**Академія метрології України**

**Національний університет «Львівська політехніка»**

**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

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

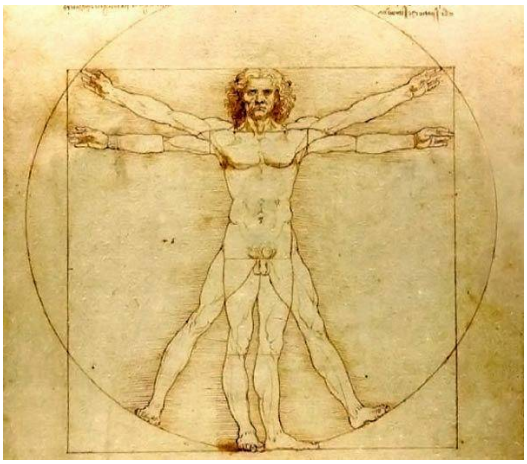
**Спонсор:**

**ПРАТ «Енергооблік», м. Харків**

**IV Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених**

**у царині метрології**

# «Technical Using of Measurement – 2018»



**13 - 18 лютого 2018 року**

**Славське**

# «TECHNICAL USING OF MEASUREMENT – 2018»

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

**Славське, Україна**
**13 - 18 лютого, 2018**

# «TECHNICAL USING OF MEASUREMENT – 2018»

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

**Slavs'ke, Ukraine**
**February 13 - 18, 2018**

**УДК 621**

**IV Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement-2018», 13-18 лютого 2018 року: тези доповідей / Відп. за вип. Володарський Є.Т. – Київ: Академія метрології України, 2018. – 151 с.**

**ISBN 978-617-397-170-4**

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

**Відповідальний за випуск Є.Т. Володарський**

**Укладачі:** Бойко Т.Г., Куць В.Р., Здеб В.Б.

**Організатори:**

Академія метрології України

Національний університет «Львівська політехніка»

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського»

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

**Спонсори:**

ПРАТ «Енергооблік», м. Харків

Матеріали подано в авторській редакції та затверджено на засіданні Науково-технічної ради ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» («Система»), секція «Метрологія і стандартизація»

Рішення № 8-8/2017 засідання секції «Метрологія і стандартизація» Науково-технічної ради ДП НДІ «Система» від 28.12.2017 р. про присвоєння номера ISBN 978-617-397-170-4

## НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

**Співголови конференції:** Володарський Є.Т., д.т.н., проф., президент Академії метрології України (м. Київ) (НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»)
Микийчук М.М. д.т.н., проф., директор ІКТА (НУ «ЛП», м. Львів)

**Члени наукового комітету:**
Стадник Б.І., 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»)
Василевський О.М. д.т.н., проф. (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця)
Дорожовець М.М. д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)
Івахів О.В. 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)
Кузьменко Ю.В. (Заст. ген. директора «Укрметтестстандарт», 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»)
Паракуда В.В., к.т.н., доц., директор (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)
Тріщ 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»)

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

**Голова оргкомітету:** Гоц Н.Є., д.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)

**Відповідальний секретар:** Коваль О.Й., завідувач лабораторії стандартизації (НУ «ЛП», м. Львів)

**Члени оргкомітету:**
Бубела Т.З., д.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)
Бойко Т.Г., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)
Ванько В.М., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»»)

Доролюбова М. В., к.т.н., доц.. (КПІ, м.Київ)
Кочан О.В. к.т.н., доц., (НУ «Львівська політехніка»)
Кочан Р.В. д.т.н., доц., проф. (НУ «Львівська політехніка»)
Куць В.Р., к.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)
Міхалєва М.С., к.т.н., доц. (Національна Академія сухопутних військ ім. П. Сагайдачного, м. Львів)
Прохоренко С.В., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

# ЗМІСТ

**Клєвцова М.О. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПОКАЗНИКА ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МОЖЛИВОСТІ З ВІРОГІДНІСТЮ УХВАЛЕННЯ РІШЕННЯ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ..... 11**

**Рак В.С., к.т.н., доц., Єгорова Ю.В., студ. СОТОВІ ОКУЛЯРИ ВІД ЗАСЛІПЛЕННЯ ВОДІЇВ ... 13**

**Герасимов С.В., д.т.н. с.н.с., Шапран Ю.Є., аспірант ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРІВ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ..... 15**

**Бубела Т.З., д.т.н., доц., Федишин Т. І., студентка РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТУ ПРОГРАМИ ВЕРИФІКАЦІЇ ПІДСИСТЕМИ ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ КІБЕР-ФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ АГРОВИРОБНИЦТВА ..... 18**

**Івах Р. М., к.т.н., доц., Домінюк Т. І., к.т.н., Підгайний П. О., студент ПЕРСПЕКТИВНІ РОЗРОБКИ ДЛЯ МЕДИЧНОЇ ГАЛУЗІ ..... 20**

**Івах Р. М., к.т.н., доц., Питель І. Д., к.т.н., доц, Івах С. Р., студент КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ВАГ ..... 21**

**Туз Ю.М, д.т.н. проф., Вдовиченко А. В., аспірант ПРОБЛЕМИ ВИМІРЮВАННЯ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ РЕАКТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ ..... 23**

**Нерозна І. О., студентка, Добролюбова М. В., к.т.н. доц. ПІДСИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ БДЖОЛИНОГО ВУЛИКА ..... 26**

**Потоцький І.О. НОВИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ КАЛІБРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ..... 28**

**Курсін С.М., к.т.н., Шевкун М.С., магістрант, Бурлака Д.А., студентка, Коваленко М.П., студент ПОВІРОЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ КІЛЬКОСТІ ІНФОРМІЦІЇ ТА ВІМІРЮВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ТЕЛЕФОННИХ РОЗМОВ ..... 31**

**Середюк О.Є., д.т.н., проф., Криницький О.С., к.т.н, Лютенко Т.В., аспірантка МЕТРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ПОХИБКИ МЕМБРАННИХ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ РІЗНИХ ТИПОРОЗМІРІВ ..... 34**

**Скрипковська М.Г., студентка РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ КРЕНУ ТА ТАНГАЖУ НАХИЛУ НЕРУХОМОГО ОБ'ЄКТУ ВІД ПЛОЩИНИ МІСЦЕВОГО ГОРИЗОНТУ ..... 37**

**Моргун Ю.Б., Прокопович І.В., д.т.н., доц., Оборський Г.О., д.т.н., проф., Моргун Б.О., к.т.н., доц. МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ВІТРОДВИГУНА З АДАПТИВНИМ КЕРУВАННЯМ ЛОПАТЕЙ ..... 39**

**Шутемова К.П. студентка., Байцар Р.І. д.т.н.,проф. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВНИХ ГРАНУЛ ..... 41**

**Матвіїв Р.О., аспірант, Яцук В.О., д.т.н., проф., Здеб В.Б., к.т.н., асистент АКТИВНИЙ ІМІТАТОР ОПОРУ З КОРИГУВАННЯМ ПОХИБОК, ЗУМОВЛЕНИХ ЛІНІЯМИ ЗВ'ЯЗКУ ..... 43**

**Бойко Т.Г., д.т.н., проф., Корчинська О.-С.І., студ. РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД В НОВОМУ СТАНДАРТІ IATF 16949 :2016 ..... 45**

**Яцук Ю.В., к.т.н., доц., Коваль А.М. студент, Яцук В. О.д.т.н., проф. КОРИГУВАННЯ ПОХИБОК ЦИФРОВОГО ПЕРЕНОСНОГО НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ТЕРМОМЕТРА ..... 47**

**Середюк О.Є., д.т.н. проф., Малісевич Н.М., аспірантка ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО КОЕФІЦІЄНТА ПАЛЬНИКА ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ..... 49**

**Микийчук М.М. д.т.н., проф., Зіганшин Н. С., студентка ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ..... 51**

**Косач Н.І., д.т.н., проф., Бондаренко Г.Г., здобувач ІНОВАЦІЙНІЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВИКЛАДАЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ..... 53**

**Косач Н.І., д.т.н, проф., Чернобай Н.В., здобувач СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ..... 56**

**Ванько В.М., д.т.н. проф., Мочурад О.П., студент ДОСЛІДЖЕННЯ АЦП МІКРОКОНТРОЛЕРА ARDUINO UNO ..... 59**

**Микийчук М.М., д.т.н. проф., Репетило Х. І., магістр ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЗАПАСУ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ НА ОСНОВІ ФУНКЦІЇ ВТРАТ ТАГУЧІ ..... 61**

**Петришин І.С., д.т.н., проф., Середюк Д.О., к.т.н., Безгачнюк Я.В., к.т.н., Бас О.А., к.т.н. СТВОРЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА ОДИНИЦЬ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ НА ГАЗОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ ПРИ ТИСКУ ДО 1,6 МПа64**

**Петришин І.С., д.т.н., проф., Бас О.А., к.т.н., Присяжнюк Л.О., аспірант МЕТОД ОРГАНІЗАЦІЇ ВІДБОРУ ТА ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗУ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО КАЛОРИМЕТРА ..... 67**

**Телішевський А.Ю. студент., Байцар Р.І. д.т.н., проф. ОПТИМІЗАЦІЯ І ОНОВЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ.69**

**Дмитрів В.Т., д.т.н., доцент, Микийчук М.М., д.т.н., професор, Дмитрів Т.В., студент АНАЛІЗ СКЛАДОВИХ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНОГО ВИМІРЮВАЧА ПОТОКУ ДВОФАЗНОЇ СУМІШІ (рідини+повітря) ..... 70**

**Ванько В.М., д.т.н., проф., Приходько О.М., аспірант ПІДХІД ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА ..... 73**

**Штефура Ю.В., аспірант, Шевченко К.Л., д.т.н., професор МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ ПРИ ТЕРМІЧНИХ ОПІКАХ ..... 76**

**Залога В.О., д.т.н., проф., Дядюра К.О., д.т.н., проф., Рибалка І. М., аспірант, Чубур Д.О., студент ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСНОГО ПІДХОДУ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ, ЩО ВИПУСКАЄТЬСЯ ..... 78**

**Ванько В.М., д.т.н., професор, Пукало М.Я., студент ХАРАКТЕРИСТИКИ І ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОННИХ СИГАРЕТ ..... 81**

**Лівадіна А.Ю., магістрантка СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ЗА ГЕОМЕТРІЄЮ ОБЛИЧЧЯ ..... 84**

**Пономарьов Ю.В., канд. техн. наук., Бондарев С.А., Луценко В.О. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБЛІКУ ГАЗУ ЗА РАХУНОК ОПЕРАТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ГАЗУ ..... 86**

**Левицький С.А., аспірант, Шевченко К.Л., д.т.н., проф. АНАЛІЗ НЕІНВАЗИВНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ГЕМОДИНАМІКИ ..... 89**

**Походило Є.В., д.т.н. проф., Герасим М., к.т.н., Піцюра В., студент ВПЛИВ ПРИЕЛЕКТРОДНОГО ІМПЕДАНСУ НА ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ОБ'ЄКТІВ КВАЛІМЕТРІЇ ..... 92**

**Кривенчук Ю.П., к.т.н., Бойко Н.І., к.е.н., Кривенчук У.В. ПОКВАРТИРНИЙ ОБЛІК ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В СТОЯКОВІЙ СИСТЕМІ РОЗПОДІЛУ ТЕПЛА ..... 95**

**Стеценко А.А., к.т.н, Недзельський С.Д., к.т.н. ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ, КАЛІБРОВАНИХ НА ПОВІТРІ Й АТМОСФЕРНОМУ ТИСКУ, ПРИ ВИМІРЮВАННІ ВИТРАТИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА ВИСОКОМУ ТИСКУ ..... 98**

**Семенов С.А., Гичпан В.М., магістр, Рудик Ю.І., к.т.н., доцент СТАНДАРТИЗАЦІЯ ВИМІРЮВАНЬ БЕЗПЕКОВИХ ПАРАМЕТРІВ У ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ ..... 103**

**Яцишин С. П., д.т.н. проф., Мідик А-В. В., аспірант АНАЛІЗ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СКЛАДОВИХ КОМПОНЕНТІВ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ..... 105**

**Яцишин С. П., д.т.н., проф., Мельник Х. Л., аспірант ІНЕРЦІЙНІСТЬ РІДИННОГО НАНОТЕРМОМЕТРА..... 108**

**Ленців Б.О., студентка, Куць В.Р., к.т.н., доцент ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ РЕКУПЕРАТОРІВ..... 111**

**Гера В.Я., ад'юнкт НАСВ, Шабатура Ю.В., д.т.н., проф., Міхалєва М.С., к.т.н., доц., Одосій Л.І., к.х.н, Коваль О.П. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНИХ МАСЕЛ ДЛЯ КЕРОВАНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗМАЩЕННЯ ДВИГУНА ..... 113**

**Гапоненко М., Брийовський Р., Артемук С., Бридінський В., Назаркевич І. наукові керівники: Микитин І. д.т.н, проф, Хома Ю. к.т.н. КЕРУВАННЯ МОДЕЛЛЮ АВТОМОБІЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МОЗКУ: ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ..... 114**

**Пилькевич Ю.Г., аспирант, Ларина Е.Ю., к.т.н., Ларин В.Ю., д.т.н., проф., Чичикало Н.И., д.т.н., проф., Розоринов Н.Г., д.т.н., проф., ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ И ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ ПРЕСНОГО ВОДОЕМА..... 115**

**Лазебный В.С., к.т.н., доцент, Власюк А.Г., д.т.н., професор, Ларина Е.Ю., к.т.н., Титков Д.В., аспирант ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТА ЛЮБОЙ ПРИРОДЫ МЕТОДАМИ АУДИОВИЗУАЛИЗАЦИИ ..... 118**

**Розоринов Г.Н., д.т.н., проф.., ЧичикалоН.И., д.т.н., проф., Ларина Е.Ю., к.т.н., Ларин В.Ю. д.т.н., проф., ФУРЬЕ-ПРОЦЕССОРЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АКУСТОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ120**

**Ларин В.Ю., проф., Чичикало Н.И., проф., Розоринов Г.Н., проф., Ларина Е.Ю., к.т.н, ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРОЦЕССА ПРИЗЕМЛЕНИЯ БЛА ..... 124**

**Величко О.М., д.т.н., проф., Шевкун С.М., к.т.н., Добролюбова М.В., к.т.н., доц. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ОБЧИСЛЕННЯ ЧАСУ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ..... 127**

**Ярмолюк О.В., Гоц Н.Є., д.т.н., проф. КВАЛІМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ БАНКІВСЬКИХ ПОСЛУГ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ І АНКЕТУВАННЯ..... 130**

**Паракуда В.В., к.т.н., доцент, Шпак О. В. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ТА ПРОСТЕЖУВАНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В УКРАЇНІ ОДИНИЦІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТИСКУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ В УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ133**

**Нижник Б. В., студент, Гоц Н.Є., д.т.н. професор СТВОРЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ КОЕФІЦІЄНТА ВИПРОМІНЕННЯ ВІД ПОВЕРХНІ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ..... 135**

**Костеров О.О. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНУ ОДИНИЦІ ЗВУКОВОГО ТИСКУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КАЛІБРУВАННЯ МІКРОФОНІВ У ВІЛЬНОМУ ПОЛІ ..... 137**

**Кізлівський І.Г., Шпак О.В., Копча М.І., Демчук Т.В. ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОСТЕЖУВАНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ..... 139**

**Демчук Т.В., Кізлівський І.Г., Копча М.І., Шпак О.В. СТВОРЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА ОДИНИЦІ ПОТУЖНОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ..... 143**

**Богуш Б., магістр, наук. керівник Яцишин С.П., д.т.н. проф. ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДОППЛЕРІВСЬКОГО РАДАРУ/СЕНСОРУ..146**

**Петришин Н.І., к.т.н. ПЛАНУВАННЯ ПРОЦЕСУ АНАЛІЗУВАННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ..... 149**

УДК 351.821

**Клєвцова М.О.**

# ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПОКАЗНИКА ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МОЖЛИВОСТІ З ВІРОГІДНІСТЮ УХВАЛЕННЯ РІШЕННЯ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

**Ключові слова:** контроль, технологічний процес, вірогідність, ухвалення рішення, показник вимірювальної можливості, невизначеність вимірювання

Якість технологічного процесу оцінюється періодичним вибірковим вимірюванням характерних властивостей продукту, що виробляється. Результат вимірювання як основне джерело інформації про хід технологічного процесу порівнюється із заданими / встановленими нормами у вигляді допуску, який задається нижнім та верхнім граничними значеннями. Залежно від отриманого результату вимірювання може існувати кілька можливих рішень щодо контрольованої властивості, при цьому слід приймати рішення про відповідність об'єкта з найбільшою вірогідністю.

При оцінюванні даних вимірювань знання про можливі значення вимірюваної величини, в більшості випадків, оцінюють з використанням апріорної щільності розподілу ймовірностей можливих значень контрольованої величини. Як найкраща оцінка приймається виміряне значення величини, пов'язане з відповідною невизначеністю. Статистика, сформована в ході таких вимірювань (вибіркове ковзне середнє, вибіркове стандартне відхилення), надає інформацію про стабільність процесу, і, отже, при необхідності може бути використана для зміни його, з тим, щоб виконувалися необхідні критерії, що характеризують якість технологічного процесу. У такий спосіб узагальнена вимірювальна інформація формує основу для статистичного управління виробництвом [1,2].

Спостережувана на виході вимірювальної системи величина розглядається як випадкова величина $Y$ з можливими значеннями $y$. Стандартне відхилення $Y$ характеризує параметр $u(y) = u$, званий стандартною невизначеністю. При двосторонньому полі допуску $T$ при заданих нижній $T_L$ та верхній $T_U$ границях і результаті вимірювання ($y$, $u$), у припущенні нормального розподілу величини $Y$, можна обчислити ймовірність відповідності об'єкта контролю нормам за формулою:

$$p_в = \Phi\left(\frac{T_U - y}{u}\right) - \Phi\left(\frac{T_L - y}{u}\right) \tag{1}$$

Приймаючи $y = \eta_m$ и $u = u_m$, результат вимірювання величини $Y$ можна представити у нормованому виді:

$$\tilde{y} = \frac{\eta_m - T_L}{T}.$$

При цьому для оцінки $\eta_m$, яка лежить всередині поля допуску, буде справедливе співвідношення

$$0 \le \tilde{y} \le 1.$$

Для оцінки якості вимірювання щодо вимоги, заданої за допомогою допуску, вводиться так званий, показник вимірювальної можливості [3], який визначається як:

$$C_m = \frac{T_U - T_L}{4u_m} = \frac{T}{2U}. \tag{2}$$

де $U = 2u_m$ – розширена невизначеність з коефіцієнтом охоплення $k = 2$ при p= 0,95.

Таким чином, ймовірність відповідності можна визначати в загальному вигляді за допомогою тільки двох величини $\tilde{y}$ і $C_m$, використовуючи вираз:

$$p_в = \Phi\left[4C_m\left(1 - \tilde{y}\right)\right] - \Phi\left(-4C_m\tilde{y}\right) = p_в\left(\tilde{y}, C_m\right). \tag{3}$$

Якщо стандартна невизначеність $u_m$, відповідна оцінці $\eta_m$, має фіксоване значення, яке залежить від конструкції вимірювальної системи, але не залежить від $\eta_m$, тоді показник вимірювальних можливостей $C_m = T/4u_m$ є фіксованим, і питання про те, чи відповідає виміряна властивість технічним вимогам з прийнятною вірогідністю, може бути вирішене на основі оцінки $\eta_m$ за допомогою виразів (2) і (3) при фіксованому $C_m$. На рисунку 1 наведена діаграма, де для оцінок $\eta_m$, що лежать всередині поля допуску $0 \le \tilde{y} \le 1$, суцільна лінія показує, за якого співвідношення між $C_m = T/(4u_m)$ і $\tilde{y} = (\eta_m - T_L)/T$ значення ймовірності відповідності $p_в$ є постійним і рівним 95%.

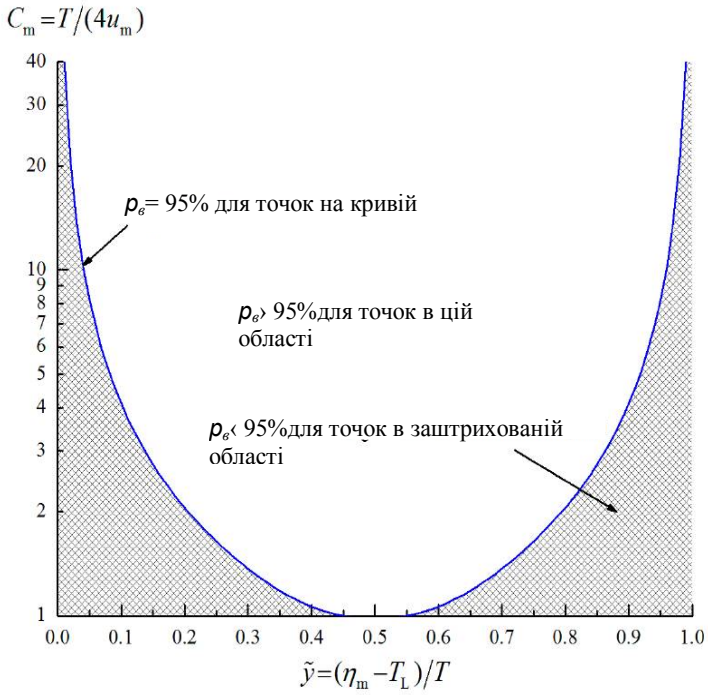



Рисунок 1 – Діаграма ймовірностей відповідності об’єкта контролю нормам

Горизонтальна вісь на рисунку 1 відповідає $C_m$ = 1, або $u_m$ = T/4. Для цієї відносно значної стандартної невизначеності можна побачити, що $p_в \geq 95\%$ тільки для величин в діапазоні $0{,}45 \leq \tilde{y} \leq 0{,}55$. Якщо потрібно, щоб виміряна властивість відповідала технічним вимогам з, як мінімум, 95% рівнем довіри, то прийнятна оцінка $\eta_m$ має відповідно лежати в центральному полі, що становить приблизно 10% від поля допуску.

Розглядуваний діапазон $0{,}45 \leq \tilde{y} \leq 0{,}55$ досить вузький, в реальній практиці добитися знаходження параметра в цьому діапазоні не завжди можливо. У такому випадку для забезпечення 95% рівня довіри треба збільшувати $C_m$. Так, для $C_m$= 10 рівень довіри 95% забезпечує результат, що знаходиться в області $0{,}05 \leq \tilde{y} \leq 0{,}95$, що перекриває практично весь діапазон контрольованої величини.

Як випливає з виразу (2), $C_m$ залежить одночасно від допуску на контрольований параметр та невизначеності вимірювання. Тому, при фіксованому допуску (виходячи з нормативів на продукцію), для збільшення коефіцієнта вимірювальних можливостей необхідно зменшувати невизначеність вимірювання. Невизначеність вимірювань, в свою чергу, містить два компоненти – невизначеність виробничого процесу та вимірювальної системи [4]. Прийнятною вважається така невизначеність, щоб $U$ (p = 95%) <$U_{max}$, тобто була б менше максимально допустимої розширеної невизначеності, що задовольняє і виробника, і споживача [5]. Тому в кожному випадку виробник повинен вирішувати компромісну задачу при забезпеченні прийнятної невизначеності вимірювань, щоб збалансувати ризики, пов'язані з прийняттям помилкових рішень.

Таким чином, залежно від співвідношення між шириною поля допуску і інтервалом невизначеності результату вимірювань, можлива оптимізація правила прийняття рішення, що забезпечує прийнятну вірогідність.

*1. Oakland, J. S. Statistical Process Control, 6th ed. Butterworth-Heinemann, 2007.*

*2. Wheeler, D. J., and Chambers, D. S. Understanding Statistical Process Control, 2nd ed. SPC Press, 1992.*

*3. Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment (Оцінювання даних вимірювання - Роль невизначеності вимірювань в підтвердженні відповідності) [Текст] :JCGM 106:2012. – (Міжнародний стандарт).*

*4. Pendrill, L. R. Optimised measurement uncertainty and decision-making in conformity assessment. NCSLI Measure 2, 2 (2007), 76-86.*

*5. International Laboratory Accreditation Cooperation. ILAC-G8:1996 Guidelines on assessment and reporting of compliance with specification. Silverwater, Australia, 1996.*

УДК 62-788.2

**Рак В.С., к.т.н., доц., Єгорова Ю.В., студ.**

# СОТОВІ ОКУЛЯРИ ВІД ЗАСЛІПЛЕННЯ ВОДІЇВ

**Ключові слова:** засліплення водія, ближнє світло, дальнє світло, світлозахисні окуляри, світло поглинаючі фільтри, фара, очі, зустрічний автомобіль, транспортні засоби.

Під час руху вночі око водія пристосовується (адаптується) до освітленості дороги, що забезпечують фари. Якщо назустріч йому рухається інший автомобіль і світло його фар потрапляє на очі водія, то захисний «механізм» ока зменшує діаметр зіниці і кількість світла, що попадає на сітківку, зменшується.

Це явище надзвичайно небезпечне і тому обидва водії повинні під час зустрічного роз'їзду вмикати інший режим освітлення, так зване ближнє світло, при якому світло від фари не потрапляє в очі водія зустрічного автомобіля.

Є «американська» та «європейська» системах світлорозподілу ближнього світла, але при любій системі освітлення частина світлового потоку потрапляє на ліву частину дороги засліплюючи водія. Після того, як транспортні засоби розминуться і зустрічне світло фар не попадає у очі водія, його зіниці ще деякий час залишаються звуженими. На протязі цього інтервалу часу, в око попадає менше світла, його чутливість знижена і воно погано сприймає об’єкти, що знаходяться на дорозі.

Тому буде доцільно розробити такі окуляри які захищали б очі від засліплення зустрічним світловим потоком, були прості у конструкції, зручні і не потребували додаткових зусиль при їх використанні. Також такі окуляри можуть викристовуватись в інших видах людської діяльності, де можливі засліплення очей операторів механізмів та машин під час нічних робіт (будівництво, навантажувально-розвантажувальні роботи).

В Україні та за кордоном (США, ЄЕС) є багато патентів, впровадження та використання яких може в якійсь мірі зменшити засліплення від зустрічного світлового потоку.

У цих винаходах використовуються світлофільтри, які поглинають 80-95% світлової енергії, зменшуючи чутливість ока в екранованому куті огляду. Застосування деяких винаходів потребує ручного налаштування. Для цього необхідно одною рукою відпускати кермо, що негативно впливає на безпеку руху.

Запропоновані сотові окуляри від засліплення водія дозволяють збільшити пропускання кількості світла через захисні екрани від об’єктів, що треба розпізнавати на дорозі з одночасним зменшенням засліплення від світла зустрічних фар. При такій умові відпадає необхідність одягати та знімати окуляри. Для того, щоб мати можливість швидко встановити кожен захисний екран на міжцентровій відстані очей вдосконалено конструкцію окулярів, яка показана на рис. 1.

Для швидкого встановлення захисних сотових екранів 5 на міжцентровій відстані між очима, до основи 1 з направляючими прикріплені дві рухомі планки 2, які з’єднані між собою металевою шпилькою 3 з правою та лівою різьбами на кінцях та жорстко закріпленим по середині шпильки 3 привідним кругом 4. До низу рухомих планок 2 прикріплені захисні сотові екрани 5, які складаються з подібних до бджолиних сот шестигранних конусів 6. Передні та задні краї цих конусів 6 утворюють сферичні поверхні.

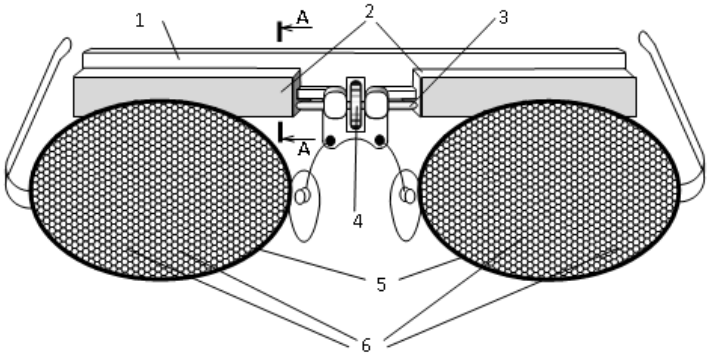
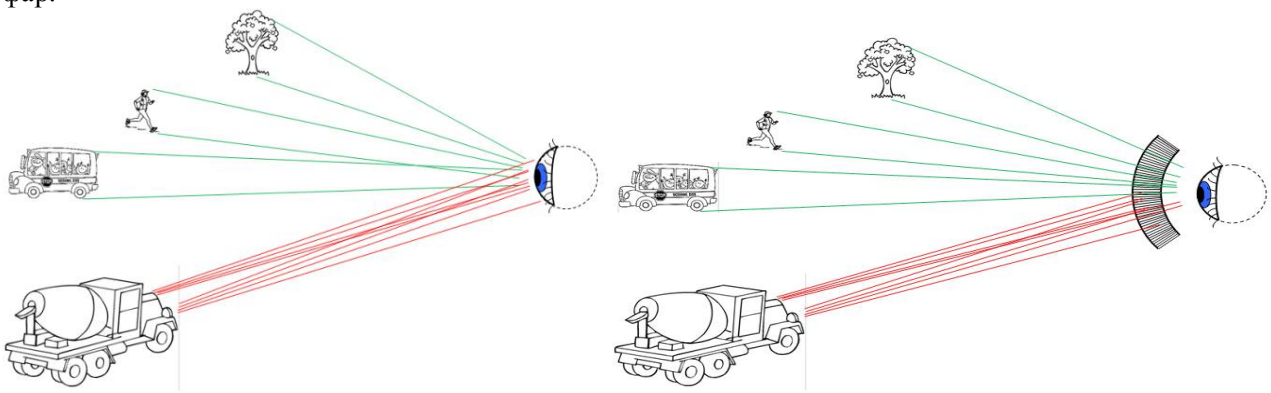



Рисунок 1 – Конструкція окулярів

При відсутності захисних екранів промені від зустрічних фар падають на всю зіницю (рисунок 2, а). Їх інтенсивність є набагато більшою від променів інших об’єктів, що знаходяться на

дорозі, тому розпізнати їх набагато важче. Крім того, така велика інтенсивність світла від зустрічних фар змушує звужуватись зіницю. Після того, як транспортні засоби розминаються і зустрічне світло фар не попадає у очі водія, його зіниці ще деякий час залишаються звуженими, в очі попадає менше світла, їх чутливість знижена і вони погано розрізняють об'єкти, що знаходяться на дорозі.

Світло від фар розповсюджується у формі конуса. Шестигранні соти також є конусоподібними. Ці конуси направлені один на одного ширшими сторонами. До зіниць очей буде проникати від фар тільки цей промінь, який в даний момент є паралельними до оптичної осі відповідного конуса захисного екрана, а решта променів будуть поглинатися стінками-перегородками інших конусів екрану зіницю (рисунок 2, а). Таким чином зменшується засліплення від зустрічних фар. Оскільки, всі інші об'єкти є більшими від фар, то від них будуть розповсюджуватись промені у напрямках паралельних до оптичних осей багатьох конусів і до зіниць буде проникати більше променів ніж від фар.



а) б)

Рисунок 2 – Розповсюджування променів від фар:
а – при відсутності захисних екранів; б – при наявності захисних екранів

При певних розмірах сот та товщині стінок між ними, захисні сотові екрани можуть пропускати до 50 % світла. Тоді до зіниць доходить достатньо світла для того, щоб не знімаючи окуляри було досить добре видно дорогу, а промені фар зустрічних автомобілів поглиналися стінками сот, що утворюють захисні екрани.

Висновки:

- Запропоновані окуляри не мають світлофільтрів, які поглинають 80-95% світлової енергії, зменшуючи чутливість ока. До очей водія доходить достатньо світла для того, щоб у темну пору доби, не знімаючи окуляри було досить добре видно дорогу.
- При використанні окулярів світло від зустрічних фар поглинається у більшій мірі, ніж світло від об'єктів на дорозі, тому фари зустрічних автомобілів менше засліплюють водіїв і об'єкти на дорозі можна краще розпізнавати.
- Для індивідуального використання окулярів достатньо одноразового налаштування міжцентрової відстані очей.


1. *Патент України UA 71923 U.*
2. *Патент України UA 61308 A.*
3. *Патент України UA 23724.*
4. *Патент України UA 87859 U.*
5. *Патент України UA 28790 A.*
6. *https://ru.wikipedia.org/wiki/Глаз_человека.*

УДК 681.3

**Герасимов С.В., д.т.н. с.н.с., Шапран Ю.Є., аспірант**

# ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРІВ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

**Ключові слова:** радіотехнічні системи, достовірність, контроль, параметри, морський транспорт

Основним елементом морського транспорту, який відповідає за безпеку мореплавання, збереження життя екіпажа та довкілля, є радіотехнічні засоби (РТЗ), до яких відносять: суднові засоби зв'язку, електро-радіонавігаційні прилади, радіотехнічні прилади пошукової техніки і морехідних інструментів [1]. Наприклад, РТЗ морського транспорту вирішує завдання радіонавігації: визначення координат транспорту та його місце розташування відносно інших точок прив'язки, напрям руху у заданий район. Ці завдання вирішуються за допомогою радіокомпасів, радіомаяків, радіонавігаційної системи. Тому безаварійна експлуатація морського транспорту цілком залежить від справної (правильно) роботи РТЗ, тобто їх справності).

Контроль технічного стану РТЗ морського транспорту є невід'ємною частиною процесу їх експлуатації [2]. Основне завдання контролю РТЗ полягає в отриманні інформації про їх технічний стан для вироблення необхідних дій на контрольований засіб або умови її експлуатації з метою забезпечення максимального ефекту від застосування цього засобу за призначенням [3, 4].

Процедура контролю технічного стану РТЗ полягає в перевірці відповідності їх якості певним вимогам. Ці вимоги задаються зазвичай у вигляді обмежень на показники властивостей РТЗ, які в сукупності визначають їх якість. Показники якості РТЗ, доступні для спостереження, використовуються як ознаки для визначення їх технічного стану.

При організації контролю технічного стану РТЗ існує задача вибору оптимального складу параметрів для визначення тактико-технічних характеристик систем. На практиці внаслідок ряду обмежень (на час контролю, вартість його проведення тощо) кількість параметрів контролю доводиться обмежувати. Недостатня повнота контролю призводить до помилок, що не дозволяє об'єктивно оцінити технічний стан РТЗ. У зв'язку з цим необхідно досліджувати залежність показників ефективності контролю РТЗ морського транспорту від їх парамеєтрів контролю.

До основних показників ефективності проведення контролю параметрів РТЗ відносять [4, 5]:

– імовірність помилок контролю першого $\alpha$ і другого $\beta$ роду;

– безумовні ймовірності того, що працездатний зразок РТЗ визнається непрацездатним (хибна відмова), а зразок, що відмовив, – працездатним (невиявлена відмова), позначимо їх $P_{хв}$, $P_{нв}$ відповідно;

– імовірність ухвалення правильного рішення при контролі (достовірність проведення контролю), визначувана за формулою:

$$Д = Д_м + Д_і = 1 - P_{хв} - P_{нв} = 1 - \alpha P_{ртс} - \beta\left(1 - P_{ртс}\right), \quad (1)$$

де $P_{ртс}$ – імовірність безвідмовної роботи РТЗ; $Д_м, Д_і$ – методична та інструментальна достовірності контролю відповідно.

Рішення про працездатність зразка РТЗ приймається за результатами контролю його параметрів контролю, тому значення $P_{ртс}$ розрахуємо так:

$$P_{ртс} = P^{n}_{ртс} P^{N-n}_{ртс},$$

де $P^{n}_{ртс}$, $P^{N-n}_{ртс}$ – відповідно імовірності безвідмовної роботи РТЗ за контрольованими $n$ і неконтрольованими $N-n$ параметрам; N – кількість параметрів РТС, за значеннями яких можливо встановити технічний стан.

Для неконтрольованої частини параметрів $N-n$ значення імовірності $P^{N-n}_{ртс}$ визначається за даними дослідної експлуатації аналогічних зразків РТЗ або після проведення контролю параметрів за елементами при випуску із виробництва.

У роботах [3 – 5] розглядаються складні технічні об’єкти, відмови елементів за усіма параметрами яких рівноімовірні та апріорна імовірність придатності за кожним з параметрів контролю $\xi_i$, $i = \overline{1, n}$, постійна. Проте, це припущення не відповідає особливостям експлуатації та контролю РТЗ [1]. Тому розрахуємо значення достовірності вимірювального контролю параметрів

для РТЗ, відмови яких не рівноімовірні. Крім того, у відомих методиках оптимізації параметрів контролю розрізняють поняття методичної та інструментальної достовірностей.

У доповіді пропонується поняття методичної та інструментальної достовірностей об'єднати. Необхідно відмітити, що при визначенні достовірності вимірювального контролю РТЗ обмеженої кількості параметрів контролю необхідно враховувати вплив контрольованих і неконтрольованих параметрів на загальний результат визначення технічного стану системи. Це обумовлено тим, що із загальної сукупності незалежних параметрів РТЗ для контролю можуть бути вибрані ті, вплив яких на показник ефективності його застосування не істотно. У той же час до числа виключених параметрів можуть входити такі, вплив яких на показник ефективності контролю істотний і їх вихід за допуск може привести до невиконання РТЗ поставленого завдання. Тому у співвідношенні для визначення достовірності вимірювального контролю параметрів РТЗ доцільно ввести коефіцієнти значущості ("ваги") кожного параметра.

Оскільки відмови РТЗ за параметрами контролю не рівноімовірні, то значення ймовірності $P_{\text{ртс}}$ і $P^{n}_{\text{ртс}}$ визначаються наступними виразами відповідно:

$$P_{\text{ртс}} = \prod_{i=1}^{N} P_i, \quad P^{n}_{\text{ртс}} = \prod_{i=1}^{n} P_i = \prod_{i=1}^{n} \left\{ \xi_i P_{x_i} (1-\alpha_i)^2 + \beta_i \left[ P_{x_i} (1-\xi_i) + \xi_i (1-P_{x_i}) \right] \right\}.$$

Тоді

$$P_{\text{ртс}} = \prod_{i=1}^{n} P_i \cdot \prod_{i=n+1}^{N} P_i, \tag{2}$$

де $\prod_{i=1}^{n} P_i$, $\prod_{i=n+1}^{N} P_i$ – імовірність працездатного стану контрольованої та неконтрольованої частин РТЗ відповідно.

Імовірність справного стану неконтрольованої частини РТЗ визначимо так:

$$\prod_{i=n+1}^{N} P_i = \prod_{i=n+1}^{N} \left\{ \xi_i P_{x_i} (1-\alpha_i)^2 + \beta_i \left[ P_{x_i} (1-\xi_i) + \xi_i (1-P_{x_i}) \right] \right\}. \tag{3}$$

Для визначення ймовірності справного стану неконтрольованої частини РТЗ згідно (3), необхідно знати значення ймовірностей $\alpha_i, \beta_i$, $i = \overline{n+1, N}$. Для обчислення цих значень пропонується скористатися наступними формулами:

$$\alpha_i = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{1+2\varepsilon_i^2}} \exp\left\{ -\frac{\theta_i^2 \varepsilon_i}{1+2\varepsilon_i} \right\} \left[ \Phi\left( \frac{\theta_i (1+4\varepsilon_i^2)}{\sqrt{1+2\varepsilon_i^2}} \right) + \Phi\left( \frac{\theta_i}{\sqrt{1+2\varepsilon_i^2}} \right) \right]; \tag{4}$$

$$\beta_i = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{1+2\varepsilon_i^2}} \exp\left\{ -\frac{\theta_i^2 \varepsilon_i}{1+2\varepsilon_i} \right\} \left[ \Phi\left( \frac{\theta_i (1+4\varepsilon_i^2)}{\sqrt{1+2\varepsilon_i^2}} \right) - \Phi\left( \frac{\theta_i}{\sqrt{1+2\varepsilon_i^2}} \right) \right]; \tag{5}$$

де $\theta_i = \Delta x_i / \sigma_{x_i}$; $\varepsilon_i = \sigma_{x_i} / \sigma_{\text{звт}_i}$; $\sigma_{\text{звт}_i}$ – середнє квадратичне відхилення похибки засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), що використовуються при оцінці параметра контролю $x_i$; $\Delta x_i$ – значение симметричного допуска на параметр контролю $x_i$; Ц(...) – табульована функція Лапласа.

Після контролю $n$ параметрів вирази для визначення ймовірності помилок контролю першого та другого роду запишемо так:

$$\alpha = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1-\alpha_i); \tag{6}$$

$$\beta = \prod_{i=1}^{n} (1-\alpha_i) - \Pi \left[ \prod_{i=1}^{n} (1-\alpha_i) - \frac{\prod_{i=1}^{n} \left[ P_i (1-\alpha_i) + (1-P_i)\beta_i \right] - \prod_{i=1}^{n} P_i (1-\alpha_i)}{1 - \prod_{i=1}^{n} P_i} \right], \tag{7}$$

де $\Pi$ – повнота контролю.

Тоді вираз (1) набуває вигляду:

$$Д = 1 - \alpha \prod_{i=1}^{n} P_i \cdot \prod_{i=n+1}^{N} P_i - \beta \left( 1 - \prod_{i=1}^{n} P_i \cdot \prod_{i=n+1}^{N} P_i \right). \quad (8)$$

Для визначення повноти контролю РТЗ, при його контролі за незалежними параметрами, скористаємося співвідношенням [4]:

$$П = \frac{1 - \prod_{i=1}^{n} P_i}{1 - \prod_{i=1}^{N} P_i}. \quad (9)$$

Пропонується у виразі (9) враховувати значення "ваги" кожного із параметрів контролю:

$$П = \frac{1 - \prod_{i=1}^{n} b_i P_i}{1 - \prod_{i=1}^{N} b_i P_i}. \quad (10)$$

Для перевірки отриманого виразу на адекватність розглянемо його граничне значення при $n = N$ і однакових коефіцієнтах значимості $b_i = b$. Тоді з виразу (10) отримаємо

$$П = \frac{1 - \prod_{i=1}^{n} b_i P_i}{1 - \prod_{i=1}^{N} b_i P_i} = \frac{1 - b^n \prod_{i=1}^{n} P_i}{1 - b^n \prod_{i=1}^{n} P_i} = 1,$$

тобто повнота контролю максимальна, що підтверджує адекватність отриманого співвідношення (10).

З урахуванням формул (6) і (7) співвідношення (8) запишемо так:

$$Д = 1 - \left[ 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - \alpha_i) \right] \cdot \prod_{i=1}^{n} P_i \cdot \prod_{i=n+1}^{N} P_i - \left( 1 - \prod_{i=1}^{n} P_i \cdot \prod_{i=n+1}^{N} P_i \right) \times$$
$$\times \left[ \prod_{i=1}^{n} (1 - \alpha_i) - П \cdot \left( \prod_{i=1}^{n} (1 - \alpha_i) - \frac{\prod_{i=1}^{n} \left[ (1 - \alpha_i) P_i + \beta_i (1 - P_i) \right] - \prod_{i=1}^{n} P_i (1 - \alpha_i)}{1 - \prod_{i=1}^{n} P_i} \right) \right]. \quad (11)$$

Отриманий вираз (11) більш точно оцінює достовірність вимірювального контролю параметрів РТС, оскільки враховує вагові коефіцієнти контрольованих і неконтрольованих параметрів і розглядає РТС як об'єкт, відмови якого нерівноімовірні. Отже, співвідношення (11) пропонується використовувати при постановці та рішенні задач оптимізації параметрів контролю при оцінці технічного стану РТС морського транспорту.


*1. Тимощук О.М., Шапран Ю.Є. Пропозиції щодо удосконалення методів оцінки ефективності системи контролю технічного стану радіотехнічних засобів морського транспорту // Водний транспорт. – 2011. – Вип. 11. – С. 5 – 12.*

*2. Богомя В.І., Шапран Ю.Є., Кас'яненко М.В., Якобінчук О.В. Узагальнений показник ефективності контролю технічного стану радіотехнічних засобів і методика його оцінювання // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2017. – № 3 (30). – С. 5 – 8.*

*3. Чинков В.Н., Герасимов С.В. Комплексная методика оптимизации контролируемых параметров сложных технических объектов // Украинский метрологический журнал. – 2003. – № 1. – С. 11 – 15.*

*4. Герасимов С.В. Розробка оптимальної методики контролю параметрів динамічної системи за критеріями інформативності та чутливості // Системи обробки інформації. – 2014. – Вип. 5 (121). – С. 24 – 27.*

*5. Герасимов С.В. Постановка проблеми розробки оптимальної методики контролю параметрів технічних систем при експлуатації за станом // Системи обробки інформації. – 2013. – Вип. 9 (116). – С. 7 – 11.*

УДК 006.015.5; 621.317

**Бубела Т.З., д.т.н., доц., Федишин Т. І., студентка**

# РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТУ ПРОГРАМИ ВЕРИФІКАЦІЇ ПІДСИСТЕМИ ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ КІБЕР-ФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ АГРОВИРОБНИЦТВА

**Ключові слова:** верифікація, кібер-фізична система, органічне виробництво, алгоритм збирання інформації

Метою роботи є розроблення проекту програми верифікації конкретної системи контролю, що вводиться в експлуатацію на певному виробничому об’єкті. Формування методики верифікації кібер-фізичної системи (КФС) здійснюється для визначення і підтвердження відповідності її нормованих характеристик точності, а також встановлення придатності системи для застосування за призначенням. Потенційними можливостями пропонованої структури є функції контролю, діагностики, розпізнавання образів, автоматичного керування технологічними процесами агровиробництва. Основним завданням пропонованої КФС є забезпечити оптимальний перебіг технологічного процесу [1, 2].

Для підсистеми збору та передачі інформації КФС характерним є вибір множини характеристичних параметрів об’єктів з відповідних вимірювальних масивів та баз даних. Для реалізації запропонованої технології було створено програмне забезпечення, яке адаптоване для задачі органічного виробництва зернових культур з позицій створення кібер-фізичної системи. На першому етапі технології вирощування, а саме, визначення місця зернових у сівозміні користувач має вказати попередника для культури, яка планується для висівання. Наступним кроком є отримання вимірювальної інформації про вологість та температуру ґрунту. Опрацювавши введені дані, програма видасть результат про те, чи можна засівати дану культуру.

Наступні етапи передбачають прийняття рішень про кількість внесення добрив, готовність зернової культури до висівання, розрахунок масової норми висіву зернових культур. На заключному етапі КФС дасть вказівку про те, як правильно зібрати зернову культуру в залежності від ступеня її готовності, опрацювавши дані про вміст вологи у зерні та висоту стеблостою.

Новизна дослідження полягає у тому, що різні автори демонструють різні підходи до побудови КФС, проте, як випливає з огляду цих робіт, кожна система розробляється з урахуванням критеріїв конкретної прикладної задачі. Тому головним завданням є створення на базі універсальної інтелектуальної системи [3] апарату для вироблення управлінських рішень в конкретній галузі, зокрема під час контролю агровиробництва зернових культур.

З метою вирішення цього завдання було створено підсистему [4] (рисунок 1), яка даватиме можливість оперативно проводити тести у відкритому ґрунті та миттєво реагувати на зміну його важливих параметрів.

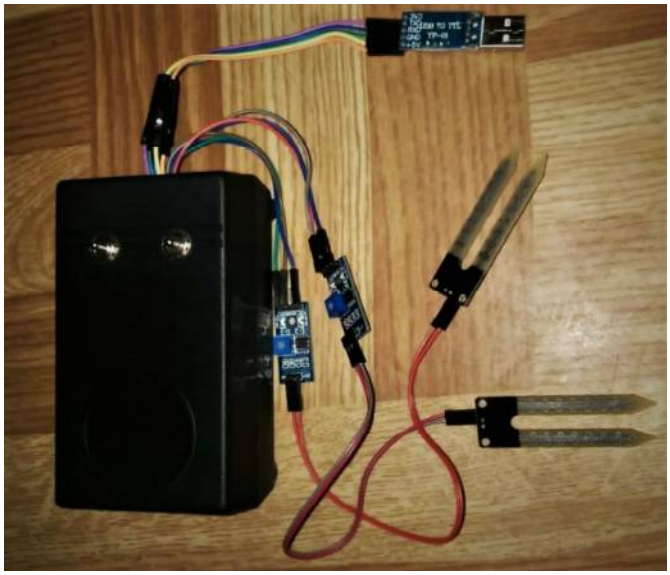


Рисунок1 – Підсистема передавання даних про вологість та температуру ґрунту

Підсистема дозволяє досліджувати суглинкові, піщані ґрунти та чорноземи. Вбудована панель забезпечує зберігання результатів вимірювань. На сьогоднішній день переносна підсистема призначена для швидкого вимірювання вологості ґрунту в будь-якій точці поля (площею в кілька десятків квадратних метрів) та після опрацювання отриманих даних формування керуючих дій на етапах вирощування зернових. Підсистема дистанційно (за допомогою Wi-Fi модуля ESP8266) відстежує вологість та температуру ґрунту в режимі реального часу. Дані передаються через базову станцію в програму, яка може бути доступною як для фермерів, так і для інших зацікавлених осіб з будь-якого персонального комп'ютера, чи смартфона, підімкненого до інтернету.

Основними завданнями верифікації підсистеми є:

– визначення номенклатури і значень метрологічних характеристик вимірювальних каналів підсистеми;

– визначення номенклатури і значень нормованих характеристик точності випробувального обладнання;

– встановлення відповідності метрологічних характеристик і нормованих метрологічних характеристик до вимог технічного завдання на розроблення, або стандартів;

– встановлення періодичності метрологічного підтверджування підсистеми збору інформації;

– перевірка правильності вибору методів та засобів калібрування та верифікації;

– перевірка методик калібрування та верифікації;

– встановлення придатності системи для застосування.

Проект програми верифікації містить наступні розділи:

1. Загальні положення.
2. Загальні вимоги до вимірювальних каналів.
3. Еталонні та допоміжні засоби вимірювальної техніки.
4. Експериментальні дослідження вимірювальних каналів.
5. Методика проведення верифікації.
7. Аналіз результатів верифікації.
8. Висновки.

Важливе місце у програмі верифікації займає планування та проведення експериментальних досліджень підсистеми. Тому на цьому етапі необхідним є:

1. Встановлення обсягу репрезентативної вибірки вимірювальних каналів.
2. Визначення кількості досліджуваних точок з діапазону вимірювань та спосіб апроксимації результатів вимірювань.
3. Визначення кількості спостережень в досліджуваних точках з діапазону вимірювань.
4. Встановлення вимог до режимів вимірювань і їх послідовності в часі.
5. Аналіз вибраних еталонних засобів і допоміжних пристроїв.
6. Встановлення початкових даних і умов для визначення похибок вимірювальних каналів.
7. Аналітичне зображення похибки вимірювальних каналів в нормальних і робочих умовах.
8. Визначення похибки вимірювальних каналів в нормальних і робочих умовах.
9. Отримання і опрацювання результатів спостережень.
10. Перевірка методики калібрування вимірювальних каналів.
11. Встановлення періодичності метрологічного підтверджування вимірювальних каналів.
12. Зауваження і пропозиції за результатами експериментальних досліджень.

Впровадження і використання запропонованої програми верифікації підсистеми збору інформації для КФС моніторингу агровиробництва дозволить мінімізувати ризик отримання недостовірної інформації.

*1. Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність", №1314-VII від 05.06.2014р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Парлам. вид-во, 2014 – (Бібліотека офіційних видань). – 28 с. – (Закон України). 2. Системи управління вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання: ДСТУ ISO 10012:2005 (ISO 10012:2003 IDT). – [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 19 с. - (Національний стандарт України). 3. 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. 4. Бубела Т.З. Програмне забезпечення етапу збору інформації для кібер-фізичної системи контролю органічного виробництва / Т.З. Бубела, Т.І. Федишин // Technical Using of Measurement – 2017: матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених у царині метрології, 24-29 січня 2017 р., - Славське, 2017. - С. 26-28.*

УДК 621.317.799

**Івах Р. М., к.т.н., доц., Домінюк Т. І., к.т.н., Підгайний П. О., студент**

# ПЕРСПЕКТИВНІ РОЗРОБКИ ДЛЯ МЕДИЧНОЇ ГАЛУЗІ

**Ключові слова:** екстрагування крові, вимірювання маси, плазмоекстрактор, сепаратор крові, облік крові, медичні пристрої.

Майже всі життєво необхідні процеси в тілі людини неможливі без головного інгредієнта – крові. Через неї в організм людини надходять усі важливі і корисні речовини, що утворюються за допомогою обмінних процесів. Основними складовими компонентами крові є плазма і клітинні елементи: червоні кров'яні тільця (еритроцити), білі кров'яні тільця (лейкоцити) і кров'яні пластинки (тромбоцити). Ці компоненти і кров загалом широко застосовуються для різних цілей**.** Для того, щоб можна було використовувати кров та її компоненти, їх потрібно правильно зберігати, інакше вони втратить свої властивості і будуть непридатними для подальшого використання, наприклад, для переливання [1].

Варто зазначити, що термін зберігання цільної крові при звичайній кімнатній температурі становить 24 години. Тромбоцити в цих умовах можна зберігати до п'яти діб, однак їх необхідно безперервно перемішувати. У свою чергу еритроцити слід зберігати при температурі +2 ... +8$^{o}$C протягом 42 днів. Плазма зберігає всі свої властивості протягом двох років, якщо зберігається при температурі –30 $^{o}$C [2].

Для того, щоб відокремити одну від одної складові частини крові, використовується відцентрова сила, під впливом якої частки з різною вагою осідають шарами один на одного: на дно полімерного контейнера осідають еритроцити; поверх них – тромбоцити і лейкоцити, а на самому верху – плазма.

Для процесу поділу плазми і еритроцитної маси після центрифугування крові в системах полімерних контейнерів використовують плазмоекстрактори. ТзОВ НВП «Техноваги» (м. Львів) розпочало виробництво сучасних механічних (рис. 1,а) та автоматичних (рис. 1,б) плазмоекстракторів. Дані пристрої складаються з пружинного механізму стискання контейнера, який змонтований у корпусі, на вертикальній стінці якого розміщено штирі для фіксації.

а) б)

Рисунок 1 – Плазмоекстрактори ТзОВ НВП «Техноваги» (м. Львів)

Відмінною особливістю автоматичного плазмоекстрактора від аналогічних закордонних взірців є те, що штирі-фіксатори є вантажоприймальним пристроєм вагової системи для зважування контейнера з компонентами крові та встановлені з можливістю регулювання міжцентрової відстані.

Використання в автоматичному плазмоекстракторі вбудованої системи зважування дозволяє спростити процес обліку плазми та еритроцитної маси, надійно закріпити контейнер із цільною

кров'ю у плазмоекстракторі, що в свою чергу підвищує та розширює функціональні можливості пристрою.

Дані пристрої можуть застосовуватися на станціях і у відділеннях переливання крові, гематологічних центрах, а також в науково-дослідних та інших медичних установах.

*1. http://jazdorov.com.ua/krov/donorstvo/pravyla-zberigannya-krovi-v-laboratoriyi.html*
*2. Заготівля свіжозамороженої донорської плазми: методичні рекомендації. – Київ, 2007.*

УДК 621.317

**Івах Р. М., к.т.н., доц., Питель І. Д., к.т.н., доц, Івах С. Р., студент**

## КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ВАГ

**Ключові слова:** прилад, маса, віртуальний прилад, вимірювання, тензосенсор

Широке застосування приладів і пристроїв для вимірювання й дозування маси у всіх галузях промисловості, торгівлі, під час проведення різноманітних науково-дослідних робіт не потребує доведення.

Комплексна автоматизація технологічних процесів у промисловості, автоматизація вантажно-розвантажувальних робіт і торгових операцій багато в чому залежать від створення досконалих конструкцій приладів та пристроїв для зважування, обліку та дозування різних матеріалів, сировини, напівфабрикатів та готової продукції. Автоматизація процесів зважування та дозування у гірничій, металургійній, хімічній промисловості, у будівництві та сільському господарстві дозволяє значно підвищити сортність та покращити якість продукції, знизити собівартість поряд зі значним зниженням відсотка браку.

Аналіз сучасного стану та тенденцій подальшого розвитку вимірювальної техніки, а саме засобів для вагодозуючого обладнання, свідчить про те, що поряд з розробкою та удосконаленням традиційних вимірювальних приладів все більшого значення набуває досить новий напрямок – розроблення так званих віртуальних вимірювальних та вагодозуючих приладів [1]. Цьому сприяє:

- по-перше, значний прогрес в розвитку засобів електронно-обчислювальної техніки, внаслідок якого персональні комп'ютери практично стали необхідним інструментом інженерів, лікарів, науковців, викладачів;
- по-друге, парк засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) та засобів для вагодозуючого обладнання поповнюється та відновляється не такими темпами, як того потребують сучасні вимоги;
- по-третє, повільне налагодження інтеграційних зв'язків значно ускладнює процес розроблення, а головне – виробництво сучасних ЗВТ, в тому числі – вагодозуючого обладнання.

Все це потребує пошуку альтернативних способів вдосконалення парку ЗВТ, наприклад шляхом розроблення та створення віртуальних вимірювальних приладів (ВВП).

Середовище графічного програмування LabView з його системою простих та наглядних віртуальних інструментів, може бути ефективно використане для розроблення віртуальних приладів. Для експериментального моделювання віртуальної ваги з використанням середовища LabView використовувалися такі технічні засоби:

- тензометричний сенсор фірми TEDEA-HUNTLEIGH модель 1022 (рисунок 1,а);
- пристрій збору даних NI USB-6009 (рисунок 1,б);
- ноутбук

а) б)

Рисунок 1 – Технічні засоби для створення віртуальної ваги

Під час аналізу шляхів побудови віртуальної ваги основну увагу зосереджено на зменшенні похибки зважування маси, швидкодії перетворення та забезпечення завадостійкості вимірювання. Зазвичай розроблення засобу вимірювання (ЗВ) розпочинається з вибору його архітектури, далі з'ясовуються вимоги до робочих характеристик кожного компонента ЗВ. В середовищі графічного програмування LabView за допомогою віртуальних інструментів створюється графічна програма, яка реалізує певний алгоритм роботи віртуального пристрою, який забезпечує необхідні метрологічні характеристики пристрою.

Розроблений пристрій віртуальної ваги показано на рисунку 2.

Рисунок 2 – Загальний вигляд віртуальної ваги

Автори намагалися створити систему початкових теоретичних положень, яка б була основою дослідницького пошуку при створені віртуальних ваг. Саме це і буде концепцією, яка істотно відрізняється від теорії не тільки своєю незавершеністю, але й недостатньою верифікованістю.

1. *Герасимов С.В.. Принципи розробки та використання віртуальних засобів вимірювання / С.В. Герасимов, А.О. Подорожняк, Ю.Б. Прібилєв, М.Ю. Яковлев // Військово-технічний збірник . – 2011. Вип. 1(4). – С. 170-173.*

2. *Тревис Джеффри. LabVIEW для всех: Пер. с англ. Н. А. Клушин. – М.: ДМК Пресс; ПриборКомплект, 2005. – 544 с.: ил.*

3. *LabVIEW. User Manual. – July 2000 Edition. – Part Number 320999C-01.*

УДК 621.317.382.023

**Туз Ю.М, д.т.н. проф., Вдовиченко А. В., аспірант**

# ПРОБЛЕМИ ВИМІРЮВАННЯ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ РЕАКТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ

**Ключові слова:** вимірювання потужності, втрати, фазовий шум, активна потужність, корекція похибок власного споживання

Основною метою роботи є розробка метрологічного інструмента для вимірювання активної потужності в діапазоні частот від 0,01 до 10 МГц. При побудові такого інструменту проблемною є жорстка вимога до фазових характеристик каналів при вимірюванні активної потужності на фоні великої реактивної, тобто при малому коефіцієнтові потужності.

В створюваних на сьогодні перетворювачах електричної енергії основні втрати, що визначають коефіцієнт корисної дії, змістилися від напівпровідникових ключів в бік реактивних елементів. Для оптимального проектування таких реактивних елементів необхідно мати можливість аналізувати складові втрат [1]. Такий прилад дозволить вимірювати потужність втрат (активну потужність) в різноманітних реактивних елементах, наприклад, дроселях, які використовуються в імпульсних перетворювачах енергії [2].

В представлених на сьогодні аналізаторах потужності та ватметрах встановлено наявність значних похибок в діапазоні частот вище 1 МГц, що ускладнює їх придатність для зазначених вище цілей [3].

За визначенням активна електрична потужність $P_a$ на деякому навантаженні є осередненим визначеним інтегралом добутку миттєвих значень напруги *U(t)* і струму *I(t)*. Напруга в дроселях перетворювачів насичена вищими гармоніками, а сумарна активна потужність є сумою активних потужностей від кожної гармонічної складової і визначається в тому числі і зсувами фаз між напругою та струмом. Тому навіть при малих значеннях вищих гармонік активна потужність від них може бути суттєвою.

Кількість гармонік, які слід враховувати, повинна бути такою, щоб активна потужність неврахованих гармонік була меншою від заявленої похибки з деяким обумовленим запасом.

Наприклад, якщо напруга має форму меандру, а струм – симетричну пилкоподібну форму, то їх гармонічний склад буде таким [4]:

$$U(t) = \frac{4U}{\pi}\sum_{k=1}^{\infty}\frac{\sin((2k-1)\omega t+\varphi_k)}{(2k-1)}, \tag{1}$$

та

$$I(t) = \frac{8I}{\pi^2}\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{\frac{k-1}{2}}\frac{\sin((2k-1)\omega t+\varphi_k)}{(2k-1)^2}. \tag{2}$$

Відповідна активна потужність в навантаженні в загальному вигляді буде наступною:

$$P_a = kUI\sum_{k=1}^{n}\frac{\cos\varphi_k}{(2k+1)^3} \tag{3}$$

Аналіз формул (1) - (3) показує, що гармонічні складові потужності затухають швидше, ніж гармонічні складові напруги і струму і має місце значення косинусу зсуву фаз $\cos\varphi_k$ між одночастотними гармоніками. Гіпотетичним є випадок, коли кут зсуву фаз першої гармоніки ближчий до $\pm 90°$, ніж вищих гармонік. Тоді вищі гармоніки матимуть більшу питому вагу ніж перша. Це залежить від характеру ланки, потужність в якій вимірюється.

Якщо ця ланка є аперіодичною першого порядку, наприклад, послідовне включення індуктивності і активного опору, або паралельне включення ємності і активного опору, то з ростом номеру гармоніки кут зсуву фаз кожної наступної гармоніки буде ближчим до $90°$ і, відповідно, косинус зсуву фаз ближчим до нуля і питома вага потужності вищих гармонік складових буде меншою.

Якщо навантаження буде ланкою другого і вищих порядків або резонансною ланкою, то питома вага вищих гармонічних складових через фазові зсуви може перевищувати питому вагу першої гармонічної складової потужності, тоді частотний діапазон ватметра повинен значно перевищувати частоту першої гармоніки.

Для крайнього випадку, коли на всіх частотах відсутні фазові зсуви $(\varphi_k = 0)$,

$$P_a = kUI\sum_{k=1}^{n}\frac{1}{(2k+1)^3} = kUI\left(\overset{1}{1}+\overset{3}{\frac{1}{9}}+\overset{5}{\frac{1}{125}}+\overset{7}{\frac{1}{323}}+\overset{9}{\frac{1}{729}}+\overset{11}{\frac{1}{1331}}+\ldots\right) \qquad (4)$$

Таким чином з формули (4) очевидно, що для похибки меншої за 0,1 % необхідно враховувати одинадцяту гармоніку, відповідною має бути і частотна смуга пропускання ватметра.

Проаналізуємо похибку, яку привносить фазовий зсув каналів вимірювання ватметра на високих частотах. Потужність при синусних напрузі і струмі $P = UI\cos\varphi$. Відносна похибка добутку згідно [5] дорівнює:

$$\xi_P = \xi_U + \xi_I + \xi_{\cos\varphi} + \xi_U\xi_I + \xi_U\xi_{\cos\varphi} + \xi_I\xi_{\cos\varphi} + \xi_U\xi_I\xi_{\cos\varphi}\,. \qquad (5)$$

Нехтуючи в (5) похибками другого і третього порядків, отримаємо

$$\xi_P \cong \xi_U + \xi_I + \xi_{\cos\varphi}\,, \qquad (6)$$

де $\xi_U$ – похибка вимірювання напруги, $\xi_I$ – похибка вимірювання струму, $\xi_{\cos\varphi}$ – складова фазової похибки каналів.

