовка, перепідготовка та підтвердження компетентності працівників залізничного транспорту для отримання права на виконання метрологічних робіт відповідно до чинного законодавства	- НД 32 УЗ ЦТЕХ-0044-2004 Настанова про порядок організації калібрування засобів виміральної техніки, що застосовується на залізничному транспорті України - НД 32 УЗ ЦТЕХ-0054-2006 Настанова про порядок організації процедури підтвердження компетентності працівників залізничного транспорту на право виконання метрологічних робіт	Настанова про порядок підготовки, перепідготовки та підтвердження компетентності працівників залізничного транспорту для отримання права на виконання метрологічних робіт відповідно до чинного законодавства	Немає потреби	Відсутні	
Актуалізація, інформування про чинність та затвердження нових НД на базі формування бібліотеки нормативної, довідкової та інформаційної документації з метрології, стандартизації у сфері метрології	Відсутній	Порядок надання інформації про чинність та затвердження нових НД на базі формування бібліотеки нормативної, довідкової та інформаційної документації з метрології, стандартизації у сфері метрології	Немає потреби	Відсутні	

Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement-2015», 2-6 лютого 2015 року: тези доповідей / Відп. за вип. Володарський Є.Т. – Київ: Академія метрології України, 2015. – 170с.

У виданні зібрано тези доповідей конференції, присвяченої науково-технічним проблемам метрології

Відповідальний за випуск Є.Т. Володарський

Укладачі: Гоц Н.Є., Бойко Т.Г., Бубела Т.З., Міхалева М.С.,
Дзіковська Ю.М., Антонюк О.О.

Матеріали подано в авторській редакції та затверджено на засіданні Науково-технічної ради ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» («Система») від 19.01.2015р.

Протокол засідання секції "Метрологія і стандартизація" Науково-технічної ради ДП НДІ "Система" №1/2015 від 19.01.2015 р. Рішення секції "Метрологія і стандартизація" Науково-технічної ради ДП НДІ "Система" №1-2/2015 від 19.01.2015 р.