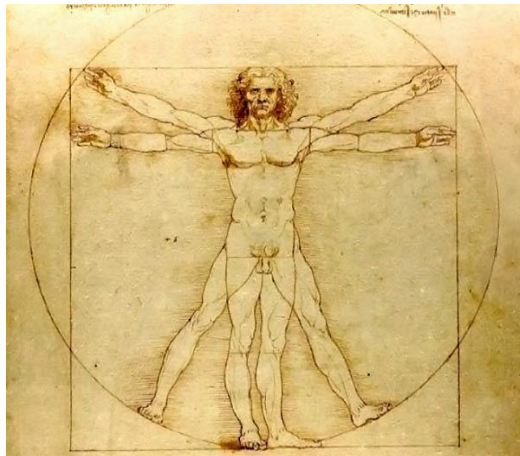


**Академія метрології України
Національний університет «Львівська політехніка»
ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і
управляючих систем» («Система»)**

**Спонсори:
ПРАТ «Енергооблік», м. Харків
Підприємець І. Г. Самойдук, м. Енергодар**

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

«Technical Using of Measurement – 2016»



**1-5 лютого 2016 року
м. Славське**

«TECHNICAL USING OF MEASUREMENT – 2016»

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

**м. Славське, Україна
1-5 лютого, 2016**

«TECHNICAL USING OF MEASUREMENT – 2016»

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

Slavs'ke, Ukraine
February 1-5, 2016

УДК 621

Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement-2016», 1-5 лютого 2016 року: тези доповідей / Відп. за вип. Володарський Є.Т. – Київ: Академія метрології України, 2016. – 137 с.

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

Відповідальний за випуск Є.Т. Володарський

Укладачі: Походило Є.В., Кочан Р.В., Гоц Н.Є., Яцук В.О., Бубела Т.З.,
Куць В.Р., 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:

ПРАТ «Енергооблік», м. Харків

Підприємець І. Г. Самойдюк, м. Енергодар

Матеріали подано в авторській редакції та затверджено на засіданні Науково-технічної ради ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» («Система») від 18.01.2016 р.

Протокол засідання секції «Метрологія і стандартизація» Науково-технічної ради ДП НДІ «Система» №1/2016 від 18.01.2016 р. Рішення секції «Метрологія і стандартизація» Науково-технічної ради ДП НДІ «Система» №1-2/2016 від 18.01.2016 р.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

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

Заступник голови:

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

Члени наукового комітету:

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

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

Большаков В.Б., д.т.н., г.н.с. віце-президент Академії метрології України (м. Харків)

Байцар Р.І., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

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

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, м. Київ)

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

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

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

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, м. Київ)

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

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

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

Бойко Т.Г., д.т.н., проф. (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»)

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

ЗМІСТ

О.Є. Середюк, д.т.н., проф., В.В. Малісевич, к.т.н., Н.М. Малісевич, аспірант ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄМНИХ СПІВВІДНОШЕНЬ КОМПОНЕНТІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ.....	10
С.М. Глоба, к.т.н., доц., І. В. Григоренко, к.т.н., доц., А. Ю. Слободчук, аспірант, В. В. Глоба, учениця РОЗРОБКА МОДУЛЯ ОДНОКАНАЛЬНОГО ВИХОРОСТРУМОВОГО ДЕФЕКТОСКОПУ З ІНТЕРФЕЙСОМ USB.....	13
Н.О. Хемич, аспірант, М. Г. Попряга, С.В. Прохоренко, д.т.н., проф. СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ МОДУЛЯЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ СИГНАЛУ, ВІДБИТОГО ВІД ПОВЕРХНЕВОГО ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ШАРУ.....	15
Н.І. Косач проф., д.т.н, с.н.с., Н. В. Чернобай ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОПИТУВАННІ ВИПУСКНИКІВ ВНЗ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ.....	16
О.М. Загурська, аспірант, М.М. Дорожовець, д.т.н., проф. ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСОВИХ ІНТЕРВАЛІВ АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ.....	19
Б.І. Стадник, д.т.н., проф., О.В.Сегеда, ст. викладач, В.В.Герасименко, аспірант ВИБІР ОПТИЧНОЇ СХЕМИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОЛУМ'Я МЕТОДОМ КОМБІНАЦІЙНОГО РОЗСПОВАННЯ СВІТЛА.....	22
П.І. Кулаков, к.т.н., В.В. Присяжнюк, ст. викл., Т.В. Гнесь, аспірант ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СТІЙЛОВОЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ.....	24
Н.І. Косач, д.т.н., с.н.с., Г.Г. Бондаренко ПОЛІПШЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ «ЯКІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ» З МЕТОЮ ІНТЕГРУВАННЯ У ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ПРОСТІР.....	26
М.М. Дорожовець, д.т.н., проф., М.М. Бурдега, аспірант ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ (АДИТИВНОЇ І МУЛЬТИПЛІКАТИВНОЇ) ПОХИБОК НА ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РОЗПОДІЛУ ТОМОГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ.....	28
О.М. Васілевський д.т.н., Є.О. Данилюк, студент ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ТЕМПЕРАТУРИ НА БАЗІ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ В ЧАСТОТУ.....	31
О.М. Vasilevskyy, DSc, Т.Н. Rudnytska, teacher, Y.O. Danylyuk, student RESEARCHING OF IONS ACTIVITY MEASUREMENT UNCERTAINTY USING MEANS OF MEASUREMENT BASED ON ANALOG-DIGITAL CONVERTER.....	34
В.Ю. Кучерук, д.т.н., проф; М.В. Глушко, студент РЕЗИСТИВНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТОРА ДЕТЕРМІНОВАНО-ХАОТИЧНОГО СИГНАЛУ.....	37
Н.М. Бейтуллаєва, студентка, Н.Є. Гоц, д.т.н., доц. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСАД ФОРМУВАННЯ ЛАБОРАТОРІЇ ТЕПЛОВОГО ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ.....	40

- М.С. Міхалєва, к.т.н, доцент, Г.Р. Чурко, студентка ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЬНИХ ВЗІРЦІВ ОЛІЇ ЛЬОНУ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ.....41**
- Ж.В. Сокотун, аспірант, О. Б. Кошелева, здобувач, С. С. Федін, д.т.н. ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ЗБІЖНОСТІ ТА ВІДТВОРЮВАНOSTІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗ МОЖЛИВОСТІ ПОВТОРУ ВИМІРЮВАННЯ.....44**
- Б.Г. Шабашкевич, к.т.н., Ю.Г. Добровольський, к.т.н., В.Г. Юр'єв МЕТРОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ І ГРАДУЮВАННЯ ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ, ЧУТЛИВИХ В УЛЬТРАФІОЛЕТОВОМУ ДІАПАЗОНІ.....45**
- Ю.М. Дзіковська, аспірант, В.Я. Крайовський, к.т.н., М.М.Микійчук, д.т.н, Н.Є. Гоц, д.т.н. РОЗРОБЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЇЇ РОЗПОДІЛУ ПОВЕРХНІ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ.....47**
- С.Р. Сунегчієва, аспірант МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ БРАКУВАЛЬНОГО ПОРОГУ ПРИ НЕГАУСІВСЬКИХ ЗАКОНАХ РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАТИВНИХ ОЗНАК.....49**
- І. Волошук, студент, В.В. Паракуда, к.т.н., доц., Н.Є. Гоц, д.т.н., доц. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ЗАКОНІВ ВИПРОМІНЕННЯ В ТЕРМОМЕТРІЇ ЗА ВИПРОМІНЕННЯМ ДЛЯ РІЗНИХ СПЕКТРАЛЬНИХ ТА ТЕМПЕРАТУРНИХ ДІАПАЗОНІВ.....51**
- Р.І. Байцар, д.т.н., проф., Ю. М. Кордіяка, аспірант РОЗВИТОК МЕТОДІВ ВИПРОБУВАНЬ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ.....53**
- І.П. Микитин, д.т.н., проф., О. М. Олесків, м.н.с. СТРУКТУРИ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ТА АЛГОРИТМИ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЇХ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....56**
- А.К. Андрюшко, к.э.н., Ю.М.Карелин, к.т.н., с.н.с., В.П.Маматов, к.э.н., доц. НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА.....60**
- Н.О. Лисуненко, аспірант, В.М. Мокійчук, к.т.н., доц. ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМІЧНИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК, ЯК СКЛАДОВИХ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧИХ БАТАРЕЙ.....64**
- А.О. Вороненко, аспірант СИСТЕМА МОНИТОРИНГУ СТАНУ ЛЮДИНИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....66**
- С.В. Прохоренко, д.т.н., Ю.В. Лещинин, аспірант, Д.Кнапек, студент СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЗМІН ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ.....68**
- М.В. Денисенко, к.т.н, А.М. Денисенко, аспірант РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В УКРАЇНІ.....69**
- Х.В. Серкез, аспірант, Ю.В. Яцук, к.т.н., доц., А.Г. Павельчак, к.т.н., доц. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СЕНОРІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІЗНИЦІ ТЕМПЕРАТУР ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ СОНЯЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ.....70**
- О.О. Антонюк, аспірант, Є.В. Походило, д.т.н., проф. РОЗВИТОК МЕТОДУ БІОІМПЕДАНСОМЕТРІЇ ТА ЗАСОБІВ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ.....72**

С.М. Курсін, к.т.н., М.М. Сурду, д.т.н., проф., О.М. Величко, д.т.н., проф., С.М. Шевкун, к.т.н., М.В. Добролюбова, к.т.н., доц. АНАЛІЗ СТРУКТУР АВТОТРАНСФОРМАТОРНИХ МОСТІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ІМПЕДАНСУ.....	74
Р.О. Матвійв, аспірант, В.О. Яцук, д.т.н., проф. МОЖЛИВОСТІ ДИСТАНЦІЙНОГО КАЛІБРУВАННЯ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ З ГАЛЬВАНІЧНИМ РОЗДІЛЕННЯМ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ.....	77
О.В. Вікович, аспірант, Є.В.Походило, д.т.н., проф. СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СВІЖОГО ТА РОЗМОРОЖЕНОГО КУРЯЧОГО М'ЯСА.....	79
Д.С. Ліщенко, магістрант, Шнира А.В., магістрант, Добролюбова М.В., к.т.н., доц. МОНІТОРИНГ ХАРАКТЕРИСТИК ПИТНОЇ ВОДИ.....	81
О.Є. Середюк, д.т.н., проф., А.Г. Винничук, к.т.н., Т.В. Лютенко, аспірант ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИДУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА НА ВИТРАТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ.....	84
Ю.В. Вітрук, к.т.н., Я.І. Рубан, студент-магістр ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК ПРИ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ МЕТОДОМ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ.....	87
Н. И. Косач, д.т.н., с.н.с., В. П. Сироклыи, к.т.н., Хади Амине, аспірант КАЧЕСТВО В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ Iran Khodro.....	90
В.В. Моргунов, к.т.н., Р.М. Тріщ, д.т.н., проф. ВИКОРИСТАННЯ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РАДІАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ОБ'ЄКТІВ ТА СТВОРЕННЯ ВІДПОВІДНИХ СТАНДАРТІВ.....	92
Г.М. Білозір, студент, В.О. Яцук, д.т.н., проф. МЕТРОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ З ДИФЕРЕНЦІЙНИМ ВХОДОМ.....	94
В.В. Осколіп, студент, М.С. Міхалева, к.т.н. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКУ НА АКУСТИЧНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РІДИН.....	96
О.А. Заболотня, студентка-магістр, В.М. Мокійчук, к.т.н., доцент НОВИЙ РІВЕНЬ ЯКОСТІ МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ПОСЛУГ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТУ ДСТУ EN ISO 15189:2015.....	98
Я.І. Рубан, студент-магістр, В.М. Мокійчук, к.т.н., доц. ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ СТАНДАРТУ ДСТУ ISO/IEC 17025:2006.....	102
М.Ю. Лізогутова, студентка-маістр, В.М. Мокійчук, к.т.н., доц. МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ В ДІЯЛЬНІСТЬ МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ СТАНДАРТУ ДСТУ EN ISO 15189:2015.....	105
М.С. Міхалева, к.т.н., доц., І.М. Коваль, студентка ЕЛЕКТРИЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТВЕРДИХ СИРІВ.....	108
О. Пукальський, аспірант МОБІЛЬНА ІНФОРМАЦІО-ВИМІРЮВАЛЬНА ПЛАТФОРМА: ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	110
Ю. Біронт, аспірант МОБІЛЬНА ІНФОРМАЦІО-ВИМІРЮВАЛЬНА ПЛАТФОРМА: АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	111

- В.Р.Куць, к.т.н., доц., А.В. Мельничук, студентка ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ПРИ ПОБУДОВІ ІЄРАРХІЧНИХ ДЕРЕВ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ.....112**
- Є.О. Павлов, магістрант НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТУ СЕРТИФІКАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ ІНКУБАТОРІВ ДЛЯ НОВОНАРОДЖЕНИХ.....113**
- Ю. Кривенчук, І. Микитин, У. Кривенчук ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЧАСТОТИ РАМАНІВСЬКОГО ЗСУВУ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ Al_2O_3115**
- О.В. Івахів, д.т.н., проф., М.В. Наконечний, д.т.н., доц., Т.М. Репетило, к.т.н. КОРЕКТОР НЕЛІНІЙНОСТІ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ117**
- М.М. Дорожовець, д.т.н., проф., І.В. Бубела, аспірант ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ З ПЛОСКО-НОРМАЛЬНИМ РОЗПОДІЛОМ МЕТОДОМ ПОЗИЦІЙНИХ СТАТИСТИК.....119**
- Т.Г. Бойко, д.т.н., проф., Х.І. Дух, студент ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ, ЩО СУПРОВОДЖУЮТЬ ХАРЧОВИЙ ЛАНЦЮГ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК.....122**
- В. Рябкова, аспірант АСПЕКТИ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ.....125**
- А.А. Стеценко, к.т.н, С.Д. Недзельский, к.т.н., В.А. Науменко РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГКИ-2015 СЧЕТЧИКОВ ГАЗА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ГУВР-011 В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ МЕЖДУНАРОДНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ OIML R 137-1&2-2014.....126**
- М.М. Дорожовець д.т.н., проф., О.М. Никипанчук, аспірант ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ СЕРЕДНІМ ЗНАЧЕННЯМ, МЕДІАНОЮ ТА СЕРЕДИНОЮ РОЗМАХУ ВИПАДКОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ З РІЗНИМИ РОЗПОДІЛАМИ.....130**
- Т.З. Бубела, д.т.н., проф., Т. Федішин, студентка МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЯК СКЛАДОВА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ.....134**
- С.П. Яцишин, д.т.н., професор, аспірант І.Т. Полянський, МЕТРОЛОГІЧНА ПЕРЕВІРКА ТА МОНІТОРИНГ 3D – ПРИНТЕРА.....138**

УДК 681.121.83

О.Є. Середюк, д.т.н., проф., В.В. Малісевич, к.т.н., Н.М. Малісевич, аспірант
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄМНИХ СПІВВІДНОШЕНЬ
КОМПОНЕНТІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Ключові слова: природний газ, компонентний склад, коефіцієнт тепловіддачі, співвідношення компонентів, диоксид вуглецю, азот, теплота згорання

Враховуючи реалії сьогодення щодо зростання цін на енергоносії, а особливо на природний газ, доцільно для забезпечення підвищення точності його обліку враховувати його теплоту згорання, як це рекомендується новим національним стандартом України [1]. Розрахунки за спожитий природний газ в такому випадку потрібно проводити в одиницях енергії, яка отримується внаслідок його спалювання.

Загальновідомим є той факт, що теплота згорання природного газу залежить в першу чергу від його компонентного складу, який формують горючі (метан, етан, пропан, бутани і вищі вуглеводні) і негорючі складові (азот, вуглекислий газ, меркаптанова сірка, водяна пара). З урахуванням цього факту застосовують лабораторні розрахункові методи визначення теплоти згорання природного газу на основі даних хроматографічного аналізу компонентного складу газу. Проте ці методи неможливо реалізувати безпосередньо у споживача через дороговизну практичної реалізації і застосування дороговартісних хроматографів. Крім того, присутній у досліджуваному газі одорант згубно впливає на технічний стан хроматографічних колонок.

Теплоту згорання природного газу у лабораторних і виробничих умовах визначають також з використанням спеціальних пристроїв – калориметрів, принцип дії яких базується на спалюванні певного об'єму газу і безпосередньому визначенні при цьому його теплової енергії. Проте застосування таких засобів вимірювання теплоти згорання газу вимагає їх встановлення у спеціальних приміщеннях з дотриманням певних постійних умов у процесі вимірювання. Тому такі методи неможливо застосовувати у кінцевого споживача природного газу.

Аналіз літературних джерел показав, що останніми роками розробляються методи і засоби для опосередкованого визначення теплоти згорання природного газу. Одним із них є спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу [2], який дозволяє проводити вимірювання в режимі реального часу. Для визначення теплоти згорання природного газу цим способом передбачено наявність камери, у якій вимірюють швидкість проходження ультразвукових коливань у середовищі газу. Швидкість ультразвуку характеризується кореляційним зв'язком із вмістом вуглеводневих компонентів у складі природного газу. Проте такий спосіб дозволяє достатньо точно визначати теплоту згорання природного газу тільки в певному діапазоні концентрації його негорючих компонентів, склад яких необхідно вимірювати допоміжними засобами.

Розроблений авторами пристрій для контролю енергетичної цінності природного газу [3] передбачає можливість одночасного вимірювання витрати природного газу і визначення його теплоти згорання. Для практичної реалізації процесу вимірювання теплоти згорання газу у пристрої використовується термоанемометричний перетворювач, а його нагрітий чутливий елемент, охолоджуючись, бере участь у теплообміні з потоком газового робочого середовища. Інтенсивність теплообміну при цьому характеризується коефіцієнтом тепловіддачі α термоанемометричного перетворювача. Теплоту згорання природного газу визначають статистично-регресійним методом [3] на основі вимірюного за допомогою термоанемометричного перетворювача значення коефіцієнта α . Останній функціонально залежить від теплофізичних характеристик природного газу і гідродинамічних параметрів його потоку:

$$\alpha = \frac{\lambda(0,42Pr^{0,2} + 0,57Pr^{0,33} Re^{0,5})}{d_d}, \quad (1)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності природного газу; d_d – діаметр чутливого елемента термоанемометричного перетворювача; Pr , Re – гідродинамічні критерії подібності Прандтля і Рейнольдса відповідно.

При дослідженні впливу компонентного складу природного газу на його теплофізичні характеристики при функціонуванні термоанемометричного перетворювача попередньо здійснювалося імітаційне моделювання [4]. Для цього був вибраний такий склад газу, який містить

за об'ємом 93 % метану, 3,3 % етану, 1,8 % пропану, 1,5 % азоту та 0,4 % вуглекислого газу. В процесі моделювання змінювався вміст метану в діапазоні (89...97) %, етану (0...6,6) %, пропану (0...3) %, азоту (0...3) %, вуглекислого газу (0...0,8) %. При зміні вмісту кожного з компонентів вміст решти складових пропорційно збільшувався або зменшувався для досягнення суми 100 %. Однак такий підхід не дає можливості об'єктивно встановити зміну теплоти згорання природного газу, оскільки зростання одного компоненту не завжди пов'язано зі зменшенням інших. Ця методологія також не забезпечує достатньої точності встановлення закономірностей зміни коефіцієнта тепловіддачі α при реалізації термоанемометричного методу контролю теплоти згорання природного газу [3].

З метою практичного застосування статистично-регресійного методу визначення теплоти згорання природного газу доцільно дослідити наявність взаємозв'язків між об'ємними долями компонентів газу, що дасть можливість підвищити точність визначення його теплоти згорання.

Метою роботи є проведення експериментальних досліджень об'ємних співвідношень компонентів реальних складів природного газу для виявлення взаємозв'язків між ними.

Для цього на основі реальних даних, які отримані хімічною лабораторією ПАТ «Івано-Франківськгаз» впродовж 2008-2010 рр. при проведенні хроматографії природного газу сформовано базу даних, яка містить відомості про компонентний склад, густину і теплоту згорання кожного із 90 різних складів природного газу за стандартних умов. До неї увійшли гази, що у своєму складі містили метан з об'ємною концентрацією (92,5...98,1) %, етан – (0,6...3,3) %, пропан – (0,2...1,5) %, азот – (0,5...1,2) %, вуглекислий газ – (0...0,9) %.

Використовуючи дані про компонентний склад природних газів і їх теплоту згорання отримано закономірності, графічна ілюстрація яких наведена на рис. 1. З аналізу отриманих закономірностей можна зробити висновок, що при збільшенні теплоти згорання природного газу об'ємний вміст метану, як найменш енергоємного його компоненту, зменшується, але при цьому водночас збільшується концентрація важчих вуглеводнів, таких як етан і пропан. З графіка слідує, що при цьому в реальних складах природного газу також збільшується вміст диоксиду вуглецю.

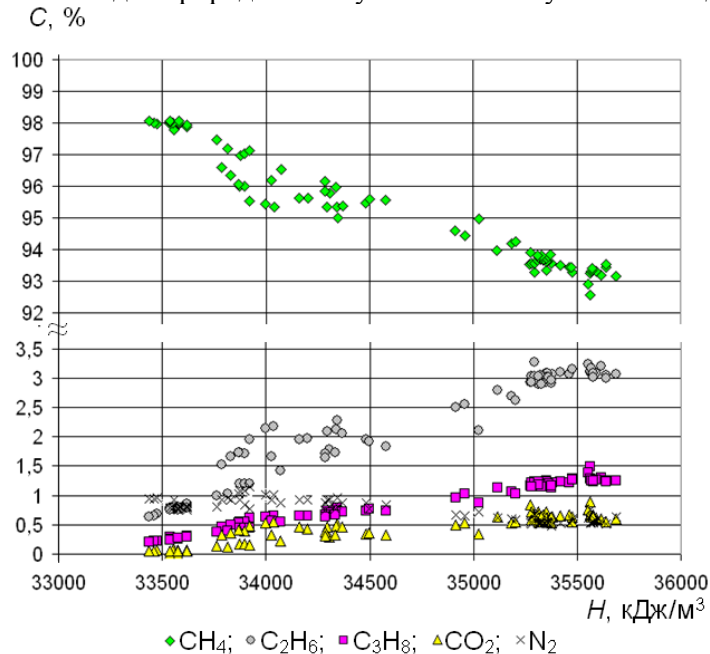


Рис. 1. Графічна ілюстрація зміни теплоти згорання природного газу від об'ємного вмісту його компонентів

Проаналізувавши отримані закономірності зміни об'ємного вмісту метану в природному газі від об'ємних вмістів етану, пропану і диоксиду вуглецю (рис. 2), можна записати апроксимаційну залежність, яка дозволяє математично подати співвідношення між об'ємним вмістом компонентів природного газу:

$$C_{CH_4} = 99,09885 - 1,38706 \cdot C_{C_2H_6} - 1,70466 \cdot C_{C_3H_8} - 0,86799 \cdot C_{CO_2}, \quad (2)$$

де C_{CH_4} , $C_{C_2H_6}$, $C_{C_3H_8}$, C_{CO_2} – об'ємні вмісти метану, етану, пропану і диоксиду вуглецю в природному газі відповідно.

З рис. 1 і 2 видно, що значення об'ємного вмісту азоту має випадковий характер і практично не залежить від об'ємного вмісту інших компонентів природного газу. Тому в моделі (2) змінна складова для об'ємного вмісту азоту відсутня, а при подальшому застосуванні моделі необхідно враховувати можливу похибку від нехтування об'ємним вмістом азоту (в межах 0,5 ... 1,2 %) в природному газі.

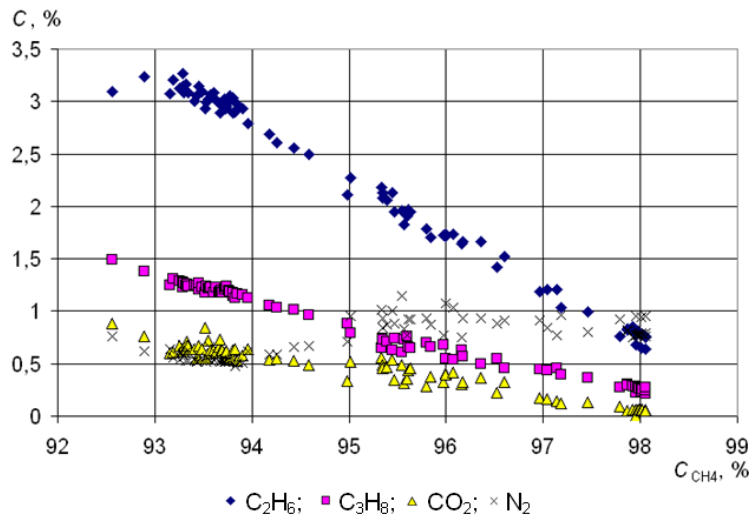


Рис. 2. Графічна ілюстрація об'ємного вмісту етану, пропану, діоксиду вуглецю і азоту від об'ємного вмісту метану в природному газі

Для практичного застосування моделі (2) потрібно знати об'ємні долі компонентів природного газу, що вимагає використання дороговартісного обладнання. Тому з метою здешевлення і спрощення процесу визначення компонентного складу природного газу на основі отриманих вище закономірностей (рис. 1, 2) знайдено апроксимаційні залежності для визначення об'ємного вмісту метану, етану і пропану через об'ємну концентрацію діоксиду вуглецю:

$$C_{CH_4} = 98,308 - 7,2574 \cdot C_{CO_2}, \quad (3)$$

$$C_{C_2H_6} = 3,6923 \cdot C_{CO_2} + 0,5858, \quad (4)$$

$$C_{C_3H_8} = 1,5637 \cdot C_{CO_2} + 0,1656. \quad (5)$$

Таким чином, використання газоаналізатора, наприклад, типу ПКУ-4МК-С-4Р-2А для визначення об'ємного вмісту діоксиду вуглецю в природному газі разом з формулами (3)-(5) відкриває можливість визначення об'ємного вмісту метану, етану і пропану в природному газі. Далі використовуючи розрахунковий метод можна знаходити теплоту згорання природного газу.

Висновки. Проведені експериментальні дослідження об'ємних співвідношень компонентів реальних складів природного газу дозволили встановити аналітичний взаємозв'язок між їх об'ємними вмістами. Це відкриває можливість визначення об'ємного вмісту основних компонентів природного газу шляхом вимірювання об'ємного вмісту тільки одного компоненту – діоксиду вуглецю. Такий підхід відкриває нові аспекти практичного вирішення задачі визначення теплоти згорання природного газу.

1. *Природний газ. Визначення енергії: ДСТУ ISO 15112:2009. – [Чинний від 2011-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 48 с.*

2. *Пат. 92846 С2 Україна, МПК (2009) G01N25/20. Спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу / Карпаш О.М., Дарвай І.Я., Карпаш М.О. [та ін.]. – № а200905201; заявл. 25.05.09; опубл. 10.12.10; Бюл. № 23.*

3. *Середюк О.Є. Теоретичні засади застосування напірного витратоміра для визначення енергетичної цінності природного газу / О.Є. Середюк, В.В. Малісевич // Метрологія та прилади. – 2014. – № 5. – С. 38-47.*

4. *Малісевич В.В. Дослідження впливу якісних параметрів природного газу на функціонування парціального витратоміра / В.В. Малісевич, О.Є. Середюк // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2013. – № 74. – С. 158-163.*

УДК 620.179.14

С.М. Глоба, к.т.н., доц., І. В. Григоренко, к.т.н., доц., А. Ю. Слободчук, аспірант,
В. В. Глоба, учениця

РОЗРОБКА МОДУЛЯ ОДНОКАНАЛЬНОГО ВИХОРОСТРУМОВОГО ДЕФЕКТОСКОПУ З ІНТЕРФЕЙСОМ USB

Ключові слова: мікроконтролер, дефектоскоп, неруйнівний контроль, дефект, вихорострумний контроль, претворювач, імпульс, програма LabView

Стрімкий розвиток мікроелектроніки призвів до появи на ринку недорогих і високопродуктивних мікроконтролерів. Одним з таких є мікроконтролер STM32F030F4P6, який був застосований при створенні модуля одноканального вихорострумного дефектоскопа [1, 2]. На рис. 1 представлена структурна схема одноканального вихорострумного дефектоскопа.

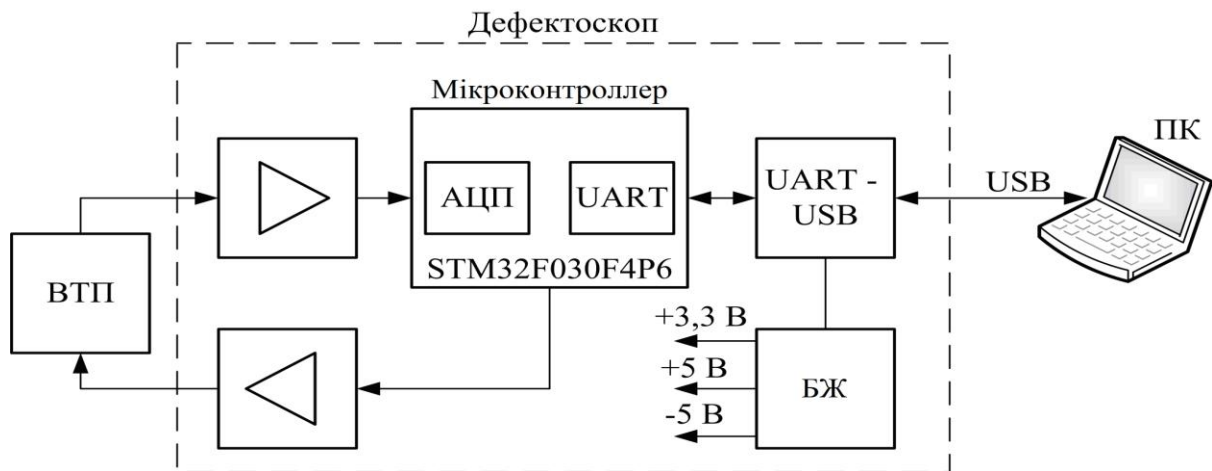


Рис. 1 – Структурна схема одноканального вихорострумного дефектоскопа

Застосований мікроконтролер має швидкодіючий АЦП, що дозволяє широко його використовувати в вихорострумній дефектоскопії. Мікроконтролер генерує збуджувальний імпульс для вихорострумного перетворювача (ВТП) синхронно із запитом комп'ютерної програми. Згенерований збуджувальний імпульс має малу навантажувальну здатність, тому він посилюється по струму і прикладається до збуджувальної обмотки ВТП. Так як сигнал з вимірювальною обмотки ВТП [3] має відносно слабку амплітуду, він посилюється операційним підсилювачем (ОП) і далі надходить у периферійний блок 12-ти бітного АЦП мікроконтролера, де оцифровується, з частотою дискретизації 1 мега вибірка за секунду. Генерований імпульс, що прикладається до збуджувальної обмотки ВТП, має частоту 100 кГц, тому для отримання достовірної інформації з вимірювальною обмотки ВТП було вирішено оцифровувати 5 періодів корисного (інформаційного) сигналу. Число вибірок за один вимір склало 50, тобто 10 вибірок за період. Використовуваний мікроконтролер не має в своєму складі інтерфейсу USB, тому дані передаються за допомогою перетворювача UART-USB на ПК.

На ПК, під керуванням операційною системою Windows, в середовищі LabView написана програма по обробці оцифрованого сигналу і виведення інформації про стан об'єкта контролю дефектоскопісту.

Висновки. Були проведені необхідні випробування даного методу обробки сигналу і отримані експериментальні результати, які свідчать про подальшу перспективність розвитку даного одноканального вихорострумного дефектоскопа з інтерфейсом USB, а в перспективі і розробка багатоканального USB дефектоскопа для вихорострумний дефектоскопії.

1. Клюев В. В. *Неразрушающий контроль и диагностика: справочник* / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, А. В. Ковалев и др.; Под ред. В. В. Клюева. – 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2005. – 656 с.

2. Пат. 55471 U (Україна), МПК (2009) G 01N 27/90. Накладний вихорострумний перетворювач для неруйнівного контролю / Г. М. Сучков, Ю. В. Хомяк; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (UA). – № u201008320; заяв. 05.07.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23. – 4с.

3. Глоба С. Н. Распределение плотности вихревых токов в металлическом образце, возбуждаемых полем линейного тока / Г. М. Сучков, Ю. В. Хомяк, С. Н. Глоба, А. Ю. Слободчук // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії – Харків: НТУ «ХПІ» – 2014. – № 44 (1087). – С.170–175.

УДК 620.193.2, 620.181.4, 621.3.036.282

Н.О. Хемич, аспірант, М. Г. Попряга, С.В. Прохоренко, д.т.н., проф.

СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ МОДУЛЯЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ СИГНАЛУ, ВІДБИТОГО ВІД ПОВЕРХНЕВОГО ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ШАРУ

Ключові слова: об'єкт з структурованою поверхнею, неруйнівний контроль, відбивання сигналу, система LIDAR, модуляційна складова сигналу

На даний час мають широке застосування об'єкти з модифікованими властивостями їх поверхневих шарів нанесенням поверхневих покриттів для покращення корозійних властивостей цього об'єкта, його міцності та термічного захисту. А отже дуже важливою постає перевірка (з застосуванням методики неруйнівного контролю) та моніторинг змін поверхні та приповерхневих шарів, зокрема параметрів їх однорідності [1].

У даній роботі подано до розгляду опрацьовувану нами систему, що є корелятивна за принципом роботи системі LIDAR (Light Identification Detection and Rangin), тобто технології отримання та обробки інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем, що використовують явища відображення світла і його розсіювання в прозорих і напівпрозорих середовищах [2, 3].

Така опрацьовувана нами система оцінки параметрів сигналу, відбитого від плоскої поверхні полягає у попередньому накладенні на сигнал, що надається, модуляційної складової та аналізу девіацій її характеристик у реєстрованому відбитому від модельної поверхні сигналі, при цьому для проведення попереднього апробування методики обрано взаємодію з плоскими поверхнями, перпендикулярними до осі генерації сигналу [4].

Система формування та аналізу модуляційної складової сигналу [5], скеровуваного на перевідбиття до об'єкту дослідження полягає у підведенні цього сигналу, модифікованого певним чином, до досліджуваного зразка, енергетичному впливі на нього та фіксації сигналу, відбитого від зразка.

Наша система складається з двох основних частин:

1) цифровий модуль DE0-NANO-SoC на основі SoC Cyclone V (яка складається з 2-х ядерного процесора ARM A-7 під керування ОС Linux та поля FPGA) з системою збору даних на основі АЦП з такими параметрами - 14 Bit, 50Ms/sec. На основі цього модуля у нашій системі реалізовані алгоритми модуляції, демодуляції та аналізу цифрового опрацювання сигналів.

2) аналоговий модуль, який складається з випромінювача модульованого когерентного та монохроматичного випромінювання на основі лазерного діоду та приймача на основі фотодіоду. Приймач має таку конструкцію: оптичний підсилювач, апертурний обмежувач, оптичний фільтр, фотодіод, перетворювач імпедансу, підсилювач з фільтром, підсилювач з змінним коефіцієнтом підсилення.

Висновок. Сенсовність використання подібної системи ввижається обгрунтованою (зокрема в межах проведення NDT-аналізу – тобто неруйнівного контролю процесу змін, зумовлених зовнішньою контрольованою енергетичною дією) для аналізу структури поверхонь, що мають певний, не обов'язково монотонний, рівень структурної впорядкованості.

1. МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАТНОГО ОТРАЖЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ШЕРОХОВАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ. В.И. Олейник, Е.И. Олейник, В.Н. Шмаров, ISSN 1681-7710. СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ, 2005, ВИПУСК 4 (44), УДК 535.43.07.

2. <http://www.laser-distance-measurer.com/wp-content/uploads/2015/06/Lecture14.pdf>, з 11.12.2015.

3. Патент: UNITED STATES PATENT APPLICATION № 20150062555, LIDAR SENSOR SYSTEM, 5 бер. 2015, Won Gyum Kim.

4. Патент: RU № 2536169, СПОСОБ ДВУХТАКТНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ, Д.М.Кривченков, Д.В.Вдовин, Е.Д.Шеринев, Ю.И. Компаниец.

5. Цифровая обработка сигналов. А. Б. Сергиенко. СПб, Питер, 2002. — 608 с.: ил. ББК 32.811.3я7 УДК 621.391.26(075) С32 ISBN 5-318-00666-3.

УДК 378.09:796:004

Н. І. Косач проф., д.т.н, с.н.с., Н. В. Чернобай

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОПИТУВАННІ ВИПУСКНИКІВ ВНЗ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Ключові слова: Інтегрована система управління якістю освіти, навчальний процес, інформаційні технології, електронні форми, анкета, критерії оцінювання

В останні роки будь-який вищий навчальний заклад (ВНЗ) будь-якого рівня акредитації прагне як до більш якісного надання освітніх послуг, так і до як можна більшого залучення у свої лави абітурієнтів. Тому опитування випускників ВНЗ про рівень наданої їм освіти і їх затребуваності набуває все більшу практику і є одним з тих критеріїв, за яким можна отримати інформацію для покращення процесу навчання, а також для удосконалення змісту та принципів викладання дисциплін.

Під час вибору ВНЗ і спеціальності абітурієнти, насамперед, звертають увагу на такі критерії:

- рейтинг ВНЗ;
- якість наданої освітньої послуги;
- матеріальне забезпечення ВНЗ;
- кількість студентів, що успішно його закінчили;
- затребуваність випускників на ринку праці;
- успішність його випускників в тому напрямку діяльності, за яким вони навчалися.

На всіх цих критеріях, можна казати, і ґрунтується першочерговий вибір абітурієнтів.

Високі показники останніх критеріїв – затребуваність на ринку труда і успішність випускників ВНЗ в тому напрямку діяльності, за якими вони навчалися, можуть наочно продемонструвати рівень вживаності випускниками отриманих знань і умінь у процесі їх навчання, і якість навчального процесу в цілому. Все це можна досягнути за умов впровадження у ВНЗ дієвої якісної і комплексної системи надання освітнянських послуг, яка б задовольняла потреби усіх зацікавлених сторін [1].

Тому в Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» було прийнято рішення щодо впровадження інтегрованої системи управління якістю надання освітнянських послуг і цьому питанню приділяється особлива увага.

Одним з шляхів по впровадженню запропонованої системи в Університеті є робота з визначення методу об'єктивного оцінювання критерію затребуваності і успішності випускників, а також розробка методики його реалізації. В рамках цієї діяльності було прийнято рішення провести експеримент з опитуванням випускників спеціальності «Якість, стандартизація та сертифікація». Метою опитування випускників було отримання наступної інформації:

- працює чи він(вона) за фахом і в якій організації;
- застосовує чи він(вона) отримані знання і вміння у своїй діяльності;
- наскільки він задоволений якістю організації навчального процесу;
- рекомендації щодо поліпшення навчального процесу.

При формуванні питань для опитування враховувались наступні правила [2-4]:

- конкретність, лаконічність, логічність та відокремленість кожного питання;
- не використання малознайомих, малозрозумілих й специфічних термінів;
- за необхідністю, питання може супроводжуватись лаконічним поясненням;
- питання не повинні містити підказку;
- якщо відповідь на питання може бути однією з декілька, то необхідно забезпечити максимальний перелік варіантів відповідей;
- питання не повинно бути спрямовано на отримання стандартних або шаблонних відповідей;
- питання не повинно примушувати респондентів давати не комфортні для них відповіді;
- стиль питання не повинен бути образливим, агресивним або експресивним;
- неприпустимі питання сугестивного (внушаючого) характеру.

Взяти участь в експерименті було запропоновано випускникам 2001-2015 років денної та заочної форм навчання.

Опитування випускників було вирішено проводити із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

Провівши дослідження того, які інформаційні технології застосовуються в інших ВНЗ для створення аналогічних опитувань [5-10], не було виявлено однозначних рекомендацій щодо застосування якоїсь єдиної технології. Для створення опитувальних листів (анкет) у ВНЗ застосовуються програми Word і Excel, комерційні рішення, пропоновані спеціалізованими веб-сайтами, безкоштовні шаблони, індивідуальні рішення, і т.п.

Грунтуючись на результатах дослідження, було прийнято рішення використовувати одну з найбільш популярних інформаційних технологій, Google або Microsoft Live. Для того, щоб визначити яку конкретно технологію застосовувати, був проведений експеримент, в ході якого створені ідентичні анкети для опитування з використанням електронних форм. Потім був проведений порівняльний аналіз інформаційних технологій за наступними критеріями:

- ергономічність створення, редагування і розсилки форми;
- візуалізація результатів опитування;
- обробка результатів опитування;
- можливість редагування результатів опитування;
- популярність технології.

Результати порівняння використання технологій Google Форми й Microsoft Live table при проведенні online опитувань наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Критерії	Результати оцінювання	
	Google Форми	Microsoft Live table
Ергономічність розробки, редагування й розсилання форми	– зручно формувати та редагувати питання; – при формуванні анкети форма відображається повністю; – при формуванні розсилання є можливість одразу додати роз'яснювальний текст.	– не зручно формувати та редагувати питання; – при формуванні анкети форма відображається частково; – при формуванні розсилання не має можливість одразу додати роз'яснювальний текст.
Візуалізація результатів	Окремим документом	Одним документом
Обробка результатів	Автоматична	Автоматична
Можливість редагування результатів	Можливо	Можливо
Популярність технології в регіоні	Використовують приблизно 70%*	Використовують приблизно 30%*
* - за результатами опитування близько 1000 чоловік		

На підставі, результатів порівняльного аналізу, було прийнято рішення про застосування інформаційних технологій Google. Популярність технологія Google в нашому регіоні стала вирішальним чинником. Однак, слід зазначити, що застосування технологій Microsoft Live дозволяє отримати візуалізацію і можливість обробки результатів в поширеному офісному додатку Excel.

У ході експерименту на електронні адреси учасників опитування (близько 215) було відправлено листа з інструкцією заповнення анкети і посилання, по якій вона розміщена. Отримали 34 відповіді, що склало близько 15 % від відправлених листів.

Отримувані результати автоматично оброблялися додатком, що дозволило заощадити час на їх обробку. У результаті була сформована зручна для застосування і редагування база даних. Візуалізація результатів обробки кількісних показників дозволила адекватно оцінити слабкі і сильні сторони навчального процесу за фахом, і визначити заходи його поліпшення.

За отриманими результатами 24,2 % випускників працюють за спеціальністю і це є їхнім основним місцем роботи, а ще 33,3 % працюють за спеціальністю по сумісності чи дорученню. Близько 94% з них використовують в своїй діяльності отримані знання й уміння. Також 97 % будуть рекомендувати іншим особам навчатися за спеціальністю «Якість, стандартизація та сертифікація» у Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «Харківський

авіаційний інститут». Взагалі отримані відповіді були позитивні й містили конструктивні рекомендації щодо поліпшення навчального процесу. Наприклад, було запропоновано приділяти більше уваги формуванню навичок з розробки інтегрованих систем управління якістю. Ця рекомендація була врахована при розробці методичних матеріалів з дисципліни «Інтегровані системи управління якістю».

На разі, для збільшення рівня об'єктивності отриманих результатів розглядаються різні методи підвищення кількості зворотних відповідей і можливість вдосконалення методики проведення опитування.

В цей час отриманий досвід по застосуванню електронних форм використовується для формування бази контактів студентів, які поступили на спеціальність «Якість, стандартизація та сертифікація» денної та заочної форм навчання.

Надалі планується провести аналогічні експерименти з випускниками за іншими спеціальностями Університету й адаптувати її для отримання зворотного зв'язку зі студентами в процесі навчання. На підставі отриманих результатів застосування інформаційних технологій розробляється процедура моніторингу задоволеності замовника в системі управління якістю Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

1. Косач Н.І., Павленко В.М., Сіроклин В.П. Передумови впровадження системи управління якістю надання освітянських послуг у Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» з перспективи інтеграції у європейський простір [Текст] // Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи : II Міжнар. наук.-практ. конф. : тези допов, 28–30 трав. 2015 р. / Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів, 2015. – С. 27–28.

2. Ядов В. А. Социологическое исследование — методология, программа, методы. — М.: Издательство «Самарский университет»

3. Никандров В. В. Вербально-коммуникативные методы в психологии. — СПб.: Речь, 2002. — ISBN 5-9268-0140-0

4. Ильясов Ф. Н. Репрезентативность результатов опроса в маркетинговом исследовании // Социологические исследования. — 2011. — № 3. — С. 112-116.

5. «Анкета для випускників ВНЗ м. Львова, котрі отримали спеціальність у сфері ІТ-технологій у 2011 - 2012 роках та студентів останніх курсів навчання». [Електронний ресурс]. – Режим доступа: или URb: <http://webanketa.com/forms/68v3gchs5xk3js1ncmskes8/uk/>

6. Шаблоны анкет для опроса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: или URb: <http://www.surveymonkey.com/ru/shablony-oprosov>

7. Анкетирование выпускников Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: или URb: <http://www.eltech.ru/ru/fakultety/fakultet-informacionno-izmeritelnyh-i-biotekhnicheskikh-sistem/vazhnaya-informaciya/anketirovanie>

8. Анкета оценки удовлетворенности выпускника качеством полученного образования в БФ НОУ ВПО МосАП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: или URb: http://www.bfmap.ru/anketa/stud_education

9. Самойлова И. А. Хмарні технології в освіті (загальна характеристика) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: или URb: <https://docs.google.com/presentation/d/1t1YfIib1vH5Rsg38JZCyUJ6BoWxwps85wDja1yrNROQ/edit?pli=1#slide=id.p27>

10. Гринчак С. І. Використання хмарних технологій в навчальному процесі [Электронный ресурс]. – Режим доступа: или URb: http://informatika.udpu.org.ua/?page_id=1169.

УДК 534.6.08

О.М. Загурська, аспірант, М.М. Дорожовець, д.т.н., проф.
ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСОВИХ ІНТЕРВАЛІВ
АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ

Ключові слова: акустичний сигнал, часовий інтервал, акустична томографія

Вступ. Акустичні вимірювання застосовують в різних сферах дослідження. Їх використовують в гідролокації, приладах для вимірювання рівня, медицині, томографічних системах, охоронних системах, елементах паркування автомобілів. Використання акустичного сигналу дозволяє проводити безконтрастні вимірювання досліджуваного середовища. Для дослідження об'єктів акустичним методом використовують відомі залежності між швидкістю поширення звукової хвилі та параметрами досліджуваного середовища. Наприклад, при відомій відстані між передавачем та приймачем та швидкості поширення звуку можна визначити температуру досліджуваного середовища. Одним із методів реалізації акустичного вимірювання є метод вимірювання часових інтервалів. Даний метод базується на вимірюванні швидкості поширення акустичного сигналу при відомому шляху поширення сигналу. Причому, шляхом поширення акустичного сигналу вважають відстань між передавачем та приймачем, а часовий інтервал відповідає часовому зміщенню між посланим і прийнятим сигналом. Використання акустичного сигналу в томографічних вимірюваннях дає змогу отримати просторовий розподіл досліджуваних параметрів об'єкту, наприклад, температури.

1. Акустичні вимірювання

В залежності від досліджуваного об'єкту та мети вимірювання, використовують пропущений крізь об'єкт вимірювання сигнал, відбитий сигнал або розсіяний сигнал.

В газах та рідинах ультразвук поширюється як поперечна хвиля, що означає, що коливання відбувається в напрямку поширення хвилі.

Швидкість поширення ультразвукового сигналу в ідеальному газі визначається наступною рівністю[1]:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (1)$$

де γ – відношення теплоємностей при сталих тиску та об'ємі, R – універсальна газова стала, T – абсолютна температура, M – молярна маса газу.

У сумішах газів швидкість поширення звукового сигналу залежить від концентрації газів. [2]

2. Принципи томографічного вимірювання просторового розподілу температури

При відомих залежностях між швидкістю поширення звуку та температурою досліджуваного середовища можна отримати просторовий розподіл температурного поля досліджуваного об'єкта.[1]

У томографічних вимірюваннях вимірювальні акустичні перетворювачі, передавачів (T_{ij}) та приймачів (R_{ij}), розміщуються по периметру досліджуваного об'єкту. А час проходження акустичного сигналу від передавача до приймача визначається:

$$t_{ij} = \int_{l_{ij}} \frac{dl_{ij}}{v(x, y)} \quad (2)$$

де l_{ij} – відстань від приймача до приймача, $v(x, y)$ - швидкість поширення акустичного сигналу.

Вимірювання часових інтервалів між перетворювачами, що розміщені на тій самій стороні об'єкта не здійснюється.

При просторовому розміщенні по n передавачів (T_{ij}) та приймачів (R_{ij}) на кожній стороні досліджувального об'єкту, можна отримати

$$M = 6n^2 \quad (3)$$

результатів вимірювань (M).

3. Вимірювання часових інтервалів

Для генерування та приймання акустичного сигналу найчастіше використовуються перетворювачі, які перетворюють електричний сигнал в акустичний та навпаки. Наприклад, електродинамічні, п'єзоелектричні та інші перетворювачі.

При вимірюванні температури досліджуваного об'єкту методом вимірювання часових інтервалів вагомим фактором є те, що початкова фаза прийнятого сигналу залежить від пройденої сигналом відстані та швидкості поширення сигналу, яка у свою чергу залежить від розподілу температури в досліджуваному об'єкті. Вимірювання моменту детектування вимірювального сигналу, в залежності від рівня шумів сигналу може вимірюватись з похибкою від пів періоду і навіть до кількох півперіодів.[4]

Для забезпечення високої точності вимірювання з використанням акустичного сигналу є важливим вирішення проблеми детектування перших періодів вимірювального сигналу.

Необхідна точність вимірювання інтервалів часу залежить від вимог до точності вимірювання відтвореної температури. Наприклад, для отримання середньо-квадратичної похибки відтвореної середньої температури рівній 1% потрібно досягти точності вимірювання часових інтервалів приблизно 0.1 – 0.2 %. Проте, для вимірювання локальних температур вимоги до точності вимірювання часових інтервалів значно вищі, більше, ніж в 10 разів у порівнянні з вимірюванням середньої температури. Це ставить жорсткі вимоги щодо точності методів та засобів вимірювання часових інтервалів. [4]

4. Методи підвищення точності вимірювання часових інтервалів поширення акустичних імпульсів

Для покращення точності вимірювання перших імпульсів прийнятого сигналу використовують різні методи, зокрема, високочастотний фазовий метод, кореляційний метод, лінійну частотну модуляцію, а також гіперболічно-частотну модуляцію. Одним із перспективних методів, базується на застосування методу гіперболічно-частотної модуляції. [3]

В сигналі, генерованому за допомогою методу гіперболічно-частотної модуляції сусідні періоди мають різну тривалість, що дає можливість визначити фактичний момент приходу імпульсу, шляхом визначення тривалості певного числа періодів у найменш деформованій частині прийнятого імпульсу. [3]

В даному методі проводиться порівняння отриманого сигналу з встановленими порогоми $\pm U_p$ та вимірювання додаткового інтервалу часу певної кількості півперіодів. Принцип вимірювання за даним методом представлено на рис. 1.

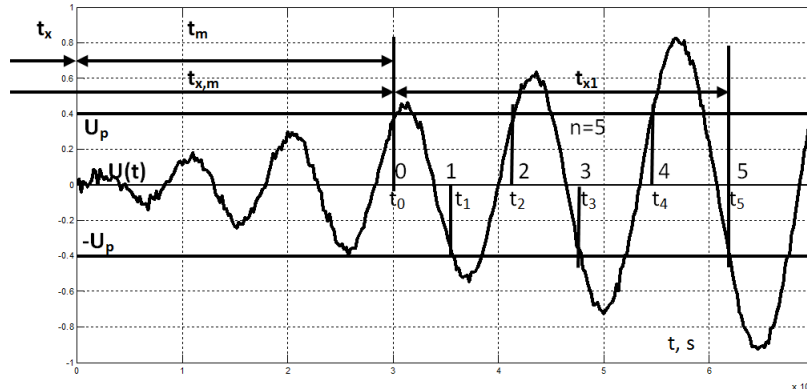


Рис 1. Прийнятий гіперболічно частотно-модульований імпульс та часові інтервали при його прийманні

$\pm U_p$ - порогові рівні відсічки шумів;

t_0 - момент часу першого перетину прийнятим сигналом порогового рівня ($+U_p$ або $-U_p$), $t_1, t_2,$

t_3, \dots моменти часу наступних перетинів прийнятим сигналом порогового рівня;

$t_{x,m}$ – значення вимірюваного основного інтервалу часу від запуску зондуєчого імпульсу до першого перетину прийнятим сигналом порогового рівня (в момент часу t_0);

n - підрахована кількість перетинів (крім першого) прийнятим сигналом порогових рівнів у заданому часовому вікні $t_{x1}(n = 5)$;

t_{x1} – значення вимірюваного додаткового інтервалу часу протягом зафіксованих n півперіодів сигналу.

На основі додатково вимірюваного інтервалу часу t_{x1} , n півперіодів (на рис.1 $n= 5$), після першого перетину сигналом порогового рівня можна визначити часове запізнення t_m детектування сигналу. Визначене запізнення використовується як поправка для корекції значення вимірюваного інтервалу часу $t_{x,m}$, для оцінки дійсного значення вимірюваного інтервалу часу [3]:

$$t_{x,kor} = t_{x,m} - t_m \quad (4)$$

Залежність між додатково вимірним інтервалом t_{x1} , кількістю півперіодів, параметром модуляції ε та запізненням t_m можна виразити наступним способом:

$$T(t) = \frac{1}{f(t)} = T_0 \left(1 + \varepsilon \cdot \frac{t}{T_0} \right) \quad (5)$$

Частота такого сигналу змінюється гіперболічно в часі:

$$f(t) = \frac{f_0}{1 + \varepsilon \cdot f_0 \cdot t} \quad (6)$$

Гіперболічно частотно-модульований сигнал з параметром модуляції ε , початковою частотою $\omega_0 = 2\pi f_0$ та нульовою початковою фазою описується наступним виразом [3]:

$$U(t) = U_m(t) \cdot \sin \left[\frac{\omega_0 t}{\left(1 + \varepsilon \cdot \frac{\omega_0 t}{2\pi} \right)} \right] + u_n(t) \quad (7)$$

де $u_n(t)$ – адитивний шум.

Час затримки детектування вимірюного сигналу визначається:

$$t_m = \frac{T_0 m}{2 - \varepsilon \cdot m} \quad (8)$$

Тривалість додатково вимірюного інтервалу часу t_{x1} :

$$t_{x1} = \frac{2T_0 n}{\left(2 - \varepsilon \cdot (m + n) \right) \left(2 - \varepsilon \cdot m \right)} \quad (9)$$

При відомих початковому періоді T_0 , параметру модуляції ε та кількості півперіодів n рівняння (9) можна визначити кількість півперіодів сигналу запізненого детектування сигналу:

$$m = \text{round} \left[\frac{2}{\varepsilon} - \frac{n}{2} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{8T_0}{t_{x1} \varepsilon^2 n}} \right] \right] \quad (10)$$

Підставивши m у вираз (4) можна визначити час затримки t_m та визначити фактичний час поширення сигналу:

$$t_{x,kor} = t_{x,m} - t_m = t_{x,m} - \frac{T_0 m}{2 - \varepsilon \cdot m} \quad (11)$$

Висновок. В акустичній томографії просторового розподілу температури точність вимірювання часових інтервалів повинна бути в декілька разів вищою від точності відтвореної температури. Основною проблемою під час вимірювання інтервалів часу є детектування перших імпульсів прийнятого сигналу. Точність вимірюваних часових інтервалів може бути в діапазоні від пів періоду і навіть до кількох півперіодів в залежності від рівня шумів та деформації обвідної імплітуди сигналу. Ефективним методом підвищення точності вимірювання часових інтервалів є використання методу гіперболічно-частотної модуляції сигналу. Наступними кроками дослідження буде дослідження ефективності методу гіперболічно-частотної модуляції в залежності від зміни параметрів сигналу за допомогою методу Монте-Карло.

1. Schwarz A. Acoustic measurement of temperature and velocity fields in furnaces. Tomographic techniques. Proceeding ECAPT-92. Manchester, UK, 3/1992.

2. M. Barth. Akustische Tomographie zur zeitgleichen Erfassung von Temperatur- und Strömungsfeldern. Leipzig 2009

3. Дорожовець М.М. Застосування гіперболічно частотно-модульованих імпульсів для підвищення точності вимірювання часових інтервалів в акустичних томографічних системах. - Вісник ДУ"ЛП", "Автоматика вимірювання та керування". №356. – 1998 р. - с.15-21.

4. Дорожовець М.М. Дослідження інструментальної похибки відтворення температури акустичним томографічним методом. Відбір і обробка інформації. № 13. – 1999р. - с. 86-91.

УДК536.55

Б.І.Стадник, д.т.н., проф., О.В.Сегеда, ст. викладач, В.В.Герасименко, аспірант

ВИБІР ОПТИЧНОЇ СХЕМИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОЛУМ'Я МЕТОДОМ КОМБІНАЦІЙНОГО РОЗСІЮВАННЯ СВІТЛА

Ключові слова: метод комбінаційного розсіювання світла, оптична схема, дифракційна ґратка, спектрофотометр, температура полум'я

Вимірювання температури полум'я є складним, проте важливим завданням для дослідження та оптимізації процесів горіння. Складність його пов'язана із технологічними особливостями проведення вимірювання, врахуванням всіх впливів, а також із невизначеністю самого поняття «температура полум'я» та динамікою процесів, які відбуваються в ньому.

Метод комбінаційного розсіювання світла є відносно новим методом у галузі вимірювання температури. Комбінаційне розсіювання – це вид непружного розсіювання світла. Принцип роботи цього методу полягає у опроміненні досліджуваного зразка променем лазера. Частинки світла променя вступають у взаємодію із частинками досліджуваного об'єкта. Результатом є спектр відбитого випромінювання, який міститиме релєївську лінію (на довжині хвилі лазера) і унікальні спектральні лінії зміщенні відносно частоти випромінювання лазера: стоксова і антистоксова лінії. Якщо частина енергії витрачається на збудження коливань молекул, розсіяне випромінювання буде меншої частоти від падаючого світла (стоксова компонента). Якщо молекула віддала частину своєї енергії коливання фотону, тоді розсіяне випромінювання буде більшої частоти (антистоксова компонента) [1].