Якщо $\varphi = \varphi_H + \Delta\varphi$, де - $\varphi_H$ – кут зсуву фаз між напругою і струмом навантаження $Z_H$, а $\Delta\varphi$ – кут зсуву фаз між вимірювальними каналами напруги і струму ватметра, то відносна похибка $\cos\varphi$, що зумовлена фазовою похибкою каналів ватметра буде:

$$\xi_{\cos\varphi} = \frac{\cos(\varphi_H + \Delta\varphi) - \cos\varphi_H}{\cos\varphi_H}\,,$$

або

$$\xi_{\cos\varphi} = \cos\Delta\varphi - tg\varphi_H \sin\Delta\varphi - 1\,.$$

Виразивши $tg\varphi_H$ через $\cos\varphi_H$, отримаємо

$$\xi_{\cos\varphi} = \cos\Delta\varphi - 1 - \sin\Delta\varphi\sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi_H} - 1}\,,$$

або

$$\xi_{\cos\varphi} = -2\sin^2\frac{\Delta\varphi}{2} - \sin\Delta\varphi\sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi_H} - 1}\,,$$

тоді

$$\xi_{\cos\varphi} = -2\sin^2\frac{\Delta\varphi}{2} - \frac{\sin\Delta\varphi}{\cos\varphi_H}\sqrt{1-\cos^2\varphi_H}\,. \qquad (7)$$

Формула (7) є точною. Якщо $\cos^2\varphi << 1$, $\cos^2\varphi_H << 1$, $\Delta\varphi << 90^\circ$, можна отримати приблизні формули:

$$\xi_{\cos\varphi} \cong -2\sin^2\frac{\Delta\varphi}{2} - \frac{\sin\Delta\varphi}{\cos\varphi_H}\left(1 - \frac{\cos^2\varphi_H}{2}\right),$$

або

$$\boxed{\xi_{\cos\varphi} \cong \frac{\Delta\varphi}{\cos\varphi_H}}, \qquad (8)$$

Наприклад, якщо $\cos\varphi_H = 0{,}1$, $\Delta\varphi = 1^\circ$, то $\xi_{\cos\varphi} \cong \frac{\pi\cdot 1^\circ}{180^\circ\cdot 0{,}1} = \frac{\pi}{18} = 0{,}1745 = 17{,}4\%$.

З формули (8) можна визначити вимоги до фазової похибки каналів ватметра при заданій відносній похибці вимірювання потужності від фазової складової. Якщо $\cos\varphi_H = 0{,}1$, $\xi_{\cos\varphi} = 0{,}01$, то фазова похибка каналів має бути $\Delta\varphi^\circ = \frac{180}{\pi}\cdot 0{,}1\cdot 0{,}01 = 0{,}0573^\circ$.

Виходячи з формули (6) видно, що для досягнення похибки вимірювання потужності на навантаженні з $\cos\varphi_H = 0{,}1$ у значенні 3%, необхідно забезпечити точність вимірювання напруги і струму з похибкою не більше 1 % і фазовий зсув між каналами не більше 0,057º.

В ватметрах на основі цифрової обробки сигналів при високій частоті дискретизації забезпечується досить висока точність вимірювання напруги і струму та мала фазова похибка.

Наприклад, ZES ZIMMER в ватметрах серії LMG500 [3] задають різницю затримки каналів в часі, дозволяючи таким чином користувачеві ватметра самому визначити фазові похибки в залежності від частоти. Так в багатоканальному ватметрі LMG500 нормована затримка $\Delta t$ становить $3 \cdot 10^{-9}$ сек. Для такого значення $\Delta t$ в табл. 1 в залежності від частоти, наведені фазовий зсув $\Delta\varphi = \omega\Delta t$, та фазова складова похибки LMG500 при $\cos\varphi_H = 0{,}1$.

Таблиця 1

Фазова складова похибки LMG500

| $f$, кГц | $\Delta\varphi, рад$ | $\Delta\varphi, ^\circ$ | $\xi_{\cos\varphi_H}$ | $\xi_{\cos\varphi}, \%$ |
|---|---|---|---|---|
| 0,05 | $0{,}94 \cdot 10^{-6}$ | $54{,}5 \cdot 10^{-6}$ | $0{,}94 \cdot 10^{-5}$ | $0{,}9 \cdot 10^{-3}$ |
| 1 | $1{,}88 \cdot 10^{-5}$ | $1{,}077 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}88 \cdot 10^{-4}$ | $1{,}88 \cdot 10^{-2}$ |
| 10 | $1{,}88 \cdot 10^{-4}$ | $1{,}077 \cdot 10^{-2}$ | $1{,}88 \cdot 10^{-3}$ | 0,188 |
| 100 | $1{,}88 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}077 \cdot 10^{-1}$ | $1{,}88 \cdot 10^{-2}$ | 1,88 |
| 1000 | $1{,}88 \cdot 10^{-2}$ | 1,077 | $1{,}88 \cdot 10^{-1}$ | 18,8 |
| 10000 | $1{,}88 \cdot 10^{-1}$ | 10,77 | 1,88 | 188 |

Таким чином, фазова складова похибки ватметра LMG500 на частоті 100 кГц становить 1,88 %, а на частоті 1 МГц – 18,8 %, що призведе до надмірних похибок на високих гармонічних складових.

***Висновки.*** При високих частотах канали ватметру стають дуже чутливими до фазових похибок. Потрібно мінімізувати ланки, які викликають фазові зсуви. В зв'язку з цим важливим є правильна побудова вхідних ланок ватметру і таке перетворення, яке забезпечить операції з модулями сигналів без врахування фазових зсувів. Для вирішення цієї задачі доцільно використання широкосмугового ватметру прохідної потужності з корекцією похибки від власного споживання, описаного в [6],[7], для мінімізації втрат та оптимізації системи.

Ватметр такої конструкції дає точне значення виміряної потужності на навантаженні, не зважаючи на власне споживання вхідним пристроєм. Значення елементів вхідного пристрою може бути оптимізовано за критерієм максимальної широкосмуговості, оскільки похибка від власного споживання врахована. В схемі застосовується один низькоомний шунт, що зменшує вартість ватметру, також мінімізуються адитивні похибки каналу перетворення напруг.

Значення обчисленої похибки вимірювання потужності за моделлю для даного ватметра складає 0,1%. Основною похибкою ватметра є похибка низько-омного шунта. Для розширення частотного діапазону доцільно використовувати коаксіальні або тріаксіальні шунти, які мають найкращі технічні показники на сьогоднішній день. Вимірюючим пристроєм доцільно використовувати термоперетворювачі, що дозволяють точно визначати діючу складову у широкому частотному діапазоні.


1. *Вдовиченко А.В. Аналіз втрат в дроселях накопичувачах / А.В. Вдовиченко // Енергетика: економіка, технології, екологія.- Випуск №2, - с. 15 -21, - 2010.*
2. *Туз Ю. М. Система вимірювання і дослідження електричних параметрів в елементах енергозаощаджувальних перетворювачів енергії / Ю. М. Туз, А. В. Вдовиченко // Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал. - Харків: ВКФ "Фавор", - № 6 (26), - с. 18-21, - 2010.*
3. *ZES ZIMMER. Electronic Systems. / Multi Channel Precision Power Meter LMG500. http://www.zes.com/en/Products/Precision-Power-Analyzers/LMG500 .*
4. *Вдовиченко А.В., Туз Ю.М. Втрати в індуктивних элементах // VII Міжнародна науч.-техн. конф. «Гіротехнологія, навігація і управління рухом». Тези доповідей. – К.: НТУУ «КПІ», 24-25 квітня 2009. – С. 52.*
5. *Туз Ю.М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств. Учебное пособие. www.nppsaturn.ru/book/TuzUM.zip. - 2008. – 256 с.*
6. *Патент на корисну модель UA №94817, Ватметр змінного струму /Туз Ю.М., Архіпова А.О., Артюхова Ю.В., Вдовиченко А.В.; IPC (2014.01), G01R 21/00.*
7. *Tuz Y.M. Wideband wattmeter of transfer power without self consumption error / Y.M. Tuz, A.A. Oulianova, A.O. Arkhipova // Electrotechnic and computer systems, No. 06 (82), - pp. 150 – 153, - 2012.*

УДК 006.91

**Нерозна І. О., студентка, Добролюбова М. В., к.т.н. доц.**

# ПІДСИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ БДЖОЛИНОГО ВУЛИКА

**Ключові слова:** дистанційний контроль; мікроклімат; бджолиний вулик; підвищення продуктивності; температура; вологість; мікроконтролер; GSM модуль; протокол MQTT

Однією з найвідоміших сільськогосподарських галузей в Україні є бджільництво. Зараз бджолиний промисел має стрімко розвиваєтьс. Це зумовлено не тільки зростанням попиту на продукти бджільництва – їх не лише вживають в їжу, ними ще і лікуються, що набагато продуктивніше і натуральніше за дорогі фармацевтичні препарати. Існує ще і гостра потреба у якісному опиленні культурних рослин – природне опилення рослин бджолою, збільшує врожайність сільськогосподарських культур на 50 - 60 % та усуває необхідність застосування пестицидів і створення гібридних рослин здатних до самозапилення [1]. Задля цього необхідно постійно створювати комфортні умови утримання бджолиних сімей.В кожну пору року бджоляр докладає багато зусиль, створюючи нормальні умови для життєдіяльності бджолиної сім'ї, та проводить контроль цих показників цифровими термометрами і гігрометрами. На великих бджолиних фермах вимірювання проводиться вибірково. Таким чином, для прийняття ефективного рішення бджоляр керується виключно власною інтуїцією.

В свою чергу, розвиток і продуктивність комах безпосередньо залежить від умов проживання, що обумовлюються декількома параметрами. Найважливіши з них – температура та вологість повітря всередині вулика. Взимку температура всередині гнізда повинна становити не менше 25 - 28 °С. Затрати енергії бджоли на регулювання оптимального мікроклімату впливають на її зношення, майбутню малопродуктивність, швидкодію та якість розплоду. Важливим є і регулювання мікроклімату в спекотні дні літа – 90 % робочих бджіл займаються вентиляцією вулика та перетворюються у бджіл-водоносів, це зменшує працездатність бджоли і, як наслідок, продуктивність сім'ї по медозбору [2].

В сучасному сільському господарстві достатньо широко застосовуються автоматизовані системи і комплекси, що дозволяють значно знизити собівартість продукції та трудові затрати.Але в області бджолиного промислу вони використовуються вкрай рідко. Тому розробка системи дистанційного управління мікрокліматом всередині вулика є досить актуальною.

Дана система складається з апаратної та програмної частин і містить підсистему моніторингу параметрів мікроклімату та підсистему їх регулювання. Підсистема моніторингу параметрів мікроклімату дозволяє виміряти необхідні параметри, накопичити данні для прогнозування та сповістити бджоляра для прийняття правильного рішення щодо підвищення продуктивності бджолиної сім'ї по медозбору, швидкодії та якості розплоду. Підсистема регулювання параметрів мікроклімату надає можливість дистанційно встановити необхідні температуру та вологість.

В рамках тез розглядається підсистема моніторингу параметрів мікроклімату.

У сезон медозбору вулики розміщуються по периметру поля або саду на відстані 3 - 5 м один від одного [3, 4]. Тому доцільно збирати інформацію з кожного вулика на один головний, який в свою чергу одночасно передає загальний стан усіх на сервер через GPRS-сигнал. Структурна схема локальної мережі вуликів показана на рисунку 1.

Отже, апаратна частина підсистеми реалізована за допомогою автономного пристрою (рис. 2, а), що вимірює потрібні показники, та пристрою-ретранслятора (рис. 2, б), який отримує усі дані і відправляє їх на сервер через GSM модуль. Зв'язок між пристроями організований по радіоканалу на частоті 433 МГц. Автономна частина живиться від акумуляторів. Дані з сервера користувач отримує за запитом [5].

Для вимірювання температури та вологості використовується цифровий датчик підвищеної точності DHT 22 типу AM2303. DHT 22 складається з двох датчиків в одному корпусі, результати вимірювання яких передаються через асинхронний послідовний інтерфейс SPI. Підсистему створено на базі платиArduino Uno, до складу якої входить мікроконтролер ATmega328, що має ряд переваг, а саме: відтворюваність, доступність та дешевизна. Передача даних від головного вулика до пристрою відображення відбувається через GSM модуль SIM 800L [6]. У якості протоколу обміну даних обраний протокол MQTT, що забезпечує три рівні якості доставки інформації та відсутність дублювання в умовах нестабільного зв'язку на лініях передачі [7].

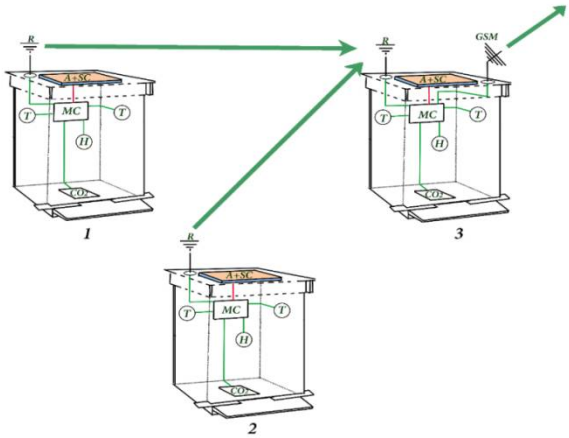
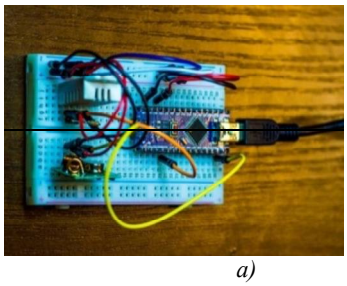
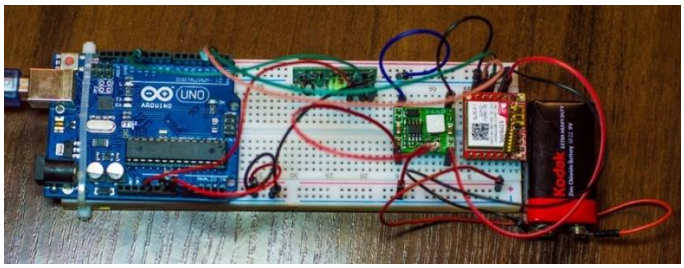



Рисунок 1 – Структурна схема локальної мережі вуликів: МС – мікроконтролер, Т – датчик температури, Н – датчик вологості, А+SC – акумулятор, R – радіоподовжувач, GSM – GSM модуль



*а)*




*б)*

Рисунок 2 – Розроблені макети
*а) автономного пристрою; б) пристрою-ретранслятора*

Отже, розроблена система дистанційного управління мікрокліматом всередині вулика дозволяє об’єднати регулювання впливаючих на діяльність бджолиної сім'ї параметрів з діагностикою її життєвого циклу, надає можливість більшою мірою контролювати її розвиток та впливати на продуктивність.

*1. Використання бджолиних сімей для запилення ентомофільних сільськогосподарських культур [Електронний ресурс] // StudFiles – Режим доступу: http://www.studfiles.ru/preview/5853221/ – Дата доступу: 29.01.18– Використання бджолиних сімей для запилення ентомофільних сільськогосподарських культур.*

*2. М.В. Кравченко Розвиток економічної ефективності бджільництва в ринкових умовах // Економіка. Управління. Інновації. – 2014. – Випуск № 2 (12). – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eui_2014_2_34.*

*3. Мирось В.В. Практикум з бджільництва / В.В. Мирось, С.Б. Ковтун. – Х. : ХНАУ,2014. – 192 с.*

*4. Види і типивуликівдля бджіл: опис, фото і відео [Електронний ресурс] // Корисніпоради на кожен день – Режим доступу: http://www.studfiles.ru/preview/585322http://poradum.com/poradi-dlya-domu/gospodarstvo/vidi-i-tipi-vulikiv-dlya-bdzhil-opis-foto-i-video.html – Дата доступу: 29.01.18 – Види і типивуликівдля бджіл: опис, фото і відео.*

*5. Нерозна І.О. Підсистема оперативного дистанційного моніторингу мікроклімату бджолиних вуликів / І.О. Нерозна, М.В. Добролюбова // Науково-технічна конференція викладачів, науковців, аспірантів та студентів, присвячена Дню Науки – 2017, 30-31 травня 2017 р. – К.: «Політехніка», 2017. – С. 38-40.*

*6. Підключення GSM модуль SIM 800L до Arduino: опис і відео / https://www.youtube.com/watch?time_continue=14&v=ztwxw8qEdCM - Дата доступу: 29.01.18 - Підключення GSM модуль SIM 800L до Arduino.*

*7. Що таке MQTT? Концепція IoT [Електронний ресурс] // - Режим доступу: https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/chto-takoe-mqtt/ - Дата доступу: 16.12.17 – Що таке MQTT? Концепція IoT.*

УДК 351.821

**Потоцький І.О.**

# НОВИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ КАЛІБРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

**Ключові слова:** калібрування, засіб вимірювальної техніки, еталон, міжкалібрувальний інтервал, простежуваність, контрольні карти Шухарта, ковзне середнє

З набуттям чинності з 1 січня 2016 року нової редакції Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [1] докорінним чином змінився підхід до калібрування засобів вимірювальної техніки (далі – ЗВТ), процедура калібрування набула нового сенсу відповідно до визначення, наведеного у Міжнародному словнику основних і загальних термінів в метрології (VIM-3) [2].

Згідно з ILAC-P10:01/2013 [3] забезпечення простежуваності результатів вимірювань є ключовою складовою, необхідною для забезпечення довіри ринку до результатів калібрувань, випробувань чи вимірювань. У свою чергу, ДСТУ ILAC-G24/OIML D 10 [4] наголошує на тому, що важливим аспектом підтримання спроможності лабораторії отримувати простежуванні та надійні результати вимірювань є визначення максимально допустимого періоду, який має пройти між двома періодичними калібруваннями еталонів і ЗВТ.

Раніше свідоцтво про калібрування засобу вимірювальної техніки повинно було містити інформацію щодо терміну його чинності, на сьогодні ж необхідність та термін проведення повторного калібрування еталонів та ЗВТ визначає їх власник (користувач), термін чинності свідоцтва про калібрування не зазначається.

**Примітка.** Слід зазначити, що п. 5.10.4.4 ДСТУ ISO/IEC 17025 [5] передбачено зазначення рекомендованого терміну наступного калібрування за згоди заявника робіт, втім, це є, скоріше, виключенням, ніж розповсюдженою практикою. Аналогічна норма міститься і у новій редакції ДСТУ ISO/IEC 17025 [6].

У той же час п. 5.5.8 ДСТУ ISO/IEC 17025 [5] зазначає, що для всього обладнання, яке використовується лабораторією і потребує калібрування, повинно бути визначено дати та критерії необхідності проведення повторного калібрування (у англомовному варіанті стандарту зазначено "…the date or expiration criteria…", тобто "…дату чи критерій…"). Більше того, нова редакція ДСТУ ISO/IEC 17025 [6] передбачає наявність у лабораторії "Програми калібрування". Іншими словами, лабораторія повинна на власний розсуд встановити міжкалібрувальні інтервали для свого обладнання та/або впровадити певні критерії, за якими визначати потребу у проведенні повторних калібрувань.

Не менш цікавою є ситуація з калібруванням еталонів та обладнання, які застосовуються повірочними лабораторіями при повірці законодавчо регульованих ЗВТ. З одного боку, таке калібрування залишається, в цілому, добровільним, з іншого – необхідність проведення періодичного калібрування передбачена нормативно-правовим актом [7]. Якість та періодичність проведення цих калібрувань прямо впливає на результати вимірювань у законодавчо регульованій сфері (зокрема, при проведенні розрахунків за спожиті енергетичні та матеріальні ресурси). Згідно з п. 2.1 ДСТУ OIML D 23 [8] еталони, що застосовуються при повірці законодавчо регульованих ЗВТ повинні калібруватись щорічно, якщо не передбачено інше.

Наявність жорсткої вимоги щодо повторного калібрування еталонів для повірки ЗВТ є правильною, але ж технічні особливості, умови та інтенсивність використання еталонів можуть значно відрізнятись, тому стандарт і передбачає обґрунтоване встановлення інших, крім одного року, інтервалів між калібруваннями еталонів.

Яким чином калібрувальній лабораторії або користувачу ЗВТ встановити обґрунтовані міжкалібрувальні інтервали чи критерії необхідності калібрування свого обладнання? Як довести потребу у збільшенні/зменшенні міжкалібрувальних інтервалів еталонів, що застосовуються для повірки законодавчо регульованих ЗВТ?

Для отримання прийнятної відповіді на ці та інші запитання щодо міжкалібрувальних інтервалів еталонів та ЗВТ необхідно розробити певний метод, використання якого могло б сигналізувати про необхідність проведення повторного калібрування обладнання, що застосовується лабораторіями.

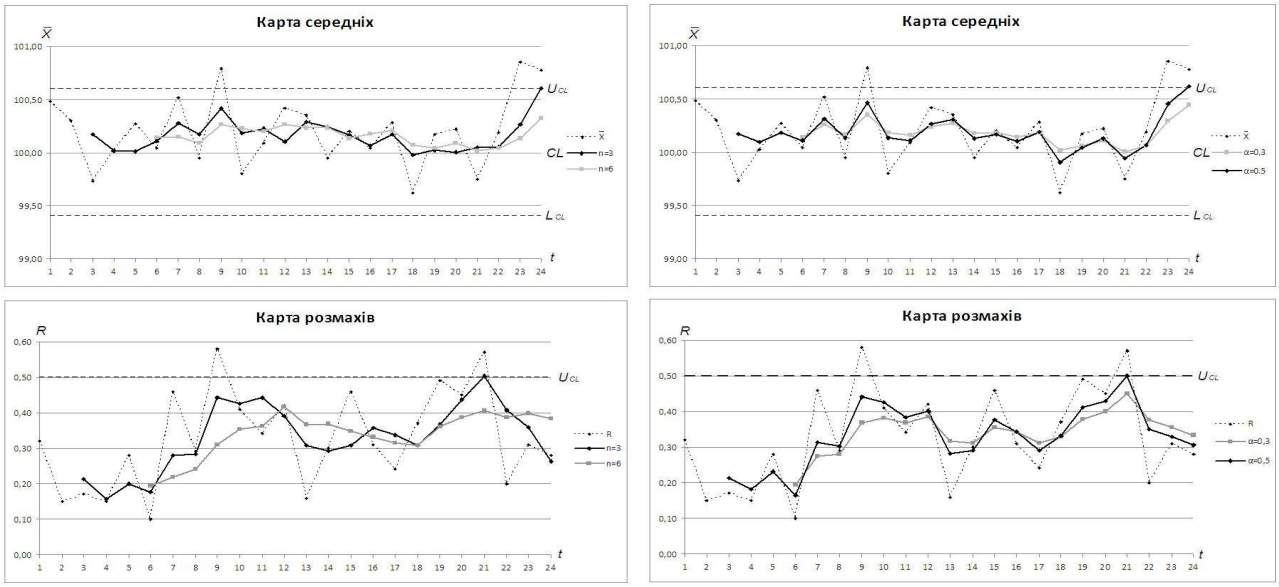
Для розробки такого методу пропонується спільне застосування контрольних карт Шухарта та інструментів статистичної обробки часових рядів, а саме – ковзного середнього (moving average).

Контрольні карти Шухарта, запропоновані доктором Уолтером Шухартом у 1924 році, є графічним інструментом, який відображає зміну параметрів процесу з використанням статистичних принципів на основі вибірково отриманих даних через приблизно однакові інтервали часу (див. ДСТУ ISO 7870-2 [9]). Вони широко застосовуються при контролі параметрів продукції та налагодженні технологічних процесів, мають багато різновидів та підходів до побудови. Але, за певних умов, на контрольних картах Шухарта можуть з'являтись "промахи" і призводити до прийняття невірних рішень. З метою уникнення (або хоча б зменшення) впливу таких "промахів" на прийняття рішення та можливості прогнозування необхідності проведення калібрування вимірювального обладнання пропонується нанесення ліній ковзного середнього на контрольні Карти Шухарта.

Ковзне середнє та його застосування досить детально описані (наприклад, [10, 11]). Ковзне середнє може обчислюватись для довільних даних, але найчастіше його використовують для аналізу часових рядів для згладжування раптових коливань та визначення довготермінових трендів або циклів, визначення впливу систематичних факторів, прогнозування. Ідея згладжування за допомогою ковзного середнього полягає у зменшенні впливу випадкових величин на загальний результат. Це забезпечується заміною первинних значень часового ряду середнім арифметичним значенням всередині обраного періоду часу. Потім інтервал зсувається далі на одне значення і розрахунок середнього повторюється. При цьому період визначення середнього ("вікно") залишається незмінним. Чим ширше період згладжування, тим більш плавною буде лінія ковзного середнього.

Ковзні середні бувають різних видів (прості, зважені, експоненційно-зважені тощо), мають різні періоди згладжування, що дозволяє застосовувати їх для вирішення широкого кола задач: від статистичної обробки даних до прогнозування цін на фінансових ринках.

На рисунку 1 а) зображено дві контрольні карти Шухарта (середніх та розмахів) з нанесеними середніми значеннями результатів вимірювань (пунктирні лінії) та простими ковзними середніми з періодами згладжування $n$ = 3 та $n$ = 6. На рисунку 1 б) наведено ті ж контрольні карти Шухарта, але з нанесеними на них лініями експоненційно-зважених ковзних середніх з коефіцієнтами згладжування α = 0,5 та α = 0,3.




а) б)

Рисунок 1 – Приклад контрольних карт Шухарта (середніх та розмахів) з нанесеними лініями ковзних середніх

У загальному випадку формула побудови експоненційно-зваженого ковзного середнього має наступний вигляд:

$$S_i = \alpha \cdot \overline{X}_i + (1-\alpha) \cdot S_{i-1},$$

де $S_i$ – поточне зважене значення кривої ковзного середнього,

α – коефіцієнт згладжування,

$\overline{X}_i$ – поточне середнє значення результату вимірювання,

$S_{i-1}$ – попереднє зважене значення кривої ковзного середнього.

Ваговий коефіцієнт α встановлює швидкість "старіння" попередніх даних – чим більше його значення, тим більшу вагу має останній результат вимірювання, і тим меншу попередні результати.

Як видно з рисунка 1, використання ковзних середніх дійсно дозволило згладити "промах", який виник на дев'ятому етапі. Можна сказати, що одночасне використання контрольних карт Шухарта та ковзних середніх може давати достовірні сигнали про необхідність проведення калібрування еталонів (або ЗВТ), за умови правильного підбору параметрів *n* і α. На основі використання кількох ковзних середніх одного або різних видів, з однаковими або різними параметрами згладжування, їх перетину (або відсутності таких) та інструментів прогнозування (моделювання, екстраполяція тощо) може бути покладено в основу методу, який дозволить обґрунтовано розробити критерії визначення необхідності проведення калібрування еталонів та ЗВТ або змінювати вже встановлені міжкалібрувальні інтервали.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування контрольних карт Шухарта з нанесенням на них ліній ковзних середніх, за певних умов, може давати вчасні та достовірні сигнали про необхідність проведення калібрування еталонів та ЗВТ, що використовуються лабораторіями. Запропонований підхід дозволяє створити інструментарій прогнозування, що забезпечить завчасне попередження користувача про необхідність проведення повторного калібрування еталона чи ЗВТ.

*1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» (Law of Ukraine «On Metrology and Metrological Activity»).*

*2. Міжнародний словник основних і загальних термінів в метрології (International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM-3) – http://www.oiml.org/publications/V/V002-200-e10.pdf*

*3. ILAC-P10:01/2013 Політика ILAC з простежуваності результатів вимірювань (ILAC-P10:01/2013 ILAC Policy on Traceability of Measurement Results).*

*4. ДСТУ ILAC-G24/OIML D 10:2013 Метрологія. Настанови щодо визначення міжкалібрувальних інтервалів засобів вимірювальної техніки (DSTU ILAC-G24/OIML D 10:2013 Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments).*

*5. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (DSTU ISO/IEC 17025:2006 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories).*

*6. ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (DSTU ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories).*

*7. Критерії, яким повинні відповідати наукові метрологічні центри, державні підприємства, які належать до сфери управління Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та провадять метрологічну діяльність, та повірочні лабораторії, які уповноважуються або уповноважені на проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації (Criteria, which must meet metrological centers, state enterprises belonging to the management of the Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine and conduct metrological activity, and verification laboratories that are authorized or authorized to carry out the verification of legally regulated measurement instruments in use), затв. Наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 23.09.2015 № 1192, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 7 жовтня 2015 р. за № 1213/27658.*

*8. ДСТУ OIMLD 23:2008 Метрологія. Принципи метрологічного контролю обладнання для повірки (DSTU OIML D 23:2008 Principles of metrological control of equipment used for verification).*

*9. ДСТУ ISO 7870-2:2016 Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта (DSTU ISO 7870-2:2016 Control charts – Part 2: Shewhart control charts).*

*10. Грешилов А. А., Стакун В. А., Стакун А. А., Математические методы построения прогнозов. – М.: Радио и связь, 1997. – 112 с.*

*11. Захарченко Н. И., Бизнес-статистика и прогнозирование в MS Excel. Самоучитель. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 208 с.*

УДК 621.3

**Курсін С.М., к.т.н., Шевкун М.С., магістрант, Бурлака Д.А., студентка, Коваленко М.П., студент**

# ПОВІРОЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ КІЛЬКОСТІ ІНФОРМІЦІЇ ТА ВІМІРЮВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ТЕЛЕФОННИХ РОЗМОВ

**Ключові слова:** телекомунікації, система вимірювання, кількість інформації, тривалість телефонних розмов, повірка

Новітній розвиток галузі зв’язку і впровадження провідних сучасних технологій у створення і вдосконалення засобів телекомунікацій є одними із найголовніших та актуальних напрямків соціально-економічного розвитку держави. Основною передумовою для підвищення конкурентоспроможності економіки та інтеграції України у глобальне інформаційне суспільствоє постійне вдосконалення інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури, щозабезпечує кращі умови і якість життя людини за рахунок доступу до національних та світових інформаційних ресурсів. Основна увага операторів зв’язку на сучасному ринку телекомунікаційних послуг, де попит досяг певного насичення, спрямована на впровадження нових послуг та підвищення їх якості.

За результатами досліджень компанії «A.T. Kearney» вимоги до забезпечення якості телекомунікаційних послуг в більшості країн належать до послуг фіксованого телефонного зв’язку, універсальних послуг, послуг рухомого (мобільного) зв’язку та доступу до мережі Інтернет [1]. Послуги мобільного зв’язку тадоступ до ресурсів мережі Інтернет є одними з найнеобхідніших послуг сьогодення, оскількивони надають можливість постійного спілкування, доступу до цінних паперів, швидкої купівлі товарів, миттєвих платежівза рахунками різного типу, навігації і пошуку об'єктів на місцевості тощо.

Оператори зв’язку, під час надання послуг, тарифікують їх (за тривалістю зв’язку і кількістю прийнятої та/або переданої інформації; без обмеження обсягу даних але з обмеженням за швидкістю їх передачі) і визначають абонентську систему оплати, саме з цією метою здійснюється облік обсягу наданих послуг. Так, відповідно до постанов Кабінету міністрів України «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці» та «Про затвердження Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки», системи вімірювання тривалості телефонних розмов (СВТТР) та системи обліку кількості інформації (СОКІ) входять до законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки і підлягають оцінці відповідності та періодичній повірці, тому розробка повірочних комплексів для СОКІ та СВТТР є актуальним завданням [2,3].

Повірочні комплекси для СОКІ та СВТТР, на сьогоднішній день, зазвичай, працюють в ручному або напівавтоматичному режимах. Автоматизовані ж комплекси розробляються тільки за кордоном, мають надлишковийфункціонал та достатньовисоку вартість [4-7].

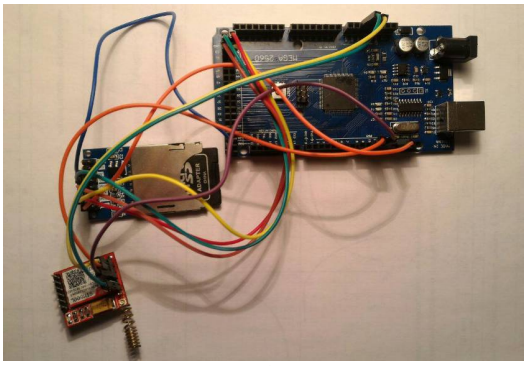
Тому під час досліджень було прийнято рішення створити автоматизований повірочний комплекс для СОКІ та СВТТР на базі плати ArduinoMega 2560 [8, 9]; GSM/GPRS модуля компанії SIMCom Wireless Solutions серії SIM800L [10] і високоякісного GPRS/GSM модуля компанії Ai-Thinker моделі A6 [11], які є аналогами мобільних телефонів/модемів; персонального комп’ютера (ПК), а також модуля SDcard.

GSM/GPRS модуль на основі компонента SIM800Lв рамках комплексу використовується при повірці СОКІ (рис. 1, а). Компонент SIM800L має реалізований стек протокола TCP/IP та містить мікросхему MT6260SA компанії MediaTek і мікросхему приймача RFMD RF7176. Експериментальні дослідження показали, що, навідміну від аналогів, модуль SIM800L підтримує більший діапазон AT-команд і має кращу швидкодію, а саме це забезпечує оптимальну роботу під час завантаження файлів[12].

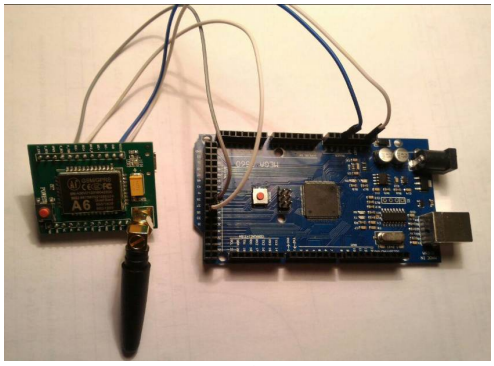
В свою чергу, GSM/GPRS модуль Ai-Thinker A6 відрізняється від аналогів високою енергоефективністю, надійністю, простотою в експлуатації та прийнятною ціновою політикою. Модуль підтримує найсучасніші стандарти мобільного зв'язку і передачі даних, AT-команди і цілий ряд команд AI-THINKER, тому є найкращим рішенням для вімірювання тривалості телефонних розмов(рис. 1, б).

З метою моніторингу і контролю обліку кількості інформації під час надання телекомунікаційних послуг забезпечено можливість одночасно досліджувати процес пакетної передачі даних та вимірювати час передачі даних, що є головною особливістю даного повірочного

комплексу. При цьому досліджуються величини різної природи: тривалість (години, хвилини, секунди) та об’єм інформації (біт).



*а)*



*б)*

Рисунок 1 – Апаратна реалізація повірочного комплексу для: *а) СОКІ; б) СВТТР*

Структурна схема повірочного комплексу для СОКІ та СВТТР наведена на рисунку2.

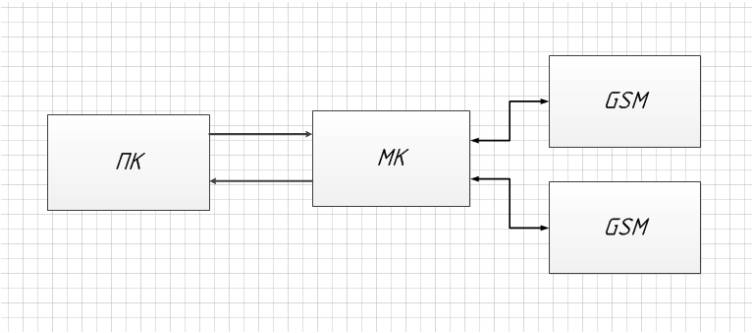



Рисунок 2 – Структурна схема повірочного комплексу для СОКІ та СВТТР

Розглянемо принцип роботи розробленого комплексу. При повірці системи обліку кількості інформації, згідно методики повірки [13], оператор, через інтерфейс користувача вводить посилання на файл заданого розміру в байтах і кількість його завантажень. Файлів може бути декілька. Ці дані передаються через канал зв'язку в мікроконтролер, який використовується в якості GSM модему та за допомогою АТ-команд управління GSM модулем підключається до Інтернету. Після встановлення Інтернет-з'єднання за посиланням завантажується файл і передається на модуль SDcard, оскількиоб’єм пам’яті мікроконтролера на платі Arduino не дозволяє зберігати великімасиви даних. Як тільки файл завантажено, мікроконтролер повинен відключити Інтернет-з'єднання, при наступному завантаженні він знову підключається, завантажує і відключається. Це потрібно для того, щоб розділити сесії, за якими мобільний оператор надає дані, оскількипідключений доІнтернету модем забезпечуєєдину сесію і дані кількості байт підсумуються. Для кожного файлу створюєтьсяокрема сесія, оскільки головне завдання полягає у повірці за відповідними розмірами еталонних файлів. У протоколі зазначається час початку та кінця сесії і розмір файлу, який завантажується. Після закінчення повірки, повірник робить запит даних про сесію у мобільного оператора і розраховує похибку часу та обсягу даних.

При повірці системи вимірювання тривалості телефонних розмов, згідно методики повірки [14], оператор, через інтерфейс користувача вводить номер телефону, за яким буде здійснюватися дзвінок, і його тривалість. Передача даннихвідбувається через канал зв'язку мікроконтролера, який використовується в якості GSM модему та за допомогою АТ-команд управління GSM модулем підключається до мережі стільникового зв’язку. Після встановлення з’єднання, починається відлік часу телефонної розмови.По закінченні часу, встановленого на таймері,мікроконтролер повинен відключити з'єднання і телефонна розмова завершується. Для кожної телефонної розмови створюється окрема сесія, оскільки головне завдання полягає у повірці телефонних розмов певної тривалості. У протоколі зазначається час початку та кінця сесії. Після закінчення повірки, повірник робить запит даних про сесію у мобільного оператора і розраховує похибку часу.

Сполучення повірочногокомплексу з комп’ютером надає можливість швидко отримувати, обробляти та зберігати для подальшого використання великі об’єми інформації (рис. 3).

*а)* *б)*

Рисунок 3 – Програмна реалізація повірочного комплексу для: *а) СОКІ; б) СВТТР*

Отже, особливість створеного повірочного комплексу для СОКІ та СВТТР полягає у використанні сучасної та недорогої елементної бази, наявності лише необхідного функціоналу та створенні протоколу вимірювань, який надалі використовується при повірці. У перспективіпланується здобити комплекс можливістюавтоматичногостворення протоколу повірки.

*1.«A.T.kearney». Офіційнасторінка [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.atkearney.com.*

*2. Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці». – від 04.05.2015. – № 374. – 7 стор.*

*3. Постанова КабінетуміністрівУкраїни «Про затвердженняТехнічного регламенту законодавчорегульованихзасобіввимірювальноїтехніки». – від 13.01.2016. – № 94. – 56 стор.*

*4. Формирователи IP-соединений АМУЛЕТ-М [Електронний ресурс] – Режим доступу доресурсу: http://td-str.ru/file.aspx?id=12906 – Дата доступу: 20.03.17 – АМУЛЕТ-М.*

*5. Метрология: Решения «СИГМА» [Електронний ресурс] – Режим доступу доресурсу: http://www.sotsbi.ru/products/metrology/ – Дата доступу: 20.03.17 – Решения «СИГМА».*

*6. Пульт калиброванных соединений МЛУЧ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.microluch.com/opis_pks.pdf – Дата доступу: 20.03.17 – МЛУЧ.*

*7. Формирователи телефонных соединений ПРИЗМА [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://td-str.ru/file.aspx?id=577 – Дата доступу: 20.03.17 – ПРИЗМА.*

*8. What is Arduino? [Електронний ресурс] // Arduino Documentation. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino.– Дата доступу: 10.12.17 – Arduino Documentation.*

*9. DatasheetArduinoMEGA // – Реж. дост.: http://category.alldatasheetru.com/index. jsp?Searchword=ARDUINO%20MEGA.html – Дата доступу: 10.12.17 – DatasheetArduinoMEGA.*

*10. DatasheetGSMGPRSSIM800L // – Реж. дост.: http://category.alldatasheetru.com/index.jsp?sSearchword=GSM/GPRS%20SIM800L.html. Дата: 10.12.17 DatasheetGSMGPRSSIM800L.*

*11. DatasheetGSMGPRSA6 // – Реж. дост.: http://category.alldatasheet.com/index.jsp?sSearchword=GSM/GPRS%20%20A6.html – Дата доступу: 10.12.17 – DatasheetGSMGPRSA6.*

*12. Шевкун М.С. Повірочний комплекс для систем обліку кількості інформіції / М.С. Шевкун // Науково-технічна конф. викладачів, науковців, аспірантів та студентів, присвячена Дню Науки – 2017, 30-31 травня 2017 р. – К.: «Політехніка», 2017. – С. 53-55.*

*13. Інструкція. Метрологія. Системи обліку кількості інформації: методика повірки // Державне підприємство «Всеукраїнський Державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів» ДП «Укрметртестстандарт». – Київ, 2015.*

*14. Інструкція. Метрологія. Система вимірювання тривалості телефонних розмов АТС типу EWSD: методика повірки // Державне підприємство «Всеукраїнський Державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів» (ДП «Укрметртестстандарт»). – Київ, 2003.*

УДК 006.91:681.121

**Середюк О.Є., д.т.н., проф., Криницький О.С., к.т.н, Лютенко Т.В., аспірантка**

# МЕТРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ПОХИБКИ МЕМБРАННИХ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ РІЗНИХ ТИПОРОЗМІРІВ

**Ключові слова:** побутовий лічильник, типорозмір, природний газ, робочі витрати, похибка, статистичне оцінювання

Сьогоденні аспекти вирішення питань енергозбереження і раціонального використання природного газу населенням України стосуються застосування побутових лічильників газу (ПЛГ). Однак їх значна кількість в експлуатації (понад 8 млн.) вимагає здійснення їх періодичної повірки. Незважаючи на значну кількість повірочних установок, їх об'єм є недостатній. Тому розвиток практичних аспектів метрологічного забезпечення ПЛГ при їх експлуатації може бути спрямований на підставі вивчення закономірностей зміни похибки ПЛГ впродовж міжповірочного термін. Це може сприяти не тільки виявленню конструктивних недоліків при експлуатації ПЛГ, але і слугувати підставою для запровадження рекомендацій щодо тривалості міжповірочного чи взагалі експлуатаційного (без повірки з наступною заміною) терміну використання. Такий підхід зумовлює необхідність вивчення закономірності зміни похибки не окремих досліджуваних ПЛГ, а статистичного оцінювання досліджуваних впливових факторів на якість функціонування ПЛГ.

Апробація одних із перших в цьому напрямі наукових досліджень стосовно закономірностей зміни експлуатаційних похибок різних типів мембранних ПЛГ (GALLUS, METRIX, SAMGAS) типорозміру G4 здійснена за нашою участю на всеукраїнській науково технічній конференції в 2017р. [1] і актуальність розвитку досліджень у цьому напрямі була підтверджена за результатами участі у міжнародному семінарі метрологів MSM 2017 (Польща) [2].

Поряд з цим статистичні дослідження метрологічних характеристик ПЛГ при їх експлуатації дозволяють науково обґрунтувати запропонований нами новий спосіб повірки ПЛГ [3]. Його суть полягає у визначенні експериментальним шляхом за допомогою еталона об'єму газу похибки ПЛГ на двох нормованих для перевірки метрологічних характеристик витратах, які відповідають мінімальній витраті і витраті яка становить 20% від максимальної робочої. Згідно цього способу повірки похибку за максимальної витрати ПЛГ розраховують шляхом зменшення значення похибки при витраті 20% від максимальної робочої на попередньо статично встановлену різницю між цими похибками за експериментальними даними періодичної повірки лічильників після закінчення їх між повірочного терміну експлуатації з врахуванням типу типорозміру і організації виробника ПЛГ.

Метою роботи є порівняльний аналіз статистичних закономірностей зміни похибки мембранних ПЛГ моделі METRIX типорозмірів G4 і G6 виробництва Польщі.

За основу статистичних досліджень вибрані вказаний тип (модель) і типорозміри ПЛГ, статистичний об'єм вибірки яких становив 254 лічильники G4 і 479 G6, які були повірені на еталонній дзвоновій установці ІФГАЗ-2 (ПАТ "Івано-Франківськгаз", м. Івано-Франківськ). При дослідженнях лічильники були поділені на шість вибірок, кожна з яких характеризувалися діапазоном зміни похибки $d\delta$ = 1,5% за мінімальної витрати в діапазоні від мінус 6% до плюс 3%, який в цілому відповідає значенню допустимих похибок придатних ПЛГ, тобто таких, які після повірки допускаються до експлуатації. Таким умовам щодо придатності до подальшої експлуатації із загальної статистичної вибірки відповідала кількість лічильників G4 – 90,9%, G6 – 53,4%.

Гістограми розподілу кількості придатних лічильників за діапазонами похибок при мінімальній робочій витраті (Рис. 1) можуть бути об'єктом дослідження перш за все організацій –виробників. З них видно, що відсоток придатних лічильників типорозміру G4 дещо нагадує несиметричний нормальний закон розподілу, а вид закону розподілу для лічильників G6 більш близький до рівномірного, хоча можна виділити локальне зростання відсотка ПЛГ з діапазоном похибки 0 … +1,5%. Ці гістограми вказують, що найбільший відсоток придатних ПЛГ характеризуються на мінімальній витраті додатною похибкою в діапазоні 0 … +1,5%, наявність якої після закінчення міжповірочного терміну ПЛГ багато вітчизняних науковців і виробничників вважали гіпотетичною. Вважалося, що похибка ПЛГ після закінчення міжповірочного терміну експлуатації при визначенні похибки за мінімальної робочої витрати як правило повинна зміщуватися у від'ємну сторону. Тут додамо, що це явище звичайно має місце, але не у всіх мембранних ПЛГ, про що ілюструють криві, які подані нижче на рис. 2.

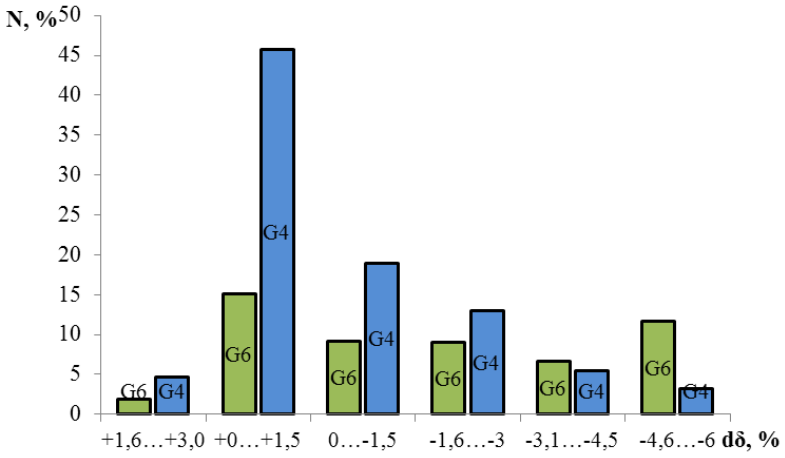
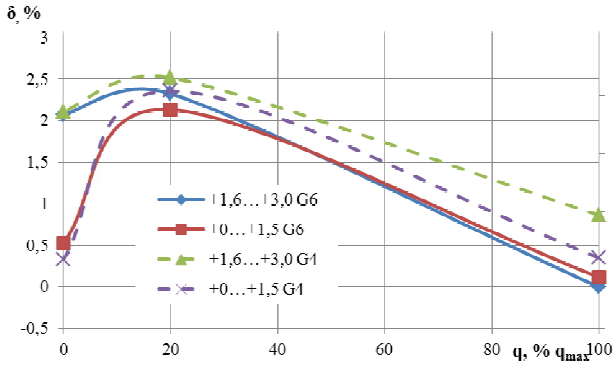


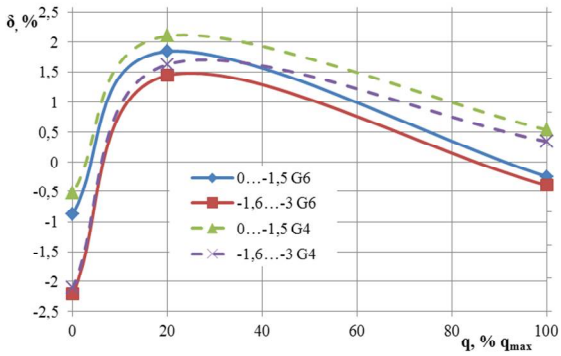

Рисунок 1 – Розподіл кількості придатних лічильників за типорозмірами від діапазону похибок при мінімальній витраті

Порівняльний аналіз зміни похибки різних типорозмірів наведений на рис. 2 а, б, в. На них криві зміни похибки умовно зображені не кусково-інтерполяційними залежностями, а регресійними моделями для всього досліджуваного діапазону робочих витрат з використанням спеціальної поліномної залежності зі степенями від мінус 2 до плюс 2 [4]. Графічні залежності підтверджують практично однакові закономірності зміни похибки ПЛГ:

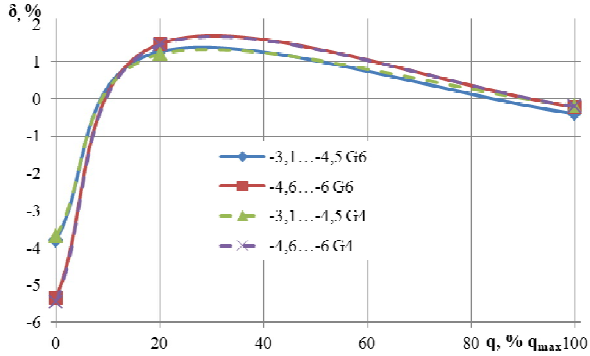
- зростання значень кривої похибки в діапазоні від $q_{min}$ до $0{,}2q_{max}$ ;
- спадання значень кривої похибки в діапазоні від $0{,}2q_{max}$ до $q_{max}$.




а)




б)




в)

Рисунок 2 – Графічна ілюстрація закономірностей зміни похибки різних типорозмірів побутових ПЛГ моделі METRIX

При цьому величина зміни похибки для першого діапазону витрат практично не корелює із величиною зміни похибки для другого діапазону витрат. Однак кількісна зміна похибки для другого діапазону витрати є досить стабільною для двох типорозмірів ПЛГ і не перевищує 1,659 % і 2,329 % для G4 і G6 відповідно. Водночас можна виявити градацію зміни похибки стосовно похибки за витрати $q_{min}$, що подано в табл. 1.

Таблиця 1

Результати порівняльного аналізу зміни похибок мембранних ПЛГ типорозмірів G4 і G6 виробництва METRIX

| Діапазон зміни похибки при $q_{min}$, $d\delta$, % | Типорозмір G4 | | Типорозмір G6 | | Зміна похибки для різних типорозмірів $\overline{\Delta}\delta^{G6,\,G4}$, % |
|---|---|---|---|---|---|
| | Середнє значення похибки $\overline{\delta}^{G4}_{q\min}$, % | Середнє значення зміни похибки $\overline{\Delta}\delta^{G4}$, % | Середнє значення похибки $\overline{\delta}^{G6}_{q\min}$, % | Середнє значення зміни похибки $\overline{\Delta}\delta^{G6}$, % | |
| +1,6 … +3,0 | 1,87 | 1,182 | 2,07 | 2,329 | 1,147 |
| +0 … +1,5 | 0,59 | 1,433 | 0,53 | 2,019 | 0,586 |
| 0 … -1,5 | -0,72 | 1,414 | -0,87 | 2,092 | 0,678 |
| -1,6 … -3 | -2,15 | 1,160 | -2,21 | 1,833 | 0,673 |
| -3,1 … -4,5 | -3,69 | 1,393 | -,379 | 1,676 | 0,283 |
| -4,6 … -6 | -5,44 | 1,659 | -5,33 | 1,704 | 0,045 |

Для розрахунку похибок в табл. 1 використовувалися формули:

$$\overline{\Delta}\delta^{G4} = \overline{\delta}^{G4}_{0,2q\max} - \overline{\delta}^{G4}_{q\max} \quad (1)$$

$$\overline{\Delta}\delta^{G6} = \overline{\delta}^{G6}_{0,2q\max} - \overline{\delta}^{G6}_{q\max} \quad (2)$$

$$\overline{\Delta}\delta^{G6,\,G4} = \overline{\Delta}^{G6}_{\delta} - \overline{\Delta}^{G4}_{\delta} \quad (3)$$

З табл. 1 видно, що розходження між зміною похибки лічильників G6 і G4 для окремих вибраних діапазонів похибки при $q_{min}$ близька до 0,5-0,7 %, при цьому зміна похибки у лічильників G6 завжди є більшою від зміни похибки для лічильників G4. Водночас більше розходження (1,147%) спостерігається для лічильників з додатною похибкою при мінімальній робочій витраті і найменше (0,045%) – для лічильників із найбільшою допустимою від'ємною похибкою при мінімальній робочій витраті.

**Висновки.** За результатами досліджень статистично встановлено закономірності зміни похибок ПЛГ, типорозмірів G4 і G6 моделі METRIX, які експлуатувалися у міжповірочному інтервалі. Виявлено, що закономірності зміни похибки при діапазоні робочих витрат $0{,}2q_{max} – q_{max}$ практично не корелюють із зміною похибок в діапазоні $q_{min} – 0{,}2q_{max}$. Експериментально встановлено достатню стабільність зміни похибки для лічильників різних типорозмірів в діапазоні $0{,}2q_{max} – q_{max}$. Отримані результати дають підстави для наукового обгрунтування можливості реалізації бездемонтажної повірки ПЛГ за обмеженим діапазоном робочих витрат.

Для підвищення достовірності проведеного порівняльного аналізу необхідно повторити аналогічні дослідження для мембранних ПЛГ інших виробників, що буде метою подальших досліджень.


*1. Середюк О. Є. Статистичний аналіз зміни похибки побутових лічильників газу при їх експлуатації / О. Є. Середюк, Т. В. Лютенко // III всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement-2017», 24-27 січня 2017р., Славське: тези доп. – К.: Академія метрології України. –2017. – С.48-51.*

*2. Seredyuk O. Badanie bledow pomiarowych gazomierzy membranowych po szesciu latach eksploatacji / O. Seredyuk, T. Liutenko, D. Seredyuk., Z. Warsza // XXI Miedzynarodowe seminarium metrologow (MSM 2017), 12-15 wrzesnia, 2017, Rzeszow-Czerniowc – Gdansk. – 2017. – S. 65-68.*

*3. Спосіб повірки побутових лічильників газу / Середюк О.Є., Лютенко Т. В. № а2016 05643; заявл. 25.05.16; Рішення про видачу патенту на винахід від 13.12.2017, №30968/ЗА/17.*

*4. Середюк О. Є. Застосування інформаційних технологій при статистичних дослідженнях метрологічних характеристик побутових лічильників газу при їх експлуатації / О. Є. Середюк, Т. В. Лютенко // III всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості», 10-13 жовтня 2017р., Івано-Франківськ,: зб. тез доп. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 2017. – С.112-114.*

УДК 629.7

**Скрипковська М.Г., студентка**

# РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ КРЕНУ ТА ТАНГАЖУ НАХИЛУ НЕРУХОМОГО ОБ'ЄКТУ ВІД ПЛОЩИНИ МІСЦЕВОГО ГОРИЗОНТУ

**Ключові слова:** кут крену, кут тангажу, акселерометричні чутливі вузли, цифрові перетворювачі температури, мікроконтролер ADuCM 360, компенсація похибок, середньоквадратична похибка

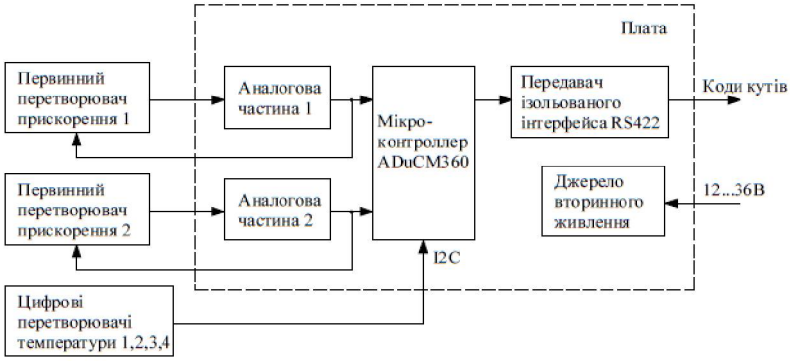
У багатьох галузях техніки, промисловості, будівництва є потреба вимірювати кути нахилу об’єктів відносно площини місцевого горизонту. На ринку продукції приладобудування України сьогодні відсутні вітчизняні акселерометричні пристрої вимірювання кутів крену та тангажу (ПВКТ), які відповідали б наступним вимогам: середньоквадратична похибка менше однієї кутової мінути в діапазоні кутів ±10° в робочому діапазоні температур -40…+70 °С та з видачею інформації у цифровому коді з дискретністю 1 кутова секунда. Такі ПВКТ можуть бути застосовані для контролю положення радарів та антен, горизонтування платформ та транспортних засобів.

Вищезгаданим вимогам, за наведеними на сайті компанії «RION ELECTRONIC CO.,LTD» характеристиками [1], відповідає сервоінклінометр RionACA2000. При розробці ПВКТ він був прийнятий за аналог.

Розроблений ПВКТ забезпечує вимірювання величини кутів крену $\gamma$ і тангажу $\theta$ відхилення від площини місцевого горизонту. Видача споживачеві відповідних цифрових електричних сигналів здійснюється по інтерфейсу RS-422. Коли пристрій встановлено на базовій поверхні об’єкту, за допомогою нього вимірюються кути відхилення цього об’єкта.Пристрій зображено на рисунку 1, а.

Металевий прямокутний корпус ПВКТскладається з нижньої базової пластини, що має три лапи для високоточного кріплення до базової поверхні об’єкту, та кожуха. На базовій пластині встановлені два акселерометричні чутливівузли(АЧВ) – первинні перетворювачі прискорення, зі взаємноперпендикулярними вимірювальними осями. Біля магнітних систем встановлені цифрові перетворювачі температури.

Над АЧВ розміщена електронна плата,внутрішня структура якої зображена на рисунку 1, б.




*а)* *б)*

Рисунок 1 – Пристрій вимірювання кутів нахилу крену та тангажу
*а) загальний вигляд; б) структурна схема*

Аналогові частини плати забезпечують роботу первинних перетворювачів прискорення, а саме: містять електроніку перетворення переміщення маятникових чутливих елементів у напругу та електроніку регуляторів зворотного зв’язку, струм з яких йде до обмотки зворотного компенсаційного перетворювача. Цей струм пропорційний проекції прискорення вільного падіння на вісь чутливості АЧВ і перетворюється у напругу за допомогою прецизійного резистора.

Розташований на платі мікроконтролер ADuCM360 включає в себе два високоточні сігма-дельта аналого-цифрових перетворювачі (АЦП) [2], що перетворюють сигнали з цих резисторів у цифрові коди, якіпропорційні виміряному прискоренню.

Програмне забезпечення мікроконтролера виконує алгоритмічну компенсацію похибок вимірювання прискорення і розрахунок кутів крену та тангажу.

Корекція кодів АЦП, що враховує температурні похибки АЧВ для каналів крену та тангажу здійснюється відповідно за формулами:

$$Nroll_{corr} = \left(Nroll - Droll(t)\right) \cdot Kroll_p(t), \quad (1)$$

$$Npitch_{corr} = \left(Npitch - Dpitch(t)\right) \cdot Kpitch_p(t), \quad (2)$$

де $t$ – температура за кодом цифрового перетворювача температури, °С; $Nroll$ – код з АЦП, пропорційний величині кута нахилу по крену; $Npitch$ – код з АЦП, пропорційний величині кута нахилу по тангажу; $Droll(t)$ – зміщення нуля для каналу крену при відомій температурі; $Kroll_p(t)$ – поправочний коефіцієнт для каналу крену; $Dpitch(t)$–зміщення нуля для каналу тангажу при відомій температурі; $Kpitch_p(t)$ – поправочний коефіцієнт для каналу тангажу.

Залежності $D(t)$ та $K_p(t)$ задані за допомогою кусково-лінійної апроксимації.

Після термкомпенсації здійснюється компенсація перехресних зв'язків, зумовлених неперпендикулярністю осей чутливості.

Код каналу крену:

$$Nroll_{corrcross} = Nroll_{corr} - Kroll_{cross} \cdot Npitch_{corr}, \quad (3)$$

де $Nroll_{corr}$– код каналу крену після термокомпенсації, $Npitch_{corr}$– код каналу тангажу після термокомпенсації, $Kroll_{cross}$ – коефіцієнт перехресного зв'язку для каналу крену.

Код каналу тангажу:

$$Npitch_{corrcross} = Npitch_{corr} - Kpitch_{cross} \cdot Nroll_{corr}, \quad (4)$$

де $Kpitch_{cross}$ – коефіцієнт перехресного зв'язку для каналу тангажу.

Далі розраховується прискорення у одиницях прискорення вільного падіння $g$.

Для крену:

$$Aroll = Mroll \cdot Nroll_{corrcross}, \quad (5)$$

де

$$Mroll = \frac{(\sin\alpha)}{Nroll_{corrcross}(\alpha)}, \quad (6)$$

де $\alpha$ –кут, що дорівнює границі діапазону вимірювання кутів нахилу.

$Nroll_{corrcross}(\alpha)$ –корегований код крену при нахиліна кут $\alpha$ татемпературі +20 °С.

Для тангажу:

$$Apitch = Mpitch \cdot Npitch_{corrcross}, \quad (7)$$

де

$$Mpitch = \frac{(\sin\alpha)}{Npitch_{corrcross}(\alpha)}, \quad (8)$$

де $Npitch_{corrcross}(\alpha)$– корегований код тангажу при наклоні на кут $\alpha$ та температурі +20 °С.

Кут тангажу у радіанах визначається за формулою:

$$\theta = \arcsin(Apitch). \quad (9)$$

Кут крену у радіанах визначається за формулою:

$$\gamma = \arcsin\frac{Aroll}{\cos(\theta)}. \quad (10)$$

Експериментальні досліждення проводились на стенді, що складається з термокамери з поворотною платформою, на яку встановлювався пристрій,та оптичної ділильної головки (ОДГ).

На першому етапі випробувань для температур -40, -10, +20, +45 та +70 °С визначені коди $Nroll$ та $Npitch$ для кутів нахилу по крену та тангажу $-\alpha$ °, 0 та $+\alpha$ °. За цими даними зроблена кусково-лінійна апроксимація та визначені коефіцієнти перехресного зв'язку, результати записані у пам'ять мікроконтролера.

На другому етапі випробуваньпідтверджено, що для різних комбінацій температур та кутів нахилу в діапазон кутів нахилу±10° та температур мінус 40…+70 °С середньоквадратична похибка не більше 3 кутові мінути.

Отже, розробка дозволить заснувати в Україні виробництво високоточних ПВКТ, щоб забезпечити потреби вітчизняних виробників нової техніки. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення довгострокової нестабільності параметрів ПВКТ та зменшення середньоквадратичної похибки за рахунок встановлення додаткових термодатчиків та вдосконалення температурної компенсації похибок.

*1. RIONSensor // – Режим доступу: http://www.rion-electronic.com/pdf/inclinometer_aca2000t.pdf– Дата доступу: 10.12.17 – Specifications.*

*2. AnalogDevices // – Режим доступу: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/user-guides/UG-367.pdf– Дата доступу: 12.12.17 – ADuCM360/ADuCM361 Hardware User Guide.*

УДК 621.311.4:621.313

**Моргун Ю.Б., Прокопович І.В., д.т.н., доц., Оборський Г.О., д.т.н., проф., Моргун Б.О., к.т.н., доц.**

# МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ВІТРОДВИГУНА З АДАПТИВНИМ КЕРУВАННЯМ ЛОПАТЕЙ

**Ключові слова:** вітродвигун; адаптивне керування; самоналаштування; вітровий потік; контрольовані параметри; кут атаки; секція лопаті; сила тиску повітря; обертаючий момент

Існуючі вітроколеса мають незмінну форму лопатей для отримання максимальної потужності при постійній, номінальній швидкості вітру. При нижчих, ніж розрахункові, швидкостях вітру потужність вітродвигуна різко падає, бо для кожної швидкості вітру існує свій оптимальний профіль лопаті згідно з оптимальним кутом атаки в кожному перерізі лопаті.

Авторами розроблено новий тип вітродвигуна з адаптивним керуванням формою лопаті в залежності від швидкості вітру та навантаження на валу вітродвигуна [1]. У вітродвигуні, на валу якого встановлено робоче колесо з горизонтальною віссю обертання, лопаті складаються з окремих секцій, кожна з яких вільно встановлена на маху з ексцентриситетом, що дозволяє їй самоналаштовуватися й перебувати в стані аеродинамічної рівноваги від дій сили вітру, сили опору обертанню від зустрічного потоку повітря і навантаження на валу вітродвигуна (рисунку 1) [2].

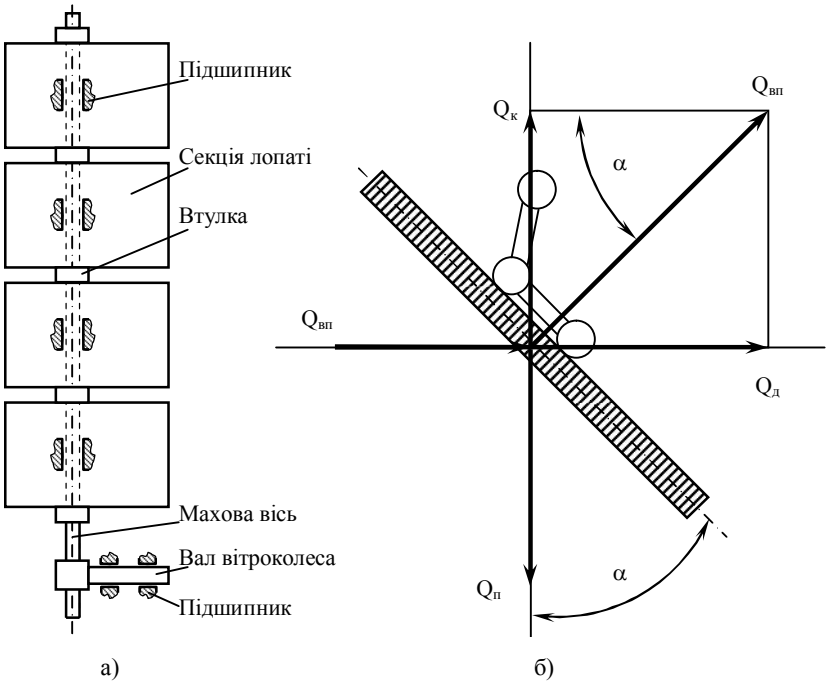
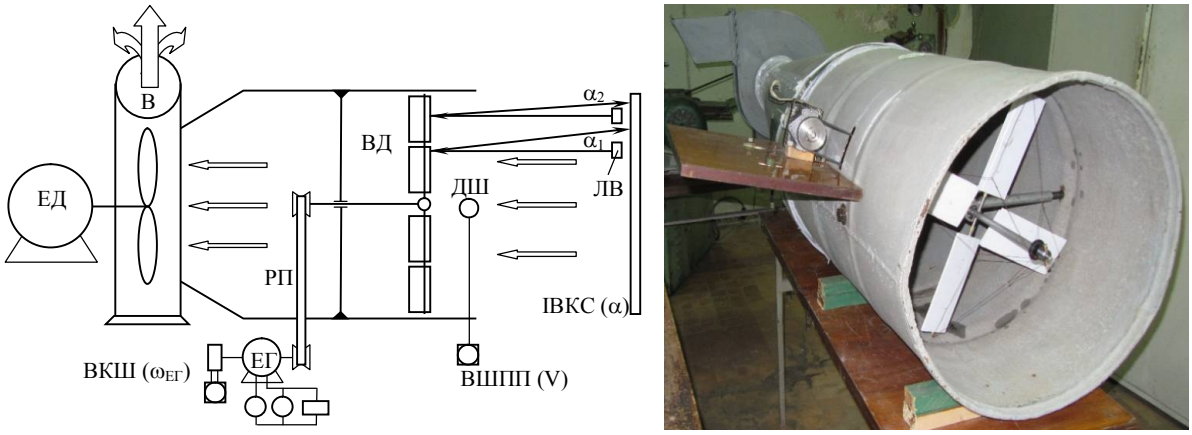



Рисунок 1 – Вітродвигун (а) та схема самоналаштування секції лопаті (б):
$Q_{вп}$ – сила вітрового потоку; $Q_к$ – сіла обертання; $Q_п$ – сила опору зустрічного потоку вітру; $Q_д$ – сила тиску на секцію лопаті; α – кут самоналаштування секції лопаті

При роботі колеса сила вітру, яка створює обертаючий момент, та сила опору обертанню лопаті від зустрічного потоку повітря, дія в різних напрямках, намагаються повернути кожну секцію лопаті, встановлену з ексцентриситетом, відносно вісі маха. В початковий період, під дією вітру секції лопаті повертаються до упору на кут 45 градусів відносно площини обертання колеса і повітряний потік з максимальною силою обертає колесо. При цьому, швидкість обертання росте, що провокує ріст опору від зустрічного потоку вітру і поворот кожної секції лопаті та зменшенню кута α в залежності від радіусу її обертання, що у свою чергу зменшує обертаючий момент. Коли обертаюча сила і сили опору врівноважаться, кожна секція встановлюється під відповідним кутом α і швидкість обертання колеса стає постійною, максимальною для заданих умов [3].

З метою перевірки функціонування структурної схеми вітроустановки з адаптивними лопатями та обґрунтування методики розрахунку лопатей з самоналаштуванням до швидкості вітру авторами створена експериментальна установка.

Були визначені критерії подібності, дотримання яких необхідно для проектування експериментальної установки та проведення експериментів: критерії Рейнольдса і Струхаля. Розраховано розміри моделі, які задовольняють критеріям подібності. Загальний вигляд експериментального стенда представлено на рисунку 2.




а) б)

Рисунок 2 – Схема (а) та загальний вигляд (б) експериментальної установки:
ДЕ – електродвигун; В – вентилятор; ВД – вітродвигун; РП – ремінна передача; ЕГ – електрогенератор; ВКШ – вимірювач кутової швидкості електрогенератора; ДШ – датчик швидкості повітряного потоку; ВШПП – вимірювач швидкості повітряного потоку; ЛВ – лазерні випромінювачі; ІКВС – індикатор кута відхилення секції

Стенд включає: аеродинамічну трубу з вентилятором, який обертається від двигуна постійного струму; генератора з приводом від вала вітроколеса, корпус якого встановлено в аеродинамічній трубі на двох стрижнях; вимірюючи прилади. Частота обертання вітроколеса замірювалась стробоскопічним тахометром, швидкість вітру – анемометром, потужність – амперметром і вольтметром, які підключались до клем електрогенератора разом з навантаженням. Положення лопатей відносно площини обертання вітроколеса вимірювалась за допомогою приладу, який включає лазер, дзеркала, що закріплені на частках лопатей, екрана з міліметрівкою [4]. Експерименти фіксувалися на відеокамеру. Обробка даних проводилась на комп’ютері.

Установка дозволяє виміряти наступні контрольовані параметри: швидкість повітряного потоку в зоні вітроколеса V, m/s; швидкість повітряного потоку перед вітроколесом $V_1$, m/s; швидкість повітряного потоку за вітроколесом $V_2$, m/s; швидкість обертання вітроколеса n, $min^{-1}$; кутову частоту обертання ротора електрогенератора $\omega_{ЕГ}$, $s^{-1}$; кути відхилень секцій лопаті $\alpha_1$, $\alpha_2$, gon; силу струму в замкнутому ланцюзі I, A; напругу на виході електрогенератора U, V; діаметр вітроколеса D, m.

За результатами експерименту можна обчислити: кутову частоту обертання вітроколеса $\omega_{ВК}$, $s^{-1}$; площу, що ометається повітряним потоком, S, $m^2$; потужність повітряного потоку ЕВП, Вт; силу, що діє на вітроколесо F, N; потужність вітродвигуна $P_{ВД}$, W; коефіцієнт трансмісії $K_{ТР}$; потужність вітроенергетичної установки $P_{ВЕУ}$, W; електричну потужність генератора $P_{ЕГ}$, W; механічну потужність вітродвигуна $P_{МЕХ}$, W.

Експериментальна установка дала змогу достатньо точно оцінювати контрольовані параметри вітродвигуна з адаптивними лопатями, вплив різноманітних факторів на потужність вітроустановки, обґрунтувати методику розрахунку лопатей з самоналаштовуванням до швидкості вітру.

*1. Патент України на корисну модель UA 112368. ВІТРОДВИГУН / Г.О. Оборський, Б.О. Моргун, АН. Бундюк. – № а 2015 01365; заявл. 18.02.2015; опубл. 25.08.2016. – Бюл. № 16.*

*2. Оборский Г.А. Методика конструирования ветроколеса с самонастраи-ваемой лопастью / Г.А. Оборский, Б.А. Моргун, Ю.Б. Моргун // Тр. Одес. нац. политехн. ун-та. – 2014. – Вип. Вып. 2(22). – С. 143–149.*

*3. Оборский,Г.А. Разработка ветроколес с многосекционными самонастраиваемы-ми лопастями / Г.А. Оборский, Б.А. Моргун. А.Н. Бундюк // Мат. науч.-техн. конф. «Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении». – Одесса, Киев: АТМ Украины, 2014. – С. 124–126.*

*4. Оборский Г.А. Определение положения в пространстве лопастей вращающегося ветроколеса с адаптивным управлением / Г.А. Оборский, Б.А. Моргун, А.Г. Белозёров // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Новые технологии в автоматизированном управлении: теория и практика. – 2013. – С. 121–124.*

УДК 662.62

**Шутемова К.П. студентка., Байцар Р.І. д.т.н.,проф.**

# ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВНИХ ГРАНУЛ

**Ключові слова:** деревні гранули, пресування, метрологічне забезпечення,показники якості, сертифікація, якість

Використання деревних гранул є доцільним, як з економічної точки зору, так і з погляду екологічної безпеки. Тенденція подорожчання традиційного палива (газ, нафта, вугілля) тільки збільшуватиме ефективність використання деревних гранул. Також важливим є те, що сировиною для виготовлення енергетичних гранул слугує деревина – поновлюваний ресурс, який є природнім акумулятором, що здатний накопичувати велику кількість сонячної енергії протягом тривалого часу. Деревні гранули – один з найекологічніших видів палива. Він не тільки не забруднює навколишнє середовище, але і вирішує проблему утилізації деревних відходів.

Деревина - це продукт біологічного походження. Вона являє собою складний комплекс, як в анатомічному, так і в хімічному відношенні. Приблизно 70% органічних речовин деревини складають вуглеводи, близько 30% - це речовини ароматичної природи, які називають лігніном. Невелику частину деревини становлять екстрактивні речовини. Поряд з органічними до складу деревини входять також мінеральні речовини, які становлять близько 0,2-1,2% . При спалюванні деревини утворюється твердий негорючий залишок - попіл. Вміст попелу залежить від породи деревини, від умов зростання дерева, його віку, пори року.

Найпоширенішим методом формування при виготовленні деревних гранул є пресування і протискання сировини через канали матриці циліндричними роликами [2]. Ефективність даного методу залежить від фізико-механічних властивостей вихідної деревної сировини, технологічних режимів і умов протікання процесу гранулювання. При цьому немає достатньо обґрунтованої інформації і технічної літератури з компонування, рекомендованого устаткування та технологічних процесів виробництв, які виготовляють деревні гранули.

Деревні паливні гранули – поновлюваний вид палива, який головним чином виготовляють з відходів деревопереробки. Гранули можуть використовуватися як паливо в побутових опалювальних системах, а також в промислових котлах. Вони являють собою високоякісне паливо, яке може пошкоджуватися при транспортуванні. Таким чином, управління якістю має охоплювати весь ланцюжок постачання від вибору сировини до доставки споживачеві.

Схема сертифікації ENplus була розроблена в 2010 році Німецьким пелетним інститутом (DEPI) як схема сертифікація якості деревних гранул на ринку тепла. Метою розробки було забезпечення постачання продукції стабільної якості. Цільовою аудиторією були виробники деревних гранул і трейдери, які здійснюють доставку споживачам.

Важлива зміна в схемі сертифікації пов'язано з класами якості гранул. Стандарт EN 14961-2 застарів, його замінив ISO 17225-2. Класи якості ENplus A1, ENplus A2 і ENplus B (табл. 1) ґрунтуються на новому стандарті, але вимоги ENplus до окремих властивостей гранул вищі, ніж в ISO 17225-2. Кожен клас якості має спеціальний знак якості, який повинен бути зазначений на мішках з гранулами.

Схема сертифікації включає такі процедури, передбачені стандартами, зазначеними в дужках:

- вимоги до сировини і властивостей продукції (ISO 17225-2);
- вимоги до управління якістю при виробництві деревних гранул і поводженні з ними (ISO 9001, EN 15234-2);
- вимоги до контролю, відстеження та документації від сировини до кінцевого продукту, що постачається замовнику.

Вимоги до внутрішнього контролю гарантують, що вимоги до продукції дотримуються постійно. Вимоги до роботи технічного обладнання, операційних процедур і документації чітко визначені, що має забезпечити швидке виявлення і усунення проблем. Вимоги до маркування та роботи з рекламаціями забезпечують високу ступінь задоволеності клієнтів. Система контролю призводить до підвищення рівня якості роботи і тим самим підвищує загальну продуктивність сертифікованих компаній-виробників.

Таблиця 1

Порогові значення найважливіших параметрів гранул

| **Параметр** | **Одиниця вимірювань** | **Enplus A1** | **Enplus A2** | **Enplus B** | **Стандарт випробувань** |
|---|---|---|---|---|---|
| Діаметр | мм | 6 ± 1 або 8 ± 1 | | | ISO 17829 |
| Довжина | мм | 3,15 < Д ≤ 40 | | | ISO 17829 |
| Вологість | % від маси | ≤ 10 | | | ISO 18134 |
| Зольність | % від маси | ≤ 0,7 | ≤ 1,2 | ≤ 2,0 | ISO 18122 |
| Механічна міцність | % від маси | ≥ 98,0 | ≥ 97,5 | | ISO 17831-1 |
| Дрібна фракція | % від маси | ≤ 1,0 (≤ 0,5) | | | ISO 18846 |
| Температура гранул | ◦C | ≤ 40 | | | |
| Нища теплотвірна здатність | кВт/кг | ≥ 4,6 | | | ISO 18125 |
| Насипна густина | кг/м$^3$ | 600 ≤ НГ ≤ 750 | | | ISO 17828 |
| Добавки | % від маси | ≤ 2 | | | |
| Азот | % від маси | ≤ 0,3 | ≤ 0,5 | ≤ 1,0 | ISO 16948 |
| Сірка | % від маси | ≤ 0,04 | ≤ 0,05 | | ISO 16994 |
| Хлор | % від маси | ≤ 0,02 | | ≤ 0,03 | ISO 16994 |
| Температура плавлення попелу | ◦C | ≥ 1200 | ≥ 1100 | | CEN/TC 15370-1 |
| Миш’як | мг/кг | ≤ 1 | | | ISO 16968 |
| Кадмій | мг/кг | ≤ 0,5 | | | ISO 16968 |
| Хром | мг/кг | ≤ 10 | | | ISO 16968 |
| Мідь | мг/кг | ≤ 10 | | | ISO 16968 |
| Свинець | мг/кг | ≤ 10 | | | ISO 16968 |
| Ртуть | мг/кг | ≤ 0,1 | | | ISO 16968 |
| Нікель | мг/кг | ≤ 10 | | | ISO 16968 |
| Цинк | мг/кг | ≤ 100 | | | ISO 16968 |

Виробництво пресованого біопалива дозволяє утилізувати різні види відходів, отримати екологічно чисте висококалорійне паливо, забезпечити основному виробництву статус маловідходного і екологічно «чистого», знизити витрати на перевезення і зберігання палива в порівнянні з деревними відходами (кусковими і м'якими) або дровами, підвищити культуру виробництва і отримати додатковий прибуток від реалізації біопалива, забезпечити умови для створення і безперебійного функціонування об'єктів малої енергетики, що працюють на місцевих видах палива, створювати нові робочі місця.


1. *Ивин, Е.Л. Гранулирование древесины. Практические и теоретические основы или что происходит внутри гранулятора /Е.Л.Ивин,В.М.Глуховский //.–Биоэнергетика –2007. № 3.–С.1.*
2. *Інтернет ресурс (http://www.pelletheat.org/).*
3. *Інтернет ресурс (http://www.granulirovanie.com/standart.php).*
4. *Інтернет ресурс (http://www.enplus-pellets.eu/ )*

УДК 681.7.08; 536.6.081

**Матвіїв Р.О., аспірант, Яцук В.О., д.т.н., проф., Здеб В.Б., к.т.н., асистент**

# АКТИВНИЙ ІМІТАТОР ОПОРУ З КОРИГУВАННЯМ ПОХИБОК, ЗУМОВЛЕНИХ ЛІНІЯМИ ЗВ'ЯЗКУ

**Ключові слова:** імітатор опору, лінії зв'язку, схема компенсації, зразкові міри, цифро-аналоговий перетворювач

В промислових умовах оперативний контроль засобу вимірювання проводиться з допомогою зразкових мір, які знаходяться на значних віддалях, що суттєво підвищує метрологічну надійність вимірювальних каналів. Відповідно зразкові міри опору повинні забезпечувати можливість передачі одиниць зразкового опору на значні віддалі, тобто бути чотирипровідними. В імітаторах опору [1] для зменшення впливу опорів ліній зв'язку на точність передачі зразкового опору використовують чотирипровідні схеми під'єднання ліній зв'язку, які коригують вплив усіх опорів ліній зв'язку. Для коригування впливу першої струмової лінії, яка з'єднана послідовно із зразковим опором використовують схему компенсації за струмом [2], друга струмова лінія додається до вихідного опору повторювача напруги, а обидві потенціальні лінії включаються послідовно із високим вхідним опором повторювачів напруги. Недоліком даної схеми є залежність функції коригування від значення опору зразкового резистора.

Запропонована функціональна схема активного імітатора опору з коригуванням похибок наведена на рисунку 1. В поданій схемі для компенсації впливу опору першої лінії зв'язку використана компенсаційна схема за напругою.

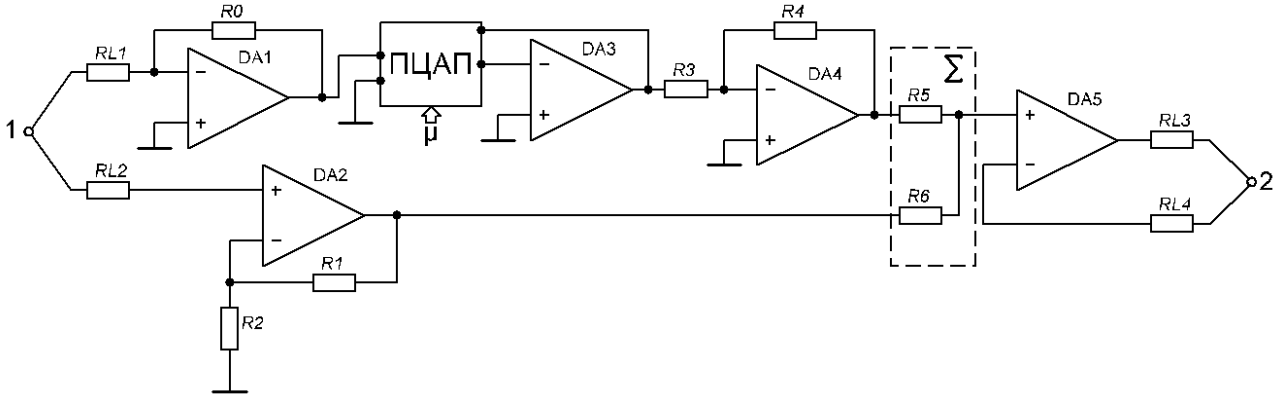



Рисунок 1 – Функціональна схема активного імітатора опору з коригуванням похибок

Функціональна схема складається із вхідного інвертуючого підсилювача DA1 із зворотнім зв'язком на зразковому резисторі $R_0$, вхідного повторювача DA2, помножувального цифро-аналогового перетворювача ПЦАП з вихідним підсилювачем DA3, інвертуючого підсилювача DA4, суматора напруги ∑ на резисторах $R_5$ та $R_6$, та вихідного підсилювача DA5. До точок імітації опору імітатор опору під'єднаний чотирма лініями зв'язку $R_{L1}$, $R_{L2}$, $R_{L3}$, $R_{L4}$. Під час під'єднання напруги від вимірювача опору до точок 1 і 2 через лінії $R_{L1}$ і $R_{L3}$ проходить вхідний струм $I_{вх}$. Відповідно на операційному підсилювачі DA1 формується напруга, яка визначається виразом:

$$U_{DA1} = -I_{вх} \cdot R_0,$$

де $R_0$ – значення опору зразкового резистора.

Напруга в точці 1 відносно спільної шини визначається виразом:

$$U_1 = I_{вх} \cdot R_{L1}.$$

Відповідно напруга на виході операційного підсилювача DA2 дорівнює:

$$U_{DA2} = I_{вх} \cdot R_{L1} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}.$$

Напруга виході операційного підсилювача DA3 визначається виразом:

$$U_{DA3} = I_{вх} \cdot R_0 \cdot \mu.$$

На виході інвертуючого підсилювача DA4 формується напруга:

$$U_{DA4} = -I_{вх} \cdot R_0 \cdot \mu \cdot \frac{R_4}{R_3}.$$

Вихідні напруги операційних підсилювачів DA2 і DA4 подаються на вхід резистивного суматора ($R_5$, $R_6$), вихідна напруга якого перетворюється вихідним підсилювачем DA5 і напруга в точці 2 дорівнює:

$$U_2 = -I_{вх} \cdot R_0 \cdot \mu \cdot \frac{R_4}{R_3} \cdot \frac{R_5}{R_5 + R_6} + I_{вх} \cdot R_{L1} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot \frac{R_6}{R_5 + R_6}.$$

Напруга між точками 1 і 2 визначається виразом:

$$U_{12} = I_{вх} \cdot R_{L1} + I_{вх} \cdot R_0 \cdot \mu \cdot \frac{R_4}{R_3} \cdot \frac{R_5}{R_5 + R_6} - I_{вх} \cdot R_{L1} \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot \frac{R_6}{R_5 + R_6}.$$

За умови, що виконуються рівності $R_1$=$R_2$, $R_4$=2$R_3$ і $R_5$=$R_6$, отримаємо:

$$U_{12} = I_{вх} \cdot R_0 \cdot \mu.$$

Імітований структурою опір визначається виразом:

$$R_{iм} = \frac{U_{12}}{I_{вх}} = R_0 \cdot \mu.$$

З аналізу видно, що запропонована схема коригує вплив опору лінії зв'язку $R_{L1}$ при певних умовах експлуатації та в певний момент часу. Опір лінії зв'язку $R_{L2}$ під'єднаний до високоомного входу підсилювача DA2 і не впливає на точність імітації опору. Опори ліній зв'язку $R_{L3}$ та $R_{L4}$ знаходяться в колах зворотного зв'язку операційного підсилювача DA5.

*1. Бойко О.В., Столярчук П.Г., Крохмальний Б.І., Яцук В.О. Підвищення метрологічної надійності вимірювальних каналів енергетичних об`єктів. / Вісник Націон. унів. "Львівська політехніка" „Електроенергетичні та електромеханічні системи". – Вип. 487.–2003.- С. 33-36.*

*2. Деклараційний патент на винахід № 47170 Україна, G01R27/00. Імітатор електричного опору / Бойко О.В., Столярчук П.Г., Яцук В.О. – №2001085761; Заявл.14.08.2001; Опубл. 17.06.2002, Бюл.№6. – 3 с.*

*3. Бойко О., Столярчук П., Яцук В. Імітатори опору, інваріантні до впливу опорів ліній зв'язку // Вимірювальна техніка та метрологія. - Вип.57.-2000. - С.43-46.*

УДК 658.562

**Бойко Т.Г., д.т.н., проф., Корчинська О.-С.І., студ.**

# РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД В НОВОМУ СТАНДАРТІ IATF 16949 :2016

**Ключові слова:** автомобілебудування, системи управління якістю, ризики, ризик-орієнтований підхід в системах управління

**Вступ.** Розвиток стандартів на системи управління (СУ) передбачає розширення спектру вимог до їх компонентів. Зокрема в стандарті [1] введено поняття ризику стосовно здійснення аудитів СУ. Під поняттям ризику тут розуміють вплив невизначеності на досягнення цілей як того, що процес аудиту може не досягнути своїх цілей, так і потенційної можливості того, що аудит буде заважати виконанню робіт і процесів об’єкта аудиту. Значно ширше трактується поняття ризику вже в новій версії стандарту на системи управління якістю (СУЯ) [2]. Так кожною СУЯ повинно бути передбачено ідентифікація, аналіз і оцінювання ризиків. Ризики можуть бути пов'язані з визначенням ресурсів, плануванням, укладанням контрактів, веденням протоколів, моніторингом, запобіганням невідповідностей тощо. А також ризики можуть супроводжувати будь-які дії з управління СУЯ, а саме розпочинаючи з її планування і формування та завершуючи критичним аналізом і поліпшенням. І хоча в стандарті не вказані конкретні рекомендації відносно процесу управління ризиками, однак признано, що організація може зосереджувати зусилля на тих питаннях, які є важливими для СУ.

**Мета дослідження.** Загалом так званий ризик-орієнтований підхід є сучасним трендом, який відображено практично у всіх найновіших міжнародних стандартах на СУ. Розглянемо як враховані вимоги щодо ризиків в стандарті [3] щодо СУЯ на підприємствах автомобільної промисловості і які є можливості запобігання і зниження негативного впливу ризиків на їх діяльність.

**Аналіз вимог IATF 16949 :2016.** Використовуючи традиційний процесний підхід на базі циклу PDCA, [3] рекомендує зосередитись на ризик-орієнтованому мисленні, застосовуючи всі доступні можливості для запобіганні небажаних результатів. І хоча в стандарті відсутні вимоги, які безпосеред ньо стосуються ризиків, однак вказівки щодо управління ризиками входять в більшість основних вимог. Так розділ 6 «Планування» практично весь стосується питань, пов’язаних з ризиками. Зокрема у п. 6.1.2.1 «Аналіз ризиків» зазначено: «…організація повинна… враховувати досвід, пов’язаний з відкликанням, аудитом і поверненням продукції, відшкодуванням збитків, реагуванням на скарги, відходами та утилізацією». Причому, доповнюючи положення [2], вказано, що організація повинна зберігати «… документально підтверджену інформацію як доказ результатів аналізу ризиків».

А згідно п. 6.1.2.2 «Превентивні дії» «Організація повинна … вживати заходи для усунення причин і запобігання потенційних невідповідностей. Профілактичні дії повинні відповідати ступеню важкості потенційних проблем», а організації слід зосередитись на попереджувальних діях. Зокрема:

а) визначати потенційні невідповідності та їх причини;

б) оцінювати необхідність дій для запобігання виникнення невідповідностей;

в) визначати та виконувати необхідні заходи;

г) документально підтверджувати інформацію про вжиті заходи;

д) перевіряти ефективності запобіжних дій;

е) використовувати досвід запобігання для аналогічних процесів.

Не менш важливою з погляду [3] є наявність плану дій у нестандартних, непередбачених чи надзвичайних ситуаціях. Так, організація повинна:

а) визначати і оцінювати внутрішні та зовнішні ризики для всіх виробничих процесів та інфраструктурного обладнання;

б) визначати плани відповідно до ризиків та їх наслідків для клієнта;

в) готувати плани на випадок таких непередбачених ситуацій як: несправність обладнання; переривання надходжень зовнішніх продуктів, процесів та послуг; повторюване стихійне лихо; пожежа; втрати корисності; нестачі робочої сили тощо;

г) внести в додатки до планів процес сповіщення клієнта та інших зацікавлених сторін щодо обсягу та тривалості будь-якої несприятливої ситуації;

д) періодично перевіряти (наприклад, шляхом моделюванням) ефективність планів;

в) щонайрідше щорічно перевіряти та за потреби оновлювати плани з залученням міждисциплінарної команди і найвищого керівництва;

е) документувати плани та зберігати документально підтверджену інформацію, що описує будь-які зміни, включаючи осіб, які їх затвердили.

Загалом, організація згідно п. 7.1.3.1 розділу 7 «Ресурси» повинна використовувати мультидисциплінарний підхід використовуючи методи ідентифікації і зниження негативного впливу ризиків на розвитку і стале поліпшення всієї інфраструктури підприємства.

Важливим елементом [3] є вимоги щодо здійснення аудитів, зокрема аудитів 2-ю стороною постачальників. Власне розділ 8 «Функціонування» рекомендує їх в першу чергу для оцінки ризиків, які супроводжуватимуть процес постачання (п. 8.4.2.4). На основі аналізу ризику, з врахуванням вимог щодо безпечності і нормативних вимог до продукції, показників діяльності постачальника та рівня сертифікації його СУЯ, організація повинна документально засвідчувати критерії для визначення потреби, типу, періодичності та обсягу перевірок 2-ю стороною. А для оцінювання рівня (ступеня) ризику згідно п. 8.3.2.1 рекомендовано застосовувати методики викладені в [4] і в [5].

Під час аналізу з боку керівництва, необхідно розглядати ефективність заходів з реагування на ризики. Причому частота заходів повинна збільшуватись пропорційно до розміру ризиків, що мають вплив на СУЯ чи пов'язану з нею діяльність (п. 9.3, розділу 9 «Оцінка результативності»).

І на завершення [3] в розділі 10 «Стале поліпшення» вказано, що організації для досягнення сталого успіху слід ретельно документувати результати аналізу ризиків з вказанням застосованого методу (наприклад PFMEA) і частоту аналізу ризиків процесів (п. 10.2.4).

**Зниження негативного впливу ризиків.** Під час запровадження СУ з метою досягнення максимальної результативності щодо виявлення, аналізу, ідентифікації і зниження негативного впливу ризиків в роботі запропоновано використовувати такі інструменти:

• APQP - процес планування якості продукції або послуги, що задовольнятимуть вимоги замовника; APQP слугує посібником як процесу розробки так і стандартного способу обміну результатами між організаціями та їхніми клієнтами; поруч з іншими елементами APQP охоплює надійність конструкції, відповідність конструкторським випробуванням та специфікаціям, розроблення технологічних процесів, стандарти інспектування якості, технологічні можливості, виробничі потужності, пакування і тестування виробів, план підготовки оператора тощо.

• FMEA - методологія виявлення та здійснення аналізу найбільш критичних ділянок виробничих процесів. З допомогою FMEA проводиться ідентифікація, аналіз і оцінювання всіх можливих помилок чи збоїв системи, визначення їх наслідків або небажаних впливів на систему в цілому з метою класифікації за критерієм їх критичності для функціонування системи.

• MSA - передбачає системний підхід до організації вимірювань. Формування і застосування уніфікованої системи аналізу вимірювань забезпечить надійні та релевантні вимірювальні дані, а також верифікацію і калібрування вимірювального та випробувальне обладнання, щоб забезпечити точність та простежуваність отриманих результатів.

• PPAP - передбачає процес схвалення продукту отриманого від контрагента. Організація повинна встановлювати, впроваджувати та підтримувати процедуру затвердження виробів чи процесів їх виробництва, що відповідає вимогам, визначеним замовником. Для цього від постачальників вимагають документально підтверджені та перевірені докази того, що вони можуть задовольнити вимоги замовників протягом регулярних виробничих циклів.

• SPC - полягає у використанні статистичний методів контролю виробничих процесів; зокрема системою SPC передбачена низка інструментів для методичного моніторингу та контролю. При цьому організація повинна слідкувати щоби відповідні статистичні інструменти були включені як складова частину процесу планування якісного удосконалення продукту, аналізу проектного ризику (наприклад, DFMEA), аналізу ризику процесу (наприклад, PFMEA) та плани контролю.

**Висновки.** Підсумовуючи можна стверджувати, що поняття «ризик» і «оцінка ризиків» є присутні в усіх розділах стандарту [3], що вказує на актуальність ризик орієнованого підходу в контексті сучасних вимог організації і функціонування систем управління якістю. Варто також зазначити, що зараз значно розвивається спектр інструментів, які дають змогу здійснювати ідентифікацію, аналіз, оцінювання і, загалом, управління ризиками.

*1. ДСТУ ISO 19011:2012 Настанови щодо здійснення аудитів систем управління (ISO 19011:2011, IDT). 2. ДСТУ ISO 9000:2015 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2015, IDT). 3. Automotive quality management system standard IATF 16949:2016 Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations International Automotive Task Force 1st Edition 1 October 2016. 4. VDA 6.3:2010 Quality Management in the Automotive Industry. Part 3 - Process Audit. - Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA). - 2nd completely revised edition, June 2010. 5. ДСТУ IEC 60812:2015 Методи аналізування надійності систем. Аналіз наслідків видів відмов (FMEA) (IEC 60812:2006, IDT).*

УДК 536.53

**Яцук Ю.В., к.т.н., доц., Коваль А.М. студент, Яцук В. О.д.т.н., проф.**

# КОРИГУВАННЯ ПОХИБОК ЦИФРОВОГО ПЕРЕНОСНОГО НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ТЕРМОМЕТРА

**Ключові слова:** діодний сенсор температури, цифровий вимірювач температури, коригування похибок, методика налаштування, програмовані системи на чіпі

Ідея використання зміни певних параметрів напівпровідникових пристроїв давно привертає увагу розробників термометрів, серед яких переважно використовується напруга на прямо зміщеному *pn*-переході. Однак через технологічні обмеження вона реалізовувалась надто повільно і лише останнім часом завдяки бурхливому розвитку напівпровідникової технології з'явились реальні шанси для створення високоточних цифрових термометрів (ЦТ), особливо в базисі програмованих систем на чіпі. Незаперечними перевагами напівпровідникових перетворювачів температури (НПТ) є висока чутливість, довгочасна стабільність, мала інерційність, порівняно невелика нелінійність, доволі широкий температурний діапазон використання, можливість точкових вимірювань температури, мала вартість та простота виготовлення [1].Відомо, що певні типи НПТ, реалізовані на основі транзисторних діодів, мають достатньо невеликі технологічні розкиди, які не перевищують декілька сотих часток кельвіна в температурному діапазоні від 0 до +100 $^0$C [2]. Для коригування інструментальних похибок усього напівпровідникового термометра доцільно використовувати програмовані системи на чіпі (ПСЧ), однак однополярне живлення таких мікросхем накладає певні обмеження на реалізацію структури термометра. Спроба періодичного контролювання значення вимірювальних струмів в структурі на основі ПСЧ обмежує точність таких напівпровідникових термометрів на рівні декількох десятих кельвіна через суттєву нелінійну залежність параметрів діодних перетворювачів температури (ДПТ)від значення вимірюваної температури [3]. Проведений аналіз показав, що в базисі ПСЧ деякі режимозадавальні елементи доцільно вибрати зовнішніми з потенціально-струмовою їх комутацією з огляду на доволі значні (до 1,5 кОм) значення опорів з'єднувальних ліній в ПСЧ (routinglines) [3].

Розроблена структура ЦВТ (рис. 1) побудована з максимальним використанням аналогових елементів, які є на чіпі, зокрема операційних підсилювачів (ОП)DA1, DA2 та ЦАПVDAC1-VDAC4.

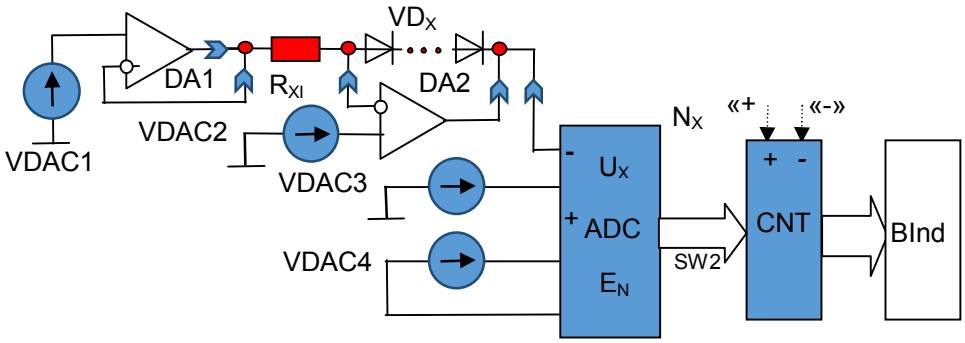



*Рисунок 1 – Структурна схема цифрового напівпровідникового вимірювача температури*

Напруга зміщення шкали перетворення внутрішнього диференціального АЦП формується ЦАПVDAC4 і її значення вибирається приблизно рівним половині напруги живлення ПСЧ. Генератор вимірювального струму реалізований на основі ОПDA2 із зовнішнім струмозадавальним резистором $R_{XI}$та декількох джерел опорної напруги (ДОН) VDAC1, VDAC2. Вихідний сигналVDAC1 $U_{out1}$ через повторювач напруги ОП DA1 подається до струмозадавального резистора$R_{XI}$ з потенціально струмовим під'єднанням. Оскільки вихідний сигнал НПТ є однополярним, а покази ЦТ в шкалі Цельсія повинні бути двополярними, то до неінвертувального входу ОП DA2 подана напруга зсуву $U_{out2}$ від VDAC2. Вихідна напруга з НПТ $U_X$ подається до інвертувального входу АЦП через потенціально струмове підключення. Цифровий код $N_X$ результату вимірювання подається співвідношенням (1):

$$N_X = k_{ADC}\,\mathrm{U_{inADC}}/\mathrm{U_{out4}} = k_{AD}\left(\mathrm{U^{+}_{ADC}} - \mathrm{U^{-}_{ADC}}\right) = k_{AD}\left(\mathrm{U_{out3}} + \mathrm{U_X} - \mathrm{U_{out2}} - e_2 - \Delta e_{\mathrm{ADC}}\right), \qquad (1)$$

де $\mathrm{U_{inADC}}$, $\mathrm{U^{+}_{ADC}}$ , $\mathrm{U^{-}_{ADC}}$ - відповідно, вхідна диференціальна та напруги спільного виду АЦП;

$k_{ADC}$ – коефіцієнт перетворення АЦП; $k_{AD}=k_{ADC}/U_{out4}$;

$U_X = U_{BEO} - \alpha\theta_X + \eta\varphi_T ln\left(\frac{T_X}{T_0}\right) + I_X R_B$ – напруга на НПТ; $U_{BEO}$ - напруга на НПТ при 0 $^0$C;

$\alpha$, $\eta$ , $R_B$ – відповідно, чутливість, коефіцієнт неідеальності і опір бази та виводів НПТ;

$T_X = \theta_X + T_0$; $\theta_X$ – вимірювана температура; $T_0$=273,15 К; $\varphi_T=kT_X/q$ – температурний потенціал;

$I_X=(U_{out1}-U_{out2})/R_{XI}$– вимірювальний струм НПТ; $\Delta e_{ADC}$ – напруга зміщення АЦП.

На рис. 1 значком позначено аналогові вводи-виводи ПСЧ; червоним кольором позначено зовнішні елементи; синім кольором позначено внутрішні елементи ПСЧ.

Основним недоліком структури на основі ПСЧ є те, що влаштовані на чіпі ЦАП мають малу дискретність встановлення їх вихідних напруг лише $2^{-8}$≈0,00391.У випадку спроби прямої реалізації співвідношення (1), це вимагатиме використання в ЦТ низки аналогових або цифрових підстроювань його функції індивідуальної функції перетворення в декількох точках вимірювального діапазону і вся процедура налаштування стає дуже громіздкою [2]. Враховуючи широкі можливості програмного забезпечення ПСЧ [3], пропонуємо проводити адитивне та мультиплікативне налаштування функції перетворення ЦТ у двох точках вимірювального діапазону. Природно, що за першу точку налаштування слід прийняти температуру $\theta_{1k}$=0 $^0$C, а другу прийняти близькою (приблизно 0,82) до максимального значення діапазону вимірювання [4]. З урахуванням малих значень коефіцієнта неідеальності ДСТ ($\eta$≈0,001), нелінійна складова похибки перетворення може бути зменшена до практично нехтівних значень (менших від одиниці молодшого розряду ЦТ).

Для отримання функції перетворення ЦТ в шкалі Цельсія пропонується запам'ятовувати код $N_{01k} = k_{AD}[U_{out3} - U_{out2} + U_{BEO} - e_2 + (\Delta e_{ADC})]$ при першій температурі налаштування $\theta_{1k}$=0 $^0$C, від якого віднімати поточні значення кодів. Тоді код вимірюваної температури визначиться як:

$$N_X = N_{\theta 1k} - k_{AD}[(U_{out3} - U_{out2} + U_{BEO} - e_2 + \Delta_{ADC}) - \alpha_X\theta_X] = k_{AD}\alpha_X\theta_X. \quad (2)$$

Вдругій температурі налаштування $\theta_{2k}$ отримується код $N_{\theta 2k}$

$$N_{02k} = N_{01k} - N_{X2k} = k_{AD}\alpha_{X2k}\theta_{2k} = k_{ADk}\theta_{2k}, \quad (3)$$

звідки значення калібрувального коефіцієнта перетворення ЦТ визначиться як:

$$k_{ADk} = k_{AD}\alpha_{X2k} = \frac{N_{2k}}{\theta_{2k}}, \quad (4)$$

яке запам'ятовується в ПСЧ і на яке домножуються усі поточні значення вимірюваних кодів.

З урахуванням розробленої процедури налаштування код вимірюваної температури $N_X$ дорівнюватиме:

$$N_X = k_{ADk}\theta_X. \quad (5)$$

Найдоцільніше реалізувати налаштування ЦТ в цифровій формі, особливістю якої є використання програмного забезпечення програмованих систем на чіпі.

За результатами експериментальних досліджень був виготовлений макет ЦТ з використанням ДСТ у вигляді послідовно сполучених п'яти транзисторних діодів [2]. Було розроблене програмне забезпечення ЦТ з використанням ПСЧ типу PSoC 5LP фірми Cypress Semiconductor. Експериментальні дослідження макету ЦТ показали коректність розробленої процедури проектування і налаштування ЦТ з діодними сенсорами температури на основі серійно виготовлюваних транзисторів. Його перевагою є невелика вартість при потенційно високій точності вимірювання температури. З метою підвищення точності ЦТ в розширеному вимірювальному діапазоні в подальшому слід коригувати нелінійну складову його похибки.

За умови використання зразкового термометра на місці експлуатації можна скоригувати як адитивну так і мультиплікативну складові похибки вимірювача з похибками, значення яких буде таким практично визначатися його похибками.


1. *Вимірювальні перетворювачі (сенсори) [Текст]: підручник / Є. С. Поліщук, В. М. Ванько, В. О. Яцук, М. М. Дорожовець, Ю. В. Яцук // – Вид-во Нац. ун-ту «Львів. Політехніка», 2015. – 584 с.*
2. *VasylykhaKh., YatsukYu., ZdebV., YatsukV. Experimental studies of temperature channel efficiency for solar energy systems, Eastern-EuropeanjournalofEnterpriseTechnologies. T. 3/8 (87) (2017), P. 10-16.*
3. *VivekShankarKannan, JulieChen. AN60590 explainsdiode-based temperature measurement using PSoC® 3, PSoC 4, andPSoC 5LP. - Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.cypress.com/documentation/application-notes/an60590-psoc-3-psoc-4-and-psoc-5lp-temperature-measurement-diode.*
4. *Яцук В.О., Малачівський П.С. Методи підвищення точності вимірювань: Підручник. – Львів: Вид-во «Бескид-біт», 2008. – 368 с.*

УДК 681.121.83

**Середюк О.Є., д.т.н. проф., Малісевич Н.М., аспірантка**

# ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО КОЕФІЦІЄНТА ПАЛЬНИКА ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

**Ключові слова:** природний газ, теплота згорання, пальник, конструктивний коефіцієнт пальника, похибка, калібрування

З врахуванням підвищення цін на енергоносії, в тому числі на природний газ, актуальним є питання підвищення точності вимірювання із застосуванням нових підходів до його обліку. Виходячи з міжнародного досвіду і чинного в Україні національного стандарту [1] облік природного газу повинен здійснюватися інформаційно-вимірювальними системами, які дозволяють вимірювати не тільки його спожитий об'єм чи витрату, але і враховують при цьому теплоту згорання природного газу.З урахуванням цього факту переважно застосовують лабораторні розрахункові методи визначення теплоти згорання природного газу із використання хроматографів. Проте цей метод неможливо реалізувати безпосередньо у споживача через значну вартість практичної реалізації і і практичну відсутність мобільних доступних хроматографів. Тому актуальним є розвитокекспрес-методів визначення теплоти згорання природного газу, в тому числі у споживачів.

За участю авторів запропонований новий спосіб для експрес-визначення теплоти згорання природного газу [2], який базується на вимірюванні температури спалюваного у пальнику газу.При реалізації способу забезпечується згорання сумішіпостійного об'ємного співвідношення досліджуваного газу з повітрям із застосуванням у конструкції пальника інжекторного забірного пристрою навколишнього повітря іпроградуйованого по витраті торцевого звужувального пристрою, через який здійснюється витік газу для спалювання. Для оцінки можливостей і сфери застосування цього способу необхідно здійснити метрологічний аналіз такого методу вимірювання теплоти згорання природного газу.

Метою роботи є дослідження методичної похибки при експериментальному оцінюванні конструктивного коефіцієнта пальника дляреалізації експрес-контролю теплоти згорання природного газу.

Алгоритм реалізації способу експрес-контролю записується формулою[2]:

$$H_c = \frac{(A \cdot T - B \cdot K_1 \cdot \varphi)}{q_c \cdot \tau} \qquad (1)$$

де $H_c$– нижча теплота згорання природного газу, $A$–конструктивнийкоефіцієнт виконання пальника, $T$–вимірювана температура полум'я пальника, $B$– питома теплотапароутворення води (вологи повітря навколишнього середовища), $K_1$–конструктивний коефіцієнт інжекторногопристрою пальника, φ – абсолютна вологість повітря навколишнього середовища, $q_c$– об'ємнавитрата газу через торцевий звужувальний пристрій за стандартних умов, τ – тривалість пропуску об'єму газу через пальник.

Реалізація методу здійснюється в два етапи, перший з яких передбачає визначення конструктивного коефіцієнта пальника під час його калібрування, а наступний етап є вимірювальним, при якому відбувається використання конструктивного коефіцієнта як відомої величини при розрахунку теплоти згорання природного газу.

В даному дослідженні зупинимося на метрологічному аналізі першого етапу, тобто при визначенні конструктивного коефіцієнта пальника. При цьому значення конструктивного коефіцієнта виконання пальника $A$ визначають під час попереднього калібрування пальника, на якому проводять вимірювання, щонайменше на трьох сумішах природного газу відомої теплоти згорання, як функцію від робочих параметрів згорання природного газу.

З врахуванням виразу $K_1=K_i \cdot q_c \cdot \tau$($K_i$–коефіцієнт інжекції інжекторногопристрою пальника)алгритм (1) подамо у вигляді:

$$H_c = \frac{(A \cdot T - B \cdot K_i \cdot \varphi \cdot q_c \cdot \tau)}{q_c \cdot \tau}, \text{ Дж/м}^3, \qquad (2)$$

Оскільки при калібруванні пальника необхідно кількісно оцінити значення конструктивного коефіцієнта $A$, то на підставі (2) вираз для його обчислення можна подати у вигляді:

$$A = \frac{H_c \cdot q_c \cdot \tau}{T} + \frac{B \cdot K_i \cdot \varphi \cdot q_c \cdot \tau}{T} \quad (3)$$

Така форма подання виразу (3) дає можливістьсформулювати дві складових методичної похибки$\Delta_A$, одна з яких $\Delta_{A0}$ формується на базі першої складової формули (3) і характеризує основну похибку, а друга складова похибки $\Delta_{AД}$ формується на базі другої частини виразу (3) і розглядається як додаткова похибка, оскільки вона залежить від вологості навколишнього середовища (повітря), яке приймає участь у спалюванні газу.

На підставі двох складових формули (3) сумарна методична похибка визначення конструктивного коефіцієнта виконання пальниказапишеться виразом:

$$\Delta_A = \Delta_{A0} + \Delta_{AД} \quad (4)$$

Кожну із складових похибки у формулі (4) можна розглядати як похибку, яка має місце при опосередкованих вимірюваннях. Оскільки число інформативних параметрів у кожній складовій становить чотири і більше, то з врахуванням рівномірного закону розподілу інструментальних похибок вимірювальних засобів можна скористатися формулою:

$$\Delta_A = \pm \frac{K_q}{\sqrt{3}} \cdot \left[ \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \Delta_i^{\,2}} + \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \Delta_j^{\,2}} \right] \quad (5)$$

де $\Delta_i$, $\Delta_j$– граничні значення оцінки похибок вимірювання *i*-их та*j*-их параметрів (аргументів) кількість яких становить *n* і *m* відповідно; $К_q$ – квантиль, який для кількості аргументів від чотирьох і більше при довірчій ймовірності 0,95, становить $К_q$=1,96.

Конкретизація формули (5) стосовно виразу (3) набуває вигляду:

$$\Delta_A = \pm \frac{K_q}{\sqrt{3}} \cdot \left[ \sqrt{\Delta_{H_c}^{\,2} + \Delta_T^{\,2} + \Delta_{q_c}^{\,2} + \Delta_\tau^{\,2}} + \sqrt{\Delta_B^{\,2} + \Delta_{K_i}^{\,2} + \Delta_\varphi^{\,2} + \Delta_T^{\,2} + \Delta_{q_c}^{\,2} + \Delta_\tau^{\,2}} \right] \quad (6)$$

На підставі довідкових даних і метрологічних характеристик застосовуваних вимірювальних засобів, які застосовуються при калібруванні пальника, приймаємо такі значення граничних похибок: $\Delta_{Hc}$=±1%; $\Delta_{qc}$=±1,5%;$\Delta_B$=0 (вибирається з довідкових даних, що дозволяє знехтуватицією похибкою);$\Delta_{Ki}$=±0,2% (враховується тільки зміна витрати повітря, яке використовується при спалюванні різної калорійності природного газу, що зумовлює зміну співвідношення між об'ємами газу і повітря); $\Delta_\varphi$=±1% (похибка термогігрометра моделі TFA 305023).

Гранична похибка вимірювання температури визначається формулою:

$$\Delta_T = 0{,}5 \cdot \left( \frac{N_T}{273{,}15 + t} \right) \cdot S_T = \pm 0{,}68\% \quad (7)$$

де $S_T$=1 – клас точності термометра; $N_T$=1600 К–діапазон шкали вимірювання термометра.

Гранична похибка вимірювання тривалості пропуску об'єму газу через пальник визначається з виразу:

$$\Delta_\tau = \frac{\varepsilon_\tau}{\tau} \cdot 100\% = \pm 5{,}55 \cdot 10^{-3}\% \quad (8)$$

де $\varepsilon_\tau$=0,1 с – абсолютна похибка вимірювання часу.

Для кількісної оцінки похибки $\Delta_A$ задаємося такими значеннями параметрів при калібруванні пальника: $H_c$=38·10$^6$ Дж/м$^3$; $q_c$=0,016 м$^3$/год;$B$=2258,2·10$^3$ Дж/кг;$K_i$=9,52 м$^3$/м$^3$; φ=10,27·10$^{-3}$ кг/м$^3$; τ=180 с; $t$=800°С.

Після підстановки числових значень складових похибки у (6) отримаємо $\Delta_A$=±1,54%.

**Висновки:** Виконаний кількісний метрологічний аналіз визначення конструктивного коефіцієнта пальника підтверджує можливість практичної реалізації нового методу експрес-контролю теплоти згорання природного газу, який буде характеризуватися достатньою простотою при одночасному досягненнінеобхідної для практики точності вимірювань.


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

*2. Пат. 112737 С2 Україна, МПК (2006.01) G01N25/20. Спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу / Середюк О.Є.,Лютенко Т.В,Малісевич Н.М. – № а201512215; заявл. 09.12.2015; опубл. 10.10.2016; Бюл. № 19.*

УДК 656.7.08

**Микийчук М.М. д.т.н., проф., Зіганшин Н. С., студентка**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

**Ключові слова:** безпілотні літальні апарати, дрони, дрони-кур'єри, транспортування, Amazon, сфера послуг, якість послуг, споживач, нормативно-технічне забезпечення, безпека експлуатації

Сьогодення безпілотних літальних апаратів можна окреслити словами: « Чи небо – це межа? ». Саме під такою назвою проходила перша у США виставка безпілотних літальних апаратів (БПЛА, дронів). На ній були представлені дрони для перегонів, відеозйомки та перевезень. Особлива увага була надана так званим дронам – кур'єрам, котрі можуть доставляти онлайн-покупки у найкоротші терміни.

Перевезення за допомогою БПЛА має стрімку тенденцію розвитку у найближчі роки. Такий вид перевезень є надзвичайно перспективним для доставки малогабаритних товарів, і тому ряд компаній успішно рухається у даному напрямку, однак постійно стикаючись з низкою обмежень місцевих урядових органів.

Так, ще у 2013 році генеральний директор та засновник Amazon Джефф Безос розповів про плани компанії щодо використання дронів для доставки товарів протягом 30 хвилин під назвою «Prime Air». Для того щоб забезпечити такий вид доставки замовлення має бути таким: меншим за 5 фунтів (2,25 кг); достатньо невеликим, щоб вписатись у вантажний ящик; мати місце доставки в радіусі 10 миль (16 км).

Перше таке замовлення «Prime Air» від Amazon було здійснене 7 грудня 2016 року у місті Кембридж, Великобританія. Весь процес був зафіксований на камеру, а ролик опублікований 14 грудня 2016 року на офіційному каналі Amazon на YouTube.

Однією з основних характеристик БПЛА є вантажопідйомність. Нещодавно один з найбільших китайських інтернет-магазинів JD.com анонсував дрон з вантажопідйомністю до 1 тони. Цей проект планується завершити протягом двох-трьох років. Також варто зазначити, що програма доставки за допомогою БПЛА від JD.com відрізняється від програми Amazon, тим, що китайська компанія спеціалізується на доставці вантажу з міст у сільську місцевість.

Компанія Boenig провідний виробник літаків громадського та вантажного призначення також бере участь у перегонах дронів. У жовтні минулого року гігант викупив компанію Aurora Flight Sciences, яка займається виробництвом автономних дронів і літаків. За три місяці інженери цієї компанії змогли в найкоротші терміни створити та провести перші випробування дрону вагою 339 кг та вантажопідйомністю 225 кг. Компанія Aurora Flight Sciences також тісно співпрацює з Uber у створенні першого літаючого таксі.

Основними вимогами, що висуваються споживачами перед надавачами послуг такі:

- надійність перевезень;
- мінімальна тривалість доставки;
- своєчасність доставки;
- наявність додаткових послуг;
- функціональна придатність транспортного засобу;
- безпека транспортного засобу;
- експлуатаційна готовність перевізника.

Показник якості транспортної послуги – кількісна характеристика однієї або декількох споживчих властивостей послуги, що складають її якість. Якість перевезень оцінюється за сукупністю характеристик, що визначають їх придатність задовольняти потреби вантажовідправників чи вантажоодержувачів у відповідних перевезеннях.

Для підвищення якості перевезень транспортні підприємства повинні проводити періодичні перевірки якості надаваних послуг. Як правило, тут використовується анкетний метод опитування споживачів послуг, так як незалежний аналіз дозволяє об'єктивніше зіставити відповідність заявленої якості реальній.

Головною ціллю всіх цих проектів є забезпечення швидкого та оперативного надання послуг. Важливим є питання можливості автономної роботи дронів. Це було частково вирішено компанією

American Robotics, яка створила дрон під назвою «Scout», що використовується у сільськогосподарських цілях, він також допомагає у вирішенні багатьох проблем фермерів. Проте робота у полі, де немає високих будівель, суттєво відрізняється від роботи в умовах міста. Виникає потреба у створенні карт нового покоління тривимірного формату та відстежування дронів не лише за місцезнаходженням, але й висотою його польоту та іншими параметрами.

Літаючі дрони-кур'єри сьогодні не мають широкого застосування, оскільки більшість таких проектів проходить стадію розробки та тестувань. Але в найближчому майбутньому вони можуть стати невід'ємною частиною сфери послуг. Ми часто бачитимемо цих «кур'єрів» у роботі. Проблемним залишається питання забезпечення додаткової безпеки і врахуванні усіх важливих чинників пов'язаних з можливістю їх падіння. Сьогодні запропоновано декілька варіантів вирішення цієї проблеми, однією з них є так зване самознищення, при якому дрон самостійно відслідковуватиме свій технічний стан і при падінні розлітатиметься на невеликі модулі, котрі не зможуть спричинити великої шкоди.

Використання БПЛА у сфері малогабаритних та середньогабаритних перевезень є питанням майбутнього, і навіть сьогодення, оскільки знаходяться на завершальному етапі випробувань. Однак це вимагатиме розроблення та впровадження належного нормативно-технічного забезпечення їх якості і безпеки експлуатації.


1. *http://www.50northspatial.org/ua/uavs-everyday-life/*
2. *https://itc.ua/news/gruzovoy-dron-boeing-sposoben-perevozit-gruzyi-massoy-do-227-kg/*

УДК 378.09:796:004

**Косач Н.І., д.т.н., проф., Бондаренко Г.Г., здобувач**

# ІНОВАЦІЙНІЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВИКЛАДАЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

**Ключові слова:** викладацька діяльність, якість, оцінювання якості викладацької діяльності, рейтингове оцінювання, студентоцентричне навчання, оцінювання компетентності

Якість підготовки фахівців інженерно-технічних спеціальностей, зокрема з метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, у закладах вищої освіти (далі – ЗВО) залежить від багатьох факторів, але перш за все від компетентності й професіоналізму науково-педагогічних і педагогічних працівників, а також від їх спроможності застосовувати нові технології й підходи у навчанні.

На сьогодні існує низка нормативних і регламентуючих документів, які застосовні або рекомендовані для ЗВО України щодо необхідності оцінювання якості викладацької діяльності, а також у яких визначено вимоги щодо підвищення кваліфікації, атестації та сертифікації науково-педагогічних, педагогічних й наукових працівників ЗВО [1–5]. Особливістю цих документів є те, що значну увагу в них приділяється необхідності залученню студентів в оцінюванні роботи викладачів.

У таблиці 1 наведено порівняльний аналіз нормативних документів у яких встановлено вимоги до оцінювання якості надання освітніх послуг.

Таблиця 1

Порівняння вимог нормативних документів

| № | Назва документу | Статті/пункти в яких є вимоги щодо необхідності оцінювання компетентності тощо | Статті/пункти в яких є вимоги щодо необхідності залучання замовників та стейкхолдерів до процесів оцінювання |
|---|---|---|---|
| 1 | Закон України «Про освіту» [1] | стаття 41 (п.3, п.4), 54, 59 | – |
| 2 | Закон України «Про вищу освіту» [2] | стаття 16 (ч. 2) | – |
| 3 | Стратегія реформування вищої освіти в Україні до 2020 року [3] | 3.9 Професійний розвиток викладачів | 3.2 Створення системи забезпечення якості вищої освіти |
| 4 | Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти (ESG) [4] | 1.5 Викладацький склад | 1.3 Студентоцентричне навчання, викладання та оцінювання |
| 5 | Стандарт ISO 9001:2015 [5] | 7.2 Компетентність | 4.2 Розуміння потреб і очікувань зацікавлених сторін<br>5.1.2 Орієнтація на замовника<br>9.1.2 Задоволеність замовника<br>9.3.2 Вхідні дані аналізування системи управління |

Як видно з табл. 1 вимоги оцінювання компетентності науково-педагогічних і педагогічних працівників ЗВО є обов’язковим до виконання. Щодо необхідності залучання замовників та стейкхолдерів до процесів оцінювання в законі України «Про освіту» [1] зазначено, що внутрішній моніторинг якості освіти проводиться закладами освіти або іншими суб’єктами освітньої діяльності, до яких належать здобувачі освіти. Але якщо ЗВО прагне бути конкурентоспроможним в Європейському просторі вищої освіти, виконання лише норм закону не є достатнім. Документи рекомендовані Міністерством освіти і науки України та моделі за якими ЗВО будують внутрішню систему забезпечення якості вимагають залучати до процесів оцінювання головних замовників освітніх послуг – студентів.

З метою сприяння впровадженню внутрішніх систем забезпечення якості освіти у ЗВО, з’ясування її дієвості та ефективності Міністерство освіти і науки України у травні-червні 2017 року провело анкетування ЗВО.

Результати анкетування з дослідження «Системи внутрішнього забезпечення якості освіти» були представлені 19 січня 2018 року президентом Міжнародного фонду досліджень освітньої політики Т. Фініковим, який зазначив, що найгіршою є ситуація з оцінюванням науково-педагогічних і педагогічних працівників. Відповідні рейтинги розмістили лише 14 % ЗВО, хоча ця інформація повинна бути присутньою у публічному доступі (під час дослідження було проаналізовано анкети 124 ЗВО). Опитування студентів щодо рівня їх задоволеності проводять 63,2 % ЗВО, регулярні опитування стосовно якості освітніх програм – 64,7% ЗВО. Але розбіг між ідеальною та реальною ситуацією за результатами оцінювання викладача студентами досягає майже 30 % [6].

Серед лідируючих ЗВО України, які за результатами власного аналізування «Консолідованого рейтингу вузів України 2017 року» посіли 1 – 14 місце [7], встановлено, що близько 20 % провідних ЗВО не мають оприлюднену систему рейтингового оцінювання науково-педагогічних працівників і лише близько 40 % залучають студентів до процесів оцінювання викладацької діяльності (рисунок 1). Це зумовлено відсутністю єдиної моделі та механізму оцінювання, яки би враховували думку студентів.

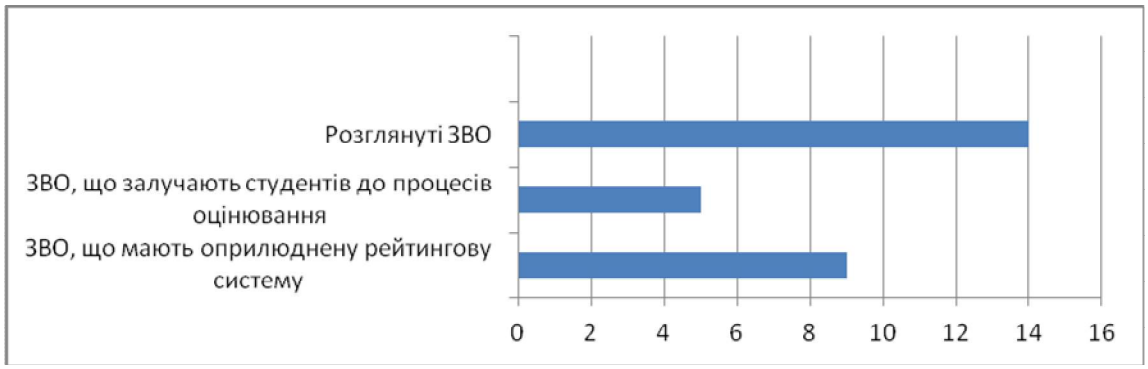



Рисунок 1 – Аналіз лідируючих ЗВО України

Наразі в системах оцінювання якості діяльності науково-педагогічних і педагогічних працівників провідних світових ЗВО активно залучають студентів до процесів оцінювання [8 – 12]. Однією із головних цілей такої оцінки є те, що викладач має зворотній зв'язок або інформацію, яка потім буде повідомляти про його ефективність навчання. Оцінювання діяльності викладачів включає три джерела оцінювання:

– Student Generated Data (оцінювання студентами);
– Teaching Portfolio (портфоліо викладача, самооцінювання);
– The Peer Evaluation (експертна оцінка).

Заохочуючи різні джерела оцінювання з різних точок зору, побудовано збалансований підхід до оцінювання. Слід зазначити, що кожна з категорій сама по собі обмежена. Оцінка викладання є орієнтованою на продуктивність кандидата в даному навчальному році. Оцінка враховує джерела: оцінки студентів, оцінки колег, самооцінку, результати якої включені до річного звіту і інші відповідні матеріали.

Таким чином, провідні світові ЗВО проводять комплексне оцінювання, в яке, окрім критерію оцінки студента, розглядаються інші оцінки, наприклад, самооцінювання викладача, звіти від осіб, що не входять в установу, оцінку колег по роботі, в результаті чого досягається більш комплексна оцінка діяльності.

Результати порівняння систем оцінювання вітчизняних і світових ЗВО вочевидь демонструють необхідність розробки уніфікованих процедур:

– оцінювання науково-педагогічних працівників ЗВО;
– залучення студентів до активної участі у творенні навчального процесу, процедури набору і розвитку викладацького складу.

Проаналізувавши нормативні документи та вимоги в сфері освіти та досвід провідних світових та українських ЗВО стає зрозумілим, що наразі в Україні не існує єдиної системи оцінювання викладацької діяльності.

За результатами аналізування встановлено, що в більшості розглянутих систем студентів не залучають в процеси оцінювання якості викладацької діяльності. Вочевидь більшість українських ЗВО не мають налагодженої системи реагування на потреби і не залучають студентів до

управлінських процесів. Також необхідно враховувати оцінювання експертами (іншими викладачами, або методичними комісіями) по всіх напрямках роботи викладача.

Отже для отримання об'єктивної оцінки якості викладацької діяльності, необхідно застосовувати комплексне оцінювання, що у свою чергу приведе до більш об'єктивного достовірності оцінювання якості надання освітніх послуг.