Основними перевагами методу комбінаційного розсіювання світла є простота у підготовці досліджуваного зразка, великий об'єм отриманої інформації, незначне спотворення спектру атмосферою, незначний раманівський спектр скла, що дозволяє проводити вимірювання з використанням захисного скла, та додаткова можливість визначення концентрацій компонентів. Крім цього, метод комбінаційного розсіювання світла працює у широкому діапазоні – від УФ до ближньої частини ІЧ області. Аналізуючи ці на інші переваги даного методу розглядається можливість його використання для вимірювання температури полум'я. Для вибору оптичної схеми за методом комбінаційного розсіювання світла для вимірювання температури полум'я основним критерієм є максимальна кількість отриманого випромінювання корисного сигналу. Обрану оптичну схему для попередніх досліджень можна побачити на рис. 1.

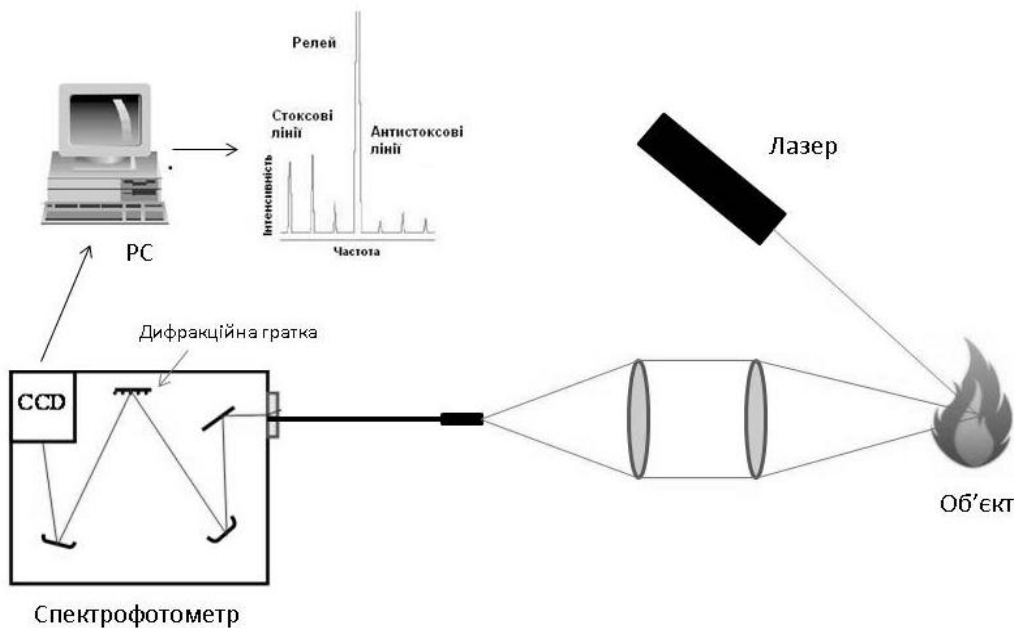


Рис. 1. Оптична схема вимірювання температури полум'я

Промінь лазера SL 03/1 з довжиною хвилі 632,991 нм направляється у вогнище. Збираємо максимальну кількість відбитого випромінювання та направляємо його на вхід оптоволокна та

спектрофотометра MS 3501I. На виході спектрофотометра розділений пучок випромінювання уже розбитий дифракційною ґраткою з кількістю штрихів 1800 на мм на окремі смуги спектру з виділеними довжинами хвиль потрапляє на CCD-детектор, який визначає інтенсивність на кожній із заданих хвиль. Для отримання інформації про інтенсивності стоксових та антистоксових компонент необхідно провести додаткове опрацювання вимірюваних даних на РС. Результатом вимірювання буде деяка усереднена коливна і оберտальна температура полум'я.

Розглянемо деякі з очікуваних проблем пов'язаних з вибором даної оптичної схеми:

- проблемою даного методу вимірювання, яка є характерною практично для всіх оптичних методів з використанням лазерного променя, є дифракція світла у кожній точці проходження променя монохроматичного світла, в результаті чого отримуємо інтегральну характеристику температури, що ускладнює або навіть унеможливує визначення точки вимірювання;

- дисперсія пучка зібраного випромінювання дифракційною решіткою відбувається нелінійно і збільшується зі збільшенням хвильового числа [2]. Для мінімізації такого впливу на результат вимірювання необхідно проводити попереднє дослідження нелінійності для конкретної дифракційної ґратки та корегувати результат отриманими коефіцієнтами корекції для кожної довжини хвилі;

- інтенсивність випромінювання самого вогнища є набагато більшою ніж інтенсивність стоксової та антистоксової компонент, тому необхідно відфільтрувати шкідливе випромінювання програмним або апаратним шляхом.

Вибрана оптична схема для вимірювання температури полум'я методом комбінаційного розсіювання світла характеризується отриманням значної кількості випромінювання, що забезпечується використанням збиральної лінзи. Спектральний діапазон, який забезпечує спектрофотометр, знаходиться у межах 190 – 885 нм. Існує можливість кількісної та якісної оцінки досліджуваного об'єкта, яку надає нам сам метод вимірювання. Оскільки стоксова та антистоксова компоненти є унікальними для речовин, можливим є знаходження кількох значень температури полум'я за кількома продуктами згоряння за співвідношенням їхньої стоксової та антистоксової компонент[3].

Отже, у даній роботі обрано оптичну схему для вимірювання температури полум'я методом комбінаційного розсіювання світла та проаналізовано основні проблеми пов'язані з її використанням.

1. Moore D.S., McGrane S.D.: *Raman temperature measurement*, IOP Science, 2014;

2. Kuball M., Rajasingam S., Sarua A.: *Measurement of temperature distribution in multifinger AlGaIn/GaN heterostructure field-effect transistors using micro-Raman spectroscopy* – *Appl. Phys. Lett.* – 2003. – Vol. 82, – No. 1. – 124-126 p.;

3. Seheda O., Stadnyk B., Yatsyshyn S.: *Metrology of Temperature Transducer based on Raman Effect*, *Sensors & Transducers Journal*, Vol. 117, Issue 6, June 2010, pp. 78-84.

УДК 681.586

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

ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СТІЙЛОВОЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Ключові слова: стійлова доїльна установка, доїльний апарат, оптимальний режим доїння, інтенсивність молоковіддачі, радіоідентифікація тварин, транспондер, рідер

Стійлові доїльні установки знайшли широке використання на території України і застосовуються при прив'язному утриманні тварин. На них доїння відбувається шляхом послідовного підключення двох або трьох доїльних апаратів до вакуумпровода та тварини, котра стоїть в лінії. На тваринницьких фермах знаходиться від 4 до 8 ліній. Кожна лінія вміщає 20 – 25 тварин та обслуговується одним оператором.

На сучасних доїльних установках використовується широкий асортимент високотехнологічного доїльного обладнання, функціонування якого здійснюється відповідно до фізіологічного стану тварин та технологічних норм отримання та первинної обробки молока. Але в основному, таким обладнанням оснащені молоковиробничі ферми з безприв'язним утриманням тварин та з різними за типом доїльними залами. Тому, досить перспективним напрямком є вдосконалення доїльного обладнання для стійлових доїльних установок, котре зможе забезпечити найбільш комфортний стан тварини при прив'язному утриманні та оптимальний режим процесу доїння.

Пропонується декілька розробок для стійлових доїльних установок, котрі можуть стати складовими інформаційно – вимірювальних систем зоотехнічних параметрів тварин та параметрів технологічного процесу отримання молока. Для забезпечення вимірювання та контролю індивідуальних зоотехнічних параметрів тварин пропонується автоматична система радіочастотної ідентифікації [1]. Стійлова доїльна установка обладнана двома, трьома, або чотирьма блоками управління процесом доїння (БУПД). Пропонується кожний БУПД обладнати зчитувачем, а на місці його встановлення закріпити транспондер (рис.1).

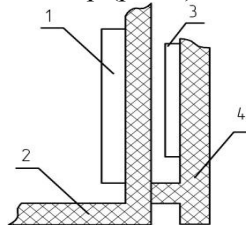


Рис.1. Взаємне розташування блоку управління процесом доїння та транспондера : 1 - зчитувач; 2 - корпус блоку управління процесом доїння; 3 - транспондер; 4 - корпус кріплення транспондера.

Кожен транспондер відповідає видоюваній тварині. Таким чином, готуючи тварину до доїння, спершу здійснюється її автоматична ідентифікація, з мінімальною участю оператора. Протягом доїння БУПД проводить вимірювання та контроль ряду зоотехнічних параметрів. Усі результати вимірювання передаються до серверу інформаційно – вимірювальної системи, що дозволяє відслідковувати тварину в стаді, забезпечити моніторинг її зоотехнічних показників і фізіологічного стану, забезпечити дотримання оператором регламенту доїння, що позитивно впливає на продуктивність тварин та ефективність доїльно-молочного відділення ферми в цілому.

Доїльний апарат є невід'ємною складовою біотехнічної системи людина – доїльна установка – тварина. Порушення функціонування хоча б одного елементу такої системи (груба поведінка, несвоєчасне доїння, невідповідність режиму роботи доїльного апарату) знижує продуктивність тварини і може спричинити її захворювання. Діючи автоматично в уставленому режимі, доїльний апарат не враховує особливості процесу молоковіддачі, тому для рішення цієї проблеми, пропонується варіант переносного доїльного апарату для стійлового молокопроводу, де його особливість полягає в тому, що в молокоприймальну камеру вмонтовано засіб вимірювання рівню молока. Чотири доїльні стакани одягаються на дійки і виводять молоко з молочної цистерни вимені. Електромагнітний пульсатор створює в цих стаканах пульсуючий вакуум, під дією якого

молоко з колектора через піновідділювач стікає в молокоприймальну камеру з інтегрованим засобом вимірювання рівня молока та зливним електроклапаном. Після досягнення порогового рівня молока в камері, який встановлюється автоматично в залежності від інтенсивності молоковіддачі, зливний клапан відкривається і накопичене молоко скидається в загальний молокопровід.

В залежності від розміру молокоприймальної камери, необхідно вимірювати рівень молока до декількох десятків міліметрів. Пропонується реалізувати первинний вимірювальний перетворювач рівня молока, що складається з декількох фотоелектричних перетворювачів на основі пари фотодіод - операційний підсилювач. Фотодіоди розташовані так, що рівень верхньої границі діафрагми кожного фотодіоду співпадає з рівнем нижньої границі діафрагми наступного фотодіоду. В результаті, в еквіваленті утворюється одна діафрагма. Навпроти кожного фотодіоду знаходиться випромінювач з конденсорною лінзою для забезпечення рівномірного світлового потоку на площині фоточутливого шару.

Схематичне конструктивне креслення такого перетворювача наведено на рис. 2, а, структурну схему засобу вимірювання рівня молока на його основі – на рис. 2, б.

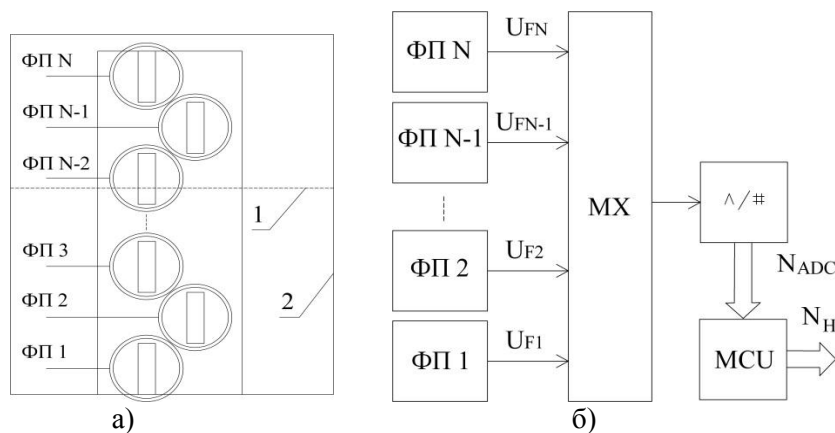


Рис. 2. Засіб вимірювання рівня молока для переносного доїльного апарату стійлової установки:
а – конструктивне креслення первинного вимірювального перетворювача рівню, б – структурна схема засобу вимірювання рівню молока, 1 – рівень молока, 2 – корпус молокоприймальної камери, ФП – фотоприймач

Розглянемо принцип дії засобу вимірювання рівня молока на основі його структурної схеми (рис. 2, б). Вихідні сигнали фотоприймачів на основі пари фотодіод-операційний підсилювач U_{F1} , U_{F2}, \dots, U_{FN} поступають на вхід мультиплексора МХ, за допомогою якого здійснюється послідовне під'єднання цих сигналів до входу аналого-цифрового перетворювача $\wedge/\#$. Результат аналого-цифрового перетворення вихідного сигналу кожного фотоприймача у вигляді коду N_{ADC} передається до порта уведення мікроконтролера МСU. На основі отриманих даних мікроконтролер здійснює розрахунок рівня молока і представляє результат вимірювання у вигляді коду N_H .

У запропонованому БУПД здійснюється непряме вимірювання удою та інших вторинних зоотехнічних параметрів на основі прямого вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарату [2]. Такий БУПД здійснює вимірювання поточного та загального удою, інтенсивність молочного потоку, тривалість доїння та інші зоотехнічні параметри. На основі результатів вимірювання здійснюється управління пульсаціями вакууму у доїльних стаканах з метою забезпечення оптимального режиму доїння, котрий відповідає біологічним механізмам молокоутворення та молоковіддачі. Також, отримані результати вимірювання використовуються в системі автоматичного управління молочно-доїльним відділенням тваринницької ферми.

1. Кучерук, В. Ю. Система радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки [Текст] / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Збірник наукових праць одеської державної академії технічного регулювання та якості. – 2014. – № 2(5). – с. 88 – 93.

2. Кучерук, В. Ю. Засіб вимірювання рівню молока для переносного доїльного апарату стійлової установки [Текст] / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Восточно-європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 3/9 (69). – с. 16 – 22.

УДК 378.09:796:004

Н.І. Косач, д.т.н., с.н.с., Г.Г. Бондаренко

ПОЛІПШЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ «ЯКІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ» З МЕТОЮ ІНТЕГРУВАННЯ У ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ПРОСТІР

Ключові слова: навчальний процес, якість освітніх послуг, орієнтація на замовника, спеціальність

На сьогодні у світовому просторі вищої освіти однією з глобальних проблем є створення сучасної світової системи освіти, яка б відповідала викликам часу, потребам особистості і суспільства в цілому, а також була інтегрованою у будь-яку країну світу. Одним з важелів при вирішенні цієї проблеми і організації цього процесу є інтелект, набутий через освіту, тому нагальним завданням для викладачів і всіх працівників вищих навчальних закладів (ВНЗ) стає стимулювання інтелектуального розвитку майбутніх фахівців [1].

Прийнятий у 2014 році Закон України «Про вищу освіту» суттєво змінив підходи до надання освітніх послуг з вищої освіти, зокрема до стандартів освітньої діяльності та вищої освіти, а також забезпечення їх якості.

Враховуючи це, можна констатувати, що всі спеціальності, за якими здійснюються навчання, повинні враховувати сучасні тенденції їх розвитку, а дисципліни, що входять до їх циклу, повинні викладатися таким чином, щоб забезпечити конкурентоспроможність випускників як на внутрішньому, так і на міжнародному ринку праці.

Однією з таких спеціальностей, а з 2016 року - спеціалізацією, є «Якість, стандартизація та сертифікація», за якою з 2001 року у Національному аерокосмічному університеті ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» готують фахівців з управління якістю, з розроблення стандартів, з підготовки та проведення сертифікаційних робіт.

Враховуючи те, що спеціальність існує давно, а ринок праці змінюється стрімко, стає очевидною необхідність постійного поліпшення і удосконалення навчального процесу включаючи актуалізацію матеріалу, що викладається, перегляд переліку дисциплін й їхнього змісту і підвищення якості викладання. Для визначення шляхів цього поліпшення були вжиті певні заходи.

По-перше, проведено пошук, порівняння та аналізування змісту навчальних курсів за цією спеціальністю у вищих навчальних закладах інших країн який показав, що навчальні програми базуються на загальних принципах управління якістю, стандартах ISO, статистичних методах поліпшення якості, управління ризиками та ін. [2].

Наступним заходом було впровадження принципу системи управління якістю «Орієнтація на замовника», що задовольняє вимогам ДСТУ ISO 9001 [3]. Згідно із ДСТУ ISO 9000 принципом «Орієнтації на замовника» є наступне: «Організації залежать від своїх замовників і тому повинні розуміти поточні та майбутні потреби, виконувати їхні вимоги і прагнути до перевищення їхніх очікувань» [4].

При цьому задоволеність замовника приймається як оцінка ступеня виконання його вимог. Замовники освітніх послуг університету, будь то студенти або роботодавці, є зацікавленою стороною. Їх умовно можна поділити на дві групи: внутрішні й зовнішні.

До зовнішніх замовників відносяться роботодавці, держава, суспільство. Внутрішніми замовниками (споживачами) освітньої послуги університету є, насамперед, студенти та випускники, професорсько-викладацький склад, аспіранти, здобувачі.

На першому етапі впровадження та систематизування збору й аналізу інформації від замовників була розглянута група, що складається зі студентів старших курсів й випускників. Ця група висуває вимоги до інтелектуального розвитку; можливості кар'єрного росту; духовному, моральному і фізичному розвитку; комфортному середовищу навчання та інфраструктурі; професіоналізму професорсько-викладацького складу університету тощо, тому питання були сформульовані за цими напрямками [5].

Опитування випускників проводилося із застосуванням сучасних інформаційних технологій Google. On-line-анкети були розіслані випускникам та студентам 5-го курсу спеціальності «Якість, стандартизація та сертифікація».

Головною метою цього опитування було визначення фактичного рівня задоволеності респондентів навчальним процесом за спеціальністю «Якість, стандартизація та сертифікація», та

виявлення областей, де можна ввести поліпшення і визначити, за рахунок чого можна підвищити рейтинг та імідж спеціальності у потенційних споживачів й роботодавців. Найбільш цікавили відповіді випускників, що працюють за фахом, бо це дає можливість оцінити вимоги роботодавців до фахівців у цій сфері. Наприклад, цікавила інформація стосовно інноваційної діяльності спеціалістів, специфічні вимоги підприємств різних галузей промисловості тощо.

Опитуваним пропонувалось оцінити зокрема:

- актуальність матеріалу, що викладається;
- компетентність викладачів;
- застосовність отриманих знань і умінь.

Респондентам також було запропоновано надати рекомендації щодо поліпшення навчального процесу та викладання матеріалу.

Система оцінювання обрана відповідно до стандарту ДСТУ ISO 9004 [6], що рекомендує оцінювати рівні зрілості на шляху до досягнення сталого успіху, в даному випадку діяльності окремого циклу підготовки за спеціальністю (спеціалізацією).

За результатами опитування була сформована зручна для застосування і редагування база даних, яка наглядно демонструє слабкі і сильні сторони навчального процесу. За запропонованими критеріями були отримані оцінки вище середнього рівня. Але також було виявлено, що деякі сфери діяльності міжнародних стандартів взагалі не охоплені або розглядалися поверхнево, це стосується галузевих систем управління якістю, наприклад системи забезпечення безпеки харчових продуктів НАССР, застосування прикладних напрямків поліпшення якості процесів організації, таких як «6 сігма», «Kaizen» та ін.

На підставі отриманих результатів й відповідно до вимог закону України «Про вищу освіту» розроблено новий навчальний план на 2015/2016 навчальний рік у який введено декілька нових професійно-орієнтованих дисциплін, а саме «Інтегровані системи управління якістю», «Статистичні методи управління якістю» та «Метрологічне забезпечення якості». Також переглянуті та поєднані дисципліни, що викладались раніше. Деякі дисципліни взагалі виключені. Це пов'язано з тим, що вони втратили актуальність.

Результати цього опитування надали корисну інформацію, яка використана для вироблення перспективної стратегії розвитку циклу «Якість, стандартизація та сертифікація», демонстрації надійності та стабільності роботи циклу, постійного поліпшення та відповідності навчального процесу за цією спеціальністю вимогам замовників, а також прагнення перевищити їх вимоги й очікування.

В найближчому майбутньому процедура моніторингу задоволеності замовників буде вдосконалена (планується охопити інші групи зацікавлених сторін) та запропонована для користування всім підрозділам Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

1. Косач Н.І., Павленко В.М., Сіроклин В.П. Передумови впровадження системи управління якістю надання освітянських послуг у Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» з перспективи інтеграції у європейський простір [Текст] // Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи : II Міжнар. наук.-практ. конф. : тези допов, 28–30 трав. 2015 р. / Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів, 2015. – С. 27–28.

2. Чернобай Н.В., Сіроклин В.П., Бондаренко Г.Г. Поліпшення підготовки магістрів за спеціальністю «Якість, стандартизація та сертифікація» у Національному аерокосмічному університеті [Текст] // Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи : II Міжнар. наук.-практ. конф. : тези допов, 28–30 трав. 2015 р. / Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів, 2015. – С. 179.

3. ДСТУ ISO 9001:2009. Системи управління якістю. Вимоги [Текст]. – Чинний від 2009-09-01. – Київ : Держспоживстандарт України, 2009. – 37 с.

4. ДСТУ ISO 9000:2007. Системи управління якістю. Загальні положення. Словник. – Чинний від 2008-01-01. – Київ : Держспоживстандарт України, 2007. – 35 с.

5. Бадеева Е.А. Университетское планирование в рамках процессного подхода, монография, 2012 г., (режим доступа – <http://www.monographies.ru/169-5341>).

6. ДСТУ ISO 9004:2012 Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю. – Чинний від 2013-05-01. – Київ : Держспоживстандарт України, 2012. – 46 с.

УДК 536.3

М.М. Дорожовець, д.т.н., проф., М.М. Бурдега, аспірант

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ (АДИТИВНОЇ І МУЛЬТИПЛІКАТИВНОЇ) ПОХИБОК НА ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РОЗПОДІЛУ ТОМОГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ

Ключові слова: температурний розподіл, томографічний метод, адитивна похибка, мультиплікативна похибка, лінійні резистивні перетворювачі, метод Монте-Карло

Вимірювання просторового розподілу температури є важливою метрологічною задачею. Такі вимірювання необхідні у топках котлоагрегатів для оптимізації процесів спалювання палива [1], у спеціальних печах для спалювання сміття для мінімізації шкідливих викидів [2], а також для визначення вогнестійкості конструкцій цивільних об'єктів [3]. Одним із методів здійснення вимірювання температурного розподілу є томографічний метод. Суть якого полягає у зовнішньому електричному зондуванні (напругою чи струмом) об'єкту дослідження і вимірюванні його реакції на ці збудження і знаходженні просторового розподілу електричних величин всередині об'єкта за результатами цих вимірювань [4]. Якщо на досліджувану поверхню не можна нанести термочутливий резистивний перетворювач, то одним із способів вирішення цієї проблеми є застосування вимірювальних перетворювачів температури у формі лінійних (дротяних) чутливих елементів (ЧЕ).

Похибка відтворення температурного розподілу томографічним методом містить як методичну так і інструментальну складові. Методична похибка залежить від кількості чутливих елементів, алгоритму відтворення розподілу температури та порядків відтворюваних многочленів, вона є систематичною. Інструментальна складова похибки в основному містить адитивну (систематичну і випадкову) та мультиплікативну (систематичну) похибки. [5,6].

Метою роботи було дослідження впливу інструментальних складових похибки вимірювання опорів ЧЕ на характеристики похибки відтворення температури.

Дослідження виконано на основі моделювання: прийнято матеріал чутливих елементів мідь з питомим опором при температурі 0°C: $\rho_0 = 0.01724$ мкОм·м, температурний коефіцієнт зміни опору: $\alpha = 4.3 \cdot 10^{-3}$ 1/°C, діаметр провідника ЧЕ $d = 0.2$ мм, тоді площа поперечного перерізу

$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$. А також проведено моделювання для: прийнято матеріал чутливих елементів платина з

питомим опором при температурі 0°C: $\rho_0 = 0.105$ Ом·мм²/м, температурними коефіцієнтами зміни опору: $\alpha = 3.9702 \cdot 10^{-3}$ 1/°C, $\beta = -5.8893 \cdot 10^{-7}$ 1/°C² [7], діаметр провідника чутливого елемента $d = 0.2$ мм,

тоді площа поперечного перерізу $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$.

Об'єкт має розміри $L_{mx} = 6$ м, $L_{my} = 6$ м. Для виконання початкових досліджень розподіл температури [8] прийнято у вигляді двовимірної косинусоїди:

$$\Theta(x, y) = \Theta_0 + \Theta_m \cdot \cos \left[\pi \cdot \frac{x}{L_{mx}} \right] \cdot \cos \left[\pi \cdot \frac{y}{L_{my}} \right] \quad (1)$$

де $\Theta_0 = 100$ °C – початкова температура, $\Theta_m = 75$ °C – максимальна зміна температури, а аргументи

змінюються в межах: $0 \leq |x| \leq \frac{L_{mx}}{2}$, $0 \leq |y| \leq \frac{L_{my}}{2}$.

Дослідження проводились з використанням методу Монте-Карло з наступними параметрами: кількість випробувань $N = 10^4$, стандартне відхилення зведеної до діапазону зміни опору ЧЕ адитивної випадкової похибки $\gamma_{\sigma, md} = 0.3\%$; 0.1%; 0.03%; 0.01%, граничне значення зведеної систематичної похибки вимірювання опору $\gamma_{Rgr} = 0.3\%$; 0.1%; 0.03%; 0.01%, граничне значення відносної мультиплікативної похибки $\delta_{Rgr} = 0.3\%$; 0.1%; 0.03%; 0.01%.

Дослідження виконано для різної кількості ЧЕ, яка залежить від кількості точок їх під'єднання на краях об'єкту: $k = 3, k = 4$, а також різного порядку апроксимованих многочленів: $p = 4$ і $p = 5$.

Розподіл температури за результатами вимірювання опорів (вектор $\mathbf{R_meas}$) відтворювали згідно залежності (для мідного термоперетворювача):

$$\Theta(x,y) = \frac{\frac{S}{\rho_o} \cdot \sum_{i=0}^M (C_rec_i \cdot x^i \cdot y^i) - 1}{\alpha} \quad (2)$$

де ρ_o – питомий опір при температурі $\Theta = 0^\circ\text{C}$, α – температурний коефіцієнт, M – кількість членів розкладу двовимірного многочлена, а C_rec – коефіцієнти апроксимаційних многочленів:

$$\mathbf{C_rec} = \mathbf{REC} \cdot \mathbf{R_meas} \quad (3)$$

де \mathbf{REC} – реконструкційна матриця.

Оцінку впливу інструментальних похибок на відтворення температури здійснено шляхом обчислення зведеної (γ %) похибки відтворення температури:

$$\gamma_{\Theta}(x,y) = \frac{\Theta_{rec}(x,y) - \Theta_0(x,y)}{\Theta_0 + \Theta_m} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де $\Theta_{rec}(x,y)$ – відтворений просторовий розподіл температури з впливом інструментальної похибки, $\Theta_0(x,y)$ – відтворений просторовий розподіл температури без впливу інструментальної похибки, а також її основних просторових характеристик:

– середнього значення :

$$\gamma_{mean} = \frac{1}{Lmx \cdot Lmy} \cdot \int_{-\frac{Lmx}{2}}^{\frac{Lmx}{2}} \int_{-\frac{Lmy}{2}}^{\frac{Lmy}{2}} \gamma_{\Theta}(x,y) dx dy; \quad (5)$$

– стандартного відхилення:

$$\gamma_{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{Lmx \cdot Lmy} \cdot \int_{-\frac{Lmx}{2}}^{\frac{Lmx}{2}} \int_{-\frac{Lmy}{2}}^{\frac{Lmy}{2}} (\gamma_{\Theta}(x,y) - \gamma_{mean})^2 dx dy}; \quad (6)$$

а також максимальне і мінімальне значення: $\gamma_{\Theta}(x,y)_{\max}$ і $\gamma_{\Theta}(x,y)_{\min}$

Оцінку похибок відтворення температури виконано окремо для адитивної систематичної, адитивної випадкової та мультиплікативної систематичної похибок вимірювання опору, а також для їх суми.

Знайденні під час $N=10^4$ симуляцій в методі Монте-Карло цих характеристик були опрацьовано статистично і оцінено: середнє ($\text{mean}(\gamma_{\Theta})$), стандартне відхилення ($\text{stdev}(\gamma_{\Theta})$) максимальне ($\text{max}(\gamma_{\Theta})$), мінімальне ($\text{min}(\gamma_{\Theta})$) значень наведених вище похибок.

У таблиці 1 та 2 наведені характеристики для адитивної систематичної і випадкової похибок відтворення середніх значень (формула 5) температури для платиного термоперетворювача з $k = 3$ і $p = 4$ відповідно.

Таблиця 1

Значення адитивної систематичної похибки відтворення температури

	γ_{Rgr}			
	0.3	0.03	0.1	0.01
$\text{max}(\gamma_{mean})$	1.38	0.14	0.46	0.05
$\text{min}(\gamma_{mean})$	-1.37	-0.14	-0.46	-0.05

продовження таблиці 1

mean(γ_{mean})	$1.93 \cdot 10^{-3}$	$1.01 \cdot 10^{-4}$	$-6.02 \cdot 10^{-4}$	$-5.97 \cdot 10^{-5}$
stdev(γ_{mean})	0.79	0.08	0.27	0.03

Таблиця 2

Значення адитивної випадкової похибки відтворення температури

	$\gamma_{\sigma,md}$			
	0.3	0.03	0.1	0.01
max(γ_{mean})	0.84	0.08	0.35	0.03
min(γ_{mean})	-0.97	-0.08	-0.26	-0.03
mean(γ_{mean})	$2.71 \cdot 10^{-3}$	$1.75 \cdot 10^{-4}$	$1.35 \cdot 10^{-3}$	$-1.53 \cdot 10^{-5}$
stdev(γ_{mean})	0.24	0.02	0.08	$7.90 \cdot 10^{-3}$

1. CODEL. Акустична томографічна система вимірювання температурного поля в топках котлоагрегатів. Проспект фірми Combustion Development Ltd. Bakewell, Derbyshire, UK, 1994.

2. Doster M. und Hentshel G. Die akustische Gastemperaturmestechnik ein automatisches, beruhrungslosse Mesverfahren. VDI/VDE-Gesselschaft Mess-und Automatisierungstechnik, "Temperature92", Dusseldorf, 1992, pp.169-177.

3. Милованов А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре. – М.: Стройиздат, 1998. – 304 с.

4. М. Дорожовець, А. Пригородський Прямий та опосередкований методи відтворення провідності в електричній томографії // Вимірювальна техніка та метрологія. – №71. – 2010. – с. 3-7.

5. М. Дорожовець, А. Ковальчик Аналіз сумісного впливу методичної та інструментальної похибок томографії провідності // Вимірювальна техніка та метрологія. – №59. – 2002. – с. 115-117.

6. М. Дорожовець Оцінювання впливу інструментальних похибок на точність відтворення просторового розподілу провідності // Вимірювальна техніка та метрологія. – №59. – 2002. – с.126-130.

7. Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, Б.І. Стадник, О.В. Івахів, Т.Г. Бойко, А. Ковальчик Засоби та методи вимірювання неелектричних величин: Підручник / За ред. Є.С. Поліщука – Львів: Видавництво «Бескид-Біт», 2008. – 618 с.

8. Дорожовець М.М. Томографічні вимірювання просторового розподілу фізичних величин на прикладах електричної та акустичної томографії: дисертація доктора технічних наук. – Львів, 2001. – с. 110-113.

УДК 006.91

О.М. Васілевський д.т.н., Є.О. Данилюк студент

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ТЕМПЕРАТУРИ НА БАЗІ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ В ЧАСТОТУ

Ключові слова: статичні характеристики, ВК температури, адитивна похибка, мультиплікативна похибка, відносна похибка нелінійності

За рахунок розробки додаткового ВК температури у пристрої контролю активності іонів на базі перетворювача напруги в частоту можна зменшити похибку. Рівняння перетворення розробленого ВК температури, що побудований на основі ПНЧ описується виразом (1). Вибір саме такого рівняння перетворення пов'язаний із тим, що розроблений ВК температури на основі ПНЧ має найменшу як методичну, так і інструментальну похибки.

$$N_{t_{\text{ПНЧ}}} = \frac{4U_{\text{max}} \tau f_0}{kE_s \alpha t} \quad (1)$$

В робочих умовах ВК температури здійснює функціональне перетворення інформативного параметра t у бінарний код $N_{\text{ПНЧ}}$ в залежності від постійної часу τ , опорної частоти f_0 , напруги живлення сенсора E_s та температурного коефіцієнту опору α . Крім інформативного сигналу, на результат вимірювання впливають ще й впливні величини, до яких відносяться всі інші параметри, які мають безпосередній зв'язок з вихідною величиною $N_{\text{ПНЧ}}$. Вони спричиняють виникненню неінформативної складової перетворення та збільшенню похибки контролю. В результаті досліджень встановлено, що на процес перетворення інформативного параметру у вихідний сигнал впливає велика кількість складових, але найсуттєвіший вплив має постійна часу τ . Тому проведемо дослідження функції впливу на результат вимірювання температури тільки від постійної часу τ . Знайдемо аналітичні залежності для оцінювання основних статичних метрологічних характеристик розробленого ВК температури. Для розрахунку чутливості ВК температури використаємо отримане рівняння перетворення (1) і продиференціюємо його [1]:

$$S_t = \frac{\partial N_{t_{\text{ПНЧ}}}}{\partial t} = \frac{-4U_{\text{max}} \tau f_0}{kE_s \alpha t^2} \quad (2)$$

Зміну чутливості в діапазоні перетворення температури розрахуємо за формулою:

$$S'_t = \frac{\partial^2 N_{t_{\text{ПНЧ}}}}{2 \cdot \partial t^2} = \frac{4U_{\text{max}} \tau f_0}{kE_s \alpha t^3} \quad (3)$$

$$S''_t = \frac{\partial^3 N_{t_{\text{ПНЧ}}}}{6 \cdot \partial t^3} = \frac{-2U_{\text{max}} \tau f_0}{kE_s \alpha t^4} \quad (4)$$

Коефіцієнти впливу впливної величини τ на вихідний параметр вимірювального перетворення $N_{\text{ПНЧ}}$ розрахуємо за формулою:

$$\beta_{0\tau} = \frac{\partial N_{t_{\text{ПНЧ}}}}{\partial \tau} = \frac{4U_{\text{max}} f_0}{kE_s \alpha t} \quad (5)$$

Коефіцієнт сумісного впливу інформативного параметру t та впливної величини τ на номінальну чутливість S_t ВК температури визначимо за виразом:

$$\alpha_{0\tau} = \frac{\partial^2 N_{t_{\text{ПНЧ}}}}{\partial t \partial \tau} = \frac{-4U_{\text{max}} f_0}{kE_s \alpha t^2} \quad (6)$$

Номінальну функцію перетворення ВК температури визначимо з рівняння розкладу в ряд Тейлора, з урахуванням отриманих виразів (2 - 4), за формулою:

$$N_{\text{тн}} = S_t \cdot t + S'_t \cdot t^2 + S''_t \cdot t^3 \quad (7)$$

Абсолютну похибку $\Delta N_{\text{тн}}$ нелінійності номінальної функції перетворення (7) знайдемо за виразом:

$$\Delta N_{\text{тн}} = S'_t \cdot (t - t_{\text{н}})^2 + S''_t \cdot (t - t_{\text{н}})^3 \quad (8)$$

де t_n – номінальне значення температури.

Відносну похибку $\delta_{\text{н}}$ нелінійності номінальної функції перетворення (7) визначимо за формулою:

$$\delta_{\text{н}} = \frac{\Delta N_{\text{н}}}{S_t \cdot (t - t_n)}. \quad (9)$$

Абсолютну мультиплікативну похибку перетворення $\Delta N_{\text{мт}}$ в умовах зміни постійної часу τ визначимо за формулою:

$$\Delta N_{\text{мт}} = \alpha_{0\tau} t (\tau - \tau_n). \quad (10)$$

Абсолютну адитивну похибку перетворення $\Delta N_{\text{ат}}$ в умовах зміни постійної часу визначимо за виразом:

$$\Delta N_{\text{ат}} = \beta_{0\tau} \cdot (\tau - \tau_n). \quad (11)$$

Характеристики зміни аналітичних залежностей (7 – 11) статичних метрологічних характеристик ВК температури наведені на рис. 1 – 6 [1].

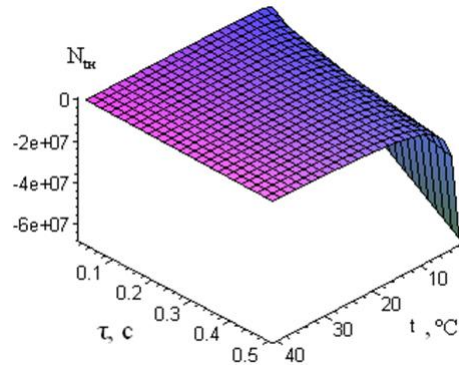


Рис. 1. Номінальна функція перетворення ВК температури

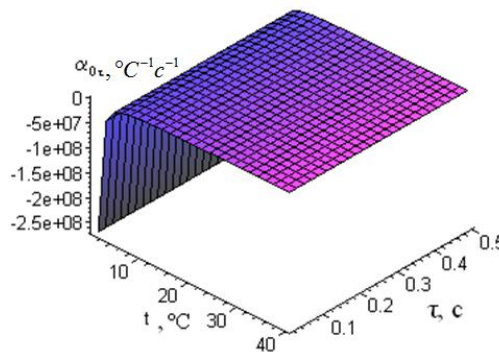


Рис. 2. Коефіцієнт сумісного впливу інформативного параметру і виливної величини на номінальну чутливість

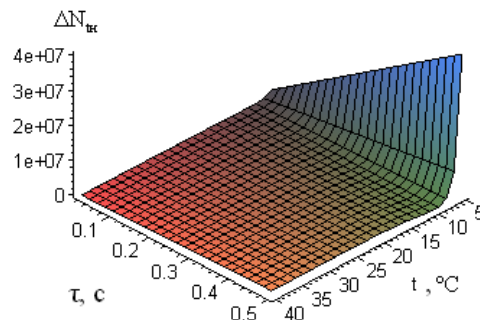


Рис. 3. Абсолютна похибка нелінійності номінальної функції

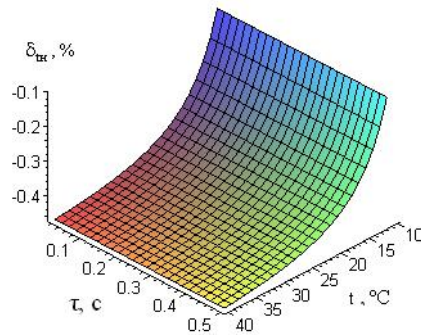


Рис. 4. Відносна похибка нелінійності номінальної функції

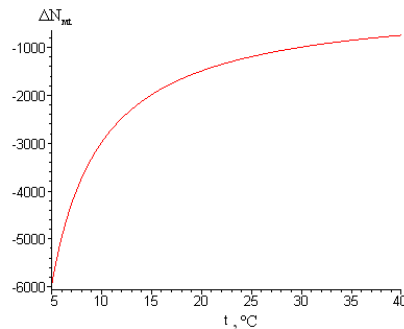


Рис. 5. Абсолютна мультиплікативна похибка перетворення

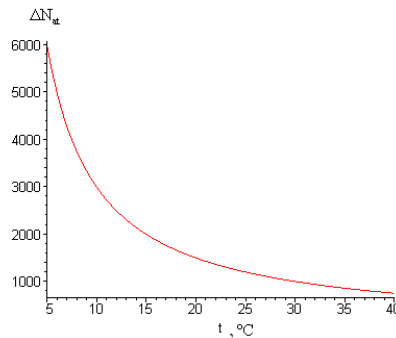


Рис. 6. Абсолютна мультиплікативна похибка перетворення

Аналіз результатів досліджень основних статичних метрологічних характеристик ВК температури показує, що відносна похибка нелінійності не перевищує 0,4 %, а мультиплікативна і адитивна складові похибок зменшуються при вимірюванні температури досліджуваного середовища вище 20 °С. Отримані в результаті аналізу аналітичні вирази дають змогу синтезувати засоби контролю з нормованими метрологічними характеристиками [1, 2].

1. Оцінка статичних метрологічних характеристик вимірювального каналу температури: наукові праці II Міжнар. наук.-практичної конф., 25 – 28 травня 2009 р., Київ / відп. ред. М.А. Тимофієва, Л.О. Бабіч. – К.: НАУ, Ін-т інформаційно-діагностичних систем, 2009. – С. 83 – 85. – (ІРТК–2009). – Текст парал.: укр., рос., англ.

2. Оцінка статичних метрологічних характеристик вимірювального каналу активності іонів [Електронне наукове фахове видання] / О.М.Васілевський, В.М. Дідич, В.О. Поджаренко // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2009. – №4. – Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2009-4.files/uk/09omvoia_ua.pdf.

UDC 006.91

O.M. Vasilevskyy, DSc, T.H. Rudnytska, teacher, Y.O. Danylyuk, student

RESEARCHING OF IONS ACTIVITY MEASUREMENT UNCERTAINTY USING MEANS OF MEASUREMENT BASED ON ANALOG-DIGITAL CONVERTER

Keywords: *converter equation, ions activity, standard uncertainty, means of measurement, ion-selective transmitter*

The paper represents the method that has been proposed for evaluating the uncertainty by means of ions concentration measuring. The reference data and previous studies information enable the researches to identify the algorithm for estimating the uncertainty introduced by means of measurement.

To begin with, converter equation of ion-selective transmitter can be introduced as [1]:

$$\Delta U = U_0 + \frac{2,3RT}{n_A F} \lg(a_A + K_c (a_B)^{n_A/n_B}) \quad (1)$$

where ΔU – difference of potentials on the transmitter output; U_0 – standard constant potential of the sensor (reference electrode $U_0 = 201 \pm 3 \text{ mV}$); R – a gas constant; T – an absolute temperature of the investigated concentration; F – Faraday constant; n_A, n_B – ion charge A and B correspondingly; a_A – activity of A-ions to be determined; a_B – activity of B-ions interfering the determination of A-ions; K_c – selectivity coefficient (maximal value 10^{-1} in the determining of Fluoride ions activity).

Since measuring the ions activity in humus it is necessary to determine the content of such substances as a monovalent fluoride, nitrate nitrogen, ammonia nitrogen, potassium in the equation (1) ratio $\frac{2,3RT}{n_A F}$ is constant which shows the sensitivity of ion-selective transmitter relative to A-ions that equals $S = 59,16 \text{ mV}$ and calibrating temperature 25°C .

The changes in the ions activity result in the changes in the difference of potentials. For amplifying low differences of potentials in the means of measurement we will use measuring amplifier that has to satisfy the following conditions:

- differential input for decrease of the cophased noise affect;
- low level of zero signal;
- large coefficient of decreasing cophased noise.

After being amplified the measuring signal is supplied to analog-digital converter (ADC), where it is converted in binary code N.

Taking into account the constituent elements of the secondary measuring means the converter equation (1) has the form:

$$N = \left[U_0 + S \lg(a_A + 0,1a_B) \right] \frac{K 2^m}{U_{REF}} \quad (2)$$

where U_{REF} – ADC voltage reference (5 V); m – ADC bit width ($m=16$); K – the gain of the measuring amplifier.

The previous studies reveal that limits of non-excluded remnants of systematic errors are the following:

- standard potential U_0 of sensor $\theta_{U_0} = \pm 3 \text{ mV}$;
- absolute error of ions activity measuring $\theta_a = 5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$
- maximum temperature coefficient of the measuring amplifier shift is $0.25 \text{ mV}/^\circ \text{C}$;
- temperature coefficient of the reference voltage of the ADC is $k_t = 10^{-5}/^\circ \text{C}$;
- the reference voltage deviation from the nominal value does not exceed $\theta_{U_{REF}} = \pm 0,02 \text{ V}$.

Under the assumption of a uniform distribution law [2, 3] the standard uncertainty of the potential sensor is defined as:

$$u_{U_0} = \frac{\theta_{U_0}}{\sqrt{3}} \approx 1,73 \text{ mV} \quad (3)$$

The standard uncertainty, caused by an absolute error of measuring the ions activity on the assumption of normal distribution of errors within the limits [6, 7] is calculated by the formula:

$$u_a = \frac{\theta_a}{k} \approx 2,55 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mmol}}{\text{dm}^3} \quad (4)$$

where k – enrollment ratio for the normal distribution, equal to 1.96 to 95% [3].

The combined standard uncertainty, introduced by ion-selective electrodes u_{ITS} , calculated by type B, taking into account the equations (3) and (4) is defined by the formula:

$$u_{\text{ITS}}^2 = \left(\frac{\partial \Delta U}{\partial U_0} \right)^2 u_{U_0}^2 + \left(\frac{\partial \Delta U}{\partial a_A} \right)^2 u_a^2 + \left(\frac{\partial \Delta U}{\partial a_B} \right)^2 u_a^2 \quad (5)$$

where $\frac{\partial \Delta U}{\partial U_0} = 1$ – sensitivity coefficient of standard potential; $\frac{\partial \Delta U}{\partial a_A} = \frac{S}{2,3(a_A + K_c a_B)}$ – sensitivity coefficient of A-ion activity measured which at the lower measuring range ($D_{\min} = 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$) equals 23383,4 Vdm³/mol; $\frac{\partial \Delta U}{\partial a_B} = \frac{K_c S}{2,3(a_A + K_c a_B)}$ – sensitivity coefficient of B-ion activity that interferes the determination of the A-ions measured which on the lower measurement range ($D_{\min} = 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$) equals 23383,4 Vdm³/mol.

Substituting the calculated values of sensitivity coefficients in the equation (1), the combined standard uncertainty introduced by ion-selective electrodes equals $u_{\text{ITS}} \approx 60 \text{ mV}$.

Since the measurements are carried out at the ambient temperature from 5 to 40 °C the maximum change in temperature in this case is $\Delta t = 35^\circ\text{C}$. Taking into account the temperature coefficient of the amplifier shift 0,25mV/°C, the offset voltage will be $U_{\text{os}} = 35^\circ\text{C} \cdot 0,25\text{mV}/^\circ\text{C} = 8,75 \text{ mV}$. With the known gain $K=10$, maximum offset voltage is equal to $U_{\text{osmax}} = U_{\text{os}} \cdot K = 87,5 \text{ mV}$. Taking into account the maximum output voltage of the amplifier $U_{\text{out}} = \pm 5 \text{ V}$ maximum relative error can be calculated by the formula:

$$\delta_K = \frac{U_{\text{osmax}}}{2U_{\text{out}}} = 8,75 \cdot 10^{-3} \quad (6)$$

Calculating the maximum relative amplifier error, standard uncertainty, introduced by the amplifier, measuring the concentration of ions in the assumption of the normal distribution can be calculated by the formula:

$$u_K = \frac{\Delta U_{\text{max}} \delta_K}{k} \approx 0,83 \text{ mV} \quad (7)$$

where ΔU_{max} - the maximum potential difference, which corresponds to the maximum ion activity of nitrate nitrogen (maximum measuring range is $D_{\text{max}} = 0,5 \text{ mol/dm}^3$) at the highest possible activity of interfering B-ions.

The uncertainty $U_{\text{ref}}(\Delta t)$, caused by changes in the reference voltage source when the ambient temperature from 25 °C (temperature calibration reference voltage source ADC t_1) to 35 °C (the maximum possible ambient temperature changes Δt) calculated by the temperature coefficient, in the assumption of uniform distribution law of the limits will be equal to:

$$u_{\text{REF}}(\Delta t) = \frac{k_t(\Delta t - t_1)}{\sqrt{3}} U_{\text{REF}} \approx 0,43 \text{ mV} \quad (8)$$

The uncertainty $U_{\text{ref}}()$, caused by the deviation of the reference voltage from the nominal value, on the assumption of a uniform distribution law will be equal to:

$$u_{U_0} = \frac{\theta_{U_{\text{OII}}}}{\sqrt{3}} \approx 11,55 \text{ mV} \quad (9)$$

Thus, the combined standard uncertainty of the ADC voltage reference, which consists of the uncertainty calculated using the formula (8) and (9) is equal to:

$$u_{\text{REFs}} = \sqrt{(u_{\text{REF}}(t))^2 + (u_{U_0})^2} \approx 11,56 \text{ mV} \quad (10)$$

The standard uncertainty u_h introduced by the process of the voltage quantization that on the ADC input, in the assumption of a uniform distribution law is defined as follows:

$$u_h = \frac{h}{\sqrt{3}} = \frac{U_{\text{ОП}}}{2^m \sqrt{3}} \approx 44,05 \mu\text{V} \quad (11)$$

Taking into account calculated by formulas (5), (7), (10) and (11) the standard uncertainty at each stage of transformation, the combined standard uncertainty of type B is calculated by the formula:

$$u_s = \sqrt{u_{\text{ITS}}^2 + u_{\text{K}}^2 + u_{\text{REFs}}^2 + u_h^2} \approx 61,11 \text{ mV} \quad (12)$$

Thus, analyzing the results we can see that the maximum uncertainty of 60 mV is entered by primary ion selective converter, and the total uncertainty of type B does not exceed 61.11 mV.

Conclusions. On the basis of reference and previous studies data there has been suggested a method of uncertainty estimation introduced by means of ions concentration measuring. Ranging from 10^{-6} to $5 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$ it equals to 61,11 mV with maximum activity of interfering ions.

1. Васілевський О.М. Елементи теорії побудови потенціометричних засобів вимірювального контролю активності іонів з підвищеною вірогідністю : [монографія] / О.М. Васілевський, В.М. Дідич. - Вінниця: ВНТУ. – 2013. – 176 с.

2. Васілевський О.М. Алгоритм оцінювання невизначеності у вимірюваннях при виконанні метрологічних робіт / О.М. Васілевський // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. - № 3 (7). – 2006. – С. 147-151.

3. Васілевський О.М. Основи теорії невизначеності вимірювань : [підручник] / О.М. Васілевський, В.Ю.Кучерук, Є.Т. Володарський. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 229 с. – ISBN 978-966-641-632-5.

УДК 621.382.2:621.3.083

В.Ю. Кучерук, д.т.н., проф; М.В. Глушко, студент

РЕЗИСТИВНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТОРА ДЕТЕРМІНОВАНО-ХАОТИЧНОГО СИГНАЛУ

Ключові слова: детермінований хаос, хаотичність, генератор, сигнал, коливання, атрактор

Ускладнення технологічних процесів призводить до необхідності визначення великої кількості фізичних величин. Автоматизація складних виробничих процесів пов'язана із застосуванням різних вимірювальних перетворювачів (ВП), що забезпечують отримання оперативної вимірювальної інформації в належному обсязі і ефективно управління технологічним процесом. Найбільш розповсюдженими є параметричні резистивні ВП.

Значним науковим відкриттям останніх десятиліть є відкриття детермінованого хаосу в динамічних системах [1]. Суть цього відкриття полягає в тому, що повністю певна (детермінована) динамічна система, при відсутності будь-яких випадкових впливів на неї, починає поводитися непередбачуваним (хаотичним) чином. Однак у цій непередбачуваності (хаотичності) при більш ретельнім розгляді вдається виявити ряд закономірностей в поведінці системи, відрізняє дане явище від класичних випадкових процесів. Незважаючи на хаотичний характер, коли на практиці передбачити стан системи в заданий момент часу можна тільки статистично, процес в таких системах істотно відрізняється від звичайного статистичного шуму. До фундаментальних властивостей таких систем відноситься досить високу чутливість хаотичного процесу до зміни внутрішніх параметрів генератора детермінованого хаосу (ГДХ).

Розглянемо метод вимірювання фізичних величин з використанням ГДХ. У його основі лежить вимірювальне коло нелінійної електричної схеми в режимі детерміновано-хаотичних коливань. ВП підключається до схеми ГДХ таким чином, щоб його початкове значення змінювало значення одного з параметрів ГДХ. Вимірювальною інформацією в даному методі є реалізація хаотичного процесу, що знімається з ГДХ, яка надходить на обробку в обчислювальний блок.

Засіб вимірювання, створений на базі ГДХ, матиме функцію перетворення у вигляді залежності характеристики атрактора ГДХ від вимірюваної фізичної величини. Основною перевагою даного метода є можливість побудови на його основі засобів вимірювання, більш чутливих в порівнянні з існуючими. Узагальнена структурна схема вимірювального пристрою складається з двох частин: ГДХ, до якого підключений ВП, і обчислювального пристрою, в якому реалізовані алгоритми визначення параметра ГДХ.

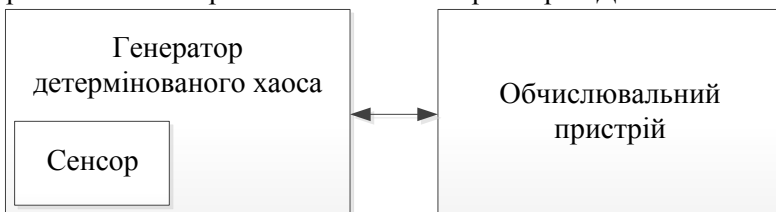


Рисунок 1 - Узагальнена структурна схема вимірювального пристрою на основі ГДХ

Сенсор вимірюваної фізичної величини підключається до вимірювальної схеми ГДХ таким чином, щоб його вихідна величина змінювала один з параметрів ГДХ.

При виборі практичної реалізації ГДХ потрібно врахувати ряд обставин: простота

реалізації, наявність діапазону зміни параметрів, які забезпечують хаотичний режим, наявність математичної моделі, яка дозволяє досить просто моделювати хаотичний процес.

Як подальший об'єкт дослідження обрано ГДХ на основі високочастотного RL-діодного кола, наведений на рис. 2. Це неавтономний генератор, так як схема, яка складається з лінійного RL-кола, з'єднана послідовно з діодом D і джерелом змінної напруги. У цій простій системі виникнення нелінійних хаотичних коливань визначається параметрами ланцюга.

Здійснимо аналіз причин і умов виникнення хаотичних коливань в RL-діодному колі. Для цього спочатку розглянемо схему заміщення діода. Схема заміщення діода в режимі малого сигналу (у найбільш загальному випадку) представлена на рис. 3. Згідно з цією схемою діод являє собою паралельне з'єднання нелінійного резистора R_d і двох нелінійних ємностей - бар'єрної C_j і дифузійної C_d .

Бар'єрна ємність визначається за формулою

$$C_j = C_{j0} / \left(1 - \frac{U}{U_D}\right)^n, \quad (1)$$

де C_{j0} – бар’ерна ємність при нульовій напрузі діода; U – напруга діода; U_D – дифузійна напруга діода; n – технологічний коефіцієнт, що лежить в діапазоні (1/3...2/3).

Дифузійна ємність визначається як

$$C_d = \frac{\tau_B I_S}{m U_T} \exp\left(\frac{U}{m U_T}\right), \quad (2)$$

де I_S – тепловий струм діода; τ_B – час життя неосновних носіїв заряду; U – напруга діода; U_T – теплова напруга діода; m – коефіцієнт емісії.

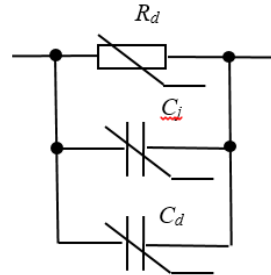
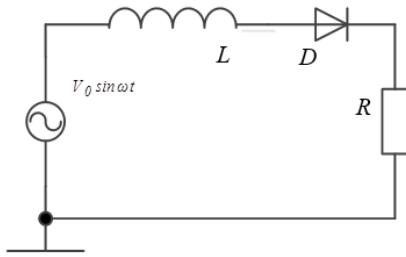


Рис. 2. Схема генератора детерміновано-хаотичних коливань на основі RL-діодного кола малого сигналу

Рис. 3. Схема заміщення діода в режимі

Після розрахунку операторного зображення струму ланцюга та ітераційного алгоритму була побудована залежність $U_2 = f(U_1)$, де $U_2 = IR$.

Графік цієї залежності зображений на рис. 4. З цього графіка видно, що при вищевказаних параметрах схеми її режим являє собою хаотичні коливання. Були також проведені розрахунки режиму ланцюга, при інших значеннях індуктивності і частоти, з метою оцінити вплив цих параметрів на характер хаотичних коливань. Графіки залежностей $U_2 = f(U_1)$ показані, відповідно, на рис. 5-6.

Аналіз атракторів, представлених на рис. 4-6 показує, що в RL -діодних ланцюгах синусоїдального струму, якщо період коливань порівнюємо з постійною часу перехідного процесу, може виникнути ситуація, коли в кінці періоду струм в колі не загасає до нуля і новий період починається з ненульових початкових умов. При цьому, внаслідок суттєвої нелінійності параметрів схеми заміщення діода, в ланцюзі має місце практично незатухаючий перехідний процес, який набуває форми хаотичних коливань. При збільшенні індуктивності ланцюга розмах атрактора збільшується. У разі збільшення частоти вхідної напруги спостерігається тенденція деякого зміщення атракторів напрямку негативних напруг [4].

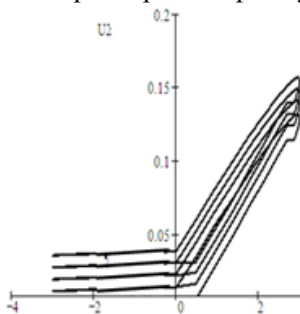


Рис. 4. Графік залежності $U_2 = f(U_1)$, при $f = 10$ [кГц], $L = 50$ [мГн], $R = 2$ [кОм]

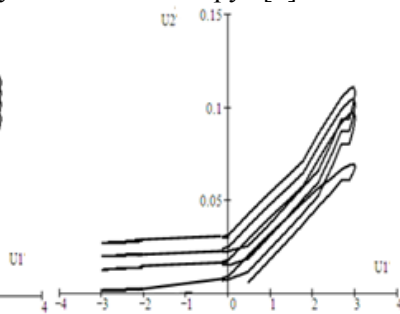


Рис. 5. Графік залежності $U_2 = f(U_1)$, при $f = 10$ [кГц], $L = 100$ [мГн], $R = 2$ [кОм]

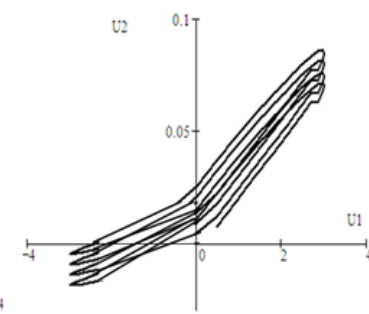


Рис. 6. Графік залежності $U_2 = f(U_1)$, при $f = 20$ [кГц], $L = 50$ [мГн], $R = 2$ [кОм]

З ГДХ хаотичний сигнал надходить на вхід обчислювального пристрою, де визначається відхилення певного параметра ГДХ і на основі закладеної градуїрованої характеристики обчислюється значення вимірюваної фізичної величини. У роботі досліджена можливість вимірювання резистивної фізичної величини за допомогою ГДХ. Показано, що ГДХ на основі RL -діодного ланцюга має достатньо високу чутливість вихідної напруги до зміни опору в діапазоні до

250 Ом [2, 3], що може бути використано при створенні вимірювальних пристроїв. Для дослідження була створена схема в програмно пов'язаних між собою пакетах Multisim (рис. 7) та LabView (рис. 8), спостерігався детермінований хаос в вигляді фазового портрета схеми з певними заданими параметрами.