*1 Закон України «Про освіту» від 05.09.2017 № 2145-19 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2145-19/ – 03.01.18 р. – Загол. з екрану.*

*2 Закон України «Про вищу освіту» від 1 липня 2014 року № 1556-VII зі змінами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1556-18/ – 03.01.18 р. – Загол. з екрану.*

*3 Проект «Стратегія реформування вищої освіти в Україні до 2020 року» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://old.mon.gov.ua/img/zstored/files/HE%20Reforms%20Strategy%2011_11_2014.pdf – 03.01.18 р. – Загол. з екрану.*

*4 Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти (ESG) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.enqa.eu/indirme/esg/ESG%20in%20Ukrainian_by%20the%20British%20Council.pdf – 03.01.18 р. – Загол. з екрану.*

*5 ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) Системи управління якістю. Вимоги К.: Держспоживстандарт України, 2015. - 32 с.*

*6 Презентація виступу Тараса Фінікова [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.univer.kharkov.ua/images/redactor/news/2018-01-19/vystup-finikov.ppsx – 30.01.18 р. – Загол. з екрану.*

*7 Консолідований рейтинг вузів України 2017 року» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ru.osvita.ua/vnz/rating/51741/ – 03.01.18 р. – Загол. з екрану.*

*8 Guidelines for Evaluating Teaching [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.crlt.umich.edu/tstrategies/guidelines – 03.01.18 р. – Загол. з екрану.*

*9 Teaching Evaluation Handbook [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.towson.edu/provost/academicresources/documents/tu_teaching_evaulation_handbook_2012.pdf – 03.01.18 р. – Загол. з екрану.*

*10 Criteria for Evaluating Teaching Performance [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://edc.polyu.edu.hk/papers/MGT/Criteria%20for%20evaluating%20teaching%20performance%20(LTC,%202014).pdf – 03.01.18 р. – Загол. з екрану.*

*11 Questionnaire evaluating teaching competencies in the university environment. Evaluation of teaching competencies in the university Juan Antonio Moreno-Murcia1, Yolanda Silveira Torregrosa, Noelia Belando Pedreño New approaches in educational research Vol. 4. No. 1. January 2015 pp. 54-61 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4919656.pdf – 03.01.18 р. – Загол. з екрану.*

*12 Methods of Evaluating Teacher Effectiveness [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.esd101.net/cms/lib/WA01000865/Centricity/Domain/67/Article_MethodsofEvaluating_NCCTQ.pdf – 03.01.18 р. – Загол. з екрану.*

УДК 378

**Косач Н.І., д.т.н, проф., Чернобай Н.В., здобувач**

# СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

**Ключові слова:** заклад вищої освіти, якість, система управління якістю, статистичні методи оцінювання, моніторинг, внутрішнє оцінювання діяльності, зовнішнє оцінювання діяльності, рейтинг, самооцінювання, бенчмаркінг

Економічний, науковий, технологічний і технічний розвиток будь-якої країни залежить від інтелектуального потенціалу її населення, яке формується діючою системою освіти. Сучасні умови науково-технічного прогресу вливають на вимоги до фахівців, та як наслідок, якість надання освітніх послуг. Провадження сучасних методів оцінювання результатів діяльності закладів вищої освіти, які сприятимуть розвитку ефективної взаємодії з внутрішніми і зовнішніми зацікавленими сторонами, підвищенню якості надання освітньої послуги, реалізації принципу студентоцентричного навчання і забезпечення сталого розвитку закладу [1].

Проблемою оцінювання різних аспектів діяльності закладів вищої освіти (далі – ЗВО) у різні часи займались вітчизняні і закордонні науковці, зокрема В. Кремінь, Л. Віткін, П. Каліта, Г. Хімічева, О. Алфьорова, Л. Волощук, С. Матюх, García-Aracil, A. Palomares-Montero, D., Tommaso Agasisti, Birutė Pranevičienė, Aurelija Pūraitė [2-8]. Аналіз публікацій за цією темою показав, що питання оцінювання якості й ефективності діяльності ЗВО є актуальне але досить суперечне.

У новому Законі «Про освіту» від 05.09.2017 № 2145-19 у ст. 43-44 і 46-47 задля забезпечення якості освіти в загалом визначені такі процедури зовнішнього оцінювання: ліцензування освітньої діяльності, акредитація освітніх програм, інституційна акредитація, зовнішнє незалежне оцінювання [9]. А у діючому Законі «Про вищу освіту» аналогічні процедури зазначені у ст. 23-25 [10], але не зазначене зовнішнє незалежне оцінювання. В дійсності, ЗВО з різного приводу додатково проходять ще інші процедури оцінювання. Але існуючі законодавчі акти не регламентують вимог саме до процедури внутрішнього оцінювання якості. З огляду на це і виходячи з аналізу літературних джерел було запропоновано систему оцінювання діяльності ЗВО, яку представлено на рис. 1.

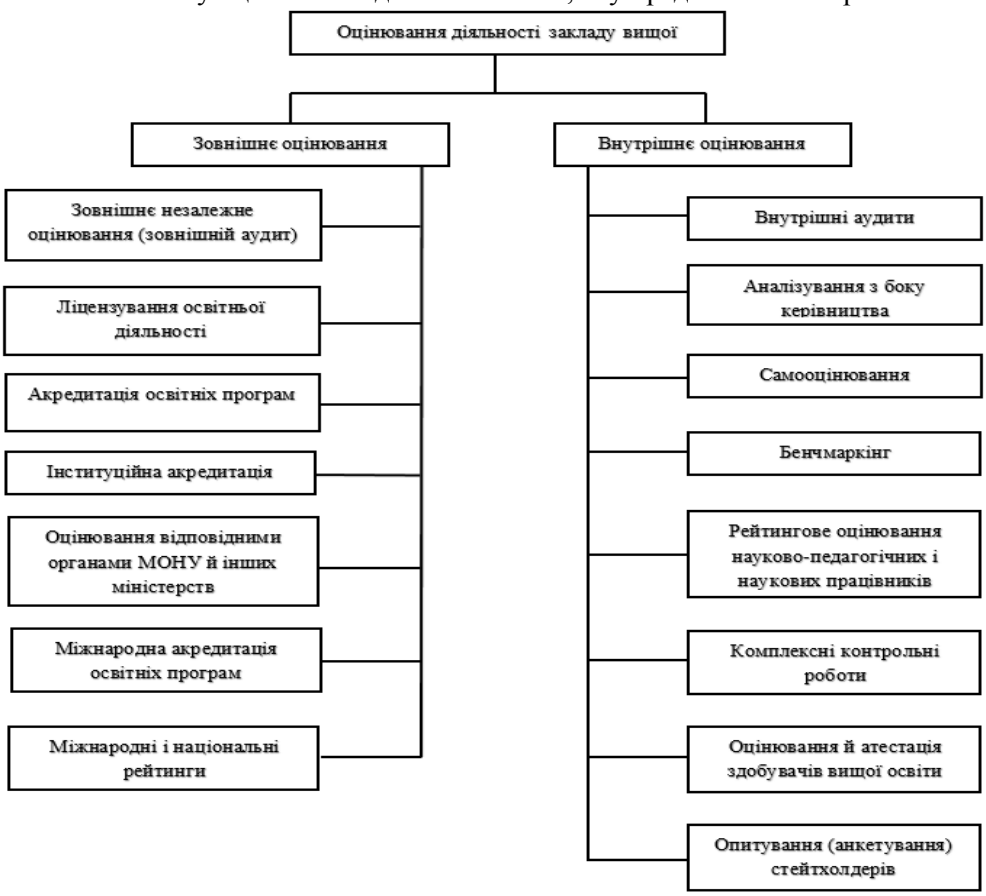



Рисунок 1 – Система оцінювання діяльності закладу вищої освіти

Ця системи поділена на 2 підсистеми – зовнішнього і внутрішнього оцінювання, які складаються з відповідних процедур.

Основні види діяльності ЗВО і процедури, підчас яких вони перевіряються, вказано у табл. 1. Як видно з табл. 1, практично всі зовнішні процедури оцінювання охоплюють основні види діяльності ЗВО, тому результати таких оцінювань є дуже корисними для визначення заходів, які будуть сприяти поліпшенню і розвитку діяльності ЗВО. Однак слід зазначити, що корегувати ці процедури ЗВО не має можливості.

Таблиця 1

Процедури оцінювання основної діяльності ЗВО

| **Основні види діяльності ЗВО** | **Процедури оцінювання** | |
|---|---|---|
| | **Зовнішні** | **Внутрішні** |
| Освітня діяльність | Всі процедури | Всі види |
| Наукова діяльність | Всі процедури | Внутрішній аудит, аналізування з боку керівництва, самооцінювання, бенчмаркінг, рейтингове оцінювання науково-педагогічних і наукових працівників, опитування (анкетування) стейтхолдерів |
| Виховання і сприяння особистому розвитку здобувачів вищої освіти | Ліцензування освітньої діяльності, оцінювання відповідними органами МОНУ й інших міністерств, міжнародні і національні рейтинги | Внутрішній аудит, аналізування з боку керівництва, самооцінювання, бенчмаркінг |
| Доуніверситетська діяльність | Зовнішній аудит | Внутрішній аудит, аналізування з боку керівництва, самооцінювання, бенчмаркінг |
| Забезпечення і підтримка освітньої і наукової діяльностей | Всі процедури | Внутрішній аудит, аналізування з боку керівництва, самооцінювання, бенчмаркінг, рейтингове оцінювання науково-педагогічних і наукових працівників, опитування (анкетування) стейтхолдерів |
| Адміністративно-фінансове забезпечення | Ліцензування освітньої діяльності, оцінювання відповідними органами МОНУ й інших міністерств | Внутрішній аудит, аналізування з боку керівництва, самооцінювання, бенчмаркінг |
| Міжнародна діяльність | Всі процедури | Внутрішній аудит, аналізування з боку керівництва, самооцінювання, бенчмаркінг, опитування (анкетування) стейтхолдерів |
| Взаємодія і співпраця з виробництвом та підприємствами | Всі процедури | Внутрішній аудит, аналізування з боку керівництва, самооцінювання, бенчмаркінг, опитування (анкетування) стейтхолдерів |

Процедури внутрішнього оцінювання є більш гнучкими й інформативними для забезпечення якості й ефективності діяльності ЗВО, які можна адаптувати під конкретний заклад, враховуючи його особовості та постійно вдосконалювати. Ці процедури засновані на ретельних спостереженнях, кваліметричних, стохастичних, статистичних, параметричних, непараметричних, економічних та інших методах вимірювання і моніторингу. Серед них є класичні, що застосовуються вже давно (аналізування з боку керівництва, оцінювання й атестація здобувачів вищої освіти, комплексні контрольні роботи), і сучасні, що почали впроваджуватися не так давно (внутрішній аудит, самооцінювання, бенчмаркінг, рейтингове оцінювання науково-педагогічних і наукових працівників, опитування (анкетування) стейтхолдерів). Активне впровадження сучасних процедур внутрішнього оцінювання дозволяє охоплювати всі сфери діяльності ЗВО і сприяти прийняттю ефективних управлінських рішень, спрямованих на сталий розвиток.

У Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» для забезпечення якості освіти впроваджено систему управління якістю надання освітніх послуг й науково-дослідних робіт на базі ISO 9001:2015 в рамках якої запроваджено деякі з вказаних процедур і розроблені необхідні нормативні документи, а саме: Положення «Про модульно-рейтингову систему оцінювання знань студентів», «Рейтингове оцінювання діяльності науково-педагогічних працівників, кафедр і факультетів», «Про оцінювання залишкових знань студентів (проведення ректорських контрольних робіт з навчальних дисциплін)», «Планування і проведення внутрішнього аудиту», Інструкція «Аналізування з боку керівництва» тощо. Також у документах, в

яких описано процеси щодо управління документованою інформацією, ризиками, впровадження корегувальних і попереджувальних дій, окремо визначені їх показники якості і методи вимірювання.

Також з метою підвищення конкурентоспроможності у Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» ведеться подальша діяльність з провадження сучасних процедур внутрішнього оцінювання, зокрема переглядаються, актуалізуються і удосконалюються вже діючі процедури задля зниження додаткового навантаження на співробітників структурних підрозділів і бюрократії, та водночас підвищення достовірності й актуальності результатів, які отримуються. У подальшому планується розроблення методики планування діяльності ЗВО з врахуванням результатів оцінювання.

Таким чином впровадження ефективної внутрішньої системи оцінювання діяльності ЗВО, яка заснована на сучасних методах вимірювання і охоплює всі аспекти його діяльності сприятиме підвищенню якості освіти і конкурентоспроможності, комерціалізації наукової діяльності, своєчасному виявленню питань, які потребують покращення і стимулюванню співробітників до професійного зростання.

*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 : Тези доп. II Міжнар. н.-практ. конф. – Львів. : Національний університет «Львівська політехніка». – 2015. – С. 27 – 28.*

*2. García-Aracil, A., Palomares-Montero, D. Indicators for evaluating higher education institutions: Validation through the Delphi method (Article) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ingenio.upv.es/en/indicators-evaluating-higher-education-institutions-validation-through-delphi-method#.WkASN9-WYdU (дата звернення 24.12.2017)*

*3. Evaluating and Improving Undergraduate Teaching in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Washington, DC: The National Academies Press. 2003. – 232 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.17226/10024. (24.12.2017)*

*4. Tommaso Agasisti. Management of Higher Education Institutions and the Evaluation of their Efficiency and Performance., Tertiary Education and Management, 2017 Vol. 23, №3, 187-190 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.1080/13583883.2017.1336250 (24.12.2017).*

*5. Birutė Pranevičienė, Aurelija Pūraitė. The financing methods of higher education system [Текст] / Jurisprudence. 2010, 4(8): 335–356.*

*6. Алфьорова О. С. Якість освіти як головний критерій оцінювання діяльності вищого навчального закладу [Електронний ресурс]. – Режим доступу:http://www.kbuapa.kharkov.ua/e-book/tpdu/2015-2/doc/2/15.pdf*

*7. Волощук Л.О. Методичні підходи до оцінки розвитку вищого на- вчального закладу / Л.О. Волощук, К.П. Ганєва //Праці одеського політехнічного університету. – 2011. – № 3. – С. 248-253.*

*8. Матюх С.А. Методика інтегральної оцінки ефективності діяльності вищого навчального закладу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_05/118.pdf*

*9. Закон України «Про освіту» № 2145-19 від 05.09.2017 [Електронний ресурс]. – Режим доступу або URb: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2145-19.*

*10. Закон України «Про вищу освіту» № 1556-VII від 01.07.2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу або URb: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1556-18.*

*11. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT) [Текст]. – Чинний від 2016-07-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.*

УДК 621.317:681.2:621.5

**Ванько В.М., д.т.н. проф., Мочурад О.П., студент**

# ДОСЛІДЖЕННЯ АЦП МІКРОКОНТРОЛЕРА ARDUINO UNO

**Ключові слова:** Arduino Uno, мікроконтролер, аналогові входи, АЦП, калібрування, визначення точності АЦП, програма

**Актуальність:** У зв'язку із бурхливим розвитком мікроелектронної інтегральної техніки сьогодні з'явилися специфічні пристрої – мікроконтролерні платформи. Їм властиві універсальна структура, багатофункціональне використання, широкі програмні можливості, низька ціна, висока надійність. Тому, на основі цих платформ можна реалізовувати вимірювальні, керівні і інші пристрої, як правило, шляхом підключення до них всіляких зовнішніх вузлів і елементів.

**Мета:** Ознайомлення із платформою Arduino Uno, яка слугує базовим вузлом для проектування вимірювальних і автоматичних пристроїв широкого призначення.

Arduino − це гнучка платформа (рисунок 1) щодо вирішення різноманітних завдань, пов’язаних із опрацюванням і перетворення не лише цифрової інформації, але й аналогових електричних сигналів. Дуже зручним виглядає наявністьу його структурі шестиканального комутатора для підключення вхідних сигналів, а також аналого-цифрового перетворювача (АЦП). За його посередництвом здійснюється трансформація зовнішних сигналів у послідовність цифрових кодів.

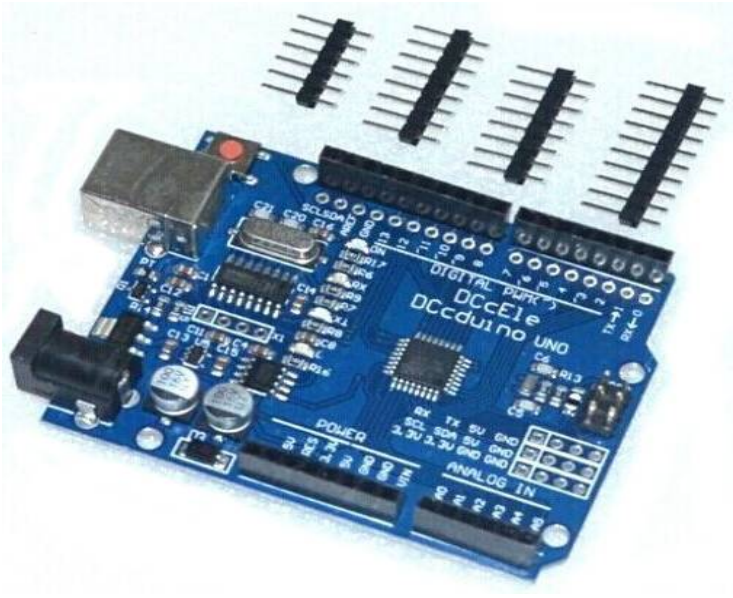



Рисунок 1 – Сучасна мікроконтролерна платформа Arduino Uno

Arduino Uno відноситься до мікроконтролерів з AVR RISC архітектурою (тип ATmega 328), реалізований за стандартною для таких пристроїв схемою включення. Його основні характеристики:

- рекомендована напруга живлення 7-12 *В* (від комп’ютера чи автономного блока);
- максимальний струм через один вивід порта не більше 40 *мА*;
- 14 цифрових входів / виходів (з них 6 можуть використовуватись в якості широтно-імпульсних модульованих виходів);
- об’єм flash-пам‘яті 32 *кбайт*, з яких 0,5 *кбайт* заплановано для завантажувача;
- об’єм пам‘яті програм EEPROM 1 *кбайт*;
- тактова частота внутрішнього генератора імпульсів 16 *МГц*.

За посередництвом допоміжного кабеля Arduino Uno підключається до комп’ютера, на якому встановлюється спеціальне програмне середовище, що його обслуговує. При цьому структура може працювати як відлагоджувач програм у реальному часі, використовуючи набір бібліотек стандартних програм, функцій і змінних, властивих мові програмування $C^{++}$. Крім того, пристрій може програмувати внутрішній мікроконтролер або зовнішній, підключений до нього.

Arduino Uno розрахований на роботу із зовнішніми пристроями за допомогою інтерфейсів UART та SPI. На платі встановлено набір роз’ємів, через які до Arduino Uno можна підключати зовнішні пристрої, електричні вузли і схеми.

Як було зазначено вище, для нас особливий інтерес представляє внутрішній 10-бітний АЦП, а це означає що будь-яке значення напруги на аналоговому вході в діапазоні від 0 до 5 В буде перетворено в число (код) з точність 1/1024 вольта. Тобто, даний АЦП може “відчувати” зміни напруги на вході з дискретністю приблизно 5 мілівольт.

Як і кожному інструменту АЦП властиві похибки перетворення вхідного сигналу в код. Для його калібрування нами була використана спеціальна структура, показана на рисунку 2., де МЕНП − міра електричної напруги постійного струму, ФНЧ − фільтр низьких частот, ПК – комп’ютер.

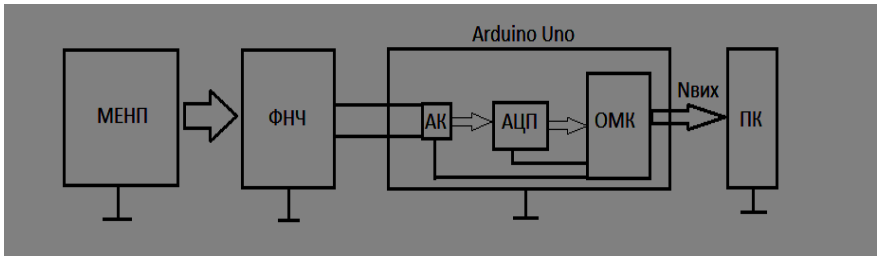



Рисунок 2 – Структура для калібрування АЦП у складі Arduino Uno

При цьому МЕНП представляв собою стабілізатор напруги на прецизійному стабілітроні Д818Е, поміщеному у малогабаритний термостат. З метою послаблення шумів і завад як від мікроконтролера ОМК, так і ззовні, сигнал подається через ФНЧ на один із шести входів аналогового комутатора АК (А0… А5). Результат вимірювання $N_{ВИХ}$ через інтерфейс UART передається на ПК, де і відображається. Напруга МЕНП $U$ може приймати значення від 0 *В* до 5 *В*, що за допомогою спеціальної програми показується у вигляді двомірного графіка $N_{ВИХ}= f(U)$. Варто зазначити, що похибки і повторюваність показів АЦП суттєво залежить від точності і стабільності опорної напруги $U_{REF}$, котра під’єднюється до входу AREF Arduino Uno. Опорна напруга визначає границю діапазону, з яким буде працювати АЦП. Отже, рівняння перетворення $U_{ВХ}= N_{ВИХ}\ U_{REF} / 1024$.

Для відлагодження і правильності функціонування програми Arduino Uno спочатку до входу $A_0$ було підключено пальчикову батарейку 1,5 *В*. Програма і результати вимірювання напруги наведені нижче на рисунку 3.

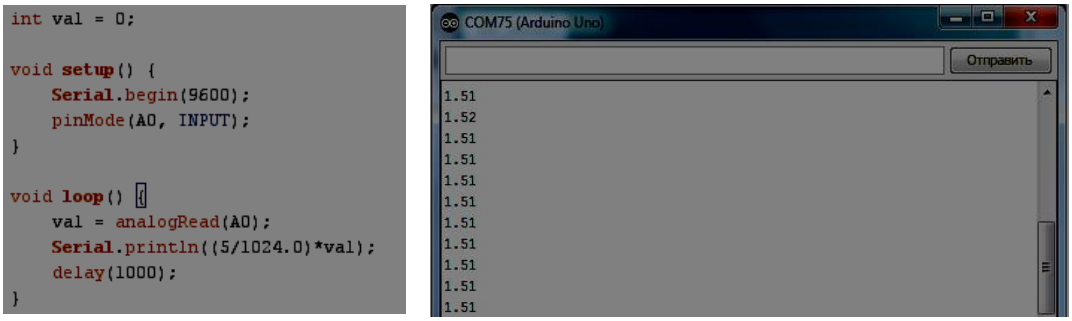



Рисунок 3 – Програма і результати вимірювання напруги пальчикової батарейки

Як видно, покази $N_{ВИХ} \approx 314$ відповідно до наведеної вище формули відповідають $U_{ВХ}$=1,51…1,52 *В*. Дослідження за структурою рисунку 2 показало, що гранична похибка АЦП не перевищувала 0,3 *%*.

**Висновки:** На основі наведеної інформації можна стверджувати, що мікроконтролерну платформу Arduino Uno можна широко використовувати разом із різноманітними вимірювальними перетворювачами фізичних величин завдяки хорошим метрологічним характеристикам внутрішнього АЦП.

*1. Электропитание Arduino. [Electronic resourse]. – Режим доступу:* ***http://hobbytech.com.ua/электропитание-arduino/***.

*2. Аналого-цифровые преобразования — АЦП. [Electronic resourse]. – Режим доступу:* *http://robotclass.ru/tutorials/arduino_adc/*.

УДК 006.91

**Микийчук М.М., д.т.н. проф., Репетило Х. І., магістр**

# ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЗАПАСУ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ НА ОСНОВІ ФУНКЦІЇ ВТРАТ ТАГУЧІ

**Ключові слова:** метрологічна надійність, функція втрат Тагучі, метрологічна справність ЗВТ, коефіцієнт DR, індекс технологічної здатності процесу

Довіра до результатів вимірювань виникає за умови підтвердження метрологічної справності ЗВТ. Основним недоліком ЗВТ є варіативність його показу, що збільшує недовіру до результату вимірювань. Рішення про придатність чи непридатність ЗВТ приймають шляхом порівняння реальної похибки з її допустимими межами. Для забезпечення метрологічної надійності ЗВТ важливо мати оцінки метрологічного запасу. З огляду на принципи Industrie 4.0 (Промисловості 4.0): режиму реального часу та модульності, необхідно мати підхід для прийняття рішення про метрологічну справність ЗВТ на основі даних про варіативні властивості його похибки.

Доцільно для оцінювання метрологічної надійності використовувати ефективні статистичні методи контролю, наприклад, які використовуються у контролі якості на виробництві. Ґрунтуючись на концепції Г. Тагучі дослідник Чан Л. К. вивів індекс здатності системи відхилятися від заданого значення. Залежності виведені Е. Грантом та Р. Левенвоустом відображають рівень втрат якості від встановленого коефіцієнта (DR). Цей коефіцієнт характеризує варіативності системи, він відображає співвідношенням варіативності технологічного процесу та варіативності показів ЗВТ.

У випадку стабільного, нормально розподіленого процесу, індекс технологічної здатності $C_p$ визначається як

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_p} = \frac{d}{3\sigma_p}, \tag{1}$$

де $\sigma_p$ це стандартне відхилення реального процесу, *USL* і *LSL* - це верхня та нижня межі допусків, а *d*=(*USL*-*LSL*)/2. Індекс $C_p$ визначає технологічну здатність виробляти продукцію із характеристиками, що не виходять за встановлені межі допусків. Тим не менш, внаслідок варіативності показів ЗВТ, загальна спостережувана дисперсія ($\sigma_t^2$) складається з дисперсії вимірюваного процесу ($\sigma_p^2$) та дисперсії ЗВТ ($\sigma_m^2$)

$$\sigma_t^2 = \sigma_p^2 + \sigma_m^2. \tag{2}$$

Важлива проблема, котру необхідно вирішити на практиці, полягає в тому, як відрізняти варіативність показів ЗВТ від варіативності технологічного параметру. Тому доцільно оцінити $\sigma_m$ за стандартом автомобільної промисловості (AIAG). Цей стандарт визначає коефіцієнт (*DR*) ЗВТ

$$DR = \sqrt{\frac{2\sigma_p^2}{\sigma_m^2} + 1}. \tag{3}$$

Значення коефіцієнту *DR* порівнюється з пороговим значенням для прийняття рішення. Уїлер та Лідей [5] зазначали, що, хоча коефіцієнт *DR* більший ніж 4 є прийнятним, коефіцієнт *DR* менший ніж 2, вказує на те, що система вимірювання не є в стані відповідному для оцінки варіативності процесу. Коли коефіцієнт *DR* коливається між 2 і 4, ЗВТ можуть бути прийняті для окремих застосувань.

На практиці аналіз можливостей призводить до спостережуваного індексу здатності процесу ($C_{p,Obs}$), що інтегрує ($\sigma_t$ ), а не реальний індекс процесу ($C_{p,True}$).

$$C_{p,Obs} = \frac{d}{3\sigma_t} = \frac{d}{3\sqrt{\sigma_p^2 + \sigma_m^2}}. \tag{4}$$

Отже, реальний індекс процесу $C_{p,True}$, може бути поданий як

$$C_{p,True} = \sqrt{1 + \frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}}\, C_{p,Obs}. \tag{5}$$

Виходячи з рівняння (2), $C_{p,True}$ можна виразити як функцію *DR*

$$C_{p,True} = C_{p,Obs}\sqrt{1+\left(\frac{2}{DR^2-1}\right)}. \tag{6}$$

Рівняння (5) відображає, що малі значення *DR* пов'язані з великими розбіжностями між $C_{p,True}$ і $C_{p,Obs}$.

Тагучі [7] визначив інше джерело варіативності процесу, пов'язаного з відхиленням значень (*X*) від заданого значення (*T*). Ним запропоновано наступну функцію квадратичного збитку [18]

$$V(X) = k(X-T)^2, \tag{7}$$

де *k* - коефіцієнт втрати якості, *V* - втрати. Цей коефіцієнт може бути виведено з функції витрат на заміну (ремонт) $A_0 = V(T+d)$:

$$V(T \pm d) = A_0 = k\big((T \pm d) - T\big)^2. \tag{8}$$

Отже,

$$k = \frac{A_0}{d^2}. \tag{9}$$

Очікуване середнє значення функції втрати якості Тагучі може бути виражене наступним чином:

$$E(V) = k\left[\sigma_p^2 + (\mu - T)^2\right], \tag{10}$$

де $(\mu)$ середнє значення процесу.

Ґрунтуючись на цій концепції, Чан Л. К. [6] представив індекс здатності ЗВТ $C_{pm}$, який безпосередньо пов'язаний з модельованою функцією квадратичних втрат від вимірюваної функції. У випадку стабільного, нормально розподіленого процесу, якщо значення *T* може відрізнятися від середнього значення процесу $\mu$, $C_{pm}$ визначається як

$$C_{pm} = \frac{USL-LSL}{6\sqrt{\sigma_p^2+(\mu-T)^2}} = \frac{d}{3\sqrt{\sigma_p^2+(\mu-T)^2}}. \tag{11}$$

Індекс $C_{pm}$ виражає здатність процесу групуватися навколо визначеного значення *T*. Отже, $C_{pm}$ враховує як процес відхилення від середнього значення, так і варіативності [6]. На практиці виміряний індекс позначається як спостережуваний індекс $C_{pm,Obs}$ і визначається як:

$$C_{pm,Obs} = \frac{Tol}{6\sqrt{\sigma_p^2+(\mu-T)^2}}. \tag{12}$$

Хоча істинний індекс здатності ЗВТ позначається як $C_{pm,True}$, правда, співвідношення між $C_{pm,Obs}$ та $C_{pm,True}$ може бути задано наступними виразами:

$$\frac{C_{pm,True}}{C_{pm,Obs}} = \frac{\dfrac{Tol}{6\sqrt{\sigma_p^2+(\mu-T)^2}}}{\dfrac{Tol}{6\sqrt{\sigma_t^2+(\mu-T)^2}}} = \frac{\sqrt{\sigma_p^2+(\mu-T)^2}}{\sqrt{\sigma_t^2+(\mu-T)^2}} = \frac{\sqrt{(\sigma_m^2+\sigma_p^2)+(\mu-T)^2}}{\sqrt{\sigma_p^2+(\mu-T)^2}} = \frac{\sqrt{1+\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_p}\right)^2+\left(\frac{(\mu-T)}{\sigma_p}\right)^2}}{\sqrt{1+\left(\frac{\mu-T}{\sigma_p}\right)^2}}. \tag{13}$$

Рівняння (1) та рівняння (11) зводяться до наступного співвідношення:

$$\frac{C_{pm,True}}{C_{pm,Obs}} = \frac{\sqrt{1+\left(\frac{2}{DR^2-1}\right)+\left(\frac{\mu-T}{\sigma_p}\right)^2}}{\sqrt{1+\left(\frac{\mu-T}{\sigma_p}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1+A_1^2+\left(\frac{2}{DR^2-1}\right)}{1+A_1^2}} = \sqrt{1+\frac{2}{(1+A_1^2)\times(DR^2-1)}} \tag{14}$$

де $A_1 = \frac{|\mu-T|}{\sigma_p}$, $A_1$ - відношення процесу відхилення від *T* до його стандартного відхилення $\sigma_p$.

Оскільки $\sigma_p$ невідома, тоді можна вивести з спостережуваного індексу потенціалу $C_{p,Obs}$ наступним чином

$$\sigma_p^2 = \frac{\sigma_t^2}{\left(1+\left(\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}\right)\right)} = \frac{\sigma_t^2}{1+\left(\frac{2}{DR^2-1}\right)} = \frac{\sigma_t^2}{9\times\left(C_{p,Obs}\right)^2\times\left(1+\left(\frac{2}{DR^2-1}\right)\right)}, \quad (15)$$

Індекс $C_{pm.Ttue}$ може бути використаний для висновків про дефекти процесу, виражений у одиницях очікуваних невідповідностей ppm.

Висновки. Оцінювання запасу метрологічної надійності на основі функції втрат Тагучі дозволяє оперативно приймати рішення про придатність ЗВТ, використовуючи вимірювані значення похибок ЗВТ та технологічних процесів. Застосування даного підходу дозволить прогнозувати очікувані невідповідності та підвищити керованість технологічним процесом. Розвиток даного підходу для встановлення метрологічної надійності може мати широке практичне застосування.


*1. Метрологія та вимірювальна техніка : підручник / Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук та ін. ; за ред. Є. С. Поліщука ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – 2-ге вид., доповн. та переробл. – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. – 544 с. : іл. – Тит. арк. парал. укр., англ. – ISBN 978-617-607-232-4 .*

*2. Микийчук М.М. Метрологічне забезпечення якості продукції на етапі виготовлення/ Микийчук М.М.- Вижниця: Видавництво Черемош, 2014. – 265 с.*

*3. ISO 10012:2003, Measurement management systems - Requirements for measurement processes and measuring equipment.*

*4. W.L. Pearn. Encyclopedia and Handbook of Process Capability Indices—Series on Quality. Reliability and Engineering Statistics / W.L. Pearn, S. Kotz . – Singapore: World Scientific, 2007.*

*5. D.J. Wheeler. Evaluating the Measurement Process / D.J. Wheeler, R.W. Lyday. - Knoxville:SPC Press Inc., 1989, 2nd ed.*

*6. L.K. Chan. A new measure of process capability: Cpm / . L.K. Chan, S.W. Cheng, F.A. Spiring. - J. Qual. Technol. -1988. - №20, p.162–175.*

*7. G. Taguchi, Introduction to Quality Engineering, Designing Quality into Products and Processes. - Tokyo: Asian Productivity Organization, 1988.*

*8. E.L. Grant. Statistical Process Control / E.L. Grant, R.S. Leavenworth. - New York: McGraw-Hill, 1980, 5th ed.*

УДК 620.93

**Петришин І.С., д.т.н., проф., Середюк Д.О., к.т.н., Безгачнюк Я.В., к.т.н., Бас О.А., к.т.н.**

# СТВОРЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА ОДИНИЦЬ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ НА ГАЗОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ ПРИ ТИСКУ ДО 1,6 МПа

**Ключові слова:** Державний первинний еталон, об'єм газу, об'ємна витрата газу, установка поршневого типу

В рамках виконання положень Державної програми розвитку еталонної бази України до 2022 року в ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» на протязі 2016 – 2017 років проводилась НДР та ДКР «Створення державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газу на газовому середовищіпри тиску до 1,6 МПа». Згідно затвердженого технічного завдання державний первинний еталон складається з: установки поршневого типу та установки з еталонними лічильниками.В період з 20 по 21 грудня 2017 року згідно наказу Мінекономрозвитку України в ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» працювала комісія, в склад якої входили представники ННЦ «Інститут метрології», м. Харків (д.т.н., с.н.с., голова комісії – Народницький Г.Ю.), Департаменту технічного регулювання Мінекономрозвитку, м. Київ (Попруга Ю.М.), ДП «Укрметртестандарт», м. Київ (Рак А.М.), ДП НДІ «Система», м. Львів (Каліцінський Ю.Р.).На розгляд комісії було представлено документацію на створений еталон. Результатом роботи комісії було оформлення позитивного висновку про створення державного первинного еталону. Згідно наказу Мінекономрозвитку України № 57 від 22.01.2018р. ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» визначено як організація – зберігач державного первинного еталону.

Концепція створення еталона була побудована на принципі сумування або ж нарощення значення об'ємної витрати газу шляхом застосування в складі еталона установки з еталонними лічильниками, кожен з яких отримує одиницю об'єму та об'ємної витрати газу, відтворену безпосередньо на установці поршневого типу. Такий підхід дав можливість збільшити значення об'ємної витрати газу до 1000 м$^3$/год. На рис. 1 представлений принцип накопичення значення об'ємної витрати газу за допомогою шести еталонних лічильників типорозміром G160.

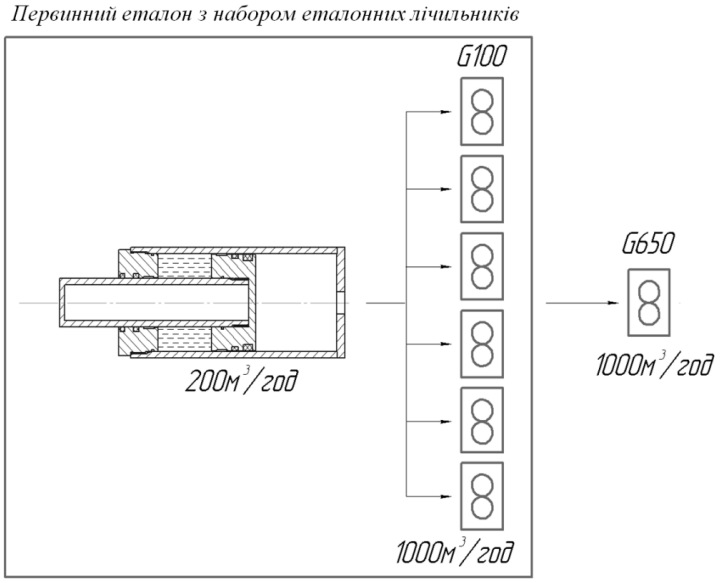



Рисунок 1 – Принцип сумування значення об'ємної витрати газу шляхом паралельного під'єднання еталонних лічильників

Відтворення одиниць об'єму та об'ємної витрати газу на газовому середовищі при тиску до 1,6 МПа установкою поршневого типу здійснюється шляхом витіснення з циліндрів поршневими розділювачами контрольного відтворюваного об'єму газу за певний проміжок часу з різним значенням швидкості витіснення, тобто швидкості руху поршня. Основоположним моментом є саме процес відтворення одиниці об'єму, оскільки одиниця формується з геометричних параметрів циліндрів з безпосередньою простежуваність до еталона довжини. Технічний аспект реалізації поршневою установкою процесу відтворення одиниці об'ємної витрати газу являє собою складну

динамічну систему, ключовим елементом якої є вузол електромеханічного приводу. Оптимальною конструкцією такого вузла приводу є застосування комплексу редуктора із змінним передавальним відношенням та кулько-гвинтової пари, рівномірне переміщення якої забезпечує стабільне відтворення одиниці об’ємної витрати газу. На рис. 2 показаний зовнішній вигляд поршневої установки.

Рисунок 2 – Установка поршневого типу, призначена для відтворення одиниць об’єму та об'ємної витрати газу на газовому середовищі при тиску до1,6 МПа

Друга частина державного первинного еталона – установка з еталонними лічильниками, виконана у вигляді мобільного стенду, основна задача якого полягає в передаванні зазначених одиниць по місцю встановлення вторинних та робочих еталонів (установок для дослідження роботи лічильників газу на реальному газовому середовищі). На рис. 4 її зовнішній вигляд.

Для комплектації установки з еталонними лічильниками газу застосовано апробовані багаторічним досвідом лічильники газу DeltaS1-FlowG100. Лічильник Delta S–Flow являє собою роторний лічильник з двома трилопатевими роторами, кожна лопатка яких розміщена під кутом 120 градусів одна відносно іншої і зміщена на 60 градусів по довжині. Така конструкція дозволяє повністю уникнути резонансних явищ, характерних для роторних лічильників із звичайними вісімкоподібними роторами. Зовнішній вигляд та конструкцію лічильника представлено на рис. 3.

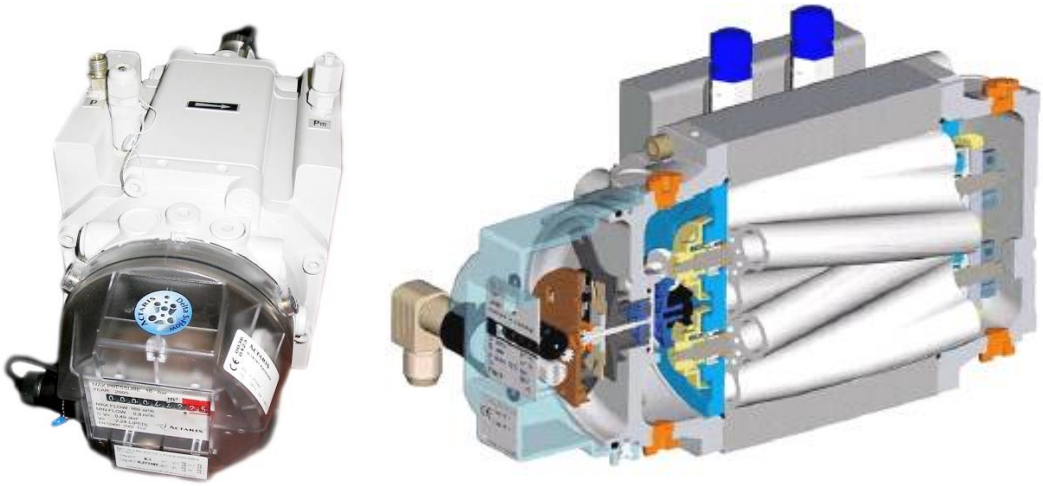


Рисунок 3 –Зовнішній вигляд та конструкція лічильника Delta S–Flow

Рисунок 4 – Установка з еталонними лічильниками, яка входить до складу державного первинного еталона одиниць об’єму та об’ємної витрати газу на газовому середовищі при тиску до 1,6 МПа

Конструктивна особливість та технічні рішення еталону передбачають можливість використання набору ємностей під тиском з різними газами для проведення широкого спектру науково – дослідних робіт з метою визначення впливу фізико-хімічних властивостей різних газів на характеристики лічильників при проведенні калібрування. Разом з тим, технологічно можливе використання стисненого повітря як робочого середовища установки, в тому числі і при тисках близьких до атмосферного.

За результатами проведених досліджень для державного первинного еталона встановлено наступні метрологічні властивості:

– діапазон значень одиниць об’єму та об’ємної витрати газу, у якому установка поршневого типу відтворює та зберігає одиниці вимірювання, становить:

– від $5{,}0\cdot10^{-2}$ м$^3$ до $2{,}0\cdot10^{-1}$ м$^3$ для одиниці об’єму газу;

– від $1{,}11\cdot10^{-3}$ м$^3$/с до $5{,}56\cdot10^{-2}$ м$^3$/с для одиниці об’ємної витрати газу;

– діапазон значень одиниці об’ємної витрати газу, у якому установка з еталонними лічильниками відтворює та зберігає одиницю вимірювання, становить:

– від $1{,}38\cdot10^{-2}$ м$^3$/с до $2{,}77\cdot10^{-1}$ м$^3$/с.

Еталон забезпечує відтворення та зберігання одиниці об’єму установкою поршневого типу розширеною невизначеністю$U = 1{,}0\cdot10^{-3}$ та одиниці об’ємної витрати з розширеною невизначеністю$U = 1{,}0\cdot10^{-3}$ (при коефіцієнті охоплення $K = 2$ та довірчої ймовірності $P = 0{,}95$).

Еталон забезпечує відтворення та зберігання одиниці об’ємної витрати установкою з еталонними лічильниками з розширеною невизначеністю$U = 1{,}4\cdot10^{-3}$ (при коефіцієнті охоплення $K = 2$ та довірчої ймовірності $P = 0{,}95$).

Створений державний первинний еталон фахівцями ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» на теренах Прикарпаття покладе початок розвитку в Україні нового напрямку, пов’язаного з дослідженням впливу реального газового середовища та високого тиску на метрологічні характеристики лічильників газу.

УДК 620.93

**Петришин І.С., д.т.н., проф., Бас О.А., к.т.н., Присяжнюк Л.О., аспірант**

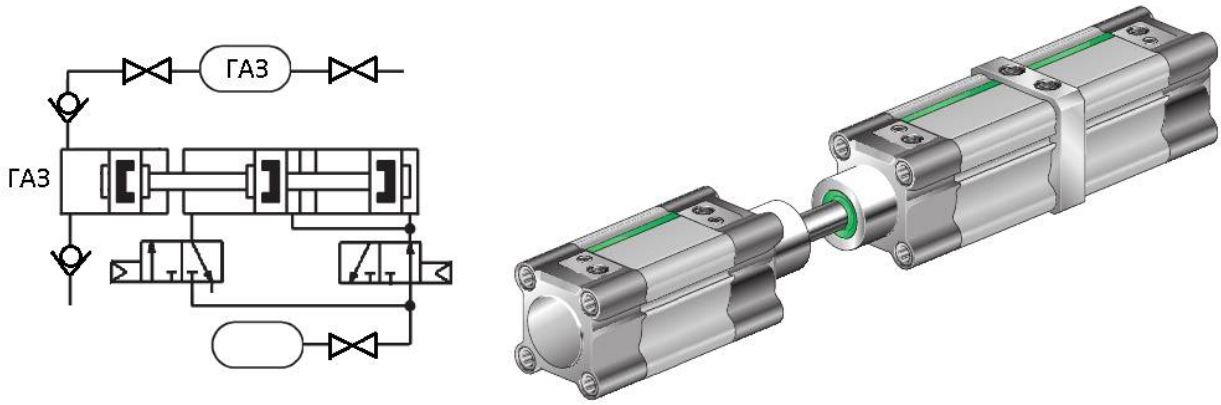
# МЕТОД ОРГАНІЗАЦІЇ ВІДБОРУ ТА ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗУ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО КАЛОРИМЕТРА

**Ключові слова:** лабораторний калориметр, поршневий пробовідбірник, теплота згоряння, природний газ

Розроблення лабораторного газового калориметра, в якому відбувається безпосереднє спалювання порції природного газу і за допомогою якого можна визначити теплоту згоряння природного газу прямим методом із забезпеченням простежуваності безпосередньо до одиниць системи СІ є актуальною на даний час науковою задачею, що має прикладне застосування в галузі метрологічного забезпечення обліку природного газу в одиницях енергії.

Основними складовими елементами лабораторного калориметра прямої дії є: калориметрична колонка згоряння із газовим пальником, термоізольований теплообмінник із теплоносієм з відомими фізико-хімічними параметрами і пристрій для визначення об'єму та об'ємної витрати природного газу, що надходить в газовий пальник. Для реалізації останньої складової, пов'язаної з забезпеченням стабільної об'ємної витрати природного газу, авторами розроблено комплекс пробовідбірника – дозатора та вимірювача об'ємної витрати та кількості природного газу. Розроблений комплекс пробовідбірника та вимірювача є з'єднуючою ланкою між трубопровідною системою газопроводів та калориметричною колонкою, в якій відбувається безпосереднє спалювання порції відібраного газу.

Принцип роботи пробовідбірника пояснюється рис. 1. На пневматичній схемі (рис. 1. а) представлено етап проведення відбору проби природного газу із газопроводу за допомогою розробленого поршневого пробовідбірника з приводом, виконаним у вигляді пневматичного тандем-циліндра [1]. Процедура відбору проби газу полягає у кількакратному нагнітанні відібраного об'єму газу у балон, який монтується послідовно з поршневим пробовідбірником, причому кожний наступний об'єм газу з циліндра пробовідбірника, який нагнітається в балон, додатково підвищує тиск та збільшує корисний об'єм газу. Для реалізації розробленої процедури відбору проби газу на вхідному та вихідному патрубках пробовідбірника додатково встановлені зворотні клапани. На рис. 1. б показний зовнішній вигляд пробовідбірного циліндра з пневматичним привідним тандем-циліндром. Пневматичний привід реалізується за рахунок застосування ємності з попередньо стиснутим повітрям. Така комбінація повністю відповідає правилам техніки безпеки при виконанні робіт, пов'язаних з природним газом. Разом з тим, застосування привідного тандем-циліндра забезпечує збільшення привідного зусилля на загальний шток на етапі стискання відібраної проби газу завдяки подачі повітря одночасно в дві порожнини циліндрів: поршневу першого циліндра та задню штокову другого (рис. 1 а).




а) б)

Рисунок 1 – Пневматична схема проведення відбору природного газу (а) та зовнішній вигляд поршневого пробовідбірника з пневматичним приводом (б)

Після проведення відбору та нагнітання проби газу з газопроводу в балон, здійснюється його транспортування в лабораторію для проведення послідовного спалювання та визначення теплотворної здатності природного газу. На рис. 2 наведена схема проведення досліджень із застосуванням розробленого лабораторного калориметра [2]. Після під'єднання балона зі стиснутим

газом 1 необхідно за допомогою вузла редукування 2 встановити стабільне значення об'ємної витрати газу з необхідним для ефективної роботи пальника значенням тиску газу. Наступним елементом лабораторного калориметра є вимірювач об'ємної витрати та кількості природного газу 3, який додатково обладнаний давачем для вимірювання температури газу, що надходить до пальника 4. Таким чином, під час дослідження теплоти згоряння газу забезпечується вимірювання об'єму, тиску та температури пройденого газу. Отримані дані застосовуються для розрахунку теплоти згоряння природного газу *H* відповідно до наступної формули:

$$H = \frac{V_W \cdot c_W \cdot (T_{W2} - T_{W1})}{V_G \cdot \left( \frac{(P_A + P_G)}{P_A} \cdot \frac{T_A}{T_G} \right)} \quad (1)$$

де $V_W$ – об'єм рідини в теплообміннику, м$^3$;
$c_w$ – теплоємність рідини, Дж/(м$^3$·К);
$T_{W1}$, $T_{W2}$ – температура рідини на початку і в кінці дослідження, К;
$V_G$ – об'єм газу, м$^3$;
$P_G$ – надлишковий тиск газу, Па;
$P_A$ – атмосферний тиск, Па;
$T_G$ – температура газу, К;
$T_A$ – температура навколишнього середовища, К.

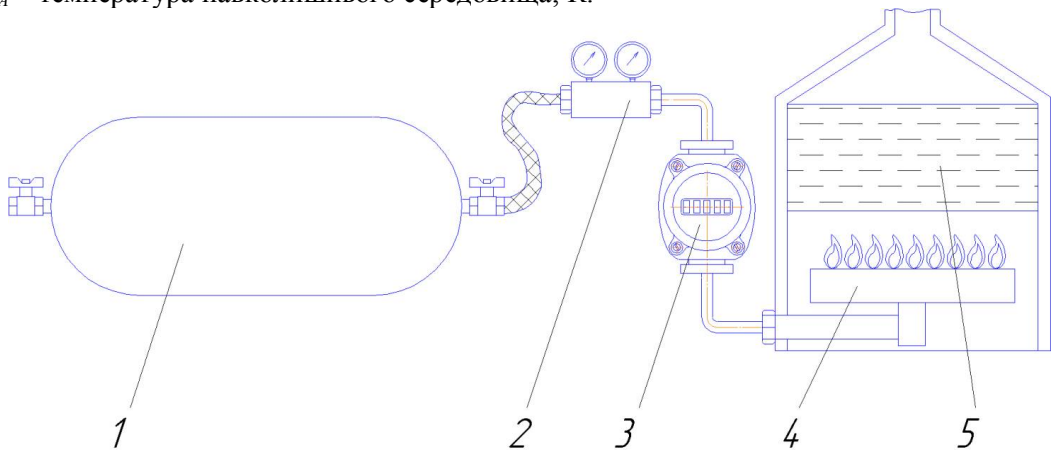



Рисунок 2 – Схема проведення досліджень теплоти згоряння природного газу за допомогою лабораторного калориметра

1 – балон з відібраною пробою газу, 2 – вузол редукування газу, задання стабільного значення об'ємної витрати та вимірювання тиску газу, 3 – вимірювач об'ємної витрати та кількості природного газу з вбудованою функцією вимірювання температури газу, 4 – пальник лабораторного калориметра, 5 – термоізольований теплообмінник

Враховуючи особливості роботи приладу на реальному газовому середовищі, в якості вимірювача об'ємної витрати та об'єму природного газу доцільно застосувати еталонний лічильник газу роторного типу з вбудованим елементом вимірювання температури пройденого газу. Оскільки під час проведення відбору проби об'єм відібраного газу має відносно невелике значення, для підвищення точності вимірювання його об'єму необхідно обладнати еталонний лічильник давачем високочастотних вихідних сигналів та під час обробки вихідного сигналу передбачити процедуру імпульсної інтерполяції для врахування частин імпульсу.

Висновок. Для проведення репрезентативних досліджень теплоти згоряння природного газу методом прямих вимірювань із застосуванням лабораторного калориметра розроблений комплекс відбору, нагнітання, транспортування та вимірювання параметрів проби газу, що складається із поршневого пробовідбірника з балоном та вимірювача об'ємної витрати та кількості природного газу.

1. *Петришин І.С. Пробовідбірник – дозатор природного газу для калориметрів прямої дії / І.С. Петришин, О.А. Бас, Л.О. Присяжнюк // VI Міжнародна науково-технічна конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2017)», зб. тез доповідей, Вінниця: ВНТУ. – 2017. – С. 141 – 142.*

2. *Петришин І.С. Портативний калориметр природного газу прямої дії / І.С. Петришин, О.А. Бас, Л.О. Присяжнюк // VIII міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафто-газопромислового обладнання», зб. тез доповідей, Івано-Франківськ: Факел. – 2017. – С. 93 – 95.*

УДК 339.03:658.015

**Телішевський А.Ю. студент., Байцар Р.І. д.т.н., проф.**

# ОПТИМІЗАЦІЯ І ОНОВЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

**Ключові слова:** стандарти, норми, світовий досвід, будівництво, оптимізація, гармонізація, FIDIC

Будівельні стандарти в Україні сьогодні переживають низку реформ пов'язаних з переходом на нові міжнародні норми. Такі реформи повинні забезпечити влив інвестицій, спрощення ведення будівельної документації, впровадження новітніх технології у будівництві. Проте нові стандарти приречені «жити» зі стандартами котрі існують і діють в Україні, ще з минулого століття, створюючи перепони на шляху до повного переходу на міжнародні стандарти.

Враховуючи позитивний закордонний досвід, процес оптимізації державного регулювання будівельної галуззі України має стати запорукою подальшого економічного зростання. Особливої актуальності набуває їх досвід регулювання будівельною діяльністю в контексті можливості імплементації та адаптації правових норм економічно розвинених держав. Такі дослідження є надзвичайно важливими, тому що вони відкривають можливості вироблення дієвих норм та ефективних юридичних механізмів в будівельній галузі.

Мета оптимізації будівництва є складовою сталого та випереджаючого розвитку всього національного господарського комплексу. Протягом останніх років активно формується вітчизняна школа нормування у будівництві, головними завданнями якої є:

- гармонізація нормативної бази з напрацюваннями технічно розвинутих країн;
- гармонізація процедур оцінки відповідності з процедурами технічно розвинутих країн;
- поширення нормативної бази на весь період життєвого циклу об'єктів будівництва.

Виконання поставлених завдань створює умови для підвищення конкурентоспроможності національного проектувальника та виробника, а не його знищення. Впродовж наступних років в Україні має бути створено нормативну базу, здатну до інтегрування у світовий нормативно-правовий простір, що сприятиме оздоровленню інвестиційного клімату і підрядної діяльності.

У процесі співпраці знаходитиметься обмін науковими і нормативно-методичними матеріалами з країнами ЄС, а також обмін досвідом з питань впровадження новітніх технологій, систем, будівельних матеріалів, конструкцій і виробів, і вивчення актуальних проблем у галузі житлово-цивільного будівництва, удосконалення дозвільної системи в будівництві і ліцензуванні будівельної діяльності на основі досвіду європейських країн. У результаті цих інтеграційних кроків на українському ринку з'явилася достатньо велика кількість нових закордонних і вітчизняних будівельних виробів, вимоги до яких повністю або частково відсутні в національних стандартах України державного рівня і відомчих нормативних документах.

Важливим інструментом сьогодні є **FIDIC** - міжнародна федерація інженерів-консультантів. Назва організації французькою свідчить, що країни, які заснували її в 1913 році, були повністю або частково французькомовними. В подальшому членами - засновниками FIDIC були Франція, Бельгія та Швейцарія.

Контракти FIDIC використовуються в будівельних проектах, особливо в тих, де задіяні міжнародні компанії. Проформи дуже часто використовуються міжнародними фінансовими організаціями при фінансуванні великих проектів. Ці документи досить прості і не вимагають складання окремих договорів. У контракті FIDIC прописується сценарій взаємодії замовника і підрядника, але обидві сторони можуть за взаємною згодою вносити зміни в проформу.

Сьогодні в Україні діють норми, які по суті є перевиданнями міждержавних стандартів, виходячи з цього стає зрозуміло, що в таких умовах гальмується розвиток будівельної галузі її життєдіяльності. Державні будівельні норми, на сьогодні, є основною проблемою на шляху до створення комфортних умов для розвитку вітчизняного будівництва.

1. *Основные тенденции технического регулирования в Европейском Союзе // Мир стандартов. – 2006. – № 9. – С. 88–95.*
2. *http://www.kbuapa.kharkov.ua/e-book/ db/2012- 2/doc/5/02.pdf*

УДК 637.125.65:681.32

**Дмитрів В.Т., д.т.н., доцент, Микийчук М.М., д.т.н., професор, Дмитрів Т.В., студент**

# АНАЛІЗ СКЛАДОВИХ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНОГО ВИМІРЮВАЧА ПОТОКУ ДВОФАЗНОЇ СУМІШІ (рідини+повітря)

**Ключові слова:** термоанемометр, пульсуючий потік, двофазна суміш, температура, сенсор, швидкість, похибка відносна, потужність, коефіцієнт тепловіддачі

Використання первинних перетворювачів термоанемометричного типу при вимірюванні витрати набув широкого розповсюдження для однокомпонентних середовищ. Однак, удосконалення методів термоанемометричних вимірювань йде в напрямку удосконалення конструкції біметалічних термоелементів. Якщо проаналізувати характер транспортування багатофазних середовищ, наприклад молоко+повітря в доїльному апараті, такий рух є пульсуючим з частотою пульсацій що відповідає частоті роботи пульсатора доїльного апарата, співвідношення молоко і повітря є змінним в процесі доїння і характер наростання й спадання швидкості транспортування нестабільний.

Для реалізації даної задачі необхідно мати вимірювач пульсуючих потоків двофазних середовищ, який би не спотворював інформацію про характер молоковіддачі.

Аналізуючи конструкції теплових витратомірів [1-4] для вимірювання потоку середовищ з частотно-часовими характеристиками, підвищення точності вимірювання забезпечують шляхом удосконалення системи обробки інформації використовуючи мікропроцесорні елементи.

Розглянемо складові похибки, аналізуючи роботу електричної схеми опрацювання інформаційного сигналу вимірювання термоанемометра.

Дослідження роботи термоанемометричного вимірювача інтенсивності потоку показує, що кількість імпульсів $N_i$, яка поступає в лічильник за час одного такту опитування $\Delta\tau_{інч}$ може бути різна при одній і тій же кількості пройденої рідини через вимірювач [3; 5]

$$N_1 = \frac{(A\cdot\beta_o - P_o)\cdot\Delta\tau}{\Delta\tau_{івч}\cdot(P_н - P_o)} + \frac{A\cdot K\cdot\Delta\tau}{\Delta\tau_{івч}\cdot(P_н - P_o)}\cdot v^n \ , \qquad (1)$$

де $A = \dfrac{5\cdot R1^2\cdot\Delta R4\cdot S_{ел}}{3\cdot R3\cdot\alpha\cdot R1_0\cdot R2_0}$; $\Delta\tau = \Delta\tau_н + \Delta\tau_o$, або $\Delta\tau = \tau_i - \tau_{i-1}$ - інтервал часу одного циклу роботи схеми (нагрів-охолодження сприймальних елементів сенсора).

Визначаємо об'єм рідини який протікає через сенсор за вказаний час

$$M_i = S_{тр}\cdot\gamma\cdot K_v\cdot\Delta\tau_{інч}\cdot v \ , \qquad (2)$$

де $\gamma$ - коефіцієнт заповнення сенсора потоком вимірюваного середовища, який визначається як відношення площі поперечного перерізу сенсора $S_{тр}$ до площі поперечного перерізу вимірювального середовища $S_м$,

$$\gamma = S_м / S_{тр}; \qquad (3)$$

$K_v$ - коефіцієнту відношення середньої швидкості потоку $v_c$ до миттєвої швидкості рідини $v$, яка вимірюється сенсором,

$$K_c = v_c / v \ ; \qquad (4)$$

$\Delta\tau_{інч}$ – тривалість одного такту імпульсу роботи системи.

На основі рівняння (1) швидкість визначимо, як:

$$v = \left(\frac{N_i\cdot\Delta\tau_{івч}\cdot(p_н - p_0) - (A\cdot\beta_0 - p_0)\cdot\Delta\tau_{інч}}{A\cdot K\cdot\Delta\tau_{інч}}\right)^{\frac{1}{n}} . \qquad (5)$$

Значення коефіцієнта $K$ залежить від коефіцієнта тепловіддачі $\beta_o$ та коефіцієнта заповнення $\gamma$, і аналогічно можна записати як:

$$K = \gamma\cdot K_{max} \ , \qquad (6)$$

де $K_{max}$ – максимальне значення коефіцієнта при суцільному заповненні сенсора вимірювальним середовищем.

На практиці спостерігається зменшення середньої швидкості руху вимірювального середовища при частковому заповненні сенсора. Тоді середню швидкість потоку вимірювального середовища можна записати:

$$v_c = C\cdot\gamma = K_v\cdot v \ , \qquad (7)$$

де $C$ – коефіцієнт вказаної пропорційності.

Визначаємо залежність між значенням швидкості потоку рідини і коефіцієнтом заповнення сенсора. Враховуючи залежності (4-7), отримаємо:

$$\gamma = K_v^{\frac{n}{n+1}} \cdot E^{\frac{1}{n+1}} \cdot C^{-\frac{n}{n+1}}, \tag{8}$$

де $E = \dfrac{N_i \cdot \Delta\tau_{івч} \cdot (p_н - p_0) - (A \cdot \beta_0 - p_0) \cdot \Delta\tau_{інч}}{A \cdot K \cdot \Delta\tau_{інч}}$.

(9)

Тоді об'єм рідини який протікає через сенсор за вказаний час буде:

$$M_i = S_{тр} \cdot K_v^{\frac{2n}{n+1}} \cdot \Delta\tau_{інч} \cdot C^{\frac{1-n}{n+1}} \cdot E^{\frac{2}{n+1}} \quad . \tag{10}$$

Порівнявши (9) і (10) зауважимо, що $\Delta\tau_{інч}$ входить у вираз для $E$. Знаходимо показник ступеня для $\Delta\tau_{інч}$ і остаточно отримаємо вираз для $M_i$:

$$M_i = S_{тр} \cdot \left(\frac{\Delta\tau_{інч}}{C}\right)^{\frac{n-1}{n+1}} \cdot K_v^{\frac{2n}{n+1}} \cdot \left(\frac{N_i \cdot \Delta\tau_{івч} \cdot (P_H - P_0) - (A \cdot \beta_0 - P_0) \cdot \Delta\tau_{інч}}{A \cdot K_{ma[}}\right)^{\frac{2}{n+1}}. \tag{11}$$

З рівняння (11) визначаємо складові відносної похибки від можливої зміни параметрів. В загальному випадку відносна похибка визначається залежністю:

$$\delta M_i = \frac{\mu}{M_i} \cdot \frac{dM_i}{d\mu} \cdot \frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{\mu}{M_i} \cdot \frac{dM_i}{d\mu} \cdot \delta\mu, \tag{12}$$

де $\mu$ – узагальнений параметр.