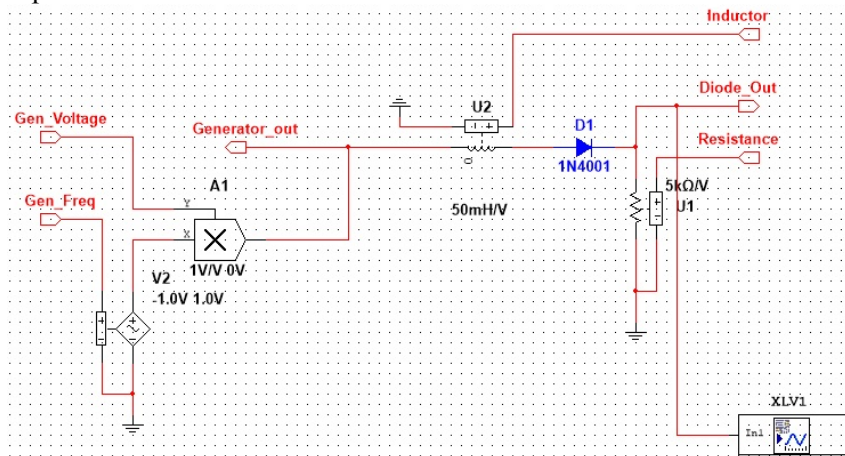


Рис. 7. Реалізація RL -діодного генератора детермінованого хаосу в пакеті Multisim

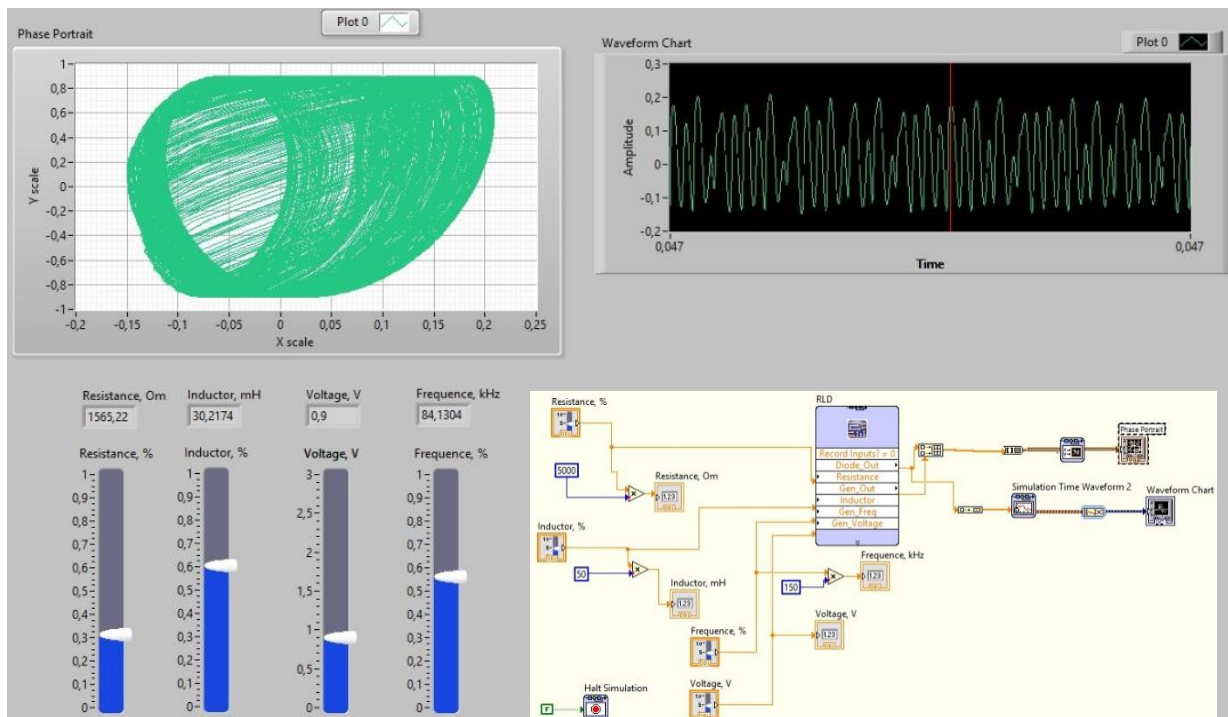


Рис. 8. Реалізація фазового портрета в пакеті LabView

1. Anishchenko V.S. *Nonlinear Dynamics of Chaotic and Stochastic Systems. Tutorial and Modern Development. 2nd Edition.* V.S. Anishchenko, V.V. Astakhov, A.B. Neiman, T.E. Vadivasova, L. Schimansky-Geier. Berlin, Heidelberg, 2007. – 460 p.

2. W. Kucheruk, Z. L. Warsza, W. Sewastyanow, W. Mankowska *Generator oscylacji chaotycznych o układzie RL -dioda jako przetwornik rezystancja-napięcie.* // *Przegląd Elektrotechniczny*, 2013, V. 10, p. 266-269.

3. V. Kucheruk, S.Sh. Katsyy, V.S. Mankovska, M.V. Mykhalko *Research of the “Determined Chaos” phenomenon in the RL -Diode electric circuit of sinusoidal current* // *Proceeding the Sixth World Congress “Aviation in the XXI-st Century”*, volume 1, September 23-25, Kyiv, 2014, p. 1.10.20-1.10.24.

4. Кучерук В.Ю., Маньковська В.С., Глушко М.В. *Детермінований хаос у RL -діодних колах високочастотного синусоїдального струму і його застосування в метрології* // *5-та науково-практична конференція студентів і молодих учених «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання».* – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. -2015. – С.116.

УДК 006.91+536.3

Н.М. Бейтуллаєва, студентка, Н.Є. Гоц, д.т.н., доц.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСАД ФОРМУВАННЯ ЛАБОРАТОРІЇ ТЕПЛООВОГО ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ

Ключові слова: тепловізор, тепловий контроль, акредитація лабораторії, вимірювання температури за інфрачервоним випроміненням

При сучасному рівні розвитку виробництва, постійно зростають вимоги до надійності та безпеки експлуатації складних та дорогих інженерних споруд та технічних систем вимагають проведення повного контролю якості продукції. неруйнівний контроль (НК) – це сукупність методів, технічних засобів та методик їх застосування для визначення показників якості матеріалів та виробів без порушення їх властивостей та функціонування. НК базується на взаємодії об'єктів контролю (ОК) з речовинами або фізичними полями різної природи і подальшому аналізі змінених характеристик поля чи ОК або аналізі тих фізичних явищ, які супроводжують процес такої взаємодії. НК здійснюється за умов, які гарантують збереження якості матеріалів та відсутність порушень функціонування виробів після їх контролю. Унаслідок недосконалості технології виготовлення або в результаті експлуатації в тяжких умовах у виробках з'являються різні дефекти — порушення щільності або однорідності матеріалу, відхилення від заданого хімічного складу або структури, а також від заданих розмірів. Дефекти змінюють фізичні властивості матеріалу (щільність, електропровідність, магнітні, пружні властивості і ін.). Для реалізації теплового неруйнівного контролю в промисловості широко застосовується термометрія за інфрачервоним випроміненням – вид безконтактного вимірювання температури за електромагнітним випроміненням в інфрачервоній області спектру, яка включає близьку, середню та далеку інфрачервону область спектру. В останній час цей вид вимірювання досяг високого рівня розвитку: розширився діапазон вимірювання температури до від -50°C до 1500°C , підвищилася швидкодія. З огляду цього бурхливого розвитку набула термометрія за інфрачервоним випроміненням, яка знайшла широке застосування при контролі температурних режимів технологічних процесів.

Переваги дистанційного теплового контролю за інфрачервоним випроміненням: широкий діапазон вимірювання температури – від -50°C до $+100000^{\circ}\text{C}$; висока роздільна здатність – до $0,01$ мм; висока чутливість – до $0,01$ $^{\circ}\text{C}$; висока швидкодія – до 10^{-6} с; дистанційність реалізації вимірювань; відсутність впливу на температурне поле об'єкта вимірювань.

На сьогодні найбільш розвиненими є засоби та методи вимірювання температури від 1000 до 2500 $^{\circ}\text{C}$ у видимій області оптичного випромінення, а саме: моделі візуальних пірометрів, методи передавання їм температурної шкали з використанням температурної лампи, методи вимірювання, калібрування, нормативне забезпечення та ін. Але в останні десятиліття зросли потреби промисловості у безконтактному вимірюванні температури в діапазоні від 0 до 1500 $^{\circ}\text{C}$. Це спричинило розвиток термометрії за інфрачервоним випроміненням та появу на ринку широкого асортименту термометрів інфрачервоного випромінення (ТМІЧВ) і тепловізорів світових фірм "Raytek", "Land", "Fluke" та ін., які мають основну похибку порядку від $0,3$ до 1% .

Метою роботи є дослідження організаційних засад формування лабораторії неруйнівного контролю за інфрачервоним випроміненням.

Для реалізації поставленої мети нами проведено аналіз теплового контролю за інфрачервоним випроміненням як виду неруйнівного контролю; сформовано засади створення лабораторії неруйнівного контролю за інфрачервоним випроміненням; розроблено вимоги до лабораторії неруйнівного контролю теплового стану об'єктів за інфрачервоним випроміненням та порядок її акредитації.

1. Тепловий неруйнівний контроль виробів: Науково-методичний посібник. О.Н. Будаїн та ін. -М.: Наука, 2002.

2. Неруйнівний контроль та діагностика: Довідник. В.В. Ключев та ін.; Під ред. В.В. Ключева. -М.: Машинобудування, 1995.

3. ISO 9712-2014 Контроль неруйнівний. Кваліфікація і сертифікація персоналу з неруйнівного контролю. 5. ISO / IEC 17025-2009 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.

УДК 006+621.317.1+543.3+658.562

М.С. Міхалєва, к.т.н, доцент, Г.Р. Чурко, студентка

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЬНИХ ВЗІРЦІВ ОЛІЇ ЛЬОНУ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Ключові слова: діелектрична проникність, оперативний метод, іммітанс, адмітанс, активна складова провідності, реактивна складова провідності, багатокомпонентна рідина

Об'єкт дослідження. Вимірювання електричних параметрів модельних взірців олії льону.

Предмет дослідження. Модельні взірці олії льону

Основні властивості олії льону. Лікарські властивості лляної олії відомі давно, і медицина завжди використовувала їх для лікування виразок, порізів і ран, зменшення болю, зняття печії. Коли олію льону почали досліджувати вчені, то про її цілющі властивості стало відомо ще більше, і сьогодні вона допомагає людям боротися з багатьма хворобами, відновлювати і зберігати здоров'я.

За результатами сучасних досліджень доведено, що вживання в їжу лляної олії знижує ризик виникнення інсульту на 37%. Лляна олія попереджає виникнення таких хвороб як: діабет, гіпертонія, ішемічна хвороба, атеросклероз і багато інших хронічних захворювань.

Олія льону є дуже корисною оскільки вона містить велику кількість поліненасичених жирних кислот Омега-3 та Омега-6, які при потраплянні в організм людини позитивно впливають на впливають на стан кровоносних судин, очищаючи їх і перешкоджаючи утворенню бляшок холестеринів. Їх вміст в олії льону в декілька разів перевищує їх вміст риб'ячому жирі. Також до складу лляної олії входять насичені кислоти та вітаміни А, Е, В, К, F. Корисні властивості олії льону добре впливають на обмінні процеси в організмі людини. Тому цю олію дуже часто рекомендують дієтологи людям із зайвою вагою.

Актуальність теми.

Ефірні олії користуються великим попитом на ринку внаслідок своїх цінних властивостей, що спонукає багатьох виробників ефірних олій йти на різні хитрощі, щоб збільшити випуск кінцевої продукції. Про це свідчать дані міжнародної статистики: кожен рік продається в десятки разів більше ефірних олій, ніж їх виробляється.

Тільки натуральні чисті ефірні олії володіють терапевтичним ефектом і при правильному застосуванні є безпечними для здоров'я, а використання фальсифікованого товару може завдати величезної шкоди, викликати алергію та отруєння. Оскільки олія льону застосовується як зовнішньо так і внутрішньо, то фальсифікована лляна олія може завдати значної шкоди життю та здоров'ю людини. До складу всіх ефірних олій не мають входити спирти, мінеральні олії та різні синтетичні компоненти, що додаються при виробництві[1]. Необхідно розробити оперативний метод визначення заборонених речовин у ефірній олії.

Мета дослідження.

Дослідити модельні взірці олії льону в електромагнітному полі, і за результатами досліджень розробити оперативний метод контролю якості зразків готової продукції.

Новизна теми.

Контроль якості олії льону за допомогою нового експрес-методу

Умови проведення експериментів.

Для дослідження було приготовано ряд модельних взірців олії льону:

- 1) промисловий зразок олії льону;
- 2) суміш олії льону та спирту;
- 3) суміш олії льону та води;
- 4) суміш олії льону, води та Cu_2SO_4 .

В ролі первинного перетворювача використовували дрові вуглецеві електроди з малою контактною робочою площею ($h=3\text{мм}$). Частину електродів було покрито лаком для зменшення похибок, пов'язаних з об'ємом досліджуваних зразків рідин у перетворювачі. Зміна температури навколишнього середовища впливає лише на амплітуду виміряних значень. В майбутньому температурна компенсація легко здійснюватиметься. Для кожного досліджуваного зразка тричі проводили рівноточні вимірювання значень комплексної провідності [2,3]. Перетворювач вмикається в електричну систему генерування електромагнітного поля різних частот (від 50 Гц до

100 КГц) та вимірювання складових провідності іммітансу (активної та реактивної складової комплексної провідності) [4].

Результати досліджень.

Було проведено експериментальні дослідження чотирьох модельних взірців олії льону. Результати досліджень представлено на рисунках 1а, 2а, 3а, 4а.

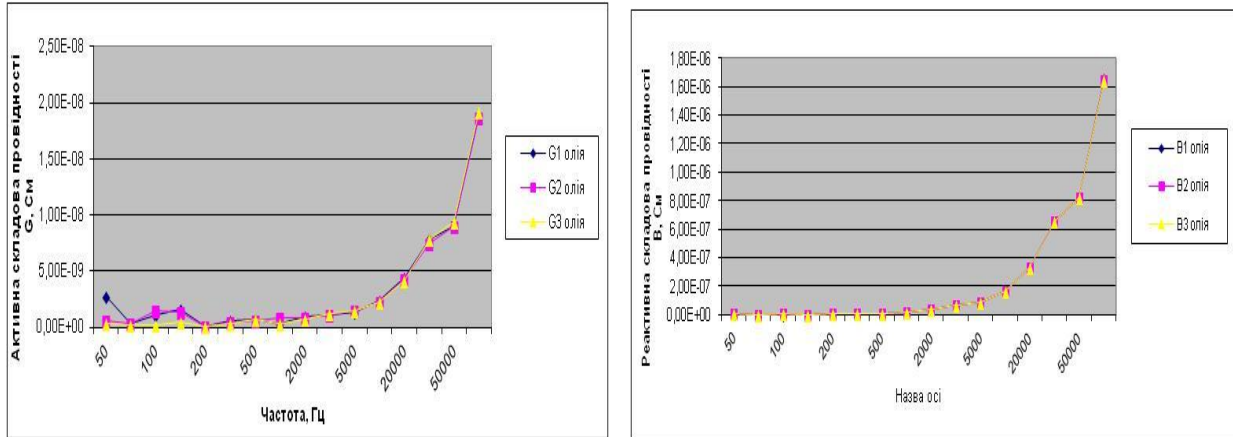


Рис. 1а. Результати дослідження промислового зразка олії льону

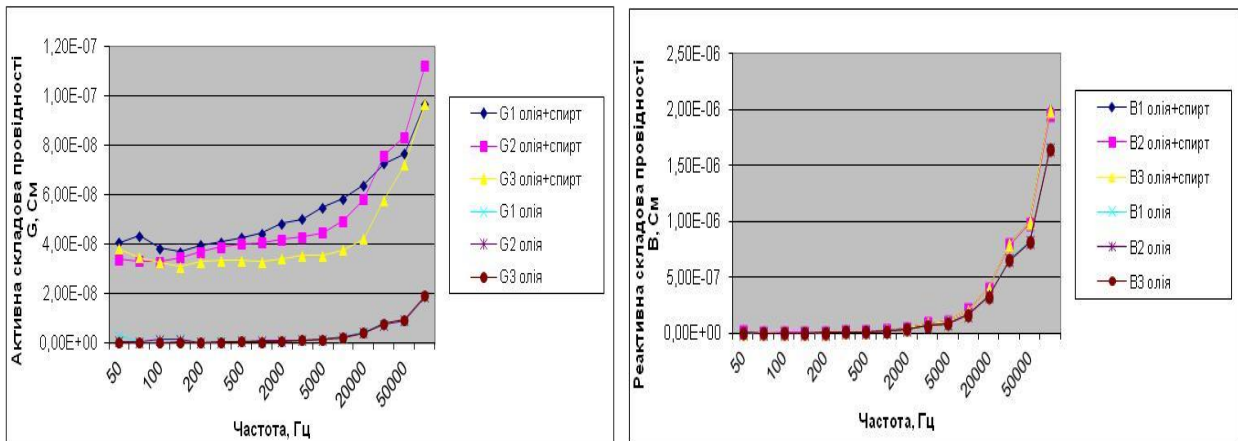


Рис. 2а. Результати дослідження суміші промислового зразка олії льону та спирту

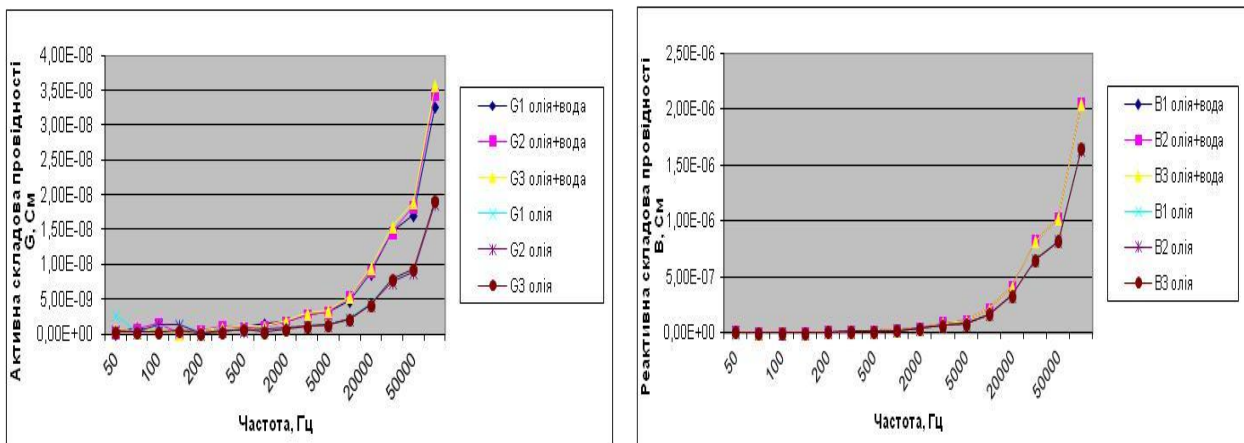


Рис. 3а. Результати дослідження суміші промислового зразка олії льону та води

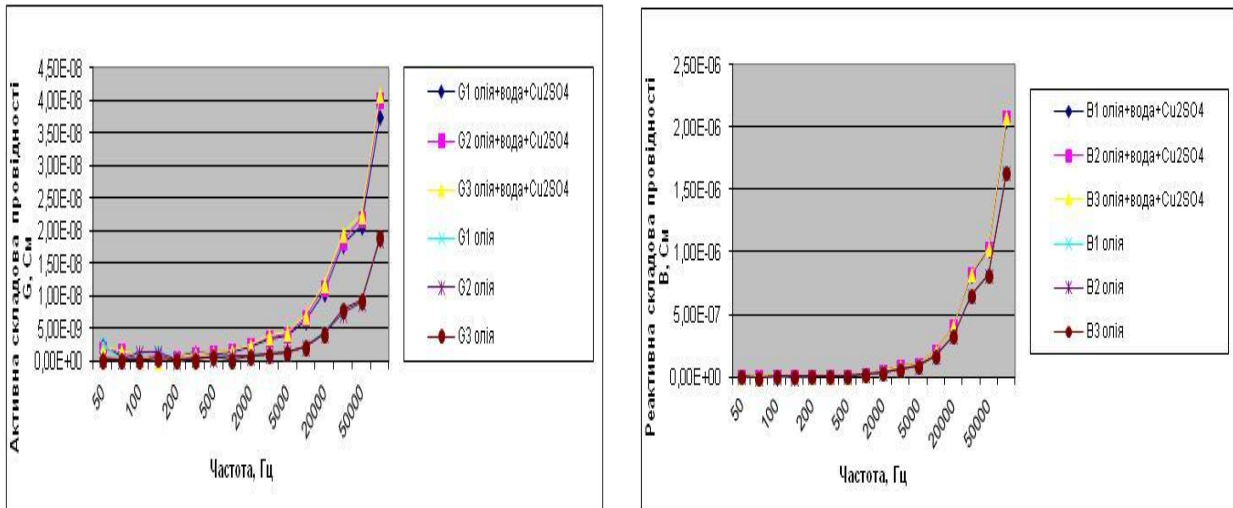


Рис. 4а. Результати дослідження суміші промислового зразка олії льону та спирту

Висновок.

За результатами експериментальних досліджень отримано індивідуальні залежності активної та реактивної складових комплексної провідності від частоти у електромагнітному полі для модельних взірців олії льону. Склад цих взірців моделювався відповідно можливих умов при фальсифікації, а саме: олія + спирти; олія + мінеральні речовини; олія + вода + спирти + мінеральні речовини. Це дало змогу розробити новий оперативний метод контролю якості готової продукції, що буде використовуватись при сертифікаційних дослідженнях і контролю в торговельних мережах та митницях. Він полягає у наступному:

- 1) експериментально встановлюються для одного виду продукції (олія) залежності імідансу від частоти електромагнітного поля, які будуть використовуватись для порівняння з вимірними при контролюванні;
- 2) вимірюється адмітанс для контрольних взірців та порівнюються відповідні залежності з залежностями встановленими експериментально;
- 3) за результатами порівняння судять про відповідність складу нормативним документам або складу, що задекларований на етикетці виробу.

1. 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.

2. Походило, Є. В. Імідансний контроль якості: монографія / Є. В. Походило, П. Г. Столярчук. – Львів: Львівська політехніка, 2012. – 164 с.

3. Stolyarchuk P. Electric Sensors for Express - Method Checking of Liquid Quality Level Monitoring / P. Stolyarchuk, V. Yatsuk, Y. Pokhodylo, M. Mikhaliyeva, T. Boyko, O. Basalkevych // Sensors & Transducers Journal. – 2010. – №2, Vol. 8, Special Issue. – P. 88 – 98.

4. 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.

УДК 311:658.562

Ж. В. Сокотун, аспірант, О. Б. Кошелєва, здобувач, С. С. Федін, д.т.н.

ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ЗБІЖНОСТІ ТА ВІДТВОРЮВАНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗ МОЖЛИВОСТІ ПОВТОРУ ВИМІРЮВАННЯ

Ключові слова: оцінювання, збіжність, відтворюваність, вимірювальні системи, повторні вимірювання, дисперсійний аналіз

Дослідження різних показників вимірювальних систем, зокрема оцінювання збіжності та відтворюваності (GRR), дозволяють отримати інформацію про те наскільки спостережувана мінливість процесу пов'язана зі мінливістю самої вимірювальної системи. Зазвичай дослідження вимірювальних систем проводять способом оцінки повторних вимірювань одного компоненту (частини) вимірювання, які проводились декількома контролерами. Але у випадку з вимірювальними системами без можливості повтору вимірювання такий підхід є неприйнятним, тому що компонент руйнується під час проведення першого вимірювання.

Метою дослідження є визначення проблем оцінювання збіжності та відтворюваності вимірювальних систем без можливості повтору вимірювання компонентів.

Визначення збіжності та відтворюваності вимірювальних систем може оцінюватися різними методами (методом розмахів; методом середніх і розмахів; дисперсійним аналізом (ANOVA)). Згідно з вимогами керівництва MSA (Measurement System Analysis) вимірювальна система повинна мати високу збіжність та відтворюваність, а процес виробництва має бути статистично стабільним [1]. Якщо виробничий процес мінімально прийнятний, то існує лише невеликий зазор між допустимими границями процесу та «сірою зоною» вимірювальної системи [1, 3]. Для таких процесів границі прийнятності можна використовувати, якщо аналіз вимірювальної системи без можливості повтору вимірювання показує мінімальну або сумнівну прийнятність [3]. В такому випадку границі прийнятності можна розрахувати додаючи до нижньої границі допуску та віднімаючи з верхньої границі допуску величину, що чисельно рівна $A \cdot \sigma_{GRR}$, де значення множника A обирають в залежності від прийнятної величини ризику [1, 2].

Слід зазначити, що під час застосування методу ANOVA та деяких інших статистичних методів для дослідження вимірювальної системи без можливості повтору вимірювань повинно проводитись вивчення її довгострокової мінливості [2]. Однак, методом дисперсійного аналізу можна оцінити лише збіжність та відтворюваність вимірювальної системи, але не показники зміщення та лінійності, які безпосередньо пов'язані з засобами вимірювальної техніки. Крім того, в умовах відносно малої мінливості процесу, що, наприклад, характеризується одностороннім допуском неможливо розрахувати індекс розкиду C_p . Тому під час застосування методу ANOVA для таких систем виникають складності у встановленні прийнятності такої вимірювальної системи через високий індекс C_p . В той же час, якщо процес має високу стабільність та високе значення індексу центрованості C_{pk} то існує значна імовірність прийнятності вимірювальної системи за умови її лінійності та відсутності зміщення.

Таким чином, під час проведення аналізу особливостей збіжності та відтворюваності вимірювальних систем без можливості повтору вимірювання встановлено актуальні наукові завдання, а саме: визначення стабільності та відтворюваності процесу вимірювання; оцінювання придатності процесу та довгострокової стабільності вимірювальної системи; визначення прийнятності вимірювальної системи на основі оцінок індексів C_p і C_{pk} ; оцінювання зміщення та лінійності вимірювальної системи.

1. *Анализ измерительных систем. MSA. Ссылочное руководство. – 3-е изд., испр. Перевод с англ. – Н.Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2007. – 242 с.*

2. *Исследование сходимости и воспроизводимости (GRR) измерительных систем невозможностью повтора измерений. Перевод с англ. - Н.Новгород: ООО СМЦ "Приоритет", 2005. - 12 с.*

3. *Константин DMAgIC. Шесть сигм. Краткое руководство желтых поясов. SixSigmaOnline.ru. – 2012. – 136 с.*

УДК 551.510.534:621.383.52

Б.Г. Шабашкевич, к.т.н., Ю.Г. Добровольський, к.т.н., В.Г. Юр'єв

МЕТРОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ І ГРАДУЮВАННЯ ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ, ЧУТЛИВИХ В УЛЬТРАФІОЛЕТОВОМУ ДІАПАЗОНІ

Ключові слова: ультрафіолетове випромінення, вимірювання, спектр, калібрування, установка, стенд, нелінійність

Метрологічне забезпечення засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) передбачає наявність на виробництві відповідного комплексу обладнання. У випадку вимірювань в ультрафіолетовому (УФ) діапазоні спектру оптичного випромінення, потрібно передати засобу вимірювання одиницю енергетичної освітленості з певною похибкою вимірювання. Крім того потрібно визначити його динамічний діапазон (діапазон вимірювання енергетичної освітленості та лінійність в ньому), а також спектральний діапазон чутливості приладу. Існуюче метрологічне обладнання для калібрування, атестації та повірки ЗВТ, яке використовується у метрологічних центрах та на підприємствах виробників, не у повній мірі забезпечує зростаючі вимоги ринку.

У зв'язку з цим у НВФ «Тензор» розроблено низку новітнього метрологічного обладнання для вирішення згаданої проблеми.

Основні вимоги, які сьогодні висуваються до ЗВТ, призначених для вимірювання параметрів УФ випромінення в Україні, країнах СНД та у світі – це розширення діапазону вимірювання енергетичних характеристик випромінення при мінімізації відповідних похибок. Зокрема, згідно [1] діапазон вимірювання енергетичної освітленості повинен бути від 10^{-3} до $2 \cdot 10^2$ Вт/м² у спектральному діапазоні 200 – 400 нм, який розділяється на область А (400 нм -315 нм), область В (315 нм- 280 нм), область С (280 нм – 200 нм). Відповідно, межі допустимої основної відносної похибки вимірювання енергетичної освітленості повинні бути $\pm 10\%$ [2].

Цим вимогам задовольняє комплекс для повірки і градуювання оптоелектронних приладів, чутливих в УФ діапазоні спектру, до складу якого входять:

- установка для формування стабільних потоків випромінювання в УФ діапазоні (освітлювач УФ діапазону спектру оптичного випромінення) ИДНМ4.020.00.00;
- установка для вимірювання спектральних характеристик чутливості електронно-оптичних приладів ИДНМ4.011.00.00;
- стенд для створення стабільних потоків випромінювання ИДНМ4.004.00.00.

Освітлювач УФ діапазону спектру оптичного випромінення створений на основі ртутної лампи ДРТ-125. Для калібрування УФ радіометрів він укомплектований інтерференційними вузькосмуговими світлофільтрами з мінімальними коефіцієнтами пропускання за межами робочих довжин хвиль, які виділяють ртутні лінії $\lambda_{1\max} = 254$, $\lambda_{2\max} = 313$ та $\lambda_{3\max} = 365$ нм. Для калібрування дозиметрів бактерицидної та еритемної складових УФ випромінення виділяються лінії: $\lambda_{1\max} = 254$ та $\lambda_{4\max} = 297$ нм. Освітлювач дозволяє здійснювати впевнене калібрування УФ радіометрів та дозиметрів на вибраних довжинах хвиль при потоках УФ випромінення не більше $2 \cdot 10^2$ Вт/м², що відповідає вимогам санітарних норм.

Точність встановлення максимумів довжини хвилі випромінення не перевищує $\pm 2\%$, нестабільність потоку випромінення не перевищує $\pm 1,2\%$, нерівномірність енергетичної освітленості в світловому діаметрі 25 мм не перевищує 5%.

Установка для вимірювання спектральних характеристик чутливості електронно-оптичних приладів ИДНМ4.011.00.00 створена на основі промислового комплексу спектрального КСВУ-23, який споряджений джерелами випромінення (лампами) ДДС30 і ОП-33. Величини потоків, створюваних цими лампами, забезпечують вимірювання спектральних характеристик чутливості ЗВТ або коефіцієнтів пропускання світлофільтрів що досліджуються, з допустимими похибками в спектральному діапазоні 200 - 500 нм.

Необхідно відмітити, що рівень фонового (розсіяного всередині монохроматора) потоку випромінення досить великий. Тому для зменшення його впливу на якість вимірювання, комплекс КСВУ-23 доукомплектовано ще одним монохроматором МДР-23. Таким чином, одержано подвійний монохроматор.

Фотоприймачі, які входять до складу комплексу спектрального КСВУ-23, не задовольняли вимогам до еталонних засобів вимірювання в діапазоні вимірювань 200 – 2000 нм. Тому була розроблена, виготовлена та атестована по відносній та абсолютній чутливості в спектральному діапазоні від 200 до 1100 нм спектральна головка фотометрична (ГФ) на основі прецизійного фотодіоду типу ФД-228В.

Фотометричні параметри розробленої ГФ наступні:

- величина чутливості спектральної характеристики в максимумі $S_{lmax} = 0,34$ А/Вт;
- темновий струм головки спектральної при робочій напрузі $U_p = 1$ В не перевищує $I_T = 1 \cdot 10^{-9}$ А (при напрузі $U_p = 0,10$ В струм $I_m \leq 1 \cdot 10^{-11}$ А);
- нестабільність чутливості протягом 8 годин неперервної роботи менш 0,5 %;
- нелінійність енергетичної характеристики головки при зміні потоку випромінювання від $5\Phi_n$ до $10^6\Phi_n$ не перевищує ± 1 % (Φ_n – порогова чутливість головки).

Основні технічні характеристики установки для вимірювання спектральних характеристик чутливості електронно-оптичних приладів ИДНМ4.011.00.00 наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристика	Норма
Діапазон роботи, нм	200 – 2000
Фокусна відстань дзеркального об'єктиву, мм	600
Відносний отвір	1:6
Дифракційні ґратки - змінні:	
число штрихів на мм	1200-I, 1200-II, 600-III
робоча область, нм	200 – 350 – 700 – 500; 1000; 2000
Область максимальної концентрації енергії, нм	250; 500; 1000
Зворотна лінійна дисперсія, нм/мм	1,3 2,6
Робочий порядок	Перший
Швидкість сканування для ґратки 1200 штр/мм, нм/с	0,2 – 80

Для вимірювання нелінійності енергетичної характеристики розроблено та виготовлено стенд для формування стабільних потоків випромінювання при вимірюванні енергетичних характеристик і нелінійності чутливості електронних приладів ИДНМ4.004.00.00.

Завдяки спектральному складу випромінювання лампи типу КГМ24-150, що входить до складу стенду, забезпечується вимірювання енергетичних характеристик ЗВТ, чутливих в УФ області спектра. Концентрація потоку випромінювання забезпечується об'єктивами, а його ослаблення – світлофільтрами.

Метод вимірювання складається з послідовного нарощування потоків випромінювання від рівня темного сигналу з почерговим засвітленням датчика ЗВТ, потоком з одного каналу випромінювання, далі другого, а далі і обох каналів випромінювання доти, доки відхилення сигналу не досягне заданого рівня. Відношення максимального сигналу до темного визначає динамічні діапазони чутливості ЗВТ. Метрологічні характеристики стенду визначаються динамічним діапазоном, який складає не менше 8 порядків та нестабільність потоку випромінювання, який не перевищує ± 1.0 %.

1. Санітарні норми УФ випромінювання у виробничих приміщеннях (№ 4557-88): ДНАОП 0.03-3.17-88. - [чинний від 1988-01-02]. М.: Изд-во стандартов, 1988. –175 с. (Державний стандарт СРСР).

2. Бутенко В.К. Интеллектуальный радиометра ультрафиолетового излучения и его метрологическое обеспечение / В.К. Бутенко, Ю.Г. Добровольский, Б.Г. Шабашкевич, В.Г. Юрьев // Украинський метрологічний журнал. – 2007. -№4. – с.32-37.

УДК 006.91+536.5

Ю.М. Дзіковська, аспірант, В.Я. Крайовський, к.т.н., М.М. Микийчук, д.т.н, Н.Є. Гоц, д.т.н.

РОЗРОБЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЇЇ РОЗПОДІЛУ ПОВЕРХНІ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Ключові слова: безконтактне вимірювання температури за інфрачервоним випромінення, тепловізор, методика, калібрування

Серед сучасних засобів дослідження технічного стану й функціонування промислових об'єктів чільне місце посідають інфрачервоні (ІЧ) камери, зокрема, тепловізори. Вони забезпечують візуалізацію теплового поля поверхні об'єктів і надають інформацію про значення умовної точкової температури та її розподілу за рахунок перетворення ІЧ випромінення в електричний сигнал. Це дає змогу розв'язувати задачі дистанційного неруйнівного контролю та діагностування промислових об'єктів за результатами вимірювання температури та градієнту температури в ІЧ діапазоні спектра випромінення. Результати тепловізійного дослідження дозволяють отримати більше інформації про зовнішню та внутрішню структуру об'єкта, приховані дефекти та місця їх знаходження, розробити комплекс заходів для попередження їх майбутнього виникнення або ліквідації вже присутніх недоліків.

На світовому ринку випуск тепловізорів представлений великою кількістю виробників: Fluke, CEM, DALI, Electrophysics, Testo AG, Wuhan Guide Infrared Co., IPI, IRay Technology Co., Irisys, IRtek, JENOPTIK/InfraTec, Chauvin Arnoux, SAT Infrared Technology та ряду інших. Зумовлено це насамперед наявністю сучасної елементної бази. Цьому сприяє застосування сучасних приймачів випромінення та мікропроцесорів, розроблення передового програмного забезпечення. Як наслідок, сучасні тепловізори мають відносно малі габаритні рохирт, низький рівень енергоспоживання, забезпечують мінімальний вплив шумів на корисний сигнал, високу якість тепловізійного зображення, широкий динамічний діапазон при роботі в режимі мовного телевізійного стандарту, цифрове опрацювання в реальному масштабі часу, зв'язок з ПЕОМ. Незважаючи на більш низьку чутливість, неохолоджувані мікроболометричні матриці отримали найбільше застосування для використання в тепловізорах завдяки своїй неселективності, оскільки такі тепловізори практично завжди готові до роботи і відсутні вимоги щодо безпеки при роботі з рідким азотом [1]. Саме це і сприяє розширенню сфери їх використання, зокрема в енергетиці та металургії, будівельній справі, для екологічного моніторингу, в наземних та у супутникових системах, тощо.

Але незважаючи на хороші метрологічні характеристики, що вказуються виробниками, а саме температурну чутливість – менше 20 мК та інструментальну похибку вимірювання температури, яка знаходиться в межах $\pm(1\div 2,5)$ %, точність результатів вимірювання є значно нижчою. Ця невідповідність спричинена тим, що в супровідній документації до тепловізорів вказане значення лише складової основної похибки вимірювання температури, що відповідає інструментальній, а методична та суб'єктивна складові в робочих умовах упускаються.

За результатами проведеного аналізу із питань вимірювань розподілу температури поверхні об'єктів промисловості визначено такі проблеми:

- відсутність єдиних наукових підходів до реалізації вимірювань;
- необхідність врахування дії впливних факторів робочих умовах експлуатації, а саме випромінення поверхні досліджуваного об'єкту, пропускання атмосфери та випромінення фону;
- відсутність методик опрацювання результатів вимірювання з використанням поняття непевність;
- низький рівень підготовки персоналу до проведення тепловізійних досліджень, особливо нетипових об'єктів.

Отже, підвищення точності вимірювання температури та градієнту температури з використанням тепловізора, формування методик реалізації тепловізійних вимірювань та аналізу їх результатів, забезпечення простежуваності, порівнювальності та відтворюваності цих результатів і зумовлюють актуальність нашого дослідження.

Тому метою нашої роботи є розроблення комплексу нормативно-технічного забезпечення реалізації тепловізійних досліджень на основі наукових положень теорії оптичного випромінення.

Для реалізації поставлено мети нами були сформовані такі завдання:

1. Вдосконалити методику проведення тепловізійних досліджень теплового поля поверхні досліджуваного об'єкту.
2. Розробити методику калібрування тепловізора в робочих умовах проведення вимірювань.
3. Розробити методику оцінювання непевності результатів тепловізійних досліджень.
4. Розробити програму підготовки персоналу неруйнівного контролю у сфері ІЧ термографії.
5. Провести експериментальні дослідження із застосуванням запропонованих методик.
6. Для вирішення цих завдань нами було зроблено наступне.

Перш за все ми провели аналіз дії впливних факторів на результати вимірювань та провели моделювання методичної похибки з врахуванням їх впливу. В результаті аналізу отриманих даних та формульного представлення фізичного процесу виявили появу істотної методичної похибки, що може становити десятки градусів для робочих умов проведення дослідження. Таким чином, було обгрунтовано необхідність проведення додаткового калібрування тепловізора безпосередньо в робочих умовах з метою визначення поправок до результатів вимірювання температури в процесі експлуатації, що власне і дозволить враховувати дію цих впливних факторів на результати.

Наступним кроком стало розроблення алгоритму методики калібрування тепловізора в робочих умовах. Перший етап розробленого алгоритму включає визначення параметрів, які можна отримати з використанням площинного сірого випромінювача (за умови його атестації та наявності інформації про його коефіцієнт випромінювання та значення температури), а саме коефіцієнта пропускання проміжного середовища та фонового випромінювання в робочих умовах. Вимірювання проводиться у двох спектральних ділянках за принципом функціонування під назвою «вікно у вікні» конкретного спектру. На другому етапі на основі проведення вимірювань також у двох спектральних ділянках, враховуючи відомі нам значення коефіцієнта пропускання проміжного середовища та фонового випромінювання, знаходимо температуру та коефіцієнт випромінювання об'єкта дослідження. Значення впливних факторів використовуємо для внесення поправок у калібрувальну функцію тепловізора.

Для реалізації калібрування в робочих умовах запропоновано конструкцію сірого еталонного площинного випромінювача. При фізичному виконанні це буде стальна пластина із датчиками з внутрішньої сторони, що кріпиться безпосередньо до об'єкта дослідження і перебуває у достатньо тривалому контакті із ним для набуття максимально наближеної температури при тих же умовах навколишнього середовища. Інформація з датчиків надходить на запам'ятовуючий пристрій та у вигляді двох потоків обробляється на ЕОМ. Ці потоки відповідають значенням розподілу температури та значенню усередненої температури по поверхні для розрахунку похибки вимірювання. Дану методику калібрування доцільно включати безпосередньо у методику проведення тепловізійних досліджень теплового поля поверхні досліджуваного об'єкту.

Нами розроблений проект стандарту методики проведення тепловізійних досліджень будівель, що передбачає проведення якісного тепловізійного обстеження та кількісного тепловізійного аналізу із розширеними обробкою та аналізом термограм. Окрім того, ми провели роботу над розробкою розрахунку тепловтрат будинку за результатами тепловізійного дослідження, що дозволяє визначити приріст втрат теплоти в грошовому еквіваленті та оцінити окупність робіт по усуненню джерел виникнення таких тепловтрат.

Для вирішення третього завдання запропоновано алгоритм оцінювання непевності тепловізійних вимірювань. Даний алгоритм дає можливість проводити оцінку непевності результатів тепловізійних вимірювань користувачам тепловізорів на основі інформації, отриманої від лабораторій, та розрахунків за запропонованими формулами. Для розрахунку непевності результатів тепловізійного дослідження ми пропонуємо проводити оцінку двох її складових, а саме: складової непевності результату вимірювання та складової непевності від засобу та методу вимірювання.

Наразі ми проводимо роботу над розробкою програми підготовки персоналу неруйнівного контролю у сфері ІЧ термографії, що включає лекції, самостійну роботу та практичну підготовку персоналу за трьома рівнями кваліфікації на основі теорії теплового випромінювання.

Останнє завдання щодо експериментальних досліджень перебуває на стадії розробки.

1. Мисюк Ю.П. Тепловізори як сучасні інтегровані технічні засоби охорони державного кордону / Ю.П. Мисюк // Міжнародний науково-технічний журнал «Світлотехніка та Електроенергетика». – 2011. – №3. – С. 43-49.

УДК 621.317 (043.2)

С.Р. Сунетчієва, аспірант

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ БРАКУВАЛЬНОГО ПОРОГУ ПРИ НЕГАУСІВСЬКИХ ЗАКОНАХ РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАТИВНИХ ОЗНАК

Ключові слова: неруйнівний контроль, композиційні матеріали, апроксимація законів розподілу, вірогідність контролю

Сучасну авіакосмічну галузь неможливо представити без використання композиційних матеріалів. Технологічний процес вироблення композиційних елементів конструкцій літаків є досить складним та чутливим до різного роду відхилень, що приводять до появи дефектів та неоднорідностей структури готового виробу. Ці дефекти викликають зміни фізико-механічних характеристик виробу в цілому та зменшення його міцнісних показників. В процесі експлуатації літального апарату елементи його конструкції також зазнають впливу навколишнього середовища, розрахункових та, різного роду, непередбачуваних механічних навантажень, що призводять до зміни стану КМ у формі таких дефектів як руйнація волокна, розшарування, руйнація матриці та інших. Високі вимоги до надійності авіаційної техніки викликають необхідність проведення неруйнівного контролю елементів конструкції як на етапі виробництва так і при експлуатації.

Для літаків, що використовуються на комерційних авіалініях максимально допустимий розмір дефекту для композитів складає 12,5 мм [2], для військових літаків, що експлуатуються із значно більшими навантаженнями, максимально допустимий розмір значно менше та залежить від елементу конструкції та технології його виробництва.

При дефектоскопії композиційних матеріалів стан зони контролю може бути розділено на два класи – бездефектний D_1 та дефектний D_2 . У випадку, коли при проведенні контролю використовується лише один інформативний параметр x , діагностичне правило матиме вигляд:

$$x < x_0 \in D_1 \text{ та } x > x_0 \in D_2, \quad (1)$$

де x_0 – деяке граничне значення інформативного параметра.

Внаслідок неоднорідності структури композиційних матеріалів, та неможливості, у більшості випадків, досягти строгої відповідності фізико-механічних характеристик виробів заданих у конструкторській документації або відтвореній стандартними зразками, криві законів розподілу інформативного параметру для дефектної та бездефектної зон можуть мати область перетину, що не дозволяє використовувати правило 1 для прийняття однозначно вірних рішень.

Для кількісної оцінки неправильно прийнятих рішень у теорії контролю застосовуються поняття ризику виробника або помилка другого роду α , у випадку якщо зона визначається як дефектна коли вона насправді є бездефектною, та ризику замовника або помилки першого роду β якщо зона визначається як бездефектна коли вона є дефектною. На рисунку а1 наведено схематичне представлення кривих розподілу контрольованого інформативного параметру, що відповідають діагнозам D_1 та D_2 , області помилок β та α та граничне значення інформативного параметру x_0 .

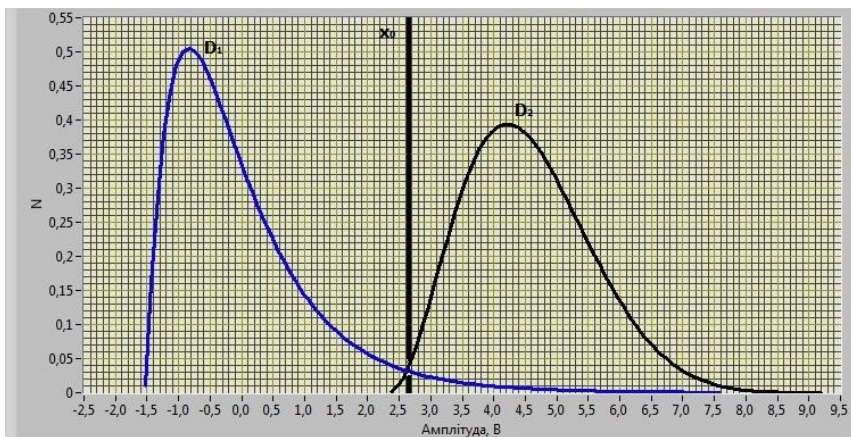


Рис. 1а. Криві розподілів інформативного параметру x у бездефектній D_1 та дефектній D_2 зонах контрольованого виробу

Визначення граничного значення інформативного параметру x_0 для його використання у правилі 1 може бути виконано декількома способами. В теорії контролю найчастіше використовуються методи мінімального ризику, метод мінімаксу та метод Неймана-Пірсона.

Однак перераховані вище методи вимагають апріорної інформації про закон розподілу інформативного параметру у вигляді аналітично заданої кривої розподілу. У більшості випадків закон розподілу інформативного параметру може бути зведений до нормального, або експоненціального, однак при неруйнівному контролі композиційних матеріалів, внаслідок їх природної неоднорідності можливі відхилення від цього правила[1].

Апроксимації закону пов'язана із необхідністю забезпечення достатньої достовірності контролю в умовах відмінності його виду від нормального. Зміна таких характеристик форми як ексцес та асиметрія впливає на оцінки граничного значення інформативного параметру x_0 , що визначається як квантиль розподілу для відповідного рівня довірчої імовірності. Заміна ФРЩ Гаусівським законом у випадках, коли емпіричний закон розподілу значно відрізняється від нього веде до зміщених оцінок x_0 . При чому зміщення буде тим більше чим більше буде ступінь відмінності. Неправильна оцінка безпосередньо впливає на достовірність контролю, підвищуючи імовірність неправильно прийнятого діагностичного рішення.

Для вирішення задачі апроксимації існує декілька шляхів. Один, запропонований Карлом Пірсоном, базується на знаходженні сімейства кривих, які дозволяють задовільно представити розподіли, що зустрічаються на практиці. Другий підхід, запропонований Брунсом, Грамом, Шарльє і Еджвортотом заснований на представленні вибраної щільності розподілу у вигляді ряду від похідних нормальної щільності. Було проведено експериментальне дослідження на основі запропонованих методів апроксимації.

У ході дослідження було визначено, що використання кривих Грама-Шарльє обмежено, оскільки при великих значеннях третього та четвертого моментів крива набуває від'ємних значень. Далі проводилося дослідження за допомогою кривих Пірсона, в ході якого було доведено що криві Пірсона універсальні та можуть бути використані при будь-яких значеннях моментів.

Приведені результати дослідження відносно похибки оцінювання квантилів при різних законах розподілу (різних коефіцієнтах асиметрії) інформативних параметрів (табл.1).

Таблиця 1

Рівень квантиля	Значення квантилів			Відносна похибка оцінювання, %	
	Умовно істинне	Апроксимація нормальним законом	Апроксимація кривими Пірсона	Нормальний закон розподілу	Криві Пірсона
$Sk=-1.2$					
0.05	0.91	0.6	1.0	75.82	9.89
0.1	2.12	2.55	2.5	20.28	17.93
0.9	8.25	8.94	8.3	8.36	0.6
0.95	8.47	9.8	8.75	15.7	3.3
$Sk=1.2$					
0.05	-2.46	-3.83	-2.63	55.69	6.91
0.1	-2.22	-2.91	-2.15	31.08	3.15
0.9	4.05	3.56	4.2	12.09	3.7
0.95	5.77	4.47	7.0	22.53	21.31

Як видно з таблиці, для квантилів рівнів 0.05 відносна похибка може досягати 55% - 75%, що є суттєвим при визначенні бракувального порогу для вирішального правила контролю.

1. Сунетчієва С.Р. Апроксимація законів розподілу інформативних параметрів при неруйнівному контролі композиційних матеріалів / Є.Ф. Сулов//Східно-Європейський журнал передових технологій «Радіотехнічні інформаційні засоби». 6/11 (60) 2012. — г.Харьков.: Технологический центр, 2012 – с.45-47.

2. Baker A., Stuart D., Kelly D, *Composite Materials for Aircraft Structures. Second Edition* / Alan Baker, Stuart Dutton, Donald Kelly. — Reston, Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004 — 569 p.

УДК 536.5

І. Волощук, студент, В.В. Паракуда, к.т.н., доц., Н.Є. Гоц, д.т.н., доц.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ЗАКОНІВ ВИПРОМІНЕННЯ В ТЕРМОМЕТРІЇ ЗА ВИПРОМІНЕННЯМ ДЛЯ РІЗНИХ СПЕКТРАЛЬНИХ ТА ТЕМПЕРАТУРНИХ ДІАПАЗОНІВ

Ключові слова: термометрія за випроміненням, закони випромінення, закон Планка

Термометрія за випроміненням базується на вимірюванні енергетичної яскравості теплового електромагнітного випромінення поверхні об'єкта дослідження (ОД) та порівнянні її з яскравістю абсолютно чорного тіла (АЧТ) при тій самій температурі. АЧТ – це ідеальний тепловий випромінювач, який має максимальну яскравість на всіх довжинах хвиль при відповідній температурі. АЧТ повністю поглинає випромінення, що падає на нього, незалежно від довжини хвилі, напрямку падіння і поляризації випромінення. Спектральні залежності енергії випромінення реальних тіл різняться, а отже описати їх єдиною аналітичною залежністю неможливо. У той самий час АЧТ має універсальний спектр розподілу енергії випромінювання. У зв'язку з цим в основі термометрії за випроміненням є закони випромінення для абсолютно чорного тіла.

Закон Планка описує функціональну залежність температури T поверхні АЧТ та спектрального розподілу його енергетичної яскравості $L_0(\lambda, T)$:

$$L_0(\lambda, T) = C_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot \left(e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1}, \quad (1)$$

де $C_1 = 3,7417749 \cdot 10^{-16}$ Вт·м²; $C_2 = 0,01438769$ м·К; λ – довжина хвилі випромінення.

Коли $\lambda T > 100C_2$, розходження за точністю визначення температури з формулою Планка не перевищує 10%. За умови $\lambda T \ll C_2$ значення $\exp[C_2/(\lambda T)] \gg 1$, а отже одиницею в знаменнику виразу можна знехтувати. У цьому випадку отримуємо закон Віна:

$$L_0(\lambda, T) = C_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot \left(e^{\frac{c_2}{\lambda T}} \right)^{-1}. \quad (2)$$

Коли $\lambda T \ll 0,218C_2$, то результат буде відрізнятися від розрахунку за формулою Планка менше, ніж на 1%. За умови $\lambda T \gg C_2$, співвідношення $C_2/(\lambda T) \ll 1$. У цьому випадку доцільно користуватися законом Стефана-Больцмана - сумарна потужність, що випромінюється АЧТ в півсферу по всіх довжинах хвиль, в межах, що відповідаються спектру теплового випромінення пропорційна четвертій степені його абсолютної температури та визначається як:

$$L(T) = \sigma T^4, \quad (3)$$

де σ – стала Стефана-Больцмана, $\sigma = 5,6686 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²(К⁴))

Спектральний розподіл енергетичної яскравості реального випромінювача $L_B(\lambda, T)$ визначається як:

$$L_B(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda, T) \cdot L_0(\lambda, T). \quad (4)$$

В процесі вимірювання потоку випромінення від об'єкта в реальних умовах сумарна енергетична яскравість, що сприймається пірометричним перетворювачем, $L_\Sigma(\lambda, T)$ складається з наступних складових:

$$L_\Sigma(\lambda, T) = [\varepsilon(\lambda, T) \cdot L_0(\lambda, T) + (1 - \rho(\lambda, T)) \cdot L_F(\lambda, T) \cdot \tau(\lambda, T) + L_C(\lambda, T)], \quad (5)$$

де $L_F(\lambda, T)$ – енергетична яскравість багатократно відбитого фонового випромінення сторонніх об'єктів; $L_C(\lambda, T)$ – енергетична яскравість проміжного середовища; $\tau(\lambda, T)$ - коефіцієнт пропускання проміжного середовища.

За результатами дослідження можна стверджувати таке. В залежності від ширини спектрального каналу пірометра, вихідний сигнал приймача випромінення визначається:

- для монохроматичної реєстрації випромінення в видимому спектральному діапазоні:

$$U(\lambda, T) = k \cdot \psi(\lambda, T) \cdot L(\lambda, T) d\lambda, \quad (6)$$

де $\psi(\lambda)$ - апаратна функція пірометра, k – геометричний коефіцієнт, $L(\lambda, T)$ – спектральна енергетична яскравість;

- для часткової реєстрації випромінення ділянки спектра у інфрачервоній області

$$U(\lambda, T) = k \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \psi(\lambda, T) \cdot L(\lambda, T) d\lambda ; \quad (7)$$

• для реєстрації інтегрального випромінення в широкому спектральному інтервалі, коли за межами спектральної чутливості приймача залишається незначна доля енергії випромінення і апаратна функція не залежить від довжини хвилі сприйнятого випромінення

$$U(\lambda, T) = k \cdot \int_0^{\infty} L(\lambda, T) d\lambda = k \cdot \varepsilon_i \cdot \sigma \cdot T^4 . \quad (8)$$

Формули (6)-(8) описують можливі способи реєстрації теплового випромінення в залежності від області спектральної чутливості приймача випромінення. Також реєстрація випромінення може здійснюватися в одному, двох або декількох спектральних каналах.

1. Рибо Г. *Оптическая пирометрия*. М., Л.: Гостехтеориздат, - 1934, 455 с.
2. Гаррисон Т.Г. *Радиационная пирометрия*. М: Мир, - 1964, 248 с.
3. Свет Д.Я. *Объективные методы высокотемпературной пирометрии при непрерывном спектре излучения*. М: Наука, - 1968, 236 с.
4. Гордов А.Н. *Основы пирометрии*. М.: Металлургия, - 1971, 446 с.
5. Свет Д.Я. *Оптические методы измерения истинных температур*. М: Наука, -1982, 296 с.
6. Ранцевич В.Б. *Пирометрия при посторонних источниках излучения*. Минск: Наука и техника, - 1988, 152 с. 7. Госсорг Ж. *Инфракрасная термография. Основы, техника, применение: Пер. с фр.* - М.: Мир, 1988. - 399 с.

Р. І. Байцар, д.т.н., проф., Ю. М. Кордіяка, аспірант

РОЗВИТОК МЕТОДІВ ВИПРОБУВАНЬ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Ключові слова: косметична галузь, вимірювання, нормовані показники, якість, безпека, нормативно-технічне забезпечення

Кожна людина щоденно користується тими чи іншими косметичними засобами широкого асортименту різного призначення, котрі допомагають підкреслити переваги і приховати недоліки зовнішності та виконують гігієнічні, профілактичні та естетичні функції. Потрібно відзначити, що косметична продукція безпосередньо взаємодіє з людським організмом, тому її застосування пов'язано зі здоров'ям та самопочуттям споживачів. Важливість показників безпеки цих товарів постійно зростає та є визначальним критерієм при їх придбанні. Забезпечення безпеки та відповідної якості косметики на вітчизняному ринку є головним завданням нормативно-технічного регулювання даної галузі та залежить від результатів наукових досягнень.

Український ринок косметичної продукції є одним з найбільш перспективних серед інших непродовольчих товарів, котрий характеризується посиленою конкурентною боротьбою. Для об'єктивного оцінювання якості вітчизняних і імпортованих товарів необхідне належне нормативно-технічне забезпечення.