Шукаючи вирази для часткових похідних з рівняння (11) за окремими параметрами і підставляючи їх у залежність (12) отримаємо вирази для визначення відносної похибки $\delta M_i$ від наступних параметрів:

- вимірювання об'єму порції рідини $M_i$, за час $\Delta\tau_{інч}$ від зміни площі поперечного перерізу сенсора (від температури чи налипання відкладень) $S_{тр}$ :

$$\delta M_{iSтр} = \delta S_{тр} \;;$$

- від зміни часу $\Delta\tau_{інч}$ проходження рідини $M_i$

$$\delta M_{i\Delta\tau інч} = \delta\Delta\tau_{інч} \cdot (n-1)/(n+1);$$

- від зміни коефіцієнта пропорційності $C$ між середньою швидкістю рідини $V_c$ і коефіцієнтом заповнення трубопроводу $\gamma$:

$$\delta M_{iC} = \delta C \cdot (1-n)/(n+1)$$

- від зміни показника степеня $n$ при швидкості потоку $v$ у виразі для коефіцієнту тепловіддачі ($\beta = \beta_o + K \cdot v^n$):

$$\delta M_{in} = 2n/(n+1)^2 \cdot (\ln(\Delta\tau_{інч}/C) + \ln G + \ln K_v) \cdot \delta_n \;,$$

де $G = (N_i \cdot \Delta\tau_{івч} \cdot (p_н - p_o) - (A \cdot \beta_o - p_o) \cdot \Delta\tau_{інч})/(A \cdot K_{max})$;

- від зміни $K_v$, що визначає співвідношення між середньою швидкістю потоку $v_c$ і швидкістю $v$, яку вимірює сенсор:

$$\delta M_{iKv} = \delta K_v \cdot 2n/(n+1) \;;$$

- від зміни періоду $\Delta\tau_{івч}$ коливань наповнення за час роботи генератора з потужністю $P_н$:

$$\delta M_{i\Delta\tau івч} = \delta\Delta\tau_{івч} \cdot 2/(n+1);$$

- від зміни потужності $P_н$ при інтенсивному живленні сенсора :

$$\delta M_i\, p_н = \delta P_н \cdot 2/(n+1) \cdot P_н/(P_н - P_o) \;;$$

- від зміни потужності $P_o$ при мінімальному рівні живлення сенсора:

$$\delta M_{i P_0} = \frac{2}{n+1} \cdot \frac{P_0 \cdot (\Delta\tau_{інч} - N_i \cdot \Delta\tau_{івч})}{N_i \cdot \Delta\tau_{івч} \cdot (P_H - P_0) - (A \cdot \beta_0 - P_0) \cdot \Delta\tau_{інч}} \cdot \delta P_0 \;;$$

- від зміни параметра $A$ і величин його складових:

$$\delta M_{iA} = -\delta A \cdot 2/(n+1),$$
$$\delta M_{i\Delta R4} = -\delta\Delta R_4 \cdot 2/(n+1),$$
$$\delta M_{iSел} = -\delta S_{ел} \cdot 2/(n+1),$$
$$\delta M_{iR1} = -\delta R_1 \cdot 2/(n+1),$$
$$\delta M_{iR3} = -\delta R_3 \cdot 2/(n+1),$$
$$\delta M_i\alpha = -\delta\alpha \cdot 2/(n+1),$$
$$\delta M_{iR10} = -\delta R_{10} \cdot 2/(n+1),$$
$$\delta M_{iR20} = -\delta R_{20} \cdot 2/(n+1);$$

- від зміни постійної складової коефіцієнту тепловіддачі $\beta_o$:

$$\delta M_{i\beta_0} = \frac{2}{n+1} \cdot \frac{A \cdot \beta_0 \cdot \Delta\tau_{інч}}{N_i \cdot \Delta\tau_{івч} \cdot (P_H - P_0) - (A \cdot \beta_0 - P_0) \cdot \Delta\tau_{інч}} \cdot \delta\beta_0;$$

- від зміни максимального коефіцієнту $K_{max}$ в коефіцієнті тепловіддачі $\beta$:

$$\delta M_{iKmax} = -\delta K_{max} \cdot 2/(n+1) .$$

На похибку $M_i$ впливає 17 параметрів. Такі як $S_{тр}$, $\Delta\tau_{інч}$, $\Delta\tau_{івч}$, $P_н$, $P_o$, $\Delta R_4$, $S_{ел}$, $\alpha$, $R_{10}$, $R_{10}$ можна забезпечити достатньо стабільними. Для забезпечення стабільності коефіцієнта $A$ необхідно виконати резистор $R_3$ з температурним коефіцієнтом опору в два рази більшим ніж температурний коефіцієнт опору сенсора $\alpha$. Якщо допустити, що решта параметрів, а саме: $C$, $n$, $K_v$, $\beta_o$, $K_{max}$ впливають на величину $M_i$ середньозваженого, то при середньоквадратичному їх врахуванні і загальній допустимій похибці 5%, кожен із них може давати складову, що не перевищує 2%.


*1. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Л.: Машиностроение, 1989. 702 с.*

*2. Дмитрів В.Т. Математична модель проточного термоанемометричного вимірювача інтенсивності молоковіддачі. Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. Львів: ЛДАУ,1997. № 1. С. 49-58.*

*3. Дмитрів В.Т., Форнальчик Є.Ю., Качмар Р.Я. Термоанемометричний лічильник витрати палива для автомобільних двигунів. Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: Сборник научных трудов. Харьков, 2003. Вып.40. С. 63-68*

*4. Дмитрів В.Т. Уніфікований термоанемометричний вимірювач інтенсивності молоковіддачі стосовно АСК ТП машинного доїння корів. Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Глеваха: ННЦ ІМЕСГ, 2005. Вип. № 49. С. 368-373*

*5. Дмитрів В.Т., Дмитрів І.В., Максимів І.І. Термоанемометричний вимірювач пульсуючих потоків двофазних середовищ. Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. Львів: ЛНАУ, 2013. № 17. С. 71-79.*

УДК 658.562; 621.983.073

**Ванько В.М., д.т.н., проф., Приходько О.М., аспірант**

# ПІДХІД ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Ключові слова**: система управління, якість, машинобудівна продукція, виробництво, ризики, матриця якості, діаграми, процеси

**Вступ.** Однією із важливих особливостей продукції, з якою вітчизняні машинобудівні підприємства намагаються вийти на сучасні міжнародні ринки, є якість. При цьому необхідно також дотримуватися відповідної цінової політики та надійності даної продукції під час експлуатації.

Головним засобом для реалізації цього вважається система управління якістю (СУЯ), завдяки якій здійснюється всебічна організація діяльності будь-якого підприємства.

Відповідно до вимог чинних нормативних документів [1,2] в загальному структура СУЯ складається з таких систем:

- процесів життєвого циклу продукції (виробництво);
- моніторингу, вимірювання, аналізування і вивчення задля поліпшення;
- відповідальності керівництва (стратегія і політика, управління для досягнення сталого успіху, покращення, інновації і навчання);
- управління ресурсами.

Така структура СУЯ продиктована тенденціями щодо забезпечення ефективного управління якістю у США, Європі, Японії, Південній Кореї, Китаї тощо. Яскравим доказом цього є високий попит на багато різних видів продукції виробників даних країн.

**Основний матеріал.** На даний момент науковці і провідні фахівці віддають перевагу методології процесного підходу, викладеній в [1,2], у поєднанні із циклом Демінга «Plan-Do-Check-Act». Виходячи з того, що для вітчизняних машинобудівних підприємств найперше важливо організувати випуск якісної продукції, зосередимося на системі процесів життєвого циклу продукції.

Для організації такої системи доцільно застосовувати ризик-орієнтоване мислення, повніше і оптимальніше відображати всі аспекти якості проектування, виготовлення і експлуатації продукції.

Пропонується новий підхід для створення даної системи управління, завдяки якому послідовно реалізовуватимуться всі стадії життєвого циклу машинобудівної продукції. При цьому варто здійснювати наступні етапи створення та опрацювання інформації про якість.

*Перший* з них – одержання даних на стадіях проектування, виготовлення і кінцевої перевірки машинобудівного продукту, котрий представляє собою певний складний виріб. На нашу думку оптимальним при цьому є застосування теорії матричного числення [3]. Завдяки цій системі управління отримують загальні матриці якості: після проектування $\left|(M_Я)_{пр}\right|$, під час $N$ технологічних операцій виробництва $\left|(M_Я)_{то1}\right|,\ldots,\left|(M_Я)_{toN}\right|$ та на вихідному контролі $\left|(M_Я)_{вк}\right|$. Дані матриці складаються з часткових матриць, які характеризують всі процеси, що при цьому виконуються, а також − з переліків відповідних одиничних показників якості (ОПЯ).

На *другому етапі* доцільно використати FMEA-аналіз (метод проведення аналізу ризику виникнення потенційних видів відмов продуктів і процесів, їхніх наслідків, ймовірності появи та виявлення) [4]. При цьому також створюються часткові матриці якості, які містять інформацію про:

- спроектований об’єкт з огляду на різні площини його бачення $\left|(Q_0)_{1-пр}\right|\ldots\left|(Q_0)_{а-пр}\right|$;
- всебічне підготування виробництва $\left|(Q_0)_{1-пв}\right|\ldots\left|(Q_0)_{б-пв}\right|$;
- технологічні процеси у повному обсязі $\left|(Q_0)_{1-тп}\right|\ldots\left|(Q_0)_{в-тп}\right|$;
- усесторонній вихідний контроль готового виробу $\left|(Q_0)_{S_вк}\right|\ldots\left|(Q_0)_{S_вк}\right|$;
- фактори умов навколишнього середовища, які впливають на кінцевий результат виготовлення – $\left|(Q_0)_{1-нс}\right|\ldots\left|(Q_0)_{г-нс}\right|$.

Ці матриці містять відповідні групи ОПЯ − так званих пріоритетних чисел ризику (ПЧР), котрі розраховуються у вигляді

$$n_p = S_в \cdot O_й \cdot D_{вя}, \tag{1}$$

де $S_в$ – показник ступеня вагомості наслідків ризику, $O_й$ – показник ймовірності виникнення дефекту, $D_{вя}$ – показник ймовірності виявлення дефекту.

У подальшому здійснюється порівняння отриманих часткових матриць, що містять ці ПЧР, з деякими еталонними матрицями, які складаються із відповідних граничних значень $(n_p)_{гр}$ . Як правило, в таких випадках виявляються порушення умови достатнього рівня якості – $n_p \langle (n_p)_{гр}$, причому часто для багатьох ОПЯ. Тому, виникає потреба у розв'язанні цих проблем шляхом знаходження чи визначення причин їхньої появи та реалізації необхідних корегувальних дій. Таким інструментарієм слугують причинно-наслідкові діаграми Ісікави, узагальнений вигляд яких для виробництва наведено на рис. 1 [5].

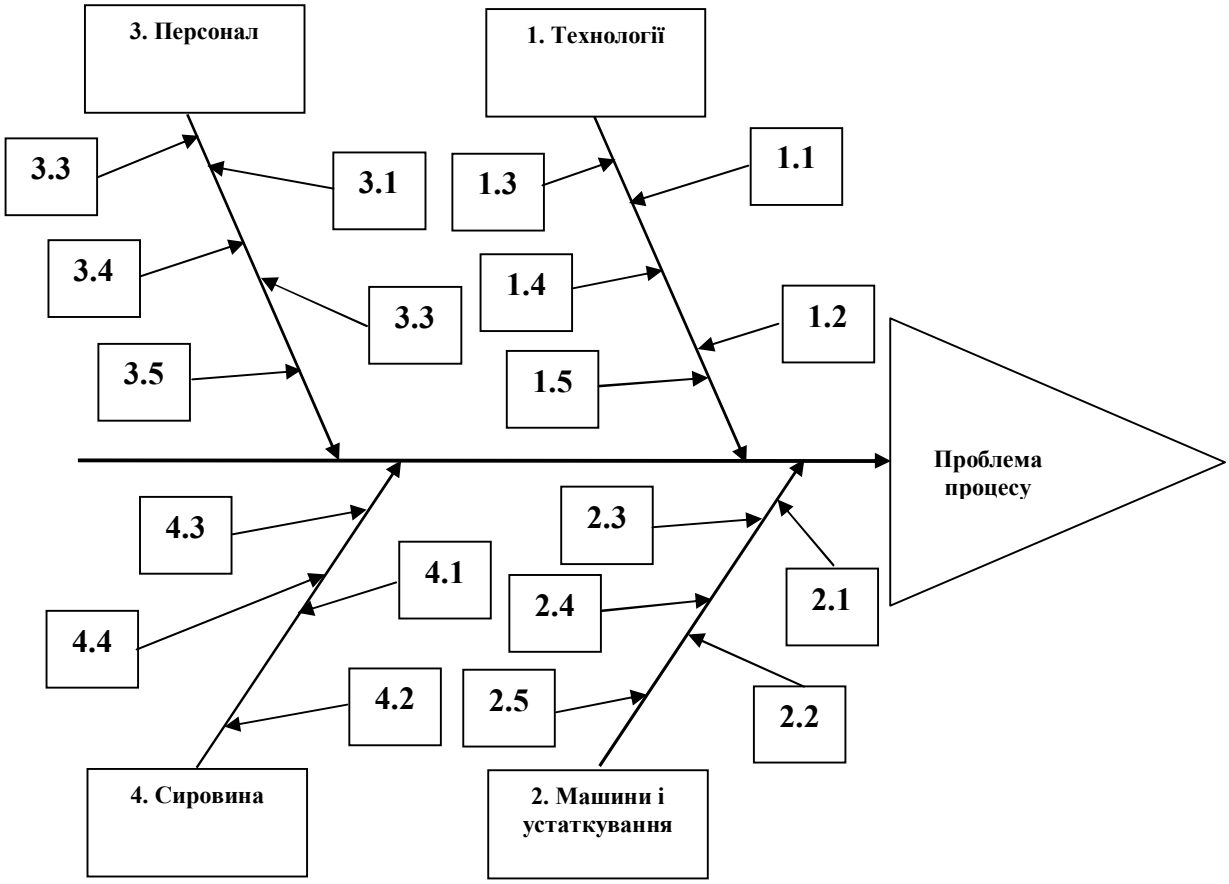



Рисунок 1 – Узагальнений вигляд причинно-наслідкової діаграми Ісікави для виробництва

З метою розуміння проблеми у досліджуваному процесі (наприклад технологічному) слід виокремити основні причини. Тут це лінії, спрямовані до товстої горизонтальної лінії. У випадку машинобудівного підприємства частіше це: технологічні причини (1), машини і устаткування (2), персонал (3) та сировина (4).

Тонші стрілки, які скеровані до цих чотирьох ліній, наводять фактори, що сприяють виникненню кожної з них.

Стосовно технологічних причин це: тривалість процесу (1.1); швидкості оброблення напівфабрикату під час кожної операції процесу (1.2 – вектор ОПЯ); дотримання точності параметрів напівфабрикату, коли проводяться операції процесу (1.3 – вектор ОПЯ); параметри середовища у виробничому приміщенні (1.4 – вектор ОПЯ); спосіб виробництва по його проведенню та технологічних прийомах і методам виконання, що використовуються (1.5 – вектор ОПЯ).

Для аналізу машин і устаткування важливими вважаються: умови експлуатації (2.1 – вектор ОПЯ); підготування до роботи (2.2 – вектор ОПЯ); фізичне зношення (2.3 – вектор ОПЯ); використання різноманітного, включно і нестандартного устаткування (2.4 – вектор ОПЯ); погане проведення технологічних операцій з використання устаткування (2.5 – вектор ОПЯ).

Щодо персоналу досліджуються: організація праці (3.1); неуважність персоналу (3.2); недостатня кваліфікація (3.3); недостатній контроль (3.4); робоче місце (3.5).

З точки зору сировини аналізують: стабільність чи зміни параметрів первинних матеріалів та напівфабрикатів (4.1); якість первинних матеріалів (4.2); якість напівфабрикатів і допоміжних матеріалів (4.3); якість партії від постачальника в усіх аспектах, включно з його репутацією (4.4).

Інколи, виходячи з особливостей продукту чи технології, кількість основних причин діаграми Ісікави може бути збільшена, як правило, до шести [5].

Зауважимо, що при побудові цієї діаграми також використовувався матричний метод – для систематизації зібраної інформації. Спосіб формування загальних і часткових векторів і матриць якості аналогічний до викладеного вище.

На підставі опрацювання даних діаграм Ісікави напрацьовується комплекс необхідних дій і заходів, призначених для виправлення ситуацій, які можуть виникнути протягом проектування чи виконання технологічних процесів виробництва.

Варто наголосити, що *другий етап* не завжди закінчується виявленням ймовірних ризиків виникнення потенційних видів відмов продуктів і процесів під час цих процесів. Часто причинно-наслідкові діаграми будують для моніторингу стану даних двох стадій життєвого циклу продукції з огляду на подальше управління якістю цих комплексів процесів.

Під час *третього етапу* функціонування системи управління якістю виробництва реалізується вихідний контроль готової машинобудівної продукції. Як і вище, здійснюється визначення масивів ОПЯ, завдяки яким складаються матриці якості продукту. Можна говорити, шо забезпечується висока якість конкретного виробу, якщо ОПЯ останніх є меншими або близькими до значень еталонних матриць.

Для встановлення причин зростання числа бракованих виробів на виході доводиться опрацьовувати великі об’єми різноманітних даних про – брак на різних операціях, простоювання устаткування через поломки та погану організацію роботи і процесів, надлишки чи відсутність комплектуючих, рекламації тощо. За даними [5,6] ефективним інструментом розгляду та аналізу таких даних вважаються діаграми Парето. Слід зауважити, що їх можна застосовувати на *третьому етапі* у сукупності із розглянутими вище діаграмами Ісікави. Наприклад, після встановлення причин виникнення проблем стосовно досліджуваного продукту можна розглядати ранжування (важливість) цих причин. Крім того, під час побудови діаграм Парето спочатку інформація систематизується, а потім будується кумулятивна крива Лоренца, яка представляє первинне статистичне опрацювання даних. На основі цього можна робити початкові рекомендації для підвищення якості продукції.

Розвитком такого аналізу може бути опрацювання даних з метою встановлення хоч би приблизних законів випадкових змін важливих параметрів машинобудівної продукції.

**Висновки.** Для гарантування успішного розвитку вітчизняної економіки необхідно налагоджувати виробництво конкурентноспроможної продукції, що характеризується високою якістю при низькій ціні. Завдяки запропонованому підходу для побудови системи управління життєвим циклом можна створити передове і відлагоджене виробництво машинобудівної продукції в Україні. При цьому мінімізуються ймовірні ризики виникнення дефектів у проектованій чи виробленій деталі, вузлі, агрегаті тощо.


*1. ДСТУ ISO 9001-2015. Системи управління якістю. Вимоги. – Введ. 01.07.2016. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2016. – 27 с,*

*2. ДСТУ ISO 9004-2012. Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю.– Введ. 01.05.2013. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2012. – 60 с.*

*3. Ванько В.М., Столярчук П.Г. Метод оцінки якості продукції та послуг за допомогою теорії матриць // Вимірювальна техніка та метрологія. – №67, 2007. – С. 108-114.*

*4. FMEA-анализ видов и последствий потенциальных отказов / Крайслер Корп., Форд Мотор Компани, Дженерал Моторс Корп. Руководство 4-е издание, 2008 г.*

*5. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества: учебное пособие / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко, В. Я. Белобрагин и др. − М.: РИА «Стандарты и качество». - 2005. - 248 с.*

*6. Кане М. М., Иванов Б. В., Корешков В. Н., Схиртладзе А. Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: Учеб. пособие − СПб.: Питер, 2008. – 560 с.*

УДК 616-001.17

**Штефура Ю.В., аспірант, Шевченко К.Л., д.т.н., професор**

# МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ ПРИ ТЕРМІЧНИХ ОПІКАХ

**Ключові слова:** термічний опік, шкіряний покрив, глибина ураження, моделювання

Первинною задачею комбустіології, напрямку медицини, спрямованого на лікування важких форм опіків, є оцінка характерних параметрів травмованих частин організму. До таких параметрів в першу чергу відносять площу травмованої поверхні шкіряного покрову та глибину пошкодження тканин організму.

Визначення площі травмованої поверхні найчастіше здійснюють візуальним шляхом, використовуючи відомі емпіричні співвідношення [1].

Глибину пошкодження оцінити набагато складніше. В клінічній практиці на даний час фактично відсутні апаратні засоби, які дозволяють об’єктивно оцінити глибину пошкодження тканини при термічних опіках. Тому оцінка відбувається або хірургічним шляхом, при якому видаляється шар некротичної тканини, або суб’єктивно, шляхом тактильної оцінки різниці температур травмованої та непошкодженої ділянок шкіряного покрову. Саме глибина пошкодження тканини, визначена в перші хвилини після опіку, значною мірою впливає на стратегію лікування [2]. Тому розробка методів та засобів оперативної оцінки наслідків термічного впливу вкрай актуальна.

Важливим аспектом цієї задачі є вивчення та моделювання процесу пошкодження тканин при термічному впливі. Наявність таких моделей при відомих значеннях температур та часу експозиції дозволить отримати прогностичні значення глибини опіку без використання апаратних засобів.

Для обґрунтування методу прогнозування ступеню термічного ураження необхідно розглядати детерміновані моделі процесу теплопередачі в структурних шарах шкірного покриву. Враховуючі складність процесів теплопередачі в тканинах людини при різного роду термічних впливах, зрозумілими є спроби використання різних характеристик термічного впливу та їх комбінацій. Найбільшого поширення для оцінки термічного впливу на організм людини набули чотири термодинамічні критеріальні фактори: пороговий імпульс [3], критична температура основного шару шкіри [4], інваріантна до часу експозиції критична температура на глибині 0,36 мм від поверхні шкіри [5], індекс уражень Ейзенбега [6]. Розглянемо їх основні особливості.

Пороговий імпульс. Вперше залежність порогового імпульсу від часу опромінення отримана в [3]. У зарубіжних стандартах ця залежність використовується при статичному і динамічному термічних впливах на поверхню шкіряного покрову, але тільки при опіках II ступеня з ймовірністю 0,5. Для інших значень ймовірності такі залежності відсутні.

Критична температура. Використання цього фактору в якості критерію виникнення термічних опіків шкірного покриву на різних відстанях від поверхні вперше запропоновано в [4]. Дана модель використовується в деяких закордонних методиках оцінки виникнення поверхневих опіків I та II ступеня, що визначається по зміні температури основного шару шкіри (межа епідермісу - дерма).

Більш досконалим виглядає розвиток застосування критичної температури, наведений в [5]. Авторами запропоновано модель, що враховує вплив кровотоку і об'ємне поглинання теплового випромінювання. При цьому використовується інваріантний до часу впливу критерій критичної температури дерми на відстані 0,36 мм від поверхні шкіри.

Індекс ураження Ейзенберга. Його отримано на підставі обробки даних ураження при ядерних вибухах. Запропонований в [6] вираз для індексу термічного ураження $I$ має вигляд

$$I = q^{4/3}\tau \ ,$$

де $q$ - щільність теплового потоку випромінювання; $\tau$ - час експозиції.

Застосування індексу ураження Ейзенберга має два практично важливих аспекти. По-перше, він інваріантний до часу впливу при заданої ймовірності опіку. По-друге, його значення використовується при прогнозуванні теплових уражень за допомогою пробіт-функцій не тільки для ймовірності 0,5, але і у всьому діапазоні ймовірностей виникнення термічних опіків [7]:

$$\mathrm{Pr} = a + b\ln I \ ,$$

де $a$ і $b$ - постійні коефіцієнти, ідентифіковані в експериментах по відтворенню опіків; Pr - пробіт, нормоване відхилення випадкової величини $\ln I$ з нормальним законом розподілу.

Слід зазначити, що у медичній статистиці пробіт-функції (probability unit) використовуються для прогнозування ймовірності не тільки термічних уражень, але і при дії інших шкідливих факторів

на організм людини. Це обумовлено неможливістю здійснення натурних експериментів, пов'язаних з небезпекою для людського організму.

Для моделювання наслідків тепловихих впливів на людину застосовують декілька принципово різних підходів. Найбільш розповсюдженими є наступні.

Кінетична модель. При такому підході за критерій теплового ураження приймається інтеграл від швидкості ураження шкіри [7]:

$$P = \int_0^{\tau_K} \frac{d\Omega}{dt} = \int_0^{\tau_K} Ae^{\left(-\frac{E}{RT}\right)} dt ,$$

де $\tau_K$ - час теплового впливу; $\frac{d\Omega}{dt}$ - швидкість ураження тканин; $A$ - передекспоненційна постійна; $E$ - енергія активації; $R$ - газова постійна; $T$ - температура основного шару шкіри.

Залежно від критичного значення температури основного шару шкіри за даною моделлю виділяють три можливі наслідки дії теплового впливу:

- при значеннях $P \le 0,5$ основний шар шкіри залишається без пошкоджень;
- при $0,5 \le P \le 1$ утворюються опіки I ступеня;
- при $P \ge 1$ утворюються опіки II ступеня.

Теплова модель. При тепловому впливі на шкіряний покрив ураження тканин видбувається нерівномірно внаслідок особливостей процесу теплопередачі в багатошарових структурах. В [8] для визначення нестаціонарного профілю температури в шкірному покриві запропонований метод математичного моделювання процесу теплопередачі, якій враховує теплофізичні властивості характерних шарів шкіряного покриву людини. Теплова модель являє собою рівняння нестаціонарної теплопровідності Фур'є при заданих крайових умовах [14]:

$$c_i \rho_i \frac{\partial T(x,\tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_i \frac{\partial T(x,\tau)}{\partial x}\right) + Q_1 - Q_2 , \; i = \overline{1,3},$$

де $i$ - кількість шарів; $c_i$ - теплоємність відповідного шару; $\rho_i$ - щільність; $\lambda_i$ - коефіцієнт теплопровідності; $Q_1$ - теплота, утворювана за рахунок поглинання і розсіювання енергії фотонів; $Q_2$ - теплота, що відводиться за рахунок кровотоку.

Наведена теплова модель дозволяє розраховувати нестаціонарне температурне поле у всіх структурних шарах шкіри, в тому числі і в основному шарі. Результати чисельного моделювання показали, що незалежно від швидкості нагріву опік із заданою вірогідністю виникає тоді, коли на глибині 0,36 мм від поверхні шкіри температура приймає однозначне критичне значення.

Дані, наведені в [9], показали, що опік виникає при досягненні температури сосочкового шару дерми критичного значення $51^0$С. За даними фізіологів саме на цій глибині розташовуються теплові рецептори, загибель яких призводить до виникнення опікової хвороби.

Використання наведених моделей і проведення чисельного аналізу дозволяє прогнозувати наслідки теплових впливів з відомими параметрами, уникнувши проведення неможливих з гуманних причин натурних дослідів теплових впливів на організм людини.


*1. Фісталь Е.Я., Козинець Г.П., Самойленко Г.Є. та ін. Комбустіологія. — К., 2004. — 184 с.*

*2. Фісталь Е.Я. та ін. Класифікація опікових ран за глибиною ураження. Метод. рекоменд. — Донецьк, 2003. — 16 с.*

*3. A.M. Stoll, L.C. Greene, Journal of Applied Physiology, Vol 14, № 3, 373-382 (1959).*

*4. F.C. Henriques, A.R. Moritz, Am. J. Path, Vol. 23, 695-720 (1947).*

*5. Р.Ш. Еналеев, Э.Ш. Теляков, А.М. Закиров Г.М. Закиров, Вестник Казанского технологического университета, № 3, ч.1, 73 – 83 (2009).*

*6. N.A. Eisenberg, A Simulation for Assessing Resulting from Marine Spills, June, 105-245 (1975).*

*7. Еналеев Р. Ш., Закиров А. М., Чистов Ю. С., Теляков Э. Ш. Термодинамические критерии теплового поражения человека в техногенных авариях // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 17. С. 50–55.*

*8. R.Sh. Enalejev, W.A. Kachalkin, Annals of the NewYork Academy of Science, Vol. 858, 30-35 (1998).*

*9. Еналеев Р. Ш., Теляков Э. Ш., Закиров А. М. Кинетика теплового поражения человека в чрезвычайных ситуациях // Безопасность жизнедеятельности. 2009. № 9. С. 30–36.*

**УДК 006.032**

**Залога В.О., д.т.н., проф., Дядюра К.О., д.т.н., проф.,**
**Рибалка І. М., аспірант, Чубур Д.О., студент**

# ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСНОГО ПІДХОДУ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ, ЩО ВИПУСКАЄТЬСЯ

**Ключові слова**: процес, бізнес-процес, процесна модель, система менеджменту якості, функціональний підхід, процесний підхід, міжнародний стандарт

**Вступ.** Стандарти ISO серії 9000 містять рекомендації та інструментарій для компаній і організацій (незалежно від сфери діяльності), які хочуть, щоб їхня продукція і послуги постійно відповідали вимогам замовника, а якість постійно поліпшувалося. Дані стандарти засновані на ряді принципів по менеджменту якості таких - як орієнтація на клієнта, мотивація і залученість вищого керівництва, процесний підхід і постійне вдосконалення. При цьому процесний підхід використовується в якості базового.

Проблема полягає в тому, що система менеджменту якості на кожному підприємстві є, як правило, унікальною і відрізняється вмістом і важливістю ієрархічних структур процесів, що входять в неї, їх вхідними та вихідними інформаційними, енергетичними і матеріальними потоками, показниками якості та їх граничними значеннями. Клієнти, конкуренція, економічні та політичні зміни створюють нові умови для існування організацій, в тому числі України, і вимагають гнучкості і швидкої реакції в їх управлінні [1]. До теперішнього часу методи забезпечення якості, що застосовуються на більшості машинобудівних підприємств, базувалися, як правило, на жорсткому контролі власне якості продукції (функціональний підхід) і послуг і вкрай незначно стосувалися поліпшення якості систем управління організації виробництва на основі процесного підходу, який є найважливішою ознакою досконалого управління якістю.

В умовах невизначеності зовнішнього і внутрішнього середовищ, характерною для більшості сучасних підприємств, формування оптимальної ієрархічної структури бізнес-процесів, що дозволяють трансформувати «входи» в «виходи» і досить часто практично ніким не керованих [2,3], для прийняття раціональних (оптимальних) рішень управління з метою постійного поліпшення якості продукції є складною науковою і практичною задачею. Особливо це є актуальним для підприємств, наприклад, машинобудівних, які задіяні в життєвому циклі (ЖЦ) - проектування, виготовлення, сервісне обслуговування і утилізація - складних технічних виробів (СТВ) таких, наприклад, як компресорна техніка. Для них необхідна загальна наукова методологія як аналізу і синтезу системи процесів на етапах ЖЦ СТВ, так і аналізу, і синтезу систем комплексного управління процесами з урахуванням відповідних динамічних, параметричних і енергетичних закономірностей.

Метою даної роботи є аналіз існуючих підходів до процесного і функціонального управління, а також формування процесної моделі сучасних машинобудівних організацій на основі вимог ISO 9001:2015 [4].

**Матеріали і методи.** Проектування, виготовлення і експлуатація компресорного устаткування, зумовлює спільність, що включає в себе технічні та програмні засоби, а також персонал, які взаємопов'язані в рамках єдиної системи за допомогою інформаційних, енергетичних і матеріальних потоків.

Процеси організації прийнято розділяти на основні, що забезпечують, процеси управління і процеси розвитку.

Основні нотації при моделюванні бізнес-процесів (нотація - це стійка сукупність правил, відповідно до якої описується бізнес-процес):

- структурні моделі (управління) - нотація IDEF0, нотація VAD (ARIS, MS Visio);
- моделі потоків робіт - нотації «процес» і «процедура», нотація eEPC (ARIS, MS Visio);
- моделі виконуваних процесів - нотації BPMN 2.0, нотації S-BM, CFFC;
- моделі потоків даних - нотації DFD [5, 6].

Розглянемо нотацію IDEF0. Форма подання IDEF0 дає можливість бачити і розуміти взаємозв'язок процесів, не вникаючи в дрібниці. Процеси можуть бути представлені у вигляді ієрархічної, деревоподібної структури з характеристиками ланок (гілок), що відображають корисність, вірогідність отримання результату і зв'язку з попередніми і наступними процесами. Моделювання бізнес-процесів засобами IDEF0, як правило, є першим етапом вивчення системи. На

сьогодні ця техніка опису бізнес-процесів набула найбільшого поширення в світі і прийнята як стандарт у багатьох країнах [7 - 11].

При описі і оптимізації процесів організації можуть бути вирішені дві можливі задачі: підвищення прозорості та ефективності діяльності організації; автоматизація бізнес-процесів.

Розглянемо питання вибору найкращого варіанту опису процесів в умовах невизначеності з використанням векторної оптимізації [12]. Серед різних способів оптимізації складних систем, до яких відносяться і системи бізнес-процесів на підприємствах, першорядне значення має формування безлічі можливих варіантів рішень [13].

Завдання поетапної векторної оптимізації сформулюємо наступним чином. Нехай є N варіантів процесів з номерами n = 1, N. Кожен варіант процесу характеризується M числом показників $q_{nm}$, де $m = \overline{1, M}$. Вважаємо, що показники пронормовані таким чином, що $q_{nm} \in [0; 1]$, причому вищої якості процесу відповідає $max q_{nm}$. Тоді кожному варіанту процесу відповідає вектор якості $\bar{Q}[q_{n1}, q_{n2}, q_{n3}, \dots, q_{nm}]$.

У зв'язку з тим, що системи процесів на підприємстві є багатофункціональними і виконувані ними функції можуть істотно відрізнятися, при розгляді багатьох питань використовуємо функціональний підхід. При цьому для розгляду процесів за деякою (*j*-й) функції зі складу всіх елементів виділяється група технічних, програмних і ергатичних (персонал) елементів, що беруть участь у виконанні даної функції [14].

Ця група елементів утворює *j*-ю функціональну підсистему (*j*-а*ФПС* або $ФПС_j$), розглянутої системи. Саме ця $ФПС_j$ підлягає аналізу при розгляді характеристик системи щодо реалізованої нею *j*-й функції.

До складу *ФПСj* (як і до складу системи в цілому) в загальному випадку входять три компоненти:

- група, що беруть участь в реалізації *j*-ї функції технічних засобів (*j*-а функціональна підсистема КТС - $ФП_{КТСj}$);
- група, що беруть участь в реалізації *j*-ї функції програмних засобів (*j*-а функціональна підсистема ПО - $ФП_{ПОj}$);
- група, що беруть участь в реалізації *j*-ї функції ергатичних засобів (*j*-а функціональна підсистема ВП - $ФП_{ОПj}$).

За ознакою участі у виконанні деякої функції виділяються функціональні підсистеми, за конструктивними ознаками можуть виділятися конструктивні підсистеми, з інформаційних ознаками - інформаційні підсистеми і т.д. Аналіз функціонування системи істотно спрощується, якщо її структура побудована так, що виділяються за функціональними і конструктивними ознаками підсистеми збігаються.

Система функцій формує характеристики функціональних підсистем $X_{ФПС}$. При цьому функції можна розділити на основні і допоміжні. Основними вважаються ті, які безпосередньо формують інші функції, допоміжні - лише беруть участь (допомагають формувати).

Між ієрархією функцій (перетворень) і ієрархією функціональних підсистем існує відповідність [15]. Взаємозв'язок безлічі функцій (*Ф*) і безлічі груп засобів ($ФП_{КТС}$, $ФП_{ПО}$, $ФП_{ОП}$) визначається за рівнями ієрархії. На кожному рівні декомпозиції $\mu$ функції $\Phi_{lj}^{\mu} \in \Phi^0$ відповідає множина $\{ФП_{lj}^{\mu}\}_Y$ типів засобів (*j* - індекс функції на рівні ієрархії, *l* - кількість функцій на рівні ієрархії). Тип засобу $ФП_j \in \{ФП_{lj}^{\mu}\}_Y$ забезпечує принципову можливість виконання функції $\Phi_{lj}^{\mu} \in \Phi^0$. Таким чином, задається множина відображення системи *Ф* на підсистемі *ФПС*.

Система засобів будується за принципом взаємозв'язку рівнів: формується безліч елементарних засобів $ФП=\{ФП^0, ФП^l, \dots, ФП^{\mu-1}\}$, кожне з яких забезпечує виконання окремої елементарної функції множин $\Phi=\{\Phi^0, \Phi^l, \dots, \Phi^{\mu-1}\}$.

**Результати.** Функціональну підсистему процесів можна представити у вигляді сукупності ієрархічно організованих множин: елементарних функцій $\Phi^N$, груп засобів ($ФП_{КТС}$, $ФП_{ПО}$, $ФП_{ОП}$), що беруть участь в реалізації функції на кожному рівні і відповідних їм характеристик $X_{ФПС}$. Множина елементарних функцій $\Phi^N$ зі зв'язків $\Theta^N$ визначає множину груп $ФПС_{iN}^N$ і елементарних засобів ($ФП_{КТС_{iN}}, ФП_{ПО_{iN}}, ФП_{ОП_{iN}}$). Усередині множини $ФПС^N$ зі зв'язків $\Theta^N$ формується множина

характеристик $X_{ФПС}{}^{N}$ ($X_{ФПСi}{}^{N} \in X_{ФПС}{}^{N}$), які забезпечують ефективність виконання функцій в умовах обмежень на параметри [16,17].

В даному випадку розглядається два типи моделей бізнес-процесів: процесна і функціональна структури.

На наш погляд не тільки не можна протиставляти процесний і функціональний підходи до управління організацією, а, навпаки, систему управління якістю необхідно розглядати як систему взаємодії процесно-орієнтованого і функціонально-орієнтованого управління.

**Висновки.** Показано, що за рахунок застосування процесного підходу до управління організацією можна значною мірою вдосконалювати її діяльність та забезпечувати якість продукції, що виготовляється. В результаті впровадження процесного підходу і опису процесів буде зафіксований порядок і відповідальність за виконання робіт, усунені збої у виконанні процесів, підвищено якість виконання процесів. Переорієнтація організацій на процесне управління дозволить вітчизняним виробникам виживати і розвиватися в умовах сучасного світу.


*1. Майкл Хаммер, Джеймс Чампи. Реинжинирин гкорпорации. Манифест революции в бизнесе. Манн, Иванов и Фербер, 2006.*

*2. Абдикеев Н. М. Данько Т.П. и др. Реинжиниринг бизнес-процессов Учебник. 2-е изд., испр. (Полный курс MBA). Эксмо-Пресс, 2006.– 592с.*

*3. Андерсен Б. Бизнес-процессы. Инструменты для совершенствования. 4-е издание. Стандарты и качество, 2007.– 272с.*

*4. ISO 9001:2015 Системы менеджмента качества – Требования*

*5. Ротер, Шук. Учитесь видеть бизнес-процессы. Практика построения карт потоков создания ценности. 2-е изд. АльпинаБизнес Букс, 2008.*

*6. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизація бизнес-процессов. Финансы и статистика, 2007. - 240с.*

*7. Киселев А.Д., Ильдеменов С.В., Данько Т. П., Абдикеев Н.М. Реинжиниринг бизнес-процессов. (Полный курс MBA) Учебник - 2 изд. ЭКСМО, 2007.*

*8. Ренадиве. Предвидение: новая эволюционная упреждающая модель бизнеса. Эксмо, 2008.*

*9. Репин В.В. Бизнес-процессы компании. Построение, анализ, регламентация. Деловое совершенство,2007.*

*10. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / Владимир Репин, Виталий Елиферов. — М. : Манн, Иванов и Фербер, 2013*

*11. Джестон, Нелис. Управление бизнес-процессами. Практическое руководство по успешной реализации проектов. Символ – Плюс, 2008.– 511 с.*

*12. Залога В. О. Спадкові принципи формування якості складних машинобудівних виробів : монографія / В. О. Залога, К. О. Дядюра, В. В. Нагорний – Суми: Вид-во СумДУ, 2012. – 347 с.*

*13. Залога В.А. Методология повышения эффективности взаимозависимых процессов проектирования, изготовления и эксплуатации в проектах машиностроения / Залога В.А., Дядюра К.А., Прокопенко А.В. // Резание и инструмент в технологических системах»: Межд. научн.-техн. сборник Харьков: НТУ «ХПИ», 2010. - Вып. 86. – С. 34-42.*

*14. Дмитриевский Б.С. Автоматизированные информационные системы управления инновационным наукоемким предприятием / Б.С. Дмитриевский – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 156 с.*

*15. Луцкий С.В. Теоретико-информационный подход к развитию технических систем / С.В. Луцкий // Вестник двигателестроения. Научно-технический журнал. Запорожье, ОАО «Мотор Сич». - 2007. - №2. - С. 28-33.*

*16. Буряк Ю. И. Управление в многообъектных организационных системах. III: Параметрическая оптимизация в системе с несколькими целевыми функциями/ Ю.И. Буряк, В.В. Инсаров. - (Системный анализ и исследование операций) // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2007. - N 5.- С. 89-99.*

*17. Микийчук М. М. Перспективи застосування кластерного аналізу при контролі якості продукції / М. М. Микийчук // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ" : Нові рішення в сучасних технологіях №23 - Вестник НТУ "ХПИ", 2011. -. - с.59-64.*

УДК 006.91

**Ванько В.М., д.т.н., професор, Пукало М.Я., студент**

# ХАРАКТЕРИСТИКИ І ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОННИХ СИГАРЕТ

**Ключові слова:** характеристика, будова, принцип дії електронної сигарети, термоконтроль, атомайзер, випарник

**Вступ.** Протягом тривалих років тютюнова сировина вважається специфічним продуктом, що користується попитом багатьох верств населення. Відомо, що вживання тютюну суттєво шкодить здоров'ю не тільки курців, але й осіб, що перебувають поряд. Електронні сигарети (ЕС) вважаються безпечнішими для тих, хто не палить. Йдеться про відсутність ефекту пасивного курця. Крім того, у складі рідини ЕС відсутні білки, котрі при спалюванні перетворюються у смоли, що відкладаються у бронхах та легенях курців. Тому, останнім часом у світі пропагується використання ЕС як альтернативи для збереження здоров'я.

**Метою даної роботи є** ознайомлення з будовою ЕС та встановлення нормативних вимог на рідини для електронних випарників.

ЕС − це електронний пристрій, що імітує процес куріння та призначений для заміни традиційної сигарети. ЕС не містять смол, бензолу, канцерогенів, ціаніду, миш'яку, аміаку та інших шкідливих речовин, які містяться в звичайних сигаретах або інших тютюнових виробах. За допомогою цього електронного пристрою можна палити без диму і без запаху для оточуючих, споживаючи при цьому нікотин і отримуючи те ж задоволення, що й при курінні звичайної сигарети.

Сьогодні на ринку знаходяться ЕС двох типів:

• класичні, які містять акумулятор, парогенератор (атомайзер), картридж;

• нового покоління, що складаються з акумулятора та картомайзера (парогенератор + картридж.

Варто зазначити, що ЕС працює в автоматичному режимі. Батарея активується при наявності розрідженого повітряного потоку (затягування). Хоча зараз на ринку присутні ЕС, у яких батарея активується при натисканні спеціальної невеликої кнопки. Реклама стверджує, що такі ЕС є безпечнішими у вжитку, оскільки не схильні до самозапалювання всієї конструкції.

Розглянемо структуру одного з головних вузлів ЕС – атомайзера. Він являє собою комплекс, що складається з нагрівального елемента, системи подачі рідини і камери випаровування (рис. 1).

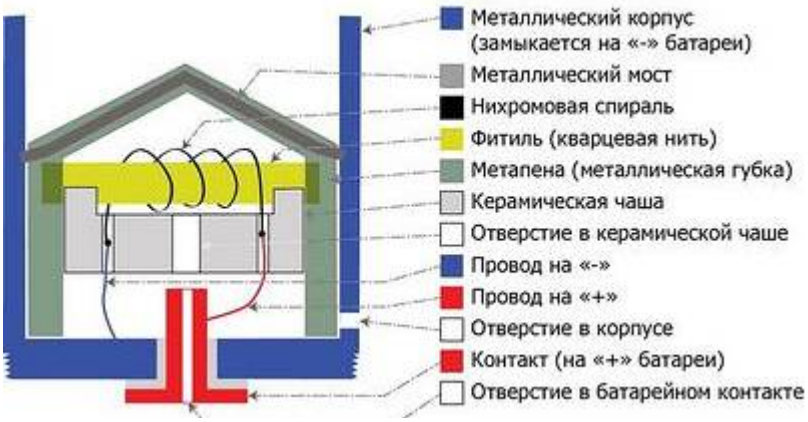



Рисунок 1 – Структура атомайзера електронної сигарети

Картомайзер за принципом побудови дещо складніший, але загалом близький до атомайзера.

При включенні батарея подає струм на нагрівальний елемент. Під впливом температури рідина в камері починає нагріватися, утворюючи пар, який, власне, і вдихає людина. Разом з парою в організм потрапляє і необхідна для курця доза нікотину. До речі, у більшості сучасних моделей є «наконечник» з лампочкою (вона світиться білим, синім, помаранчевим або червоним кольорами) і під час затягування створює видимість процесу горіння.

На даний момент існує кілька різних типів катриджів:

• застаріла модель, яка входить у структуру атомайзера (дуже дорога модель);

• популярна сьогодні модель на синтепоні, яка убезпечена від протікання рідини;

• танкомайзер, яка не така популярна через специфічну конструкцію;

• клиромайзер (найактуальніша тепер), у якій камера пароутворення об'єднана з контейнером для рідини;

• DCT-танк з окремою ємністю для рідини (характеризується великою довговічністю і відсутність протікання).

До складу рідини для ЕС входять такі компоненти:

• гліцерин, обов'язковий для утворення пари;

• пропіленгліколь (необов'язковий компонент), який діє як розчинник для інших компонентів та надає рідині плинність і підсилює смакові властивості;

• дистильована вода;

• нікотин як психоактивна речовина;

• ароматизатори і барвники.

Технічні умови на рідини для електронних випарників поширюються на рідини для заправки картриджів, атомайзери і клиромайзеров для електронних випарників. Вироби виготовляються у вигляді рідин для парогенератора, при проходженні яких повітря насичується парами вироба.

За органолептичними показниками рідини повинні відповідати вимогам таблиці 1.

Таблиця 1

Органолептичні показники рідин

| **Найменування показників** | **Характеристика** |
|---|---|
| Вид | Представляють собою безбарвні або пофарбовані, прозорі або непрозорі рідини. |
| Запах | Запах повинен бути характерним для ароматизатора. |

За фізико-хімічними показниками рідина повинна відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 2.

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники рідин

| **Найменування показників** | **Норма** |
|---|---|
| Об'ємна частка пропіленгліколю харчового у носії, % | 0-40 |
| Об'ємна частка гліцерину харчового у носії,% | 30-80 |
| Об'ємна частка дистильованої води носії, %, | 0-10 |
| Об'ємна частка в готовому продукті харчового ароматизатора, %, не більше | 3-401 |
| Об'ємна частка нікотину в готовому продукті, % | 0-1,8 |

Смакоароматичні хімічні речовини, які використовуються при виробництві ЕС, повинні відповідати вимогам, встановленим чинними нормативними документами: ГОСТ 2.114, технічному регламенту митного союзу «Про безпеку харчової продукції» ТР ТЗ 021/2012, ГОСТ 32049 і ТР ТЗ 029-2012. Рідина для заправки повинна бути негорючою.

Рідина розливається у скляні флакони з кришкою, оснащена скляною піпеткою і з функцією захисту від дітей. Ємність флаконів складає: 20 *мл*, 30 *мл*, 120 *мл*.

Ємність батареї, що використовується, становить від 80 до 6000 *мАгод*, що еквівалентно по часу випалюванню 1-2 пачок звичайних сигарет. Деякі батареї також володіють функцією зміни напруги, завдяки чому курець може змінювати кількість утвореного пара і навіть інтенсивність смакових відчуттів.

Кількість пари залежить від напруги, що подається на нагріваючий елемент – чим вище напруга, тим більше пари. Від опору атомайзера чи картомайзера залежить об'єм пари, що продукується ЕС. Але варто мати на увазі, що надто висока напруга може призвести до появи паленого присмаку, або навіть до перегорання картомайзера або атомайзера. Крім того, при при низькому опорі / високій напрузі рідина з них буде витрачатися швидше, оскільки збільшується потужність нагрівального елемента. Також слід підтримувати картомайзер або атомайзер вологим, бо інакше може виникнути неприємний палений присмак під час користування ЕС. Проблеми контакту цих вузлів з акумулятором так само можуть стати причиною неправильної роботи електронної сигарети.

У будь-якій ЕС температурний контроль, що є функцією контролю нагрівної спіралі , яка буде підтримуватися боксмодом протягом всієї затяжки. При цьому боксмод буде враховувати її обдув, інтенсивність затягування, а також кількість рідини на нитці розжарювання.

Термоконтроль на ЕС корисний наступними особливостями:

• збільшується термін служби випарника;

• зменшується ризик передчасного виходу системи випаровування з ладу при неправильному використанні девайса, несвоєчаснійї дозаправці резервуара для рідини, неправильній манері паління;

• рівномірніше випаровування рідини, тим самим розкриття смаку відбувається більш яскраво.

Однак у термоконтролю є і мінус – швидка розрядка елемента живлення.

Визначення температури здійснюється у зв'язку із зміною опору нагрівального елемента в процесі затягування. При цьому боксмод регулює опір нагрівача в залежності температури навколишнього середовища.

Оскільки ЕС працює в імпульсному режимі, то визначення опору, а також зміна потужності відбувається тисячі разів в секунду, однак оновлення інформації на екрані відбувається приблизно 2 рази в секунду. За рахунок цього витрата енергії збільшується.

Для нормальної роботи ЕС необхідно її розігріти до потрібної користувачеві температури, бо температура у приміщенні чи зовні є завжди нижчою. Тому, спіраль ЕС попередньо розігрівається, а вже потім схема починає підбирати необхідну потужність в процесі затягування. У більшості моделей користувач може встановити самостійно ліміт потужності в режимі термоконтролю.

Для коректної роботи термоконтролю в ЕС необхідні матеріали з високим температурним коефіцієнтом опору (ТКО). При зміні температури в межах 0-300 $^0$С опір спіралі сильно змінюється і схема ЕС коректно відстежує ці коливання. Крім того, знижуються вимоги по чутливості для давача контролю температури та зменшується вплив окислення металу або від забруднення.

Як правило, для нагрівачів застосовують нікель, титан, нержавіючу сталь, NiFe. Необхідно враховувати, що при надмірному нагріванні перших двох металів виділяються оксид нікелю і оксид титану, а це шкідливо для організму людини.

В ЕС передбачена індикація даних для користувача. При зміні опору понад 5% від первісно визначеного (точки відліку) боксмод може висвітлити на екрані напис new coil – right \ same coil – left (відрізняється від пристрою і версії). Крім того, можуть з'являтися написи щодо типу випарника, режиму роботи випарника.

**Висновок.** На даний момент можна говорити про актуальність та необхідність наукових робіт з метою розвитку вітчизняної нормативної бази підвищення якості електронних сигарет.


1. *https://vipmag.by/stati_ob_elektronnykh_sigaretakh/dlya_chego_nuzhen_termokontrol_id86154/*
2. *https://www.vardex.ru/blog/atomizer/*
3. *https://lektsii.org/5-52161.html*

УДК 621.6

**Лівадіна А.Ю., магістрантка**

# СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ЗА ГЕОМЕТРІЄЮ ОБЛИЧЧЯ

**Ключові слова:** біометрія, біометрична характеристика, біометричні методи, ідентифікація

У зв'язку зі зростанням вимог до інформаційної безпеки стають все поширенішими методи біометричної ідентифікації особистості, оскільки використання парольної ідентифікації має безліч недоліків: пароль легко забути, паролі використовуються третіми особами для несанкціонованого доступу, відновлення пароля в багатьох випадках ускладнено неможливістю дистанційної ідентифікації людини, яка звертається до служби підтримки. Єдиний на сьогоднішній день ідентифікатор, який має майже нульовий ризик втрати – біометрія[1].

На теперішній час існує багато методів біометричної ідентифікації, серед яких ідентифікація особистості за відбитком пальця, геометрією кисті руки, райдужною оболонкою ока, сітківкою ока, але найкращою є ідентифікації особистості за геометрією обличчя. Розпізнавання людини по зображенню обличчя виділяється серед біометричних систем тим, що, по-перше, не вимагає спеціального дорогого обладнання. Для більшості додатків досить персонального комп'ютера і звичайної відеокамери. По-друге,відсутній фізичний контакт людини з пристроями. Не треба ні до чого торкатися або спеціально зупинятися і чекати спрацьовування системи. У більшості випадків достатньо просто пройти повз або затриматися перед камерою на кілька секунд. До недоліків розпізнавання людини по зображенню обличчя слід віднести те, що сама по собі така система не забезпечує 100% надійності ідентифікації. Там, де потрібна висока надійність, застосовують комбінування декількох біометричних методів.

На даний момент проблемі розпізнавання людини по зображенню обличчя присвячено безліч робіт, однак в цілому вона ще далека від вирішення. Основні труднощі полягають у тому, щоб розпізнати людину по зображенню обличчя незалежно від зміни ракурсу та умов освітлення при зйомці, а також при різних змінах, пов'язаних з віком, зачіскою тощо.

Розпізнавання осіб є однією з найбільш вивчених задач в таких областях як цифрова обробка зображень, комп'ютерний зір, біометрія, організація відеоконференцій, створення інтелектуальних систем безпеки і контролю доступу тощо. Основою будь-якої системи розпізнавання особи є метод його кодування. Принцип роботи системи розпізнавання по обличчю базується на спеціальному алгоритмі оцифровки зображень, що дозволяє вибирати на кадрах обличчя людини і оцифровувати його, виділяючи велику кількість параметрів (так звані базові точки – вилиці, колір і форма очей, ширина перенісся, губ тощо)[3]. Приклад багатьох геометричних точок представлений на рис.1.

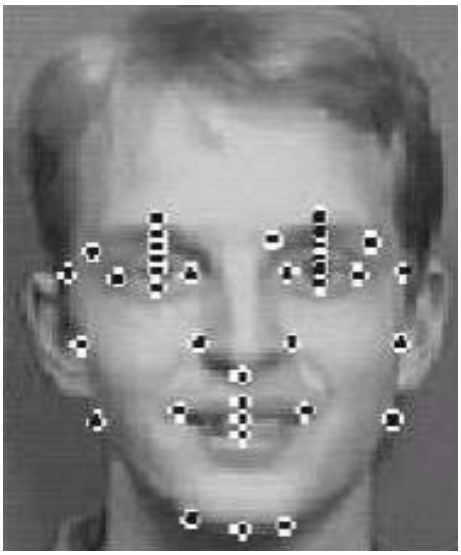


Рисунок 1 – Приклад багатьох геометричних ключових точок

В результаті кожне обличчя описується унікальним набором параметрів. Фотографія і цифровий опис обличчя заносяться в базу даних, з якою згодом порівнюється обличчя, що розпізнається.

Для тестування і демонстрації системи існує програмна оболонка, що працює в двох режимах:

• режим навчання;

• режим розпізнавання.

У режимі навчання будується модель обличчя людини на підставі тренувальних зображень, наданих на вхід модуля разом з унікальним ідентифікатором даної людини. Отримана модель занесена в БД і використовується в подальшому для роботи модуля розпізнавання.

У режимі розпізнавання обробляється введене зображення і, порівнюючи його з моделями з БД моделей,підбирає обличчя з найбільшою мірою подібності.

Структурна схема розробленої системи ідентифікації особи за геометрією обличчя представлена на рисунку 2.

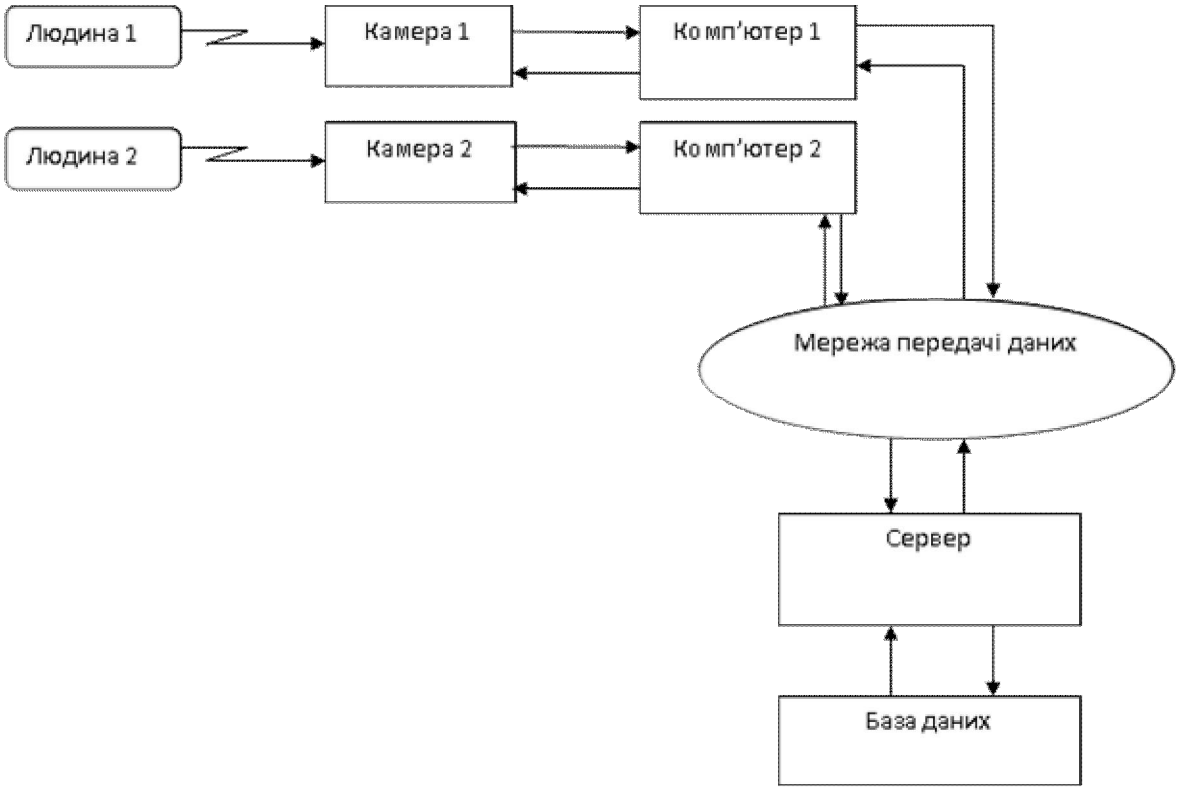



Рисунок 2 – Структурна схема пристрою

Біометрична система доступу являє собою набір комунікаційних вузлів.Принцип роботи системи полягає в тому що, людина, бажаюча потрапити в приміщення «компанії», повинна бути занесена в базу даних. Після того як вона занесена в базу даних, вона має доступ в приміщення. Прийшовши до прохідної, вона реєструється за допомогою розробленогопристрою, який відправляє запит на сервер і в базу даних про надання інформації про людину. Після чого на комп'ютер для звірки та ідентифікації надходить потрібна інформація. На комп'ютері відбувається звірка зображення з бази даних із зображенням реального часу після чого людина отримує відповідь чи може вона увійти чи ні.

Отже, розробка дозволяє з ймовірністю близько 80 % ідентифікувати людину за зображенням її обличчя. Для системи ідентифікації особи за геометрією обличчя дуже важливо освітлення обличчя людини і це необхідно враховувати при отриманні матеріалівдля системи. Подальші дослідження будуть спрямовані на збільшення ефективності та зменшення помилки при знаходженні відповідності між зображенням, збереженим у базі даних, та зображенням у реальному часі.

*1. Руководство по биометрии / [Р. М. Болл и др.] ; [пер. с англ. Н. Е. Агапова]. – М. Техносфера, 2007. – 367с.*

*2. В. Моржаков, А. Мальцев Современные биометрические методы идентификации [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.polyset.ru/article/st327.php.*

*3. Гинце А. Новые технологии в СКУД // Системы безопасности, 2005.*

УДК 620.93

**Пономарьов Ю.В., канд. техн. наук., Бондарев С.А., Луценко В.О.**

# ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБЛІКУ ГАЗУ ЗА РАХУНОК ОПЕРАТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ГАЗУ

**Ключові слова:** природний газ, фізико-хімічні показники, автоматичний обчислювач, потоковий хроматограф, маршрут газу, газотранспортна система

Підвищення цін на природний газ спонукає до впровадження енергоефективних заходів для покращення ефективності економіки, зокрема більш точніше вимірювання обсягів газу.

Природний газ горючий – це складна газоподібна суміш вуглеводнів (метан, етан, пропан і в значно меншій кількості вищі вуглеводні) та деяка кількість інших газів [1].

Оператор газотранспортної системи України в особі ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» забезпечує транспортування природного газу як на міжнародному рівні, так і на внутрішньому ринку.

Декілька цифр про оператора газотранспортної системи:

- наприклад, в минулому – 2017 році ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» протранспортувало більш ніж 93 млрд.м$^3$ [2];
- довжина газопроводів більше ніж 38 тис. км;
- компресорних станцій – 72;
- газовимірювальних станцій –23 (не враховуючі внутрішні);
- газорозподільчих станцій більше ніж 1400.

На кожному такому об'єкті, а саме: компресорна станція, газовимірювальна станція та газорозподільча станція в експлуатації знаходяться по декілька вузлів обліку газу.

Вимірювання обсягу природного газу виконується на вузлах обліку методом змінного перепаду тиску або з використанням лічильників. Для обох методів необхідно обчислювати коефіцієнт стисливості, який залежить від складу газу та густини (фізико-хімічних показників) та суттєво впливає на величину розрахованого автоматичними обчислювачами та коректорами обсягу газу.

На підставі формули 6 ГОСТ 30319.1-96 [3] та формули 5.3 ДСТУ ГОСТ 8.586.1:2009 [4] розрахунок об’ємної витрати газу за стандартних умов проводиться за такою формулою:

$$q_c = q_v \frac{p \cdot T_c}{p_c \cdot T \cdot K}$$

де, $q_c$ - об’ємна витрата середовища, яка приведена до стандартних умов,

$q_v$ – об'ємна витрата середовища в робочих умовах,

$p$ – тиск середовища, МПа,

$T_c$ – температура за стандартних умов, 20 $^0$С,

$P_c$ – тиск середовища за стандартних умов, 0,101325 МПа,

$T$ – температура середовища, К,

$K$ – коефіцієнт стисливості.

Відповідно до «Кодексу газотранспортної системи» [5] в точках входу/виходу газотранспортної системи вимірювання фізико-хімічних показників є обов’язковим.

Особливість постачання газу газотранспортною системою України на цей час полягає в підвищенні частки газу, який здобувається на території України, для чого характерним є динамічне змінення складу газу.

Різка зміна фізико-хімічних показників газу в точці входу/виходу впливає на точність обчислення обсягу газу на вузлах обліку газу, які встановлені на маршруті газу відповідної точки входу/виходу.

Кожну точку входу/виходу, з точки зору проходження газу з однаковим складом газу по загальному трубопроводі, можливо пов’язати з декількома вузлами обліку газу, які об’єднують в маршрут газу.

Вимірювання фізико-хімічних показників виконується за допомогою лабораторних хроматографів шляхом взяття проби газу на пробовідбірних пунктах кожного маршруту газу та подальшого аналізу в лабораторії. Ця процедура пов’язана з транспортними витратами та займає багато часу. Як правило, час між двома відборами проб на одному об’єкті складає від декількох діб до тижня. Зменшення часу між визначеннями складу газу має дати суттєве поліпшення обліку газу.

Наразі в ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» виконується низка заходів для підвищення точності обліку природного газу, зокрема впровадження в промислову експлуатацію автоматичних потокових хроматографів.

Впровадження в експлуатацію потокових хроматографів в вузлових місцях газотранспортної системи дає можливість робити декілька вимірювань фізико-хімічних показників газу на годину, а також розраховувати та зберігати погодинні та щодобові значення по кожному компоненту.

Програмні засоби автоматизації обліку газу, які наразі використовуються в ПАТ «УКРТРАНСГАЗ», дозволяють опитувати автоматичні потокові хроматографи, отримувати фізико-хімічні показники газу та здійснювати запис складу та густини газу до автоматичних обчислювачів і коректорів по відповідному маршруту газу.

На рисунку 1 приведений приклад, який демонструє обчислення добових обсягів газу на вузлі обліку при використанні фізико-хімічних показників газу від лабораторного хроматографу з періодичністю один раз на тиждень.