Нормативна база виробництва та реалізації косметичних виробів в Україні налічує понад 120 стандартів. Серед них 69 міждержавних стандартів (ГОСТ) і 32 національних стандартів України (ДСТУ). Також виділимо 25 стандартів організації України, котрі визначають загальні технічні умови на різні види косметичних засобів та 21 стандарт ISO, рекомендаціями яких користуються при визначенні мікробіологічних показників безпеки. Основу нормативної бази складають стандарти на основну сировину – ефірні масла, запашні речовини та продукти їх синтезу. Це 40 національних та 19 міждержавних стандартів, 33 з яких регламентують методи випробувань, проте 16 гармонізовані відповідно до європейських вимог. ДСТУ ISO 279:2002 Олії ефірні. Визначання відносної густини за температури 20 °С. Контрольний метод (ISO 279:1998, IDT), ДСТУ ISO 280:2002 Олії ефірні. Визначання показника заломлення (ISO 280:1998, IDT), ДСТУ ISO 1279:2006 Олії ефірні. Визначення карбонільного числа потенціометричними методами з використанням гідрохлориду гідроксиламіну (ISO 1279:1996, IDT) та ін. Потрібно зазначити, що це єдина галузь в косметичній промисловості, де розроблено достатньо документації. Методи випробувань інших косметичних виробів встановлюються лише 11 окремими міждержавними стандартами. Це документи, що описують методи визначення етилового спирту для парфумерно-косметичних товарів, температури краплепадіння, водневого показника, стабільності емульсії, кислотного числа, вмісту хлоридів та поверхнево-активних речовин, миючої здатності для шампунів та ін. Ці стандарти є застарілими і потребують негайного оновлення, адже відповідно до Загальнодержавної програми адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу поставлений на обговорення проект постанови Кабінету Міністрів України "Про затвердження Технічного регламенту щодо безпеки косметичної продукції". Запропонованим проектом постанови передбачається встановлення основних вимог щодо розроблення, виробництва, оцінювання безпечності та ефективності косметичної продукції та введення її в обіг.

Згідно з проектом зазначеного регламенту однією з вимог безпечності парфумерно-косметичної продукції та мила є відповідність виробництва принципам належної виробничої практики GMP (Good Manufacturing Practice), котрі передбачають: чітку регламентацію всіх виробничих процесів і контроль процесу випуску готової продукції; проведення перевірки тих стадій виробництва, які можуть впливати на якість; наявність необхідних приміщень та обладнання; забезпечення сировиною, пакувальними і іншими матеріалами необхідної якості, їх правильне зберігання та транспортування; наявність чіткої і однозначної нормативної документації для кожного конкретного виробництва; навчений персонал. Також практика GMP регламентує реєстрацію всіх етапів виробництва і зберігання поточної виробничої документації, включаючи документацію з реалізації готового продукту [1]. Ці вимоги неможливо виконати без елементарного оновлення методів випробувань, котрі на десятки років поступаються європейським [2, 3]. Крім того, косметична продукція є специфічною за своїм призначенням та застосуванням, тому її потрібно відносити до сфери державного регулювання, а не вносити зміни до інших

нормативно-правових актів, які б могли паралельно регулювати ще й відносини у сфері обігу косметичної продукції.

Для виробництва, ввезення та подальшої реалізації косметичної продукції потрібно пройти низку перевірок. На косметичну продукцію є обов'язковим отримання сертифіката якості або декларації відповідності. Проводиться сертифікація косметики в системі сертифікації УкрСЕПРО. Якщо реалізації піддається лише партія товару, то потрібно отримати декларацію відповідності. В обов'язковому порядку косметична продукція повинна пройти гігієнічну оцінку, щоб визначити її безпеку при використанні. Важливо, що для реалізації косметичних засобів та парфумерії на території України рекомендовано добровільну сертифікацію. В іншому випадку виробникам немає можливості увійти на ринок та розвиватися в даній галузі. Проте варто зазначити, що згідно законодавства, обов'язковій сертифікації підлягають лише ті товари, актами законодавства або нормативною документацією на які встановлені вимоги, що забезпечують безпеку розглянутої продукції для життя, здоров'я і майна громадян. Особливістю є те, що підтвердженню підлягають тільки показники безпеки, а не показники функціональної придатності, що визначають якість продукції. Згідно Переліку продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні, лише парфумерно-косметична продукція, що вміщує поверхнево-активні речовини: шампуні, гелі для душу, рідке мило, засоби для укладання та завивання волосся підлягає обов'язковій сертифікації [4]. Декларування та сертифікація косметики проводяться поетапно. Спочатку слід оформити свідоцтво державної реєстрації. Потім потрібно отримати необхідні протоколи сертифікаційних випробувань. І на підставі цього в підсумку оформити сертифікат відповідності. Лабораторні випробування проводяться на типових зразках косметичної продукції. В комплекс випробувань входять: мікробіологічні, фізико-хімічні та клінічні випробування, котрі проводять згідно визначених нормативних методик. Мікробіологічні випробування відображають безпеку парфумерно-косметичної продукції для здоров'я людини й обумовлені якістю сировини і санітарно-гігієнічним рівнем виробництва. Вони базуються на відсутності або обмеженні допустимого рівня вмісту патогенних, потенційно-патогенних мікроорганізмів для здоров'я людини, що повинні гарантувати безпеку продукції при умовах застосування відповідно до призначення протягом гарантійного терміну збереження. До обов'язкових клінічних показників безпеки відносять індекси «гострої» та «хронічної» токсичності при нанесенні на шкіру, індекси шкірно-подразнюючої дії, подразнюючої дії на слизову оболонку очей, фотосенсибілізуючої та сенсибілізуючої дії, «гострої» та «хронічної» токсичності при введенні в шлунок, індекс негативної дії на стан шкіри людини, її придатків і слизових оболонок в умовах практичного використання парфумерно-косметичних засобів. Оскільки 13 березня 2013 в Європейському союзі набула чинності повна заборона на продаж і ввезення косметичних засобів, які були тестовані на тваринах де завгодно в світі, то актуальним напрямком досліджень є пошук альтернативних методів визначення клінічних показників безпеки косметичних засобів. Наприклад, лабораторія SeeTox вперше почала використовувати тести, придатні на клітині людини в пробірці (in vitro), розвиваються методи мікродозування за участю добровольців. Цікавими є розробки американських компаній для створення 3D-друкованої людської шкіри для випробувань косметичних засобів. Такі розробки є дуже цікавими та перспективними, адже відкривають значні можливості на принципово новому рівні вимірювань.

Звернемо увагу на фізико-хімічні методи випробувань, котрі визначають не тільки безпеку виробів, але й істотно доповнюють інформацію про якість за функціональним призначенням. До них відносяться: показники складу, рН, температура краплепадіння, колоїдна стабільність, термостабільність, пінне число і стійкість піни, умовна в'язкість, швидкість висихання, адгезія та ін. Варто зазначити, що косметичний засіб - це складна багатокомпонентна суміш речовин поєднана за певною технологією. Косметична галузь визнана однією із найвідкритіших для реалізації нових наукових розробок. Так як постійно зростають вимоги споживачів до якості косметики, то постійно відбувається її вдосконалення та надання нових властивостей через зміну в рецептурах чи покращення технологій виробництва. Тому існуючі регламентовані методи випробувань, зокрема фізико-хімічні, є обмеженими та застарілими. Вони вводились в дію понад 30 років тому і не враховують сучасний стан науки, техніки та перспективи розвитку косметичної галузі [5]. Вони стали малоінформативними для точного визначення показників якості та безпеки. Наведемо кілька простих прикладів.

Шампуні займають вагомe місце серед продуктів косметичної промисловості. На перших етапах свого розвитку вони відносилися виключно до засобу гігієни, та надалі ринок зажадав

наявності додаткових функцій, котрі можна досягнути лише покращенням рецептури засобу. Якість піни – важлива реологічна властивість шампуню, що впливає на його здатність виконувати своє функціональне призначення. Піноутворення є показником хімічного складу мийних косметичних засобів, що містять певний набір поверхнево-активних речовин (ПАР).

Важливим є той факт, що солі твердості води знижують активність ПАР, утворюючи осад стеарату кальцію і магнію. Чим вищий показник твердості води, тим гірше піниться косметичний засіб на основі ПАР, котрий розчиняють у цій господарсько-питній воді, як наслідок – досягається незадовільний ефект при використанні, що істотно впливає на якість косметики. Проводились випробування шампуню за стандартизованою методикою та визначалось показники пінного числа та стійкості піни. Встановлено, що при стандартних випробуваннях ці показники залежать від твердості води у якій розчиняють зразок [6]. Проте ця залежність не врахована в нормативних документах.

У наш час попитом користуються засоби догляду за волоссям та косметичні креми, котрі містять УФ-фільтри. Проте, в Україні не контролюється вміст УФ-фільтрів, зокрема бензофенонів, хоча продукція, в якій містяться дані сполуки активно використовується. Досі не існує стандартизованої методики для аналізу УФ-фільтрів в косметичних засобах. Потрібно зазначити, що не приділено також належної уваги нормованому значенню кількісного вмісту УФ-фільтрів в косметичній продукції, зокрема шампунях. Чинник внесення до складу косметичної продукції цих хімічних сполук практично не регламентований.

Важливим напрямком досліджень є методи визначення наноматеріалів в косметиці, адже проект Технічного регламенту щодо безпечності косметичних засобів, який відповідає Регламенту ЄС № 1223/2009, містить імперативні вказівки щодо реалізації косметичних засобів з наноматеріалами [7]. Проте, такі загальні положення не підкріплені іншими нормативними актами, що робить неможливим виконання умов регламенту. Методи випробувань наноматеріалів не визначені, тому говорити про оцінку їх безпечності та певні норми є неможливо.

Отже, для поліпшення якості та безпеки, розширення асортименту продукції, забезпечення її конкурентоспроможності необхідні чіткі, поетапні кроки, оскільки більшість стандартів були прийняті ще в 70-ті роки минулого століття і не відповідають сучасному рівню розвитку технологій, процесам впровадження у виробництво нових інгредієнтів. Необхідно провести оновлення не тільки нормативного забезпечення найвищого рівня, а й значну увагу приділити методам випробувань їх покращенню у відповідності з європейськими стандартами. Потрібно зазначити, що косметика є специфічною за асортиментом, призначенням та застосуванням, тому її необхідно чітко виділити серед інших непродовольчих товарів та віднести до сфери належного державного регулювання. Внесення змін до загальних нормативно-правових актів, котрі могли б паралельно регулювати ще й відносини у косметичній галузі є не ефективним.

1. Державний навчальний центр з належної виробничої, дистрибуторської практики [електронний ресурс] // Режим доступу: <http://gmpcenter.org.ua/posilannja>.

2. Développement et contrôle de produits cosmétiques - Formulation 2009 - 10 impasse borde basse 31240 L'Union France – Note d'application [електронний ресурс] // Режим доступу: www.formulation.com.

3. Pesage en laboratoire - Les bonnes pratiques / METTLER TOLEDO // [електронний ресурс] // Режим доступу: <http://fr.mt.com/fr/fr/home.html>.

4. Наказ Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 01.02.2005 р. №28 про Перелік продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні.

5. Кордіяка Ю. М. Актуальні проблеми та перспективи розвитку косметичної галузі / Ю. М. Кордіяка, Р. І. Байцар // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Автоматика, вимірювання та керування. – 2015. – № 821. – С. 44-50.

6. Кордіяка Ю. М. Нормовані показники якості піномийних косметичних засобів, що забезпечують покращення їх реологічних властивостей/Ю. М. Кордіяка, Р. І. Байцар, М. С. Міхалева// Вісник Національного університету «Львівська політехніка» . - Вимірювальна техніка та метрологія»: наук.-техн. зб. – 2015. – Вип. 75 – С. 107-110.

7. Кордіяка Ю. М. Нанотехнології у косметичній галузі/ Ю. М. Кордіяка, Р. І. Байцар // Технологічний аудит та резерви виробництва: наук.-техн. зб. – 2014. – №1/3(15). – С. 15–17.

УДК 621.317.089.6, УДК 004.4

І. П. Микитин, д.т.н., проф., О. М. Олеськів, м.н.с.

СТРУКТУРИ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ТА АЛГОРИТМИ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЇХ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Ключові слова: засіб вимірювання, програмне забезпечення, метрологічна перевірка, вбудована система керування, кібер-фізична система, алгоритм

Вступ. На сьогоднішній час інформаційні технології проникають практично у всі сфери людської діяльності. Об'єкти з вбудованими системами керування (ВСК), які об'єднані між собою через глобальні мережі, дозволяють частково або повністю усунути людину з процесу діяльності, утворюючи технічну базу кібер-фізичних систем (КФС) [1, 2]. Інфраструктура КФС (рис. 1) в основному складається з підсистем, електронні компоненти яких реалізуються через ВСК, що отримують інформацію про навколишнє середовище за допомогою первинних перетворювачів (ПП) та засобів вимірювання і можуть впливати на нього через виконавчі механізми (ВМ) [3, 4].

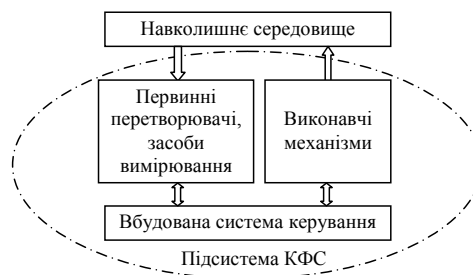


Рис.1. Структурна схема підсистеми КФС

Враховуючи широке застосування мікропроцесорної та мікроконтролерної техніки, опрацювання вимірювальної інформації та отримання результатів вимірювання реалізується переважно програмним способом. Якщо результат вимірювання має похибку, що перевищує допустимі значення, то дія ВМ на об'єкт може бути неправильною. Це може призвести до некоректного функціонування КФС та небажаних наслідків, а інколи і до небезпеки життю людини. Тому необхідно проводити метрологічну перевірку програмного забезпечення КФС.

Метою роботи є аналіз структур кібер-фізичних систем та розроблення алгоритмів віддаленої багаторівневої метрологічної перевірки програмного забезпечення КФС.

Структури кібер-фізичних систем. Організація структури КФС може відбуватися двома способами (рис. 2):

1. Всі підсистеми КФС є рівноправними, здатні самостійно формувати задачі і разом з іншими компонентами брати участь у їх вирішенні, проводять самоперевірку, самодіагностику, самоналаштування, тощо (рис. 2А). При організації роботи КФС з рівноправними підсистемами одна із підсистем, залежно від поставленого завдання, бере на себе функцію головної (стає керівником і виконавцем одночасно). Всі інші підсистеми є виконавцями. Така система є універсальною, але потребує складного програмного забезпечення.

2. Є основна підсистема, яка здійснює контроль та перевірку всіх інших підсистем, засобів вимірювання та первинних перетворювачів (рис. 2Б). У даному випадку тільки одна із підсистем має функції керівника та виконавця. Всі інші підсистеми є виконавцями. У цьому випадку ПЗ підсистем буде набагато простішим, але є можливість виникнення перевантаження основної підсистеми різнорідними задачами, що може призвести до сповільнення роботи або збою КФС.

У обох варіантах реалізації КФС має бути врахована можливість ініціювання перевірки усіх компонентів людиною.

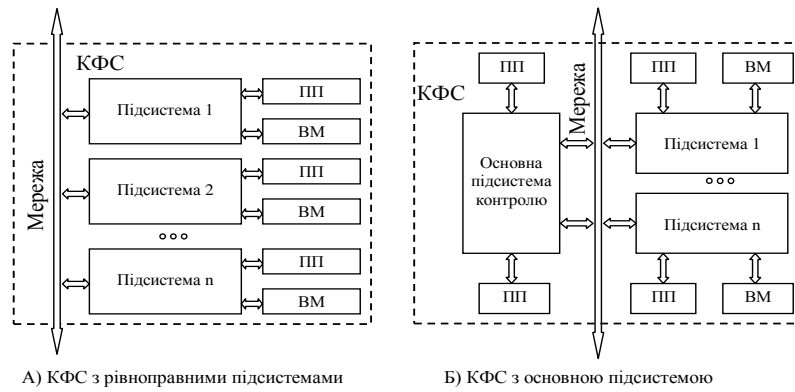


Рис.2. Структури КФС

Багаторівнева метрологічна перевірка КФС. Метрологічна перевірка КФС є достатньо складною процедурою, тому що підсистеми КФС, можуть розташовуватися у будь-якому куточку земної кулі. Враховуючи таку специфіку КФС, як «засобу вимірювання» запропоновано багаторівневу метрологічну перевірку КФС. Метрологічна перевірка КФС має відбуватися на всіх етапах функціонування, розпочинаючи з самоперевірки первинних перетворювачів і закінчуючи загальною метрологічною перевіркою КФС, яка може бути ініційована основною підсистемою або обслуговуючим персоналом КФС, якщо виникли сумніви щодо коректності функціонування КФС або прийшов час планової перевірки. Ієрархія ініціювання метрологічної перевірки КФС представлена на рис. 3.

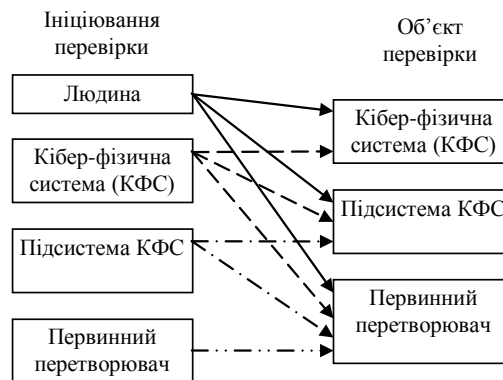
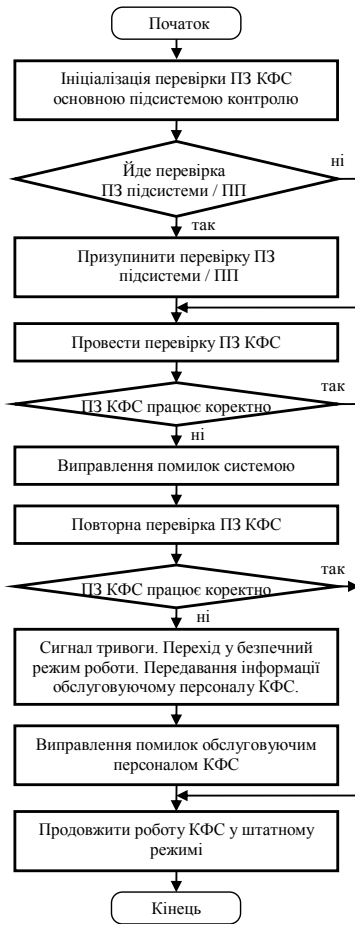


Рис.3. Ієрархія ініціювання метрологічної перевірки КФС

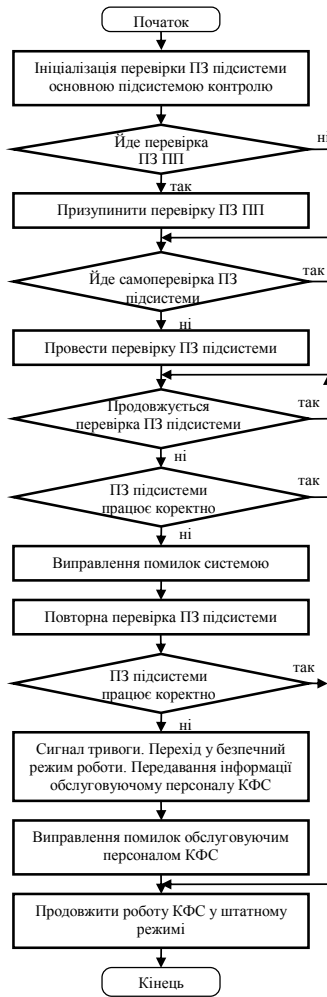
Алгоритми метрологічної перевірки ПЗ КФС. На системному рівні ПЗ виконуватиме організацію роботи КФС, формування завдання та контроль правильності його виконання, розподіл завдань між підсистемами тощо. На рис. 3А представлено алгоритм метрологічної перевірки ПЗ КФС. Ініціювання метрологічної перевірки ПЗ на системному рівні здійснюватиме основна підсистема. Якщо в цей час триває перевірка ПЗ підсистеми, або ПП, то вона буде призупинена. Якщо ПЗ системи пройшло метрологічну перевірку, то КФС продовжить працювати в звичайному режимі до наступної перевірки. Якщо метрологічну перевірку не пройдено, то КФС намагатиметься усунути недоліки самостійно або/ї повідомляє про це користувачу.

На рис. 3Б представлено алгоритм метрологічної перевірки ПЗ підсистеми. Основна підсистема ініціює перевірку ПЗ підсистеми. Підсистема теж може ініціювати перевірку свого ПЗ. Якщо в цей час йде перевірка ПЗ ПП, то вона буде призупинена. Якщо вже відбувається перевірка ПЗ підсистеми, то достатньо дочекатися її завершення без проведення ідентичної перевірки. Подальший алгоритм перевірки аналогічний перевірці ПЗ на системному рівні.

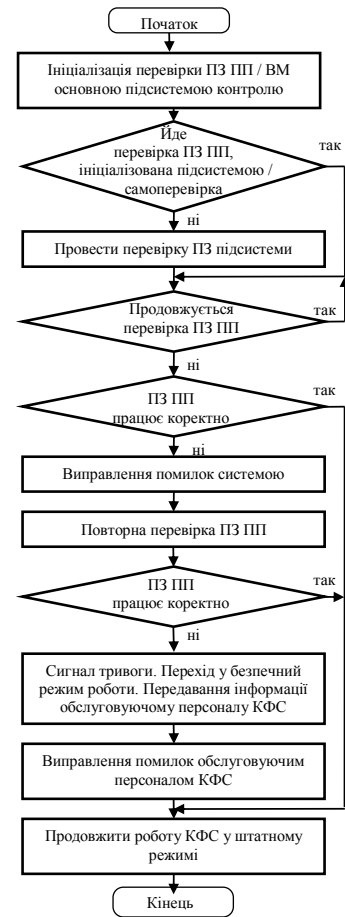
На рис. 3В представлено алгоритм метрологічної перевірки ПЗ ПП. Ініціювати метрологічну перевірку ПЗ ПП можуть основна підсистема, підсистема, до якої належить ПП, а також ПП може самостійно проводити перевірку ПЗ. Подальший алгоритм метрологічної перевірки ПЗ первинного перетворювача аналогічний перевірці ПЗ на системному та підсистемному рівнях.



А) Системний рівень



Б) Підсистемний рівень



В) Рівень ПП

Рис. 5. Алгоритми метрологічної перевірки ПЗ КФС

Висновки:

1. Представлено два способи організації структури КФС.
2. Запропоновано багаторівневу метрологічну перевірку КФС.
3. Розроблено алгоритми метрологічної перевірки ПЗ КФС на рівні системи, підсистеми та ПП. Запропоновані алгоритми описують можливий варіант метрологічної перевірки ПЗ КФС на різних рівнях. В ідеалі людський фактор буде виключений із процесу перевірки. Людина братиме участь у метрологічній перевірці ПЗ КФС тільки тоді, коли КФС не зможе самостійно усунути виявлені недоліки.

1. Jiafu Wan, Hehua Yan, Hui Suo, Fang Li, *Advances in Cyber-Physical Systems Research // KSII Transactions On Internet And Information Systems, Vol. 5, NO. 11, November 2011. – pp. 1891-1908.*

2. *Cyber-physische Systeme. [Електронний ресурс] – Режим доступу до інформації: <http://www.enzyklopaedieder-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/cyber-physische-systeme>.*

3. *Cyber-Physical Systems Security for the Smart Grid. [Електронний ресурс] – Режим доступу до інформації: http://csrc.nist.gov/news_events/cps-workshop/cps-workshop_abstract-8_cardenas.pdf.*

4. *Catsoulis J. Designing embedded hardware // O'Reilly, pp. 26-29, 2005.*

УДК 006.91

А. К. Андриюшко, к.э.н., Ю.М.Карелин, к.т.н., с.н.с., В.П.Маматов, к.э.н., доц.

НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

Ключевые слова: Соглашение об ассоциации с ЕС; Европейский рынок; технические барьеры в торговле; оценки соответствия; Глобальный подход; нотифицированными органами; маркировка знаком СЕ

Начиная с 2000 года на многих предприятиях Днепропетровской области с нашим участием были созданы и сертифицированы на национальном и международном уровне СМК в соответствии требованиями ИСО серии 9000.

Это позволило значительно повысить качество и конкурентоспособность продукции региона и позиционировать Приднепровье как Регион - Лидер.

Отвечая на вызов времени вообще, и предпринимателей конкретно, участники круглого стола в г. Днепропетровске 26 ноября 2015г рассмотрели один из злободневных вопросов современной Украины - «Выявление основных тенденций и особенностей Украина-Европейских торгово-экономических отношений после ратификации Соглашения об ассоциации с ЕС. Обретение инструментов активизации продвижения украинских товаров на Европейский рынок».

Анализируя современное состояние национальной экономики, выступающие подчеркивали, что в ней сложились угрожающие диспропорции. Специалистов беспокоит, что финансовый капитал превратился в самодостаточную систему, отдаленную от реального сектора экономики, особенно – малого и среднего бизнеса. В настоящее время большинство украинской промышленности остается в индустриальной фазе.

Власть должна ориентировать деловые круги на скорейшее достижение высоких результатов, чтобы совершенство и качество, развитая деловая культура стали основой конкурентоспособности и социальной ответственности.

Необходимо безотлагательно принять меры активизации внутреннего рынка, так как ситуация осложняется еще и тем, что в структуре украинского экспорта Россия занимала первое место. Отечественный товаропроизводитель привык работать в системе технического регулирования, которая удовлетворяла обе стороны. В целом сумма украинского товарооборота составляла более 20 млрд. долл. США. Сейчас наша продукция не может попасть на европейский рынок потому, что не соответствует его требованиям.

Украина, как член ВТО, пытаясь создать общий рынок с ЕС, обязана приводить свою практику технического регулирования, в соответствие требованиям Соглашения ВТО по техническим барьерам в торговле и требованиям и практике, существующих в ЕС.

При реформировании своей экономической системы, Украине целесообразно использовать практический опыт стран Балтии и Польши.

При экспорте продукции в страны – члены ЕС и в Европейскую экономическую зону (ЕЭЗ), перед украинскими товаропроизводителями актуальным стоит задача перехода на Европейские модели производства и оценки соответствия произведенной продукции перед введением ее в обращение.

В 2015 году начал реализовываться Проект Евросоюза в Украине «Дополнительные мероприятия по выполнению Программы поддержки отраслевой политики. Содействие взаимной торговле путем устранения технических барьеров в торговле между Украиной и ЕС».

Украина – страна со значительным потенциалом, имеет:

- богатые природные ресурсы (уголь, железная руда и другие полезные ископаемые);
- высокие показатели производительности в сельском хозяйстве;
- талантливых ученых и инженеров;
- образованный и квалифицированный персонал.

Украина является одним из ведущих технологических центров бывшего Советского Союза: Аэрокосмическая группа: Южмаш - Днепропетровск; Антонов - Киев; Мотор Сич - Запорожье; Турбоатом – Харьков.

Украина имеет общие границы с 4 европейскими странами (Польша, Словакия, Венгрия и Румыния), поэтому ЕС является безусловным торговым партнером для Украины.

Основным документом для реализации намеченных задач является «Руководство по внедрению Директив на основе Нового подхода и Глобального подхода» Европейской Комиссии.

ЕС является регионом, в котором свободное движение товаров стало возможно благодаря тому, что были устранены технические барьеры в торговле.

Свободное движение товаров является краеугольным камнем единого рынка, который был создан 31 декабря 1992 в Европейском Союзе.

Если продукция, произведенная как в странах ЕС, так и в третьих странах, размещается на Европейском рынке, она должна соответствовать существенным требованиям и должна пройти все процедуры оценки соответствия, предусмотренные для данной группы продуктов в Европейских Директивах.

Если продукция соответствует тем требованиям, которые установлены в Европейском Союзе, она в то же время удовлетворяет требования ЕЭЗ включающей, в дополнение к 28 странам-членам ЕС, еще Исландию, Лихтенштейн и Норвегию. Экспорт продукции в ЕЭЗ означает выход на рынок с более чем 500 миллионами потребителей, который дает более 30% общего объема мирового производства.

Создание единого рынка к 31 декабря 1992 могло быть достигнуто только с помощью новой регуляторной техники, которая была заложена Резолюцией Совета Европы еще в 1985 году получившего название - Новый подход, к технической гармонизации и стандартизации.

Эта новая регуляторная техника была разработана с целью устранения технических барьеров в торговле в странах Европейского Союза, вызванных существованием различных национальных технических регламентов и технических стандартов в странах-членах ЕС.

В дополнение к принципам Нового подхода были необходимы условия для надежной оценки соответствия.

Этот подход разделяющий оценку соответствия на ряд операций (модулей), был введен резолюцией Совета Европы 1989 как Глобальный подход к сертификации и испытаниям.

Глобальный подход был утвержден Решением 90/683 / ЕЕС для модулей для разных этапов процедуры оценки соответствия, которые предназначены для использования в технических директивах по гармонизации.

Кроме того, в этом Решении также, содержались правила нанесения и использования знака соответствия СС.

На основе Нового подхода и Глобального подхода были разработаны Директивы Нового подхода и пересмотрены некоторые Директивы, которые уже существовали.

В Директивах по гармонизации применяются следующие принципы:

- гармонизация законодательства ограничивается существенными требованиями, которым должна соответствовать продукция, если она размещается на рынке Европейского Союза;
- подробные технические характеристики продукции, отражающие существенные требования в конкретном виде, изложенные в гармонизированных стандартах, ссылки на которые публикуются в «Официальном журнале Европейского Союза»;
- применение гармонизированных стандартов остается добровольным, и товаропроизводители имеют право свободно избирать любое другое техническое решение, обеспечивающее соблюдение необходимых существенных требований.

Но производить продукцию в соответствии с гармонизированными стандартами выгоднее, поскольку применение таких стандартов предоставляет презумпцию соответствия существенным требованиям соответствующей Директивы.

Директивы Нового подхода касаются стран-членов ЕС, которые обязаны должным образом переносить их без изменения содержания в свои национальные законодательные акты. Директивы Нового подхода являются общими директивами по гармонизации.

Это означает, что положение этих директив заменяют все соответствующие положения национального законодательства.

Цель Директивы Нового подхода заключается в защите общественных интересов в отношении здоровья и безопасности людей, охраны окружающей среды, имуществу и тому подобное.

Таким образом, Директивы Нового подхода имеют целью предотвратить размещение на рынке и вводу в эксплуатацию несоответствующей продукции.

Директивой предусматривается ответственность за вред, причиненный дефектной продукцией, ей охвачена любая произведенная в ЕС или импортирована в ЕС дефектная продукция, которая нанесла ущерб физическим лицам или имуществу.

Изначально необходимо производить качественную и безопасную продукцию, предполагая поставлять ее на рынок Евросоюза.

Для того, чтобы установить, какие именно существенные требования к определенной продукции, производитель должен провести оценку риска. Эта оценка должна быть документально оформлена и включена в технической документации.

В концепции Директив Нового подхода гармонизированные европейские стандарты играют ведущую роль. С одной стороны, они предлагают решения и средства, с помощью которых могут быть удовлетворены существенные требования Директивы. С другой стороны, они позволяют сориентироваться относительно приемлемого уровня безопасности, что отражает «состояние науки и техники».

Согласно Глобального подхода оценка соответствия делится на восемь основных модулей и несколько подмодулей, которые включают процедуры, применяемые к различной продукции. Модули касаются или этапа разработки продукции, или этапа ее производства, или же обоих этапов.

В зависимости от риска, связанного с продукцией, оценка может базироваться на привлечении собственно товаропроизводителя или независимой третьей стороны, так называемого «нотифицированными органа».

Основой некоторых модулей есть методы обеспечения качества. Они могут помочь товаропроизводителю в одновременном соблюдении требований Директив и удовлетворении потребностей клиентов.

Внедрение системы качества на основе стандартов серии EN ISO 9000 предоставляет презумпцию соответствия соответствующим модулям Директив в отношении тех положений, которые охватываются этим стандартом, и при условии, что система качества позволяет товаропроизводителю продемонстрировать, что продукция соответствует существенным требованиям соответствующей Директивы.

Обычно Директивы Нового подхода требуют проведения набора разнообразных процедур оценки соответствия в зависимости от рисков, связанных с группой продукции. Среди этих процедур может предусматриваться привлечения независимой третьей стороны, так называемого нотифицированными органа.

Большинство продукции, подпадающей под действие Директивы Нового или Глобального подхода, при ее размещении на рынке ЕС или ЕЭЗ должна быть маркирована знаком СЕ.

В то время как контроль на стадии размещения продукции на рынке Евросоюза был сокращен до минимума, рыночный надзор стал важным инструментом обеспечения выполнения директив Нового подхода.

Поскольку граждане ЕС имеют право на одинаковый уровень защиты.

Таким образом, для Украинского товаропроизводителя, может быть предложен следующий алгоритм выхода на свободный рынок Евросоюза:

- Имеется продукция достойная по мнению товаропроизводителя рынка Евросоюза и есть большое желание на ее реализации заработать.

- На предприятии действует и сертифицирована международным ОС СМК.

- Проведен маркетинг.

- Изучены соответствующие Директивы и Евронормы.

- Для подтверждения соответствия продукции Важнейшим требованиям ЕС выбран нотифицированный орган.

- Подготовлена Декларация и продукция маркирована знаком СЕ.

Обсуждение указанных вопросов позволило ученым и предпринимателям - практикам сделать вывод о сдерживающих проблемах при внедрении европейского законодательства и подходов в Украине. Основные среди них:

- Отсутствие эффективного механизма координации действий по имплементации европейских норм и правил технического регулирования на региональном уровне и субъектами хозяйствования независимо от форм собственности.

- Консервативность мышления отдельных государственных служащих, особенно юристами.

- На предприятиях малого и среднего бизнеса практически отсутствуют специалисты с опытом работы в сфере делового совершенства и качества, созданию системных технологических комплексов управления качеством продукции и производством. Низкий уровень мотивации ответственных за внедрение (имплементацию) законодательства ЕС в Украине.

- Отсутствие эффективной системы отслеживания изменений в соответствующем законодательстве ЕС и оперативного законодательного реагирования в Украине, низкий уровень специалистов владением языками стран ЕС и неудовлетворительное качество перевода актов законодательства ЕС.

- Неудовлетворительное качество управления средствами государственного и региональных бюджетов, в том числе переданными в рамках программ бюджетной поддержки ЕС.

- Отсутствие желания у предпринимателей выделять средства на образование соответствующих структурных подразделений на предприятии, и ряд других.

Предлагаются следующие мероприятия для активации введения требований и практики ЕС.

Обратится к:

- депутатам Верховной Рады Украины, избранных от Днепропетровской области, с предложением о проведении заслушивания ответственного лица в государстве за проведение работы по имплементации законодательства ЕС в Украине;

- Министерству экономического развития и торговли Украины с просьбой принять меры:

а) по совершенствованию метрологической системы Украины с целью соблюдения норм и требований Европейского законодательства о признании результатов измерений;

б) исходя из необходимости, предлагать определения ННЦ «Институт метрологии» в качестве национального метрологического института в соответствии требованиям OIML D1 «Elements for a Law on Metrology»;

в) учитывая стратегическое значение Криворожского промышленного потенциала и вызов реалий времени решить вопрос о включении ГП «Кривбасстандартметрология» в план технической помощи ЕС (третий транш) для участия в реализации пилотного проекта по аккредитации на право выполнения измерений и исследований в одном из Европейских центров с последующей нотификацией.

1. Йоахім Ламберт. Яким чином експортувати прості посудини, що працюють під тиском, до Європейського Союзу. Настанови для українських виробників. – 112стр. – Київ 2010.

УДК 006.91:621.3

Н.О. Лисуненко, аспірант, В.М. Мокійчук, к.т.н., доц.

ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМІЧНИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК, ЯК СКЛАДОВИХ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧИХ БАТАРЕЙ

Ключові слова: керамічна паливна комірка (КПК), батарея, концентрація напружень, система контролю, вольт-амперна характеристика (ВАХ), характеристика потужності, контрольний діапазон

Паливні комірки є електрохімічними пристроями, які перетворюють хімічну енергію реакції в електричну енергію [1]. Пряме електрохімічне перетворення палива дуже ефективно і привабливо з точки зору екології. КПК є екологічно чистим джерелом енергії, оскільки мають мінімальний рівень шкідливих викидів в навколишнє середовище, а також відсутні сильні шуми і вібрації. Вони набагато ефективніші ніж двигуни внутрішнього згорання, адже не використовують декілька ступенів перетворення. Паливні комірки перетворюють природний газ безпосередньо в електроенергію. Одна комірка має недостатній рівень напруги для енергопостачання об'єктів, тому КПК об'єднують в батарею (рис. 1).



Рис. 1. Батарея КПК [1]

Аналітично оцінимо КПК та батарею на їх основі з огляду на різного роду діючі фактори. Оскільки технологія виготовлення має вплив на міцність комірок, то будемо вважати, що для всіх комірок батареї вона однакова. Основними факторами, що чинять суттєвий вплив на батарею КПК є: концентрація напружень, різномісцевість поля, взаємодія сполучених елементів, висока температура, дія вібрацій та ударів.

Явище концентрації напружень спостерігається за всіх видів деформування. Під концентрацією напружень, зазвичай, розуміють різке підвищення напружень в обмеженому об'ємі навантаженого тіла. Напруження в зоні концентрації називаються місцевими. Концентрація напружень з'являється в зонах різких змін форми тіла або в зонах контакту деталей [2]. Багато комірок мають вигнуту форму електроліта з малим радіусом вигину, що в основному не перевищує 1 мм. Це призводить до наявності концентраторів напруг в КПК, що значною мірою знижує їх міцність і тріщиностійкість. Також концентратори напруг та внутрішні дефекти можуть виникати під час механічної обробки КПК.

Поява нестаціонарності температурного поля в батареях паливних комірок неминуха із-за різної концентрації газових реагентів і продуктів реакції, нерівномірності щільності струму та різного виділення тепла з поверхні комірок.

Значний вплив на границю витривалості має температура середовища експлуатації. З підвищенням температури границя витривалості, як правило, зменшується, а зі зниженням зростає. За високих температур в 900 °С процеси в КПК прискорюються і суттєво змінюються її фізико-механічні характеристики. Низька робоча температура в 600 °С дозволяє використовувати металеві конструкційні матеріали на основі заліза у якості як носіїв самої комірки, так і перегородок-з'єднувачів у батареї КПК.

Вплив вібрації і ударних навантажень на комірку може бути здійснений під час монтажу системи КПК, її транспортуванні та експлуатації. Величина, напрямок, час та інші характеристики навантажень реалізуються в залежності від призначення паливно-комірочної батареї. Під час дії вібраційних і ударних навантажень міцність КПК, в основному, залежить від величини

навантаження, форми комірки, жорсткості закріплення та вільного простору між елементами батареї.

Руйнування однієї комірки чинить деструктивний вплив на батарею КПК в цілому. Під час руйнування одного з шарів композиту паливо та окисник змішуються, в зоні руйнування відбувається пряма хімічна взаємодія реагентів з різким збільшенням температури. Виникають хімічні і фізичні зміни стану електродних шарів КПК. Запас міцності та тріщиностійкості комірки різко знижується, з огляду на це, руйнування однієї комірки може прогресувати і викликати руйнування інших елементів батареї. Для збереження працездатності батареї КПК необхідно, щоб руйнування носило локальний характер, не змінювались витрати реагентів через пошкоджену комірку і зберігалось електричне коло батареї.

Для того, щоб підтримувати батарею в робочому стані, необхідно контролювати технічний стан кожної паливної комірки. Експлуатаційна придатність КПК, так чи інакше, є найбільш важливою проблемою не тільки через економічні фактори, але й із-за великої відповідальності з точки зору більш суворих вимог під час експлуатації батареї КПК і дотриманні різних обмежень. Система контролю повинна виявляти придатність чи непридатність КПК до експлуатації. Під системою контролю КПК будемо розуміти сукупність матеріально-технічних та інформаційних об'єктів, що взаємодіють під час вимірювання експлуатаційних характеристик комірки. Основними експлуатаційними характеристиками КПК є ВАХ і характеристика потужності [3].

Було досліджено КПК, яка побудована на електроліті. Структура комірки: $10\text{Sc}1\text{CeSZ}$ – електроліт, $\text{NiO}-10\text{Sc}1\text{CeSZ}$ – анод, $\text{LSCF} (\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y\text{O}_{3-\delta})$ – катод.

На рис. 2 зображено експлуатаційні характеристики комірки, які були отримані під час проведення експериментальних досліджень за температури 800°C з використанням суміші 5% H_2 – 95% Ar в якості палива.

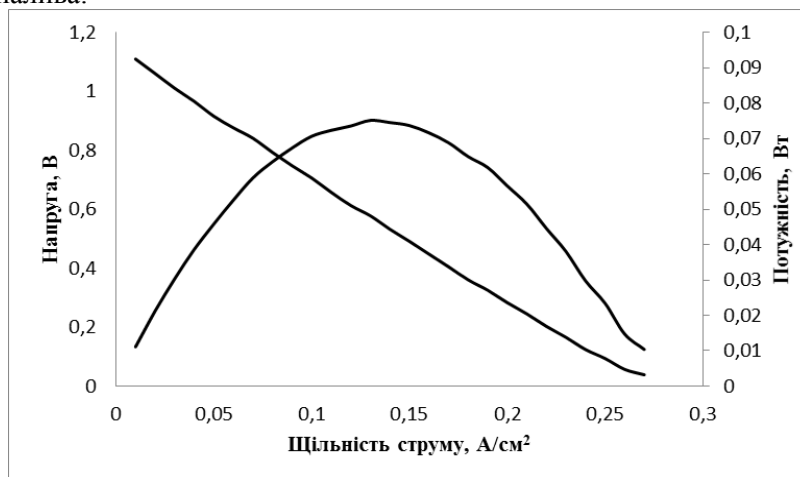


Рис.2. Характеристика потужності та ВАХ КПК

Паливна комірка має досить високу ефективність роботи та потужність 0,075 Вт за напруги 0,9 В.

На результати вимірювань впливає безліч чинників, що знижують відсоток правильної оцінки експлуатаційної придатності КПК. Для того, щоб якісно та чітко визначити придатність комірки до експлуатації, необхідно врахувати всі значимі фактори, які впливають на її роботу та обрати оптимальні умови експлуатації. Тільки таким чином можливо встановити достатньо вузький контрольний діапазон, щоб можна було виявити непрацюючі КПК, і в той же час достатньо широкий, щоб запобігти помилковому вибракуванню придатних для експлуатації КПК. Вибір оптимального діапазону базується на розрахунку міри відстані між еталонною ВАХ та отриманою в процесі вимірювання. Комірка вважається непридатною для експлуатації, якщо крива ВАХ не потрапляє в контрольний діапазон.

1. *Technical Services, Science Applications International Corporation, Fuel Cell Handbook*, Ed.6., Editor M.C. Williams, DOE/NETL, 2002. – 451 p.

2. Киркач Б.М., Конохов В.І. та ін. *Розрахунки на опір втомленості. Навчально-методичний посібник - НТУ "ХПІ", 2012.*

3. Мокійчук В. М., Лисуненко Н. О. *Дослідження вольт-амперної характеристики керамічної паливної комірки. Системи обробки інформації, 2014. Вип. 4, С. 45- 47.*

УДК 681.5, 621.38

А.О. Вороненко, аспірант

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЛЮДИНИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Ключові слова: інформаційні технології, системи моніторингу, бездротові сенсори, медично-фізіологічні параметри

Розвиток бездротової технології моніторингу стану людини, у тому числі в умовах стресових навантажень, є актуальним і має велике економічне та соціальне значення. Важливою складовою цього моніторингу є віддалене слідкування у реальному часі за медично-фізіологічними параметрами людини. Створення такої технології включає розробку апаратних та програмних засобів, які дозволяють оперативно здійснювати ситуаційну оцінку стану людини для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Такі системи можуть бути використані для оцінки на відстані боєздатності військових під час проведення спеціальних операцій, для оцінки стану людей похилого віку, здоров'я яких підтримується страховою медициною. Елементи такої системи можуть бути з успіхом використані підрозділами МНС, МВС, а також фахівцями, професії яких пов'язані з підвищеним ризиком для життя (монтажники-висотники, водолази, спелеологи та інші).

Інститутом кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України за Державною тематикою розробляється і створюється система дистанційного моніторингу стану людини в умовах надзвичайних ситуацій. До основних задач таких систем відносяться вимірювання і збір медично-фізіологічних параметрів людини, їх реєстрація і накопичення, аналітична обробка даних за розробленими алгоритмами з метою оцінювання її стану у тому числі під час дії у надзвичайних ситуаціях. Це дає змогу прийняти ефективне управлінське рішення у разі катастрофічної зміни медично-фізіологічних параметрів, а саме своєчасно надати належну медичну допомогу.

Запропоноване рішення може бути реалізоване наступним чином [1]. В уніформу військового або службовця МНС (а також у спеціальний одяг літньої людини) вбудовуються мікроелектронні сенсори, які через радіоканал передають у віддалений комп'ютер медично-фізіологічні параметри, за якими оцінюється стан людини, а також її координати. Звичайно, чим більше параметрів людини буде передано, тим простіше буде визначити її стан у реальному часі. Але збільшення кількості параметрів підвищує складність системи і терміни оцінки стану людини за цими параметрами. Тому на першому етапі нами була поставлена задача разом з медичними фахівцями мінімізувати кількість параметрів без втрати достовірності оцінки стану людини за цими параметрами.

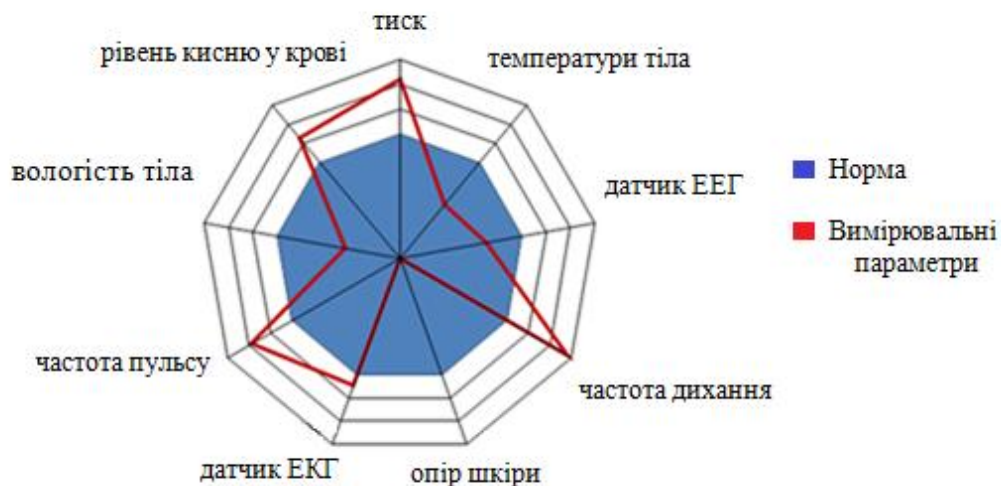


Рис. 1. Пелюсткова діаграма для оцінки стану людини

Крім того, для ефективної обробки медично-фізіологічних параметрів нами запропоновано використовувати так звані пелюсткові діаграми, рис.1, за якими можна у реальному часі оцінити катастрофічні зміни стану людини і швидко надати їй необхідну допомогу.

Система дистанційного моніторингу містить бездротові мініатюрні сенсори медично-фізіологічних параметрів, вбудовані в екіпіровку, і віддалений мобільний комп'ютер з радіоканалом, який отримує дані про ці параметри та координати місцезнаходження людини [2]. За результатами обробки медичних параметрів людини визначається її стан, причому в залежності від поставленої задачі можуть бути використані наступні критерії оцінки цього стану: «боездатний/небоездатний», «працездатний/непрацездатний», «потрібна швидка допомога/допомога не потрібна». Приклад системи дистанційного моніторингу для оцінки стану боездатності військового в умовах надзвичайних ситуацій за основними медично-фізіологічними параметрами наведено на рис. 2.

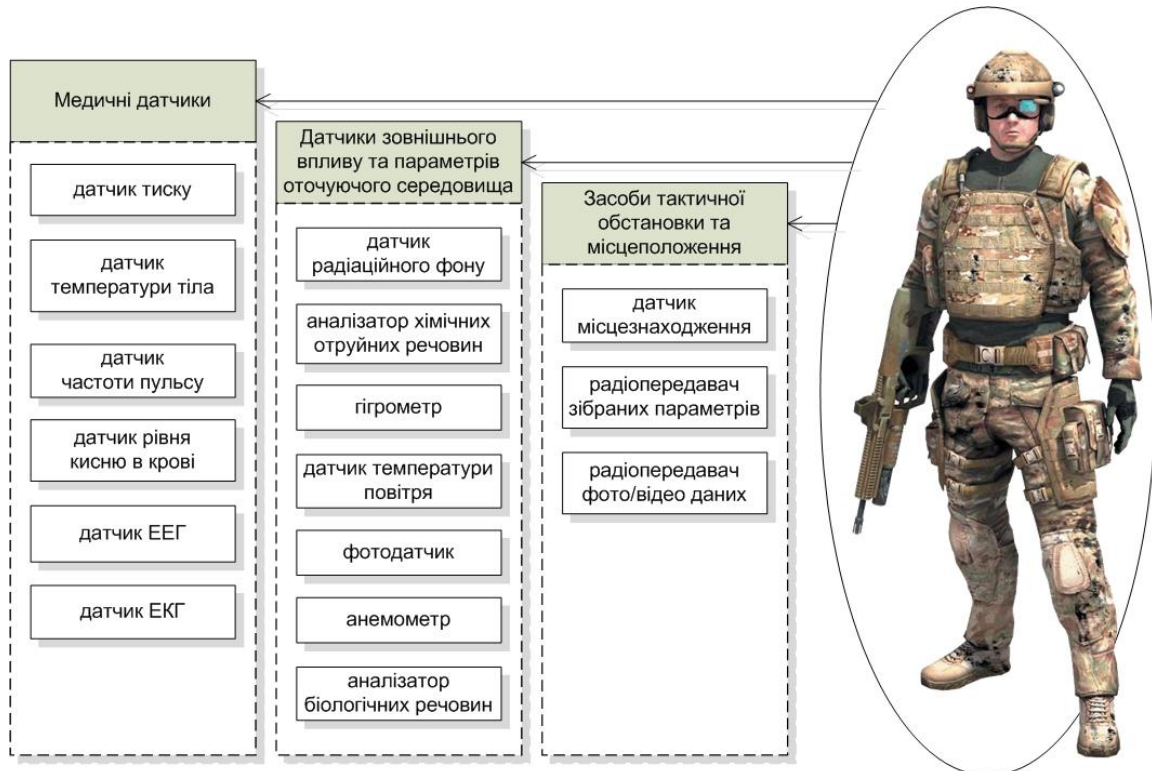


Рис. 2. Система дистанційного моніторингу стану військового

В рамках виконання науково-дослідної роботи зі створення системи дистанційного моніторингу стану людини розроблена архітектура сенсорної мережі [3], яка включає сенсори медично-фізіологічних параметрів людини, що експериментально перевірені у складі такої мережі, розроблені методи і алгоритми для обробки і оцінки стану людини в реальному часі за цими параметрами.

1. Галелюка І., Романов В. Информационные технологии в экипировке бойца XXI века // Электронные компоненты и системы. – №1. – 2015 г.

2. Система дистанційного моніторингу стану боездатності особового складу збройних сил // Патент України на корисну модель № 98191. Автори Сергієнко І.В., Палагін О.В., Романов В.О., Галелюка І.Б. та інші. Опубл. 27.04.2015. – Бюл. № 8– 2015.

3. Галелюка І.Б. Моделирование беспроводных сенсорных сетей // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2015. – № 14.

УДК 614.841.33, 620.193.2, 620.181.4, 621.3.036.282

С.В. Прохоренко, д.т.н., Ю.В. Лещинин, аспірант, Д.Кнапек, студент

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЗМІН ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ

Ключові слова: тепловий потік, конвекційний та радіаційний теплообмін, просторові маркери

Швидкий розвиток прогресу збільшує ризики пов'язані із безпекою, зокрема забезпечення пожежної безпеки є важливою складовою в загальній концепції безпеки. Рівно ж важливим аспектом є відслідковування радіаційної та конвективної складової теплопередачі.

Відомі пристрої для вимірювання температурних полів енергетичних потоків у вигляді контактних зондів на основі термоприймачів, в яких перетворювачами температури, тобто термочутливими елементами, є термопари або термометри опору. Такий пристрій (вимірювальний зонд) встановлюється в точку виміру в енергетичному потоці і проводиться вимір температури методами, відповідними типу чутливого елемента. Потім зонд переміщається в наступну точку і цикл вимірювання повторюється. Дані пристрої мають такі недоліки. Пристрої є контактними, тому що розміщені в потоці зонди подразнюють його, порушують характер течії і тим самим спотворюють результати вимірювання температурного поля. При проведенні замірів поля температури в безлічі точок енергетичного потоку, дослідження стають затяжними в часі і трудомісткими. Крім того, необхідно мати додаткове і досить складне устаткування, що забезпечує переміщення і точне позиціонування зондів в просторі.

Необхідність розробки методики визначення температури енергетичних потоків та конструкції котра би дала можливість провести повірочні експерименти безконтактним методом. За допомогою температурних маркерів, та 3D сіток, розміщення яких дозволить отримати інформацію щодо нестационарних температурних полів. Застосування кераміки для формування термоконтрастних маркерів в кисневмісних газах є можливим при їх належній хімічній стійкості. Найбільш стійкими є кераміка на основі оксидів металів, наприклад цирконій з добавками рідкісноземельних елементів, робоча температура яких до 2350°C.

Формування топологічно-впорядкованої матриці із термоконтрастних маркерів, вимірюючої температурний баланс досліджуваного енергетичного струменя, та сформованої у вигляді топологічно-впорядкованої матриці, є доцільним при розташуванні принаймні в один шар у перетині низькошвидкісного струменя теплоносія (газового або газодимової суміші) або у щільному тепловому контакті з поверхнею конструкції, оскільки це дасть змогу досягти доречної візуалізації навіть за умов хаотичних змін оптичної прозорості простору на шляху до реєстратора, зокрема для середовища забрудненого газовими або газодимовими сумішами, що дає змогу оперативно отримати профілограму температурного поля поверхні конструкції та області досліджуваного перетину струменю теплоносія, оцінити рівень темпоральних девіацій термодинамічних характеристик поверхні конструкції та низькошвидкісного струменя теплоносія. Здійснено нумеричний та експериментальний вислід впливу зосередження конвективного та та радіаційного потоку та впливу напряму енергетичного струменя при зміні кута його дії. Це дасть змогу виявлення невпевнено-контрольованих (у використовуваному при вимірах спектральному діапазоні) девіацій коефіцієнту теплового випромінювання поверхні конструкції. Також апробована метода дасть змогу спростити обробку результатів випробувань, а отже і підвищити рівень оперативності контролю.

1. Ефимова А. В. Патент 2362151.RU «Способ создания оптического контраста на поверхности объекта для тепловизионных приборов» МПК G01N25/00, опубл. 2009 р.

2. Жилкин Б.П. Патент на винахід 2230300.RU «Устройство для измерения температурного поля газового потока» G01K13/02, опубл. 2004 р.

3. Прохоренко С., Шналь Т., Данкевич І., Возний М., Бардаков О. Пат. UA 89421 U, МПК G 01 J 5/60. «Спосіб Створення Оптичного Контрасту для Тепловізійних Приладів» заявник НУ "Львівська політехніка" – № U 2013 105932; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8.

УДК 006.91

М.В. Денисенко, к.т.н, А.М. Денисенко, аспірант

РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В УКРАЇНІ

Ключові слова: Технічне регулювання, реформування, метрологія, стандартизація, оцінка відповідності, технічний регламент, асоціація з ЄС, модулі оцінки відповідності, український виробник, європейське законодавство

У червні 2014 року укладено Угоду про асоціацію між Україною та ЄС, яку у вересні 2014 року ратифіковано Верховною Радою України.

Угода про асоціацію є наймасштабнішим міжнародним документом, який будь-коли укладала Україна. Робота над ним тривала 5 років.

Реалізація Угоди матиме величезний вплив на Україну і стосуватиметься без перебільшення кожної сфери нашого життя.

Після того, як відповідно до Угоди про асоціацію Україна змінить своє законодавство, адміністративні процедури, а також реформує відповідні інституції згідно з основними принципами і правилами держав ЄС, Євросоюз буде трактувати українські інституції як свої власні і прийматиме їх рішення.

Це означає, що продукт, який пройшов необхідні процедури в Україні, буде прийматися в ЄС без будь-якого додаткового контролю.

Можливість таких позитивних змін для українських товаровиробників стосується у тому числі сфери нетарифного тобто технічного регулювання.

У сфері технічного регулювання відповідно до Угоди про асоціацію основними завданнями є:

1. Приведення національного базового та галузевого законодавства у відповідність із законодавством ЄС та забезпечення реалізації його положень;
2. Здійснення необхідних адміністративних та інституційних реформ відповідно до Угоди про оцінку відповідності та прийнятність промислових товарів (Угода АСАА);
3. Запровадження ефективної та прозорої адміністративної системи у сфері технічного регулювання.

Основні ризики при впровадженні європейського законодавства та підходів в Україні

- ✓ Відсутність ефективного механізму координації на найвищому рівні і пов'язаний з цим брак політичної уваги до важливих деталей;
- ✓ Консервативність мислення державних службовців;
- ✓ Низький рівень розуміння конкретних актів законодавства ЄС та закріплених у них підходів і практик, прагнення відтворювати існуючі практики при прийнятті документів ЄС в якості національних;
- ✓ Відсутність належної кадрової політики;
- ✓ Низький рівень мотивації та гнучкості державних службовців, відповідальних за впровадження законодавства ЄС в Україні;
- ✓ Відсутність ефективної системи відслідковування змін у законодавстві ЄС;
- ✓ Низький рівень володіння мовами ЄС та низька якість перекладу актів законодавства ЄС;
- ✓ Орієнтація на корупційні практики та ігнорування закріплених у законодавстві вимог.

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».
2. Закон України «Про стандартизацію».
3. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності».
4. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 26.11.2014 № 1163-р «Про визначення державного підприємства, яке виконує функції національного органу стандартизації».
5. Закон України «Про захист прав споживачів».

УДК 681.7.08; 536.6.081

Х.В. Серкез, аспірант, Ю.В. Яцук, к.т.н., доц., А.Г. Павельчак, к.т.н., доц.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СЕНОРІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІЗНИЦІ ТЕМПЕРАТУР ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ СОНЯЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Ключові слова: напівпровідниковий перетворювач температури, вимірювання температур, паралельне з'єднання транзисторів, послідовне з'єднання, спад напруги, технологічний розкид, параметрів

Найчастіше для сприйняття і подальшого перетворення сонячної енергії застосовуються сонячні колектори, які використовуються для підігріву води на побутові потреби або для опалення приміщень. Аналітичний огляд існуючих методів та засобів випробувань сонячних колекторів показав, що для досягнення високої точності і чутливості приймачів випромінювання доцільним є використання прецизійних вимірювачів температури та різниці температур [1].

З метою вдосконалення процедури вимірювання енергетичних параметрів сонячного випромінювання рекомендовано використання абсолютного радіометра (калориметра), каліброваного електричним замінням, який побудований на основі таких сучасних температурних сенсорів, як напівпровідникові перетворювачі температури (НПТ) [2]. Одним із основних напрямків вдосконалення сенсорів температури для забезпечення необхідних метрологічних параметрів під час випробувань сонячних колекторів є суттєве зменшення розкиду параметрів НПТ [3]. Серед НПТ найчастіше використовуються транзисторні діоди, які мають високу часову стабільність на рівні кількох сотих кельвіна протягом року [4]. Висока чутливість, довготривала стабільність, мала інерційність, досить широкий температурний діапазон використання, можливість точкових вимірювань температури, дешевизна і простота виготовлення – належать до істотних переваг таких сенсорів. Водночас, при паралельному або послідовному з'єднанні транзисторних діодів відкривається можливість усереднення технологічних розкидів, що також дозволяє ї збільшити їхню точність.

З метою визначення граничних можливостей таких НПТ проведено експериментальні дослідження десяти послідовно з'єднаних серійно виготовлюваних транзисторів типу КТ3107Ж зі структурою р-п-р та КТ315Б зі структурою п-р-п. Вони показали недоцільність їх застосування як температурних сенсорів, оскільки їм властивий значний розкид значень спадів напруги за кімнатних температур в межах від 0,6030 В до 0,5730 В (± 15 мВ або $\pm 7,5$ К відносно середнього значення). У цьому випадку спостерігається істотний вплив конструктивного виконання дискретних транзисторів, зумовлених їх технологією виготовлення, на отримані результати дослідження транзисторів.

Аналіз технології виготовлення напівпровідникових елементів показав, що для реалізації вимірювача різниці температур з похибкою порядку декілька сотих кельвіна, доцільно використовувати транзистори, виготовлені в єдиному технологічному циклі [1]. При цьому увагу насамперед необхідно звернути на транзистори в конструктивному виконанні для поверхневого монтажу, оскільки вони поставляються на монтажній стрічці для автоматизованого монтування на друкованих платах. Це слугує підставою для висловлення припущення про походження таких транзисторів з одного технологічного циклу. На сьогоднішній день промисловість серійно виготовляє різноманітні типи таких транзисторів для поверхневого монтажу, наприклад, типів ВС858С, ВС859В, ВСW61С (р-п-р) та ВС849В, ВС849С, ВС850ВЕ (п-р-п). Температурний діапазон їх використання є від -65 °С до $+150$ °С, що у першому наближенні може визначати й ширину вимірювального таких НПТ [5]. Незаперечними їх перевагами є малі розміри (від 1,3 мм до 1,3 мм), маса, невелика вартість (приблизно 0,75 грн) та велика ймовірність виготовлення в єдиному технологічному циклі.

Проведено експериментальні дослідження усіх вище названих типів транзисторів, послідовно або паралельно з'єднаних. Для цього авторами було виготовлено друковані плати з напаяними транзисторами по десять одиниць кожного типу і з допомогою комутаційних дрітків здійснювалось їх послідовне та паралельне з'єднання. Відзначимо, що під час послідовного сполучення десяти транзисторів певного типу, протікав вимірювальний струм 0,1 мА, при цьому ж для паралельного з'єднання забезпечувався загальний струм 1 мА, що забезпечувало протікання

струму приблизно по 0,1 мА через кожен транзистор з метою забезпечення співставлення експериментальних результатів для кожного із вказаних з'єднань. В результаті досліджень було обрано транзистори з найменшим розкидом значень спадів напруг, типу BCW61C та BC849C і BC850BE, які найдоцільніше в подальшому застосовувати як сенсори температури. Оцінивши математичне сподівання спадів напруг десяти послідовно з'єднаних транзисторів та експериментально визначивши спад напруги при їх паралельному з'єднанні, доведено, що отримані значення є ідентичними з похибкою до ± 50 мкВ. Наприклад, для десяти транзисторів типу BC 849C середнє значення спадів напруг $U_{нсл.сер}=0,5808$ В відповідає вимірюваному значенню спаду напруги при паралельному з'єднанні $U_{прл}=0,5808$ В (див. табл.). Відповідно, для транзистора BC 850BE: $U_{нсл.сер}=0,5866$ В та $U_{прл}=0,5866$ В, для BCW61C: $U_{нсл.сер}=0,5903$ В та $U_{прл}=0,5903$ В. Відповідно до методики опрацювання прямих багаторазових спостережень [6], результат вимірювання спаду напруг можна представити у вигляді: $U_{с.н.}=(0,5808\pm 0,00005)$ В, з довірчою ймовірністю $P_{\delta}=95\%$.

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень транзисторів типу BC 849C

Послідовне з'єднання				Паралельне з'єднання
№	$U_{бе},$ В	$U_{сер},$ В	$\Delta U_{бе i} = U_{бе i} - U_{сер},$ В	U, В
1	0,5807	0,5808	-0,0001	0,5808
2	0,5809		0,0001	
3	0,5808		0	
4	0,5808		0	
5	0,5809		0,0001	
6	0,5808		0	
7	0,5809		0,0001	
8	0,5808		0	
9	0,5808		0	
10	0,5807		-0,0001	

Констатовано, що основною проблемою побудови прецизійних і метрологічно надійних напівпровідникових сенсорів температури є забезпечення взаємозамінності їх характеристик. Експериментально підтверджене теоретичне припущення про зменшення впливу розкиду початкових напруг під час використання в НПТ послідовно з'єднаних транзисторів, а також показано й можливість збільшення їх чутливості. У випадку використання десяти послідовно сполучених транзисторів чутливість НПТ під час вимірювання температури становитиме $\epsilon_n=20$ мВ/К. В подальшому досліджені типи транзисторів можуть застосовуватись для вимірювання різниці температур в радіометрі, під час випробувань сонячних колекторів.

1. Серкез Х.В., Яцук В.О., Яцук Ю.В. Покращення характеристик приймачів сонячного випромінювання з електричним заміщенням. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Автоматика, вимірювання та керування» // Вип. 753. – 2013. – С. 25 – 30.

2. 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.

3. Серкез Х.В., Яцук В.О. Стан і тенденції розвитку прецизійних вимірювачів температури під час випробувань сонячних колекторів. // II Міжнар. наук.-практ. конф. «Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи»: [тези], (м. Львів, 28-30 травня 2015 р.). – Львів : НУ «ЛП», 2015. – С. 217-219.

4. Василюк В.М. Принципи побудови високоточних температурних сенсорів на основі рп-переходу // Міжвідомчий науково-технічний збірник "Вимірювальна техніка та метрологія", № 53. - М.: ГУ "Львівська політехніка", 1998. – С. 70-76.

5. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua>.

6. Дорожжовець М.М. Опрацювання результатів вимірювань: Навч. посіб. / Дорожжовець М.М. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007. – 624 с.

О.О. Антонюк, аспірант, Є.В. Походило, д.т.н., проф.

РОЗВИТОК МЕТОДУ БІОІМПЕДАНСОМЕТРІЇ ТА ЗАСОБІВ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

Ключові слова: біоімпедансометрія, біологічний об'єкт, електричні схеми заміщення, засоби вимірювання, методична похибка вимірювання, неінвазивні сенсори

Вступ. Біоімпедансометрія – це контактний метод вимірювання пасивних електричних параметрів біологічних тканин, що дає можливість оцінити широкий спектр морфологічних і фізіологічних параметрів організму [1]. Проте, як показав аналіз [2], існує ряд проблем реалізації методу, пов'язаних з неоднозначністю вибору інформативних параметрів, частотного діапазону, схем заміщення біологічних об'єктів. Саме тому актуальним є дослідження особливостей застосування методу біоімпедансометрії.

Мета дослідження – визначення напрямів удосконалення методу біоімпедансометрії шляхом аналізу особливостей застосування цього методу та засобів його реалізації.

Результати досліджень. Для дослідження біологічних тканин використовують їх різні електричні схеми заміщення [2]. Аналіз математичних моделей, якими описуються ці схеми показав, що дослідження варто проводити не лише за параметрами імпедансу, а й за параметрами адмітансу. Залежить такий вибір, насамперед, від обраної схеми заміщення. Тим самим визначається режим вимірювання, а саме для вимірювання параметрів імпедансу доцільно використовувати режим заданого струму, а для вимірювання параметрів адмітансу – режим заданої напруги. Разом з тим, визначити параметри елементів схем заміщення, що характеризують властивості біологічних тканин можна двома способами. Перший спосіб реалізується через вимірювання активних та реактивних складових двополосника з відомою схемою заміщення та співвідношення між ними, використовуючи сукупне вимірювання. Другий спосіб ґрунтується на основі отримання результатів вимірювання складових на двох фіксованих частотах (низька та висока). Вибираються такі частоти залежно від заданої методичної похибки вимірювань [3].

Основними видами похибок біоімпедансних вимірювань є інструментальні та методичні (наприклад, зумовлені неадекватністю еквівалентної схеми заміщення, впливом приелектродних ефектів). Значна увага досліджень спрямована саме на інструментальні похибки різних вимірювальних перетворювачів шляхом аналізу похибки вимірювання як імпедансу, так і його активної й реактивної складових у частотному діапазоні [4]. Щодо методичних похибок вимірювань, то основна увага приділяється зменшенню впливу приелектродних ефектів [5]. Проте варто зауважити, що похибка вимірювання RC - параметрів елементів схем заміщення біологічних тканин залежить як від обраної схеми заміщення, так і від значень параметрів цієї схеми і змінюється у частотному діапазоні. З урахуванням зміни значень похибки в частотному діапазоні можна обирати частоту вимірювання для кожного з елементів схеми заміщення окремо залежно від необхідної точності вимірювання.

Вимірювання складових імітансу біологічних об'єктів (зокрема активної та реактивної складової) реалізують з допомогою серійних вимірювальних засобів. Вимірювання зазначених параметрів контрольованого та базового зразків необхідно здійснювати такими засобами методом заміщення. Для побудови спеціалізованих засобів вимірювання складових імітансу в широкому частотному діапазоні необхідно використовувати комбіновані способи, а саме: вимірювання однієї із складових (активна або реактивна) та модуля або фазового кута з подальшим обчислення іншої складової [6]. Також варто зауважити, що існуючі вимірювальні засоби [7, 8] мають ряд недоліків, що пов'язано, насамперед, з неможливістю забезпечення незалежності від напруги тестового сигналу, а також обмеженістю вимірювання інформативних параметрів біоімпедансного методу.

Для проведення вимірювань з допомогою біоімпедансного методу використовують два типи сенсорів: інвазивні та неінвазивні [9]. У випадку дослідження сегментів тіла людини чи локальних ділянок, найчастіше вдаються до неінвазивних сенсорів різної конфігурації електродів та їхньої кількості. Розрізняють дво, три, чотири та п'яти електродні сенсори [11]. При цьому також потрібно враховувати як розміри сенсора, так і міжелектродну відстань та розташування, що впливає на форму і глибину проходження силових ліній електричного поля [10]. При збільшенні площі поверхні сенсора збільшується глибина проходження силових ліній. Аналогічний результат спостерігається при збільшенні відстані між сенсорами відносно менших розмірів.

Використання того чи іншого типу сенсора повинно бути пов'язане із поставленим завданням медичної практики. Адже від того, який вид імпедансу (поверхневий чи об'ємний), чи імпеданс якої ділянки живої тканини необхідно аналізувати необхідно вибирати тип сенсора. Під'єднується сенсор до вимірювального перетворювача «імпеданс-напруга» за відповідною схемою. Вимірювальні перетворювачі імпедансу біологічних тканин на напругу переважно будуються на основі подільника напруги, елементами якого є утворений сенсором імпеданс контрольованої ділянки живої тканини та зразковий опір [12]. Тому варто аналізувати такі перетворювачі щодо їхнього практичного застосування під конкретну вимірювальну задачу в медицині, враховуючи схеми під'єднання сенсорів.

Висновки. Отже, аналіз показав, що основні напрями розвитку методу біоімпедансометрії та вдосконалення засобів його реалізації стосуються:

- схем заміщення біологічних об'єктів;
- інформативного електричного параметра чи параметрів;
- відповідних режимів тестового сигналу;
- первинних перетворювачів під конкретну вимірювальну задачу медичної практики;
- частотного діапазону, в якому проводитимуться вимірювання;
- забезпечення інваріантності результату вимірювання інформативного імпедансу до неінформативного імпедансу та рівня тестового сигналу

1. Николаев Д. В. Биоимпедансный анализ состава тела / А. Смирнов, И. Бобринская, С. Руднев. – М. : Наука, 2009. – 392 с.

2. Антонюк О.О. Реалізація біоімпедансних вимірювань у медицині / О. Антонюк, Є. Походило // Український метрологічний журнал. – Харків: ННЦ «Інститут метрології», 2015, № 2. – С. 21-25.

3. Антонюк О.О. Вимірювання параметрів імпедансу живих тканин з відомими схемами заміщення / О. Антонюк, М. Довгань, Є. Походило // Вимірювальна техніка та метрологія. – Львів: НУ ЛП, 2014, № 75. – С. 69-72.

4. Mc Ewan A. A Review of Errors in Multi-frequency EIT Instrumentation [Text] / A. Mc Ewan, G. Cusick, D. S. Holder // *Physiol. Meas.* 2007. – V. 28. – N. 7. – P. 197–215.

5. Ярута В. О. Вимірювання електричних параметрів живих тканин з урахуванням резистивно-ємнісного імпедансу, створеного електродами / В. Ярута // Системи обробки інформації. – 2011. – №. 4. – С. 231-234. – Режим доступу: URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/soi_2011_4_55.pdf.

6. Антонюк О.О. Аналіз способів вимірювання складових імпедансу об'єктів неелектричної природи / О. Антонюк, Є. Походило, В. Юзва // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Харків: ПП «Технологічний Центр», 2015, №4/9 (76). – С. 4-9.

7. А.С. 1759402 SU, МПК А61В5/05 Устройство для измерения активной и реактивной составляющих импеданса биологических тканей [Текст] // Ибрагимов Р. Ш., Литвинов Л. А., Давронов Х. Н., Яхонтов Д. А., Дружинин И. Б.; заявитель: Новосибирский медицинский институт. – №4789292/14; заявл. 06.02.1990; опубл. 07.09.1992, Бюл. №33, 1992 г.

8. А.С. 2196504 РФ, МПК А61В5/053 Устройство для измерения активной и емкостной составляющих импеданса биологических тканей [Текст] // Ефремов А. В., Ибрагимов Р. Р., Манвелидзе Р. А., Леонтьев В. Т., Булатецкий К. Г., Колонда Г. Г., Тарасов Е. В., Ибрагимов Р. Ш.; заявитель: Новосибирская государственная медицинская академия. – №2000117324/14; заявл. 28.06.2000; опубл. 20.01.2003.

9. Ulrik Birgersson, *Electrical Impedance of Human Skin and Tissue Alterations: Mathematical Modeling and Measurements*. Stockholm: Karolinska Institutet, 2012.

10. Sverre Grimnes, Ørjan G. Martinsen, *Bioimpedance*. Oslo, Norway: University of Oslo, 2010.

11. Мирошниченко Е. В. Особенности биоимпедансных измерений на высоких частотах [Электронный ресурс] / Е. Мирошниченко, Е. Семенов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – Т. 79. – № 2. – С. 46–58.

12. Походило, Є. В. Вимірювачі CLR з перетворенням «імпеданс-напруга» [Текст]: монографія / Є. В. Походило, В. В. Хома. – Л.: НУЛП, 2011. – 292 с.

УДК 621.317

С.М. Курсін, к.т.н., М.М. Сурду, д.т.н., проф., О.М. Величко, д.т.н., проф., С.М. Шевкун, к.т.н.,
М.В. Добролюбова, к.т.н., доц.

АНАЛІЗ СТРУКТУР АВТОТРАНСФОРМАТОРНИХ МОСТІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ІМПЕДАНСУ

Ключові слова: імпеданс, компаратор, еталон, відтворення одиниць, автотрансформаторний міст

Для відтворення та передачі одиниць параметрів імпедансу використовуються компаратори на базі трансформаторних та автотрансформаторних мостів [1-3]. Актуальним завданням є створення універсального автоматичного приладу для передавання одиниць параметрів імпедансу в повному діапазоні значень з високою точністю. Для автоматизації процесів зрівноваження та підвищення точності було запропоновано використовувати автотрансформаторний міст з варіаційним калібруванням [4]. Необхідним стає вирішення питання вибору оптимальної структури, виходячи з того, що створюваний компаратор повинен забезпечувати зрівноваження за двома параметрами (наприклад, ємність і тангенс кута втрат).

Зрівноваження за квадратурним параметром в запропонованому автотрансформаторному мості можливо реалізувати за допомогою схем, що представлені на рисунку 1.

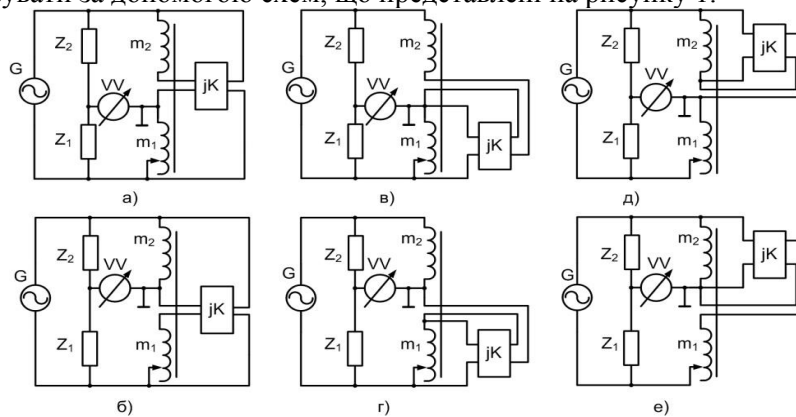


Рис. 1. Структури автотрансформаторних мостів

- а) квадратурний канал підключений до генератора, вихідна напруга вводиться в плече з незмінною кількістю витків; б) квадратурний канал підключений до генератора, вихідна напруга вводиться в плече зі змінною кількістю витків; в) квадратурний канал підключений до плеча зі змінною кількістю витків, вихідна напруга вводиться в плече з незмінною кількістю витків; г) квадратурний канал підключений до плеча зі змінною кількістю витків, вихідна напруга вводиться в плече зі змінною кількістю витків; д) квадратурний канал підключений до плеча з незмінною кількістю витків, вихідна напруга вводиться в плече з незмінною кількістю витків; е) квадратурний канал підключений до плеча з незмінною кількістю витків, вихідна напруга вводиться в плече зі змінною кількістю витків*

У структурах, представлених на рисунку 1, зображено: G – генератор напруги, Z_1 , Z_2 – порівнювані імпеданси, m_1 , m_2 – обмотки автотрансформатора, VV – векторний вольтметр. Квадратурний канал jK формує квадратурну напругу для зрівноваження за другим параметром з коефіцієнтом K , яка вводиться в одне з плечей автотрансформаторного подільника. Сигнал нерівноваги вимірюється векторним вольтметром VV .

При використанні в квадратурному каналі напруги генератора в якості вхідної (рис. 1а, 1б), рівняння рівноваги мають досить складний вигляд і не забезпечують пропорційності відліку параметрів імпедансів. В схемах на рисунках 1в), 1г) джерелом напруги є напруга обмотки m_1 зі змінною кількістю витків. Тому вони не забезпечують сталої чутливості. Виходячи з цього, доцільно використовувати схеми на рисунках 1д), 1е).

Оскільки порівнювані об'єкти можуть бути представлені як паралельними, так і послідовними схемами заміщення, їх імпеданси зручно подати у вигляді комплексної суми активного (R) та реактивного (X) опору або активної (G) та реактивної (B) провідності [5]. Крім того, передача розміру одиниці параметрів імпедансу може здійснюватися як від об'єкта Z_1 , так і

від Z_2 . Був проведений аналіз рівнянь рівноваги для обраних схем з врахуванням всіх можливих варіантів, який показав, що схеми на рисунках 1д), 1е) не можуть забезпечити прямий відлік та стали чутливістю для всіх можливих схем заміщення порівнюваних об'єктів. Тому проаналізовано вирази, що представляють результат вимірювання за умови малих тангенсів об'єктів, що характерно для еталонів відповідних величин. Такі рівняння рівноваги для схеми на рисунку 1д) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Рівняння рівноваги для автотрансформаторного моста з квадратурним каналом, підключеним до плеча з незмінною кількістю витків, вихідна напруга вводиться в плече з незмінною кількістю витків

Схема заміщення		Передача від Z_1 на Z_2		Передача від Z_2 на Z_1	
		Активна складова	Реактивна складова	Активна складова	Реактивна складова
Z1 Пос.	Z2 Пар.	$G_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{1}{(1+K^2) \cdot R_1}$	$B_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{K}{(1+K^2) \cdot R_1}$	$R_1 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{1}{(1+K^2) \cdot G_2}$	$X_1 = -\frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{K}{(1+K^2) \cdot G_2}$
	Z2 Пос.	$R_2 = \frac{m_2}{m_1} \cdot R_1$	$X_2 = \frac{m_2}{m_1} \cdot KR_1$	$R_1 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{R_2}{1+K^2}$	$R_1 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{-KR_2}{1+K^2}$
Z1 Пар.	Z2 Пар.	$G_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{G_1}{1+K^2}$	$B_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{-KG_1}{1+K^2}$	$G_1 = \frac{m_2}{m_1} \cdot G_2$	$B_1 = \frac{m_2}{m_1} \cdot KG_2$
	Z2 Пос.	$R_2 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{1}{G_1}$	$X_2 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{K}{G_1}$	$G_1 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{1}{R_2}$	$B_1 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{K}{R_2}$

Аналогічні рівняння для схеми автотрансформаторного моста з квадратурним каналом, підключеним до плеча з незмінною кількістю витків, в якому вихідна напруга вводиться в плече зі змінною кількістю витків (рис. 1е), наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Рівняння рівноваги для автотрансформаторного моста з квадратурним каналом, підключеним до плеча з незмінною кількістю витків, в якому вихідна напруга вводиться в плече зі змінною кількістю витків

Схема заміщення		Передача від Z_1 на Z_2		Передача від Z_2 на Z_1	
		Активна складова	Реактивна складова	Активна складова	Реактивна складова
Z1 Пос.	Z2 Пар.	$G_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{1}{R_1}$	$B_2 = \frac{K}{m_2} \cdot \frac{1}{R_1}$	$R_1 = \frac{m_1}{m_2} / G_2$	$X_1 = \frac{K}{G_2}$
	Z2 Пос.	$R_2 = \frac{m_2 R_1 m_1}{m_1^2 + K^2}$	$X_2 = \frac{m_2 K R_1}{m_1^2 + K^2}$	$R_1 = R_2 \cdot \frac{m_1}{m_2}$	$X_1 = R_2 \cdot K$
Z1 Пар.	Z2 Пар.	$G_2 = G_1 \cdot \frac{m_1}{m_2}$	$B_2 = G_1 \cdot \frac{K}{m_2}$	$X_1 = \frac{G_2 \cdot m_1 / m_2}{(\frac{m_1}{m_2})^2 + K^2}$	$B_1 = -\frac{KG_2}{(\frac{m_1}{m_2})^2 + K^2}$
	Z2 Пос.	$R_2 = \frac{1}{G_1} \cdot \frac{m_2 m_1}{m_1^2 + K^2}$	$X_2 = -\frac{1}{G_1} \cdot \frac{m_2 K}{m_1^2 + K^2}$	$G_1 = \frac{1}{R_2} \cdot \frac{m_1 / m_2}{(\frac{m_1}{m_2})^2 + K^2}$	$B_1 = \frac{1}{R_2} \cdot \frac{K}{(\frac{m_1}{m_2})^2 + K^2}$

Проведений аналіз показав, що у процесі компарування можна порівнювати імпеданси з різною схемою заміщення при прямому відліку за реактивними і активними параметрами. Вибираючи відповідний напрям передач, при нескладній перебудові вимірювального кола, можна порівнювати два імпеданси з паралельною схемою заміщення, два імпеданси з послідовною схемою заміщення або два імпеданси з різною схемою заміщення.

2. Delahaye F. AC-bridges at BIMP / F. Delahaye // BNM-LCIE. – 1998. – P. C1–C6.
3. Wood B. AC Bridges For The R-C Chain/B. Wood, M. Cote // BNM-LCIE. – 1998, P. E1–E20.
4. Сурду М. Н. Автоматическая прецизионная система для метрологического обеспечения измерений параметров импеданса. Ч. 1. Принципы действия / М. Н. Сурду, А. Л. Ламеко, Д. М. Сурду, С. Н. Курсин // Измерительная техника. – 2012. – № 7. – С. 51-57.
5. Agilent Impedance Measurement Handbook A guide to measurement technology and techniques. – 4th Edition, Agilent Technologies, 2009. – 140 p.

Р.О. Матвійв, аспірант, В.О. Яцук, д.т.н., проф.

МОЖЛИВОСТІ ДИСТАНЦІЙНОГО КАЛІБРУВАННЯ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ З ГАЛЬВАНІЧНИМ РОЗДІЛЕННЯМ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ

Ключові слова: кодо-керована міра напруги, багатоканальні вимірювачі, гальванічне розділення, ізоляційний підсилювач, віддалене калібрування, коригування похибок

Кібер-фізичні системи (в подальшому КФС) складаються з розпорошених апаратних компонентів та програмного забезпечення, які призначені для отримання інформації про перебіг фізичних процесів в контрольованих об'єктах, а також її зберігання, передавання, опрацювання та вироблення сигналів керування цими об'єктами. Просторова розпорошеність вимірювальних каналів, можливі зміни в широких межах умов експлуатації та невідворотна деградація параметрів вимірювального кола призводять до суттєвого погіршення метрологічних властивостей вимірювальних каналів КФС. В цих умовах важливого значення набувають питання метрологічного забезпечення вимірювальних каналів КФС [1].

За необхідності роботи з сенсорами, розташованими у іскро- та вибухонебезпечних середовищах застосовується низка необхідних технічних прийомів. Насамперед це застосування бар'єрів іскрозахисту в кожному з вимірювальних каналів і гальванічного розділення між цифровою та аналоговою частинами вимірювальної системи [2-4]. Якщо значення завад спільного виду перевищує вхідну міцність каналів застосовуються перетворювачі з уніфікованими вихідними (ПУВС), ізоляційні підсилювачі (ІП) і/або пристрої (ПГР) [4]. Сучасна елементна база завдяки мікромініатюризації та відносній дешевизні робить привабливим застосування ІП та ПГР (рис.1).

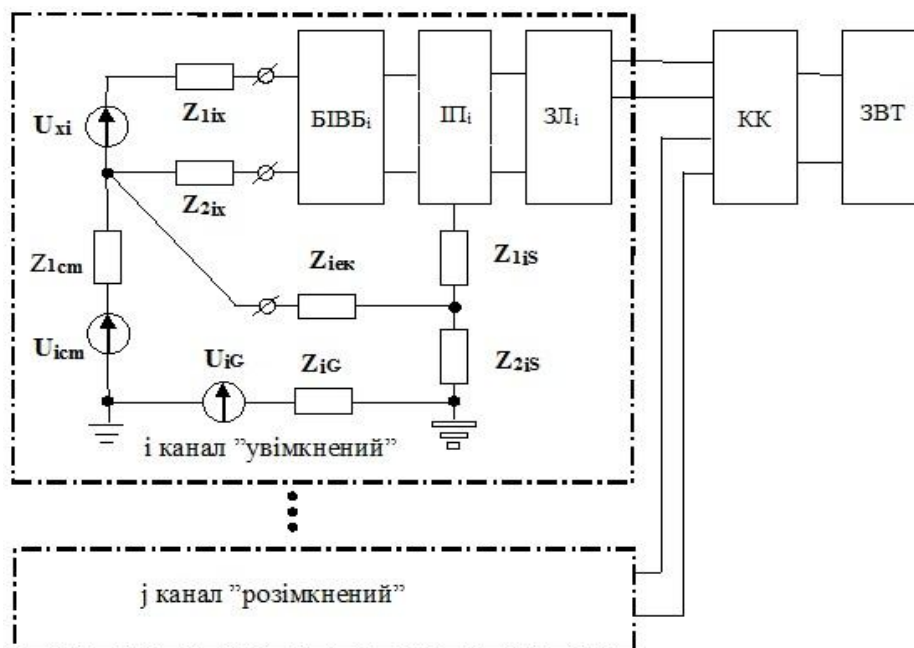


Рис. 1. Структурна схема багатоканального засобу вимірювань з гальванічним розділенням: БІВБ_i – блок іскро- та вибухобезпеки; ЗЛ – з'єднувальні лінії; КК – комутатор каналів; ЗВТ – засіб вимірювальної техніки

Значення вихідної напруги U_{ixs} ІА_i знайдемо за співвідношенням:

$$U_{ixs} = (U_{ix} + e_{iAe} + U_{iCA})k_{iA}(1 + \delta_{iA}) + e_{iOA} + U_{ijxA} + U_{ijcA} + U_{ine}, \quad (1)$$

де $e_{iAe} = e_{iA} + e_{iIB} + I_{iA}Z_{iXA}$; $Z_{iXA} = Z_{1iXA} + Z_{2iXA}$; $Z_{1iXA} = Z_{1ix} + Z_{1iIB}$; $Z_{2iXA} = Z_{2ix} + Z_{2iIB}$; e_{iA} , e_{iIB} - відповідно напруги зміщення вхідних каскадів ІА_i та залишкова напруга БІВБ_i, $\delta_{iA} \approx Z_{iXA}/Z_{iNA}$, I_{iA} , Z_{iNA} - вхідні струм та опір ІА_i відповідно; Z_{1iis} , Z_{2iis} , Z_{3iis} - опори ізоляції відповідно між вхідним та вихідним каскадами ІА_i, спільною шиною та екраном ІА_i, та екраном і точкою заземлення ІА_i;

$\delta_{inA} \cong Z_{ixA}/Z_{inA}$, $U_{inE} = I_{i11}Z_{iCL} + (I_{i12} + I_{in} + \sum_{j=1}^{n-1} I_{j12})(Z_{1iCC} + Z_{iCL})$ - еквівалентна напруга зміщення ЗВТ; e_{io} - напруга зміщення вихідного каскаду ІА_i, U_{iCA} - еквівалентна вхідна напруга i -того увімкненого каналу, зумовлена його еквівалентною напругою спільного виду $U_{ic} = U_{icm} + U_{iG}$; U_{ijxA} - еквівалентна вхідна напруга i -того каналу, зумовлена проникненням вимірюваних напруг решти j -тих розімкнених каналів; U_{ijCA} - еквівалентна вхідна напруга i -того каналу, зумовлена проникненням еквівалентної напруги спільного виду $U_{jc} = U_{jcm} + U_{jG}$ решти j -тих каналів; $e_{ioA} = e_{io} + e_{iCL}$, Z_{iG} , U_{iG} - опір та напруга між точками заземлення i -того вимірюваного об'єкту та ІА_i відповідно; k_{iA} коефіцієнт передачі ІА_i.

Значення вхідної еквівалентної напруги U_{iCA} i -того каналу, зумовленої його еквівалентною напругою спільного виду U_{jc} знайдемо як

$$U_{ixCA} = U_{ic} \frac{Z_{2ixe}}{Z_{icm} + Z_{iG} + Z_{3iis}} \cdot \frac{Z_{iek}}{Z_{2iis}}, \quad (2)$$

Аналіз співвідношення (2) показує, що для суттєвого зменшення цієї напруги U_{ixCA} слід забезпечувати якомога менше значення опору екрану Z_{iek} та якнайбільше значення опору Z_{2iis} ізоляції вимірювальної схеми відносно екрану. Порівняно з класичними структурами без гальванічного підсилювачів значення похибки U_{ixCA} , спричиненої напругою спільного виду i -того каналу зменшене в Z_{iek}/Z_{2iis} разів. Наприклад, у випадку застосування ІА типу AD210 фірми Analog Device забезпечення значення опору екрану $Z_{iek} \leq 10 \text{ Ohm}$, $Z_{2iis} \approx Z_{3iis} \approx 240 \text{ V}/2 \mu\text{A} = 1,2 \cdot 10^8 \text{ Ohm}$ [5] та вибору значення common mode voltage рівним максимальному значенню напруги ізоляції ІА $U_{ic} \leq 2500 \text{ V}$, $Z_{icm} + Z_{iG} \approx 40 \text{ MOhm}$, значення еквівалентної вхідної напруги $U_{ixCA} \leq 2500(10/1,6 \cdot 10^8) \cdot (10^3/1,2 \cdot 10^8) \cong 41 \text{ nV}$. Таке значення вхідної напруги U_{ixCA} зазвичай є нехтувально малим для більшості практичних застосувань.

Граничне значення АСП U_{ijCA} , зумовлену проникненням еквівалентної напруги спільного виду $U_{jc} = U_{jcm} + U_{jG}$ усіх розімкнутих каналів в i -тий замкнутий зменшиться в Z_{iek}/Z_{2jis} разів. З урахуванням прийнятих вище умов, ця складова похибки матиме нехтувально мале значення в практичних застосуваннях.

Аналіз показує, що в робочих умовах експлуатації на точність вимірювання суттєво впливатимуть як адитивна, так і мультиплікативна складові похибки вхідного каскаду ІА. З метою їх зменшення на практиці пропонується ручне встановлення нульового рівня та коефіцієнта перетворення ІА [5]. Однак в умовах експлуатації обидві складові можуть суттєво змінюватись та суттєво погіршувати точність МСМІ. Тому пропонуємо ці складові похибки коригувати за методом комутаційного інвертування із розміщенням перемикачів полярності якомога ближче до виходу сенсорів у кожному вимірювальному каналі.

1. Yu. Yatsuk, M. Mykyjchuk, V. Zdeb, R. Yanovych. *Metrological Array of Cyber-Physical Systems. Part 11. Remote Error Correction of Measuring Channel (ISSN 1726-5479) Sensors & Transducers, Vol. 192, Issue 9, September 2015, pp. 22-29.*

2. ATEX directive 2014/34/EU, Decision No 768/2008/EC of the EPC of 9 July 2008 on a common framework for the marketing of products, in Brussels, 21.11.2011 under reference COM(2011) 763 final.

3. Explosion protection. Theory and practice. PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG, Web Portal (<http://www.phoenixcontact.com>).

4. Data Acquisition Handbook, A Reference For DAQ And Analog & Digital Signal Conditioning, 3-rd Ed., Measurement Computing Corporation, 2012.

5. Precision, Wide Bandwidth 3-Port Isolation Amplifier AD 210, Analog Devices Inc., Web Portal (<http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD210.pdf>).

УДК 658.562.61

О.В. Вікович, аспірант, Є.В.Походило, д.т.н., проф.

СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СВІЖОГО ТА РОЗМОРОЖЕНОГО КУРЯЧОГО М'ЯСА

Ключові слова: якість м'яса, ідентифікація продукції, експрес-метод, курятина, імітанс, свіже м'ясо, розморожене м'ясо

Проблематика оцінювання якості м'яса стає щороку актуальнішою. Важливими питаннями наукових досліджень у галузі м'ясної промисловості є забезпечення високої якості м'яса, безпечності, норм пакування та зберігання.

У зв'язку з особливостями транспортування і зберігання, постачальники м'яса, зокрема курячого, кілька разів його заморожують і розморожують [1]. При заморожуванні у м'ясі відбуваються фізичні, гістологічні, колоїдно-хімічні, біохімічні та біологічні зміни, що мають важливе значення для його якості. Недоліками заморожування є підвищення жорсткості м'яса, особливо після відділення його від кісток, збільшення ушкодження тканин і, отже, зменшення терміну зберігання, збільшення втрат білків і різних екстрактивних речовин. Двічі і більше заморожене м'ясо після повторного розморожування позбавлене значної кількості розчинних поживних речовин [2].

Сучасний аналіз якості м'яса і м'ясопродуктів потребує спеціальної кваліфікації, лабораторного обладнання, часто дорогого, та багато часу. Навіть з урахуванням цих вимог багато методів оцінювання якості м'яса є недосконалими [3].

Органолептичний метод не є оптимальним для оцінювання великої партії продукції, наприклад при вхідному контролі на підприємстві, коли партія потребує детального контролю зразків з мінімальними витратами часу. Також недоліком органолептичного методу є суб'єктивність суджень контролера. Гістологічне оцінювання свіжості м'яса є одностороннім, і його можна застосувати лише із використанням інших методів. Більше того, практичне застосування методу ускладнено необхідністю придбання спеціального обладнання та залучення фахівців [3].

Мікроскопічний аналіз також може бути використаний для визначення замороженого м'яса і режиму заморожування (стан перед заморожуванням, швидкість заморозки), але тривалість такого дослідження надто велика.

Для контролера гістологічне оцінювання та мікроскопічний аналіз є дорогими методами контролю і менш зручними, порівняно з придбанням експрес-аналізатора. Тому є необхідність створення нових методів та засобів для контролю якості. Негайного вирішення потребує питання оперативного виявлення неякісного м'яса.

З огляду зазначеного актуальним і перспективними є розвиток методів оперативної ідентифікації м'яса є електричні методи вимірювання [4,5]. Вони ґрунтуються на одній спільній ознаці речовини, матеріалу чи виробу, якою є внутрішня структура, через яку може пройти електричний струм за певних рівнів прикладеного тестового сигналу. З руйнуванням клітинної структури м'язових тканин докорінно змінюється структура системи, форма і міцність зв'язку вологи з дисперсними частинками, тобто структурно-механічні та електрофізичні характеристики системи [6].

Відомий спосіб ідентифікації розмороженого м'яса [7, 8] за електричними параметрами за яким аналізують графічну залежність реактивних провідності чи опору м'яса від частоти.

Залежності реактивної складової адмітансу або імпедансу свіжого м'яса від частоти певного частотного діапазону відрізняються від складових м'яса, що вже заморожувалося. Відмінність полягає у зміні характеру залежностей. Для свіжого м'яса реактивна складова адмітансу із зростанням частоти до деякого значення спадає, а потім зростає, тобто має екстремальне значення. Для розмороженого м'яса вона має лише спадаючий характер у такому ж частотному діапазоні. Подібна відмінність також є між реактивними складовим імпедансу для свіжого та розмороженого м'яса, однак напрям їхніх змін протилежний.

Треба зазначити, що для реалізація такого способу ідентифікації немає потреби у стандартному зразку, як прийнято у разі реалізації імітансного методу контролю якості [4].

Для виявлення наявності екстремального значення в залежності реактивної складової адмітансу від частоти достатньо порівняти значення реактивної складової об'єкта контролю на трьох фіксованих частотах. При цьому спрощується процедура ідентифікації, оскільки відсутня операція порівняння результатів з базовим зразком, а також спрощується сама вимірвальна операція, оскільки аналізуються результати вимірювання одним і тим же засобом та в однакових умовах.

Технічна реалізація зазначеного способу ідентифікації свіжого та розмороженого м'яса може здійснюватися за двома варіантами побудови вимірвального засобу. Перший варіант полягає в тому, що по чергово діють на м'ясо тестовим сигналом різної частоти, використовуючи для цього двоелектродний первинний перетворювач голчатої конструкції, фіксують вимірні значення та їх опрацьовують.

За другим варіантом використовують три двоелектродні первинні перетворювачі об'єднані конструктивно в один шестиелектродний. У такому разі дія на м'ясо тричастотного сигналу є одночасною, так як на кожних два електроди перетворювача подається тестовий сигнал однієї з трьох частот.

Оскільки кожна пара електродів контактує з м'ясом розпорошено, то можливі незначні відмінності адмітансів кожного із сенсорів. Однак, суттєвого впливу на результат ідентифікації це не матиме, оскільки фіксується лише наявність екстремального значення реактивної складової адмітансів в частотному діапазоні, а не їх вимірювання.

Отже, наведений спосіб реалізації електричного методу ідентифікації свіжого та розмороженого м'яса має кілька переваг порівняно з традиційними методами. Основною перевагою є те, що він забезпечує оперативність ідентифікації без використання базового зразка. Засоби, побудовані за таким способом вимірювання прості за побудовою, використовується для цього доступна елементна база, а тому можуть бути орієнтовані на широке коло споживачів.

1. Процай О. В. Контроль якості м'яса імітансним методом. // VIII Міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості та освіті»: [тези], (8-15 червня 2012 р., Варна, Болгарія): Матеріали. У 3-х томах. Том II. Упорядники: Хохлова Т.С., Хохлов В.О., Ступак Ю.О. – Дніпропетровськ-Варна, 2012. – 554с. – С. 168 - 169.

2. Янчева М. О., Пешук Л. В., Дроменко О. Б. Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів: Навч. пос. — К.: Центр учбової літератури, 2009. — 304 с.

3. Классификация методов оценки свежести мясного сырья / А.Ф. Алейников, И.Г. Пальчикова, Ю.В. Чугуй // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы международной научно-практической конференции «АГРОИНФО-2012» (Краснообск, 10-11 октября 2012 г.) / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. регион. отд-ние [и др.]. – Новосибирск, 2012. – Ч.2. – С.63-68.

4. Походило Є.В. Розвиток теорії та принципів побудови засобів вимірювання імітансу об'єктів кваліметрії: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.11.05 / Національний ун-т "Львівська політехніка". - Л., 2004. — 40 с.

5. Німецькі вчені навчилися виявляти лежале м'ясо: [Електронний ресурс] / Ветеринарна медицина України // Ветеринарний інформаційний ресурс України – Режим доступу: http://vet.in.ua/menu/news.php?id_article=419

6. Handbook of meat processing / edited by Fidel Toldrá. - Blackwell Publishing, USA, 2010. – 566 p.

7. Пат. 71214 Україна, МПК G 01 R 27/00. Спосіб визначення свіжості м'яса/ Походило Є. В., Столярчук П. Г., Процай О. В. (Україна); заявник та патентовласник НУ «Львівська політехніка» — № и 2011 14432 ; заявл. 06.12.2011 ; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13. — 4 с.

8. Походило Є. В., Вікович О. В. Контроль свіжості м'яса за параметрами імітансу // Науково-технічний журнал «Стандартизація, сертифікація, якість» №1 (86) 2014.

УДК 681.3

Д.С. Ліщенко, магістрант, А.В. Шнира, магістрант, М.В. Добролюбова, к.т.н., доц.

МОНІТОРИНГ ХАРАКТЕРИСТИК ПИТНОЇ ВОДИ

Ключові слова: моніторинг, підсистема, сервер, Інтернет, діапазон, вимірювання, похибка

Із стримким розвитком найрізноманітніших технологій перед людством все частіше постає проблема екологічного стану навколишнього середовища та його впливу на здоров'я людини. У зв'язку з цим виникає питання про якість води, яку кожен з нас вживає повсякчасно. Звісно спочатку вода фільтрується та дезінфікується на спеціальних станціях, але до кранів пересічних громадян вона не завжди надходить належної якості. На це впливають багато факторів, але найвагомійший – це стан трубопроводів, по яких вода транспортується.

В Україні більшість населення воду з-під крану намагається не споживати без попередніх заходів обробки: кип'ятіння, відстоювання, фільтрації тощо, оскільки ці процеси знищують більшу частину шкідливих речовин, яких у воді не має бути [1].

В зв'язку з цією актуальною проблематикою було прийнято рішення розробити систему моніторингу характеристик питної води, що постачається до житлових будинків, яка б була за ціною політикою доступною для широкого вжитку [2]. В основу цієї системи лягло спостереження за показниками температури та рівня Ph (рис.1).

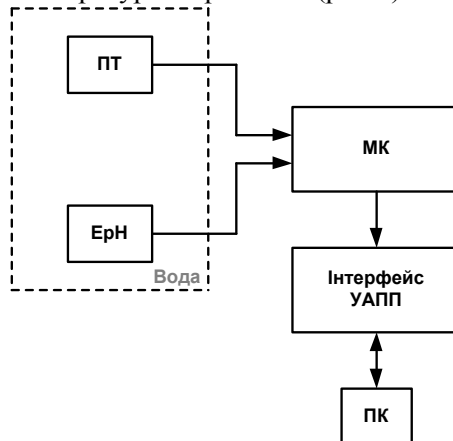
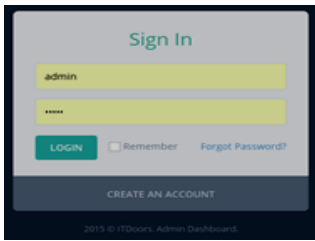


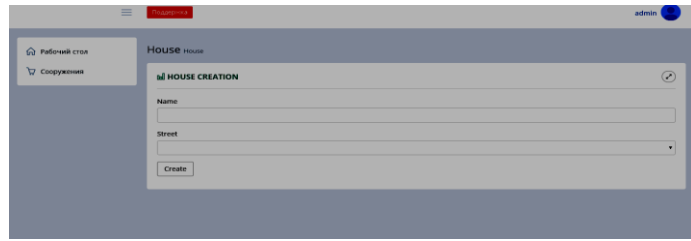
Рис. 1. Система моніторингу параметрів води

Для визначення рівня рН використовується складна високоінтегрована система (Analog front-end, AFE) LMP91200, яка працює в діапазоні напруги від 1.8 В до 5.5 В [3]. Мікросхема LMP91200 підтримує двохелектродні рН-датчики, що застосовуються в платформах аналізаторів для моніторингу виділень, моніторингу якості пари і води на хімічних (нафтохімічних) заводах, у харчовій промисловості тощо. Для вимірювання температури використовується цифровий датчик DS18B20 [4]. Основною функціональною можливістю DS18B20 є його температурний перетворювач. Роздільна здатність температурного перетворювача може бути змінена користувачем і становить 9, 10, 11, або 12 бітів, відповідаючи (дискретності вимірювання температури) 0.5°C, 0.25°C, 0.125°C і 0.0625°C відповідно.

Розроблена система моніторингу параметрів води використовує спеціальне програмне забезпечення, відправляючи дані на сервер, який обробляє та відображає їх в Інтернеті на додатково розробленому для цього сайті. Завдяки веб-сайту будь-хто може перевірити стан води в будинку (рис. 2).



а) Конфігурація фаєрволів



б) Відображення однієї зі сторінок функції контролера

Рис. 2. Веб-сайт системи моніторингу параметрів води

Одночасно розроблена база даних, яка зберігає та обробляє інформацію системи для подальшого аналізу (виміряні значення температури і рівня рН), та відображає реляційну структуру даних (рис. 3).

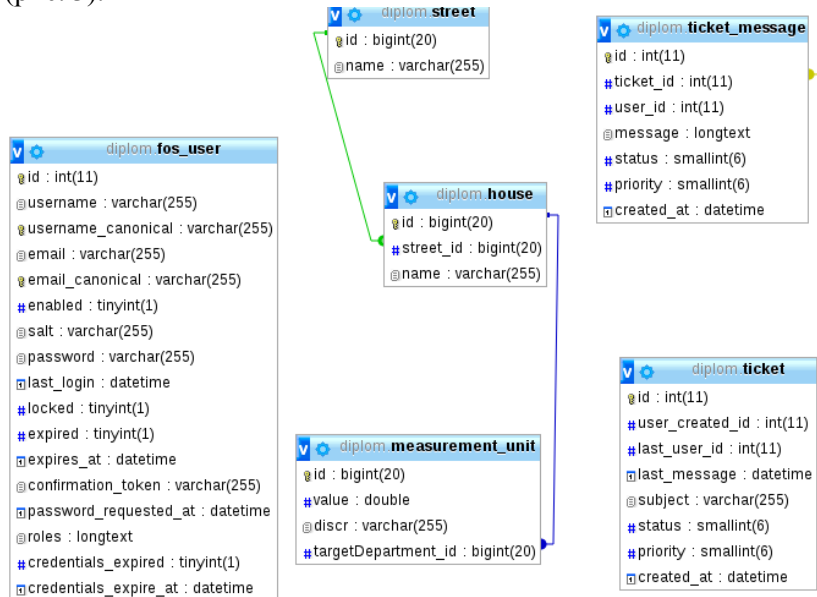


Рис. 3. Діаграма структури бази даних

Аналіз похибок розробленої системи моніторингу параметрів води показав, що виміри відбуваються рівномірно, при цьому похибка вимірювання температури і рівня рН розраховуються окремо (рис. 4).

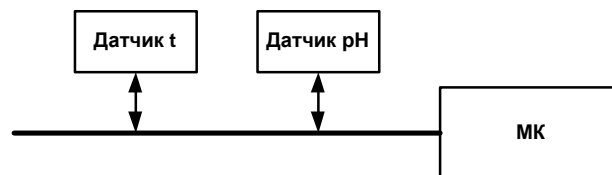


Рис. 4. Окремі канали вимірювання системи моніторингу параметрів води

Для забезпечення точних вимірювань температури обрано 12-ти розрядний аналого-цифровий перетворювач, а отже похибка дискретності є 0,0625. Це дозволяє отримати цілком порівнянну з дискретом АЦП похибку вимірювання, рівну 0.5 °С.

Розрахунок похибки вимірювання рівня рН відбувався при температурі, яка становить +25 °С, та при теоретичному нахилу Нернста, рівному 59.16 мВ/рН. Відносна похибка вимірювання рівня рН становить 0.2 %.

Отже, підвищена надійність і точність системи досягається за рахунок вбудованого тест-датчика, наявності належних з'єднань і функціональності, надмалих струмів зміщення. Одночасно з цим забезпечується захист рН-електродів при відсутності живлення. Система забезпечує максимальну гнучкість та має широкий робочий діапазон: діапазон напруг – від 1.8 до 5.5 В, діапазон робочих температур – від -40 до +125 °С, малий струм зміщення входу рН-буфера в робочому діапазоні.

Розроблена система моніторингу забезпечує надійність результатів вимірювань. З її допомогою можна відстежити, які саме будинки отримують неякісну воду, отже, можна визначити, які трубопроводи мають бути перевірені і замінені.

Чим більше комплектів даної системи буде встановлено, тим легше буде визначити місце, яке забруднює воду.

1. Нельсон Д.Л. *Принципи біохімії // Lehninger*. – 2008. – Р. 55-61.
2. Цумбалена Х. *Лінійні схеми. Керівництво з проектування*. – Москва: Техносфера, 2011. – 291 с.
3. *Texas Instruments Incorporated. LMP91200*. – Даллас: Texas Instruments, 2013. – Р. 2-10.
4. *Maxim Integrated. Специфікація DS18B20*. Сан-Хосе: Maxim Integrated, 2008. – р. 21.

УДК 006.91:681.121

О.Є. Середюк, д.т.н., проф., А.Г. Винничук, к.т.н., Т.В. Лютенко, аспірант

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИДУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА НА ВИТРАТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Ключові слова: природний газ, повітря, нестандартний звужувальний пристрій, лічильник газу, торцеве сопло, витратна характеристика, робочий тиск, експериментальні дослідження

Одним із відомих і незаперечних шляхів підвищення точності обліку природного газу є дотримання паспортних значень метрологічних характеристик засобів вимірювання його об'єму в процесі експлуатації. Це в повній мірі стосується побутових лічильників газу. Сьогодні визначають їх похибку шляхом застосування стаціонарних еталонних установок [1], які функціонують на повітрі і при цьому необхідним є демонтаж лічильників з місця експлуатації і їх транспортування до місця повірки. За таких умов суттєво знижується достовірність результатів визначення фактичної похибки лічильників в експлуатаційних умовах, оскільки змінюється вид робочого середовища і внаслідок транспортування разом з попередньою підготовкою лічильників до повірки відбувається видалення наявних забруднень у внутрішніх порожнинах лічильників.

Тому на сьогоднішній день розроблені установки [2], які дозволяють здійснювати бездемонтажну повірку побутових лічильників з використанням природного газу як робочого середовища. Цей метод повірки базується на застосуванні еталонних перетворювачів вимірювання об'єму і витрати газу конструктивного виконання у вигляді нестандартних звужувальних пристроїв (ЗП), зокрема торцевих сопел. Однак при цьому необхідно градувати ЗП шляхом побудови їх витратних характеристик, які встановлюють зв'язок між коефіцієнтом витрати і числом Рейнольдса, яке кількісно характеризує потік через ЗП. З цією метою використовуються еталонні установки, наприклад, дзвонового типу, які функціонують на повітрі [1].

Оскільки в Україні відсутні еталонні установки, які би функціонували на природному газі за малих робочих витрат (0,10...16) м³/год, що відповідає умовам роботи побутових лічильників газу, то розроблений метод визначення зміни коефіцієнта розширення робочого середовища при його протіканні через ЗП [3] за умови використання різних видів робочого середовища. Цей метод базується на застосуванні відомих формул для впливу на коефіцієнт розширення при протіканні газу через нестандартні ЗП у вигляді конусних діафрагм або циліндричних сопел. При цьому для визначення коефіцієнта розширення при роботі ЗП на природному газі виходили з умови пропорційності зміни коефіцієнта розширення газу на виході ЗП по відношенню до його зміни від переходу на інше робоче середовище.

Такий підхід є недостатньо коректним, оскільки закономірності зміни для кожного виду нестандартних ЗП можуть бути різними, а відповідно, може зрости похибка визначення коефіцієнта розширення.

Застосування теорії гідродинамічної подібності при вивченні витратних характеристик нестандартних ЗП при їх градуванні на рідинному робочому середовищі [4] дає позитивний результат, однак є дуже обмеженим щодо діапазону робочих витрат внаслідок суттєвих відмінностей чисел Рейнольдса плинного середовища при протіканні через ЗП газу і рідини. Тому необхідно розробити нові методичні підходи і технічні засоби для їх реалізації, які би забезпечили можливість отримання реальних витратних характеристик нестандартних ЗП при їх функціонуванні на різних робочих середовищах.

Метою роботи є розроблення методології і технічного рішення для дослідження впливу виду робочого середовища на витратні характеристики звужувальних пристроїв.

Розроблений лабораторний стенд (рис.1) базується на застосуванні методу нерозривності потоку газової і рідинної складових, які утворюють один потік. На підставі такого підходу стенд містить дві функціонально з'єднані частини: газову і рідинну. При цьому газова забезпечує можливість функціонування при різних видах газоподібного робочого середовища (повітря або природний газ). Водночас експериментальні дослідження можна здійснювати при атмосферному тиску, при надлишкових тисках газового середовища, які несуттєво перевищують атмосферний тиск і відповідають умовам функціонування побутових лічильників газу, а також при підвищених

робочих тисках, що визначається конструктивним виконанням вузлів стенду і застосуванням відповідних вимірювальних приладів.

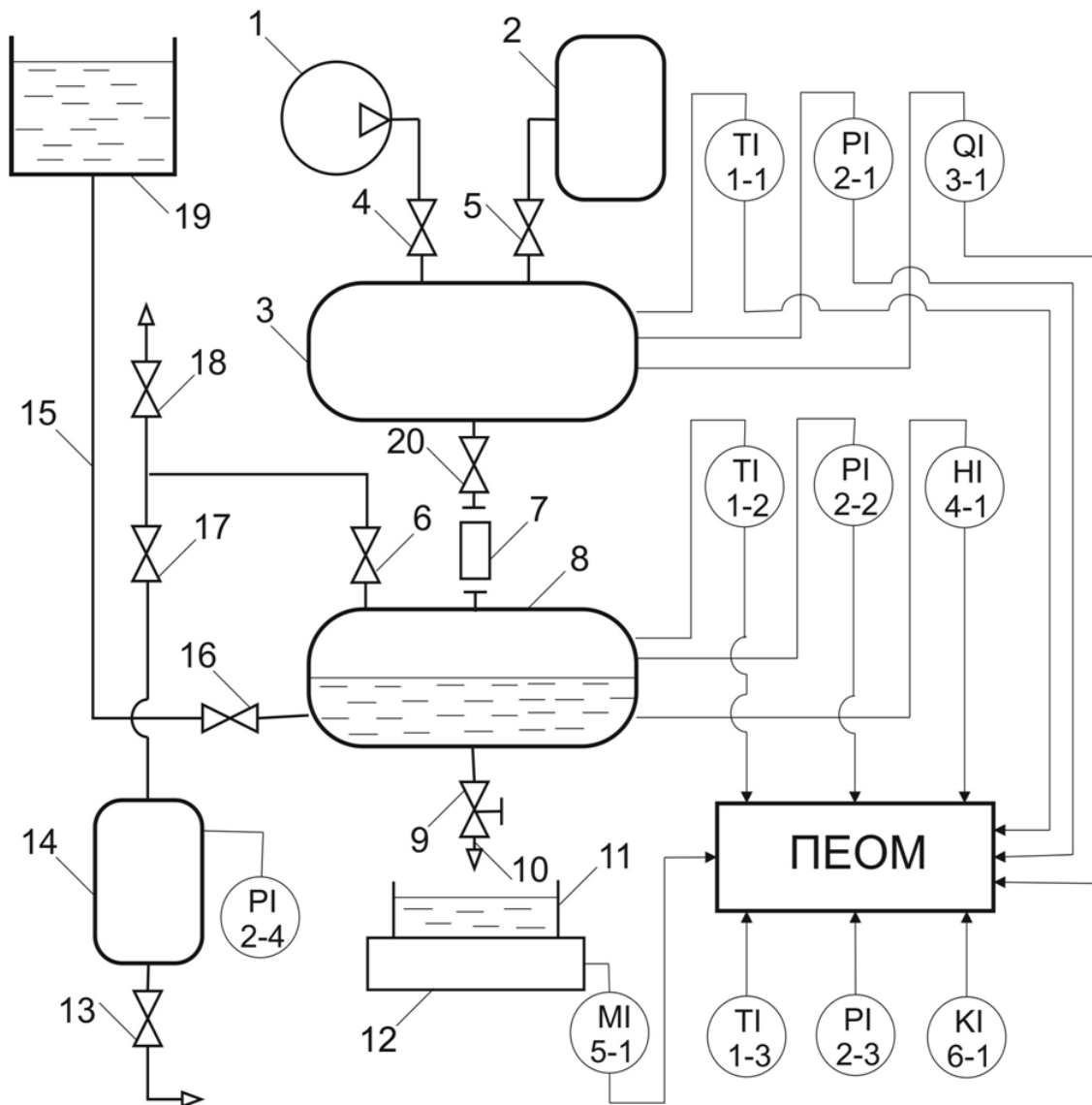


Рис. 1. Функціональна схема стенду для експериментальних досліджень витратних характеристик нестандартних звужувальних пристроїв

Стенд містить дві робочі ємності 3, 8 в з'єднувальному трубопроводі між якими монтується досліджуваний нестандартний ЗП 7. Ємність 3 заповнюється газом, а ємність 8 містить дві фази робочого середовища (газ і рідину). На виході з ємності 8 знаходиться електронна вага 12 з посудиною 11 для збору рідини, яка витікає з ємності 8. До складу стенда входить джерело витрати повітря 1 (повітрорудка або компресор) і джерело витрати природного газу 2 (ємність зі стисненим газом або трубопровід з лінією подачі стисненого природного газу). Допоміжне обладнання стенда складається з баку 19 з робочою рідиною і ємності 14 для збору газової фази при технологічній підготовчій операції заповнення ємності 8 через трубопровід 15 від баку 19. В склад стенда входить контрольно-вимірювальне обладнання для вимірювання температури (ТІ), тиску (ПІ), густини газу (QІ), рівня рідини (НІ), маси рідини (МІ), часу протікання робочого середовища (КІ) через ЗП, яке під'єднане до ПЕОМ. Підготовчий і основний режим роботи стенда реалізується за допомогою перекирвних вентилів 4-7, 9, 13, 16-18, 20.