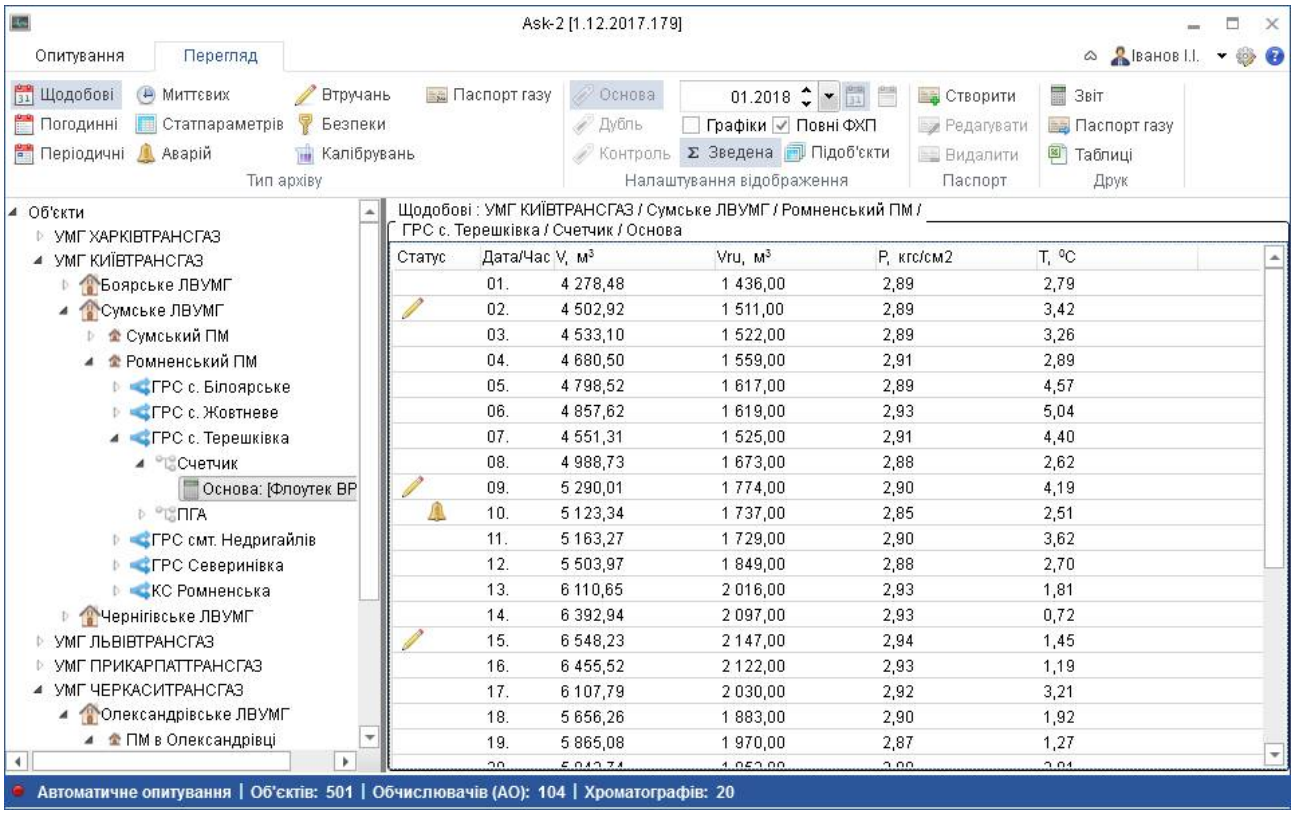



Рисунок 1 – Приклад добових обсягів газу при введенні фізика-хімічних показників один раз на тиждень

В таблиці приведені розрахунки обсягів природного газу для двох випадків:у разі введення фізико-хімічних показників газу до коректору один раз на тиждень (стовпчик Vлаб.х) та один раз на добу (стовпчик Vпот.х); в стовпчику ΔV – абсолютна різниця, в стовпчику δV – відносна різниця.

Таблиця 1

Розрахунки обсягів газу при різних регламентах внесення фізико-хімічних показників до коректору

| Дата | Vлаб.х | Vпот.х | ΔV, м$^3$ | δV,% | $CO_2$ (Діоксид вуглецю) | $N_2$ (Азот) | Ro (Густина) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 04.01.2018 | 4680,5 | 4686,5 | 6,0 | 0,13% | 0,2841 | 1,3757 | 0,7043 |
| 05.01.2018 | 4798,5 | 4796,7 | -1,8 | -0,04% | 0,2512 | 1,4191 | 0,7048 |
| 06.01.2018 | 4857,6 | 4860,8 | 3,2 | 0,07% | 0,283 | 1,1987 | 0,7039 |
| 07.01.2018 | 4551,3 | 4558,8 | 7,5 | 0,17% | 0,289 | 1,2218 | 0,7038 |
| 08.01.2018 | 4988,7 | 4981,0 | -7,7 | -0,15% | 0,2581 | 1,2363 | 0,7036 |
| 09.01.2018 | 5290,0 | 5288,6 | -1,4 | -0,03% | 0,2534 | 1,1503 | 0,7027 |

В найближчому майбутньому технічні можливості вузлів обліку газу дозволять виконувати обчислення обсягів природного газу з урахуванням погодинних фізико-хімічних показників, тим самим забезпечувати найбільшу точність обліку газу. Крім того, для ефективної реалізації бізнес-процесів в ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» з'являється повноцінна можливість моніторингу в режимі он-лайн транспортування та розподілу природного газу з використання моделювання та прогнозування в єдиному часовому просторі.

*1. СОУ 60.3-30019801-033:2005 «Газ природний горючий. Визначення фізико-хімічних показників. Порядок використання автоматичних потокових приладів».*

*2. Сайт http://utg.ua.*

*3. ГОСТ 30319.1-96 «Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки».*

*4. ДСТУ ГОСТ 8.586.1:2009 «Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 1. Принцип методу вимірювання та загальні вимоги».*

*5. «Кодекс газотранспортної системи» затверджений постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг № 2493 від 30.09.2015.*

УДК 681.2.083

**Левицький С.А., аспірант, Шевченко К.Л., д.т.н., проф.**

# АНАЛІЗ НЕІНВАЗИВНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ГЕМОДИНАМІКИ

**Ключові слова:** гемодинаміка, серцевий викид, моніторинг параметрів, торакальний електричний біоімпеданс, імпедансна кардіографія

Серцевий викид є однією з найважливіших функцій серця, що забезпечує доставку кисню до органів пацієнта. Моніторинг параметрів серцевого викиду є вкрай важливим, оскільки дозволяє зрозуміти причини невідповідності кров'яного тиску нормальним значенням.

Основними параметрами, що необхідно вимірювати, є наступні:

- ударний об'єм **SV** [*ml*] – об'єм крові, що виштовхується серцем за одне скорочення;
- серцевий викид **CO** [*l/min*] - кількість крові, що викидають шлуночки серця за 1 хвилину;
- ударний індекс **SI** [$ml/m^2$] -відношення ударного об'єму **SV** до площі поверхні тіла;
- серцевий індекс **CI** [$l/min/m^2$] - відношення хвилинного об'єму крові **CO** до площі поверхні тіла.

За останні десятиліття розроблено багато методів вимірювання параметрів серцевого викиду. На сьогоднішній день "золотим стандартом" вимірювання параметрів гемодинаміки є метод темодилюції, при використанні катетера Сван-Ганца [1]. Щоб зробити висновки по даному методу доцільно детально розглянути процес вимірювання. Отже спочатку проводиться катетеризація центральної вени (переважно права внутрішня яремна) за методикою Сельдингера [2]. При цьому проводиться спеціальний "катетер-футляр" (інтродьюсер), через порт якого вже буде проводитися сам легеневої катетер. Далі повітряний балончик роздувається і з його допомогою катетер під впливом потоку крові поступово запливає в правий шлуночок і потім в легеневу артерію. Балончик здувається. В п'ять шприців набирають по 10 *мл* фізіологічного розчину кімнатної температури. Вміст шприца вводять в катетер і отримують значення серцевого викиду. Вимірювання повторюють п'ять разів. Крайні значення відкидають, а три, що залишилися - усереднюють.

До недоліків даного методу відносяться усі можливі ускладнення, що пов'язані з катетеризацією центральної вени та можливе травмування пацієнта. По перше, це ускладнення, пов'язані з катетеризацією камер серця: травма тристулкового і напівмісячних клапанів. По друге, це ускладнення, пов'язані з катетеризацією легеневої артерії: шлуночкові аритмії, пошкодження легеневої артерії. Наступним недоліком є те, що маніпуляцію може проводити лише фахівець високої кваліфікації зі значним досвідом. Також можна зазначити відносно високу вартість самого катетера Сван-Ганца. І найважливішим з точки зору точності вимірювання є складнощі, пов'язані з вимірюванням температури болюса безпосереднього перед введенням - невірно задане значення температури болюса може значно вплинути на результат вимірювання.

З точки зору точності вимірювання метод вважається найточнішим з доступних. Похибка вимірювання ударного об'єму становить $\Delta_{SV}=\pm$ 8.9 [*ml*], а серцевого викиду $\Delta_{CO}=\pm 0{,}1$ [*l/min*]. В той же час цей метод має досить велику ймовірність попадання результату вимірювання за допустимі межі розкиду P=63%.

Отже можна зазначити, що яким би не був точним даний метод, його застосування викликає ризики отримання ускладнень при проведенні вимірювань. В наслідок цього даний метод зазвичай використовують лише в критичних ситуаціях, коли вірогідність наслідків вимірювання менша, ніж наслідки погіршення стану пацієнта (ризик летальності більше 5%).

Тому актуальним на сьогоднішній день є розробка альтернативних неінвазивних методів моніторингу параметрів серцевого викиду. Пріоритетом при цьому є підвищення точності неінвазивних методів моніторингу, порівняно з інвазивними методами.

Розвиток нових медичних технологій обумовлює тенденції заростання складності задач моніторингу. При великій різноманітності доступних на даний момент методів гемодинамічного моніторингу слід чітко усвідомлювати, що його головна мета полягає в поліпшенні процесу лікування шляхом корекції гемодинаміки. Сучасні методи моніторингу передбачають забезпечення реалізації наступних вимог:

- вимірювання всіх необхідних показників гемодинаміки;
- забезпечення точності і відтворюваності вимірів;
- доступність застосування в клінічній практиці;

- незалежність від навичок оператора;
- швидкодія;
- мінімізація або повне усунення ризиків ускладнень.

З урахуванням зазначених вимог важливим аспектом розробки нових методів неінвазивного моніторингу параметрів серцевого викиду є аналіз потенційних можливостей існуючих методів та вибір найбільш перспективного. Найбільш розповсюдженими на даний момент є метод імпедансної кардіографії, метод електричної кардіометрії та метод розрахункового безперервного серцевого викиду.

Розглянемо їх основні особливості.

**Імпедансна кардіографія** (**ICG Impedance cardiography**, або торакальний електричний біоімпеданс (TEB Thoracic electrical bioimpedance)) вимірює зміни електроімпедансу по грудному відділу, під час серцевого циклу. Нижній поріг імпедансу вказує на збільшення внутрішньогрудного об'єму рідини та кровотоку. За рахунок синхронізації зміни обсягу рідини з серцебиттям, зміна імпедансу може бути використана для обчислення ударного об’єму, серцевого викиду та системного судинного опору [3].

До недоліків даного методу можна віднести чутливість до електричного шуму, руху пацієнта, температури і вологості та необхідність гемодинамічної стабільності. При наявності патологічних змін в організмі хворого на стандартну форму ICG-хвилі можуть бути накладені інші процеси - асинхронна робота аортального та легеневого клапанів, ранні відображення артеріальної пульсової хвилі.

Основною перевагою методу є можливість тривалого вимірювання параметрів гемодинаміки. Наступними перевагами є відсутність будь яких ускладнень, порівняно з інвазивними методами, не потрібна висока кваліфікація для проведення вимірювання та незалежність наслідків та результатів вимірювання від навичок оператора. Позитивним є також низька вартість проведення вимірювання порівняно з інвазивними методами вимірювання, замінюються лише електроди.

Похибка вимірювання цього методу за даними [4] становить $\Delta_{CO}=\pm1,1[l/min]$, ймовірність попадання результату вимірювання за допустимі межі розкиду - P=48%.

**Електрична кардіометрія** (**EC Electric Cardiometry**) - неінвазивний метод, подібний до імпедансної кардіографії. Обидва методи вимірюють торакальний електричний біоімпеданс. Основна відмінність полягає у тому, що електрична кардіометрія фіксує різке збільшення TEB "Удар-до-удару" зі зміною орієнтації червоних кров'яних клітин (еритроцитів). Для вимірювання серцевого викиду потрібні чотири стандартних ЕКГ-електроди. Ці електроди розташовуються на шиї та грудній клітці з лівої сторони. В процесі дослідження проводять безперервне вимірювання змін електропровідності всередині грудної клітки. При пропусканні низькоамплітудного і високочастотного електричного струму через грудну клітку, вимірюється поточний опір (що складається з декількох чинників). Завдяки фільтрації, електрична кардіометрія здатна мінімізувати зміни в провідності, створені системою кровообігу. В основі методу лежить явище зміни орієнтацій еритроцитів (RBCs), що викликає зміну провідності кровотоку в аорті, при впливі пульсуючого потоку крові [5].

Має майже тіж недоліки та переваги, що й метод імпедансної кардіографії, але гірші показники точності вимірювання.

Похибка вимірювання цього методу за даними[4] становить $\Delta_{CO}=\pm2,4[l/min]$, ймовірність попадання результату вимірювання за допустимі межі розкиду - P=42%.

**Розрахунковий безперервний серцевий викид (esCCO Estimated continuous cardiac output**.В основі методу лежить вимірювання часу розповсюдження хвилі пульсу PWTT часу від піку R-зубця ЕКГ до точки підйому імпульсної хвилі SpO2.)

Принцип esCCO - це зворотна кореляція ударного об’єму (SV) та часу проходження пульсових хвиль (PWTT Pulse Wave Transit Time). Ця кореляція була підтверджена клінічними експериментами та аналізом даних, і точність оцінки SV на основі PWTT майже не піддається впливу після введення ліків, включаючи судинні агенти [6].

Головним недоліком даного методу є необхідність калібрування перед початком вимірювань за допомогою результатів інвазивних методів.

До переваг даного методу можна віднестиможливість тривалого вимірювання параметрів гемодинаміки.

Також перевагою є застосування звичайних ЕКГ електродів. Між електродами не проходить струм, що попереджує внутрішнє мікро-ушкодження клітин.

Тому, хоча сам метод є неінвазивним, але потребує калібрування з інвазивним методом, з чого

можливо зробити висновок, що даний метод не може бути застосований для оцінки шокового стану пацієнта.

Похибка вимірювання при використанні цього методу за даними [4] становить$\Delta_{CO}$=±1,25[*l/min*], ймовірність попадання результату вимірювання за допустимі межі розкиду - P=62%.

Проведений аналіз показав перспективність використання методу імпедансної кардіографії, тому що цей метод є досить стабільним та найбільш корельованим з методом термодилюції, порівняно з іншими неінвазивними методами.

Для його широкого застосування необхідно вирішити наступні задачі:

- здійснювати додаткові вимірювання пульсових хвиль. Можливо отримати їх з мочки вуха або верхньої частини руки. Ці додаткові дані дозволять алгоритму точніше визначати точку X (закриття аортального клапана);
- покращити алгоритм виявлення опорних точок на мінливій кривій ICG та алгоритм обробки артефактів (м'язова активність пацієнта або висока частота дихання);
- синхронізувати вимірювання ICG зі стандартним вимірюванням ECG, що дозволить точніше визначати опорні точки кривої ICG;
- проводити додаткове вимірювання параметру оксигенації венозної крові, що дозволить отримувати додаткові параметри оцінки стану пацієнта ($Scv0_2$). Це дозволить швидко диференціювати шоковий стан пацієнта.

*1. Advances in non-invasive cardiac output monitoring / David M Linton, Dan Gilon -2002- Annals of Cardiac Anaesthesia, volume 5, p. 141-14*

*2. Thermodilution method for measuring cardiac output. / Eur Heart J., Conway J, Lund-Johansen P. -1990. – p. 17–20; PMID: 2092986*

*3.Impedance cardiography: thenext vital sign technology / Van de Water JM, Miller TW -2003-* Chest*, 123:469–479*

*4.Accuracy and precision of non-invasive cardiac output monitoring devices in perioperative medicine: a systematic review and meta-analysis/ A. Joosten1, O. Desebbe, K. Suehiro, Joosten A, Desebbe O2, Suehiro K, Murphy LS, Essiet M, Alexander B, Fischer MO, Barvais L1, Van Obbergh L1, Maucort-Boulch D, Cannesson M.//British Journal of Anaesthesia -2017- 118 (3): 298–310 ; DOI: 10.1093/bja/aew461*

*5. Equivalance of the bioimpedance and thermodilution methods in measuring cardiac output in hospitalized patients with advanced, decompensated chronic heart failure / Albert NM, Hail MD, Li J, Young JB // American Journal of Critical Care. – 2004. – DOI: 10.3389/fmed.2017.00200*

*6. Неинвазивный гемодинамический мониторинг esccо в ходе анестезиологического пособия при лапароскопической холецистэктомии/ Ю. Ю.Кобеляцкий, А. М. Машин, А. В. Царев, И. А. Йовенко. – 2016. – DOI: 10.22141/2224-0586.5.76.2016.76440.*

УДК 621.317

**Походило Є.В., д.т.н. проф., Герасим М., к.т.н., Піцюра В., студент**

# ВПЛИВ ПРИЕЛЕКТРОДНОГО ІМПЕДАНСУ НА ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ОБ'ЄКТІВ КВАЛІМЕТРІЇ

**Ключові слова:** ємнісний сенсор, приелектродний імпеданс, ємність подвійного шару, об'єкт кваліметрії, комплексна похибка, імпеданс, адмітанс, імпеданс Варбурга

**1. Вступ.** Вимірювання електрофізичних величин (діелектрична проникність, питомий опір тощо) об'єктів кваліметрії (рідини, сипкі матеріали, гази) здійснюється через перетворення неелектричної величини у електричну. Для цього як електричну величину часто використовують адмітанс, активна або реактивна складові якого є інформативними параметрами відповідних електрофізичних величин [1]. У разі використання контактних сенсорів ємнісного характеру, які безпосередньо контактують з об'єктом контролю, виникає, як відомо [2] неінформативний імпеданс, що змінює електричну модель (схему заміщення) об'єкта контролю. Відповідно, неадекватними стають модель об'єкта та модель, за якою здійснюється вимірювання. Така неадекватність залежить ще й від частоти тестового сигналу, характеру інформативної складової параметра, впливу параметрів приелектродного імпедансу. Це, як відомо [3], призводить до виникнення методичної похибки. Тому актуальним є оцінити вплив приелектродного імпедансу на вибраний інформативний параметр адмітансу, зокрема активну та реактивну його складові.

**2. Приелектродний імпеданс та його математична та електрична моделі.** Приелектродний імпеданс $Z_{p1}$, $Z_{p2}$ двоелектродного ємнісного сенсора (відповідно першого та другого електродів) послідовно додається до імпедансу $Z_x$ об'єкта контролю, еквівалентна схема якого містить ємність $C_x$ та опір $R_x$. З урахуванням зазначеного повна електрична схема заміщення контактного ємнісного сенсора будь-якого конструктивного виконання (плоско паралельний, коаксіальний тощо) зображена на рис. 1.

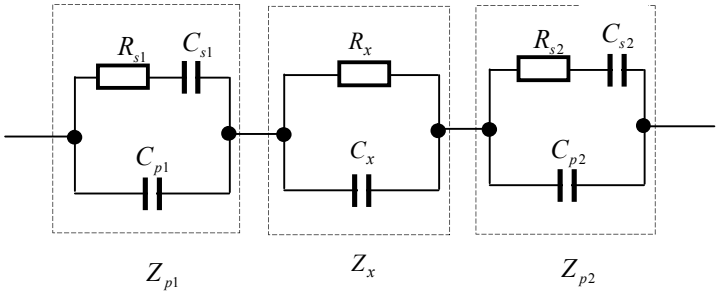



Рисунок 1 – Електрична схема заміщення контактного двоелектродного ємнісного сенсора

Відповідна до електричної моделі математична модель, що описує адмітанс $Y'_x$ об'єкта контролю, який вимірюється відповідним приладом, матиме вигляд:

$$Y'_x = \frac{1}{Z'_x} = \frac{1}{Z_{p1} + \dfrac{R_x}{1 + j\omega C_x R_x} + Z_{p2}}. \qquad (1)$$

Приелектродні імпеданси $Z_{p1}$, $Z_{p2}$ (рис.1), як відомо, утворюється ємностями подвійного шару $C_{p1}, C_{p2}$ та імпедансами Варбурга, які являють собою послідовне з'єднання поляризаційних ємностей $C_{s1}$, $C_{s2}$ та опорів $R_{s1}$, $R_{s2}$ на кожному електроді, відповідно (рис.1).

На основі аналізування математичної моделі (1) ємнісного сенсора розглянемо вплив приелектродного імпедансу на результат вимірювання інформативних складових імпедансу $Z_x$ об'єкта контролю. Для цього спочатку проаналізуємо приелектродний імпеданс окремо, прийнявши його для двох електродів однаковим, а саме $Z_{p1} = Z_{p2} = Z_p$, а його параметри відповідно до схеми рис.1 як: $C_{p1} = C_{p2} = C_p$, $C_{s1} = C_{s2} = C_s$, $R_{s1} = R_{s2} = R_s$. У такому разі активна $\mathrm{Re}(Z_p)$та реактивна $\mathrm{Im}(Z_p)$складові приелектродного імпедансу $Z_p$ описуватимуться виразами

$$\mathrm{Re}(Z_p) = \frac{C_s^2 R_s}{\omega^2 C_p^2 C_s^2 R_s^2 + (C_p + C_s)^2}, \tag{2}$$

$$\mathrm{Im}(Z_p) = -\frac{\omega^2 C_p C_s^2 R_s^2 + C_p + C_s}{\omega^3 C_p^2 C_s^2 R_s^2 + \omega (C_p + C_s)^2}. \tag{3}$$

З урахуванням того, що ємність подвійного шару $C_p$ більша за ємність $C_s$ імпедансу Варбурга [4], тобто прийнявши $C_p + C_s \approx C_p$, вирази (2) та (3) можна спростити до вигляду:

$$\mathrm{Re}(Z_p) \approx \left(\frac{C_s}{C_p}\right)^2 \cdot \frac{R_s}{1 + \omega^2 C_s^2 R_s^2}, \tag{4}$$

$$\mathrm{Im}(Z_p) \approx -\frac{C_p\left(1 + \omega^2 C_s^2 R_s^s\right)}{\omega C_p^2 \left(1 + \omega^2 C_s^2 R_s^s\right)} = -\frac{1}{\omega C_p}. \tag{5}$$

**3. Аналізування математичних моделей складових приелектродного імпедансу та відповідні електричні схеми заміщення контактного двоелектродного сенсора.** З отриманого виразу (5) видно, що реактивна складова приелектродного імпедансу не залежить від імпедансу Варбурга, тобто від параметрів $C_s$ та $R_s$. Звідси виходить, що якщо вибрати як інформативний параметр об'єкта контролю реактивну складову імпедансу ємнісного сенсора двоелектродної конструкції, то на результат вимірювання у частотному діапазоні впливатиме в основному лише ємність подвійного шару $C_p$.

Аналіз активної складової імпедансу (4) показує, що за умови $\omega^2 C_s^2 R_s^2 << 1$ вираз спрощується, тобто

$$\mathrm{Re}'(Z_p) \approx \frac{C_s^2 R_s}{C_p^2} \approx \frac{C_s}{C_p} R_s, \tag{6}$$

а за умови $\omega^2 C_s^2 R_s^s >> 1$

$$\mathrm{Re}''(Z_p) \approx \frac{C_z^2 R_s}{\omega^2 C_p^2 C_s^2 R_s^2} \approx \frac{1}{\omega^2 C_p^2 R_s}. \tag{7}$$

Досягаються зазначені умови зміною частоти тестового сигналу. Так, активна складова $\mathrm{Re}'(Z_p)$ приелектродного імпедансу відповідає низькочастотному діапазону. Якщо врахувати, що відношення ємностей $\frac{C_s}{C_p}$ у виразі (6) для конкретного сенсора та об'єкта дослідження є сталим, то активна складова (8) залежатиме від опору $R_s$ імпедансу Варбурга і не залежить від частоти тестового сигналу.

Відповідно, активна складова $\mathrm{Re}''(Z_p)$ приелектродного імпедансу (7) відповідає високочастотному діапазону і залежить від ємності подвійного шару та опору імпедансу Варбурга, а також є частото залежна, однак не залежить від поляризаційної ємності $C_s$.

З урахуванням зазначеного електрична модель двоелектродного ємнісного сенсора будь-якого конструктивного виконання з інформативною реактивною складовою приймає вигляд, зображений на рис. 2а.

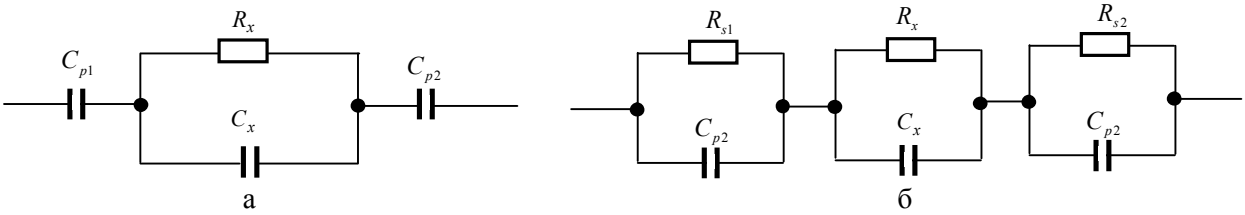



Рисунок 2 – Електричні схеми заміщення контактного двоелектродного ємнісного сенсора з інформативними складовими: а) реактивною та б) активною

Відповідно до зазначеної схеми, математична модель її адмітансу за умови, що $C_{p1} = C_{p2} = 2C_p$ описується виразом [4]

$$Y_x' = \omega C_p \frac{1}{1+\left(\omega C_p R_x\right)^2} + \omega C_x \frac{1}{1+\left(\frac{1}{\omega C_p R_x}\right)^2} . \quad (8)$$

У разі використання активної складової як інформативного параметра для широкого частого діапазону доцільно користуватися схемою заміщення, зображеною на рис.2б.

**4. Математичне моделювання реактивної складової адмітансу в частотному діапазоні.** Результати математичного моделювання (вираз 8) у вигляді графіків подані на рис.4-5. Вони показують вплив ємності подвійного шару $C_p$ на характер залежностей реактивної складової адмітансу для різних значень параметрах $R_x$ та $C_x$ об'єкта контролю.

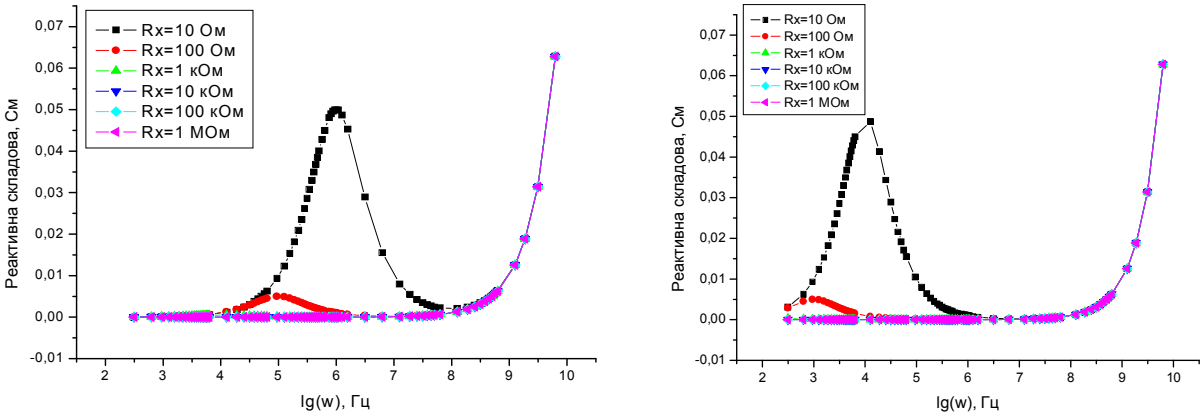



Рисунок 5 – Зміни реактивної складової адмітансу в частотному діапазоні при $C_p$=0,1мкФ та $C_p$=10мкФ

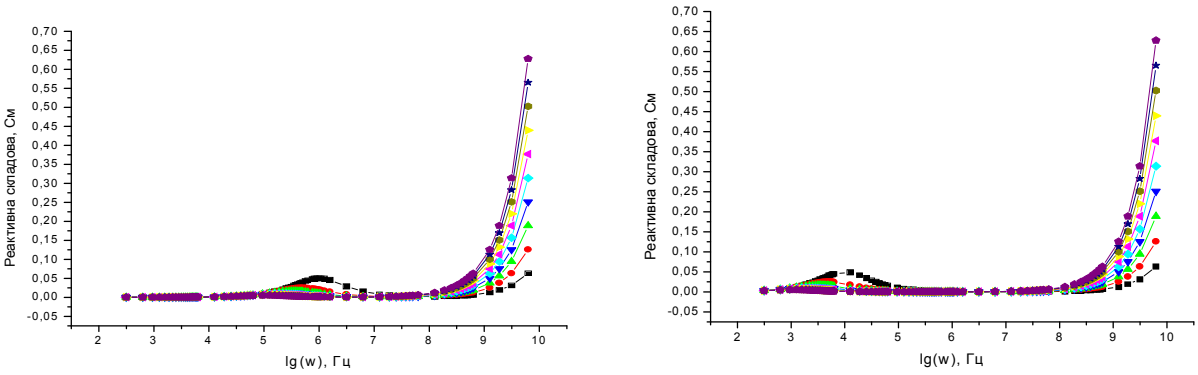



Рисунок 6 – Зміна $C_x$ від 10 до 100 пФ з кроком 10 пФ для заданого значення $C_p$=0,1 мкФ та $C_p$=10 мкФ зі зміною опору від 10 до 100 Ом

**Висновки.** Якщо використати реактивну складову як інформативний параметр, то практично імпеданс Варбурга не впливає на результат вимірювання, однак вплив ємності подвійного шару є суттєвою.

*1. Походило Є.В., Юзва В.З., Вимірювання електрофізичних параметрів спиртових розчинів // Комп'ютерні науки та інформаційні технології: міжвідомчий науково-технічний збірник / Національний університет "Львівська політехніка"; відповідальний редактор Ю. М. Рашкевич. - Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2015. 2. Arnold W.M. et al., Electrical impedance methods for assessing fruit quality: avoidance of electrode artifacts. Acta Hort., 1998, No. 464. – P. 85–90. 3. Походило Є.В. Імітансний контроль якості: монографія / Є.В. Походило, П.Г. Столярчук. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012.-164с. 4. Герасим М.Р. Розвиток метрологічного забезпечення вимірювання електрофізичних параметрів об'єктів кваліметрії неелектричної природи. Автореф. дис. кандидата техн. наук / НУ «Львівська політехніка» МОН України. - Львів, 2014. – 20 с.*

УДК 536.6

**Кривенчук Ю.П., к.т.н., Бойко Н.І., к.е.н., Кривенчук У.В.**

# ПОКВАРТИРНИЙ ОБЛІК ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В СТОЯКОВІЙ СИСТЕМІ РОЗПОДІЛУ ТЕПЛА

**Ключові слова:** багатоквартирний будинок, тепловодопостачання, облік спожитої теплоенергії, стоякова система розподілу тепла

Дослідження технічного аспекту проблеми обліку спожитої теплової енергії в умовах реально існуючих систем опалення та розробка пристрою, який міг би виконувати допоміжну функцію по квартирного обліку тепла з наступним використанням результатів такого обліку для розрахунку з теплопостачальними організаціями.

Актуальність проблеми обліку теплової енергії зумовлена насамперед економічним фактором: суттєвим подорожчанням енергоносіїв та змінами у господарсько-правових відносинах між тепло постачальниками та споживачами тепла в Україні протягом останнього десятиріччя. Цим зумовлена поява великої кількості різноманітних засобів вимірювань теплової енергії для систем тепло- та водопостачання як українських так і закордонних виробників. Проблеми обліку спожитого тепла містять різноманітні аспекти: технічні, нормативно-правові, економічні. Аналізу цих проблем присвячена значна кількість праць [1-5].

Проведений аналіз показав, що специфічна будова систем тепло- та водопостачання багатоквартирних будинків забудови останніх десятиріч минулого століття, для якої характерна, так звана, “стоякова” подача теплоносія, не дає можливості поквартирного обліку тепла, оскільки в кожній квартирі є кілька не пов’язаних між собою вертикальних магістралей. Тому за такої системи можливий лише загально будинковий облік кількості спожитого тепла, який з успіхом може здійснюватися будь–яким з відомих засобів [6-8].

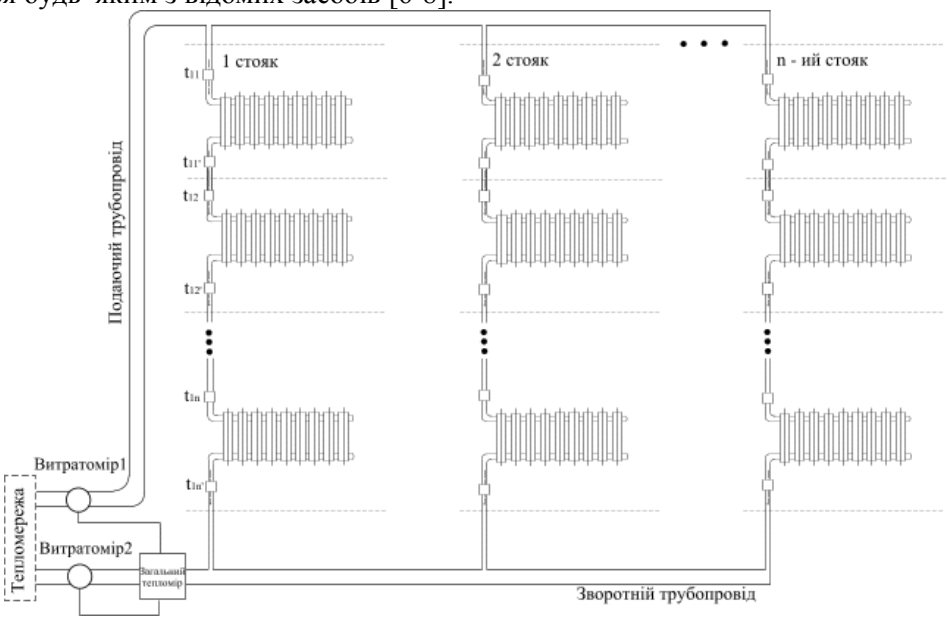



Рисунок 1 - Стоякова система розподілу тепла у багатоквартирних будинках

Особливістю такої будови системи є те, що теплоносій подається до нагрівальних приладів з верху до низу, при цьому поступово охолоджується, віддаючи тепло. Кількість тепла, яка виділяється на кожному поверсі стояка, пропорційна до різниці температур на вході і на виході нагрівального приладу. Опираючись на необхідність поквартирного обліку тепла, запропоновано встановити давачі на вхід та вихід кожного радіатора.

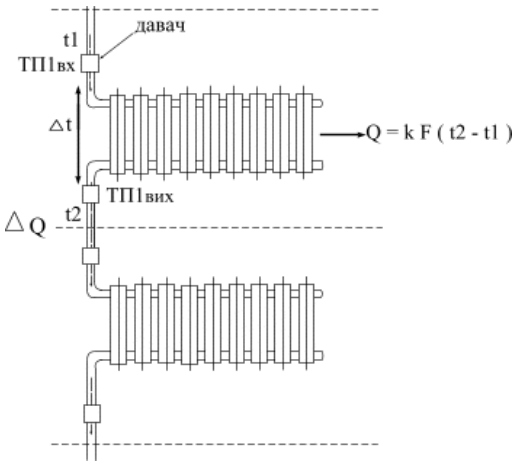



Рисунок 2 - Вимірювання параметрів теплоносія для стоякової системи теплопостачання

Кількість спожитої тепло енергії запропонованим методом можна розрахувати за формулою:

$$Q_{ij} = kF(t_{mn} - t_{mn}')$$

де, $Q_{ij}$ – кількість тепла, спожитого окремим нагрівальним приладом, кДж; $t_{mn}$, $t_{mn}$ - температура на вході і на виході нагрівального приладу, відповідно, $^0$С; $V_n$ - витрата тепла між подаючим і зворотнім трубопроводом, м$^3$; $k$ - коефіцієнт теплопередачі, кДж/( м$^3$·К ); $n$ – номер стояка, $m$ – номер нагрівального приладу

Призначенням нашої системи є облік розподілу спожитої теплової енергії між окремими приміщеннями (квартирами). Тому, для зменшення кількості давачів температури достатньо вимірювати лише вхідну температуру теплоносія на кожному нагрівальному приладі, оскільки різниця температури, що вимірюється термоперетворювачами ТП1$_{вх}$ і ТП1$_{вих}$ (див. рисунок 2), є не значною, то методична похибка, що визначається розсіянням тепла на відрізку трубопроводу між здавачами, буде не значною. Тому скористаємося наступною схемою розміщення термоперетворювачів, яка зображена на рисунку 3.

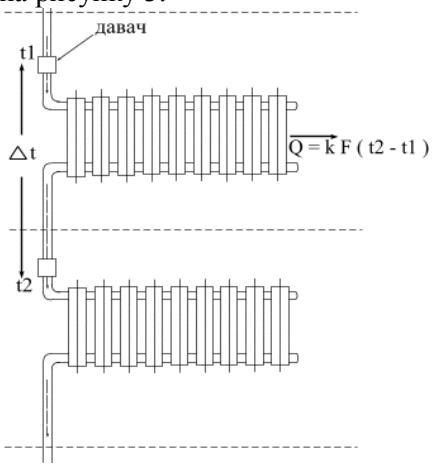



Рисунок 3 - Спрощена система вимірювання кількості спожитого тепла

Особливістю такої системи теплопостачання є сталий потік теплоносія в кожному стояку. Вимірювання масової витрати теплоносія можна виконати лише один раз для кожного стояка, розмістивши витратоміри по одному для кожного стояка. Отже, систему теплопостачання обліку розподілу спожитого тепла можна представити в наступному вигляді, який зображено на рисунку 4.

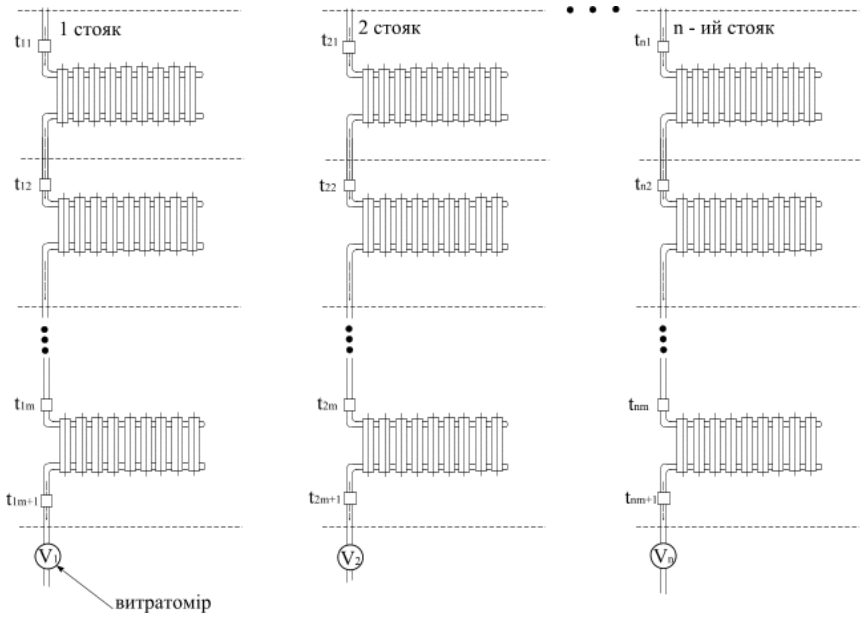



Рисунок 4 -Схема розташування засобів вимірювання

На основі проведеного дослідження запропоновано реалізувати систему поквартирного обліку теплоенергії яка буде керуватися ESP модулем. Вимірювальна інформація буде передаватися на ПК за допомогою Wifi модуля, який вмонтований в модуль ESP 8266.

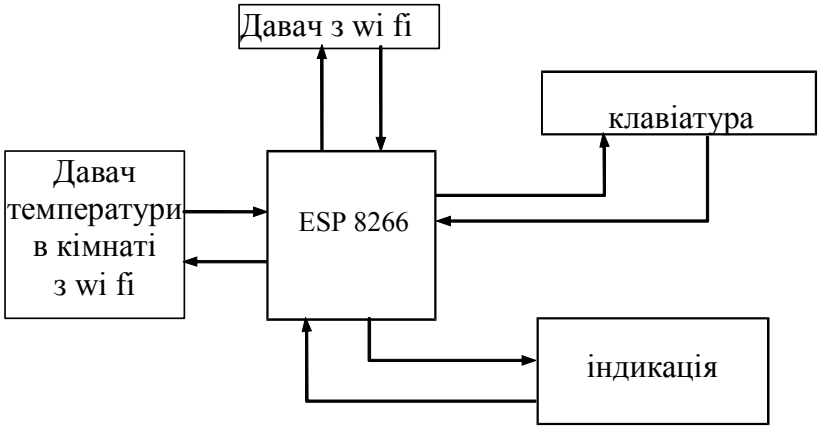



Рисунок 5- Функціональна схема збору вимірювальної інформації

В результаті проведених досліджень запропоновано схему, розроблено конструкцію пристрою обліку теплової енергії, яка відрізняється схемою розташування давача та підвищенням точності при зменшенні розмірів. Також, передбачено можливість автоматичного керування температурою в кімнаті методом керування температури радіатора, за допомогою модуля ESP та шарових кранів з електроприводом.

*1. Кремлевский П.П. Витратоміри і лічильники кількості .-Л.: Машинобудування, 1989. -702 с.*

*2 Бобровников Г.Н., Камышев Л.А. Теорія и розрахунок турбінних витратомірів. М.: в- во стандартов, 1978. -128с.*

*3 Цейтлин В.Г. Витратовимірювальна техніка. -М.: В-во стандартів, 1977. -240с.*

*4 Биргер Г.И., Бражников Н.И. Ультразвукові витратоміри. М.: Металургія, 1964. –382 с.*

*5 Дж. Шерклиф. Теорія електромагнітного вимірювання витрат. М.: -Мир, -1965. – 268с.*

*6 Корсунский Л.М. Електромагнітні гідрометричні прилади. М.: -Стандартгиз. –1964. –180с.*

*7 Вельт И.Д., Ламочкина Т.И., Петрушайтис В.И. Питання проектування електромагнітних витратомірів с неоднорідним магнітним полем. //Прилади і системи управління.-1972, -№9. – С. 33-35.*

*8 Марфенко И.В. Електромагнітий витратомір для трубопроводів великих діаметрів : Дисс. канд. техн. наук- Харків – 2000.- 200с.*

УДК 621.6-52

**Стеценко А.А., к.т.н, Недзельський С.Д., к.т.н.**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ, КАЛІБРОВАНИХ НА ПОВІТРІ Й АТМОСФЕРНОМУ ТИСКУ, ПРИ ВИМІРЮВАННІ ВИТРАТИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА ВИСОКОМУ ТИСКУ

**Ключові слова:** ультразвукові лічильники газу, калібрування на повітрі, випробування на природному газі, високий тиск, відповідність вимогам і рекомендаціям

**Вступ.** З підвищенням вимог до точності вимірювань при комерційному обліку природного газу питання первинного калібрування і періодичної повірки засобів вимірювальної техніки в умовах, максимально наближених до робочих , є актуальним і найбільш обговорюваним серед професіоналів. Дане питання поширюється й на ультразвукові лічильники газу.

Незважаючи на загальну тенденцію до проведення калібрування (повірки) ультразвукових лічильників газу при робочих умовах, дана вимога не завжди є доцільною. Перш за все, це пов'язано з високою вартістю послуг і недостатньо розвиненою мережею акредитованих калібрувальних лабораторій.

Вкрай актуальним також залишається питання визначення регламенту та критеріїв для обґрунтування необхідності калібрування ультразвукових лічильників газу при робочих умовах.

**Постановка задачі.** Основними питаннями метрологічного забезпечення лічильників ультразвукового газу є:

1. Адекватність калібрування та повірки ультразвукових лічильників газу на повітрі й атмосферному тиску порівняно з калібруванням (повіркою) на природному газі при робочому тиску.

Вимога калібрування і повірки лічильників в умовах, максимально наближених до робочих, є необхідною, але не завжди оптимальною через високі технічні, часові та фінансові витрати, необхідні для здійснення калібрування (повірки). Тому, оцінка результатів порівняння калібрувальних характеристик лічильників, отриманих на повітрі при атмосферному тиску і на природному газі при високому тиску, є актуальним завданням.

2. Недостатньо розвинена матеріальна метрологічна база - в даний час існує недостатня кількість калібрувальних стендів, які працюють на природному газі при високому тиску.

3. Не розвинена нормативна база, яка регламентує повірку (калібрування) ультразвукових лічильників газу на різних середовищах і тисках. В існуючих нормативних документах часто відсутні чіткі критерії, які регламентують вибір умов калібрування (повірки).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз основних міжнародних і державних нормативних документів, а також галузевих стандартів демонструє відсутність єдиного підходу у вимогах до визначення робочого середовища і тиску при здійсненні калібрування і періодичної повірки ультразвукових лічильників газу [1-4]. Вимоги для проведення випробувань, калібрування і повірки ультразвукових лічильників в залежності від класу їх точності і параметрів робочого середовища носять або суперечливий, або рекомендаційний характер.

Так, наприклад, в п. 13,1.3 OIML R 137 1&2 говориться про необхідність повірки лічильників в умовах, найбільш близьких до робочих умов, При цьому, конкретні критерії вибору рішення про умови перевірки, відсутні. Більш того, допускається проведення повірки на типі газу, відмінному від робочого, за рішенням уповноважених органів, що може внести суб'єктивний людський фактор.

Статистичний аналіз існуючих нормативних документів (таблиця 1) демонструє, що лічильники класу 0,5 і 1,0 с МДП ± (0,5-1,0)% в діапазоні $Q_t < Q < Q_{max}$ є найбільш поширеними і використовуваними в міжнародній класифікації.

Відповідно до регіональних нормативних вимог саме дані класи лічильників є базовим при комерційному обліку природного газу, а здійснення повірки (калібрування) на природному газі при робочому тиску об'єктивно пов'язане або з обмеженням технічних можливостей, або з високими витратами часу і фінансів.

Актуальними є питання:

- для лічильників якого класу точності необхідно виконувати калібрування на природному газі, а для яких в цьому немає обов'язкової необхідності?

- чи можливо підтвердити метрологічні параметри ультразвукових лічильників газу класу 0,5; 0,7 і 1,0 в діапазоні $Q_t < Q < Q_{max}$ в робочих умовах після калібрування їх на повітрі при атмосферному тиску?

Таблиця 1

Класифікація лічильників газу в залежності від розміру
максимально допустимої похибки (МДП)

| Class | MPA Qmin<Q<Qt, % | MPA Qt<Q<Qmax % | AGA Report №9 | ISO 170891: 2010 | OIML R 137-1&2 | Directive 2004/22/EC | RGazprom 5.13 - 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,3 | ±0,6 | ±0,3 | | | | | X |
| 0,5 | ±1,0 | ±0,5 | | | X | | X |
| 0,7 | ±1,0 | ±0,7 | | | | | X |
| | ±1,4>12" | ±0,7>12" | X | | | | X |
| | ±1,4>12"; ±1,4<12" | ±0,7>12"; ±1,0<12" | | X | | | X |
| 1,0 | ±2,0 | ±1,0 | | | X | X | X |
| | ±1,4<12" | ±1,0< 12" | X | | | | X |
| 1,5 | ±3,0 | ±1,5 | | | X | X | |
| | ±2,0>12"; ±2,0<12" | ±1,0>12"; ±1,5<12" | | X | | | |

Наприклад, офіційні повірочні схеми, затверджені на території країн СНД, на сьогоднішній день не передбачають повірку (калібрування) ультразвукових лічильників на природному газі і робочому тиску [5,6]. Конкретизоване офіційне посилання на повірку ультразвукових лічильників на природному газі описане в корпоративних Рекомендаціях Організації ВАТ «Газпром», які регламентують калібрування високоточних ультразвукових лічильників з МДП не більше 0,35% на повірочному середовищі «природний газ» і тиску, максимально близькому до робочого, а перевірку лічильників класу 1,0 - на повітрі при атмосферному тиску [7].

Європейські нормативні документи допускають повірку лічильників з робочим тиском до 6 бар на повітрі при атмосферному тиску. У той же час, лічильники, призначені для експлуатації на тисках понад 6 бар, повинні проходити перевірку в умовах, максимально наближених до робочих.

Питання ж про можливість заміни умов повірки та критерії прийняття рішення залишається відкритим.

**Мета досліджень.** Як правило, лічильники проходять калібрування та повірку на повірочних стендах з використанням в якості вимірюваного середовища повітря при тиску, близькому до атмосферного, в той час як в подальшому вони використовуються для обліку природного газу під більш високим тиском. В результаті, виникає питання про коректність таких метрологічних процедур з точки зору реальної похибки лічильника в робочих умовах.

До недавнього часу практично не проводилося детальних досліджень відмінностей, що виникають при перевірці ультразвукових лічильників або витратомірів газу на випробувальних установках з використанням повітря, яке є середовищем - замінником робочого середовища таких приладів - природного газу.

Це пояснюється зокрема наступним:

- малою кількістю повірочних установок, що працюють на природному газі при високому тиску;
- слабо розвиненою нормативною базою, що чітко визначає критерій - які лічильники потрібно калібрувати на повітрі при атмосферному тиску, а які - на середовищі і тиску, що відповідає умовам експлуатації.
- використання повітря замість природного газу спрощує конструкцію випробувальних установок, зменшує їх вартість і значно знижує вимоги до техніки безпеки при їх експлуатації.

Вважається, що така заміна не тільки допустима, але і доцільна. На користь цього наводяться такі аргументи:

- при перевірці не потрібно визначати щільність робочого середовища;
- гарантується повна безпека повірки;
- забезпечується стійка повторюваність результатів повірки, так як лічильники газу, відкалібровані на повітрі при нульовому надмірному тиску та працюють на газі при абсолютно інших

значеннях тиску, мають стабільний коефіцієнт перетворення. Тим самим, забезпечується достовірна збіжність показань для різних середовищ і умов експлуатації. Однак, існують обмеження. Для проведення корекції з урахуванням цих значень, по-перше, відсутній необхідний експериментальний матеріал, а по-друге, для їх визначення як мінімум потрібна безперервна інформація про склад газу, яка у випадках встановлення приладів обліку газу у споживачів відсутня.

Таким чином, про доцільність заміни природного газу на повітря можна судити лише детально проаналізувавши і підтвердивши на практиці вплив такої заміни на хід процесів, що відбуваються при перевірці приладів за допомогою випробувальних установок, а також під час їх експлуатації в реальних умовах.

**Основний матеріал.** Існує досить велика кількість джерел, що регламентують вимоги до калібрування турбінних та роторних лічильників газу, а також, даних про порівняльних випробуваннях цих лічильників в різних умовах [8-12]. Виробники турбінних та роторних лічильників газу, як правило, проводять градуювання лічильників як на повітрі при атмосферному тиску, так і на природному газі для різних тисків. Результати градуювання показують відхилення характеристик цих лічильників для різних значень тисків вимірюваного середовища і виду цього середовища.

В даний час є мало інформації про аналогічні випробуваннях ультразвукових лічильників. Ця інформація або тримається в секреті фірмами-виробниками, або її взагалі немає в наявності.

Для визначення доцільності проведення первинної (періодичної) повірки (калібрування) при робочих умовах ультразвукових лічильників газу класу 0,5; 0,7 і 1,0 було проведено експериментальне дослідження двохканальних і чотирьохканальних ультразвукових лічильників ГУВР-011 модифікацій А2 й А4 в рамках програми випробувань на відповідність вимогам і рекомендаціям Directive 2014/32 / ЄС (MID) і OIML R 137-1 & 2.

При розробці приладів був використаний алгоритм, що дозволяє реалізувати математичну модель розрахунків, максимально враховує динамічні процеси в вимірювальному потоці. Дане рішення дозволяє здійснювати калібрування лічильників на повітрі при атмосферному тиску, після чого, шляхом введення в електронний блок параметрів робочого середовища, що відповідають реальним умовам експлуатації лічильника (параметри природного газу, діапазони робочих температури і тиску), зберегти допустимі значення похибок в робочих умовах при різних середовищах і при різних тисках.

Результати верифікації лічильників на природному газі при тиску 4.0; 20.0 і 30.0 бар в лабораторії FORCE Technology (Данія) після первинної калібрування на повітрі при атмосферному тиску продемонстрували, що дані модифікації лічильників підтвердили точність класу 0,5; 0,7 і 1,0 в діапазоні Qt <Q <Qmax згідно OIML R 137-1 & 2 і ISO 17089-1: 2010 відповідно (Рис. 1, 2).

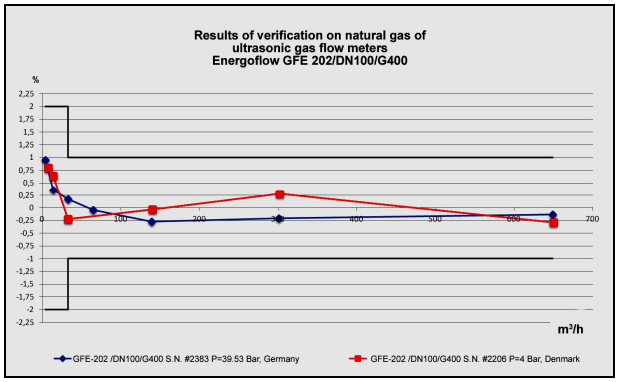



Рисунок 1 - Крива похибок ГУВР-011 А2

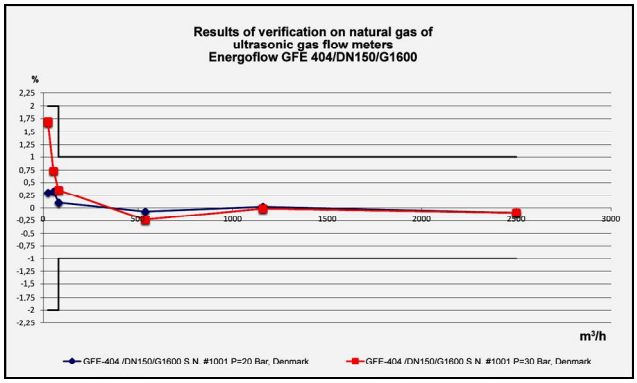



Рисунок 2 - Крива похибок ГУВР-011 А4

Особливу увагу слід приділити випробуванням ультразвукових лічильників газу ГУВР-011 А2, ГУВР-011 А4 для оцінки їх відповідності вимогам Директиви MID 2014/32 / ЄС. Ці випробування проводилися представниками PTB (Німеччина). Основними видами випробувань є підтвердження метрологічних характеристик природного газу та високого тиску в умовах сильного збурення потоку, викликаного локальними місцевими опорами наступних конфігурацій: «два коліна в різних площинах», «два коліна в різних площинах з перекриттям половини перерізу труби (півмісяцем)» при різних довжинах прямих ділянок трубопроводу. Випробування проводилися на випробувальних стендах лабораторії RMA (Німеччина).

Результати випробувань (рис. 3-7) підтвердили відповідність лічильників ГУВР-011 вимогам OIML R 137-1 і 2 та MID 2014/32 / ЄС.

**Висновки**

1. З огляду на викладене вище, під час випробувань підприємство «Енергооблік» розробила та перевірила алгоритм, який дає змогу реалізувати математичну модель обчислень, максимально враховує динамічні процеси в потоці, що вимірюється. Цей алгоритм дозволяє калібрувати лічильники на повітрі при атмосферному тиску, а потім, ввівши в блок електроніки параметри робочого середовища, які відповідають реальним умовам експлуатації лічильників (параметри природного газу, робоча температура та діапазони тиску), зберегти допустимі значення помилок у робочих умовах на різних носіях і при різних тисках.

2. Незважаючи на загальну тенденцію до калібрування (перевірки) ультразвукових лічильників газів у робочих умовах, ця вимога не завжди доречна. Завдяки значному зниженню вартості калібрування та пов'язаних з нею транспортних витрат при періодичному технічному обслуговуванні, запропонований алгоритм дозволяє розширити можливості використання ультразвукових газових лічильників після калібрування на повітрі для вимірювання природного газу без додаткового калібрування їх в робочих умовах.

3. Отримані результати відкривають перспективи подальшого дослідження та вдосконалення технологій ультразвукових лічильників газу для накопичення статистичних даних про результати випробувань та можливості затвердження описаної методології на регуляторному рівні.

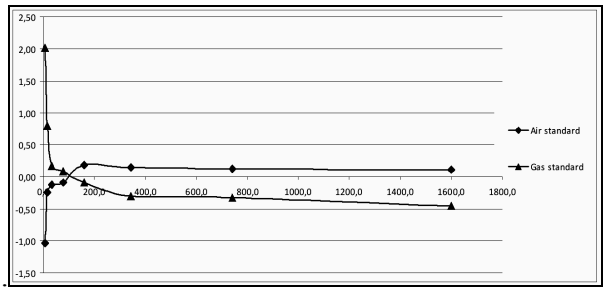



Рисунок 3 - Результати випробувань ГУВР-011 А2 на стенді RMA (стандартні умови, повітря, природний газ).

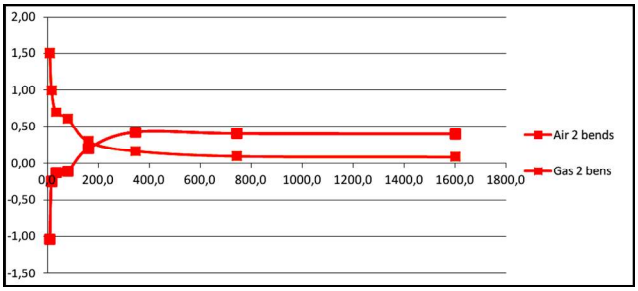



Рисунок 4 - Результати випробувань ГУВР-011 А2 на стенді RMA (два коліна в різних площинах, повітря, природний газ).

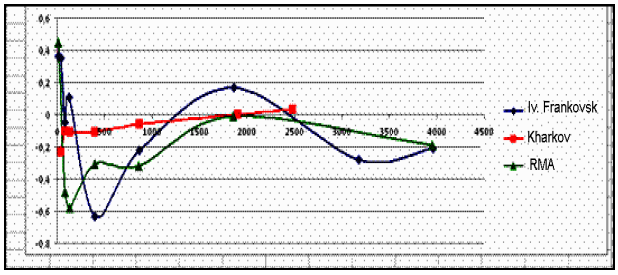



Рисунок 5 - Порівняльні результати випробувань ГУВР-011 А2 на різних середовищах і тисках.

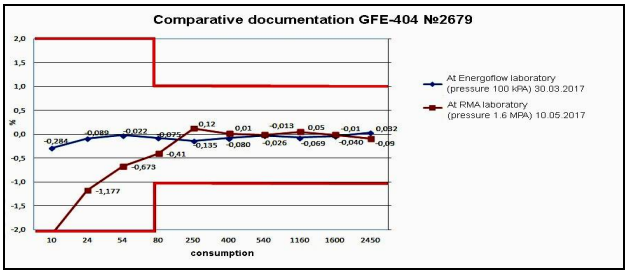



Рисунок 6 - Результати випробувань ГУВР-011 А4 на стенді RMA (стандартні умови, повітря, природний газ).

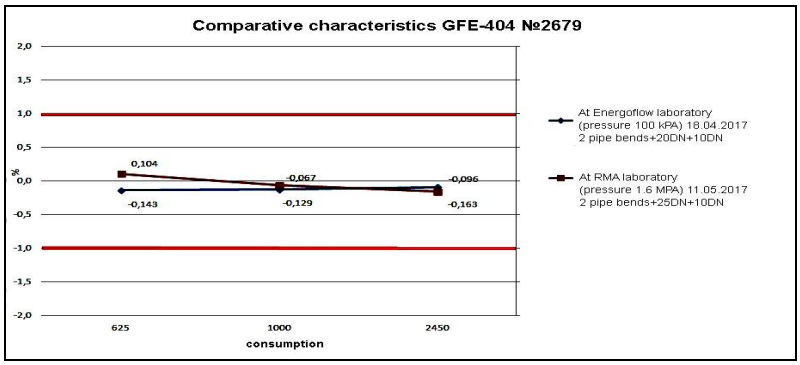



Рисунок 7 - Результати випробувань ГУВР-011 А4 на стенді RMA (два коліна в різних площинах + півмісяць, повітря, природний газ)

*1. Measuring Instruments Directive 2004/22/EC of the European Parliament and of the Council*

*2. OIML R 137-1&2:2012 Gas Meters - Part 1-2*

*3. ISO 17089-1:2010 Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic meters for gas*

*4. AGA Report No. 9. Measurement of Gas by Multipath Ultrasonic Meters*

*5. ДСТУ 3383:2006 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу*

*6. ГОСТ 8.324-2002, Государственная система обеспечения единства измерений. Счетчики газа. Методика поверки*

*7. Рекомендации ОАО «Газпром», Р Газпром 5.13-2010 Обеспечение единства измерений. Организация и порядок проведения поверки и калибровки ультразвуковых преобразователей расхода газа в ОАО «Газпром».*

*8. Dyakowska E., Jastrzębska R., Stańczak P.: Czy konieczne jest wzorcowanie gazomierzy turbinowych przy przewidywanym ciśnieniu roboczym?. Pomiary, Automatyka, Robotyka, 1, 1998, s. 30-33.*

*9. R. Richards and D. Bertels iMeter the Netherlands, Test Benches for Calibrating Custody Transfer Gas Meter, Paper for CII New Delhi Februari 2007.*

*10. Paul W. Tang, Calibration of turbine gas meter by matching Reynolds number and density,*

*11. EN 12480:2015 Gas meters. Rotary displacement gas meters.*

*12. EN 12261:2002 Gas meters. Turbine gas meters.*

УДК 614.841.2.001.5+006.86

**Семенов С.А., Гичпан В.М., магістр, Рудик Ю.І., к.т.н., доцент**

# СТАНДАРТИЗАЦІЯ ВИМІРЮВАНЬ БЕЗПЕКОВИХ ПАРАМЕТРІВ У ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ

**Ключові слова**: електроосвітлення, стандартизація, оцінювання придатності, вимоги безпеки, джерело запалювання, випробування, пожежна безпека

Застосування напівпровідників зробило переворот в освітленні. Одним із стратегічних напрямів сталого розвитку людства є проблема економії енергетичних ресурсів для забезпечення екології. При цьому безпека є одним з вагомих показників якості. Її параметри важливо знати точно, достовірно і правильно. Отже, метрологічна складова отримання без пекових параметрів є ключовою в досягненні цього. Одним із питань постає зростання вимог до пожежної безпеки при експлуатації електроустановок, у тому числі й світлодіодних світильників. Слід зазначити, що саме бурхливий розвиток СВД спричинив суттєве відставання щодо розроблення стандартів на світлодіодну продукцію – особливо щодо вимог безпеки (ВБ) – як на національному, так і на міжнародному рівнях. Міжнародні стандарти (МС) на СВД було розроблено Міжнародною електротехнічною комісією лише у 2006 році і на цей час чинними є всього 10 [1-3].

Очевидно, що в сучасних умовах без стандартів не можна вирішити таких фундаментальних завдань, як забезпечення протипожежних заходів, взаємозамінності, сумісності, безпеки, запобігання негативному впливу світлодіодних ламп та світильників на мережі електропостачання та навколишнє середовище. Розроблення стандартів сприяє поширенню використання пожежобезпечних світлодіодних виробів у різних сферах освітлення, що і робить актуальною цю тему роботи.

Серед характеристик які враховуються при розробленні стандартів є мінімум характеристик, застосовних до пожежної безпеки. Шляхом впровадження нових технічних регламентів, стандартів, норм оцінювання відповідності продукції вимогам пожежної безпеки, ринкового нагляду, можна обмежити доступ на ринок неякісної та небезпечної продукції, запобігти використанню застарілих проектів освітлення при будівництві та реконструкції будівель.

Основними причинами виникнення пожеж від будь-яких електричних ламп є поява джерела запалювання від теплового впливу струмопроводів в умовах обмеженого тепловідведення, перевантаження проводів електромережі (вище розрахункового), які викликають нагрівання струмопровідних частин, загоряння їх ізоляції і, як наслідок, запалення різних матеріалів, які дотикаються з ними; коротке замикання і неякісне виконання з'єднань електричної проводки; несправне охолодження електричного виробу, його неправильне вмикання. Світильники, що встановлюють стаціонарно, повинні мати певне виконання в приміщеннях із класом вибухо- пожежо небезпечних зон, тому оцінювання відповідності саме СВД-світильників потребує доповнень і відповідних змін у стандарти з вибухобезпеки. Слід розробити та запровадити технічний регламент або доповнення до діючого технічного регламенту з безпеки низьконапружного електрообладнання щодо суттєвих характеристик СВД виробів, у який включити вимоги з пожежної безпеки.

Таким чином, випробування електротехнічних виробів на пожежонебезпеку краще проводити, імітуючи, наскільки можливо, реальні дії, які можуть виникнути на практиці. Зокрема, IEC 60695-2-10 Випробування на пожежну небезпеку електротехнічних виробів. Частина 2-10. Методи випробування розжареним/нагрітим дротом. Устаткування і загальна процедура випробування описує один з таких методів. Для експериментального підтвердження характеристик нових електротехнічних виробів з СВД-модулями виконано діючу дослідну установку для НДЛ ПБ ЛДУ БЖД.