При функціонуванні на повітрі з використанням оточуючого середовища як джерела витрати 1 не використовується і при відкритому вентилі 4 повітря проходить через ємність 3, відкритий вентиль 20, нестандартний ЗП 7 у верхню частину ємності 8. При цьому за рахунок відкритого вентилі 9 відбувається витікання рідини з ємності 8 у посудину 11 і визначення маси рідини

електронною вагою 12. На підставі порівняння об'ємної витрати газу через ЗП з об'ємною витратою рідини, яка витікає у посудину 11, за відомим алгоритмом [4] можна розрахувати коефіцієнт витрати ЗП. Далі змінюючи ступінь відкриття вентиля 9 змінюють витрату через нього, чим змінюють витрату через ЗП 7, що дає можливість розрахувати інше значення коефіцієнта витрати. При зменшенні рівня рідини у ємності 8 до мінімального значення перекривають вентиля 9 і 20 і при відкритих вентилях 6, 16, 18 здійснюють наповнення ємності 8 рідиною із бака 19.

При функціонуванні стенда на повітрі при підвищених тисках застосовується джерело витрати повітря 1, яке створює підвищений тиск в ємності 3, що забезпечує протікання повітря при більших надлишкових тисках через ЗП 7. При цьому витікання повітря із 3 може здійснюватися як при постійно включеному джерелі 1, так і за рахунок попереднього наповнення ємності 3 і формування потоку газу з неї здійснюється при закритому вентилі 4. За таких умов ємність 3 можна використовувати як вузол установки PVTt типу, що при відповідному градуванні її внутрішнього об'єму може бути використана як еталонна ємність.

При функціонуванні стенда на природному газі від джерела 2 формується потік робочого середовища (природний газ), який проходить по аналогічному шляху, як і при функціонуванні установки на повітрі. Відмінність полягає в тому, що газова фаза ємності 8 при донаповненні ємності рідиною з бака 19 подається через відкритий ventиль 17 і закритий ventиль 18 не в атмосферу, а в додаткову ємність 14. При цьому функціонування на природному газі може бути реалізовано як в режимі протічної ємності 3, так і в режимі цієї ємності як вузла установки PVTt типу з реальним робочим середовищем.

Висновки. Розроблений лабораторний стенд забезпечує можливість визначення витратних характеристик нестандартних ЗП за різних видів робочого середовища і за різних значень робочих тисків при однакових технологічних умовах їх функціонування, тобто при незмінних конструктивних виконаннях вхідних і вихідних ділянок приєднувальних трубопроводів. Це дає можливість експериментально досліджувати вплив не тільки умов експлуатації ЗП (тиск, температура, вид робочого середовища) на метрологічні характеристики ЗП, але й інших факторів, зокрема, вплив модуля і довжини прямолінійної ділянки ЗП, конструкції вхідних і вихідних ділянок приєднувальних трубопроводів, що на даний час математично недостатньо описано і є практично не вивченим питанням.

1. *Облік природного газу: довідник / [М.П.Андрійшин, О.М.Карпаш, Я.С.Марчук, І.С.Петришин, О.Є.Середюк, С.А.Чеховський]; за ред. С.А.Чеховського. – Івано-Франківськ: ПП «Сімик», 2008. – 180 с.*

2. *Середюк О.Є. Нові аспекти застосування торцевих звужувальних пристроїв при обліку природного газу / О.Є. Середюк, А.Г. Винничук // Метрологія та прилади. – 2014. – №1п (45). – С.197-202.*

3. *Винничук А.Г. Вдосконалення методу вимірювання витрати газу з використанням торцевих звужувальних пристроїв: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.01 / Винничук Анна Григорівна. – Івано-Франківськ, 2012. – 214 с.*

4. *Винничук А.Г. Дослідження гідравлічних витратних характеристик нестандартних звужувальних пристроїв / А.Г. Винничук, О.Є. Середюк, Т.В. Лютенко // Системи обробки інформації. – 2015. – №6 (131). – С.25-28.*

Ю.В. Вітрук, к.т.н., Я.І. Рубан, студент-магістр

ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК ПРИ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ МЕТОДОМ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ

Ключові слова: неруйнівний контроль, акустичні методи, метод вільних коливань, вейвлет-перетворення, вейвлет Морле, діагностичні ознаки, амплітудна вейвлет-функція, вейвлет-спектр

При Фур'є аналізі в якості основних базисних функцій використовуються синуси, косинуси і комплексні експоненти. Вони існують на протязі всієї дійсної осі. Тому Фур'є аналіз дає загальне уявлення про складові сигналу і не може розрізнити, як ці складові поведуть себе на протязі певного інтервалу часу. Оскільки сигнали вільних коливань загасаючі і складаються з декількох мод [?], то кожна мода, в залежності від того, в якому шарі композиту вона збуджена, буде мати свою власну амплітуду, частоту і коефіцієнт загасання. Тобто, знаючи поведження в часі кожної моди можна робити висновки про структуру контрольованої зони композиту. Здійснити частотно-часовий аналіз дає змогу вейвлет-перетворення [1, 2].

Пряме вейвлет-перетворення дискретного сигналу $f_k = f(t_k)$, $t_k = \Delta t \cdot k$, $k = \overline{0, N-1}$, заданого значеннями функції з постійним кроком Δt , здійснюється відповідно до правила

$$W(a, b) = \frac{1}{n(a, b)} \sum_{k=0}^{N-1} f_k \psi^* \left(\frac{t_k - b}{a} \right), \quad (1)$$

$$n(a, b) = \sum_{k=0}^{N-1} e^{-\frac{1}{B} \left(\frac{t_k - b}{a} \right)^2} \quad (2)$$

де a і b — параметри, що визначають відповідно масштаб і зсув функції ψ , яка називається аналізуючим вейвлетом, знак „*“ означає комплексне спряження.

Перетворення (1) називається амплітудною вейвлет-функцією. Ця функція обчислюється на дискретній множині значень аргументів a_i і b_j , $i = \overline{0, Na-1}$, $j = \overline{0, Nb-1}$. Перетворення (1) залежить від деякої функції $\psi(t) \in L^2(\mathbf{R})$ яку називають базисним вейвлетом. Практично єдиним обмеженням його вибору є умова скінченності нормувального множника

$$C_\psi = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\hat{\psi}(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega = 2 \int_0^{\infty} \frac{|\hat{\psi}(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty, \quad (3)$$

де $\hat{\psi}(\omega)$ — Фур'є-образ вейвлета $\psi(t)$.

Умову (3) задовольняє багато функцій, тому можливо підібрати вид вейвлета, який найбільш підходить для рішення конкретної задачі. Зокрема для аналізу загасаючих гармонічних коливань доцільніше підбирати вейвлети, які також є загасаючими коливаннями. Вейвлет-перетворення синусоїдального сигналу з аналізуючими вейвлетом Морле розглянуто у [3]. Тут доведено, що локальний спектр енергії за вейвлетом Морле не залежить від зсуву b_j . Тому у даній роботі було обрано саме цей базисний вейвлет, для якого $B = \alpha^2$ у виразі (2).

Обчислення вейвлет-перетворення в координатах масштаб-зсув дещо не зручне для сприймання, оскільки заданий з постійним кроком масштаб a_i стискає область вищих частот і компоненти досліджуваного сигналу, що належать до цієї області, стають важкорозрізнюваними. Тому пропонується шляхом заміни $\nu_i = 1/a_i$ перейти до величини ν_i , яка є аналогом частоти у перетворенні Фур'є.

Тоді значення амплітудної вейвлет-функції дискретного сигналу будуть обчислюватись за наступними формулами:

$$W(\nu_i, b_j) = \frac{1}{n(\nu_i, b_j)} \sum_{k=0}^{N-1} f_k \psi^* \left((t_k - b_j) \nu_i \right) \quad (4)$$

$$n(v_i, b_j) = \sum_{k=0}^{N-1} e^{-\frac{1}{B}((t_k - b_j)v_i)^2} \quad (5)$$

Вибір діагностичних ознак на основі вейвлет–перетворення сигналів вільних коливань.

Запропонований підхід з використанням вейвлет–перетворення дає можливість в подальшому вивчати характер розповсюдження акустичних хвиль у окремих шарах композитів і досліджувати зміну структури композитів за виявленими змінами у вейвлетному спектрі вільних коливань.

Розглянемо вейвлет–перетворення сигналів, отриманих у неушкодженій та uszkodженій зоні стільникової панелі товщиною 20мм. Амплітудні спектри цих сигналів зображені на рис. 1.

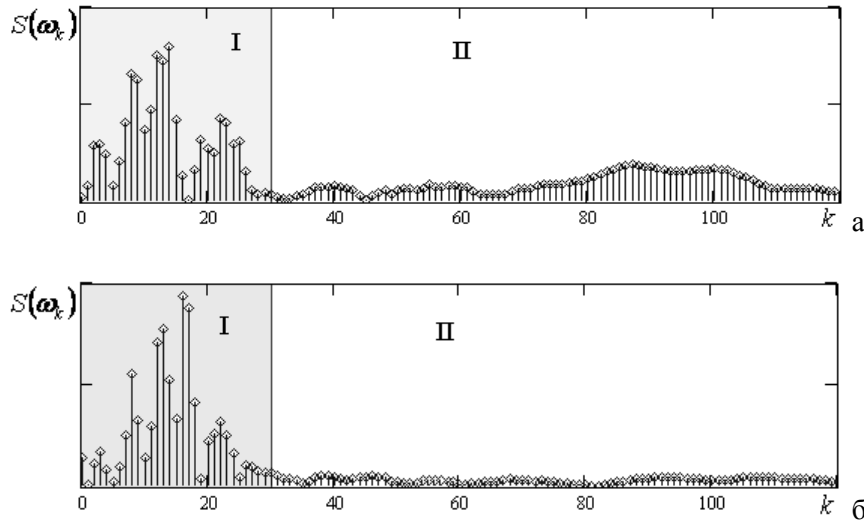


Рис. 1. Амплітудні спектри сигналів вільних коливань неушкодженої зони – а) та зони з дефектом радіусом 20 мм стільникової панелі – б)

За оцінками амплітудних спектрів попередньо визначається діапазон частот, в межах якого буде виконуватись вейвлет–перетворення – регіон I на рис. 1.

На рис. 3 зображено графіки амплітудних вейвлет-спектрів цих сигналів, розрахованих за вейвлетом Морле у обраному діапазоні частот.

Для більш швидкого прийняття рішення про наявність чи відсутність дефекту у контрольованій зоні композиційного матеріалу пропонується порівнювати між собою значення амплітудних вейвлет–спектрів вільних коливань еталонної і контрольованої зон, розраховані з однаковим зсувом. Наприклад, на рис. 2а подані амплітудні вейвлет–спектри сигналу вільних коливань доброякісної зони із зсувами $b_j = b1, j = 30$, $b_j = b2, j = 50$, $b_j = b3, j = 70$. А на рис. 2б зображені аналогічні спектри вільних коливань зони з діаметром дефекту 20 мм. Іншими словами ці спектри фактично є поперечними перерізами графіків на рис. 1.

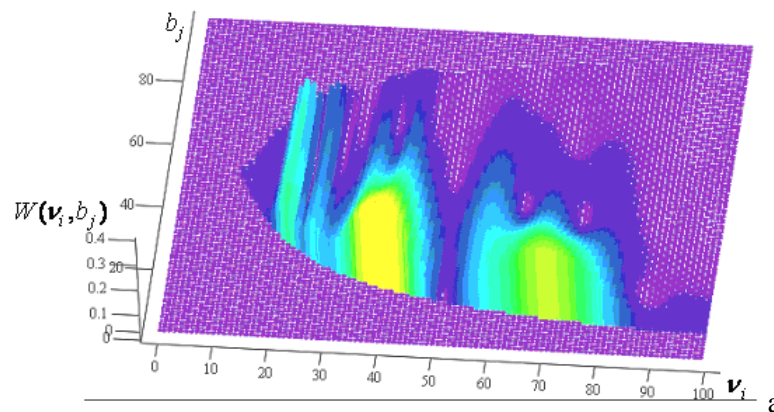


Рис. 2а Графіки амплітудних вейвлет–функцій сигналів вільних коливань неушкодженої зони

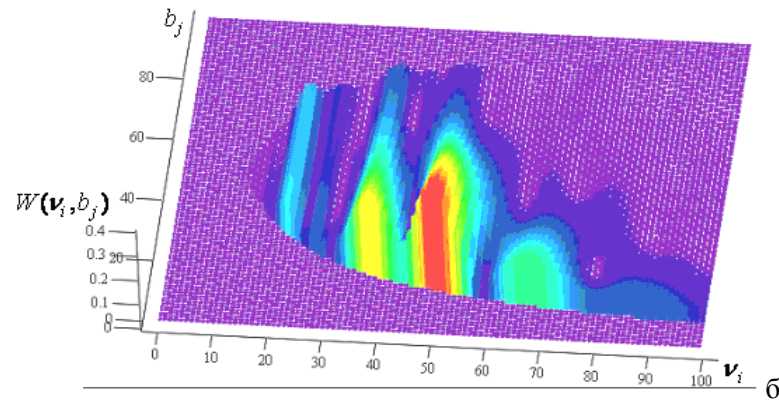


Рис. 26 Графіки амплітудних вейвлет-функцій сигналів вільних коливань зони з ушкодженням радіусом 20 мм

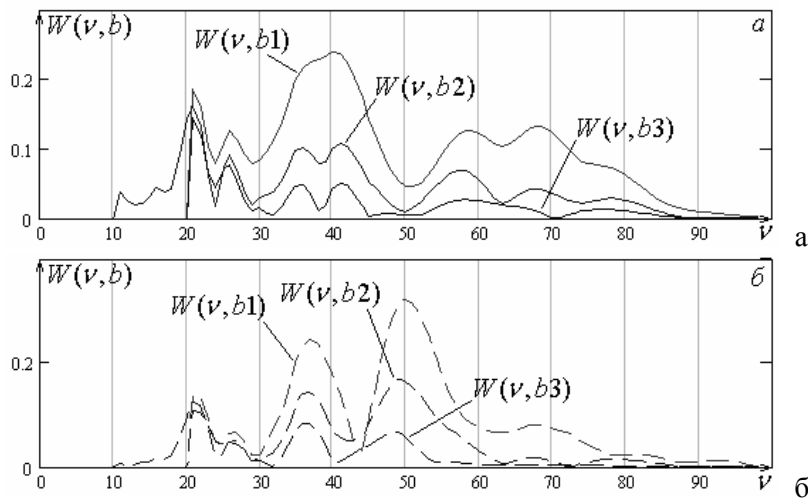


Рис. 3. Графіки амплітудних вейвлет-спектрів вільних коливань неушкодженої зони (а) та зони з розшаруванням 20 мм (б) при зсувах $b_1 < b_2 < b_3$

Отримані вейвлет-спектри на рис. 3 зручні для візуального порівняння, а також дозволяють більш точно визначити частотний діапазон кожної окремої моди з метою зменшення похибок при її відновленні.

Висновок. У даній роботі досліджено можливість використання вейвлет-спектрів (з материнським вейвлетом Морле) вільних коливань в якості діагностичних та запропоновано доцільність побудови діагностичного простору на основі вейвлет-спектрів з різними часовими зсувами.

1. И. Добеши. Десять лекций по вейвлетам. Пер. с англ. — Ижевск, НИЦ регулярная и хаотическая динамика, 2001. — 352 с.
2. Чуи К. Введение в вэйвлеты / К. Чуи. — М.: Мир, 2001. — 235 с.
3. Витязев В.В. Вейвлет-анализ временных рядов: учебн. пос. / В.В. Витязев. — С.-П.:Изд-во С.-Петербургского у-та, 2001. — 60 с.
4. Ринкевич А.Б. Вейвлетный анализ акустических полей и сигналов в ультразвуковой дефектоскопии / А.Б. Ринкевич, Д.В. Перов // Дефектоскопия. — 2005. — №2. — С. 43-54.
5. Ососков Г. Применение вейвлет-анализа для обработки дискретных сигналов гауссовой формы / Г. Ососков, А. Шитов // ОИЯИ: материалы Второй Открытой Научной конференции молодых ученых, 1997: сообщение ОИЯИ Р11-97-347. — Дубна, 1997. — С. 25.

УДК 621:658.562(043.5)

Н. И. Косач, д.т.н., с.н.с., В. П. Сироклыи, к.т.н., Хади Амине, аспирант
КАЧЕСТВО В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ
КОМПАНИИ IRAN KHODRO

Ключові слова: качество, управление, управление качеством, промышленное предприятие, управление качеством, конкурентоспособность, стандарт

Повышение качества и конкурентоспособности машиностроительной продукции для любой страны мира, в том числе и Ирана, которая ее производит, является одним из решающих условий вовлечения реальных средств и инвестиций в преодоление кризисных явлений, увеличение сбыта, как на внутреннем, так и внешнем рынке, и, как следствие в подъем экономики.

В развитой рыночной экономике машиностроительная отрасль традиционно носит социально-ориентированный и инфраструктурный характер. Машиностроение с учетом достижений технического прогресса может определять и регулировать конкурентные условия для большинства отраслей промышленности.

Политика повышения качества, проводимая машиностроительным предприятием, должна органично вписываться в деятельность всего предприятия, тогда его деятельность на рынке будет действительно эффективной [1].

Фактор качества любой продукции, в частности машиностроительной, должен учитываться при принятии решений по вопросам развития страны, предусматривать организацию широкой подготовки руководителей и специалистов различного уровня в области качества, определять политику по созданию на предприятиях организационно-технических условий, способствующих решению проблем качества [2].

Одним из таких предприятий является крупнейшая иранская автомобилестроительная компания Iran Khodro, продукция которой составляет 70 % внутреннего рынка автомобилей и запасных частей. Продукция компании Iran Khodro соответствует самым современным стандартам качества, что подтверждается сертификатами Международной организации по стандартизации ISO 9001 RW-TUV. Завод компании оснащен современным высокотехнологичным оборудованием, соответствующим самым последним тенденциям – высокий уровень безопасности, охраны здоровья и защиты окружающей среды подтверждены сертификатами Международной организации по стандартизации ISO 14001 и OHSAS 18001 [3].

Руководство компании понимает, что деятельность по управлению качеством не может быть эффективной после того, как продукция произведена – эта деятельность должна осуществляться в ходе всего цикла производства продукции. Важна также деятельность по обеспечению качества, которая предшествует процессу производства. По данным исследователей, около 80 % всех дефектов, которые выявляются в процессе производства и использования изделий, обусловлены недостаточным качеством процессов разработки концепции изделия, конструирования и подготовки его производства. Около 60 % всех сбоев, которые возникают во время гарантийного срока службы изделия, имеют свою причину в ошибочной, поспешной и несовершенной разработке. Выявлено, что при разработке и производстве продукции действует правило десятикратных затрат – если на одной из стадий круга качества изделия допущена ошибка, которая выявлена на следующей стадии, то для ее исправления потребуется затратить в 10 раз больше средств, чем если бы она была обнаружена вовремя. Если она была обнаружена через одну стадию – то уже в 100 раз больше, через две стадии – в 1000 раз и т.д. [4].

Качество машиностроительной продукции определяется совокупностью многих влияющих случайных, местных и субъективных факторов. Для предупреждения влияния этих факторов на уровень качества необходима комплексная система управления качеством. При этом нужны не отдельные разрозненные и эпизодические усилия, а совокупность мер постоянного воздействия на процесс создания продукции с целью поддержания соответствующего уровня качества.

Один из основополагающих принципов управления качеством в соответствии с ISO 9001:2015 «Система менеджмента качества. Требования» является «Ориентация на потребителя» [5]. Стратегическая ориентация на потребителя, соответствующим образом обеспеченная организационно, методически и технически, жизненно необходима каждому промышленному предприятию, функционирующему в условиях конкурентного рынка.

Удовлетворенность качеством предлагаемой продукции будет зависеть от того, в какой степени, по мнению потребителя, она соответствует своему назначению. При этом к каждому конкретному виду продукции потребитель будет предъявлять свои специфические требования (надежность, безопасность, удобство, функциональность и др.). Требования потребителя к качеству продукции в общем виде можно определить, как выражение определенных потребностей, которые участвуют в формировании отношений пригодности продукции для целей потребителя [2].

Для реализации принципа «Ориентация на потребителя» для компании Iran Khodro составлен перечень критериев для оценки удовлетворенности клиентов (потребителей).

Оценка уровня удовлетворенности клиента (потребителей) является обычной практикой для большинства компаний. Компании регулярно проводят опросы для измерения уровня удовлетворенности покупателей их продукцией.

На сегодняшний день применяют несколько методов оценки удовлетворенности потребителей:

- балльная оценка;
- оценка на основе мультиатрибутивной модели товара;
- расчет индекса удовлетворенности потребителя;
- расчет чистого индекса промоутера [6];
- шкала Лайкерта.

Для оценивания удовлетворенности потребителей компании Iran Khodro выбран метод оценки по шкале Лайкерта. Шкала Лайкерта – метод многофакторной оценки, при котором респондентам нужно сделать выбор, используя предлагаемые варианты ответов: полностью удовлетворен, в некоторой степени удовлетворен и т.д. Шкала Лайкерта дает возможность определить степень суждения. Это особенно полезно при рассмотрении важных или сложных тем и вопросов. Градация ответов помогает проще определять области, нуждающиеся в улучшении [7].

Таким образом, для обеспечения соответствия качества своей продукции требованиям потребителя, компании Iran Khodro необходимо обеспечивать постоянный контроль уровня удовлетворенности клиентов (потребителей) по выбранным критериям с применением рекомендуемого метода оценивания. Это позволит компании определять, как текущий уровень удовлетворенности ее клиентов, так и оперативно реагировать на изменение требований рынка, и далее соответствовать самым современным стандартам качества, занимая лидирующую позицию в машиностроительной области не только в Иране, но и на всем Среднем и Ближнем Востоке.

1. Никитина Н. В. *Управление качеством машиностроительной продукции на основе маркетингового подхода, автореферат диссертации, 2003 г. (режим доступа – Экономическая библиотека – <http://economy-lib.com/upravlenie-kachestvom-mashinostroitelnoy-produktsii-na-osnove-marketingovogo-podhoda#ixzz3vFae8Kzx>)*

2. Медунецкий В. М. *Основы обеспечения качества и сертификация промышленных изделий : учебное пособие / В. М. Медунецкий. – СПб. : НИУ ИТМО, 2013. – 61 с.*

3. Интернет ресурс (режим доступа – <http://www.investiran.com.ua/index.php/economy-of-iran/avtomobili/155-iran-khodro-krupnejshij-proizvoditel-avtomobilej-v-irane>)

4. Труш Ю. Я. *Обґрунтування основних шляхів підвищення управління якістю продукції / Ю. Я. Труш // Формування ринкових відносин в Україні. – 2011. – № 8. – С. 91-94.*

5. *ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements*

6. Интернет ресурс (режим доступа – http://studme.org/1157071821495/marketing/udovletvorennost_klienta_glavnoe_uslovie_uderzhaniya_formirovaniya_loyalnosti_metody_otsenki)

7. Интернет ресурс (режим доступа – <https://ru.surveymonkey.com/mp/likert-scale/>)

В.В. Моргунов, к.т.н., Р.М. Тріщ, д.т.н., проф.

ВИКОРИСТАННЯ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РАДІАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ОБ'ЄКТІВ ТА СТВОРЕННЯ ВІДПОВІДНИХ СТАНДАРТІВ

Ключові слова: чисельне моделювання, технологічні параметри, метод Монте-Карло, GEANT4

Радіаційні технології (наприклад, опромінювання гамма-променями або прискореними електронами) використовуються для широкого кола задач в промисловості: стерилізація медичних приладів та речей, обробка продуктів харчування з метою збільшення термінів зберігання, модифікація композитних матеріалів, обробка музейних експонатів та ін. Кількість радіаційних установок збільшується з кожним роком. Так, по оцінкам МАГАТЕ [1], в теперішній час діють приблизно 160 гамма-установок та 1200 прискорювачів електронів.

Важливими технологічними параметрами радіаційної обробки є наступні : мінімальна та максимальна поглинена доза опромінювання, потужність дози, час обробки та ін. Знання мінімальної дози опромінювання потрібно для того, щоб упевнитися, що об'єкт, що обробляється отримав необхідну дозу, потрібну для виконання мети обробки (наприклад, стерилізації). Також, слід знати максимальну поглинену дозу, що отримав об'єкт, що обробляється. Це потрібно для того, щоб бути впевненим, що в результаті обробки об'єкт не змінив свої якості.

В більшості випадків не можливо визначити основні параметри радіаційної обробки, наприклад при опромінюванні старовинних музейних експонатів неможливо встановити дозиметр всередині об'єкту, що обробляється, так як це призведе до його руйнації. В таких випадках, на допомогу приходять методи чисельного моделювання. Для чисельного моделювання радіаційних технологій застосовується метод Монте-Карло. Існує багато комп'ютерних програм, що моделюють радіаційні процеси, але останнім часом програмний комплекс GEANT4 [2, 3], який розробляється ЦЕРН, став одним із основних засобів для такого моделювання. Але GEANT4 є тільки програмна оболонка, для успішного використання якої потрібно додаткове програмування.

Для успішного використання чисельного моделювання потрібно вирішити наступні задачі: визначити фізичні процеси, які мають місце при радіаційній обробці та скласти фізичну модель; якомога детальніше ввести геометричні показники комори опромінювання та хімічний склад матеріалів, із яких комора опромінювання збудована; втілити в програмне забезпечення багатьох джерел опромінювання (в деяких випадках); вирішити задачу, що пов'язана з тим, що проведення таких розрахунків потребує значних обчислювальних ресурсів; порівняння результатів чисельних розрахунків з експериментальними даними; розрахунок статистичних похибок.

Складність вирішення таких задач не дає можливості вирішувати їх на практиці (виробництві, побуті), тому необхідно розробити систему нормативних параметрів радіаційної обробки, яка враховувала би різні матеріали, конфігурацію, масу та структуру об'єктів та ін.. Також актуальним є розробка відповідних стандартів, можливо міжнародного рівня, адже завдання важливе і поки не існує жодного нормативного документу, який нормував би такі параметри, тим паче, радіаційні технології межують з небезпекою, що обов'язково необхідно контролювати в сучасній системі технічного регулювання.

В ході виконання поставлених задач було вирішено наступні:

1. Визначено фізичні процеси, які мають місце при радіаційній обробці та складено фізичну модель радіаційної обробки (гамма опромінювання).
2. Вирішено задачу детального введення в програмне забезпечення складних геометричних об'єктів.
3. В програмне забезпечення втілено джерело опромінювання, яке складається з багатьох менших джерел (так званих "олівців").

Частково ця робота була виконана в рамках дослідницького проекту МАГАТЕ № 18685 "Determination of the Process Parameters of Archived Materials and Cultural Heritage Artefacts Irradiation Treatment by Using Monte-Carlo Method".

2. S. Agostinelli, J. Allison, K. Amako, J. Apostolakis, H. Araujo, P. Arce, M. Asai, D. Axen, S. Banerjee, G. Barrand, et al., *GEANT4 – a simulation toolkit*, *Nuclear instruments and methods in physics research section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 506 (3) (2003) 250–303.

3. J. Allison, K. Amako, J. Apostolakis, H. Araujo, P. A. Dubois, M. Asai, G. Barrand, R. Capra, S. Chauvie, R. Chytracsek, et al., *GEANT4 developments and applications*, *Nuclear Science, IEEE Transactions on* 53 (1) (2006) 270–278.

Г.М. Білозір, студент, В.О. Яцук, д.т.н., проф.

МЕТРОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ З ДИФЕРЕНЦІЙНИМ ВХОДОМ

Ключові слова: багатоканальні засоби вимірювань, кібер-фізичні системи, метрологічне забезпечення, аналіз похибок

Збір та опрацювання вимірювальної інформації в кібер-фізичних системах (КФС) здійснюється на основі багатоканальних засобів вимірювань (БЗВ), класична структура яких зазвичай містить вимірювальні сенсори, з'єднувальні лінії (ЗЛ), комутатор каналів (КК) і засіб вимірювання (ЗВ) [1, 2]. У багатьох практичних випадках, наприклад, КФС для випробувань різнорідної продукції, на вимірюваному об'єкті немає іскро- та вибухонебезпечних середовищ та завади спільного виду не перевищують електричну міцність ізоляції мікроелектронних КК [3, 4].

У вимірювальному колі таких КФС виникають систематичні похибки, які мають адитивну та мультиплікативну складові. Значення цих похибок має великі значення, які важко контролювати на практиці через їх значні часові та температурні дрейфи [2, 4]. Для коригування похибок вимірювальних каналів КФС доцільно використовувати калібратори електричних величин, які на місці експлуатації під'єднуються безпосередньо до входу вимірювального каналу замість сигналів сенсорів. Однак існуючі калібратори електричних величин мають великі розміри та масу і є достатньо дорогими [5]. В сучасних КФС їх доцільно забезпечувати вбудованими пристроями віддаленого автоматичного коригування [6]. В робочих умовах експлуатації виникає проблема й автоматичного коригування похибок власне калібраторів.

Вхідні сигнали сенсорів через ЗЛ подаються до входів КК. Окрім вимірювального сигналу U_x , в кожному з вимірювальних каналів може бути напруга (завада) спільного виду (НСВ), з метою зменшення впливу якої доцільно використовувати диференційну схему вхідного масштабувального пристрою (ВМП). З метою визначення граничних можливостей таких БЗВ в роботі проаналізовано їх метрологічні властивості. Зведене до входу БЗВ значення вимірюваної напруги U_{ixin} в i -му замкненому каналі подамо у вигляді (якщо відома точка прикладання НСВ U_{icm})

$$U_{ixin} = U_{ix}(1 + \delta_i) + e_{ie} + U_{il} + U_{ixc} + U_{ijx} + U_{ijxc} \quad (1)$$

де U_{ix} - значення вимірюваної напруги i -того сенсора; $e_{ie} = e_{iCL} + e_{iIB} + e_{iCC}$ - еквівалентна вхідна напруга зміщення; $e_{iCL} = e_{i1CL} + e_{i2CL}$; $e_{iIB} = e_{i1IB} + e_{i2IB}$; $e_{iCC} = e_{i1c} + e_{i2c}$; e_{i1c} , e_{i2c} - залишкові напруги обидвох ключів КК ($e_{iCC} = 0$ для КК на базі МДН транзисторів); $\delta_i = Z_{ixe}/Z_{in}$; $Z_{ixe} = Z_{i1xe} + Z_{i2xe}$, $Z_{i1xe} = Z_{i1x} + Z_{i1CL} + Z_{i1IB} + Z_{i1CC}$, $Z_{i2xe} = Z_{i2x} + Z_{i2CL} + Z_{i2IB} + Z_{i2CC}$ - сумарні опори включені між точкою прикладення НСВ та першим і другим диференціальними входами ВМП; U_{il} - еквівалентне значення похибки, спричиненої еквівалентними вхідними струмами обох входів ВМП; U_{iec} - еквівалентне значення похибки, спричиненої синфазною напругою i -того каналу; U_{ijx} - еквівалентне значення похибки, зумовленої проникненням вимірюваних напруг U_{jx} решти розімкнених каналів; U_{ijxc} - еквівалентне значення похибки, зумовленої проникненням НСВ U_{jxc} решти розімкнених каналів.

Значення адитивної складової похибки (АСП) U_{il} , спричиненої еквівалентними вхідними струмами обох входів ВМП, оцінимо за співвідношенням $U_{il} = U_{i1l} - U_{i2l} = I_{1e}Z_{1e} - I_{2e}Z_{2e}$, де $I_{1e} = I_{i1n} + I_{i11} + I_{i12}$; $I_{2e} = I_{i2n} + I_{i21} + I_{i22}$ - еквівалентні вхідні струми обох входів ВМП; I_{i1n} , I_{i2n} - вхідні струми обох входів ВМП; I_{i11} , I_{i21} - вхідні струми обох вхідних ключів КК i -того увімкненого каналу; $I_{i12} = \sum_{i=1}^n I_{i12}$; $I_{i22} = \sum_{i=1}^n I_{i22}$; I_{i12} , I_{i22} - вихідні струми КК в i -тому каналі; Z_{1e} , Z_{2e} - еквівалентні

вихідні опори обох входів ВМП, n - кількість вимірювальних каналів. Можна прийняти, що значення вхідних та вихідних синфазних опорів КК є приблизно однакові $Z_{i11} = Z_{i1}(1 + \delta_{i11})$, $Z_{i12} = Z_{i1}(1 + \delta_{i12})$, $Z_{i21} = Z_{i1}(1 + \delta_{i21})$, $Z_{i22} = Z_{i1}(1 + \delta_{i22})$, причому δ_{i11} , δ_{i12} , δ_{i21} , $\delta_{i22} \ll 1$, δ_{i11} , δ_{i12} , δ_{i21} , δ_{i22} - розкиди значень синфазних опорів в i -тому каналі КК. Оскільки значення похибок може визначатися з похибкою до десятків відсотків, то прийнявши такі співвідношення Z_{i1xe} , $Z_{i2xe} \ll Z_{in}$, Z_{1en} , Z_{2en} , запишемо вираз для АСП U_{il} , спричиненої еквівалентними вхідними струмами як:

$$U_{il} \cong \Delta I_e Z_{en} b + 2I_{ein} \Delta Z_{ixe} (1 + a^2) (b/a)^2, \quad (2)$$

де $\Delta I_e = I_{1e} - I_{2e}$; $I_{ein} = (I_{1e} + I_{2e})/2$; $\Delta Z_{ixe} = Z_{i1xe} - Z_{i2xe}$; $Z_{en} = (Z_{1ec} + Z_{2ec})/2$; $Z_{en} = Z_{i1} Z_c / 2 [(n+1)Z_c + Z_{i1}]$; $b = a/(1+a)$;

$Z_{eis}=Z_{is}+Z_{icm}$; $a=Z_{eis}/(Z_{eis}+Z_{en})$; Z_{is} , Z_{icm} – синфазні вхідні опори i -того каналу та опору ізоляції вимірювальної шини відносно точки заземлення БЗВ; $Z_{ixe}=Z_{ix}+Z_{ixCL}+Z_{ixCC}$; $Z_{ixe}=Z_{ix}+Z_{ixCL}+Z_{ixCC}$; Z_{in} – диференціальний вхідний опір; Z_{1c} , Z_{2c} – синфазні вхідні опори обидвох входів ВМП.

З аналізу виразу (3) робимо висновок, що значення АСП U_i пропорційне до суми добутків різниці еквівалентних вхідних струмів ΔI_e та середнього значення еквівалентного вхідного опору Z_{en} і середнього значення еквівалентного вхідного струму та абсолютного розкиду сумарних опорів, включених між точкою прикладання НСВ та обидвома диференціальними входами ВМП.

Значення похибки $U_{ixc} \cong U_{icm} \{ (\Delta Z_{ixe} + Z_{ixe} \delta_{ixe}) / [(1+d)Z_{eis} / Z_{en} + d] \}$, спричиненої НСВ U_{icm} має адитивний характер та визначається несиметричністю обох входів диференційного ВМП. Вона є прямо пропорційною до суми різниць еквівалентних опорів між точками прикладання НСВ U_{icm} та добутку суми цих опорів та відносного розкиду значень вхідних еквівалентних опорів ВМП в i -тому замкнутому каналі. Для її зменшення слід збільшувати опір ізоляції спільної шини ВМП відносно точки прикладання НСВ U_{icm} .

Еквівалентне значення похибки $U_{ijx} = \sum_{j=1}^{n-1} [U_{jx} Z_{in} / (Z_{in} + Z_{jp} + Z_{jxe})]$, зумовлене проникненням в i -

тий замкнений канал вимірювальних напруг U_{jx} решти розімкнутих каналів по відношенню до вимірюваної напруги в i -тому замкнутому каналі має адитивний характер, де $Z_{jxe}=Z_{jx}+Z_{jCL}$; Z_{jx} , Z_{jCL} – відповідно внутрішній опір сенсора та ЗЛ в j -тому розімкнутому каналі. Значення напруги U_{ijx} збільшується пропорційно до збільшення кількості n вимірювальних каналів. Для її зменшення в межах класичної структури БЗВ слід вибрати КК з максимально великим значенням опорів розімкнутих каналів. Однак такий шлях підвищення точності МСМІ має принципові обмеження, що накладаються параметрами існуючої елементної бази. Наприклад, для $Z_{in} \approx 10^9 \text{ Ohm}$, $Z_{jp} \approx 10^{12} \text{ Ohm}$, $Z_{in} \ll Z_{jxe}$, $U_{jx} \approx U_{ix}$ значення $k_{ijx} = \sum_{j=1}^{n-1} [Z_{in} / (Z_{in} + Z_{jp} + Z_{jxe})]$ при $n=2$ буде $k_{ijx2} \approx 0,001$, а вже при $n=12$ лише $k_{ijx12} \approx 0,01$.

Аналіз виразу АСП, зумовленої проникненням завод спільного виду U_{icm} усіх розімкнутих каналів в i -тий замкнений канал, $U_{ijxc} = \sum_{j=1}^{n-1} \{ U_{jcm} Z_{ixe} Z_{jp} (k_1 \delta_{ixe} + k_2 \delta_{ie}) / [2Z_{jcm} (Z_{jp} + Z_{ieci})] \}$ показує, що вона визначається асиметрією вхідних вимірювальних кіл БЗВ відповідно точки прикладання НСВ U_{icm} та прямо залежить від кількості n вхідних каналів. В практичних схемах симетрування вхідних вимірювальних кіл є трудомісткою задачею. Навіть якщо ці кола симетровані, то у випадку змін конфігурації цих кіл, чи умов експлуатації симетрія порушується. Тому на практиці прагнуть зменшувати значення цієї АСП шляхом забезпечення достатньо високого значення опору ізоляції Z_{is} спільної шини диференційного вхідного каскаду ВМП відносно точки прикладання НСВ U_{icm} .

Аналіз поданих виразів показує, що АСП БЗВ значною мірою залежать від кількості n вимірювальних каналів. Особливо це стосується еквівалентних значень вхідних напруг зміщення, вхідних струмів, вхідних опорів ВМП та опорів розімкнутих ключів КК. Під час використання релейних комутаторів можна суттєво зменшити вплив еквівалентних вхідних струмів та опорів. Однак суттєво збільшується вплив залишкових напруг реле. При цьому швидкодія БЗВ буде невеликою. Використання електронних ключів в КК, розташованому на вході БЗВ, дозволить усунути тільки залишкові напруги ключів.

1. *Smart Sensor Systems*, edited by G. Mejer, John Wiley & Sons, Ltd, 2008.

2. *Data-Acquisition-Handbook, A Reference for DAQ and Analog & Digital Signal Conditioning, Third Edition, 2012 by Measurement Computing Corporation, USA: (http://www.mccdaq.com/pdfs/anpdf/Data-Acquisition-Handbook.pdf)*.

3. J. W. Gardner, V.K. Varadan, O.O. Awadelkarim, *Microsensors, MEMS, and Smart Devices*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, 2001.

4. H. Czichos, T. Saito, L.E. Smith, *Handbook of Metrology and Testing, 2nd edition*, Springer, 2011.

5. *Fluke Multifunction Calibration Tools*, Fluke Inc., 2015. (<http://en-us.fluke.com/products/multifunction-calibrators/>).

6. Yu. Yatsuk, M. Mykyjchuk, V. Zdeb, R. Yanovych. *Metrological Array of Cyber-Physical Systems. Part 11. Remote Error Correction of Measuring Channel (ISSN 1726-5479) Sensors & Transducers, Vol. 192, Issue 9, September 2015, pp. 22-29.*

УДК006+621.317.1+543.3+658.562

В.В. Осколів, студент, М.С. Міхалєва, к.т.н.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКУ НА АКУСТИЧНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РІДИН

Ключові слова: ультразвук, акустичні та електрофізичні властивості рідин

Рідина – в'язкий однорідний матеріал. Ультразвук — акустичні коливання, частота яких більша ніж високочастотна межа чутного звуку (понад 20 000 Гц. Ультразвукова емісія – широко застосований фізичний ефект у багатьох галузях, де використовується залежність складу від інтенсивності поглинання ним акустичного сигналу. Розроблення удосконалених технічних прийомів використання ультразвукової емісії з допомогою нових електричних приладів дозволить спростити та пришвидшити контроль складу рідинних об'єктів [1], тому тема досліджень є актуальною.

Об'єкт дослідження - процес вимірювання акустичних та електричних сигналів, що проходять через модельні рідини. **Предмет дослідження** - модельні рідини відомого складу. Для виконання досліджень була сконструйована наступна вимірювальна установка: склянка з досліджуваною модельною рідиною; кондуктометричні електроди (які створювали електромагнітне поле); скляна пластинка з мікрофоном; ультразвукова підставка (джерело ультразвуку), на яку поміщався первинний електричний перетворювач (склянка та електроди). Перетворювач одночасно під'єднаний до RLC метра та установки генерування та реєстрації акустичного сигналу. **Новизна умов експерименту** полягає у об'єднанні впливу на рідину ультразвуку та електромагнітного поля різної частоти (від 50 Гц до 100000Гц). Частота ультразвуку у даних експериментах 2,6 МГц. Адмітанс системи вимірювався до, під час, та після впливу ультразвуку. Акустичні характеристики вимірювалися до, під час та після впливу ультразвуку та електромагнітного поля. Модельні рідини готувалися з водних розчинів солей електролітів: хлориду натрію та сульфату міді однакової концентрації – 1,203 г/л. У склянку первинного перетворювача при окремих дослідженнях двох модельних рідин заливалося їх однаковий об'єм – 10 мл (для фіксування однакової робочої площі електродів та мікрофона). Для спостережень без задачі впливу температури на інформативні параметри зміна її під час виконання експериментів вважалася не суттєвою (час експерименту 2 сек). Спостереження відбувалося з використанням результатів рівноточних вимірювань (3-4 експеримента) для фіксування промахів та оцінювання об'єктивності отриманих результатів.

Порівнюючи результати для рівноточних вимірювань ми показали що під дією ультразвуку та електромагнітного поля на рідину адмітанс (на відомих проміжках частот) спостерігається адитивний вплив та асимптотичне наближення, яке покращується від збільшення часу впливу цих полів. Для нас одним з робочих пояснень цього отриманого факту є особлива орієнтація часточок-складових у електромагнітних та акустичних полях, яка все більше упорядковується з часом впливу. Також було встановлено, що ультразвук та температура на встановлені параметри контролю не впливають. Такі параметри є координатами точки перетину графічних залежностей, що отримані при дослідженнях багатокомпонентних рідин з змінною концентрацією контрольованої речовини (при дослідженнях великої кількості модельних розчинів) [2]. Але виявлено, що ці координати можуть бути встановлені і при експериментальному впливі ультразвуку на один модельний розчин, що спрощує процес розроблення відповідних методик.

Отже, нами досліджувалися одночасні впливи ультразвуку та електромагнітного поля різної частоти, використовуючи робочу теоретичну версію їхньої адитивної дії для посилення інформативних сигналів. В розроблених умовах експерименту встановлені взаємозв'язки ультразвуку та електромагнітного поля на акустичні та електричні характеристики рідини, що у подальшому дозволяє використовувати ці одночасні впливи для удосконалення нових методів досліджень складу рідинних об'єктів. Такі н лабораторні методи дають можливість отримати більшу інформацію за рахунок підвищеної чутливості та селективності за малий час досліджень.

1. Ультразвуковые пьезопреобразователи для неразрушающего контроля. / Под ред. И. Н. Ермолова. — М: Машиностроение, 1986. — 280 с.

2. Міхалєва М.С. Розвиток нормативно-технічного забезпечення оперативного визначення характеристик рідин для контролю стічних вод. Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.–Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, 2012

УДК 006.1:658.006.25 (043.2)

О.А. Заболотня, студентка-магістр, В.М. Мокійчук, к.т.н., доцент

НОВИЙ РІВЕНЬ ЯКОСТІ МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ПОСЛУГ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТУ ДСТУ EN ISO 15189:2015

Ключові слова: акредитація, атестація, медична лабораторія, стандартна операційна процедура, система менеджменту якості, технічна компетентність, ДСТУ EN ISO 15189:2015

"Кожен має право на охорону здоров'я, медичну допомогу та медичне страхування", Конституція України, ст.49

Міжнародний стандарт ISO 15189, що встановлює вимоги до якості і компетентності медичних лабораторій, введено в дію в Україні з 01.01.2016 р., як ДСТУ EN ISO 15189:2015 "Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності" відповідно до Наказу ДП "УкрНДНЦ" №61 від 22.06.2015р. Стандарт розроблений на основі ISO/IES 17025 та ISO 9001. Згідно нової редакції Закону України "Про метрологію та метрологічну діяльність" (№30 ст. 1008, 2014, ВВР) для лабораторій не є обов'язковою атестація, з введенням закону в дію, з 01.01.2016р. медичні лабораторії можуть бути акредитовані.

Виконання медичною лабораторією вимог цього стандарту означає, що лабораторія відповідає як вимогам технічної компетентності, так і вимогам системи менеджменту якості.

Якщо лабораторія входить в структуру медичного закладу, який сертифікований відповідно до стандарту ДСТУ ISO 9001, це не означає відповідність лабораторії стандарту ДСТУ EN ISO 15189:2015. Якщо ж медична лабораторія акредитована згідно з ДСТУ EN ISO 15189:2015, то сертифікацію по ДСТУ ISO 9001 можна не проводити. В ДСТУ EN ISO 15189:2015 на відмінну від ДСТУ ISO 9001 встановлені більш спеціалізовані вимоги до персоналу, а зокрема до його компетентності, до приміщень, умов довкілля, робочого середовища, процесу відбирання проб і процедур досліджень. В ДСТУ EN ISO 15189:2015 передбачено процедуру управління ризиками і забезпечення достовірності результатів дослідження.

Згідно "Правил уповноваження та атестації у державній метрологічній системі" настанова з якості має більш спрощену структуру (всього 10 розділів, в таблиці 1 виділено жирним) ніж настанова з якості відповідно до стандарту ДСТУ EN ISO 15189:2015, даний стандарт встановлює більш жорсткі вимоги до акредитації медичних лабораторій, порівняння структури настанови з якості наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння структури настанови з якості згідно "Правил уповноваження та атестації у державній метрологічній системі" та ДСТУ EN ISO 15189:2015

1 Сфера застосування	4.12 Постійне покращення
2 Нормативні посилання	4.13 Управління записами
3 Терміни та визначення	4.14 Оцінка та аудит
4 Вимоги до менеджменту	4.15 Аналізування з боку керівництва
4.1 Відповідальність організації та керівництва	5 Технічні вимоги
4.2 Система управління якістю	5.1 Персонал
4.3 Вимоги щодо документації	5.2 Приміщення та умови довкілля
4.4 Угоди щодо послуг	5.3 Обладнання, реактиви та витратні матеріали лабораторії
4.5 Субпідрядна робота	5.4 Процеси перед дослідженням
4.6 Зовнішні послуги та поставки	5.5 Процеси дослідження
4.7 Консультаційні послуги	5.6 Забезпечення якості результатів дослідження
4.8 Вирішення скарг	5.7 Процеси після дослідження
4.9 Виявлення та контроль за невідповідностями	5.8 Звітування щодо результатів
4.10 Коригувальні дії	5.9 Надання результатів
4.11 Запобіжні дії	5.10 Управління інформацією лабораторії

В стандарті приведено більше 40 обов'язкових процедур, перелік, яких наведено в таблиці 2.
Таблиця 2

Перелік процедур згідно ДСТУ EN ISO 15189:2015

Процедура поводження зі зразками (4.1.1.3d)	Процедура та інформація, щодо дій перед дослідженням для забезпечення чинності результатів дослідження (5.4.1)
Протоколи зустрічей та обговорень (4.1.2.6)	Процедура усних запитів на дослідження (5.4.3)
Структура та взаємозв'язки документації (4.2.2.2e)	Процедура правильного відбирання первинних проб та поводження з ними (5.4.4.1)
Процедура управління документацією (4.3)	Інструкції лабораторії щодо дій перед збиранням проби (5.4.4.2)
Процедура укладання та перегляду угод, щодо надання послуг (4.4.1)	Інструкція лабораторії з відбирання проб (5.4.4.3)
Процедура досліджень (4.4.1d)	Процедура моніторингу транспортування проб (5.4.5)
Процедура вибору та оцінювання підрядних лабораторій і консультантів (4.5.1)	Процедура щодо прийому проб (5.4.6)
Процедура вибору та придбання послуг, обладнання, реактивів та витратних матеріалів (4.6)	Процедура безпечного поводження з пробами (5.4.7)
Процедура вирішення скарг (4.8)	Процедури контролю якості (5.6.2.1)
Процедура зворотного зв'язку з замовниками послуг (4.8)	Процедура запобігання видачі результатів, що отримані в умовах недостатнього контролю якості (5.6.2.3)
Процедура виявлення та контролю невідповідностей (4.9)	Процедура участі в міжлабораторних порівняннях (5.6.3.1)
Процедура щодо коригувальних дій (4.10)	Процедура аналізування результатів досліджень (5.7.1)
Процедура щодо запобіжних дій (4.11)	Процедура ідентифікації, збирання, утримання, індексування, доступу, зберігання, безпечного знищення клінічних проб (5.7.2)
План дій щодо покращення (4.12)	Процедура забезпечення правильності копіювання лабораторних результатів (5.8.1)
Програма покращення (4.12)	Процедура повідомлення того, що призначив дослідження про відстрочку виконання дослідження (5.8.1)
Процедура управління записами (4.13)	Процедура видачі результатів дослідження (5.9.1)
Оцінювання і внутрішній аудит (4.14.1)	Процедура автоматичного вибору та повідомлення результатів (5.9.2)
Процедура планування та здійснення внутрішнього аудиту (4.14.5b)	Процедура, конфіденційності інформації про пацієнта (5.10.1)
Оцінка впливу процесів роботи і потенційних помилок на результати досліджень (4.14.6)	
Процедура управління персоналом (5.1.1)	
Процедура вибору, придбання та поводження з устаткуванням (5.3.1.1)	
Процедура безпечного використання устаткування (5.3.1.3)	
Процедура калібрування устаткування (5.3.1.4)	
Процедура попереджального технічного обслуговування устаткування (5.3.1.5)	
Процедура керування та обігу реагентів та витратного матеріалу (5.3.2.1)	

На жаль, на сьогодні практично відсутня документація, яка б регламентувала порядок розроблення та організації необхідних процедур заявлених в таблиці 2. За результатами аналізу наявних міжнародних документів, можна відзначити стандарти організації CLSI (Інститут клінічних і лабораторних стандартів). Нижче наведено рекомендований перелік стандартів, який буде корисним для лабораторії.

Таблиця 3

Перелік стандартів організації CLSI

1	2	3
Лінійність MBV	CLSI EP6-A	Evaluation of the Linearity of Quantitative Measurement
Прецизійність	CLSI EP5-A2	Evaluation of Precision Performance of Quantitative Measurement Methods

продовження таблиці 3

	CLSI EP15-A2	User Verification of Performance for Precision and Trueness
Правильність	CLSI EP9-A2	Method Comparison and Bias Estimation Using Patient Samples
	CLSI EP15-A2	User Verification of Performance for Precision and Trueness
LOD, LOQ	CLSI EP17-A	Protocols for Determination of Limits of Detection and Limits of Quantitation
1	2	3
Аналітична специфічність	CLSI EP14-A2	Evaluation of Matrix Effects
	CLSI EP7-A2	Interference Testing in Clinical Chemistry
Референтні інтервали	CLSI C28-a	How to Define and Determine Reference Intervals in the Clinical Laboratory
Характеристики методик	CLSI EP12-A	User Protocol for Evaluation of Qualitative Test Performance
	CLSI EP10-A2	Preliminary Evaluation of Quantitative Clinical Laboratory Methods
	CLSI EP21-A	Estimation of Total Analytical Error for Clinical Laboratory Methods
	CLSI C51A	Expression of Measurement Uncertainty in Laboratory Medicine
Лабораторні інформаційні системи	CLSI GP19-A2	Laboratory Instruments and Data Management Systems: Design of Software User Interfaces and End-User Software Systems Validation, Operation, and Monitoring
	CLSI AUTO8-P	Protocols to Validate Laboratory Information Systems
Контроль якості	CLSI GP10-A	Assessment of the Clinical Accuracy of Laboratory Tests Using Receiver Operating Characteristic (ROC) Plots
	CLSI GP29-A	Assessment of Laboratory Tests When Proficiency Testing is not Available
	CLSI C37-A	Preparation and validation of commutable frozen human serum pools as secondary reference materials for cholesterol measurement
	CLSI C24-A3	Statistical Quality Control for quantitative measurement procedures: principles and definitions
	CLSI EP23-A	Laboratory Quality Control Based on Risk Management
Обладнання	CLSI GP31-A	Laboratory Instrument Implementation, Verification, and Maintenance
	CLSI AUTO4-A	Laboratory Automation- Systems Operational Requirements, Characteristics, and Information Elements
	CLSI H38-P	Calibration and quality control of automated hematology analyzers
	CLSI H54-A	Procedures for Validation of INR and Local Calibration of PT/INR Systems
	CLSI H26-A	Performance Goals for the Internal Quality Control of Multichannel Hematology Analyzers
МПР	CLSI GP27-A	Using Proficiency Testing (PT) to Improve the Clinical Laboratory
	CLSI Mm14-a	Proficiency Testing (External Quality Assessment) for Molecular Methods
Покращення	CLSI GP22-A3	Quality Management System Continual Improvement: Integrating Five Key Quality System Components

Також необхідно зазначити, що плануючи впровадження стандарту в лабораторії керівництво має розуміти, що більшість обов'язків з впровадження покладено на персонал, і в зв'язку з цим необхідно пройти такі основні кроки:

1. "здолати" опір персоналу, шляхом пояснення необхідності та важливості акредитації;
2. навчати персонал та зацікавити його в самонавчанні, а також самонавчатися керівникам;

3. підтримувати персонал у всіх починаннях на шляху впровадження;
4. залучити персонал до розроблення документації та впровадження стандарту;
5. сформувати команду для досягнення поставленої мети – акредитації на відповідність стандарту.

Отже процедура впровадження є досить складною та тривалою, але наявність статусу акредитованої лабораторії дійсно свідчатиме про якість і достовірність надаваних лабораторних послуг.

1. ДСТУ EN ISO 15189:2015 "Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності";
2. ДСТУ ISO 9001:2009 "Система управління якістю. Вимоги";
3. Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" – №30 ст. 1008, 2014, ВВР;
4. Правила уповноваження та атестації у державній метрологічній системі, зі змінами внесеними згідно з Наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі №1059 від 03.09.2014р.;
5. Постанова " Про затвердження Порядку акредитації закладу охорони здоров'я" зі змінами внесеними згідно Постанови КМ №921 від 11.11.2015р.

УДК 006.1:658.006.25(043.2)

Я.І. Рубан, студент-магістр, В.М. Мокійчук, к.т.н., доц.

ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ СТАНДАРТУ ДСТУ ISO/IEC 17025:2006

Ключові слова: акредитація, калібрувальна лабораторія, випробувальна лабораторія, система менеджменту якості, комітет ІЛАС, проєкт ISO 17025, ДСТУ ISO/IEC 17025:2006

З огляду на розробку технічним комітетом ІЛАС (LC) нової версії стандарту ISO/IEC 17025 пропонується до розгляду ця стаття, яка може бути корисна для спеціалістів лабораторій в яких впроваджено або планується впровадження ISO/IEC 17025:2006 [1].

На сьогодні одним із пріоритетних завдань є приведення української системи технічного регулювання у відповідність до вимог Світової організації торгівлі та Європейського Союзу. Реалізація цього завдання є надзвичайно важливою для нашої країни, оскільки 16 травня 2008 Україна стала членом Світової організації торгівлі та 16 вересня 2014 Верховна рада схвалила законопроект про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом.

Згідно нової редакції Закону України "Про метрологію та метрологічну діяльність" та " Про технічні регламенти та оцінку відповідності"(ст. 25, п.4) для лабораторій не є обов'язковою атестація згідно "Правил уповноваження та атестації у державній метрологічній системі". З введенням закону в дію з 01.01.2016р. випробувальні лабораторії можуть бути акредитовані.

Акредитація – це процедура, в ході якої національний орган з акредитації засвідчує компетентність юридичної особи чи відповідного органу з оцінки відповідності (ООВ) виконувати певні види робіт (випробування, калібрування, сертифікації, контроль).

Акредитацію згідно з вимогами стандарту проводить Національне агентство акредитації України (<http://naau.org.ua>).

НААУ проводить акредитацію відповідно до Закону України "Про акредитацію органів з оцінки відповідності" з урахуванням вимог міжнародних та європейських стандартів з акредитації за основними напрямками:

ISO/IEC 17025 був вперше опублікований в 1999 році Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) і Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК). Це найважливіший стандарт для калібрувальних і випробувальних лабораторій по всьому світу. Лабораторії, акредитовані згідно цього стандарту, показали, що вони технічно компетентні і здатні робити точний тест і / або калібрувальні дані. Вимоги даного стандарту застосовні до всіх випробувальних і калібрувальних лабораторій.