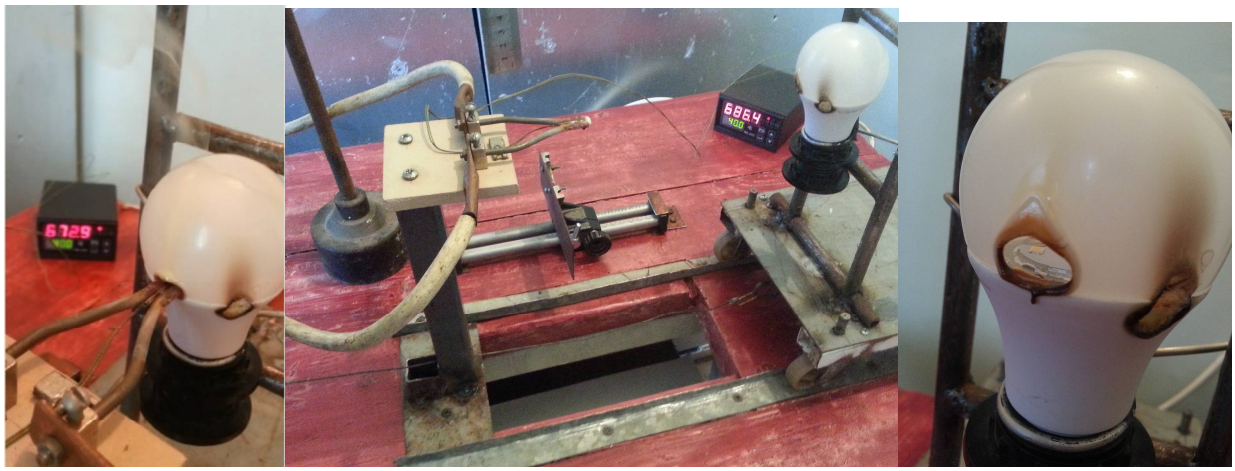
Як бачимо з аналізу відкритих даних виробників та проведених досліджень окремих характеристик СВД-ламп, зведених у табл. 1, серед перелічених є мінімум характеристик, застосовних до пожежної безпеки. Шляхом впровадження нових технічних регламентів, стандартів, норм оцінювання відповідності продукції вимогам пожежної безпеки, ринкового нагляду, можна обмежити доступ на ринок неякісної та небезпечної продукції, запобігти використанню застарілих проектів освітлення при будівництві та реконструкції будівель. На світлодіоди має несприятливий вплив висока температура. Через це світлодіодні лампи, як правило, включають у себе теплові елементи розсіювання, такі як радіатори й охолоджувальні ребра. І ще одним недоліком світлодіодних ламп є наявність джерела живлення постійного струму. Чим більше в приладі, а тим більше в побутовому, який буде використовуватися повсюдно, різних елементів, тим більша ймовірність виходу з ладу лампи в цілому через відмову будь-якого компонента.

Таблиця 1

Технічні характеристики світлодіодних ламп за номінальними даними виробників або розраховані чи виміряні (дані у дужках)

| ***Світлодіодні лампи*** | ***VIDEX A60e*** | ***Electrum LS-7*** | ***Bellson "Куля"*** | ***Led Star classic a40 5w*** | ***MAXUS 1-LED-463*** | ***Global-163*** | ***XEnergy 5w-6k-e27*** | ***E-Next*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Потужність, W | 9(14,3) | 7 | 3(3,9) | 5 | 10(17,6) | 10(18,3) | 5(10) | 5(5,1) |
| Напруга, V | 175-250 | 175-250 | 110-240 | 220-240 | 220 | 220 | 170-260 | 220 |
| Сила струму, мА | 51 (82) | (32) | 27 (35) | (22) | 45 (80) | 45 (83) | (59) | (23) |
| Світлова ефективність, Lm/W | 89(55,9) | 83 | 67(51,3) | 85 | 90(51,1) | 85(46,4) | 110(55) | 90(88,2) |
| Світловий потік, Lm | 800 | 580 | 200 | 470 | 900 | 850 | 550 | 450 |
| Колірна температура, K | 3000 | 4000 | 4000 | 4000 | 3000 | 3000 | 6500 | 4200 |
| Кут розсіювання, град | 300 | 300 | 270 | 160 | 270 | 270 | 140 | - |
| Індекс передачі кольору | 90 | 80 | - | 80 | 90 | 75 | - | 82 |
| Термін роботи, год | 40 000 | 20 000 | 25 000 | 50 000 | 50 000 | 20 000 | 50 000 | 50 000 |
| Гарантія | 2 роки | 2 роки | 3 роки | 3 роки | 5 років | 2 роки | 2 роки | 2 роки |
| Ціна, $ | 2,6 | 2,8 | 2 | 2 | 5,3 | 3,6 | 2,5 | 3,2 |

На підставі застосування стандартизованого методу випробування на вогнестійкість електротехнічної продукції визначено інтегральні значення температурних параметрів випробовування, а також похибку випробовування. Отримані результати випробовувань електротехнічних пристроїв за вимогами норм пожежної безпеки задовольняють умови їх точності, правильності та збіжності [1].



**Висновок**. Світлодіодні модулі чутливі до впливу високих температур, як і більшість твердотільних електронних компонентів, тому вони повинні бути перевірені на сумісність для використання у повністю або частково закритих світильниках, оскільки накопичення тепла може викликати вихід з ладу і / або пожежу. Слід також зазначити, що в нормативних документах до цього часу не передбачено вимог безпеки для використання світлодіодних джерел світла, хоча світильники та лампи на основі СВД уже набули досить широкого застосування. Вимоги до СВД-світильників в основному збігаються із вимогами до світильників на лампах розжарювання. Відсутність дослідження відповідності вимог з пожежної безпеки для світлодіодної продукції ставлять цю продукцію по суті поза законом, тому внесення змін до проаналізованих НД стосовно СВД-ламп та світильників є актуальним питанням. Безумовно, що такі зміни може бути внесено лише на основі комплексних досліджень та випробувань освітлювальної техніки з СВД модулями. З цією метою автори провели оснащення дослідної установки, згідно з IEC 60695-2-10, для НДЛ пожежної безпеки ЛДУ БЖД.

*1. Рудик Ю.І. Стандартизація випробувань характеристик світлодіодних модулів / Ю.І. Рудик, В.М.Гичпан, В.Л.Петровський // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУ БЖД, 2016. – № 28. – С. 29-35.*

*2. Кожушко Г.М. д.т.н. Аналіз переваг і недоліків світлодіодних джерел світла, науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. – № 1 (28). – 2008.*

*3. ЄгороваО.Ю., Аблєцов О.О. Перспективи використання світлодіодних джерел світла, Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил, 2010, випуск 3(25) ISSN 2073-7378.*

УДК 621.0; 536.5

**Яцишин С. П., д.т.н. проф., Мідик А-В. В., аспірант**

# АНАЛІЗ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СКЛАДОВИХ КОМПОНЕНТІВ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

**Ключові слова**: кібер-фізичні системи, проміжне програмне забезпечення, сенсори, ad-hoc засоби вимірювань.

Кібер-фізичні системи (КФС) проникають у всі сфери життєдіяльності людини: виробництво, будівництво, транспорт, енергетика, медицина тощо. Основою розробки різних моделей кібер-фізичних систем є метрологічні засоби та програмне забезпечення. Метрологічні засоби вимірюють параметри навколишнього середовища. Програмне забезпечення формує адекватну прогнозовану поведінку системи – відповідь системи на зміну параметрів навколишнього середовища. КФС поєднують інформаційні та операційні технології на фоні обмеження часу. Тому актуальною задачею є аналіз існуючого метрологічного та програмного забезпечення КФС.

Метою дослідження є аналіз КФС, їх метрологічного та програмного забезпечення. Аналізуючи відомі на сьогодні КФС, їх метрологічне та програмне забезпечення, бачимо, що невпинно зростає їх кількість, розширюються сфери застосування. Програмне та метрологічне забезпечення розвивається в напрямку підтримки роботи наявних КФС та їх придатності при конструюванні нових КФС. Тому вимогами, які ставляться при створенні КФС, є безпека, конфіденційність, надійність, стійкість, гарантії щодо поширених взаємопов'язаних пристроїв та інфраструктур, динамічність, сумісність (можливість розмістити різні обчислювальні моделі), підтримуваність різних режимів спілкування в мережі, вирішуваність проблем складності (проблеми зондування та керування із зворотним зв'язком у будь-якій архітектурі КФС), синхронізація, .взаємодія з експлуатаційним середовищем, можливість співпрацювати один з одним для створення ефектів, більших за суму частин окремих КФС, можливість поєднання кількох цілей.

КФС характеризуються чітко визначеними компонентами: з відомими характеристиками, описаними з використанням стандартизованої семантики та синтаксису. КФС повинні підтримувати гнучкість додатків та доменів. Для цього визначення компонентів має бути гнучким і відкритим. Архітектура повинна підтримувати точне опитування речей, щоб забезпечити гнучкість у створенні та адаптації віртуальних систем та сприяння інноваціям. КФС повинні підтримувати великий діапазон розміру, складності та навантаження на додаток. І у простій програмі, і у складній, розподіленій системі повинні використовуватися ті ж самі компоненти. Компоненти мають бути зібрані та масштабовані швидко, навіть під час роботи. Архітектура КФС повинна складатися з незалежних, від'єднаних компонентів для гнучкості, надійності та стійкості до змінних ситуацій. Розв'язка також повинна існувати між архітектурними шарами, що дозволяє кожен шар змінювати, не впливаючи на інші шари. Для того, щоб система могла інтегрувати різні компоненти, інтерфейси до цих компонентів повинні базуватися на інтерпретованих та однозначних стандартах. Стандартизація інтерфейсів дозволить забезпечити різні компоненти існуючих систем і майбутніх систем. Адаптація досягається через гнучкість внутрішніх компонентів та зовнішню сумісність.

Як бачимо, до КФС висуваються різноманітні вимоги. Тому вважаємо за доцільне охарактеризувати кожен з видів КФС, метрологічне та програмне забезпечення, яке використовується при їх конструюванні.

КФС «Розумне виробництво» - багатофункціональні смарт-машини, вирізняються малими розмірами, адаптивністю до потреб користувачів (реалізується шляхом збору потрібної функціональності на одній машині). Отримавши інформацію про змінені вимоги, КФС сама вносить корективи в технологічний процес. Прикладом розумного виробництва є виробництво металу з використанням точних вимірювальних приладів - балансів. Їх нормальне функціонування забезпечує калібрування, виконуване in-situ. Завдяки технології "людина-в-петлі" проводиться дистанційна акредитація точних балансів, що призводить до їх продуктивності в деяких операційних діапазонах до значень робочих стандартів. У більшості таких КФС застосовують програмну оболонку Linux.

КФС «Розумні будівлі» - інтелектуальні будівлі (з мінімальним чи нульовим споживанням ресурсів) - потребують постійного моніторингу, тому повинні бути підключені до мереж інтелектуальних датчиків і контролюватися засобами КФС. Основною вимогою є досягнення нульового споживання енергії. Для цього вивчають теплові умови за допомогою інтелектуальних датчиків температури локальної мережі та забезпечують адекватну ізоляцію при безперервному багатоточковому контролі температури. Значна увага приділяється попередній оцінці теплових умов

на етапі будівництва, усунення мостів холоду тощо. Для цього використовують такі методи і засоби контролю тепла: методи інфрачервоної діагностики тепловізорів, метод квазідискретноточного вивчення температурного режиму обмежувальних площин, моніторинг температур за часом за допомогою склеєних до внутрішньої та зовнішньої поверхні перетину стінок чіпів з вбудованими датчиками температури тощо. Так виявляють та усувають мости холоду, досліджують енергетичні відбивні покриття з невідомим коефіцієнтом чорноти і керують роботою енергетичних підсистем для постачання, опалення та вентиляції. У переважній більшості таких КФС застосовують програмне забезпечення StructureWare Building Operation.

Щоб поведінка програмного забезпечення КФС відповідала його специфікації під час використання в певному середовищі, проводять функціональну перевірку. Орієнтуються і на детерміністичні, і на стохастичні системи. Специфікація виражає стан безпеки, яку треба задовольнити при всіх можливих виконаннях програмного забезпечення (для детерміністичних систем) або з необхідною мінімальною вірогідністю (для стохастичних систем). КФС працюють у недетермінованих середовищах. Щодо програмного забезпечення це означає, що деякі його входи - це випадкові величини. Тому обчислюють ймовірність того, що програмне забезпечення відповідає специфікаціям безпеки. Є два методи перевірки КФС: імовірнісна модель перевірки (система моделюється як ланцюжок Маркова, і ймовірність обчислюється шляхом побудови множини рівнянь та їх численного розв'язку), статистична перевірка моделі (кожне виконання системи розглядається як випробування Бернуллі, і вірогідність обчислюється за методом Монте-Карло).

Передумовою ефективної роботи КФС є проміжне програмне забезпечення (Middleware - ППЗ), яке надає послуги програмним додаткам, окрім тих, що доступні в операційній системі [3]. Воно з'єднує компоненти програмного забезпечення та корпоративні програми. Middleware включає в себе веб-сервери, сервери додатків, системи управління контентом та аналогічні інструменти, що підтримують розроблення та доставлення додатків, і дає змогу здійснювати зв'язок та керування даними в розподілених додатках. Це особливо стосується інформаційних технологій, що базуються на розширеній мові розмітки (XML), протоколі доступу до об'єктів (SOAP), веб-сервісах, SOA, інфраструктурі Web 2.0 та протоколі до легкого доступу до каталогів (LDAP). Послуги, які можна розглядати як проміжні програми, включають інтеграцію корпоративних додатків, інтеграцію даних, орієнтовані на повідомлення middleware (MOM), брокери запиту об'єктів (ORBs) та корпоративна сервісна шина (ESB). Іншими прикладами проміжного програмного забезпечення є:

• Програмне забезпечення Mer не має ядра Linux, і йому не вистачає інтерфейсу. Mer орієнтована на мобільні орієнтовані операційні системи постачальників обладнання;

• Операційна система Android використовує ядро Linux, також забезпечує систему додатків, яку розробники включають у свої програми. Крім того, Android забезпечує рівень ППЗ, включаючи бібліотеки, які надають такі послуги, як зберігання даних, екранне відображення, мультимедіа та веб-переглядач. Оскільки бібліотеки складаються на машинній мові, команди виконуються швидко. Бібліотеки Middleware також реалізують функції, специфічні для пристроїв, тому додатки не потребують залежності від варіантів між різними пристроями Android. Проміжний шар Android також містить віртуальну машину Dalvik та її основні бібліотеки для додатків Java.

• У технології моделювання ППЗ використовується в контексті архітектури високого рівня (HLA), яка застосовується для багатьох розподілених моделювань. Це шар програмного забезпечення, який лежить між кодом додатка та інфраструктурою під час виконання. ППЗ складається з бібліотеки функцій та дозволяє виконувати ряд програм-моделювань (федератів) - пересилати ці функції з загальної бібліотеки, а не створювати їх повторно для кожної програми.

• Розробники бездротових мереж використовують ППЗ для вирішення проблем, пов'язаних із бездротовими мережами сенсора (WSN) або WSN-технологіями. Впровадження програми ППЗ дозволяє розробникам WSN інтегрувати операційні системи та апаратні засоби з різними додатками.

• Universal Home API або UHAPI - це інтерфейс прикладного програмування (API) для приладів побутової електроніки, створений Форумом UHAPI. Метою UHAPI є можливість стандартного ППЗ працювати на платформах потокового аудіо / відео через апаратно-незалежний промисловий стандартний API.

• Набори програмного забезпечення для ідентифікації радіочастот забезпечують ППЗ для фільтрації шумних та надлишкових вихідних даних.

• ILAND - це проміжне програмне забезпечення, призначене для використання в режимі реального часу, пропонує детерміновану підтримку реконфігурації в обмежений час.

Важливою передумовою для створення кібер-фізичних систем є розумні вимірювальні засоби, оскільки вони представляють собою основні компоненти інформаційно-вимірювальних підсистем [1].

Розумні вимірювальні засоби поділяються на такі підкласи: розумні сенсори, розумні перетворювачі, їх мережі, які можуть спільно об'єднуватись у сучасних бездротових сенсорних мережах (БСМ).

Розумний сенсор містить в одному корпусі чутливий елемент, мікросхеми аналогового інтерфейсу, АЦП і інтерфейс шини. Крім цього, у розумному сенсорі є мікропроцесор, який кондиціює сигнали (встановлює амплітуди та форми сигналів перед відправленням їх до подальших вузлів, відфільтровує небажані шуми та усуває помилки перед відправленням даних). Проте створення класу розумних сенсорів нового покоління передбачає необхідність у додаткових функціональних можливостях: самотестування, самоідентифікації, самовалідизації або самоадаптації. Доцільними є такі можливості розумних сенсорів, як самокалібрування та самодіагностика, можливість опрацьовувати сигнал, а також мультисенсорні можливості. Конструктивно розумний сенсор температури виконується як первинний аналоговий або цифровий термочутлиий перетворювач, оснащений блоком опрацювання сигналу та інтерфейсом, який у змозі виконати низку розумних метрологічних функцій завдяки спеціальному метрологічному програмному забезпеченню. Практично це може бути інтелектуальний сенсор температури з низкою спеціалізованих алгоритмів, передбачених на етапі проектування й виготовлення або установлених пізніше, тобто сенсор з такими вбудованими алгоритмами, які необхідні для забезпечення виконання спеціалізованих метрологічних функцій. Зокрема, такі функції включають здатність реалізувати автоматичне перемикання діапазонів вимірювання, залежно від значення вхідного сигналу; автоматичну самовалідизацію, самоперевірку, самодіагностику тощо; введення поправок у покази, коли зафіксовано дію фактора впливу; лінеаризацію номінальних характеристик; компенсацію температури холодного злюту термопар.

Виходячи з прикладних аспектів роботи КФС з їх підсистемами температурного контролю необхідно розробляти засоби вимірювань, в тому числі, разових застосувань, так-звані ad-hoc підсистеми, або ж підсистеми «на вимогу». Ad hoc мережа (мережа на вимогу) є перескоковою, оскільки вона не стосується наперед усталеної структури, зокрема відсутні маршрутизатори у дротових мережах чи точки доступу в організованій структурі БСМ) [2]. Кожен існуючий вузол мережі приймає участь у маршрутизації, перекидаючи дані на сусідні вузли, оскільки визначення того, на які вузли здійснюється перекидання, виконується динамічно на основі мапи з’єднань мереж. У додаток до класичної маршрутизації ad hoc мережі можуть використовувати фладінг для перекидання даних. Таким є простий роутинговий алгоритм, за яким кожний вхідний пакет висилається на всі можливі адреси, за винятком того пункту, звідки він поступив. Фладінг поширений у мостах та в системах, таких як Usenet і файлообмінних мережах (peer-to-peer file sharing), а також як частина деяких роутингових протоколів, зокрема OSPF, DVMRP, а вони вже застосовуються у бездротових ad hoc мережах).

Децентралізований тип БСМ – це багатоланкові мережі, складаються з бездротових автономних хостів, де кожен хост може служити, як маршрутизатор для передачі трафіку від інших вузлів. Бездротові однорангові ad hoc мережі охоплюються широким спектром мережевих видозмін, що містять сенсор, мобільний механізм перескоків, персональну специфіку чи інші мережі. Наукові розробки у цій галузі має включати навчання сенсора (переведення його з розряду інтелектуальних - до розумних), вивчення безпекових аспектів за рахунок інтелектуальних можливостей вузла, зони покриття сенсора за його випадкового чи детермінованого розміщення, розташування об'єкта, визначення впливу розміщення сенсора, енергетичної ефективності передавання інформації і розкладу діяльності, маршрутизації, топологічних зв'язків, поширення даних і їх нагромадження, впливу дерева реконфігурації і конструювання конкретної топології. Для нормальної роботи мережева топологія передбачає розгляд не тільки сенсорних вузлів, а й базових станцій і крос-шарів. Структура крос-шарів є важливою для БСМ, оскільки вони можуть бути використані для оптимальної модуляції з метою підвищення параметрів передавання, таких як швидкість передачі даних, ефективності використання енергії тощо.

Отже, безперебійна та надійна робота кібер-фізичних систем базується на коректній організації вхідних потоків інформації, завдяки достовірній роботі підсистем, в тому числі, температурного контролю, а також надійного програмного забезпечення.

*1. Микийчук М.М., Стадник Б.І., Яцишин С.П., Луцик Я.Т. Розумні вимірювальні засоби для кібер-фізичних систем /М.М.Микийчук, Б.І.Стадник, С.П.Яцишин, Я.Т.Луцик // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Вимірювальна техніка та метрологія ”. - № 77, 2017, с.3-17.*

*2. Ad-hoc Sensor Networks http://www.brunel.ac.uk/cedps/electronic-computer-engineering/research-activities/wncc/ad-hoc-sensor-networks*

*3. "What is Middleware?". Middleware.org. Defining Technology. 2008. Retrieved 2013-08-11.*

УДК 536.5; 536.5.081

**Яцишин С. П., д.т.н., проф., Мельник Х. Л., аспірант**

# ІНЕРЦІЙНІСТЬ РІДИННОГО НАНОТЕРМОМЕТРА

**Ключові слова:** рідинний нанотермометр, стала теплової інерції, рівняння Уошборна, градуювальна характеристика

Рідинні термометри одні з перших, які набули масового застосування тому, що вони не потребують допоміжних приладів та джерел енергії. Із загальної кількості термометричних приладів близько половини припадає на скляно-рідинні термометри. Серед рідинних термометрів розрізняють ртутні та термометри з нертутним заповненням (спиртові, ксилолові, толуолові, які використовуються для вимірювання температур мінус 200 °*C*), гелієві (для вимірювання температур до 120 °*C*) тощо.

Лабораторні термометри загального застосування призначені для вимірювань температур у різних лабораторних і виробничих умовах. Зі зменшенням перетину каналу капіляра зростає відносна величина сили тертя ртуті об його стінки, що діє на ртутний стовпчик при його русі по капіляру. Унаслідок цього у вузьких капілярах стовпчик ртуті рухається нерівномірно, стрибкоподібно, а при зниженні вимірюваної температури може розірватися. Тому при виготовленні ртутних термометрів використовують капіляри з діаметром каналу не менш 0,1 *мм*. Щоб поліпшити видимість стовпчика термометричної рідини і полегшити відлік показників, у термометрах з малим поперечним перерізом каналу капіляра (наприклад, медичних) застосовують капіляри з овальним перерізом каналу або призматичні капіляри, що збільшують видиму ширину ртутного стовпчика.

Резервуари термометрів у більшості випадків виготовляють циліндричної або кулястої форми. При однаковому об`ємі резервуар циліндричної форми має велику поверхню, що знижує теплову інерційність термометра.

Принцип дії рідинного термометра полягає в наступному: при підвищенні температури відбувається теплове розширення і збільшується об’єм термометричної рідини. Стовпчик рідини у капілярній трубці піднімається, і цю зміну ми можемо побачити за допомогою шкали. Збільшення чи зменшення температури та об’єму рідини в термометрі відбувається поступово; для встановлення теплової рівноваги між тілом і термометром потрібен час.

Зміна об`єму, залежно від температури для будь-якої рідини або твердого тіла, характеризується коефіцієнтом об'ємного теплового розширення $\beta$. Середнє значення $\beta$ у температурному інтервалі 0 - $t$ обчислюють по формулі:

$$\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} \quad , \tag{1}$$

де $V_t$ і $V_o$ – об`єми, що відповідають температурам $t$ і 0°*C*.

У скляному рідинному термометрі при зміні температури змінюється об`єм не тільки термометричної рідини, але й об`єм скляного резервуара. Тому в термометрі спостерігається лише видима зміна об`єму рідини, що дорівнює різниці змін об`ємів рідини і резервуара (і частково капіляра) термометра. У зв'язку з цим при розрахунку конструкції термометра використовують так званий видимий коефіцієнт розширення термометричної рідини в склі $\beta$.

Явище теплового розширення рідини і, в результаті, градуювальна характеристика рідинного термометра описується рівнянням:

$$\Delta V = \beta V \Delta T \quad , \tag{2}$$

де $\beta$ – коефіцієнт об'ємного розширення рідини, 1/К; $\Delta V$ – зміна об'єму, м$^3$; $\Delta T$ – зміна температури, *К*. Рідина в термометрі підіймається завдяки тому, що коефіцієнти об'ємного розширення $\beta$ рідини та скла значно відрізняються: $1{,}81\cdot10^{-4}$ $(^oC)^{-1}$ у ртуті; $10{,}60\cdot10^{-4}$ $(^oC)^{-1}$ у спирту; $9{,}16\cdot10^{-4}$ $(^oC)^{-1}$ у толуолу; $0{,}25\cdot10^{-4}$ $(^oC)^{-1}$ у скла.

У зв’язку з розвитком науки все більшої популярності набирають біо- та нанотехнології. Найбільш застосовуваними стають нанотермометри з вуглецевою або з оксидною нанотрубкою, вони нагадують звичайний ртутний термометр, який зменшений у мільярди разів. Нанотрубка являє собою ряд замкнутих з одного кінця концентричних циліндрів довжиною близько 10 мкм і діаметром біля 75 нм – це і є корпусом нанотермометра. Як температурно-чутливий елемент використовують металічний галій, яким заповнюють внутрішній простір нанотрубки (рис.1). При нагріванні стовпчик

галію нагрівається і утворюється шар оксиду, завдяки його властивостям довжина металічного стовпчика фіксується і може зберігатися на протязі тривалого часу, що є зручним у вимірюваннях. Особливість такого нанотермометра – його мініатюрність, проте для зчитування показів потрібен мікроскоп.

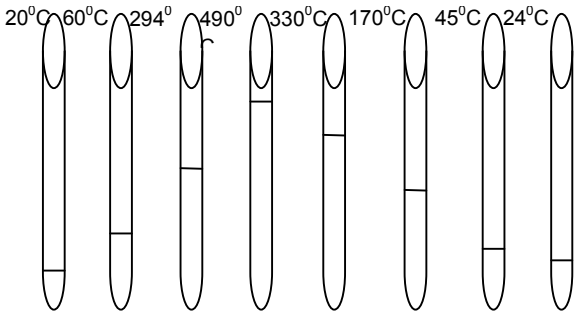



Рисунок 1 – Нанотермометр на основі заповненої галієм нанотрубки

Дослідження метрологічних характеристик термометрів залежно від їх розмірів. Дію складних процесів перенесення у термодинамічно виділеній термометричній субстанції рідинного термометра можна подати наступним чином. Об'ємні та поверхневі процеси перенесення формують градуювальну характеристику даного термометра, причому переважають перші або другі процеси, залежно від розмірів термометра, а точніше від розмірів термочутливої субстанції. Крім того, інші процеси перенесення можуть ставати відповідальними за формування функцій впливу.

У лінійній термодинаміці, коли термодинамічна система даної субстанції не дуже віддалена від станурівноваги, діючі термодинамічні потоки $J$ і сили $X$ зв'язані співвідношенням взаємності Онзагера $J_i = \sum_j \beta_{ij} \mathrm{X}_j .....(i; j = 1...l)$, *де* $\beta_{ij} = \beta_{ji} .....(i, j = 1...l)$. Такими силами у випадку рідинного термометра можна вважати – сили механічного ступеню вільності; поверхневого ступеню вільності та теплового ступеню. Тоді для термометричної субстанції рідинного термометра система рівнянь перенесення виглядає:

$$\begin{cases} I_m = -L_{11}\nabla V - L_{12}\nabla M - L_{13}\nabla T \\ I_n = -L_{21}\nabla V - L_{22}\nabla M - L_{23}\nabla T \\ I_T = -L_{31}\nabla V - L_{32}\nabla M - L_{33}\nabla T \end{cases}, \qquad (3)$$

де $I_e; I_h; I_m$ - відповідно потоки перенесення термочутливої рідини внаслідок зміни об'єму; зміни поверхневого натягу та зміни температури; $L_{ij}$ – коефіцієнти перенесення.

Переважно термометри вимірюють температуру в областях, де просторовий градієнт температури є нехтуюче малим, так що (2) зводиться до:

$$\begin{cases} I_m = -L_{11}\nabla V - L_{12}\nabla M \\ I_n = -L_{21}\nabla V - L_{22}\nabla M \end{cases}, \qquad (4)$$

Перше із рівнянь (4) описує механічний потік, як потік зміщення стовпця термочутливої рідини під дією термодинамічних сил, зумовлених градієнтом її об'єму та градієнтом її площі поверхні. Друге рівняння стосується потоку перенесення поверхневого ступеню вільності – потік зменшення (збільшення) розмірів стовпчика рідини під дією вищеописаних термодинамічних сил. Із цих рівнянь можна отримати рівняння градуювальної характеристики рідинного термометра для наносвіту.

Можна зазначити, що за зміщення стовпця термометра відповідає головний або діагональний член матриці, тоді як член, зв'язаний з дією поверхневого натягу, - недіагональний член – зумовлює виникнення проблем із відліком температури за проекцією його на шкалу внаслідок викривлення поверхні її краю. Меніск, тому, буває ввігнутим або опуклим, що залежить від наявності чи відсутності змочування термочутливою рідиною стінок трубки.

Друге рівняння (4) описує термодинамічний потік, як потік зменшення/збільшення стовпця термочутливої рідини під дією термодинамічних сил, зумовлених градієнтом її об'єму та градієнтом її площі поверхні. Останній стає чинним у мікросвіті й визначальним – у наносвіті. Діагональний член рівняння формується термодинамічною силою, зв'язаною з дією градієнта сили поверхневого натягу і є переважаючим. Отже, у рідинному нанотермометрі маємо справу із зміщенням стовпчика рідини відносно певної позначки внаслідок зміни сил поверхневого натягу цієї рідини, зумовлених

зміною температури. Це зміщення служить підставою для формування градуювальної характеристики. Дія недіагонального члена (механічний ступінь вільності) призводить до формування відхилень від градуювальної характеристики, тобто до виникнення похибки вимірювання температури нанотермометром.

Температурна залежність поверхневого натягу може бути зображена для всіх рідин таким чином, що дані вкладаються на одну загальну криву. Щоб зробити це, треба знати або молярну масу, густину або молярний об'єм відповідної рідини. Якщо $V$- молярний об'єм та $T_c$ - критична температура рідини, то коефіцієнт поверхневого натягу $\gamma$ дорівнює:

$$\sigma V^{2/3} = k\left(T_c - 6 - T\right), \tag{5}$$

де $k$ є константою для всіх рідин (константа Етвеша має значення $2.1\times10^{-7}$ Дж/К моль$^{-2/3}$). Звідси отримуємо рівняння градуювальної характеристики рідинного нанотермометра:

$$\Delta h = \frac{4k'}{\gamma d}\left(\frac{N_A}{V}\right)^{2/3}\left(T_c - 6 - T\right) = C\left(T_c - 6 - T\right), \tag{6}$$

де $C$ – стала. Як видно, у сталу $C$ градуювальної характеристики нанотермометра з рідкофазним чутливим елементом, подібно до нанотермометра з твердофазним чутливим елементом - див. (4), входить розмір визначального конструктивного елементу, а саме внутрішній діаметр термометричної трубки $d$. Проте, відмінності між ними полягають у тому, що чутливість нанотермометра з рідким чутливим елементом зростає зі зменшенням діаметра трубки, тоді коли чутливість нанотермометра з твердофазним чутливим елементом знижуються.

Для рідко фазної термочутливої субстанції при тих самих розмірах переважають процеси перенесення, зв’язані з поверхневим ступенем вільності, хоча дія сил поверхневого натягу проявляється вже у звичайних термометрах у вигляді викривлення меніска. Згідно з важливою для таких термометрів вважається так-звана капілярна стала $a$, як величина, що описує характеристичні розміри системи: $L<a$, за яких суттєвими стають капілярні явища (капілярне всмоктування, капілярний рух рідини, капілярна конденсація тощо):

$$a = \sqrt{\frac{2\sigma}{\left(\rho_1 - \rho_2\right)g}}, \tag{7}$$

де $g$ - прискорення вільного падіння; $\rho_1$; $\rho_2$ - відповідно густина рідини і густина газу над нею. Для води при температурі 293 К капілярна стала становить, до прикладу, 0,38 *см*. Зазначимо, що $a^2 = h\,d/2$, де $h$ - висота стовпчика рідини у капілярній трубці.

Для визначення домінування тих чи інших сил у конструкції рідинного термометра при зменшенні його розмірів у мікро-, а далі й у нанообласть доцільно скористатися введеним безрозмірним критерієм – числом Бонда $Bo$:

$$Bo = \rho g d^2/\sigma, \tag{8}$$

При $Bo < 1$ – домінують капілярні сили; при $Bo > 1$ – гравітаційні сили.

Для дослідження сталої теплової інерції нанотермометра скористаємось рівнянням Уошберна:

$$L^2 = \frac{\gamma D t \cos(\varphi)}{4\mu} \tag{9}$$

де $t$ - час, $L$- відстань, $D$ - діаметр капіляра, $\gamma$ - поверхневий натяг, $\mu$ - динамічна в’язкість, $\varphi$ - кут між рідиною і твердим тілом. Рівняння виведено для капілярного потоку в циліндричній трубці за відсутності гравітаційного поля, досить точно в багатьох випадках, коли капілярна сила все ще значно перевищує сили тяжіння.

При виведенні рівняння Уошберна інерція рідини ігнорується, як незначна, в залежності довжини від квадратного кореня часу, що дає скоріше велику швидкість $dL/dt$ для малих значень $t$. Удосконалена версія рівняння Уошберна, названа рівнянням Босанке, враховує інерцію рідини.

**Висновок.** Аналіз рівняння (9) дає змогу передбачити, що чим менший діаметр капіляра нанотермометра і поверхневий натяг рідин, що його заповнює, тим більша стала теплової інерції нанотермометра. Це особливо важливо для використання нанотермометрів у медицині, до прикладу при вимірюванні температури операційного поля або ж ділянки тіла, що підлягає дії опромінення високочастотними полями [1].

*1. B. Stadnyk, S. Yatsyshyn, R. Samchenko. CNT nanosensors in the tumors treatment. International Journal of Biosensors&Bioelectronics, Volume 2, Issue 6, 2017.*

УДК 658.562

**Ленців Б.О., студентка, Куць В.Р., к.т.н., доцент**

# ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ РЕКУПЕРАТОРІВ

**Ключові слова**: енергоощадність, вентиляція приміщень, рекуперація, споживчі показники якості, оцінювання якості

Нові будівельні технології роблять житло все більш герметичними і добре ізольованими за рахунок удосконаленіших вікон і різних видів теплоізоляції. Нажаль, дуже часто при цьому не враховується необхідність правильної і достатньої вентиляції. Всім добре відомі наслідки поганої вентиляції герметичних приміщень - висока вологість і некомфортне для проживання повітря, і як результат - поява цвілі, що є серйозною загрозою здоров'ю людей [1].

Враховуючи неодноразове збільшення цін на енергоносії останнім часом, теми енергозбереження в будівництві, рекуперації повітря, енергоефективності вентиляції є найбільш актуальними в Україні.

Оцінювання рівня якості вентиляційних рекуператорів за споживчими характеристиками допоможе потенційним покупцям проаналізувати асортимент цієї продукції, що дозволить обмежити доступ на ринок неякісної продукції та запобігти використанню застарілих проектів у будівництві та реконструкції будівель.

Метою даної роботи є дослідження пропозицій ринку вентиляційних рекуператорів не тільки вітчизняного але й світового виробництва та порівняння їх технічних та ергономічних характеристик.

Рекуператор – це вентиляційна установка припливно-витяжного типу, що забезпечує постійний обмін повітря без втрати тепла, а також це теплообмінник, в якому теплообмін між теплоносіями здійснюється безперервно через розділяючу їх стінку.

Добре зарекомендувало себе устаткування побудоване за принципом систем децентралізованої вентиляції. Це системи припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією повітря, що володіють високою продуктивністю і надійністю та, найчастіше вони виявляються найбільш доступними.

На сьогоднішній день найбільш популярними на ринку системи припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією повітря є такі моделі [1-4]:

VENTS Twin Fresh R-50
Ціна: 4865 грн.

Mitshubishi Electric VL-100 EU5-E
Ціна: 11690 грн.

Marley MEnV-180
Ціна: 10000 грн.

Reventa RV-2
Ціна: 2890 грн.

Prana-150
Ціна: 5700 грн.

BLAVBERG Vento Expert A50-1 Pro
Ціна: 8019 грн.

З аналізу відкритих технічних даних виробників вентиляційних рекуператорів, вибрані їх основні споживчі характеристики, які наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Споживчі характеристики вентиляційних рекуператорів

| ***Вентиляційні рекуператори*** | ***VENTS Twin Fresh R-50*** | ***Mitshubishi Electric VL-100 EU5-E*** | ***Marley MEnV-180*** | ***Reventa RV-2*** | ***Prana-150*** | ***BLAVBERG Expert A50-1 Pro*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Рівень шуму, дБ | 24-41 | 36 | 22-35 | 16-36 | 30 | 11-30 |
| Зручність керування, (бал) | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ККД, % | 88 | 80 | 85 | 74-86 | 91 | 82-97 |
| Продуктивність, $м^3$/год | 25/50 | 55/100 | 37 | 58 | 105/115 | 7,5-50 |
| Потужність, Вт | 2,8/4,8 | 30 | 3-7 | 1,6-4,6 | 6-32 | 3,6-5,2 |
| Ступінь фільтрування, (бал) | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 |
| Гарантійний термін, рік | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Відповідно до методів кваліметрії [5], вибираємо базовий зразок для порівняння, та перетворюємо абсолютні показники якості вентиляційних рекуператорів у відносні показники та будуємо пелюсткову діаграму, що наведена на рис. 1. Базовим зразком обрано модель *Prana-150.*

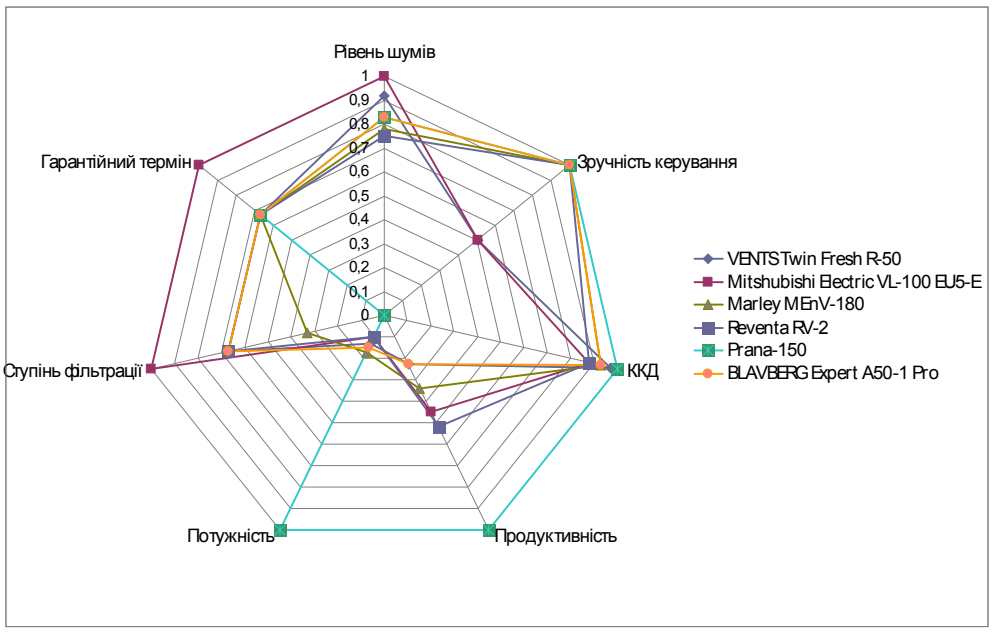



Рисунок 1 – Пелюсткова діаграма відносних показників якості вентиляційних рекуператорів

**Висновок:** Для створення комфортних умов у приміщеннях необхідно забезпечити достатню вентиляцію. Адже сучасні будівлі є все більш герметичними, а це призводить до шкідливих наслідків для здоров'я людей. Отже, потрібно встановлювати рекупераційні системи, щоб створити необхідний обмін повітря без втрати тепла. Саме тому, ми порівняли вентиляційні рекуператори за споживчими характеристиками. Найкращими за споживчими показниками якості є моделі Prana-150 та Mitshubishi Electric VL-100 EU5-E.

*1. Електронний ресурс, умови доступу: https://prana.org.ua/prana_150;*

*2. Електронний ресурс, умови доступу: http://www.marley-rus.ru/ventilation-systems/teploobmennik-dlya-svezhego-vozdukha;*

*3. Електронний ресурс, умови доступу: http://reventa.com.ua/rekuperator-rv-2.php;*

*4. Електронний ресурс, умови доступу: http://ek.ua/ek-list.php?katalog_=534&presets;*

*5. Куць В. Р. Кваліметрія: навч. посібник / В. Р. Куць, П. Г. Столярчук, В. М. Друзюк. — Львів: вид-во Львівської політехніки, 2012.*

УДК 544. 526.5 +621

**Гера В.Я., ад'юнкт НАСВ, Шабатура Ю.В., д.т.н., проф., Міхалєва М.С., к.т.н., доц., Одосій Л.І., к.х.н, Коваль О.П.**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНИХ МАСЕЛ ДЛЯ КЕРОВАНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗМАЩЕННЯ ДВИГУНА

**Ключові слова**: електрофізичні характеристики, імітанс, кондуктометричний сенсор, оперативний контроль, моторне масло, контроль складу рідин

**Актуальність, матеріали і методи.** Основною енергетичною установкою сучасних військово-транспортних систем як у Збройних Силах України, так і в арміях провідних країн світу залишається двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ). Такі двигуни є достатньо складними агрегатами у забезпеченні ефективної, надійної і довготривалої роботи, в яких задіються чимало різноманітних підсистем, що можуть у майбутньому розроблятися у вигляді електромеханічного комплексу. [1]. Одною з найважливіших можна виділити підсистему змащування ДВЗ. На часі необхідний постійний контроль стану масла з метою визначення придатності його до експлуатації та детектування наявності зносу обладнання. Для забезпечення довговічності і надійного пуску двигуна необхідно використовувати масло, що відповідає рівню експлуатаційних властивостей його конструкції. Необхідно досліджувати в'язкість масла при робочих температурах та температурах довкілля. Стандартні методики контролю складу та властивостей (в'язкості) вимагають рутинної лабораторної роботи (титрування, використання денситометричного та візкозиметричного методів тощо).

Дослідження електричних параметрів рідин в електромагнітному полі різної частоти дозволяє отримувати інформацію про їх склад і властивості в не лабораторних умовах за малий проміжок часу [2-3].

Тому на даний час актуальний розвиток удосконалених методик оперативного контролю машинного масла, що у подальшому буде використовуватися в керованих електромеханічних системах змащення Метод базується на вимірюванні змін діалектричної проникності масла, що викликається забрудненням, деградацією та зносом механізмів. Такий метод дозволить визначити зміну властивостей масла, що викликані: вмістом води; забрудненням його паливом; окислюванням; наявністю металічних забруднень.

**Результати досліджень та новизна.** Метою даних досліджень є розроблення електричного методу кількісно-якісного аналізу складу масла для двигунів. У зв'язку з цим досліджені модельні рідини відомого складу та властивості на залежність електричного параметру (ємності) від частоти електромагнітного поля. На експериментально отриманих закономірностях запропонований метод оперативного контролю складу та властивостей машинного масла (відповідно до відомої марки).

**Висновок.** На основі теоретичних та практичних досліджень пропонується метод оперативного контролю складу машинного масла, що базується на залежності значення електричних параметрів від частоти сигналу. Цей метод дозволяє не в лабораторних умовах за малий час (до 2 секунд) кількісно та якісно оцінити вміст контрольованих складників та забезпечити безперебійну роботу техніки.

*1. Шабатура Ю.В., Паранчук Я.С., Чумакевич В.О. «Проблеми створення функціонально-стійких електромеханічних комплексів» Вісник НУ «Львівська політехніка», Львів, 2011. №707. - С.116-120.*

*2. Походило Є. В. Розвиток теорії та принципів побудови засобів вимірювання імітансу об'єктів кваліметрії / Є. В Походило //Автореф. дис. докт. техн. наук: 05.11.05 / НУ «ЛП». — Львів, 2004. — 40 с.*

*3. Міхалєва М.С., Столярчук П.Г. Монографія «Електрофізичні параметри багато компонентних рідин у електромагнітному полі», Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2016. - 178 с.*

УДК УДК 004.93+621.317

**Гапоненко М., Брийовський Р., Артемук С., Бридінський В., Назаркевич І.**
**наукові керівники: Микитин І. д.т.н, проф, Хома Ю. к.т.н.**

# КЕРУВАННЯ МОДЕЛЛЮ АВТОМОБІЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МОЗКУ: ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

**Ключові слова:** штучні нейронні мережі, нейрокомп'ютерний інтерфейс, опрацювання сигналів, EmotivInsight, RaspberryPi Model 3, роботизований автомобіль, BluetoothLowEnergy

**Вступ.** Бурхливий розвиток робототехніки та технологій штучного інтелекту відкриває нові перспективи у вимірювальній техніці, зокрема уможливлює побудову автономних мобільних вимірювальних платформ, які б дозволили здійснювати дистанційній вимірювання без залучення, або з мінімальним залученням людини.

Для реалізації таких платформ, потрібно створити належне програмне забезпечення. Створення та виконання програми, здійснюється безпосередньо на мінікомпютері RaspberryPi. Для передавання інформації було використано віддалений доступ через мережу по Bluetooth протоколу. Нижче розглянуто основні програмні компоненти.

**Нейроінтерфейс Emotiv Insight.** EmotivInsight [1] (шолом керування) є одним з головних елементів проекту. Він виступає в ролі первинного сенсора, який зчитує електроенцефалограму мозку і передає на подальше опрацювання нейронній мережі, що знаходиться на обчислювальному пристрої (у нашому випадку ПК). Передача даних між Emotiv Insight і ПК здійснюється за допомогою Bluetooth 4.0 LowEnergy. Сигнал, який зчитують сенсори шолома, знаходиться на рівні 500 *нВ*. Тому перед передачею даних шолом підсилює їх, щоб вони не спотворювались. Дані можуть спотворюватись і при зчитуванні, оскільки сенсори "читають" електроенцефалограму через шкіру з власним опором. Тому додатково використовується електропровідний гель або соляний розчин.

**Нейронна мережа та її застосування у проекті.** Штучна нейронна мережа [3] – це обчислювальна система, яка навчається вирішувати якусь задачу, розглядаючи приклади, без попереднього програмування під цю задачу. Нейронні мережі використовують, наприклад, для розпізнавання образів чи об'єктів, для медичної діагностики, опрацювання сигналів, тощо.

У цьому проекті ми застосовували нейронну мережу для опрацювання енцефалограми, зібраної з шолому Emotiv.Для того, щоб нейронна мережа могла якомога точніше визначити, яку команду посилає користувач, вона спочатку навчається на основі енцефалограми та можливих команд. Тобто користувач, вибравши команду, якої він навчить нейронну мережу, протягом кількох секунд думає про цю команду, або асоціації з нею, і нейронна мережа згідно з зібраними даними побудує алгоритм визначення цієї команди. Після того як нейронна мережа була навчена, вона зможе визначати команди, які посилає користувач за допомогою свого мозку, хоча точність визначення команди залежить від кількості навчених команд і від кількості даних, зібраних для їх визначення.

**Передача інформації по Bluetoothпротоколу.** Передача інформації відбувається за рахунок "Bluetooth 4 LowPower" протоколу . Сигнали з шолому передаються через Bluetooth на комп'ютер який обробляє інформацію за допомогою нейронної мережі . Вихідні данні ми надсилаєм по Bluetooth через python скрипт на міні-комп'ютер "RaspberryPi 3"[2] який знаходиться на самій машинці .

**Міні-комп'ютер RaspberryPi.** Міні-комп'ютер "RaspberryPi Model 3 B" виступає в ролі посередника між ноутбуком, на який приходять оброблені дані з шолома, і двигунами. Передача даних з ноутбука на міні-комп'ютер здійснюється по Bluetooth протоколу, тобто ми маємо можливість працювати з RaspberryPi віддалено. На цій платформі мовою програмування Python написаний спеціальний алгоритм, який зчитує необхідні команди з ноутбука для безпосереднього керування і передає їх через порти GPIO до двигуна за допомогою якого здійснюється рух вперед/назад і до серводвигуна, який відповідає за повороти.

**Керування моторами.** Порти GPIO уможливлюють здійснювання керування моторами, через спеціалізовану плату на базі мікросхеми L298N [4]. Для керування поворотом моделі автомобіля використовувався сервопривід, керування якого здійснювалося через спеціалізований драйвер. Після отримання команди з шолому виконуватиметься рух машинки у заданому напрямку.

1. *EmotivInsight [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.emotiv.com/insight/.*
2. *RaspberryPi [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.raspberrypi.org/.*
3. *Tensorflow - machinelearningframework [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.tensorflow.org/.*
4. *Драйвер покрокового двигуна L298N [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.instructables.com/id/Control-DC-and-stepper-motors-with-L298N-Dual-Moto/*

УДК 531.7

**Пилькевич Ю.Г., аспирант, Ларина Е.Ю., к.т.н., Ларин В.Ю., д.т.н., проф., Чичикало Н.И., д.т.н., проф., Розоринов Н.Г., д.т.н., проф.,**

# ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ И ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ ПРЕСНОГО ВОДОЕМА

**Ключевые слова:** датчик, предельно-допустимая концентрація, радимодем, искажения сигнала, показатели точности

Объект – рыбопитомник из 5-ти водохранилищ, снабженных измерительной системой (ИС) контроля состояния водной среды пруда, как пресного водоема (рис. 1). Линия связи средств, расположенных на пантонах – кабельная, от устройств, расположенных в водоеме – радиоканал (рис. 1).

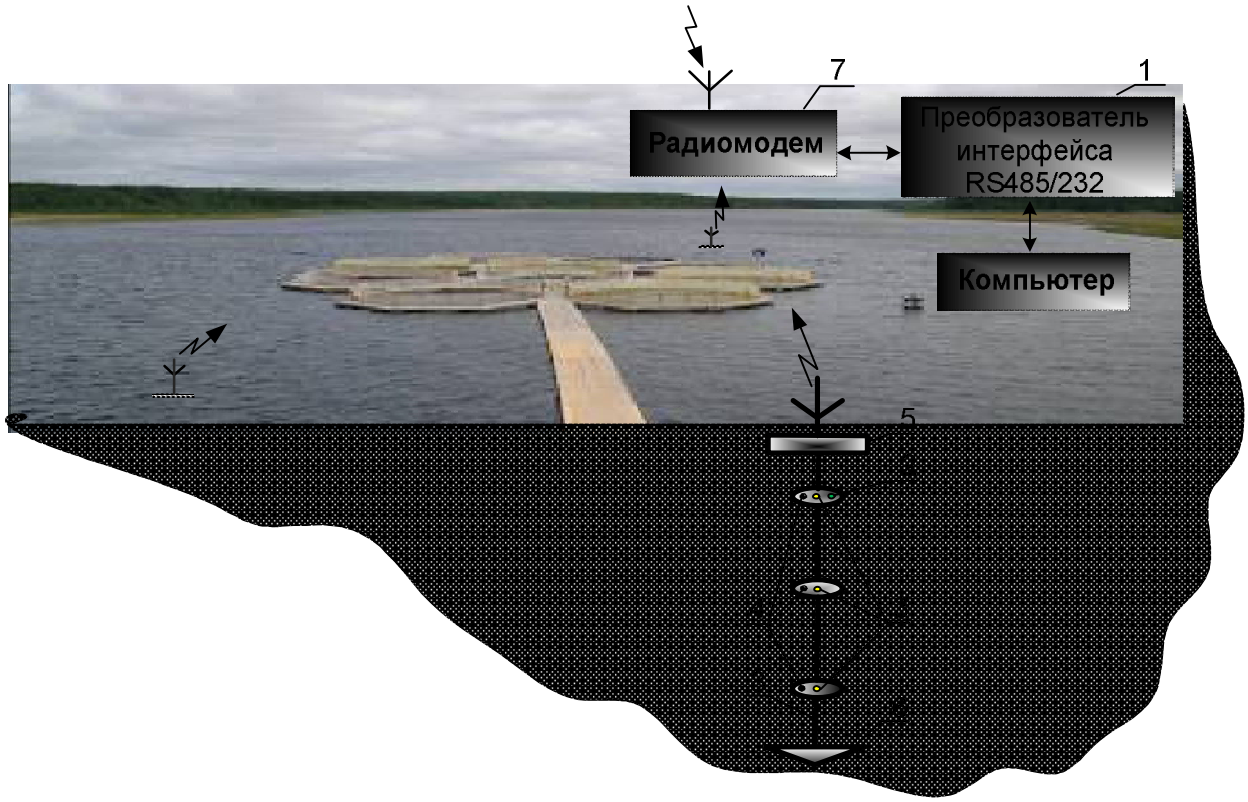



Рисунок 1 – Объект для оценки точности и формы представления показателей точности измерений (ПТИ)

Алгоритм сбора данных имеет следующий вид: сигнал с датчика поступает на вход модуля ввода-вывода, после чего модулем в определенные моменты времени производится первичная обработка поступившего сигнала. После первичной обработки модуль ввода-вывода по запросу от ведущего контроллера выдает последовательность бит, которая несет исчерпывающую информацию о параметрах сигнала, поступившего на вход модуля. Ведущий контроллер, получив информацию от всех модулей, анализирует ее и выдает информацию для принятия решений. Параллельно контроллер формирует информационный пакет, в котором собраны данные, интересующие рыбовода, и выдает их на контроллер пульта контроля. Происходит обмен данными между ведущими контроллерами.

Рассмотрим момент первичной обработки сигнала модулем ввода-вывода. В зависимости от того, является датчик устройством аналоговым (выдает непрерывный сигнал) или дискретным (сигнал либо существует, либо не существует) модуль ввода-вывода либо производит оцифровку сигнала, либо формирует битовую последовательность, которая означает наличие сигнала на входе модуля. Интерес представляет лишь значение того или иного параметра, например, амплитуда или частота колебания. Таким образом, модуль ввода-вывода формирует цифровую посылку, в которой закодировано значение параметра, необходимого для контроля состояния водоема. Точность является одним из основных свойств качества. Количественно она оценивается погрешностью, то есть, величиной отклонения параметров от их номинальных значений. Возможные отклонения от

параметров определяются допусками, установленными нормами ПДК, а также границами изменения параметров измерителя, при которых он способен выполнить свои функции в соответствии с назначением. Датчики пресного водоема, делятся на аналоговые (с унифицированным выходом 4-20 *мА*) и дискретные. Методы оценки точности аналоговых и дискретных (цифровых) устройств имеют существенные различия. Анализ точности аналоговых устройств может быть основан на анализе отклонений первичных параметров элементов, входящих в устройство с учетом известных функциональных связей между отклонениями первичных и выходных параметров. Оценка точности дискретных (цифровых) устройств имеет особенности: отклонения и флюктуации первичных параметров не влияют на работу дискретного устройства в том случае, если они не достигают некоторого порогового значения $U_{пор}$ и переводят его в другое состояние при достижении этого порогового значения. Факторы, влияющие на качество сигнала, и место их возникновения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для анализа

| **Категория искажений** | **Влияющие факторы** | **Место возникновения** |
|---|---|---|
| Искажения формы сигнала в виде межсимвольных и квадратурных искажений | Переходная характеристика | Модулятор |
| | Шаблон формы АЧХ и ФЧХ | Формирующий фильтр |
| | Линейные искажения | Канал связи, места соединений, приемник, корректор |
| | Ограничение полосы | Канал связи, приемник |
| Фазовые ошибки несущей | Нестабильность частоты | Модулятор, демодулятор |
| | Неточность квадратуры | Модулятор, демодулятор |
| | Ошибки при восстановлении несущей | Демодулятор |
| Дрейф пороговых уровней решающих устройств | Дрейф выходного сигнала демодулятора | Демодулятор |
| | Дрейф опорного источника | Решающее устройство |
| | Неточность установки зоны решения | Решающее устройство |
| Шум | Тепловой шум | Входные каскады радиоприемника |
| | Шум устройства синхронизации | Шум задающих генераторов или синтезаторов передатчика и приемника, фазовый джиттер восстановленных несущей и тактов |
| Помехи | Индустриальные помехи | Внешние источники в канале связи, побочный прием |
| | Эхо-сигналы | Многолучевое отражение, несогласованность кабельных линий |
| | Сигналы других радиопередающих средств | Передатчики совмещенного канала, внеполосные излучения, побочный прием |

Приведем характеристики модулей обработки сигнала, которые используются для построения телекоммуникационной сети контроля состояния боты пресного водоема (табл. 2., табл. 3).

Таблица 2

Модуль ввода аналоговых сигналов

| | |
|---|---|
| Основная приведенная допускаемая погрешность, % | 0,25 |
| Дополнительная приведенная допускаемая погрешность на 10°*С, %* | 0,1 |
| Предельные уровни сигналов: 0 – 10 *В* | 15 *В* |
| 0 – 5 мА | 13 *мА* |
| 0 – 24 *мА* | 50 *мА* |

Таблица 3

Модуль аналогового и дискретного ввода/вывода

| **Аналоговый ввод** | |
|---|---|
| Диапазон измерения тока | 0…25 (4…25) *мА* |
| Максимальное напряжение питания источника сигнала, *В* | 38 |
| Максимальный измеряемый ток, *мА* | 50 |
| Основная приведенная допускаемая погрешность, *%* | 0,1 |
| Дополнительная приведенная допускаемая погрешность на 10$^{o}$*С, %* | 0,05 |
| Время преобразования по всем каналам (не более), мс | 0,4 |
| **Дискретный ввод** | |
| Длительность регистрируемого события (не менее), мс | |
| Уровень логической единицы ($U_{вх}$ > 7В) | > 0,7 мА |
| Уровень логического нуля ($U_{вх}$ < 3В) | < 0,3 мА |

Анализируя сигнал на входе и выходе линии (рис. 2), видим, что из-за различного временного сдвига для разных гармоник начальный прием сигнала будет затруднен в том плане, что не известно, является ли первый импульс вырожденной логической единицей с последующим вырожденным логическим нулем, либо же этот импульс является ошибочно возникшим. Однако, этот момент важен лишь для модели, поскольку при реальном случае во избежание ошибочного распознания сигнала может быть введена начальная битовая последовательность.

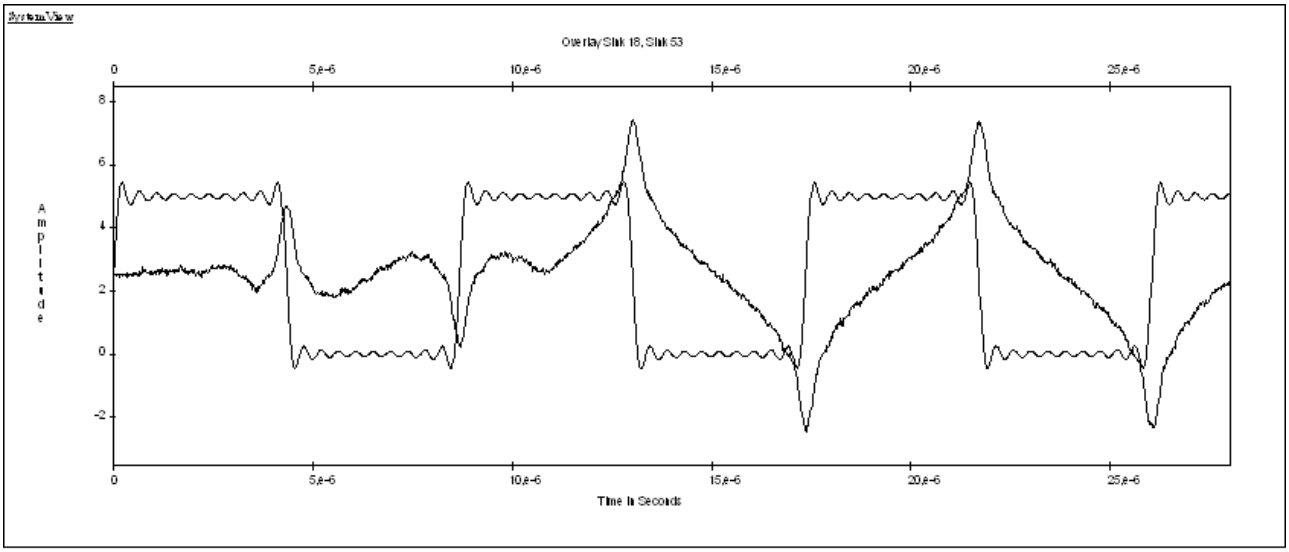



Рисунок 2 – Различия между сигналами на входе и выходе линии

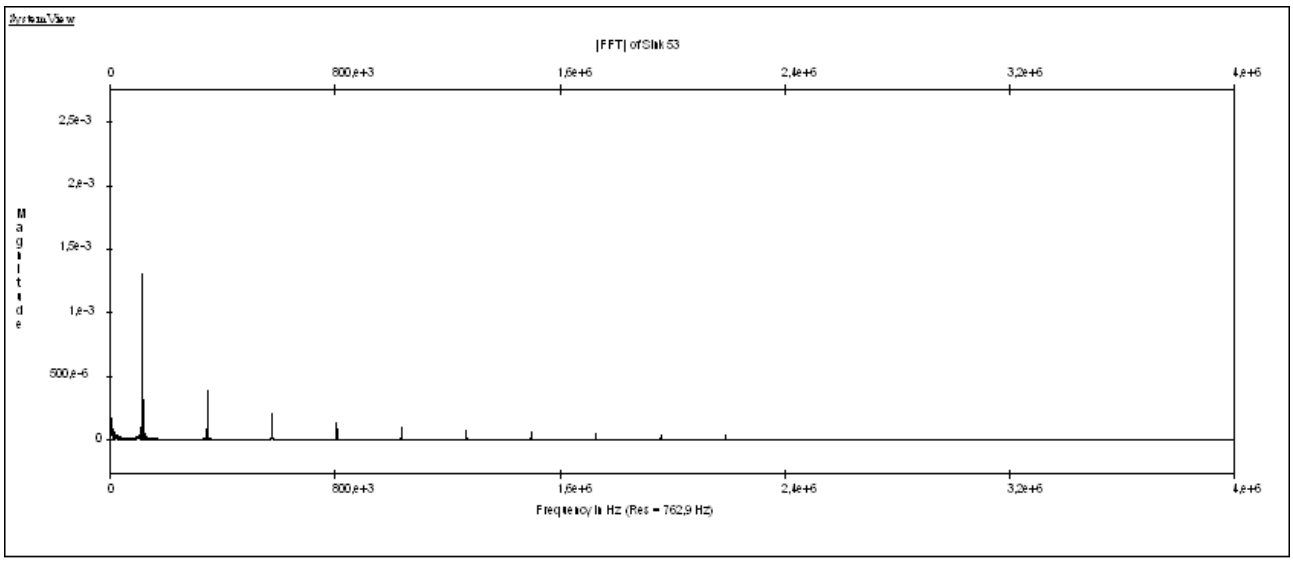



Рисунок 3 – Спектр модели сигнала на выходе линии

Моделированием процесса передачи сигнала с учетом физических особенностей линий связи водоема в программном пакете *System View v2.1.* установлено следующее: полученный спектр сигналов дает наглядное представление о том, на каких гармониках сосредоточена основная мощность сигнала и каким затуханиям подвержен сигнал той или иной гармоники.

*1. Ларин В.Ю. Исследование модели генератора группового спектра сигнала / В.Ю. Ларин, А.В. Хандильды, В.И. Купцов // Вісник Інженерної академії України. – 2008. – №3-4. – С. 116 – 120.*

*2. Ларин В.Ю. Исследование системы обнаружения водоносных слоев / В.Ю. Ларин, Н.И. Чичикало, П.Я. Доллинер, В.И. Купцов // Вісник Інженерної академії України. – 2009. – №3-4. – С. 138 – 142.*

УДК 004

**Лазебный В.С., к.т.н., доцент, Власюк А.Г., д.т.н., професор, Ларина Е.Ю., к.т.н., Титков Д.В., аспирант**

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТА ЛЮБОЙ ПРИРОДЫ МЕТОДАМИ АУДИОВИЗУАЛИЗАЦИИ

**Ключевые слова:** распознавание объектов, видеозапись изображния объектов, WEB-камера, пиксель, оценка точности

Одним из самых важных проблем использования метода – оценка точности видеопродукта, если целью исследований является распознавание объекта и использование видеоинформации для управления им.

В качестве оборудование для выполнения указанной задачи используем WEB-Камеру типа Acme CA02, лазерную указку с блоком питания, и компьютер.

Достаточно простая и компактная модель устройства Acme CA02 оснащается 0,8-мегапиксельной CMOS-матрицей, которая позволяет снимать видео с разрешением 640×480 точек. Интерфейс подключения – USB 1.1. Специальное крепление позволяет одинаково надежно устанавливать камеру, как на обычную ровную поверхность, так и закреплять ее на мониторе.

Частота кадров для разрешения 640×480 – 15 *Гц*.

Частота кадров для разрешения 320×240 – 30 *Гц*.

Имеется ручная фокусировка и встроенный микрофон.

Камера модифицирована для работы в инфракрасном диапазоне.