Підготовка лабораторій до акредитації за сучасними критеріями компетентності згідно з ISO / IEC 17025 включає особливості впровадження систем менеджменту в лабораторну практику, технічних вимог до виконуваної діяльності, і додаткових вимог.

Стандарт ISO / IEC 17025 включає вимоги до:

- Компетентності персоналу;
- Умов проведення випробувань та / або калібрування;
- Придатності методик;
- Оцінці невизначеності вимірювань;
- Управлінню даними;
- Обладнанню;
- Простежуваності вимірювань;
- Еталони та зразкові;
- Відбору зразків;
- Поводження з об'єктами випробувань і калібрування;
- Забезпеченню якості результатів випробувань та оцінки достовірності результатів вимірювань з використанням статистичних методів і міжлабораторних порівняльних випробувань;
- Звітності про результати.

Акредитація лабораторій - це ще один важливий крок на шляху до якості на шляху постійного поліпшення системи управління якістю.

Акредитація це:

- Забезпечення єдиної технічної політики в галузі оцінки відповідності в країні;
- Забезпечення довіри споживачів до результатів діяльності з оцінки відповідності;

- Створення умов для взаємного визнання результатів діяльності акредитованих органів на міжнародному рівні;
- Усунення технічних бар'єрів для бізнесу.

В даній статті наведено порівняння основних статей змісту ISO / ІЕС 17025:2006 та нової версії ISO 17025

ЗМІСТ	
1 Сфера застосування	1 Сфера застосування
2 Нормативні посилання	2 Нормативні посилання
3 Терміни та визначення	3 Терміни та визначення понять
4 Загальні вимоги	4 Вимоги до управління
4.1 Об'єктивність	4.1 Організація
4.2 Конфіденційність	4.2 Система управління
4.3 Скарги	4.3 Керування документацією
5 Вимоги до устаткування	4.4 Аналізування запитів, пропозицій на підряд та контрактів
6 Потреби в ресурсах	4.5 Укладання субпідрядних угод на проведення випробовування та калібрування
6.1 Загальні	4.6 Придбання послуг та ресурсів
6.2 Персонал	4.7 Обслуговування замовників
6.3 Розташування і екологічні умови	4.8 Скарги
6.4 Продукція та послуги від зовнішніх постачальників (Аутсорсинг)	4.9 Керування невідповідною роботою з випробовування та (або) калібрування
6.5 Субпідряд	4.10 Вдосконалення
6.6 Придбання послуг та ресурсів	4.11 Коригувальна дія
6.7 Устаткування	4.12 Запобіжна дія
6.8 Метрологічна простежуваність	4.13 Керування реєструванням даних
7 Вимоги до процесу	4.13.1 Загальні положення
7.1 Випробувальні та калібрувальні процеси	4.13.2 Технічні дані
7.2 Забезпечення якості результатів	4.14 Внутрішні аудити
7.3 Метод перевірки / підтвердження / вибору, перевірка і перевірка методів	4.15 Аналізування з боку керівництва
7.4 Керування невідповідною роботи	5 Технічні вимоги
7.5 Технічні записи	5.1 Загальні положення
7.6 Скарги	5.2 Персонал
8 Вимоги до управління	5.3 Приміщення та умови довкілля
8.1 Параметри	5.4 Методи випробовування та калібрування і оцінювання придатності методів
8.2 Документація системи керування	5.5 Устаткування
8.3 Управління системою керування документами	5.6 Простежуваність вимірювання
8.4 Керування записами	5.6.1 Загальні положення
8.5 Вдосконалення	5.6.2 Спеціальні вимоги
8.6 Коригувальні дії	5.6.3 Вихідні еталони та зразкові речовини
8.7 Профілактичні заходи	5.7 Відбирання зразків
8.8 Внутрішні аудити	5.8 Поводження з випробовуваними виробами та виробами, які підлягають калібруванню
8.9 Аналіз менеджменту	5.9 Забезпечення якості результатів випробовування та калібрування
	5.10 Звітування про результати

На сьогодні стандарту дев'ять років і він містить посилання на документи, які більше не існують під позначенням показаною в поточному стандарті (не актуальні) ISO / ІЕС 43-1 і 43-2; ISO / ІЕС 58: 1993 та ISO / ІЕС Guide 65, у той час як інші посилання не самих останніх версій, наприклад, ISO 9001: 2000 .

Наступні статті ISO / ІЕС 17025 [1], вимагають перегляду:

5.4 Калібрування Вимірювання невизначеності та валідації / верифікації

5.5 Обладнання (можливо)

5.6 Простежуваність вимірювання

5.7 Відбір проб

5.9 Забезпечення якості в тому числі перевірки кваліфікації

5.10 Результати звітності (думки / переклад)

Також є інші пункти, які повинні бути розглянуті в ході перегляду, які не перераховано в порядку важливості:

Термінологія, що використовується в поточному стандарті застаріла і викликає плутанину в сучасному світі, наприклад, зміни в термінології VIM і тим, що тверда копія нині рідко використовується для посібників, записів і звітів;

Обсяг вимагає перегляду і оновлення, щоб покрити нові області;

ISO / IEC 17025 має бути узгоджені з новими стандартами, такими як ISO 9001, ISO 15189, ISO / IEC 17020, ISO / IEC 17043, ISO / IEC 17021, ISO / IEC 17065;

Слід додати, міркування біологічної безпеки та біо-безпеки, пов'язані з лабораторною роботою.

Під час проведення аудитів в лабораторіях які акредитовані за стандартом ISO / IEC 17025 найбільш поширеними являються наступні недоліки:

1. Управління зовнішньою документацією (документацією, що не розробляється в лабораторії, але використовується в роботі) не відповідає вимогам п.4.3 Стандарту. Роботи, пов'язані з отриманням результатів випробувань упродовж життєвого циклу випробування мають проводитись не за тим, «що пам'ятає персонал», а за зовнішньою робочою документацією (методики, стандарти), чи внутрішньою робочою документацією (стандартні операційні процедури, інструкції та ін.), яка розроблена на основі зовнішньої робочої документації.

2. Внутрішній аудит не охоплює всіх вимог Стандарту. В багатьох лабораторіях існують проблеми з проведенням та оформленням внутрішнього аудиту (внутрішніх перевірянь). Причина - відсутність досвіду роботи лабораторій в рамках системи якості і відповідної підготовки персоналу.

3. Управління технічними даними не відповідає вимогам пп. 5.4.7, 4.12 Стандарту. Особливо це стосується зберігання даних первинних спостережень та розрахунків.

4. Процедури оцінювання невизначеності вимірювань або відсутні взагалі, або вони мають формальний характер і не враховують особливостей конкретних методик.

5. У деяких лабораторіях приміщення та умови доквілля не відповідають технічним вимогам методик, а управління умовами доквілля не відповідає вимогам п.5.3 Стандарту (сусідні ділянки, на яких провадять несумісні роботи повинні бути надійно ізольовані одна від одної), що ставить під сумнів достовірність одержаних результатів.

6. Не проводиться технічне обслуговування випробувального обладнання. Якщо традиційно встановлений порядок повірки засобів вимірювальної техніки та метрологічної атестації випробувального обладнання в цілому в лабораторіях функціонує у відповідності до вимог Стандарту, то з технічним обслуговуванням обладнання справи гірші. Тому необхідно дотримуватись термінів і обсягів робіт з технічного обслуговування обладнання, які задані у відповідній супровідній документації на це обладнання.

7. Не виконуються умови зберігання витратних матеріалів, що впливають на якість випробування.

Причини виявлених в результаті аналізу основних характерних невідповідностей полягають в недостатності знання персоналом лабораторії сучасних вимог до компетентності та відсутності досвіду роботи лабораторій в рамках систем якості. Впроваджуючи постійне навчання та вдосконалення СУЯ в подальшому можна зменшити кількість характерних помилок.

1. ДСТУ ISO/IEC 17025-2006 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.

УДК 006.1:658.006.25(043.2)

М.Ю. Лізогутова, студентка-маістр, В.М. Мокійчук, к.т.н., доц.

МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ В ДІЯЛЬНІСТЬ МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ СТАНДАРТУ ДСТУ EN ISO 15189:2015

Ключові слова: метрологія, акредитація, медична лабораторія, кваліфікування, лабораторні вимірювання, достовірність, простежуваність, ДСТУ EN ISO 15189:2015

У сучасному світі клініко-діагностичні лабораторії в медичних організаціях охорони здоров'я протягом року виконують кілька мільярдів лабораторних аналізів за призначенням лікарів для пацієнтів поліклінік, диспансерів, лікарень. Для якості результатів досліджень серйозні проблеми створюють багато об'єктивних і суб'єктивних чинників. Для усунення проблемних факторів був узятий курс на розробку національних стандартів у галузі лабораторної медицини, використовуючи міжнародний досвід розробки стандартів, що регламентують вимоги до організації діяльності лабораторій та засобів лабораторного аналізу.

ДСТУ EN ISO 15189:2015 – сукупність особливих вимог щодо якості і компетентності, а також системи управління якістю в медичних лабораторіях. Зберігши основні напрямки вимог до системи менеджменту якості і технічних вимог, у ньому звернено більшу увагу цілком конкретним аспектам здійснення процесів на трьох основних етапах лабораторного дослідження – переданалітичному, аналітичному та постаналітичному.

Гострою проблемою лабораторних досліджень є забезпечення точності результатів. У Європі давно існують вимоги щодо забезпечення метрологічної простежуваності калібраторів і контрольних матеріалів та метрологічного забезпечення лабораторного устаткування, а також методик досліджень. Основна задача забезпечення метрологічної простежуваності належить виробникам обладнання, калібраторів, контрольних матеріалів.

Що ж таке метрологічне забезпечення і метрологічна простежуваність? Не бажаючи, або не розуміючи всієї важливості, проводити повноцінну роботу з налагодження системи менеджменту вимірювань і нести певні витрати, лабораторії не звертають особливої уваги на метрологію, що є вкрай негативно. Більшість лабораторних фахівців все зводять до терміну «перевірка» не сприймаючи метрологію. При цьому забувають, що перевірка як одна з форм верифікації устаткування – лише одна зі складових метрологічної простежуваності. Насправді, метрологічне забезпечення – це важливий аспект, суть якого лежить у забезпеченні точності результатів лабораторних досліджень, основи забезпечення метрологічної простежуваності та достовірності. Зауважимо, що в основі стандарту ISO 15189, крім ISO 9001, лежить стандарт ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 «Загальні вимоги до якості і компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій».

Першим етапом метрологічного забезпечення є правильним вибір, встановлення та експлуатація засобів вимірювальної техніки. Відповідно до вимог GLP [4] процес управління обладнанням розділяється на етапи кваліфікування (Qualification), які здебільшого ігноруються лабораторіями. Наведемо коротку інформацію, щодо цих етапів:

- кваліфікування (Qualification) - оцінка і документоване підтвердження (ОДП) того, що проектна документація, обладнання, інженерні системи та інші умови діяльності здатні забезпечити досягнення очікуваних і відтворюваних результатів;

- кваліфікування проектної документації (Design Qualification – **DQ**) – ОДП відповідності проектної документації вимогам (правил GLP, ISO 15189);

- кваліфікування монтажу (Installation Qualification – **IQ**) – ОДП відповідності якості монтажу/установки технологічного та лабораторного обладнання, інженерних систем, «чистих» приміщень та ін., вимогам нормативної та технічної документації;

- кваліфікування функціонування (Operational Qualification – **OQ**) – ОДП відповідності працездатності технологічного та лабораторного обладнання, інженерних систем, оснащених «чистих» приміщень та ін., вимогам нормативної та технічної документації;

- кваліфікування експлуатації (Performance Qualification – **PQ**) – ОДП відповідності надійності та ефективності експлуатаційних параметрів технологічного обладнання, інженерних систем, що функціонують (чистих приміщень та ін.), вимогам нормативної та технічної документації.

Більшість сучасного медичного лабораторного обладнання потребує процедури калібрування, як частини процесу вимірювання. Калібрування повинно проводитись із застосуванням спеціальних калібраторів, які по суті є стандартними зразками на основі сироватки крові, цільної крові та інших компонентів біологічного походження. Часто лабораторії використовують замість калібраторів контролю, що є значно дешевшими та мають більший термін придатності, але є менш точними (рис.1).

Чим відрізняється еталонний матеріал від калібратора, який постачають виробники реагентів? Розглянемо біохімічне дослідження, у чому відмінність? Для присвоєння значень в масовому виробництві калібраторів звичайно використовують типові прилади, що застосовуються для повсякденного аналізу. Для надання значень при виробництві еталонного матеріалу використовують, як правило, хромато-мас-спектрометрію з ізотопним розведенням або інші рекомендовані JCTLM методи. Точність таких методів набагато вище. Необхідно відзначити, що більшість рекомендованих методів нашими лабораторіями не реалізується. Для надання калібраторам і контрольним матеріалам еталонного значення з допустимим розширенням діапазону невизначеності встановлених значень використовується система референтних лабораторій, тобто лабораторій, що володіють підтвердженими вимірювальними функціями. Зрозуміло, що все сказане справедливе тільки для аналітів, для яких розроблені еталонні матеріали, які не тільки атестовані дефінітивними методами, тобто методами найвищої міри точності, але й виконані на основі біологічної матриці. Тільки в цьому випадку можна обґрунтовано використовувати ці матеріали в аналітичних системах референтних лабораторій для атестації вторинних референтних матеріалів, використовуваних, наприклад, як контрольних. Ця властивість «комутабельності» еталонних матеріалів є світовою проблемою.

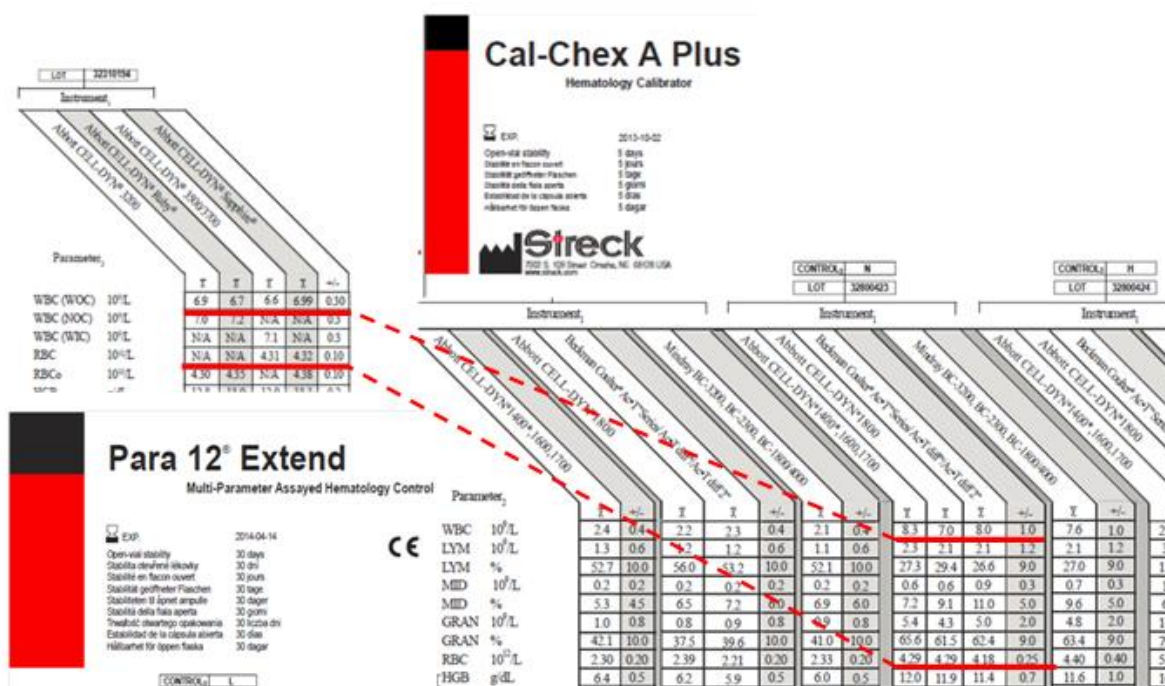


Рис. 1. Порівняльна характеристика калібраторів та контролей

На етапі експлуатації важливим є процес контролю якості із застосуванням контрольних карт Шухарта (Леві-Дженнінгса). Це широко розповсюджений інструмент контролю якості застосування якого з одного боку дозволяє відслідковувати стабільність процесу вимірювання, а з іншого може привести до помилок якщо аналітик неправильно обчислить контрольні межі. Наприклад, лабораторія застосовує контрольну сироватку і для визначення контрольних межь використовує межі характеристик контрольної сироватки (Low Limit, High Limit), що призведе до необґрунтованого розширення цих межь (рис.2а). Насправді межі визначають лише допустимі значення для партії сироваток, а не межі варіабельності метода вимірювання. Правильним є застосування значення стандартного відхилення повторюваності (SD) яке, як правило, наводить виробник в документації з міжлабораторного контролю якості цих сироваток.

Para 12® Extend Summary

Cycle Processing Date: 08/05/2013

Inst Grp#: 152 Inst Grp Name: Mindray BC-3200, BC-2300, BC-1800/4000

Parameter Name	Assay Mean	Low Limit	High Limit	Cycle Mean	Cycle S.D.	Cycle C.V.	Cycle N	Total Mean	Total S.D.	Total C.V.	Total N
WBC	2.1	1.7	2.5	2.0	0.06	3.01	49	2.1	0.07	3.37	184
LYMf	1.1	0.5	1.7	1.1	0.05	5.11	49	1.1	0.05	4.83	144
LYM%	51.0	41.0	61.0	50.7	0.97	1.92	49	50.6	1.03	2.05	185
MIDf	0.2	0.0	0.4	0.1	0.04	33.82	49	0.1	0.04	32.39	144
MID%	7.8	1.8	13.8	7.1	0.41	5.78	49	7.1	0.48	6.68	185
GRANf	0.9	0.1	1.7	0.9	0.05	6.30	49	0.9	0.05	6.27	144
GRAN%	41.3	34.3	51.3	42.1	0.98	2.32	48	42.3	1.06	2.51	184
RBC	2.34	2.4	2.54	2.32	0.04	1.70	49	2.34	0.04	1.71	185
HGB	6.0	5.5	6.5	6.1	0.14	2.25	49	6.1	0.13	2.13	185
HCT	19.3	16.8	21.8	19.6	0.44	2.25	49	19.5	0.39	1.99	183
MCV	82.5	76.5	88.5	84.6	1.26	1.49	47	83.3	1.43	1.72	183
MCH	25.6	23.1	28.1	26.4	0.79	2.99	48	26.2	0.61	2.34	184

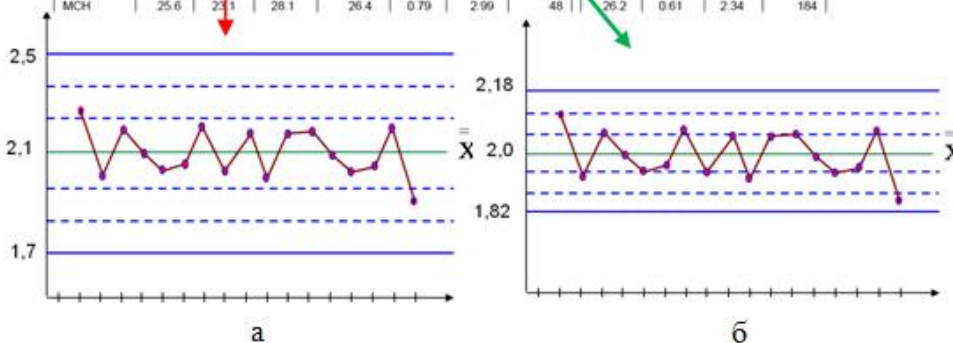


Рис. 2 а,б Правильність побудови контрольних карт

Наведені вище аспекти використання медичного лабораторного обладнання звичайно не є вичерпними, але досить розповсюдженими в лабораторній практиці. Також можна відмітити можливі проблеми під час визначення градувальних залежностей, проведення оцінювання компетентності персоналу, валідації та верифікації методик виконання вимірювань, тощо. Отже, в рамках підготовки до акредитації лабораторії потрібно спрямувати значні зусилля на доведення рівня метрологічного забезпечення до вимог стандарту.

1. Эмануэль А.В, Суворов В.И., Евсеенко О.В. Метрологическое обеспечение деятельности медицинской лаборатории // Клиническая лабораторная диагностика. - 2013. - №2. - С.41-44.

2. Стандартизация в клинической лабораторной медицине. Организационные и метрологические аспекты. М.; 2005. 251 с.

3. Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності: ISO 15189:2012.

4. Good laboratory practice (GLP). Quality practices for regulated non-clinical research and development. Handbook. Geneva. 2000.

УДК 006+621.317.1+543.3+658.562

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

ЕЛЕКТРИЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТВЕРДИХ СИРІВ

Ключові слова: нітрат калію, модельна рідина, багатокомпонентна рідина, потенціометричний метод, точка еквівалентності, електричні параметри, комплексна провідність

Новизна та актуальність досліджень. Нітрат калію (Е 225) - харчова добавка, що використовується для збільшення терміну придатності твердих сирів. Це речовина токсична, тому для неї встановлена гранично допустима концентрація. На виробництвах, митниці, мережах магазинів є необхідність швидко і не в лабораторних умовах контролювати вміст нітрату калію. Сири випробовують на вміст нітрату калію стандартним потенціометричним методом. Це метод, який вимагає наявності лабораторії і спеціально вивченого персоналу. На точність та об'єктивність таких вимірювань впливає багатокомпонентність дослідженої рідини – водного екстракту сиру та виконання багатоетапних довготривалих аналітичних маніпуляцій.

Вимірювання з допомогою RLC – метрів дають можливість збільшити інформацію про склад багатокомпонентних рідин за їх електричними властивостями. Пропонується розроблення нового електричного способу досліджень водної екстракції сиру для експресного контролю вмісту нітрату калію у сирі.

Метою даного дослідження є розроблення способу швидкої вимірювання концентрації нітратів у твердому сирі за електричними параметрами.

Об'єкт дослідження – процес встановлення залежності концентрацій нітрату калію від електричних властивостей водної багатокомпонентної суміші з вмістом цієї речовини.

Предмет дослідження – водний екстракт твердого сиру.

Умови досліджень. Відповідно стандартних аналітичних прийомів експерименту досліджувалися модельні рідини з можливим складом водної екстракції сиру. Готувалися модельні двокомпонентні рідини на базі молочної сироватки з різним вмістом нітрату калію, хлориду натрію, і сульфату міді та їхні суміші. Модельні рідини поміщалися в ємнісний первинний перетворювач з квадратними електродами з нержавіючої сталі, які повністю занурювалися у посудину (об'єм рідини не впливав на ємність перетворювача). Вимірювалася активна та реактивна складова провідності модельних рідин. Дослідження багатокомпонентних рідин у ємнісних перетворювачах з допомогою вимірювання комплексної провідності електричної системи вимірювання у широкому різночастотному електромагнітному полі дозволяє розширити інформацію про її склад в не лабораторних умовах та за швидкий час.[1]

Результати досліджень.

Вимірювальні значення активної складової провідності для нас не стала інформативною, а реактивна складова у широкочастотному електромагнітному полі для різних двокомпонентних модельних рідин різнилася. Результатом дослідження сумішей є знаходження залежності, що інваріантна для вмісту нітрату калію (рисунок 1).

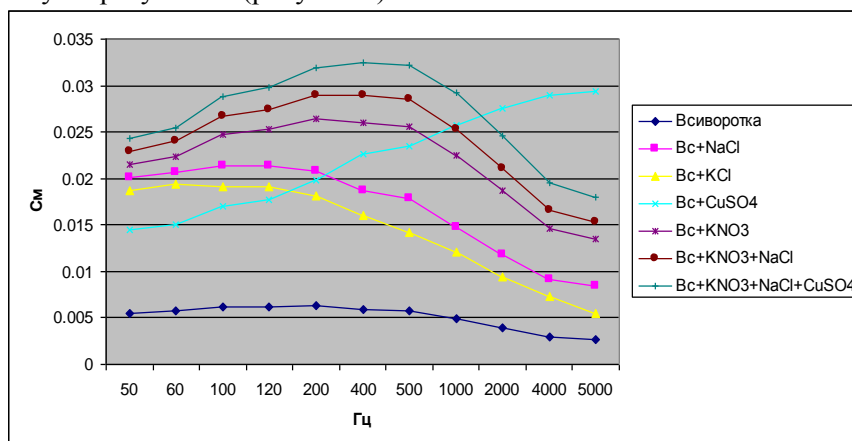


Рис. 1 Графічні залежності реактивної складової провідності від частоти електромагнітного поля для двокомпонентних та багатокомпонентних модельних рідин з різним вмістом речовини

Висновок. Присутність нітрату калію у молочній сироватці впливає на індивідуальність залежності реактивної складової від частоти електромагнітного поля. Значення реактивної складової провідності (при певних визначених експериментально частотах) залежить від концентрації цієї речовини. Це дає можливість за формою залежності комплексної провідності та вимірювальним значенням комплексної провідності ідентифікувати вміст в багатокomпонентній суміші нітрат калію

Практичне застосування. Пропонується не лабораторний спосіб швидкого контролю вмісту нітрату калію у водному екстракті сиру за електричними параметрами.

1. Міхалева М.С. Розвиток нормативно-технічного забезпечення оперативного визначення характеристик рідин для контролю стічних вод. – На правах рукопису. Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України. Автореферат. Львів. 2012 р.

УДК 621.317

О. Пукальський, аспірант

МОБІЛЬНА ІНФОРМАЦІО-ВИМІРЮВАЛЬНА ПЛАТФОРМА: ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ**Ключові слова:** автономна мобільна вимірювальна платформа, штучні нейронні мережі

Бурхливий розвиток робототехніки та технологій штучного інтелекту відкриває нові перспективи у вимірювальній техніці, зокрема уможливорює побудову автономних мобільних вимірювальних платформ, які б дозволили здійснювати дистанційні вимірювання без залучення, або з мінімальним залученням люди.

Для реалізації таких платформ, потрібно створити належне програмне забезпечення. У нашому проекті, створення та виконання програми, здійснюється безпосередньо на мінікомпютері Raspberry Pi. Але для зручності, було використано віддалений доступ через мережу wi-fi по vnc протоколу. Нижче розглянуто основні програмні компоненти.

Керування моторами. Порти GPIO уможливають здійснення управління моторами, через спеціалізовану плату на базі мікросхеми L298N [2]. Після отримання команди з клавіатури, виконується рух машинки у заданому напрямку.

Збір, обробка та збереження вимірювальної інформації. Основна мета полягає в синхронному отриманні кадрів і стану моторів. Отримані фото конвертуються в чорно-білу гаму і приводиться до розміру 64x64 пікселі. Також для покращення точності і динаміки управління здійснюються процедури розгортання (перетворення матриці у вектор) та нормалізації (приведення значень в діапазон від $[-1,1]$).

Штучні нейронні мережі. Основою програмної частини є алгоритм автоматичного управління, побудований на базі багатощарового перцептрона [3]. Для пришвидшення процесу навчання, нейронна мережа створюється і навчається на стаціонарному ПК, після чого навчена модель портується на Raspberry Pi. Щоб використати нейронну мережу потрібно пройти 3 основні етапи: *навчання, перевірка, застосування*. *Навчання* здійснюється за допомогою передачі мережі масиву даних з відеоканалу та відповідних миттєвих станів моторів. Відповідно до цих даних, мережа навчається і корегує свої внутрішні коефіцієнти. Після цього, виконується *перевірка*, тобто подання на мережу тільки зображень, а отриманні відповідні стани моторів звіряються з істинним значеннями. Коли якість роботи досягає потрібних показників, розпочинається етап *застосування*, тобто подання результатів нейронної мережі у функцію керування моторами.

1. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b>

2. <http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/CD00000240.pdf>

3. http://docs.opencv.org/2.4/modules/ml/doc/neural_networks.html

Ю. Біронт, аспірант

МОБІЛЬНА ІНФОРМАЦІО-ВИМІРЮВАЛЬНА ПЛАТФОРМА: АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ

На сьогоднішній день у вимірювальній техніці спостерігають стабільні тренди, що полягають в розширенні функціональних можливостей існуючих систем за рахунок останніх науково-технічних досягнень, таких як кібер-фізичні системи, інтернет речей, комп'ютерний зір та машинне навчання. Успішна реалізація таких проектів, як GoogleCar[1] та TeslaMotors [2], які по суті створили комерційний варіант автомобіля з повноцінним автопілотом, підтверджує актуальність робіт спрямованих на побудову автономних мобільних вимірювальних платформ. Такі платформи повинні бути б дозволяти здійснювати збір вимірювальної інформації у важкодоступних, небезпечних для людини(трубопроводи, печери, радіаційно забруднені ділянки), або в місцях, де неможливо забезпечити надійне з'єднання для комунікації платформи з дистанційним центром управління.

При виборі апаратури було сформульовано такі вимоги:

- відкрита архітектура;
- готові базові елементи (мотори, живлення, кріплення);
- наявність бортового комп'ютера;
- швидка і дешева відеокамера;
- можливість безпроводного управління і передачі даних.

Каркас платформи являє собою конструктор (DIY – doityourself), з двох пластикових пластин, на одній з яких виконаний монтаж чотирьох двигунів постійного струму, які приводять у рух колеса. Блок живлення мобільної платформи, складається з паралельно з'єднаних акумуляторних батарей, сумарною напругою 12 Вольт та ємністю 2300 mAh. Керування моторами здійснюється за допомогою спеціалізованої плати на базі мікросхеми L298N [3], використання якої дає нам можливість контролювати швидкість двигуна та напрямок руху машинки.

Міні ПК RaspberryPi [4] здійснює обробку інформації, зібраної сенсорами, а також виконує основне керування машинкою. До комп'ютера в свою чергу, можуть бути підключені різного роду вимірювальні сенсори. Камера Raspberry забезпечує збір відео інформації, яка зберігається на мінікомп'ютері.

1. <https://www.google.com/selfdrivingcar>

2. <https://www.teslamotors.com/>

3. <http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/CD00000240.pdf>

4. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b>

В.Р.Куць, к.т.н., доц., А.В. Мельничук, студентка

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ПРИ ПОБУДОВІ ІЄРАРХІЧНИХ ДЕРЕВ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ

Ключові слова: оцінювання якості, властивість продукції, показник якості продукції, дерево показників якості

Вступ. З усіх операцій, які необхідно здійснити для оцінювання якості об'єктів, операція із розроблення дерева властивостей є найбільш відповідальною, вимагає творчого підходу і в зв'язку з цим в найменшій мірі піддається формалізації. І якщо більшість операцій, з оцінювання якості об'єктів, є простими і можуть бути запрограмовані для реалізації на ЕОМ, то розроблення дерева властивостей ні сьогодні, ні в майбутньому не може виконуватися без участі людини. Більш того, кінцевий результат - комплексні кількісні оцінки якості - мало залежить від помилок, допущених в процесі виконання інших операцій і, навпаки, їх точність в значній мірі залежить від правильності побудови дерева властивостей. Тому розроблення дерева повинно проводитися з максимальною ретельністю. При цьому потрібно дотримуватися всіх відомих правил побудови таких дерев.

Вимоги до дерев показників якості. Здатність до корегування – ця вимога до побудови класифікації означає, що класифікація повинна бути відкритою, тобто такою, що допускає можливість внесення або виключення з неї окремих елементів. Таким чином, структура дерева повинна дозволяти додавати або виключати з нього окремі властивості [1].

Аксіологічна (ціннісна) направленість формулювань властивостей. Доцільно, щоб формулювання властивостей, які включені в дерево, були такими, щоб забезпечувалась принципова можливість за допомогою відповідного показника оцінювати для конкретного об'єкту вираженість кожної властивості в шкалах “краще - гірше”, “більше - менше” [2].

Еталонна множина властивостей. На практиці часто зустрічається ситуація, коли різні зразки (моделі, марки) об'єкту одного і того ж виду, крім основних властивостей, загальних для всіх цих зразків, мають невелику кількість таких властивостей, якими володіють одні зразки і не володіють інші. Наприклад, в окремих моделях легкових автомобілів є кондиціонери, в других – акустичні системи, в третіх – вбудовані телевізори та інше. Сукупність усіх основних і допоміжних властивостей, притаманних різним зразкам одного і того ж виду об'єкту, називається еталонною множиною властивостей. І саме ця еталонна множина і повинна входити в дерево властивостей.

Випадковий характер розташування властивостей. Як показує досвід, при експертному визначенні значень коефіцієнтів вагомості можливе спотворення експертних оцінок, пов'язане з тим, що властивості, які розташовані на початку групи, підсвідомо будуть вважатися деякими експертами більш важливими. Для нейтралізації цього недоліку у випадку, коли коефіцієнти вагомості визначаються експертним методом, доцільно прийняти випадковий порядок розташування властивостей в групі та повідомити про цю обставину експертів [3].

Можливість оцінювання інших об'єктів за допомогою піддерев. Доцільність цієї вимоги очевидна, тому що часто зустрічаються ситуації, в яких окрім оцінки самого об'єкту є доречним визначити оцінку й певних частин об'єкту. Наприклад, оцінюючи якість меблів, доцільно знати не тільки значення показника її якості в цілому, але й значення таких комплексних показників, які визначають її естетичність та функціональність.

Висновок. Правильна побудова дерева є важливою умовою і у вирішальній мірі впливає на достовірність інформації одержуваної при оцінюванні якості об'єкта. Але ці правила необхідні не тільки для зменшення помилок кваліметричних оцінок, але і для проведення аналізу якості об'єкта з метою виявлення напрямів його вдосконалення. Подібне вдосконалення необхідне при вирішенні завдань управління якістю, забезпечення конкурентоспроможності, програмно-цільового планування і т.д. Основною проблемою а одночасно і завданням є побудова дерев показників якості в автоматичному режимі з використанням прикладних програмних продуктів.

1. Азгальдов Г.Г., Сендерова О.М. *Оценка и аттестация качества в строительстве*. М., Стройиздат, 1977. – 88 с.

2. Азгальдов Г.Г. *Построение дерева показателей свойств объекта // Стандарты и качество*. – 1996. – №11. – С 36 – 39.

3. Куць В.Р. *Кваліметрія: навч. посібник / В.Р. Куць, П.Г. Столярчук, В.М. Друзюк*. – Львів, Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 256 с.

УДК 615.417:616-053.2:006.063(045)

Є.О. Павлов, магістрант

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТУ СЕРТИФІКАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ ІНКУБАТОРІВ ДЛЯ НОВОНАРОДЖЕНИХ

Ключові слова: невизначеність, температурні показники, сертифікаційні випробування, вимірювання, достовірність

Враховуючи особливості догляду за дитиною у інкубаторі та вплив на життєздатність дитини факторів внутрішнього середовища, що створюється у інкубаторі, а також особливості устрою інкубаторів для новонароджених, найважливішою з характеристик вважається температура середовища у інкубаторі [1]. Тому при сертифікаційних випробуваннях найважливішою з показників безпеки, яка підлягає дослідженню та визначенню є температура.

Проведення експериментального дослідження. Температура повітря в дитячому відсіку інкубатора для новонароджених була виміряна у п'яти контрольних точках впродовж однієї години з частотою сканування 1/30 с відповідно до вимог стандарту ГОСТ 30324.19-96. Таким чином, отримано 120 значень температури повітря для кожної з п'яти контрольних точок при дотриманні умов проведення випробувань стосовно напруги мережі живлення 220 В, частоти напруги живлення 50 Гц, вологості (50 ± 5) %, температури навколишнього середовища (23 ± 2) °С, атмосферного тиску (745 ± 5) мм.рт.ст. Середня температура в кожній із контрольованих точок (А, В, С, D і Е), не повинна відрізнятися від середньої температури інкубатора більш ніж на $\pm 0,8$ °С при горизонтальному положенні матраца та $\pm 1,0$ °С при нахиленому положенні матраца.

При проведенні сертифікаційних досліджень отримані значення не перевищують встановлених допустимих значень. Тобто, при горизонтальному положенні матраца при значеннях в контрольних точках: В (0,45 °С), С (0,25 °С), D (0,75 °С), Е (0,45 °С), не перевищує максимально встановлене значення 0,8 °С, а в точці А (0,4 °С) відповідно не перевищує 0,5 °С. Аналогічно для нахилоного положення матрацу. За таких результатів параметри температурного режиму сертифікованого інкубатора вважаються відповідними вимогам до них і досліджувану продукцію можна визнати сертифікованою. Але відповідно до вимог ДСТУ 17025:2006 результати випробувань необхідно подати з оціненою невизначеністю.

Оцінювання невизначеності результату сертифікаційних випробувань. Як правило, при випробуваннях неможливо одночасно відтворити всі діючі на інкубатор в процесі експлуатації фактори, а також їхній спільний вплив на точність результатів ні за складом, ні за характеристиками їх зміни в часі, тим більше, що певна частина експлуатаційних факторів підкоряється законам нестационарних випадкових процесів, що вимагає для їхньої реалізації у процесі випробувань значних витрат. Ретельність оцінювання невизначеності результатів у значній мірі визначається вибором вимірюваних параметрів, вибором методу/методики проведення вимірювань при випробуваннях, станом засобів вимірювальної техніки, кваліфікацією персоналу, а також умовами проведення випробувань.

Модельне метрологічне рівняння, складові якого є джерелами невизначеності:

$$T = T_x + \delta_U + \delta_H + \delta_A + \delta_T + \delta_k + \delta_{к.т.с} + \delta_{аг} + \delta_n + \delta_{т.в} + \delta_{т.т} + \delta_6, \quad (1)$$

де T_x – вихідна величина; δ_U – похибка, обумовлена нестабільністю напруги мережі живлення; δ_H – похибка, обумовлена нестабільністю вологості навколишнього середовища; δ_A – похибка, обумовлена нестабільністю атмосферного тиску; δ_T – похибка, обумовлена нестабільністю температури навколишнього середовища, $\delta_{аг}$ – похибка вимірювання температури системи збору даних Agilent 34970A; δ_n – допустима похибка вимірювання напруги та $\delta_{к.т.с}$ та коефіцієнта гармонійних спотворень мережі живлення аналізатора електричної енергії Metrel Power Monitor MI 4100; $\delta_{т.т}$ – допустима похибка вимірювання температури та $\delta_{т.в}$ вологості термогігрометра Testo 608 H1; δ_6 – допустима похибка вимірювання атмосферного тиску барометра-анероїда М-110; δ_c – похибка, обумовлена наявністю гармонійних спотворень.

Обчислення стандартної невизначеності за типом А u_A як складової сумарної невизначеності $u_c(T)$. Стандартна невизначеність $u_A(x_i)$ вимірювань температури при

горизонтальному положенні матраца складає 0,12 %; при нахиленому положенні матраца: $u_A(x_H) = 0,03$ %.

Обчислення стандартної невизначеності за типом В u_B як складової сумарної невизначеності $u_c(T)$ при рівномірному законі розподілу, обумовлених

- нестабільністю напруги мережі живлення: $u(\delta_U) = 2,60$ %;
- нестабільністю вологості довкілля: $u(\delta_H) = 2,90$ %;
- нестабільністю атмосферного тиску повітря: $u(\delta_A) = 0,38$ %;
- нестабільністю температури довкілля: $u(\delta_T) = 5,03$ %;
- гармонійними спотвореннями: $u(\delta_c) = 1,15$ %;
- похибкою вимірювання температури системи збору даних Agilent 34970A та набору термісторів T10K: $u(\delta_{ag}) = 0,17$ %;
- допустимою похибкою вимірювання коефіцієнта гармонійних спотворень мережі живлення та вимірювання напруги аналізатора електричної енергії MI4100 відповідно: $u(\delta_{кг.с}) = 0,03$ % та $u(\delta_H) = 0,57$ %;
- допустимою похибкою вимірювання вологості та температури термогігрометра Testo 608 H1 відповідно: $u(\delta_{т.в.}) = 1,15$ % та $u(\delta_{т.т.}) = 0,57$ %;
- допустимою похибкою вимірювання атмосферного тиску барометра-анероїда M-110: $u(\delta_б) = 0,12$ %.

Обчислення сумарної стандартної невизначеності температури

– при горизонтальному положенні матраца:

$$u_c(T_2)^2 = u(\delta_{U_{ст.аб.}})^2 + u(\delta_{H_{ст.аб.}})^2 + u(\delta_{A_{ст.аб.}})^2 + u(\delta_{T_{ст.аб.}})^2 + u(\delta_c)^2 + u(\delta_{ag})^2 + u(\delta_{кг.с})^2 + u(\delta_H)^2 + u(\delta_{т.в.})^2 + u(\delta_{т.т.})^2 + u(\delta_{ат.т.})^2 + u(\delta_R)^2$$

$$u_c(T_2) = 6,61\%$$

– при нахиленому положенні матраца:

$$u_c(T_H) = 6,63\%$$

Оцінювання розширеної невизначеності результату та його подання

Значення розширеної невизначеності при горизонтальному положенні:

$$U_r = 2 u_c(T_2) = 2 \cdot 6,61 = 13,2\%; \quad p = 0,95;$$

при нахиленому положенні матраца: $U_H = 13,3\%$; $p = 0,95$,

де $k(p)$ – коефіцієнт охоплення, що відповідає значенню коефіцієнта Стьюдента при рівні довіри $p=0,95$.

Тоді отриманий результат випробування складає:

– при горизонтальному положенні матраца:

$$T_r = (37,14 \pm 4,90) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad p = 0,95.$$

– при нахиленому положенні матраца:

$$T_H = (34,38 \pm 4,57) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad p = 0,95.$$

Висновки. Як видно з розрахунків, невизначеності отриманих результатів відповідно при горизонтальному та нахиленому положеннях матраца значно перевищують встановлену норму.

З цього випливає, що для отримання достовірних результатів при проведенні сертифікаційних випробувань інкубатора, необхідно зменшувати впливи факторів, які найбільше впливають на невизначеність результату вимірювань: нестабільність напруги мережі живлення, нестабільність вологості навколишнього середовища, нестабільність температури навколишнього середовища, що можуть значно спотворити реальне значення температури у інкубаторі з відповідними наслідками. У випадку обмеження впливу цих джерел невизначеності, вони не будуть впливати кардинально на результат дослідження і будуть виконуватися умови проведення випробувань відповідно до вимог нормативних документів.

1. Романенко В.А. Основы оптимального ухода за недоношенными детьми в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии: [підр.]: / [В.А. Романенко, А.П. Аверин, А.И. Гаева]; под ред. В.А. Романенко. – Челябинск: Фотхудожник, 2008. – 154 с.

УДК 536.521.2

Ю. Кривенчук, І. Микитин, У. Кривенчук

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЧАСТОТИ РАМАНІВСЬКОГО ЗСУВУ ВІД
ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ Al_2O_3

Ключові слова: комбінаційне розсіювання світла, похибка визначення температури, Раманівський зсув

Експериментально отримано спектри комбінаційного розсіювання світла для Al_2O_3 в температурному діапазоні: 18 - 28 °С. Дослідження проводилися сто разів у кожній температурній точці з інтервалом 3 дні між кожним вимірюванням. Визначення частоти Раманівського зсуву проводилося методом середнього зваженого. Опрацьовано спектри Раманівського зсуву в кожній температурній точці. Отримано феноменологічну залежність температури від зсуву Раманівської частоти (похибка апроксимації становить 0,1 %):

$$T = A + B\lambda_R + C\lambda_R^2 + D\lambda_R^3 \quad (1)$$

де $A = 18,0995714525761$, $B = 14,6324035799254$, $C = -9,21991272262023$,
 $D = 3,1338831371066$, λ_R – Раманівський зсув, нм, T – температура, °С.

Отримано вираз залежності абсолютної похибки визначення температури за зсувом Раманівської частоти:

$$\Delta T = (B + 2C \cdot \lambda_R + 3D \cdot \lambda_R^2) \cdot \Delta \lambda_R \quad (2)$$

та відносної похибки визначення температури:

$$\frac{\delta T}{T} = \frac{\Delta T}{T} \cdot \delta \lambda = \frac{(B + 2C \cdot \lambda_R + 3D \cdot \lambda_R^2) \cdot \lambda}{A + B\lambda_R + C\lambda_R^2 + D\lambda_R^3} \cdot \delta \lambda \quad (3)$$

На рисунку 1 представлено результати дослідження залежності температури від частоти Раманівського зсуву для Al_2O_3 та апроксимаційну криву.

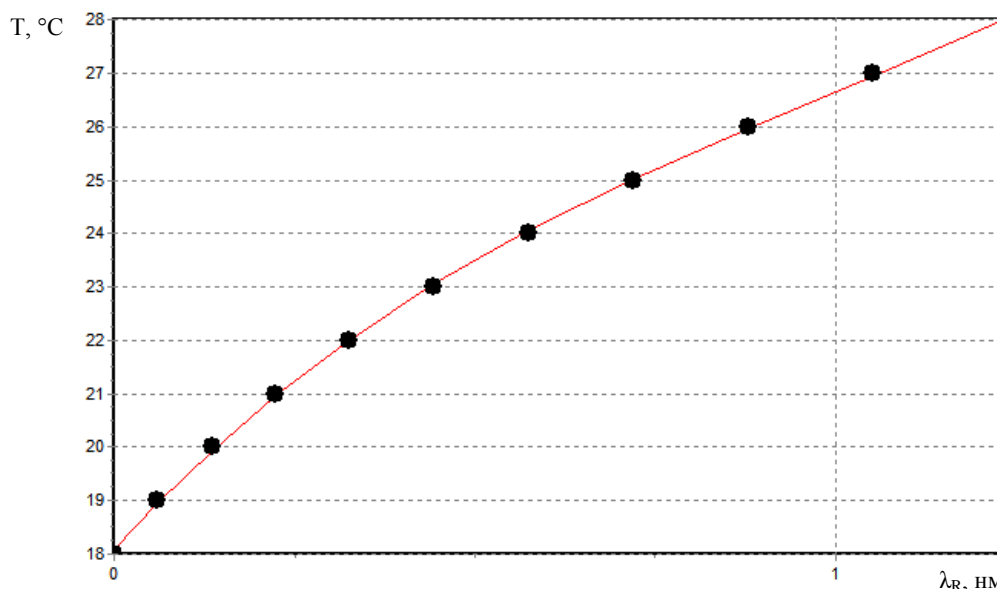


Рис. 1. Залежність температури від частоти Раманівського зсуву для Al_2O_3 .

На рисунку 2 зображено залежність непевності визначення температури від непевності вимірювання частоти Раманівського зсуву у температурному діапазоні від 18 до 28 °С.

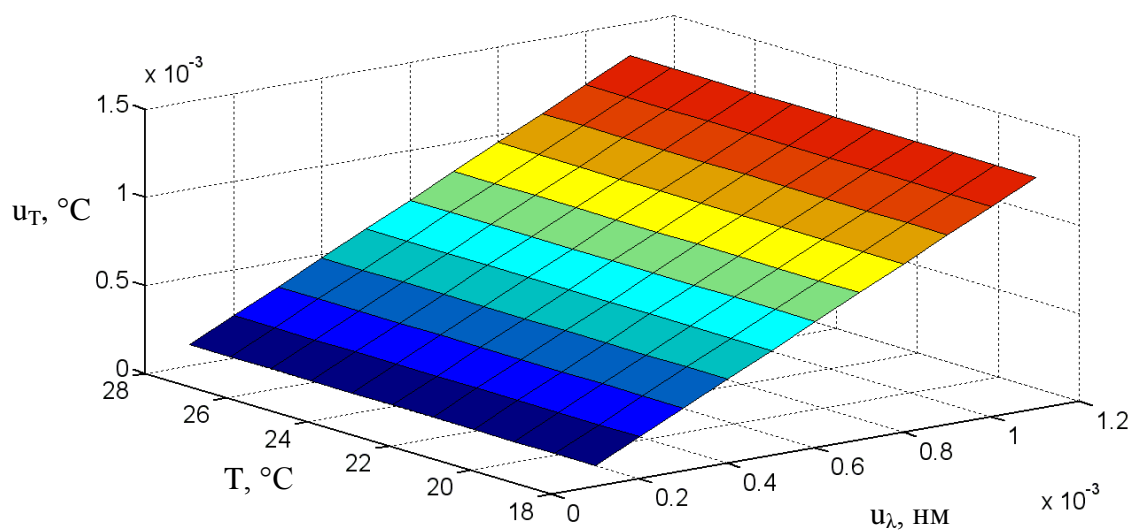


Рис. 2. Залежність непевності визначення температури від непевності знаходження частоти Раманівського зсуву у температурному діапазоні від 18 – 28 $^\circ\text{C}$

Висновки. Проведено експериментальні дослідження залежності частоти Раманівського зсуву від температури для Al_2O_3 . Отримано феноменологічну залежність температури від частоти Раманівського зсуву. Досліджено залежність непевності визначення температури від непевності вимірювання частоти Раманівського зсуву та температури.

УДК 621.317

О.В. Івахів, д.т.н., проф., М.В. Наконечний, д.т.н., доц., Т.М. Репетило, к.т.н.

КОРЕКТОР НЕЛІНІЙНОСТІ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Ключові слова: теорія керування, нелінійні системи, обернена модель еталона, двигун постійного струму, еталон, лінеаризація, коректор нелінійності

Більшість об'єктів керування є нелійними, серед них і двигуни постійного струму, які широко використовуються в роботизації [1]. В роботі [2] зосереджено увагу на побудові нейронного контролера для керування нелінійним об'єктом за заданим еталоном, але попри позитивне вирішення поставленої задачі недоліком такого підходу можна вважати потребу попереднього навчання нейронного контролера. А використання доробку класичної теорії керування до нелінійних об'єктів вимагає лінеаризувати характеристики об'єкта.

Тому дослідження можливості керування за заданим еталоном двигуном постійного струму шляхом введенням коректора його нелінійності є актуальним.

Побудова коректора. Коректор повинен забезпечувати компенсування нелінійності двигуна не погіршуючи динаміку системи керування. Для побудови такого коректора доцільно використати послідовну схему структурної лінеаризації [3], реалізуючи метод взаємообернених перетворень. Для цього необхідно ввести послідовно перед нелінійним об'єктом коригуючу ланку з відповідною передатною функцією, збіжною з оберненою функцією нелінійного об'єкта [3], а саме:

$$\Phi[Y] = kF^{-1}(Y), \quad (1)$$

де k - лінійний коефіцієнт пропорційності.

Для забезпечення коригування нелінійності в статичному режимі коефіцієнт k може бути незмінною сталою, а для коригування в динамічному режимі він повинен забезпечити таку ж динамічну характеристику, яку має об'єкт. Це завдання виконується за допомогою еталона, вибраного в [4], який необхідно увімкнути послідовно перед коригуючою ланкою.

Роботу коректора було промодельовано в середовищі Simulink і з результатів моделювання (рис. 1) можна зробити висновок, що схема з коректором забезпечує керування двигуном постійного струму зі збереженням динаміки системи. Максимальне відносне відхилення вихідного сигналу системи з коректором від еталона складає 7,7%.

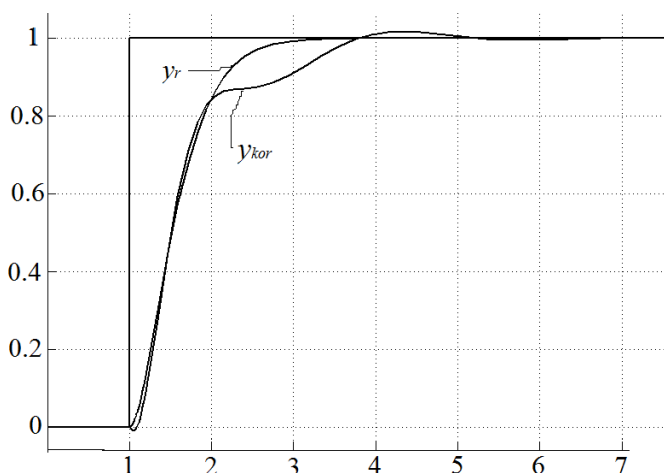


Рис.1. Порівняння вихідних сигналів – y_r та y_{kor} , відповідно, еталона і системи з коректором при подачі на їх входи одиничного стрибка

1. Fu K. S. *Robotics: Control, Sensing* / Fu K. S., Gonzalez R.C., Lee C.S.G / Vis. McGraw-Hill Education (India) Pvt Limited, 1988, 580 p.

2. Yu. Hirnyak. *Control system of robot movement* / Yu. Hirnyak, O. Ivakhiv, M. Nakonechnyi, T. Repetylo // *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS)*, 2013 IEEE 7th International Conference, 12-14 sep 2013, Berlin, Germany. P.- 334 – 337.

3. Поліщук Є.С. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин / Є.С.Поліщук, М.М.Дорожовець, Б.І.Стадник, О.В.Івахів, Т.Г.Бойко, А.Ковальчик. // «Бескид-БІТ», Львів, 2008, - 296с.

4. 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.

М.М. Дорожовець, д.т.н., проф., І.В. Бубела, аспірант

ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ З ПЛОСКО-НОРМАЛЬНИМ РОЗПОДІЛОМ МЕТОДОМ ПОЗИЦІЙНИХ СТАТИСТИК

Ключові слова: випадкові спостереження, згортка, коваріаційна матриця, непевність, метод позиційних статистик, метод Монте-Карло

Необхідною складовою вимірювань є оцінювання непевності отримуваних результатів [1]. Часто вимірювальні спостереження не підпорядковані якомусь "чистому" розподілу (наприклад нормальному, Лапласа, рівномірному і т.д.), а це може бути комбінація двох чи більше якихось типових розподілів, наприклад згортка нормального і рівномірного розподілів.

Форма розподілу суми $x = x_1 + x_2$ двох незалежних випадкових величин x_1 і x_2 залежить від їх густин розподілу $p_1(x_1)$ і $p_2(x_2)$ та їх взаємного вмісту у сумі і визначається згорткою розподілів:

$$p(x) = \int_{-\infty}^{\infty} p_1(x-x_2) \cdot p_2(x_2) dx_2 = \int_{-\infty}^{\infty} p_1(x_1) \cdot p_2(x-x_1) dx_1. \quad (1)$$

Зокрема, якщо розподіл x_1 нормальний (математичне сподівання m_n та стандартне відхилення σ_n) і розподіл x_2 рівномірний (математичне сподівання m_r і розмах a), тоді густина розподілу суми $x = x_1 + x_2$ може бути обчислена за виразом [2, 3, 4]:

$$p_{n,r}(x, m, a, \sigma) = \frac{F_n((x-m+a)/\sigma_n) - F_n((x-m-a)/\sigma_n)}{2a}, \quad (2)$$

де $F_n(x)$ - функція Лапласа; $m = m_n + m_r$ - математичне сподівання суми.

Представлений розподіл ймовірності (2) називають "плоско-нормальним розподілом", або "Flatten-Gaussian distribution" [2, 3].

Оцінювання найкращого результату (з найменшим стандартним відхиленням) з такої суми вимагає знання взаємного вмісту складових, однак на практиці переважно такої апріорної інформації немає. У такому випадку коли інформація про вміст складових є відсутня, тобто форма розподілу суми невідома може бути застосований метод позиційних статистик [5, 6].

За допомогою цього методу визначення найкращої оцінки параметра положення $\hat{\mu}$ результатів спостереження і параметра ширини розподілу $\hat{\sigma}$ вибірки полягає у [5, 6]:

- попередньому впорядкуванні спостережень $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(n)}$;
- мінімізації суми квадратів S_R^2 відхилень спостережень $x_{(k)}$ від так званих "зразкових" спостережень $xref_k$, які ідеально відповідають відповідній густині розподілу: $v_k = xref'_k - x_{(k)} = \hat{\mu} + xref_k \cdot \hat{\sigma} - x_{(k)}$ і які знаходять для нормованої ($m=0, \sigma=0$) густини розподілу.

Загалом цей метод є ваговим методом найменших квадратів (ВМНК) [7], згідно якого шукані параметри положення $\hat{\mu}$ і ширини $\hat{\sigma}$ для зареєстрованої вибірки обчислюють за матричним виразом [5, 6]:

$$(\hat{\mu}, \hat{\sigma})^T = (A^T \cdot W \cdot A)^{-1} A^T \cdot W \cdot X_s = REC \cdot X_s, \quad (3)$$

де $A^T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ xref_1 & xref_2 & \dots & xref_n \end{pmatrix}$ - є матрицею "зразкових" спостережень; $W = COV^{-1}$ - є ваговою матрицею, яка є зворотною до коваріаційної матриці COV позиційних статистик; $REC = (A^T \cdot W \cdot A)^{-1} A^T \cdot W$ - реконструктивна матриця; $X_s = sort(X)$ - просортовані значення вихідної величини.

Найкраща пара цих параметрів вибирається з умови найкращого узгодження зареєстрованих спостережень із зразковими, тобто з умови мінімуму незміщеної оцінки дисперсії відхилень:

$$\min \left[S_{R,j}^2 = \frac{(X_s - A_j \cdot (\hat{\mu}_j, \hat{\sigma}_j)^T)^T \cdot W_j \cdot (X_s - A_j \cdot (\hat{\mu}_j, \hat{\sigma}_j)^T)}{n-2} \right]. \quad (4)$$

Основною проблемою практичної реалізації методу позиційних статистик є складність обчислення коваріаційної матриці COV , оскільки необхідно обчислювати велику кількість

подвійних інтегралів від складних двовимірних функцій. Ця проблема стає істотною у випадках, коли кількість спостережень може бути різною і різною може бути густина розподілу спостережень, тобто коли заздалегідь неможливо обчислити необхідну матрицю *REC*.

Для застосування методу позиційних статистик під час знаходження зразкових спостережень та коваріаційної матриці використовується вираз нормованої густини розподілу випадкової величини $y = (x - m_x) / \sigma_x$ з $m_x = 0$, $\sigma_x = 1$. Оскільки у цьому випадку стандартне відхилення суми двох складових має дорівнювати 1: $\sigma_x = \sqrt{\sigma_n^2 + \sigma_r^2} = \sqrt{\sigma_n^2 + a^2/3} = 1$, то позначивши відношення стандартних відхилень нормальної складової до рівномірної, як $b = \sigma_n / \sigma_r = \sigma_n \sqrt{3} / a$, отримаємо значення параметрів розкиду обох розподілів:

$$\text{для рівномірного } a = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{1+b^2}}, \text{ для нормального } \sigma_n = \frac{b}{\sqrt{1+b^2}}. \quad (5)$$

Тоді нормований розподіл суми складових (2) залежить лише від одного параметру b і описується залежністю:

$$p_{n,r}(y,b) = \frac{\sqrt{1+b^2}}{2\sqrt{3}} \left[F\left(y, \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{1+b^2}}, \frac{b}{\sqrt{1+b^2}}\right) - F\left(y, -\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{1+b^2}}, \frac{b}{\sqrt{1+b^2}}\right) \right]. \quad (6)$$

На рис.1 наведені густини розподілів (6) для $b=20; 1; 1/2; 1/20$, з якого можна зауважити, що при збільшенні b розподіл прямує до нормального, а при зменшенні до рівномірного.

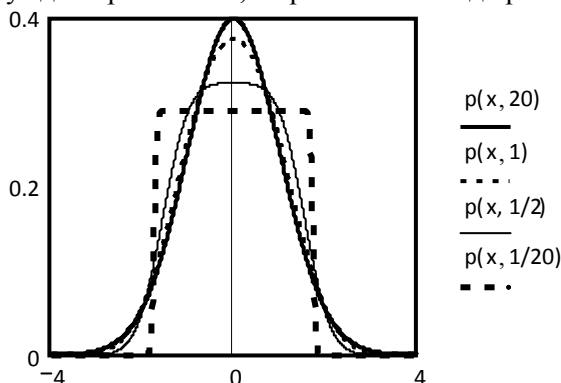


Рис. 1. Густина розподілів згортки нормального та рівномірного для різних відношень стандартних відхилень $b = 20; 1; 1/2; 1/20$

Зразкові спостереження, які потрібні до реалізації методу позиційних статистик розраховані з використанням нормованої густини розподілу (6) та функції розподілу $F_{n,r}(y) = \int_{-\infty}^y p_{n,r}(y,b) dy$, для кількості спостережень $n=21, 31, 41, 51$ та відношенні стандартних відхилень $b=20; 1; 1/2; 1/20$.

Для спрощеного розрахунку коваріаційної матриці використано асимптотичне наближення для дисперсії і коефіцієнта кореляції між двома позиційними статистиками [8]. Для виведення цих формул використаємо властивості параметрів позиційних статистик. Відомо [8], що квантилі $x_{(\lambda_1)}$ і $x_{(\lambda_2)}$ з вибірки взятої з генеральної сукупності з розподілом $p(x)$, при великих n мають асимптотично нормальний розподіл з параметрами:

$$m_1 = x_{(\lambda_1)}, \quad m_2 = x_{(\lambda_2)}, \quad \sigma_1^2 \approx \frac{\lambda_1(1-\lambda_1)}{n(p(x_{(\lambda_1)}))^2}, \quad \sigma_2^2 \approx \frac{\lambda_2(1-\lambda_2)}{n(p(x_{(\lambda_2)}))^2}, \quad \rho_{1,2} \approx \sqrt{\frac{\lambda_1(1-\lambda_2)}{\lambda_2(1-\lambda_1)}}. \quad (7)$$

Для $1 \leq k \leq n$ значення квантиля $\lambda_k = k/(n+1)$ для якого $x_{ref,j;k} \approx x_{(\lambda,j;k)} = qF_j(\lambda_k) = F_j^{-1}(\lambda_k)$ і тому на підставі залежностей (7) наближені значення коефіцієнтів коваріаційної матриці можуть бути обчислені відповідно до виразу:

$$Cov_{k-1,l-1} \approx \rho_k \cdot \sigma_k \cdot \sigma_l = \frac{1}{n(n+1)^2} \begin{cases} \frac{k \cdot (n-l+1)}{p_{n,r}(x_{(k-1)}, b) \cdot p_{n,r}(x_{(l-1)}, b)}, & l \geq k \\ \frac{l \cdot (n-k+1)}{p_{n,r}(x_{(k-1)}, b) \cdot p_{n,r}(x_{(l-1)}, b)}, & l < k \end{cases}. \quad (8)$$

В даній роботі виконано перевірку ефективності запропонованого методу методом Монте-Карло: кількість реалізацій $M=10^5$; кількість спостережень $n=21, 31, 41$ і 51 ; при різних відношеннях стандартних відхилень складових $b=20; 1; 1/2; 1/20$; $m_x = 5$, $\sigma_x = 0,1$. Для кожної реалізації ($i=1, \dots, M$) на основі співвідношення (3) були визначені: параметри положення $\hat{\mu}_j$ і ширини $\hat{\sigma}_j$, а потім їх непевності $u_A(\hat{\mu}_i)$ і $u_A(\hat{\sigma}_i)$. На основі обчисленого значення і заданого значення ($m_x = 5, \sigma_x = 0,1$) визначають стандартні відхилення похибок параметрів положення і ширини, а також середні стандартні непевності цих параметрів.

З порівняння експериментальних стандартних непевностей параметра положення, які розраховуються за пропонуваним методом з теоретичної стандартної непевності середньоарифметичного ефективність запропонованого метода збільшується зі зменшенням параметра b (переважає рівномірна складова у плоско-нормальному розподілі) та кількості n спостережень. Ті ж результати отримані при непевності параметра ширини. Якщо параметр b зростає (переважає нормальна складова) запропонований метод дає стандартну непевність, яка дуже близька до стандартної непевності середньоарифметичного.

Запропонований метод обчислення коваріаційної матриці, яка є необхідною для реалізації методу позиційних статистик, є простим (виконуються звичайні арифметичні операції) і точним. Важливість спрощення проявляється у тому, що коли кількість спостережень наперед не є відомою і неможливо заздалегідь підготувати необхідні матричні компоненти для опрацювання, і тому вони мають бути розраховані в самому процесі опрацювання спостережень.

Проведені дослідження методом Монте-Карло підтвердили ефективність цього методу.

1. *Guide of the Expression of Uncertainty in Measurement. International Organisation for Standardisation. Switzerland, 1993, 1995. 2007, s. 1-13.*

2. Blázquez J, García-Berrocal A, Montalvo C, Balbás M. *The coverage factor in a Flatten-Gaussian distribution. Metrologia, vol. 45 (2008), s. 503-506.*

3. Dietrich C. F.: *Uncertainty, Calibration and Probability. The Statistics of Scientific and Industrial Measurement. Second Edition 1991. The Adam Hilger Series on Measurement Science and Technology, s. 535.*

4. Fotowicz P. *Metody obliczania współczynnika rozszerzenia w oparciu o splot rozkładu prostokątnego z normalnym. PAK nr 4 (2004), s. 13-16.*

5. Дорожовець М. *Дослідження застосування зразкових вибірок для оцінювання результату вимірювання та його стандартної непевності. Вибір і обробка інформ. 2008. Вип. 28 (104).*

6. *Опрацювання результатів спостереження на основі наближеного методу порядкових статистик/ Дорожовець Михайло, Попович Іванна // Вимірювальна техніка та метрологія.-2014.- № 75.- С. 8-12..*

7. Kendal M.G., Stuart A. *The Advanced Theory of Statistics. Charles Griffin & Co. Ltd. London, 1966.*

8. Fisz M. *Probability Theory and Mathematical Statistics. John Willey & Sons, London, 1963.*

Т.Г. Бойко, д.т.н., проф., Х.І. Дух, студент

ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ, ЩО СУПРОВОДЖУЮТЬ ХАРЧОВИЙ ЛАНЦЮГ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК

Ключові слова: біологічно активна добавка (БАД), вітамінний додаток, небезпечний чинник харчового продукту, оцінювання небезпечних чинників, ризику харчового ланцюга

Актуальність. БАД – спеціальний харчовий продукт (ХП) для безпосереднього вживання або введення як додаток до раціонів харчування чи інших ХП, який застосовується для оптимізації і корекції структури харчування людини чи тварин та для профілактики певних захворювань. Здорові організми не потребують цих препаратів. Однак 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. Трагування вітамінних додатків як лікарських засобів є поширеною практикою у побуті. Це зумовлено їхньою формою - 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. Однак вони не є лікарськими засобами, незважаючи на позитивну дію на організм, як наслідок - не піддаються такому тривалому і науково обґрунтованому вивченню як ліки. Виключно у маркетингових цілях використовується найменування лікарський засіб для вітамінних додатків. Насправді між лікарськими засобами та вітамінними добавками є цілий ряд відмінностей. Періодично виникає дискусія у медичних колах щодо віднесення вітамінних додатків до лікарських засобів. Аргументом віднесення 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 і спеціально уповноваженими державними органами, які недостатньо однозначно їх характеризують як ХП, що в свою чергу формує сприятливе підґрунтя для неконтрольованого експорту, виробництва і споживання вказаних продуктів.

Мета дослідження. Підтвердити 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 БАДів.

В Україні 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 та поживні властивості продуктів харчування;

- дозволені БАДи заносять до Державного реєстру харчових продуктів для спеціального дієтичного споживання, функціональних харчових продуктів та дієтичних добавок.

На відміну, для ліків:

- вимоги встановлюють GLP (англ. *Good Laboratory Practice*), GCP (англ. *Good Clinical Practice*) і GMP (англ. *Good Manufacturing Practice*), а також Державна фармакопея України;

- лікарські засоби дозволені для виробництва і застосування в медичній практиці заносять до Державного реєстру лікарських засобів України.

В міжнародному масштабі безпеку БАДів регламентують нормативні документи таких організацій:

- FDA – Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів (англ. *U.S. Food and Drug Administration*);

- FAO – Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (англ. *Food and Agriculture Organization*);

- WHO – Всесвітня організація охорони здоров'я (англ. *World Health Organization*);

- Комісія Кодексу Аліментаріус (англ. *Codex Alimentarius Commission*).

Іншою впливовою міжнародною організацією, яка регламентує правила поводження з БАДами є згадана вже Комісія Кодексу Аліментаріус. Зокрема ця комісія підготувала:

- Codex Alimentarius — збірник міжнародно схвалених і поданих в однаковому вигляді стандартів на харчові продукти, розроблений під керівництвом FAO/WHO, спрямованих на захист здоров'я споживачів і гарантування чесної практики в торгівлі ними;

- спеціально для харчових добавок існує стандарт CODEXSTAN 146-1985.

Небезпечні чинники і їх ризики в харчовому ланцюзі БАД. Розглядаючи БАД як харчові продукти на них повинен поширюватися [3]. Згідно стандарту, поняття *безпечність харчових продуктів* (англ. *food safety*) 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* (англ. *food chain*).

Безпечність ХП слід контролювати на всіх стадіях харчового ланцюга. Основним поняттям, за яким визначатиметься безпечність ХП є *небезпечний чинник харчового продукту – небезпека ХП* (англ. *food safety hazard*) - біологічний, хімічний або фізичний агент у ХП, чи такий його стан, що потенційно може спричинити негативний вплив на здоров'я. Термін «небезпечний чинник» не слід плутати з терміном «ризик». [4] визначає ризик як комбінацію вірогідності виникнення шкоди та істотності наслідків цієї шкоди. У контексті безпеки ХП ризик визначатиметься як функція вірогідності виникнення негативного впливу на здоров'я (наприклад, ймовірність захворювання) та істотності наслідків такого впливу (наприклад, важкість захворювання). В свою чергу важкість, наприклад може опосередковано визначатися через тривалість втрати працездатності працівника у разі ураження цим небезпечним чинником, а вірогідність визначатиметься за характеристиками закону розподілу ймовірності, отриманого на основі статистичного опрацювання випадків втрати працездатності за певний період [5].

Для оцінювання небезпеки, а точніше отримання значення розміру втрат - пропонується використати оцінку так званої «втрати якості». Введене поняття потребує пояснення. Нехай є об'єкт, який за певних обставин може стати «жертвою» потенційної небезпеки. Строго це означатиме, що під дією небезпечного чинника об'єкт втрачатиме свої позитивні властивості - відповідність призначенню, безпечність, функціональність тощо. Перелічене, як відомо [6], характеризує якість об'єкту. Якщо його «якість», як сукупність всіх оцінених властивостей, прямує до одиниці, то «втрата якості» через вплив небезпечних чинників прямує до нуля і навпаки. Якість, як відомо [6], можна оцінити за методологією кваліметрії використовуючи показники якості, якими в нашому випадку будуть ті показники, які є «чутливими» до джерела потенційної небезпеки. Внесок кожного показника в загальну оцінку традиційно виражають через коефіцієнти вагомості. Так, значення комплексного показника якості за окремим об'єктом виражатиметься як:

$$U_j = f(q_{j1}w_{j1}, q_{j2}w_{j2}, \dots, q_{ji}w_{ji}) \quad (1)$$

де $Q_j = \{q_{j1}, q_{j2}, \dots, q_{ji}\}_{i=1, n}$ – множина показників властивостей, що «чутливі» до втрати якості j -тим об'єктом; $W_j = \{w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{ji}\}_{i=1, n}$ – множина вагових коефіцієнтів для кожного елемента q_{ji} .

Тоді значення узагальненого комплексного показника якості за всіма m потенційно ураженими об'єктами виражатиметься як:

$$U = \sum_{j=1}^m U_j \times L_j \quad (2)$$

де L_j - коефіцієнт, який враховуватиме значимість кожного, ураженого небезпечним чинником, об'єкта.

Складова ризику, що визначатиметься розміром втрат внаслідок певної окремої небезпеки, буде знаходитись як втрата якості, тобто відхилення отриманої кваліметричної оцінки від «одиниці»:

$$R = 1 - U = 1 - \sum_{j=1}^m U_j \times L_j . \quad (3)$$

Вірогідність небезпеки (другу складову ризику) слід визначати базуючись на так званій програмі-передумові - ПП (англ. *prerequisite programme - PRP*) безпечності харчових продуктів, якою є базові умови та діяльність, необхідні для підтримання потрібної гігієни довкілля протягом всього харчового ланцюга. Окрема ПП є специфічною в кожній окремій галузі і залежить від сегмента харчового ланцюга, в якому працює організація, та типу організації.

Конкретизована для певної конкретної продукції так звана операційна програма-передумова (англ. *Operational prerequisite programme*) - це ПП, що містить ідентифікацію та аналіз небезпечних чинників, які суттєво важливі для керування вірогідністю їх привнесення до харчового продукту чи його забруднення в процесі виробництва або оброблення [3]. Ідентифікація, аналіз і встановлення значень ймовірності відбувається експертним шляхом з залученням, наприклад, методу безпосереднього оцінювання. Метод полягає в тому, що діапазон зміни певної кількісної змінної, в нашому випадку ймовірності виникнення небезпеки, розбивається на кілька інтервалів, кожному з яких присвоюють певний безрозмірний розрахунковий бал в діапазоні від 0 до 1.

Висновки

Сучасною тенденцією в організації діяльності з технічного регулювання є перехід від забезпечення спеціально уповноваженими державними органами нагляду за дотриманням виробниками всіх властивостей харчових продуктів до тих вимог, які відповідають за їх безпеку починаючи від стадії виготовлення і завершуючи споживанням та утилізацією. Для цього потрібно розробити вимоги і контролювати їх виконання для кожного виду ХП, які охопили б аспекти безпеки на кожному етапі його харчового ланцюга.

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 харчових продуктів і організації харчового ланцюга

Щоби адекватно до вимог НАССР здійснювати управління небезпечними чинниками, перш за все, на кожній стадії харчового ланцюга необхідно виявити критичні точки керування. Для цього треба ідентифікувати всі небезпечні чинники і причини їх виникнення. Слід визначити всі можливі негативні впливи та їх ризики. Відповідно до вимог НАССР необхідно сформулювати операційну програму-передумову, де в зручному для аналізу вигляді представлені всі небезпечні чинники, які суттєво важливі для керування вірогідністю їх привнесення до ХП, а також для забезпечення проведення контрольних заходів та моніторингів. В харчовому ланцюзі ХП, зокрема в БАДах, слід виділити ті небезпечні чинники, які приведуть до значних втрат. Для цього за кожною втратою повинна бути визначена її оцінка – ризик, отриманий на основі уніфікованого методу. Оцінка (ризик) повинна містити дві складові – розмір втрат та ймовірність її виникнення.

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. Ayyub Bilal M. Risk Analysis in Engineering and Economics // Bilal M. Ayyub / – Chapman & Hall/CRC, 2003. – 579 p.

6. Бойко Т.Г. Формування теоретичних та нормативно-технічних засад оцінювання якісного рівня продукції: автореф. дис. док-ра. техн. наук: 05.01.02 / Т.Г. Бойко; [Національний університет "Львівська політехніка"]. – Львів, 2010. – 34 с.

УДК 658.562

В. Рябкова, аспірант

АСПЕКТИ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

Ключові слова: управління ризиками, показники безпеки, системи управління якістю, вибухонебезпечні предмети, інтегровані системи

Згідно з визначенням Президентом України завданням, у Міністерстві оборони України триває робота з переведення системи забезпечення військ на шлях дотримання вимог стандартів НАТО. Сьогодні існує ціла низка міжнародних нормативних документів стосовно військової справи, тому актуальним є приведення діяльності Збройних Сил України до таких стандартів, що забезпечуватимуть найвищий актуальний рівень безпеки [1] поводження з вибухонебезпечними предметами. Так, наприклад Інструкцію про порядок виконання робіт з виявлення, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів, прийняту згідно [2], розроблено відповідно до керівних вказівок Міжнародних стандартів з протимінної діяльності (IMAS). Разом з цим, стандарти IMAS розроблено за рекомендаціями, які містяться у стандартах ISO [3] та Систем управління ризиками [4,5], що відповідно створює умови для формування нормативної бази з розроблення інтегрованих системи управління ризиками та якістю вибухонебезпечних предметів.

Водночас, є вимога, щоб національні організації протимінної діяльності розробляли свої власні системи управління ризиками та якістю. Так, згідно з [2,6], слід виділяти три рівні впевненості у відсутності небезпеки щодо вибухонебезпечних предметів: найбільш вірогідна; середньої вірогідності; найменш вірогідна. Оскільки [7] визначає «ризик» як кількісну міру небезпеки, то очевидно є потреба в розвитку комплексно підходо до оцінювання безпеки поводження з вибухонебезпечними предметами, який би враховував вимоги всіх названих нормативних документів.

Отже, оцінювання ризиків, щодо вибухонебезпечних предметів слід визначати комплексно, зокрема застосовуючи інтегровану систему управління ризиками та якістю, що дасть змогу отримати найвищі показники безпеки поводження з вибухонебезпечними предметами. Система менеджменту ризику [4] направлена на те, щоб інтегруватися у власне систему управління якістю та допомогти пристосувати компонент системи до специфічних потреб.

1. ДСТУ ISO/IEC Guide 51-2002 *Аспект безпеки. Настанови щодо їх включення до стандартів (ISO/IEC Guide 51:1999, IDT).*

2. *Наказ Генерального штабу Збройних Сил України № 1 від 08.01.2014 року № 1.*

3. ДСТУ ISO 9001:2009. *Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT).*

4. ДСТУ ISO 31000:2014 *Менеджмент ризиків. Принципи та керівні вказівки (ISO 31000:2009; IDT).*

5. ДСТУ IEC/ISO 31010:2013 *Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (IEC/ISO 31010:2009, IDT).*

6. ДСТУ ISO Guide 79:2013 *Керування Ризиком. Словник термінів (ISO Guide 79:2009).*

7. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» від 5 квітня 2007 року № 877-V (Редакція станом на 05.01.2013).

УДК 621.6-52

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГКИ-2015 СЧЕТЧИКОВ ГАЗА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ГУВР-011 В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ МЕЖДУНАРОДНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ OIML R 137-1&2-2014

Ключевые слова: ультразвуковые счетчики газа, калибровочные стенды, контрольные испытания, соответствие требованиям OIML R 137

Вводная часть.

В условиях интеграции Украины в Европейское сообщество в значительной мере актуальным стал вопрос об оценке соответствии средств измерительной техники, выпускаемых отечественными производителями, требованиям основных международных нормативных документов (директив, регламентов, рекомендаций, стандартов).

С этой целью предприятием «Энергоучет» очередные Государственные контрольные испытания (ГКИ) производимых им ультразвуковых счетчиков газа ГУВР-011 были проведены в строгом соответствии с европейскими и международными нормативными документами.

Основная часть.

Перечень нормативной документации, согласно которой проводились исследования, приведен ниже:

- Dir 2004/22/EC. Директива Европейского парламента и совета на средства измерения.
- Рекомендация OIML R 137-1&2-2014 «International Recommendation. Gas meters».
- ISO-17089-1:2009. «Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic meters for gas. Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement».
- Directive 97/23/EC of the European parliament and of the Council of 29 may 1997 on the approximation of the laws of the member states concerning pressure equipment.
- Директива Европейского совета 94/9/EC «Оборудование и защитные системы, предназначенные для применения в потенциально взрывоопасных атмосферах» (ATEX).
- IEC 60079-11:2011 «Explosive atmospheres. equipment protection by intrinsic safety».
- IEC 61000 «Electromagnetic compatibility» (EMC)

Отличительные черты испытаний и исследований:

1. Структура и содержание Технических условий (ТУ) на счетчики ГУВР-011 приведены в полное соответствие с требованиями указанных международных нормативных документов.
2. Более строгие требования к поддержанию метрологических характеристик счетчиков в рабочих диапазонах температур, давлений.
3. Испытания счетчиков в «полевых» условиях – в условиях возмущения потока, при работе на различных средах (т.е., в условиях, максимально приближенных к реальным).
4. Более жесткие требования испытаний счетчиков по электромагнитной совместимости (ЭМС).
5. Более жесткие требования по климатическим испытаниям.
6. Расширенные требования к программному обеспечению.
7. Испытания на прочность высоким давлением.
8. Испытания на взрывозащищенность (ATEX).
9. Калибровка на воздухе с последующей поверкой на природном газе при рабочем давлении.

Исследования соответствия характеристик (и в первую очередь - метрологических) в различных условиях эксплуатации были проведены на калибровочных установках, испытательных стендах и испытательном оборудовании многих предприятий и лабораторий:

- предприятия «Энергоучет» (установка АПУ-011-Г);
- ННЦ «Институт метрологии»;
- ГП «Харьковстандартметрология»;
- ГП «Ивано-Франковскстандартметрология»;
- лаборатории Force Technology (Дания),
- лаборатории RMA (Германия);
- физико-технического института FTZU (Чехия);
- физико-технического учреждения РТВ (Германия).

Результаты испытаний:

Счетчик ГУВР-011 был испытан согласно требованиям международных рекомендаций и OIML R 137-1&2 в лабораторных и реальных (полевых) условиях после калибровки по следующим видам испытаний:

- повторяемость и оценка погрешности после первого и второго монтажа, демонтажа;
- при повороте счетчика на -45° , и затем на $+45^\circ$;
- при наличии единичного 90° изгиба перед измерительным участком трубопровода;
- при наличии двух 90° изгибов в перпендикулярных плоскостях;
- при наличии перепадов диаметров (-3% , $+3\%$) измерительного трубопровода и врезной секции счетчика;
- при наличии устройства расширения;
- при наличии устройства сужения;

Результаты всех видов испытаний в виде графиков погрешностей представлены рисунке 1.

По результатам испытаний максимальная погрешность не превышает $\pm 0,3\%$.

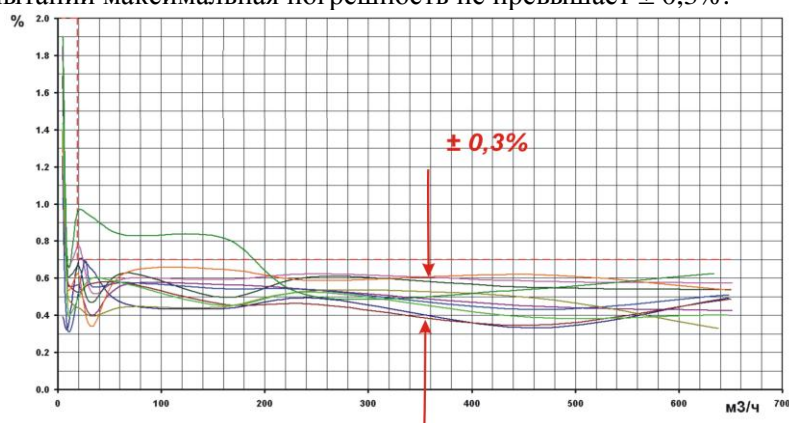


Рис. 1. Графики погрешности для различных видов испытаний

Счетчик ГУВР-011 прошел испытания в Дании на сертифицированной европейской калибровочной лаборатории Forge Technology в соответствии с требованиями рекомендаций OIML R 137-1&2. Испытания счетчика были проведены на рабочей среде «природный газ». По результатам испытаний значение погрешности не превысило $-0,22\%$.

После испытания счетчика ГУВР-011 в Дании были проведены испытания в измерительной лаборатории ПАО «Ивано-Франковскгаз на рабочей среде «природный газ» и в Центре стандартизации и метрологии г.Ивано-Франковска на рабочей среде «воздух». Результаты всех испытаний представлены на графиках рисунка 2

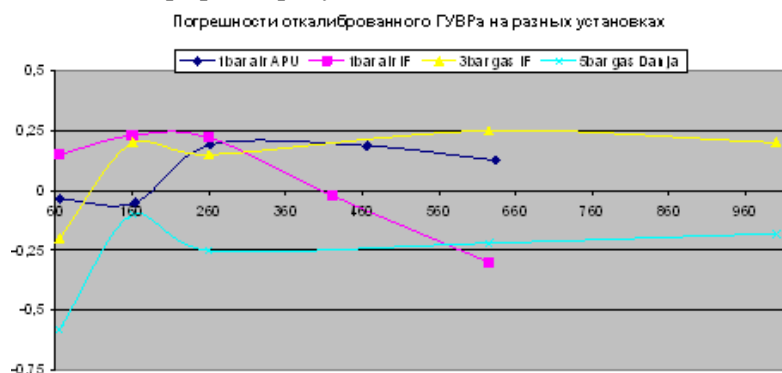


Рис. 2. Графики погрешностей счетчика ГУВР-011, полученные на различных стендах и средах

В ходе испытаний были определены существенные проблемы метрологического обеспечения ультразвуковых счетчиков газа в свете требований международных стандартов: Суть этих проблем следующая:

1. Адекватность калибровки и поверки ультразвуковых счетчиков газа на рабочей среде «воздух» при атмосферном давлении и «природный газ» на рабочем давлении - как правило, счётчики проходят калибровку и поверку на поверочных стендах с использованием в качестве

измеряемой среды воздуха при давлении, близком к атмосферному, в то время как в дальнейшем они используются для учёта природного газа под более высоким давлением. Калибровка и поверка счётчиков газа при условиях, максимально приближённых к рабочим условиям, т.е. на природном газе при высоком давлении, необходима, но не всегда возможна.

2. Недостаточно развитая материальная метрологическая база - в настоящее время существует малое количество поверочных установок, работающих на природном газе при больших давлениях.

3. Не развита нормативная база, регламентирующая поверку (калибровку) счётчиков на различных средах и давлениях - в настоящее время отсутствуют нормативные документы, регламентирующие обязательную поверку на рабочей среде, а также документы, определяющие критерий выбора среды и давления для поверки ультразвуковых счётчиков газа.

В связи с этим предприятием «Энергоучет» была разработана и использована алгоритм, позволяющий реализовать математическую модель расчетов, максимально учитывающую динамические процессы в измерительном потоке. Данное решение позволяет осуществлять калибровку счётчиков на воздухе при атмосферном давлении, после чего, путем ввода в электронный блок параметров рабочей среды, соответствующих реальным условиям эксплуатации счётчика (параметры природного газа, диапазоны рабочих температуры и давления), сохранить допустимые значения погрешностей в рабочих условиях при различных средах и при различных давлениях.

Результаты верификации счётчиков на природном газе при давлениях 4,0; 20,0 и 30,0 бар в лабораториях FORCE Technology (Дания) и RMA (Германия) после первичной калибровки на воздухе при атмосферном давлении продемонстрировали, что данные модификации счётчиков подтвердили точность класса 0,5; 0,7 и 1,0 в диапазоне $Q_t \leq Q \leq Q_{max}$ согласно OIML R 137-1&2, ISO 17089-1:2010 и AGA Report No. 9 соответственно (Рис. 3 - 5).

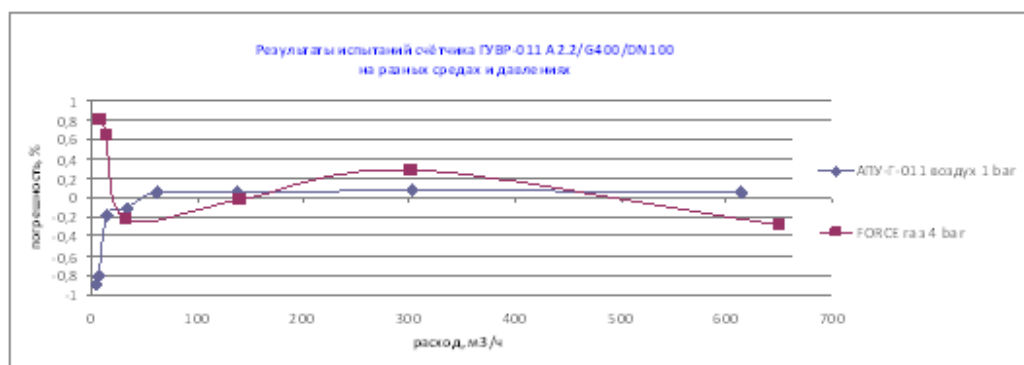


Рис. 3. Результаты испытаний счётчика газа ГУВП-011 А2.2 на стенде FORCE TECHNOLOGY

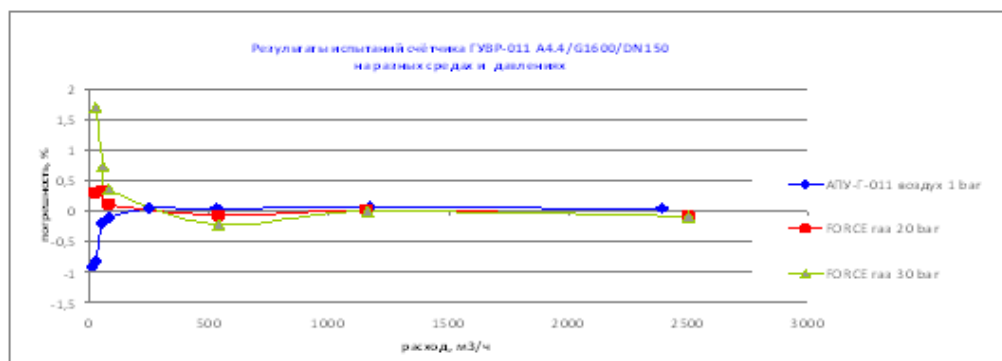


Рис. 4. Результаты испытаний счётчика газа ГУВП-011 А4.4 на стенде FORCE TECHNOLOGY

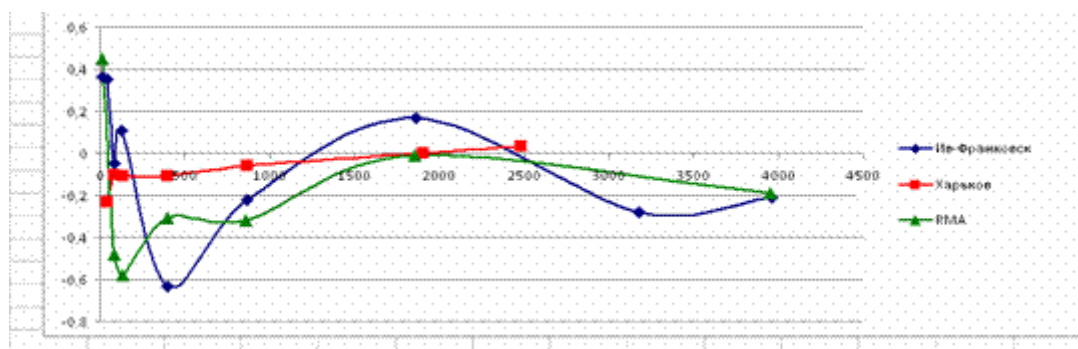


Рис. 5. Результаты испытаний счетчика газа ГУВР-011 А2.2 на калибровочной установке RMA

Выводы:

1. Ультразвуковые счетчики газа ГУВР-011 показали хорошие стабильные результаты во всех видах испытаний и для различных рабочих сред.

2. Несмотря на общую тенденцию к проведению калибровки (поверки) УЗСГ при рабочих условиях, данное требование не всегда является целесообразным. Благодаря значительному снижению стоимости калибровки и сопутствующих транспортных расходов при периодическом обслуживании, предлагаемый алгоритм позволяет расширить возможности использования УЗСГ класса 0,5; 0,7; 1,0 после калибровки на воздухе при учете природного газа без дополнительной калибровки при рабочем давлении на природном газе.

3. Полученные результаты открывают перспективы дальнейших исследований и совершенствования технологий УЗСГ с целью накопления статистики результатов испытаний и возможности утверждения описанной методики на нормативном уровне.

1. *Dir 2004/22/EC. Директива Европейского парламента и совета на средства измерения.*

2. *Рекомендация OIML R 137-1&2-2014 «International Recommendation. Gas meters».*

3. *ISO-17089-1:2009. «Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic meters for gas. Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement».*

УДК 621.317

М.М. Дорожовець д.т.н., О.М.Никипанчук аспірант

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ СЕРЕДНІМ ЗНАЧЕННЯМ, МЕДІАНОЮ ТА СЕРЕДИНОЮ РОЗМАХУ ВИПАДКОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ З РІЗНИМИ РОЗПОДІЛАМИ

Ключові слова: результати, середнє значення, медіана, середина розмаху, кореляція, спостереження

Під час опрацювання результатів вимірювання з багаторазовими спостереженнями відповідно до густини розподілу вибирається метод статистичного опрацювання, який забезпечує найефективнішу оцінку результату вимірювання.

Якщо розподіл невідомий, або він істотно відрізняється від прийнятого, то використовують середньозважене [2]:

$$\bar{X}_3 = k_1 \bar{X} + k_2 X_{\text{мед}} + k_3 X_{\text{с.р.}} \quad (1)$$

де k_1, k_2, k_3 - вагові коефіцієнти, для яких має виконуватися умова нормування $k_1 + k_2 + k_3 = 1$.

Сумарна стандартна непевність оцінки результату становить:

$$u_c(\bar{X}_3) = \sqrt{k_1^2 u^2(\bar{X}) + k_2^2 u^2(X_{\text{мед}}) + k_3^2 u^2(X_{\text{с.р.}}) + 2r_{\bar{X}X_{\text{мед}}} k_1 k_2 u(\bar{X})u(X_{\text{мед}}) + 2r_{\bar{X}X_{\text{с.р.}}} k_1 k_3 u(\bar{X})u(X_{\text{с.р.}}) + 2r_{X_{\text{мед}}X_{\text{с.р.}}} k_2 k_3 u(X_{\text{мед}})u(X_{\text{с.р.}})} \quad (2)$$

де $r_{\bar{X}X_{\text{мед}}}, r_{\bar{X}X_{\text{с.р.}}}, r_{X_{\text{мед}}X_{\text{с.р.}}}$ - коефіцієнти кореляції між середнім значенням та медіаною, середнім значенням та серединою розмаху, медіаною та серединою розмаху, відповідно.

Треба знати коефіцієнти кореляції, так як і середнє значення, і медіана та середина розмаху знайдені на основі тих самих спостережень, то слід очікувати кореляцію, яка буде залежати від кількості спостережень.

Метою роботи є дослідження асимптотичні властивості (для великих обсягів n) коефіцієнта кореляції.

1. Методика досліджень. Розглянемо три методи опрацювання результатів вимірювання: аналітичний, метод Монте Карло та аналітично-асимптотичний. В аналітичному методі для визначення коефіцієнта взаємної кореляції, наприклад між середнім значення та медіаною вибірки необхідно мати їх сумісну густину розподілу $p(\bar{x}, x_{\text{мед}}, n)$. Цей метод є складним, так як сумісну густину розподілу потрібно мати для визначення всіх коефіцієнтів кореляції.

За методом Монте Карло потрібно визначити:

(1) параметри положення вибірок:

- середнє значення

$$\bar{X}_j(n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{i,j} \quad (3)$$

- медіану

$$X_{\text{мед},j}(n) = \begin{cases} x_{((n+1)/2),j}, & n \text{ непарне} \\ \frac{x_{(n/2),j} + x_{(n/2+1),j}}{2}, & n \text{ парне} \end{cases} \quad (4)$$

- середину розмаху

$$X_{\text{с.р.},j}(n) = \frac{x_{(1),j} + x_{(n),j}}{2} \quad (5)$$

де $x_{(i),j}$ - елемент у впорядкованій вибірці з номером i

(2) середні значення цих параметрів по всіх вибірках

(3) експериментальні оцінки стандартних відхилень цих параметрів

$$S_{\bar{x}}(n) = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{j=1}^M (\bar{X}_j(n) - \bar{\bar{X}}(n))^2} \quad (6)$$

$$S_{\bar{X}_{\text{мед}}}(n) = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{j=1}^M (X_{\text{мед}j}(n) - \bar{X}_{\text{мед}}(n))^2} \quad (7)$$

$$S_{\bar{X}_{\text{с.р.}}}(n) = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{j=1}^M (X_{\text{с.р.}j}(n) - \bar{X}_{\text{с.р.}}(n))^2} \quad (8)$$

(4) експериментальні значення коефіцієнтів взаємної кореляції між оцінками параметрів

$$r_{\bar{X}X_{\text{мед}}}(n) = \frac{\frac{1}{M-1} \sum_{j=1}^M \left((\bar{X}_j(n) - \bar{\bar{X}}(n)) (X_{\text{мед}j}(n) - \bar{X}_{\text{мед}}(n)) \right)}{S_{\bar{x}}(n) \cdot S_{X_{\text{мед}}}(n)} \quad (9)$$

$$r_{\bar{X}X_{\text{с.р.}}}(n) = \frac{\frac{1}{M-1} \sum_{j=1}^M \left((\bar{X}_j(n) - \bar{\bar{X}}(n)) (X_{\text{с.р.}j}(n) - \bar{X}_{\text{с.р.}}(n)) \right)}{S_{\bar{x}}(n) \cdot S_{X_{\text{с.р.}}}(n)} \quad (10)$$

$$r_{X_{\text{мед}}X_{\text{с.р.}}}(n) = \frac{\frac{1}{M-1} \sum_{j=1}^M \left((X_{\text{мед}j}(n) - \bar{X}_{\text{мед}}(n)) (X_{\text{с.р.}j}(n) - \bar{X}_{\text{с.р.}}(n)) \right)}{S_{X_{\text{мед}}}(n) \cdot S_{X_{\text{с.р.}}}(n)} \quad (11)$$

Цей метод займає багато часу для його опрацювання, тому для великої кількості статистичних експериментів він не є доцільним.

За аналітично-асимптотичним методом визначається

- середнє значення та медіану за формулами як в методі Монте Карло
- стандартні відхилення

$$X_{\text{скз}j} = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n x_{i,j} - \bar{X}_j(n))^2}{n-1}} \quad (12)$$

- середнє значення модулів відхилень від медіани

$$X_{\text{серм}j}(n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_{i,j} - X_{\text{мед}j}(n)| \quad (13)$$

- обернений коефіцієнт форми, який дорівнює коефіцієнту кореляції між середнім значення і медіаною

$$S_{X_{\text{серм}j}X_{\text{скз}j}} = \frac{X_{\text{серм}j}}{X_{\text{скз}j}} \quad (14)$$

- коефіцієнт амплітуди

$$k_{aj} = \frac{X_{(n)j} - X_{(1)j}}{2X_{\text{скз}j}} \quad (15)$$

- коефіцієнт кореляції між середнім значенням та серединою розмаху

$$S_{X_{\text{серм}j}X_{\text{сер}j}} = k_{aj} \sqrt{\frac{2}{n+1}} \quad (16)$$

- коефіцієнт кореляції між медіаною та серединою розмаху

$$S_{xmedxsr} = \sqrt{\frac{2}{n+1}} \quad (17)$$

Він є простим і швидкий для опрацювання, але не є дуже точним.

Для порівняння ми виконаємо наступні дослідження методом Монте Карло та аналітично-асимптотичним методом. Залежності коефіцієнтів кореляції між середнім значенням, медіаною та серединою розмаху від кількості спостережень були досліджені для вибірок з типовими розподілами генеральних сукупностей: Лапласа, нормального, трикутного, трапецеїдального із відношенням основ 1:2, рівномірного та арксинусоїдального. Кількість спостережень змінювалася від 2 до 100. Кількість реалізацій (статистичних експериментів) становила $M = 10^5$ – на кожну вибірку. Для спрощення під час формування набору вхідних спостережень з різних генеральних сукупностей приймалися однакові значення параметру положення (центру) та стандартного відхилення.

2. Аналіз результатів. Слід звернути увагу, що для всіх досліджуваних моделей густини розподілу вибірок середні значення та медіана є взаємно корельовані як для методу Монте Карло так і для аналітично-асимптотичного методу. При кількості спостережень понад 20 значення коефіцієнту кореляції між цими параметрами вибірки стабілізується. Значення коефіцієнту кореляції між середнім значенням і медіаною для двох методів опрацювання результатів починаючи з кількості спостережень 20 є наближені до один одного. Так для нормального розподілу значення коефіцієнту для методу Монте Карло становить $\approx 0,807$ і для аналітично-асимптотичного відповідно $\approx 0,786$. Для розподілу Лапласа ці значення становлять $\approx 0,719$ і $\approx 0,711$ відповідно. Для рівномірного розподілу значення коефіцієнту кореляції для двох методів становить $\approx 0,874$ для методу Монте Карло і $\approx 0,843$ для аналітично-асимптотичного методу. Для арксинусоїдального розподілу значення кореляції становлять $\approx 0,903$ і $\approx 0,871$ відповідно. Для трикутного розподілу значення кореляції становить $\approx 0,827$ для методу Монте Карло і $\approx 0,802$ для аналітично-асимптотичного методу. Для трапецеїдального розподілу значення коефіцієнта кореляції між середнім значенням і медіаною становить для методу Монте Карло $\approx 0,855$ і для аналітично-асимптотичного методу $\approx 0,767$.

Ступінь взаємодії кореляції між середнім значенням і серединою розмаху істотно залежить від густини розподілу, однак у всіх випадках він зменшується при збільшенні кількості спостережень. Розглянемо значення коефіцієнту кореляції при кількості спостережень $n_1=25$ і $n_2=100$. Для нормального розподілу коефіцієнт кореляції для методу Монте Карло для n_1 становить $\approx 0,549$ і для n_2 $\approx 0,337$, для аналітично-асимптотичного методу для n_1 становить $\approx 0,584$ і для n_2 $\approx 0,367$ відповідно. Для розподілу Лапласа при n_1 становить $\approx 0,643$ і при n_2 $\approx 0,439$ для методу Монте Карло і при n_1 $\approx 0,647$ і при n_2 $\approx 0,461$ для аналітично-асимптотичного методу відповідно. Для рівномірного розподілу значення коефіцієнтів становлять для методу Монте Карло при n_1 $\approx 0,463$ і при n_2 $\approx 0,241$, для аналітично-асимптотичного методу при n_1 $\approx 0,49$ і при n_2 $\approx 0,252$ відповідно. Для арксинусоїдального розподілу для методу Монте Карло при n_1 $\approx 0,374$ і при n_2 $\approx 0,205$ та для аналітично-асимптотичного методу при n_1 $\approx 0,432$ і при n_2 $\approx 0,21$. Для трикутного розподілу для методу Монте Карло при n_1 $\approx 0,529$ і при n_2 $\approx 0,3$ та для аналітично-асимптотичного методу при n_1 $\approx 0,556$ і при n_2 $\approx 0,317$. Для трапецеїдального розподілу коефіцієнт кореляції між середнім значенням і серединою розмаху становить для методу Монте Карло при n_1 $\approx 0,509$ і при n_2 $\approx 0,289$ та для аналітично-асимптотичного методу при n_1 $\approx 0,583$ і при n_2 $\approx 0,316$ відповідно.

Найменш корельованим є коефіцієнт між медіаною та серединою розмаху. Для методу Монте Карло коефіцієнт взаємної кореляції між цими параметрами наближається до $\sim 1/\sqrt{n}$, а для аналітично-асимптотичного методу він становить $\sqrt{\frac{2}{n+1}}$ відповідно.

Висновки. На основі цих досліджень показано, що при порівнянні двох методів опрацювання результатів спостережень значення коефіцієнтів кореляції є наближені один до одного. Тому для менш громіздкого обчислення можливе використання аналітично-асимптотичного методу.

1. *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO 1992, revised and corrected 1995*

2. *Kendal M.G. The Advanced Theory of Statistics / M.G.Kendal, A.Stuart. – 2 edition. – London: Charles Griffin and Co Ltd, 1973. – Vol.2.*

3. Zakharov I.P. Algorithms for reliable and effective estimation of type A uncertainty [Електронний ресурс]/ I.P.Zakharov, N.V.Shtefan//Measurement Techniques. – Vol.48, 5, 2005. – P. 427-437. – Режим доступу до ресурсу: www.Springer.com. (transl. from Izmeritel'naja Tekhnika).

4. Дорожовець М.М. Результати дослідження кореляції між середнім значенням, медіаною та серединою розмаху для випадкових спостережень з типовими розподілами. / М. Дорожовець, О.Никипанчук.// Системи обробки інформації. – Харків - 2011. – Вип. 1 (91). – С. 28-33.

Т. З. Бубела, д.т.н., доц., Т. Федішин, студентка

МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЯК СКЛАДОВА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ

Ключові слова: оцінювання якості, кіберфізична система, контроль ефективності виробництва

Кіберфізичні системи (КФС) активно починають впроваджуватись у різні галузі людської діяльності і пріоритетними напрямками їх застосування є виробництво, медицина, транспорт, енергетика, екологія [1,2]. Особливої ваги ці системи набувають під час виробництва промислової продукції, коли є необхідність контролювати ступінь його ефективності. Одним зі способів оцінювання та підвищення ефективності виробництва може стати оперативне дослідження попиту споживачів та їх рекомендацій щодо якості продукції шляхом встановлення зворотного зв'язку (від споживача до виробника) через засоби КФС. Для цього споживачеві треба запропонувати відповідний інформаційний апарат, яким би він мав бажання скористатись для власних потреб і водночас надати необхідну інформацію аналітикам виробника, які б могли приймати рішення щодо покращання якості продукції підприємства.

Таким інформаційним апаратом доцільно зробити процедуру оперативного оцінювання якості, в якій би споживач сам брав безпосередню участь з врахуванням власних інтересів та ситуативності, що є дуже актуальним. Варто зазначити, що кожен громадянин згідно з законом «Про захист прав споживачів» має право на отримання інформації про якість продукції та послуг. Процес інформування про якість товарів може відбуватись по-різному. В одному випадку, фахівці з кваліметрії в даній галузі мали би оцінити якість товару та розмістити інформацію про результати оцінювання на своїх офіційних сайтах, чи в довідниках. Але така інформація в певних ситуаціях може бути недоступною для споживача, або просто відсутньою. Окрім того, право оцінювати якість має кожен споживач і погляди на цей процес залежать від конкретних обставин, які можуть змінюватись. Особливо це важливо, якщо мова йде про оптимальний вибір споживачем товару серед вже існуючих, наприклад, під час здійснення покупки в торговельному центрі.

Для вирішення поставленої задачі в допомогу споживачеві (та в паралель для аналізу виробникові) запропоновано метод оцінювання якості об'єктів з застосуванням гнучкого алгоритму, скориставшись яким споживач отримає необхідну для нього інформацію про якість товарів (рис. 1). Використання такого методу дозволяє застосувати окрім стандартної процедури оцінювання якості, сформованої фахівцями-кваліметристами, здійснення самостійного вибору користувачем номенклатури показників якості (ПЯ) для оцінювання об'єкта, які його цікавлять в першу чергу, а також сформувати комплексну оцінку якості для цього об'єкта і для інших аналогічних виробів з метою їх взаємного порівняння. Крім цього, алгоритм дозволяє здійснити і зворотну процедуру - тобто за заданим користувачем значенням окремого показника якості, сформувати перелік товарів, що відповідатимуть цим вимогам і вибрати найкращий. В основу стандартної процедури оцінювання рівня якості покладено розрахунок комплексного середнього зваженого арифметичного показника K :

$$K = \sum_{i=1}^n g_i \cdot P_{\text{диф}_i}, \quad (1)$$

де $P_{\text{диф}}$ – це диференційний ПЯ, який розраховується шляхом порівняння з базовим ПЯ, тобто еталонним, яким може бути реальний найкращий об'єкт такого ж призначення, або віртуальний еталон з найкращими характеристиками; g_i – це вагові коефіцієнти ПЯ, які формуються заздалегідь експертами шляхом побудови ранжованих рядів [3,4]. Якщо споживач не обирає стандартну процедуру формування оцінки, розроблену фахівцями, то очевидно він сконцентрує свою увагу лише на кількох актуальних для нього показниках, що будуть для нього, рівноважливими, а решта неважливими.

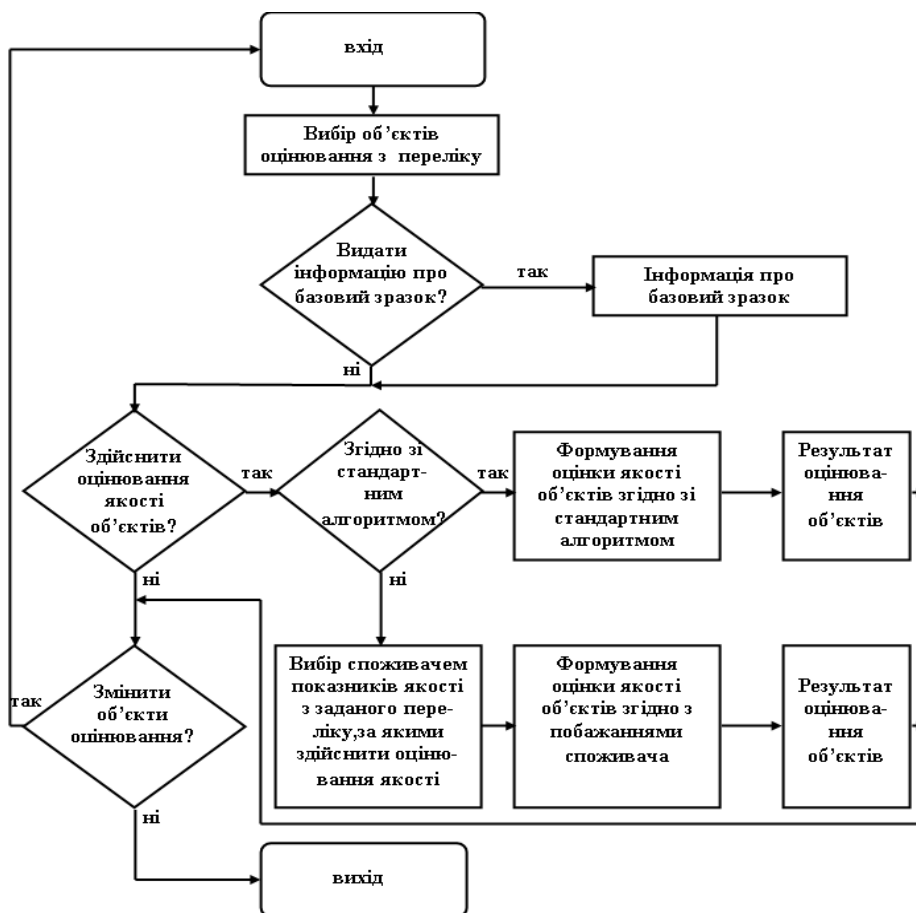


Рис. 1. Блок-схема алгоритму реалізації методу оперативного оцінювання якості об'єктів, орієнтованого на вимоги споживача

Щоб невідбрані споживачем показники якості стали нехтуючи малими, їх вагові коефіцієнти прирівнюються до нуля. Тоді, коефіцієнт вагомості g_i для кожного ПЯ, обраного споживачем, у виразі (1), буде рівний:

$$g_i = \frac{1}{\mu}, \quad (2)$$

де μ – кількість ПЯ, обраних споживачем.

Для реалізації запропонованого методу було створено програмне забезпечення, яке адаптоване для задачі оцінювання якості мобільних телефонів на прикладі фірми НТС. Цьому передував аналіз їх асортименту та показників якості, за результатами якого було виокремлено 16 типів телефонів та 9 основних показників їх якості (табл. 1).

Таблиця 1

Номенклатура основних ПЯ мобільних телефонів	
Назва ПЯ	Назва одиниці вимірювання
Діагональ екрану	дюйм
Розширення основної камери	Мпкс
Розширення фронтальної камери	Мпкс
Спалах(є/нема)	(1/0)
Процесор	ГГц
Кількість ядер процесора	штуки
Операційна система	номер версії
Ємність акумулятора(мА)	мА
Вага(г)	г

Запропоновано інтерфейс програми (рис. 2), який дає можливість оглянути асортимент об'єктів оцінювання (в даному випадку ними є смартфони фірми НТС), чи вибрати об'єкт за якоюсь конкретною характеристикою.

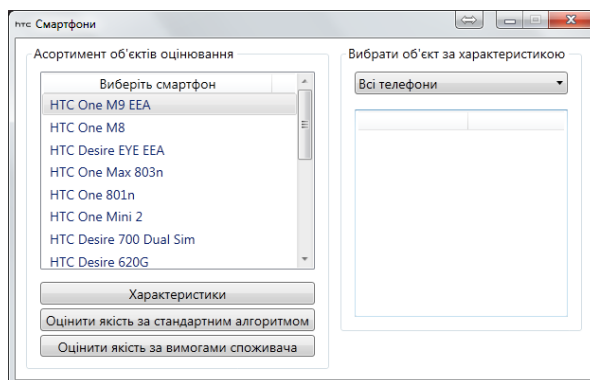


Рис. 2. Скріншот інтерфейсу розробленої програми для оперативного оцінювання якості об'єктів

Новизна дослідження полягає у тому, що запропоновано метод оперативного оцінювання якості об'єктів, в основу якого покладено принцип врахування вимог споживача, використання якого дозволить оптимізувати вибір об'єктів під час їх придбання. Практична цінність дослідження полягає у створенні програмного продукту, який пропонуватиметься в допомогу споживачеві під час здійснення ситуативного вибору продукту. Розроблений метод є універсальним, а алгоритм його реалізації може бути адаптований до різних об'єктів та додаткових задач. Крім цього, подальший аналіз статистики результатів користування споживачами запропонованою програмою (а саме, рівень їх попиту на різні види продукції та потреба в забезпеченні товару певними значеннями показників якості) дасть можливість забезпечити КФС інформацією, необхідною представникам виробника для формування пропозицій щодо вдосконалення даного виду продукції та підвищення ефективності роботи підприємства.

1. Мельник А. О. Кіберфізичні системи: проблеми створення та напрями розвитку / А. О. Мельник // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні системи та мережі. - 2014. - № 806. - С. 154-161.

2. Lee, Jay; Bagheri, Behrad; Kao, Hung-An (January 2015). "A Cyber-physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems". *Manufacturing Letters* 3: 18–23. doi: 10.1016/j.mfglet. 2014.12.01.

3. Циба В.Т. Основи теорії кваліметрії / В.Т. Циба // Навчальний посібник. - К.: Видавництво «Рута», 1997. - 167 с.

4. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы кваліметрії) / Г.Г. Азгальдов // Монографія. - М.: Экономика, 1982. - 256 с.

**Д.т.н., професор С.П. Яцишин, І.Т. Полянський, аспірант
МЕТРОЛОГІЧНА ПЕРЕВІРКА ТА МОНІТОРИНГ 3D – ПРИНТЕРА**

Ключові слова: Метрологія, перевірка, моніторинг, 3D – принтер.

У даній роботі проведено огляд технології Selective Laser Sintering (SLS) та розглянуто систему контролю якості адитивного виробництва в реальному часі QM meltpool 3D. Дана система призначена для відстеження ключових параметрів системи лазерного плавлення металевих порошків - вмісту кисню, температури, вихідної потужності лазера та якості порошку.

Система QM meltpool 3D дає можливість оптимізувати виробництво та технологічні розробки щоб воно стало ефективнішими та зручнішими.

Актуальність теми зумовлюється тим, що на 3D – принтері можна надрукувати практично все; проте створений виріб має бути якісним і стандартизованим, для чого він підлягає метрологічній перевірці.

Оперативне виготовлення складно-профільних тривимірних деталей може бути реалізовано тільки з допомогою 3D принтерів. Тому сучасна технологія вимагає постійного розширення спектру матеріалів, що застосовуються у виробничому циклі. Зараз до таких матеріалів відносяться полімери, порошки металів, тощо.

Важливим стає дослідження як метрологічних характеристик на етапі виготовлення – розчину чи суміші, що наносяться (товщина, міцність, твердість, електропровідність, тощо), так і метрологічних характеристик (час, температура, в'язкість, твердість тощо) на етапі розроблення конкретних виробничих матеріалів. Одночасно з підбором, верифікацією та валідизацією матеріалів вимагається розроблення спеціального програмного забезпечення, що визначає особливості виробничого циклу і, тим самим, пов'язане з характеристиками розчину (суміші), який наноситься.

Список літературних джерел

1. *NIST National Technical Information Service, FY 2014, Budget Submission to Congress, 2014.*
2. *NIST Three-Year Programmatic Plan, FY 2014-2016, 2014.*
3. *B.Stadnyk, S. Yatsyshyn, O. Sehed. Research in Nanothermometry. Part 6: Metrology of Raman thermometer with universal calibration artifacts, Sensors and Transducers, Vol. 142, Issue 7, 2012, pp.1- 9.*
4. *R.A.Martin. Making Security Measurable and Manageable, Febr. 28, 2014. ([http://measurable security.mitre.org/index.html](http://measurable.security.mitre.org/index.html)).*
5. *CPS Instrumentation & Calibration Experts, The Total Calibration Solution, New Zealand, 24 Sep., 2014.*
6. *B.Stadnyk, S.Yatsyshyn, H.Fedorchuk, Metrological Array of Cyber-Physical Systems. Part 2. Checked Instrument Based on Quantum Resistance Standard, Sensors and Transducers, Vol. 186, Issue 3, 2015, pp.12-17.*

**Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement-2016», 1-5 лютого 2016 року:
тези доповідей / Відп. за вип. Володарський Є.Т. – Київ: Академія метрології України, 2016. – 137 с.**

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

Відповідальний за випуск Є.Т. Володарський

Укладачі: Походило С.В., Кочан Р.В., Гоц Н.Є., Яцук В.О., Бубела Т.З.,
Куць В.Р., Ільницька Т.М., 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 18.01.2016 р.

Протокол засідання секції «Метрологія і стандартизація» Науково-технічної ради ДП НДІ «Система» №1/2016 від 18.01.2016 р. Рішення секції «Метрологія і стандартизація» Науково-технічної ради ДП НДІ «Система» №1-2/2016 від 18.01.2016 р.