Рисунок 1 – WEB-Камера Acme CA02

Лазерная указка Danger имеет мощность 0,1 *мВт*, напряжение питания $U_{пит}$=3 *В*, луч красного цвета длинна волны λ=632,8 *нм*. Заводской источник питания – три плоских одновольтовых батарейки.

Рисунок 2 – Лазерная указка Danger

Ниже приведены алгоритмы, позволяющие с достаточной точностью получать видеоизображения объекта в реальном времени.

Программы на языке Microsoft Visual Basic 6.0, предназначена для поиска пикселя заданного цвета с изображения WEB-камеры, определяет цвет пикселя на экране под курсором мыши. Каждый цвет имеет свой порядковый номер, который также определяется в программах.

Программа состоит из двух форм: Form1 и Form2 между которыми переключается управление.

На рис. 3. приведена блок-схема алгоритма, обеспечивающая показа видео с реального объекта.

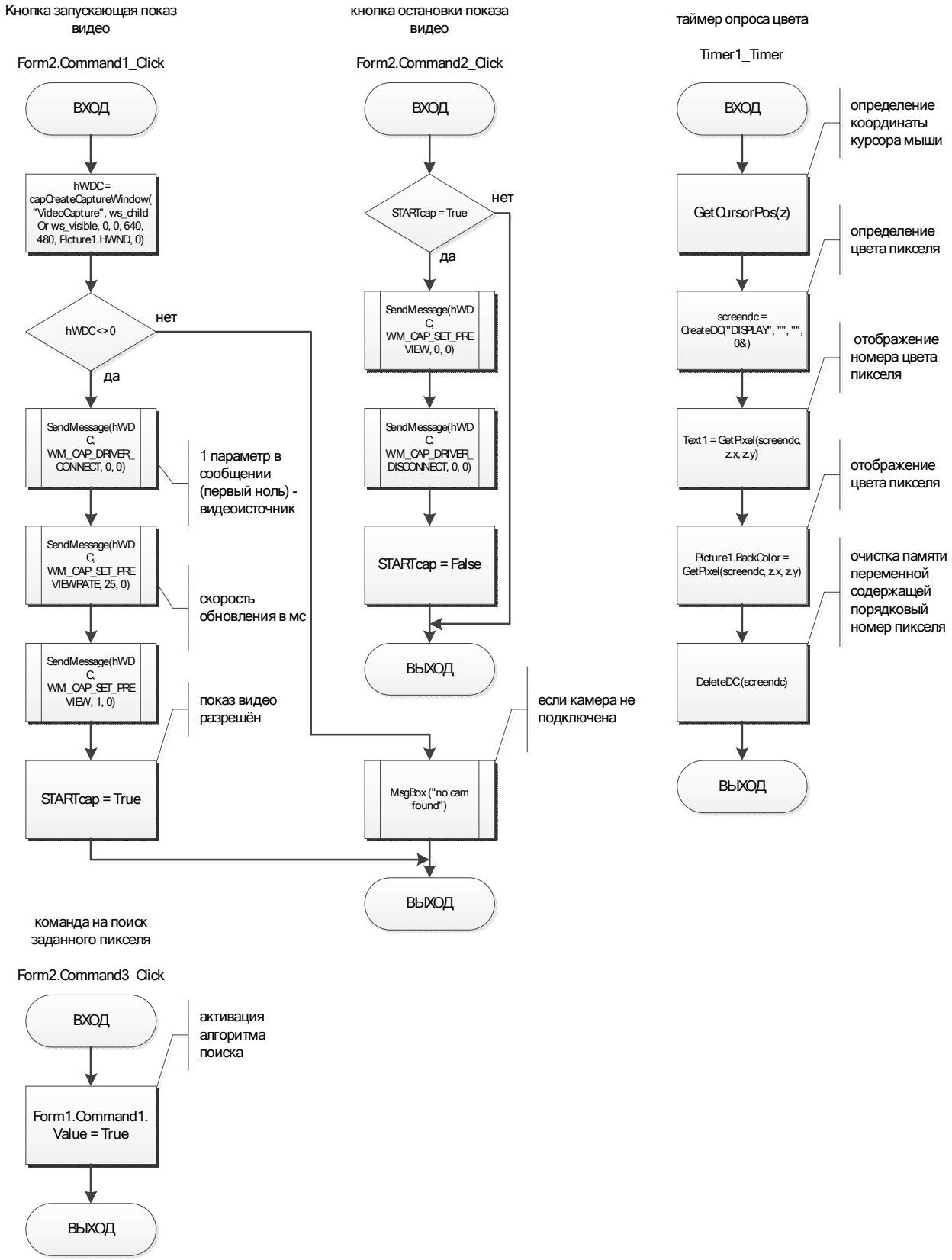



Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма показа видео

*1. Федоров Е.Е. Современные измерительные средства и методы анализа характеристик динамических объектов : монография / [Е.Е. Федоров, Е.Ю. Купцова, А.А. Штепа и др.]. – Донецк : «Ноулидж», 2012. – 273 с.*

УДК 681.2.08(045)

**Розоринов Г.Н., д.т.н., проф.., ЧичикалоН.И., д.т.н., проф., Ларина Е.Ю., к.т.н., Ларин В.Ю. д.т.н., проф.,**

# ФУРЬЕ-ПРОЦЕССОРЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АКУСТОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

**Ключевые слова:** преобразование Фурье, спектр, весовая функция, резонатор, импульсная характеристика, аподизация, фильтр

Фурье-процессоры (ФП) как устройства, выполняющие комплексное преобразование Фурье, входят в состав современных систем радиолокации, связи и управления, где они решают задачи распознавания и спектральной обработки сигналов. Среди многочисленных устройств наиболее эффективными, обеспечивающими обработку сигнала без потери информации, являются ФП, работающие в реальном масштабе времени: параллельного действия, на основе алгоритма ЛЧМ-преобразования, интерференционные. С использованием ФП определяется спектр сигнала в соответствии с алгоритмом обобщенного преобразования Фурье $G(n)=(s(t),\ \eta(n,\ t),$ где скалярные произведения понимаются в смысле взаимной энергии исследуемого сигнала $s(t)$ и системы базисных функций $\eta(n,\ t)$, вычисленной суммированием или интегрированием их произведений. При спектральном анализе радиосигналов с помощью резонансных цепей происходит разложение сигнала в тригонометрическом базисе $\eta(n,\ t) = cos\omega_n t$.

Рассмотрим формирование спектра непериодического сигнала $s(t)$ с помощью набора фильтров, резонансные частоты которых находятся в пределах полосы анализируемых частот $B_a$. Отклик на выходе $n$-го анализирующего фильтра определяется равенством $s_n(t) = \int_0^t s(\tau)h_n(t-\tau)d\tau$ .

При аппаратурном спектральном анализе импульсная характеристика формируется с погрешностью и может быть представлена в виде $h_n(t) = M(t)\eta(n,\ t) = M(t)cos\omega_n t,$(1)
где весовая функция $M(t)$– медленно меняющаяся огибающая импульсной характеристики $h_n(t)$анализирующего фильтра.В соответствии с выражением (1) отклик на выходе $n$-го канала:

$$s_n(\omega_n,t) = \int_0^t s(t)M(t-\tau)cos\omega_n(t-\tau)dt = cos\omega_n t\int_0^t s(t)M(t-\tau)cos\omega_n\tau\cdot dt +$$

$$+ sin\omega_n t\int_0^t s(t)M(t-\tau)sin\omega_n\tau\cdot dt = Acos\omega_n t + B\,sin\,\omega_n t.$$

Коэффициенты $A$ и $B$ представляют собой косинусную и синусную составляющие текущего спектра. Огибающую отклика фильтра описывает выражение: $|s_n(\omega_n,t)| = \sqrt{A^2+B^2} = \left|\int_0^t s(t)M(t-\tau)exp(-j\omega_n\tau)dt\right|,$

которое совпадает с записью модуля преобразования Фурье исследуемого сигнала с весовой функцией $M(t)$. Для вычисления фазочастотного спектра на каждой частоте $\omega_n$ необходимо наличие двух квадратурных каналов. Если весовая функция $M(t)$выбрана из условия

$$\left.\begin{aligned} M(t) &= 1 \quad при \quad t\in[0,T]; \\ M(t) &= 0 \quad при \quad t\notin[0,T], \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

то огибающая выходного сигнала в момент$T$будет тождественно равна модулю преобразования Фурье исследуемого сигнала $s(t)$:

$$|s(\omega_n,t)| = \left|\int_0^T s(t)exp(-j\omega_n t)dt\right| = \left|\int_{-\infty}^{\infty} s(t)exp(-j\omega_n t)dt\right| = |G(\omega_n)|, \quad h_n(t) = \begin{cases} cos\,\omega_n t & при \quad t\in[0,T]; \\ 0 & при \quad t\notin[0,T]. \end{cases}$$

Условие (2) определяет идеальную импульсную характеристику фильтра. Частотную характеристику находим как преобразование Фурье импульсной характеристики $h_n(t)$

$$H_n(\omega) = \frac{sin[0,5T(\omega-\omega_n)]}{0,5T(\omega-\omega_n)}exp(-j0,5\omega_n T).$$

Если интервал анализа перекрывает интервал существования сигнала $[0, \tau] \in (O, T)$ и весовая функция постоянна на всем интервале анализа, $M(t)=1$ при $t \in (O, T)$, то сигнал на выходе анализирующего фильтра записывается в виде $s(\omega_n, T) = \int_0^T s(t) exp(-j\omega_n t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) exp(-j\omega_n t) dt = G(\omega_n)$, что свидетельствует о равенстве экспериментального и аналитического спектров. Поскольку импульсная характеристика реальных фильтров отличается от идеальной ($M(t) \neq 1$), отсчеты, функции спектральной плотности формируются с погрешностью $\Delta G(\omega_n) = G(\omega_n) - G(\omega_n, T) = \int_0^T [1 - M(t)] s(t) exp(-j\omega_n t) dt$, которая определяется весовой функцией $M(t)$ анализирующих фильтров. Набор фильтров, настроенных на частоты $\omega_n$ дает информацию о спектральной плотности исследуемого сигнала в дискретной форме $G_Д(\omega) = G(\omega) \sum_{m=1}^{N} \delta(\omega - \omega_n)$. Число каналов, необходимое для восстановления огибающей $G(\omega)$с заданной точностью, выбирается в соответствии с теоремой Котельникова. Минимально необходимый интервал между ними должен удовлетворять условию $\Delta f \leq 1/T_a$. Таким образом, при анализе реализации сигнала длительностью $T_a$ можно расставить фильтры с интервалом $\Delta f$ и практически полностью восстановить огибающую $G(\omega)$ в интервалах между отсчетами с помощью восстанавливающего фильтра.

Для визуальной индикации результатов анализа необходимо в момент времени $t=T$ выделить амплитуды огибающих сигналов $s(\omega_n, T)$на выходе всех $N$ фильтров и последовательно, с фиксированной задержкой $\Delta t$, подать их на индикатор.

При этом на индикаторе будет получена развертка спектра сигнала во времени с коэффициентом пропорциональности $\beta = \Delta f / \Delta t$:

$$G_{AC}(\beta t) = G(\beta t) \sum_{m=1}^{N} \delta(t - n\Delta t).$$

Здесь $G(\beta t)$ – временная функция, соответствующая огибающей спектра $G(\omega)$.

Полоса пропускания восстанавливающего фильтра $\Delta f$ определяется парциальной задержкой $\Delta f = 1/\Delta t$. Структурная схема рассмотренного ФП одновременного действия показана на рис. 1.

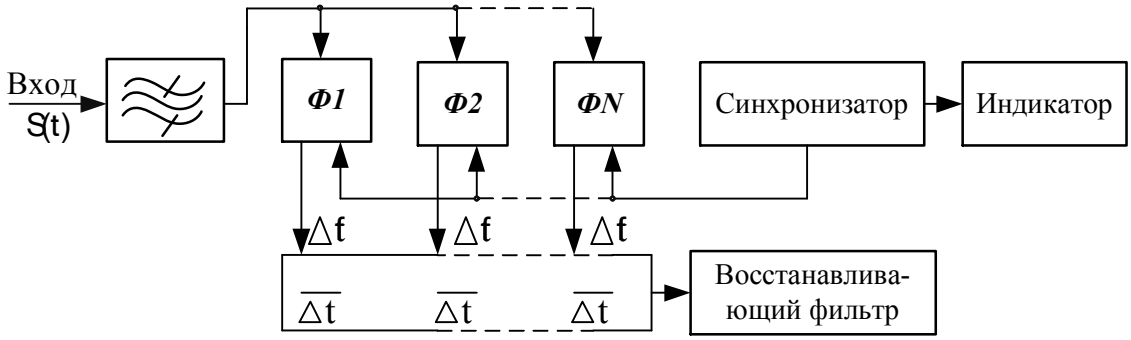



Рисунок 1 – Структурная схема ФП одновременного действия

Рассмотрим особенности применения ПАВ-резонаторов и фильтров в ФП одновременного действия. Импульсная характеристика двухвходового резонатора на поверхностно-активных веществах – ПАВ соответствует характеристике одиночного резонансного контура с весовой функцией $M(t)=exp(-\alpha t)$, где $\alpha=\omega_0/2a$ – величина, обратно пропорциональная постоянной времени контура $a$. Отсюда следует, что погрешность анализа возрастает с увеличением длительности исследуемого сигнала, максимальная длительность которого $T_{cmax} = \gamma Q/2f_0$ зависит от допустимой погрешности $\gamma$ формирования функции спектральной плотности $G(\omega)$. При использовании одиночного резонансного контура обычно выбирают $\gamma=0,1$. Для коррекции импульсной характеристики используют весовую обработку входного сигнала в соответствии с функцией $P(t) = exp[\alpha(t)]$.

Фильтр с весовой функцией, близкой к описываемой выражением (2), легко реализуется как устройство на ПАВ с двумя ВШП. Импульсная характеристика одиночного ВШП имеет вид

$$h(t) = \sum_{m=1}^{\infty} W(t) cos(m\omega \cdot t - \pi/4).$$

и в случае $W(t)=const$ в интервале $[0;\ T]$ соответствует импульсной характеристике резонатора без потерь. Здесь $T=\lambda N_{пр}/v$ – длительность импульсной характеристики ВШП; $\lambda=2\pi v/\omega$ – период ВШП; $N_{пр}=\omega/\Delta\omega_{0,7}$– число пар электродов ВШП. Передаточную характеристику фильтра, состоящего из входного и выходного преобразователей, представим выражением

$$H(\omega)=H_{вх}(\omega)exp(-j\omega L/v)H_{вых}(\omega),$$

где $exp(-j\omega L/v)$ – фазовый множитель, определяемый временем $T_З=L/v$распространения ПАВ от входного преобразователя к выходному.

В соответствии с теоремой о спектре свертки, импульсную характеристику фильтра запишем следующим образом:

$$h(t)=\int_{T_з}^{T} h_{вх}(\tau)h_{вых}(t-\tau)d\tau, \qquad (3)$$

где $h_{вх}(t)=W_{вх}(t)\ cos(\omega_0 t-\pi/4)\cdot[\sigma(0)-\sigma(T_{вх})]$, $h_{вых}(t)=W_{вых}(t)\ cos(\omega_0 t-\pi/4)\ [\sigma(T_з)-\sigma(T_з-T_{вых})]$ – импульсные характеристики входного и выходного преобразователей на частоте резонанса $\omega_0$:
$T_{вх}$, $T_{вых}$ – длительность импульсных характеристик соответственно входного и выходного преобразователей.

Из последнего уравнения определим вид весовой функции $M(t)$фильтра, когда входной и выходной преобразователи настроены на одинаковую частоту (при $W_{вх}(t)=W_{вых}(t)=1; T_з=0$).

$$M(t)=\begin{cases}0,5t & при\quad t\in[0,T_{вх}];\\ 0,5T_{вх} & при\quad t\notin[T_{вх},T_{вых}].\end{cases} \qquad (4)$$

На рис. 2 изображена весовая функция фильтра $M(t)$, представляющая собой для широкополосного входного неаподизованного преобразователя равнобедренную трапецию с вершиной, длительность которой определяется разностью $T_{вых}-T_{вх}$. Интервал весовой функции $M(t)=const$ определяет максимальную длительность исследуемых реализаций $T_a=T_{вых}-T_{вх}$, в пределах которой погрешность формирования отсчетов функции спектральной плотности $\Delta G(\omega_n)=0$.При анализе спектра в полосе частот частотные составляющие разделяются блоком фильтров с одним широкополосным и набором узкополосных входных преобразователей, настроенных на частоты $\omega_{nвых}=\omega_{вх}\pm n\Delta\omega$. В этом случае интеграл свертки (3) для $n$-го фильтра в интервале $t\in[T_{вх},\ T_{вых}]$

$$h_n(t)=\int_{t-T_{вых}}^{t} cos(\omega_0 t-\pi/4)cos[\omega_n(t-\tau)-\pi/4]dt\ .$$

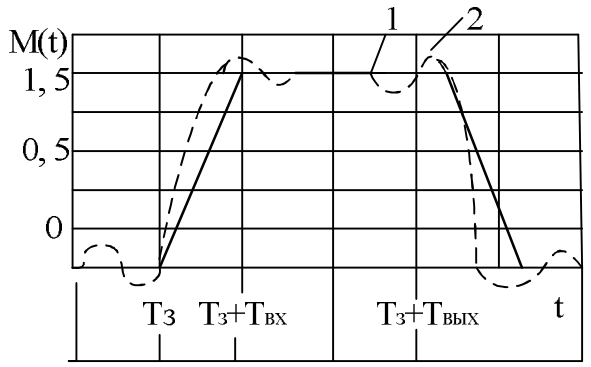



Рисунок 2 – Весовая функция фильтра на ПАВ с неаподизованным (*1*) и аподизованным по закону *sincx* (*2*) входными преобразователями

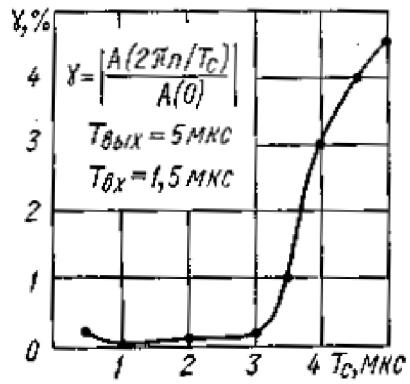



Рисунок 3 – Погрешность формирования спектра импульсного сигнала

После интегрирования с учетом выражений (4) получим $h_n(t)\,|t\in[Твх,\ Твых]=M(t)\ sinc[0,5\ (\omega-\omega_n)T_{вх}]sin\omega_0 t$.Выражение $sinc[0,5\ (\omega-\omega_n)T_{вх}]$ в последнем равенстве с точностью до постоянного множителя совпадает с АЧХ входного преобразователя. Таким образом, отсчеты функции спектральной плотности на частотах $\omega_n$ будут формироваться с погрешностью, пропорциональной частотной характеристике входного преобразователя (рис. 3). Неравномерность частотной характеристики входного ВШП можно уменьшить его аподизацией. Штриховой линией на рис. 2 изображена огибающая импульсной характеристики фильтра с аподизацией входного ВШП усеченной функцией вида *sincx* с двумя боковыми лепестками, полученная при численном интегрировании выражения

$$h(t)=\int_0^t h_{вх}(t-\tau)h_{вых}(t)dt=\int_0^t W_{вх}(t)W_{вых}(t)\times sinc[\ \pi(t-\tau)/\Delta t]\times$$
$$\times\ sin\,\omega_0(t_1-\tau)[\ \sigma(t_1-\tau)-\sigma(t_2-\tau)]sin\,\omega_0 tdt,$$

где $t_2 - t_1$– длительность импульсной характеристики входного преобразователя.

В этом случае весовая функция носит осциллирующий характер, причем число и амплитуда осцилляции соответствуют виду аподизирующей функции входного преобразователя.

*1. Кочемасов В.Н. Акустоэлектронные фурье-процессоры. [Текст] / В.Н. Кочемасов, Е. В. Долбня, Н. В. Соболь – М. : Радио и связь, 1987. – 166 с.*

*2. Афонский А.А. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике [Текст] / А.А. Афонский, В.П. Дяконов. – М. : ДМК-Пресс, 2011. – 468 с.*

УДК 629.735.05 : 629.735.33-519

**Ларин В.Ю., проф., Чичикало Н.И., проф., Розоринов Г.Н., проф., Ларина Е.Ю., к.т.н,**

# ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРОЦЕССА ПРИЗЕМЛЕНИЯ БЛА

**Ключевые слова**: датчик дифференциального давления, модель воздушной среды, беспилотный летательный аппарат, пьезорезистивный эффект, точность, усреднение

**Актуальность.** Процесс приземления и посадки беспилотных летательных аппаратов (БЛА) с заданной точностью требует реализации новых информационных технологий контроля параметров пространства и процесса управления. До настоящего времени решение указанных вопросов реализации является проблемным. Рассмотрена возможность выбора известных измерительных средств, необходимых для управления БЛА. Предложена усовершенствованная математическая модель, адаптивная к местности и изменчивости параметров реальной воздушной среды.

**Анализ известных средств параметрического контроля.** К датчикам давления относятся технические устройства, выходные сигналы которых изменяются в зависимости от давления исследуемой среды. На современном рынке представлено огромное количество датчиков давления, предназначенных для широкого круга применений. Оптимальный выбор датчика давления для данного применения может выполняться по следующему алгоритму:

– определение назначения, типа и диапазона измеряемого давления (абсолютное, избыточное или дифференциальное, рабочее и максимальное воздействующее давление, статические или динамические давления, срок службы);

– анализ метрологических характеристик;

– учет влияния окружающих условий: перепадов температуры, вибрации, влажности, электромагнитных помех, электростатического разрушения, высокочастотных помех по цепям питания;

– наличие защиты выходных цепей, защиты от коротких замыканий;

– анализ требований к электрическому интерфейсу (аналоговый или цифровой выходной сигнал);

– учет требований механических характеристик для установки на объекте;

– экономическая целесообразность.

Вопросы повышения метрологических характеристик, подбора механических и электрических интерфейсов, а также исполнений по классам защиты и стойкости к воздействиям окружающей среды нерешены до настоящего времени. Произведем выбор и сравнение с учетом особенностей для данного применения (табл. 1).

Таблица 1

Этапы сравнительного анализа датчиков

| **По номинальному диапазону давления, МПа** | **По наличию схемы обработки сигнала** | **По типу выходного сигнала** | **По типу механического присоединения** |
|---|---|---|---|
| Высокого и сверх-высокого (P > 60);<br>– низкого, сверх-низкого (P < 0,1);<br>– среднего (0.1 ≤ P ≤ 60) | С ненормированным выходным сигналом;<br>с нормированным выходным сигналом;<br>с пассивной температурной компенсацией;<br>с активной температурной компенсацией;<br>с микропроцессорной обработкой сигнала. | аналоговый;<br>цифровой;<br>релейный | резьбовые;<br>фланцевые;<br>встроенные;<br>погружные |

По принципу действия в зависимости от вида чувствительного элемента датчики давления остановимся на пьезорезистивных, использующих обратный пьезоэффект

**Изложение основного материала**. Рассмотрим характеристики датчиков давления. Не приводя сравнительной оценки датчиков давления, остановимся на преобразователе высота – давление типа BMP085

В основе построения датчика использован пьезорезистивный принцип, выходной сигнал которого после внутреннего аналого-цифрового преобразования доступен пользователю. Полученное значение не является значением атмосферного давления, а связанно с ним сложной зависимостью. Для расчета зависимости необходимо использовать 11 корректировочных коэффициентов. Данные

коэффициенты прошиты во встроенную EEPROM память датчика и индивидуальны для каждого датчика [2,4]. Для температурной компенсации датчик имеет встроенный аналоговый преобразователь температуры, сигнал с которого так же необходимо обработать (оцифровать, прочитать и пересчитать).Следует учитывать, что при изменении давления на 1 *мм.рт.ст.* высота меняется на 10…12 *м*.

Алгоритм работы датчика BMP085 предусматривает: включение; считывание корректировочных коэффициентов; запуск преобразования сигнала с преобразователя температуры; ожидание окончания преобразования; считывание результата преобразования; расчет температуры; запуск преобразования сигнала с датчика давления; ожидание окончания преобразования; считывание результата преобразования; расчет давления. Управление датчиком осуществляется посредством стандартного двухпроводного интерфейса $I^2C$. Дополнительно датчик имеет линию сброса (XCLR) и выход "окончание преобразования" (EOC).

Для измерения температуры и влажности окружающей среды предназначен дешевый цифровой датчик типа DHT11 [3]. Его внешний вид показан на рис. 9

Для связи с контроллером используется однопроводная шина с открытым коллектором, поэтому обязательно подключение резистора 5…10 *кОм* к плюсу питания микроконтроллер.

Разработана система измерения давления и высоты. Полученные теоретически данные проверены в реальных условиях, установлены параметры точности измерительной системы. Предложены варианты по повышению точности измерительной системы и указаны направления дальнейших исследований.

Для разработки измерительной системы использовалась аппаратная платформа Arduino ATMega 328 и ППП LabView 12. Аппаратная платформа Arduino выполняет роль преобразователя $I^2C$ – UARTи связь датчика с компьютером посредством микросхемы преобразователя UART – USBFT323. Обработку и отображение информации выполняет ППП LabView 12.

ПВИ, разработанный в среде LabView 12 выполняет отображение измеренного давления в виде графика на индикаторе Wave form Chart, а также измеренного давления в числовом виде на элементах Numeric Indicator и Gauge. Высота рассчитывается в соответствии с формулой (1) и отображается на элементах Numeric Indicatoru Vertical ProgressBar.

С помощью элементов пакета расширения LabView 12 UARTVisa осуществляется связь с COMпортом. Внешний вид и блок-диаграмма ПВИ показаны на рис.1, 2.

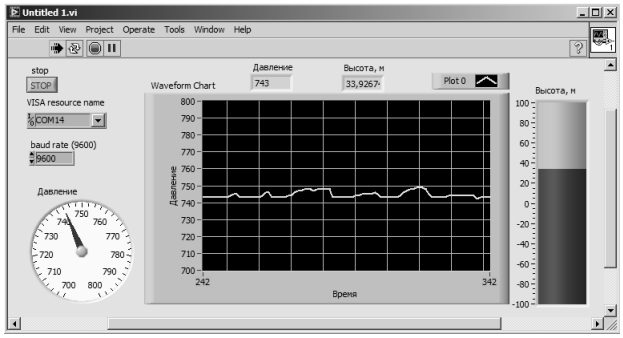



Рисунок 1 – Передняя панель разработанного ПВИ

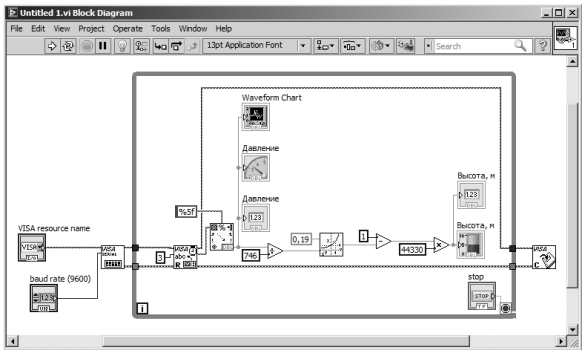



Рисунок 2 – Блок-диаграмма разработанного ПВИ

**Обработка результатов.** Графическая зависимость изменения давления в течение времени суток. Измерения проводились с интервалом в один час. Для удобства дальнейшего использования была произведена аппроксимация и усреднение полученной характеристики средствами ППП Mathcad 2000. Коэффициент корреляции между снятой и усредненной зависимостью составляет 0,946.

Высота является функцией давления и вычисляется по формуле:

$$Alt(P) = 44330 \cdot \left(1 - \left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{1}{5.255}}\right). \quad (1)$$

Но давление является функцией температуры и влажности окружающей среды.

Для определения дрейфа показаний высотомера на базе барометра дополнительно, при помощи датчика DHT11, произведены измерения температуры и влажности. Данные усреднены

Коэффициенты корреляции для измеренных и усредненных характеристик температуры и влажности составили 0,938 и 0,961 соответственно.

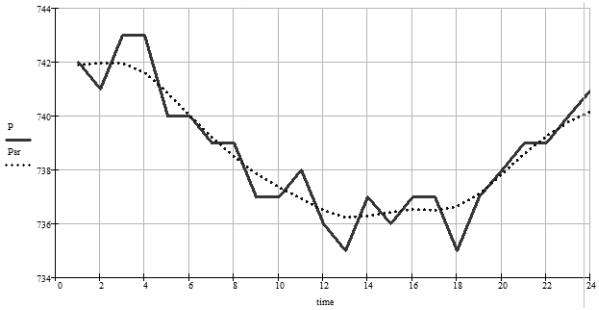



Рисунок 3 – Снятая и усредненная характеристика изменения давления

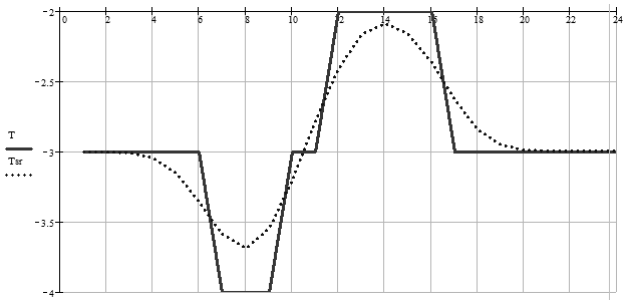



Рисунок 4 – Снятая и усредненная характеристика изменения температуры

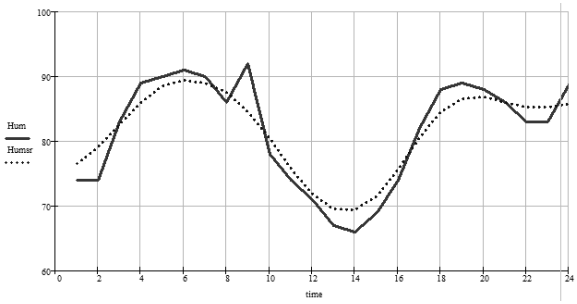



Рисунок 5 – Снятая и усредненная характеристика изменения влажности

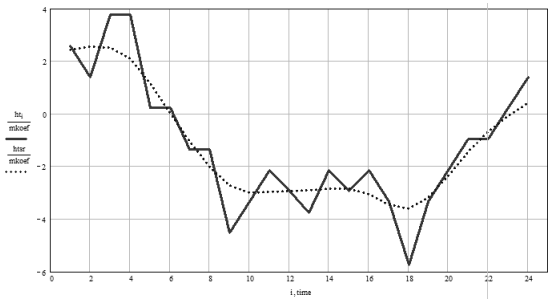



Рисунок 6 – Полученная и усредненная характеристика изменения показаний датчика давления

С учетом полученных данных в соответствии с выражением (2) была получена характеристика изменения показаний некомпенсированного пьезорезистивного датчика давления. Давление и высота связаны между собой барометрической формулой.

$$h = \ln\left(\frac{P}{P_0}\right) \cdot \frac{R \cdot T}{-M \cdot g} + h_0, \qquad (2)$$

где P – измеренное давление;$P_0$ – давление на уровне 0 м;R – универсальная газовая постоянная;M – молярная масса газа;g – ускорение свободного падения;$h_0$ – высота над уровнем моря на момент начала измерений. Разница меду максимальным и минимальным значениями высоты, в состоянии покоя, составляет 9,5 *м*.

Датчик BMP085 является термо-компенсированном датчиком и разница между максимальным и минимальным значениями высоты, в состоянии покоя, составляет 30 см, что в 30 раз меньше, чем в некомпенсированном датчике. Для использования датчика в системах управления летательными аппаратами или для проектирования высокоточных измерительных систем необходимо вводить поправку на изменение влажности окружающей среды.

Данная задача требует использования датчика влажности в паре с датчиком давления и микропроцессорной обработки данных для получения конечного результата. Это повышает точность системы, но тем самым снижает ее быстродействие ввиду низкого быстродействия датчиков влажности. Разработана система измерения давления и высоты. Полученные теоретически данные проверены в реальных условиях, установлены параметры точности измерительной системы. Предложены варианты по повышению точности измерительной системы и указаны направления дальнейших исследований. Данной точности вполне достаточно для проектирования системы средней точности.

*1. Ларин В.Ю. Канал визначення висоти польоту та вертикальної швидкості безпілотного літального апарату / В.Ю. Ларин // Восточно – Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 4/10 (58). – С. 16–19.*

*2. Data sheet BMP085, [электронный ресурс]/SparkFun.com, – 2011. – Режим доступа – https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/BST-BMP085-DS000-05.pdf*

*3. Data sheet DHT11, [электронный ресурс]/ akizukidenshi.com, 2010.– Режим доступа – https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11.pdf*

*4. Барометрическая формула, Википедия (электронный ресурс), режим доступа – http://ru.wikipedia.org/wiki/Барометрическая_формула*

УДК 621.3

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

# АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ОБЧИСЛЕННЯ ЧАСУ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

**Ключові слова:** час, світлова частина доби, літній час, зимовий час, географічний часовий пояс

На теперішній час порядок обчислення часу на території України визначений постановою Кабінету Міністрів України - час другого часового поясу (київський час) з переведенням щорічно годинникової стрілки в останню неділю березня о 3 годині на 1 годину вперед і в останню неділю жовтня о 4 годині на 1 годину назад [1]. Такий порядок обчислення часу встановлений з урахуванням порядку обчислення часу, що діє в країнах Європи з 1996 року [2].

Цей порядок обчислення часу відповідає географічному положенню України відносно міжнародної системи часових поясів, а також міжнародній практиці запровадження літнього часу. Терміни запровадження і скасування літнього часу узгоджені на міжнародному рівні.

Мета наукових досліджень полягає в обгрунтуванні максимально ефективного використання світлої частини доби протягом року для більшості населення країни.

Але питання встановлення порядку обчислення часу на території України є досить складним і суперечливим, що пояснюється наявністю наступних чинників:

1. Внаслідок значної географічної протяжності території України зі сходу на захід (1316 км) час настання і закінчення світлої частини доби (час сходу-заходу Сонця) в східній і західній частині України відрізняється на годину (табл. 1).
2. В період, що слідує після переходу на літній час і назад, значна кількість людей відчуває дискомфорт внаслідок порушення сталих добових ритмів біологічної активності людини.
3. Під час доби, коли здійснюється перехід на літній час і назад, виникають певні проблеми у транспортному забезпеченні, тому що поїзди та інші транспортні засоби «наздоганяють» або «притримують» свій графік під час руху, щоб досягти відповідності встановленому розкладу.
4. Щільність населення зі сходу на захід Украйни є нерівномірною, що ускладнює досягнення максимально ефективного використанні світлої частини доби протягом року для більшості населення.
5. Під час встановлення порядку обчислення часу необхідно враховувати такий порядок у суміжних країнах, де час відрізняється і не всі країни переходять на літній час.

Близько 95 % території України розташовано в другому часовому поясі, незначна частина Закарпаття – у першому, а Луганська область, частина Харківської та майже вся Донецька – у третьому. Таке розташування території України відносно часових поясів є сприятливим для використання часу одного часового поясу – другого. Застосування в Україні двох або навіть трьох часових поясів недоцільно, тому що це призведе до плутанини у суб'єктів господарювання всередині країни, у громадян, а також у зовнішніх партнерів.

Таблиця 1

Час сходу-заходу Сонця при використанні в Україні відліку часу за ІІ-м часовим поясом (з переходом на літній час)

| **22 червня** | Ужгород | Львів | Київ | Харків | Луганськ |
|---|---|---|---|---|---|
| Час сходу Сонця | 5.29 | 5.17 | 4.47 | 4.27 | 4.21 |
| Час заходу Сонця | 21.37 | 21.37 | 21.13 | 20.50 | 20.29 |
| Тривалість світлового дня | 16.08 | 16.20 | 16.26 | 16.33 | 16.08 |
| Тривалість еф. використання світлового дня | 14.23 | 14.37 | 14.13 | 14.00 | 13.29 |
| Тривалість втраченої частини світлового дня | 1.45 | 1.43 | 2.13 | 2.33 | 2.39 |

| **22 грудня** | Ужгород | Львів | Київ | Харків | Луганськ |
|---|---|---|---|---|---|
| Час сходу Сонця | 8.21 | 8.20 | 7.57 | 7.33 | 7.15 |
| Час заходу Сонця | 16.38 | 16.26 | 15.57 | 15.37 | 15.30 |
| Тривалість світлового дня | 8.17 | 8.06 | 8.00 | 8.04 | 8.15 |
| Тривалість еф. використання світлового дня | 8.17 | 8.06 | 8.00 | 8.04 | 8.15 |
| Тривалість втраченої частини світлового дня | - | - | - | - | - |

В таблицях 1 – 3 наведено час сходу-заходу Сонця при різних варіантах порядку обчислення часу [3]. Активна фаза соціального ритму більшості людей приходиться на період з 7 ранку до 22 години вечора. Якщо світловий день не співпадає із вказаним періодом, то вважається, що відбувається зниження ефективності використання світлого часу доби.

З таблиці 1 видно, що найбільша тривалість втраченої частини світлового дня спостерігається влітку у східній частині України. Це пояснюється тим, що Сонце сходить близько о пів на п'яту ранку, а активний день розпочинається о сьомій ранку.

Таблиця 2

Час сходу-заходу Сонця при використанні в Україні відліку часу за ІІ-м часовим поясом (без переходу на літній час)

| **22 червня** | Ужгород | Львів | Київ | Харків | Луганськ |
|---|---|---|---|---|---|
| Час сходу Сонця | 4.29 | 4.17 | 3.47 | 3.27 | 3.21 |
| Час заходу Сонця | 20.37 | 20.37 | 20.13 | 19.50 | 19.29 |
| Тривалість світлового дня | 16.08 | 16.20 | 16.26 | 16.33 | 16.08 |
| Тривалість еф. використання світлового дня | 13.23 | 13.37 | 13.13 | 13.00 | 12.29 |
| Тривалість втраченої частини світлового дня | 2.45 | 2.43 | 3.13 | 3.33 | 3.39 |

| **22 грудня** | Ужгород | Львів | Київ | Харків | Луганськ |
|---|---|---|---|---|---|
| Час сходу Сонця | 8.21 | 8.20 | 7.57 | 7.33 | 7.15 |
| Час заходу Сонця | 16.38 | 16.26 | 15.57 | 15.37 | 15.30 |
| Тривалість світлового дня | 8.17 | 8.06 | 8.00 | 8.04 | 8.15 |
| Тривалість еф. використання світлового дня | 8.17 | 8.06 | 8.00 | 8.04 | 8.15 |
| Тривалість втраченої частини світлового дня | - | - | - | - | - |

З таблиці 2 видно, що при використанні відліку часу за ІІ-м часовим поясом (без переходу на літній час) тривалість втраченої частини світлового дня влітку в західній частині України складе майже три години, а у східній частині – майже 4 години. При цьому у східній частині Сонце буде сідати о пів на восьму і активна життєдіяльність людей від цього часу до десятої години вечора буде відбуватися у темряві.

Таблиця 3

Час сходу-заходу Сонця при використанні в Україні відліку часу за ІІІ-м часовим поясом (при переході на літній час без переходу на зимовий час)

| **22 червня** | Ужгород | Львів | Київ | Харків | Луганськ |
|---|---|---|---|---|---|
| Час сходу Сонця | 5.29 | 5.17 | 4.47 | 4.27 | 4.21 |
| Час заходу Сонця | 21.37 | 21.37 | 21.13 | 20.50 | 20.29 |
| Тривалість світлового дня | 16.08 | 16.20 | 16.26 | 16.33 | 16.08 |
| Тривалість еф. використання світлового дня | 14.23 | 14.37 | 14.13 | 14.00 | 13.29 |
| Тривалість втраченої частини світлового дня | 1.45 | 1.43 | 2.13 | 2.33 | 2.39 |

| **22 грудня** | Ужгород | Львів | Київ | Харків | Луганськ |
|---|---|---|---|---|---|
| Час сходу Сонця | 9.21 | 9.20 | 8.57 | 8.33 | 8.15 |
| Час заходу Сонця | 17.38 | 17.26 | 16.57 | 16.37 | 16.30 |
| Тривалість світлового дня | 8.17 | 8.06 | 8.00 | 8.04 | 8.15 |
| Тривалість еф. використання світлового дня | 8.17 | 8.06 | 8.00 | 8.04 | 8.15 |
| Тривалість втраченої частини світлового дня | - | - | - | - | - |

З таблиці 3 видно, що при використанні відліку часу за ІІІ-м часовим поясом (при переході на літній час без переходу на зимовий час) в західній частині України взимку Сонце буде сходити після 9 ранку і діти до школи будуть йти у темряві.

Дія літнього часу в Україні вводиться відповідно до рекомендацій Європейської економічної комісії ООН для гармонізації відліку часу на території всієї Європи і навколишніх до неї держав. З 1996 року за рекомендацією Європейської економічної комісії ООН період дії літнього часу було продовжено до останньої неділі жовтня. Це рішення обґрунтовано медико-біологічними і економічними дослідженнями, проведеними в різних країнах. Тому практика щорічного переходу на зимовий і літній час застосовується більше, ніж у ста країнах світу.

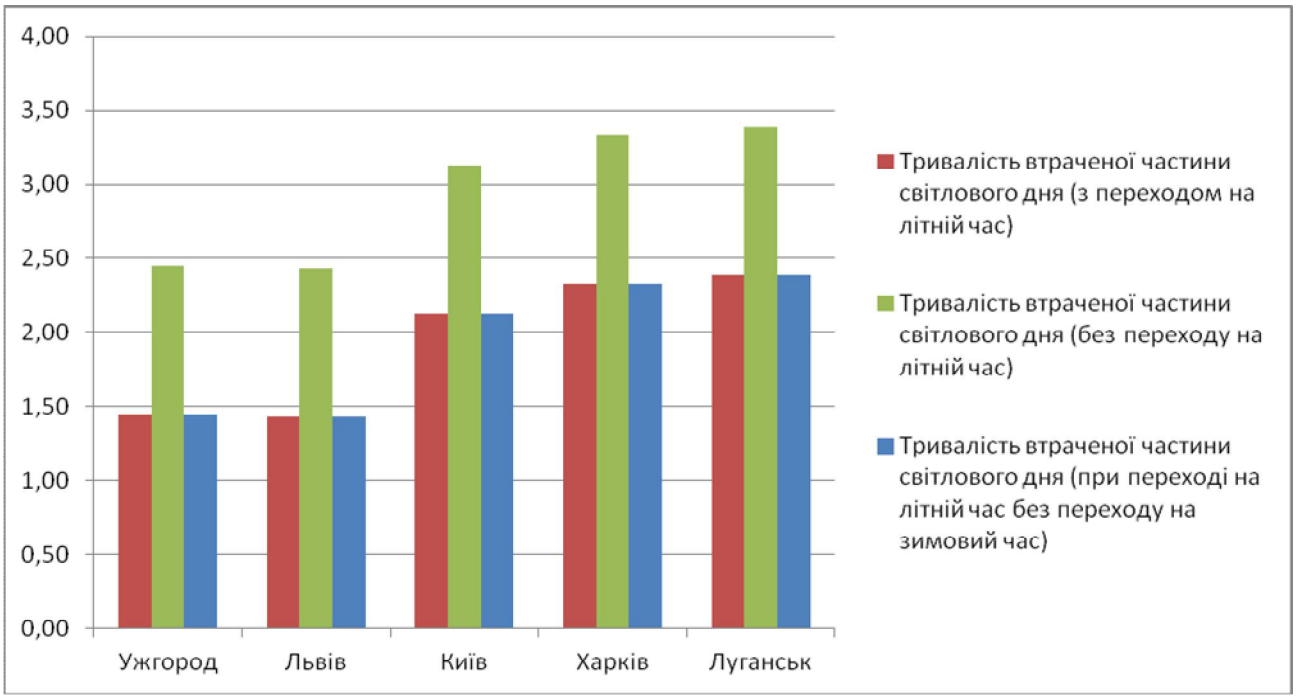



Рисунок 1 – Тривалість втраченої частини світлового дня в залежності від порядку обчислення часу

З рисунку 1 видно, що при різних варіантах порядку обчислення часу найбільші втрати світлового дня мають місце при використанні в Україні відліку часу за ІІ-м часовим поясом (без переходу на літній час).

Таким чином, для визначення порядку обчислення часу необхідні широкі громадські обговорення за участю усіх гілок влади, для кожної країни окремо. При цьому повинна враховуватися не тільки біологічна активність людини, але і такі фактори, як географічний розподіл кількості населення між східною та західною частиною країни, організація інфраструктури, транспортного забезпечення, виробництва, порядок обчислення часу у сусідніх країнах, обсяги міжнародного співробітництва тощо.

Обчислення часу на території України у відповідності до другого часового поясу із переходом на літній та зимовий час, а також застосування регіональних графіків дозволяють максимально ефективно використовувати тривалість світлового дня, підвищити безпеку людей, що добираються до місць роботи і навчання, знизити енергонавантаження і поліпшити екологічну ситуацію, забезпечити стійку роботу єдиної енергосистеми країни, узгодженість міжнародних авіа- і транспортних сполучень, вантажопотоків і міжнародних зв’язків, організацію телекомунікацій.

*1. Постанова Кабінету міністрів України «Про порядок обчислення часу на території України». – від 13.05.1996. – № 509. – 1 стор.*

*2. Величко О.М. Порядок обчислення часу в Україні, країнах Європи та Співдружності незалежних держав / О.М. Величко, Р.І. Гончарова, Ю.І. Сафронов // Український метрологічний журнал. – 1997. - № 4– С.12-14.*

*3. Національна академія наук України. Головна астрономічна обсерваторія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.mao.kiev.ua/index.php/ua/ (https://www.mao.kiev.ua/docs/artid080_calendar-2018_prt.pdf) – Дата доступу: 20.01.18 – Астрономічний календар 2018.*

УДК 658.563

**Ярмолюк О.В., Гоц Н.Є., д.т.н., проф.**

# КВАЛІМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ БАНКІВСЬКИХ ПОСЛУГ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ І АНКЕТУВАННЯ

**Ключові слова:** банківські послуги, показники якості, кваліметрія, показники вагомості

**Вступ:** Дослідивши відомі методи оцінювання послуг, визначивши напрямки покращення результатів оцінки, поставлено задачу розробити об'єктивний метод, для оцінювання якості банківських послуг.

Однією з важливих якостей людини є вміння порівнювати і оцінювати усі життєві ситуації. Ці вміння направлені в правильне русло допомагають нам зробити вибір який в подальшому зможе вберегти нас від рокових помилок.

Люди які розвивають свої якості в певному руслі стають експертами з оцінювання в цій галузі. Спеціалісти які займаються вирішенням питань оцінювання якості продукції або послуг є експертами кваліметрії. Кваліметрія – наука про способи вимірювання і кількісної оцінки якості продукції та послуг. Термін «кваліметрія» походить від латинського слова «qualitas» – якість та від грецького «metreo» – вимірювати.

Кваліметрія ставить перед собою такі основні практичні завдання:

· розробку методів визначення чисельних значень показників якості продукції, збір та обробку даних для їх обчислення та встановлення вимог до точності таких обчислень;

· розробку методів визначення оптимальних значень характеристик показників якості різних видів продукції;

· обґрунтування вибору та встановлення складу показників якості продукції під час прогнозування та планування поліпшення якості;

· розробку єдиних методів і принципів вимірювання та оцінки рівня якості продукції для забезпечення репрезентованості та можливості зіставлення результатів оцінки;

· розробку єдиних принципів та методів оцінки окремих показників якості продукції.

Для проведення кваліметричної оцінки різних об'єктів виникає необхідність розробки системи показників, які визначають їх якість. Оцінки якості значною мірою залежать від показників, які характеризують властивості продукції, послуг, сукупність яких і утворює модель якості об'єкта, що оцінюється. Ця залежність може призвести до можливого коливання якості об'єктів за різних наборів показників. У зв'язку з цим система показників, за якою оцінюється якість, мусить бути однозначно представлена, а також упорядкована.

**Формулювання мети дослідження.** Враховуючи потребу розроблення об'єктивних інструментів оцінювання якості банківських послуг, нами поставлено мету проаналізувати відомі методи та методики оцінювання. На основі досліджень і тенденцій розвитку банківських послуг і банків в цілому розробити методи для оцінювання якості послуг для всіх запропонованих суб'єктів використання даних послуг.

**Викладення основного матеріалу.** Розглянувши аспекти, на яких базується якість банківських послуг було сформульовано поняття якості банківських послуг - слід розуміти відповідність наданих банком послуг встановленим вимогам, які надають можливість задовольняти визначені або ймовірні потреби клієнтів за визначеними банківською спільнотою критеріями та правилами.

Проаналізувавши всі існуючі методи оцінювання банківських послуг, пропонуємо новий підхід до оцінювання якості в залежності від суб'єктів, які беруть участь в організації, реалізації, отриманні банківських послуг з формований в таблиці 1.

Таблиця 1

Головні суб'єкт які формують та оцінюють якість банківських послуг

| № | Суб'єкти | Мета |
|---|---|---|
| 1 | Клієнт | Зручність обслуговування, одержання послуги з бажаними характеристиками, із припустимими для себе ризиком і прийнятною якістю обслуговування |
| 2 | Акціонер | Фінансові прибутки і платоспроможність, стійкість до коливань ринку, зростання абсолютного обсягу темпів збільшення ринкової вартості (капіталізації) бізнесу |

| | | |
|---|---|---|
| 3 | Правління | Стабільність функціонування, довгострокова конкурентоспроможність і стабільність розвитку банку (якість продукції через ефективність прийняття управлінських рішень) |
| 4 | Органи держав-ного нагляду | Відсутність порушень законодавства, Дотримання інтересів суспільства та держави |

Всі ці групи суб'єктів мають свої важливі показники якості, за якими оцінюють рівень якості послуг. В світовій практиці існують найрізноманітніші методи оцінювання послуг. Методами контролю можуть виступати як досвід персоналу так і методи оцінювання і любі аналітичні моделі чи програмне забезпечення, використовувані для вимірювання і проведення досліджень. Всі вимірювання і дослідження, включаючи дослідження задоволеності споживача і анкетування. Але все-таки основним та єдиним методом одержання інформації від споживачів про якість одержаних послуг. Ми пропонуємо найпоширеніший метод для розв'язання задачі застосувати при оцінюванні якості банківських послуг.

Вході досліджень було розроблено дієвий метод «Комплексної оцінки» для оцінювання якості банківських послуг, однієї з груп суб'єктів а саме для клієнтів.

Комплексна оцінка – комплексний показник, розрахований в балах ( 100-бальна шкала). Розраховується, як зважене значення показників оцінки якості обслуговування :

- **Таємний покупець -** max. 45 балів (45 % від оцінки по програмі таємний покупець, який виступає в ролі експерта);
- **Анкетування клієнтів -** max. 45 балів (45 % від оцінки по програмі анкетування клієнтів для якої попередньо було розроблено анкету);
- **Подяка-Скарга -** max.+/- 10 балів (10 % від оцінки по програмі подяка-скарга які поступають на відділення які безпосередньо надають послуги.)

Таємний покупець – оцінка якості обслуговування надана Таємним покупцем, застосовується для неупередженого визначення якості обслуговування Клієнтів.

Анкетування клієнтів – оцінка якості обслуговування надана Клієнтом підчас заповнення анкети.

Подяка-Скарга – оцінка якості обслуговування розрахована на основі кількості обгрунтованих звернень Клієнтів (Скарги/Подяки).Оцінка розраховується за квартал за формулою (1).

$$\textit{Подяка-Скарга} = \textit{Оцінка Подяка} + \textit{Оцінка Скарга} \qquad (1)$$

Таблиця 2

| **Подяка** | **Показник** | **Скарга** | **Показник** |
|---|---|---|---|
| Відсутність подяк | +50 балів | Відсутність скарг | 0 балів |
| Одна подяка | +85 балів | Одна скарга | -85 балів |
| Дві подяки | +95 балів | Дві скарги | -95 балів |
| Більше 3 подяк | +100 балів | Більше 3 скарг | -100 балів |

***Скарга*** – письмове або онлайн зареєстроване в Банку звернення Клієнта на спеціаліста(тів) структурного підрозділу Банку на незадовільний рівень якості обслуговування.

***Подяка*** – письмове або онлайн зареєстроване в Банку звернення Клієнта на спеціаліста(тів) структурного підрозділу Банку про відзначення високого рівня якості обслуговування.

Оцінювання якості обслуговування проводиться працівниками на постійній основі. Період оцінки – квартал/рік. Етапи оцінки:

- Місячна(проміжна) - результати поточного місяця;
- Квартальна - за поточний квартал;
- Річна - за поточний рік.

Місячна(проміжна) оцінка застосовується для оперативного виявлення та реагування на помилки працівників та факти неякісного обслуговування Клієнтів. Оцінка якості обслуговування (Quality) Клієнтів розраховується на базі наступних показників якості обслуговування:

- Оцінка якості обслуговування Таємний покупець;

- Оцінка якості обслуговування Анкетування клієнтів;
- Подяка-Скарга - Наявність скарг/подяк на відділення/працівника.

Якість обслуговування розраховується, як комплексний показник в балах за 100-бальною шкалою. Оцінка розраховується, як сумування показників якості обслуговування зважених на ваговий коефіцієнт (Q) за формолою 2.

**Quality =** ***(Таємний покупець *Q)+( Анкетування клієнтів *Q)+( Подяка-Скарга *Q)*** ***(2)***

В таблиці яка наведена нижче Таблиця 3 показано який понижуючий коефіцієнт має кожен показників.

Таблиця 3

| ***Показник якості обслуговування*** | ***Понижуючий коефіцієнт Q*** |
|---|---|
| **Таємний покупець** | ***0.45*** |
| **Анкетування клієнтів** | ***0.45*** |
| **Скарга/Подяка** | ***0.10*** |

По результатах проведеної оцінки формується звіт по якості наданих послуг обслуговування за звітній період (місяць/квартал/рік).

В кінці статті є представлений зразок анкети Рис.1 розробленої для клієнтів які будуть оцінювати якість наданих банківських послуг, суть якої полягає в виставлені кожному з зазначених питань оцінки від 1 до 5, де 5 це дуже добре а 1 дуже погано. Запропонований метод є ефективним для постійного застосування в відділеннях банку, але недоліком є те що цим методом можна оцінити тільки показники якості які цікавлять клієнтів, для інших груп суб'єктів оцінювання банківських послуг потрібно впроваджувати інші методи.

**Висновок:** Отже,запропонований метод оцінювання якості послуг, який реалізується на основі анкетування і експертної оцінки, тобто законів кваліметрії дає можливість оцінити рівень якості наданих послуг та прийняти рішення за результатами оцінювання.

Тільки на основі даних системного вивчення інформації про результати оцінювання якості послуг наданих організацією, отриманої за результатами моніторингу, вимірювань та аналізу узагальненого, групових та окремих показників якості, вище керівництво може приймати рішення про подальші методи вдосконалення послуг в залежності від поставлених цілей.

Результати оцінювання якості послуг повинні використовуватися для планування необхідного вдосконалення, іновацій та додаткового навчання персоналу, а також застосування для оцінювання раніше виконаних заходів по поліпшенню. Оцінювання якості послуг і заходи щодо поліпшення повинні проводитися періодично на плановій основі, для того щоб мати змогу виявити тенденції поліпшення або погіршення наданих послуг.

*1. В.Р.Куць, П.Г. Столярчук, В.М. Друзюк «Кваліметрія» /видавництво «Львівська політехніки», м.Львів 2012р.-255с.*

*2. ДСТУ ISO 9004-2-96 Управління якістю та елементи системи якості. Дата введення 01.07.1997р.*

*3. Латыпова Л.В. Современные методы оценки системы менеджмента качества / Л.В. Латыпова // Экономика и предпринимательство. – 2015.-№6 (ч.3). – 845с.*

*4. ГОСТ Р 52113-2014 Услуги населению. Номенклатура показателей качества услуг. Дата введення 2016-01-01. .[Електронний ресурс] - Режим доступу: http://docs.cntd.ru/document/1200114171.*

*5. Латыпова Л.В. Оценка качества консультационных услуг // Экономика и предпринимательство. / Л.В. Латыпова // – 2014.-№4 (ч.1) . – 699с.*

*6. Пономарева, Т.А.Качество услуг: качественные параметры оценки / Т.А. Пономарева, М.С. Супрягина // Маркетинг в России и за рубежом.- 2011. – 130с.*

*7. Тамоян П.Г. Методы оценки эффективности управления качеством инновационного проекта: дис. канд. экон. наук : 08.00.05/ П.Г. Тамоян ; С.-М., 2011. - 189 с*

УДК 006.91

**Паракуда В.В., к.т.н., доцент, Шпак О. В.**

# ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ТА ПРОСТЕЖУВАНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В УКРАЇНІ ОДИНИЦІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТИСКУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ В УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ

**Актуальність** – на сьогоднішній день ультразвукові вимірювання поширені у різних галузях економіки України та застосовуються у неруйнівному контролі, дефектоскопії, геології, біології, обробці матеріалів та медицині. В медицині ультразвук використовують в діагностиці, терапії та хірургії. Особливу увагу під час використання ультразвуку в медицині приділяють безпеці медичного персоналу та пацієнтів. Безпечність ультразвуку визначають за допомогою вимірювання таких параметрів як ультразвуковий тиск, інтенсивність [1, 2] та потужність ультразвуку [3]. Неодмінною умовою ефективного використання ультразвуку є достатня точність вимірювання його характеристик та простежуваність результатів вимірювань до еталонів одиниць системи SI. Для вимірювання та дослідження інтенсивності ультразвуку, ультразвукового тиску на сьогоднішній день використовують такі засоби вимірювання як гідрофони [4] (голкові, мембранні), калібрування чи повірка яких в Україні не проводиться.

**Мета роботи** – це розроблення еталону одиниці ультразвукового тиску для забезпечення єдності та простежуваності вимірювань ультразвукового тиску у водному середовищі у державі.

**Задача** – проведення аналізу існуючих методів відтворення, зберігання та передавання одиниці ультразвукового тиску у водному середовищі у світі, розробка і дослідження еталону одиниці ультразвукового тиску у водному середовищі та впровадження його в метрологічну систему України.

Для вирішення поставленої задачі було проаналізовано існуючі методи зберігання та передавання одиниці ультразвукового тиску у водному середовищі [5] серед яких:

- Метод взаємності та його модифікації;
- Метод, що ґрунтується на нелінійному поширенні плоских хвиль;
- Метод оптичної інтерферометрії;
- Метод спектрометрій часових затримок;
- Градуювання мікрофонів методом планарного сканування.

Після аналізу відомих методів було прийнято рішення застосувати для побудови еталону ультразвукового тиску одну з модифікацій методу взаємності - метод взаємності з використанням двох перетворювачів у вільному полі.

Суть методу взаємності з двома перетворювачами полягає в тому, що гідрофон калібрують у відомому акустичному полі допоміжного плоского взаємного перетворювача, попередньо відкаліброваного методом самовзаємності.

Калібрування гідрофона методом взаємності з двома перетворювачами відбувається в два етапи.

- на першому етапі методом самовзаємності визначають передавальну характеристику допоміжного перетворювача «за струмом». Для цього, сигнал, випромінений допоміжним перетворювачем, відбивають за допомогою рефлектора, встановленого перпендикулярно до осі випромінювання, назад на допоміжний перетворювач, який переключають у режим приймання відбитого сигналу.
- на другому етапі вимірювань гідрофон калібрують, розміщуючи його у відоме акустичне поле допоміжного перетворювача.

Переваги методу:

- є абсолютним або первинним та є стандартизованим;
- акустичні параметри визначаються вимірюванням лише електричних величин;
- технічно доступніший і дешевший у реалізації порівняно, наприклад, з інтерферометричним методом;
- метод знайшов застосування в національних еталонах ряду розвинутих країн, які пройшли ключові міжнародні звірення під егідою Міжнародного Бюро Мір і Ваги (BIPM ).

Відповідно до обраного методу розроблено еталон ультразвукового тиску у водному середовищі, який складається з блоку генерування та комутації сигналів, блоку вимірювання сигналів, системи позиціонування ультразвукових перетворювачів та гідрофонів, комплекту

ультразвукових перетворювачів, комплекту голкових гідрофонів та має наступні метрологічні характеристики:

- Діапазон ультразвуковго тиску від 10 кПа до 100 кПа;
- Частотний діапазон від 0,5 МГц до 10 МГц;
- Розширена невизначеність відтворення та зберігання одиниці ультразвуковго тиску U = 18% (при коефіцієнті охоплення k = 2 за довірчої ймовірності P = 0,95)

**Висновки:** Створений еталон ультразвукового тиску у водному середовищі є основою метрологічного забезпечення вимірювання ультразвукового тиску та інтенсивності у водному середовищі в Україні, та дозволяє проводити калібрування гідрофонів з найвищою точністю у державі.

*1. ДСТУ EN 60601-2-37:2015 Вироби медичні електричні. Частина 2-37. Додаткові вимоги щодо безпеки та основних робочих характеристик ультразвукового медичного обладнання для діагностики та контролю (EN 60601-2-37:2008; A11:2011, IDT);*

*2. ДСТУ EN 60601-2-5:2015 Вироби медичні електричні. Частина 2-37. Додаткові вимоги щодо безпеки та основних робочих характеристик ультразвукового медичного обладнання для діагностики та контролю (EN 60601-2-37:2008; A11:2011, IDT);*

*3. ДСТУ EN 61161:2017 Ультразвук. Вимірювання потужності. Метод балансу радіаційних сил;*

*4. ДСТУIEC 62127-3:2009 Ультразвук. Гідрофони. Частина 3. Властивості гідрофонів для ультразвукових полів частотою до 40 МГц включно (IEC 62127-3:2007, IDT);*

*5. ДСТУIEC 62127-2:2009 Ультразвук. Гідрофони. Частина 2. Калібрування для ультразвукових полів частотою до 40 МГц включно (IEC 62127-2:2007, IDT).*

УДК 536.521.2

**Нижник Б. В., студент, Гоц Н.Є., д.т.н. професор**

# СТВОРЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ КОЕФІЦІЄНТА ВИПРОМІНЕННЯ ВІД ПОВЕРХНІ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

**Ключові слова:** коефіцієнт випромінення (КВ), інфрачервоне випромінення (ІЧ)

Особливістю безконтактного вимірювання температури за інфрачервоним випроміненням (ІЧ) є те, що результати вимірювання температури за випроміненням залежать від значення коефіцієнта випромінення (КВ) поверхні об'єкта дослідження (ОД). Необхідність врахування цієї обставини визначає потребу характеризувати поверхню кожного тіла коефіцієнтом випромінення □(λ,T), який для реальних об'єктів знаходиться в межах від 0 до 1. Значення коефіцієнта випромінення □(λ,T) різних матеріалів може бути визначене за допомогою довідкових таблиць. Але ця інформація здебільше не відповідає реальному значенню коефіцієнта випромінення поверхні, оскільки відсутня інформація про значення температури та довжин хвиль, при яких він був визначений □(λ,T), а також про відповідні властивості поверхні об'єкта дослідження. Це спричинює методичну похибку вимірювання температури T, яка може становити десятки градусів.

Тому для промислових вимірювань температури за інфрачервоним випроміненням необхідне врахування того коефіцієнта випромінення який відповідає ОД. Адже при вимірюванні великих температур похибка може сягати десятків градусів. В деяких галузях промисловості, точність вимірювання температури може впливати на технологічний процес, а також на виготовлений продукт.

Через те, метою нашої роботи є вивчення випромінювальних властивостей реальних поверхонь, для підвищення точності вимірювань безконтактними методами.

Задачею нашої роботи є створення лабораторного стенду, дослідження та аналіз характеру КВ при різних температурах. Визначити до яких похибок може привести врахування неправильного КВ.

Для написання і проведення цієї науково-практичної роботи було прочитано багато наукових видань, як українських, так і закордонних. В достовірності інформації я переконаний тому, що видання були офіційними.

Коефіцієнт випромінювання - це ступінь здатності матеріалу випромінювати інфрачервоне випромінювання. КВ змінюється в залежності від матеріалу, властивостей поверхні і для деяких матеріалів - залежить від температури вимірюваного об'єкта. Максимальне значення коефіцієнта випромінювання = 1 (100%), в реальних умовах КВ завжди менше 1.

Інфрачервоне випромінювання (ІЧ) – це електромагнітне випромінювання, що знаходиться в діапазоні довжини хвиль електромагнітного випромінення від 0.78 мкм до 100 мкм. Тіло, яке здатне поглинати повністю при будь-якій температурі всю енергію електромагнітних хвиль, які падають на нього, незалежно від їх частоти, називається абсолютно чорним. Отже, поглинальна здатність абсолютно чорного тіла дорівнює одиниці для всіх частот і температур.

Випромінювальна здатність, або коефіцієнт випромінення абсолютно чорного тіла, дорівнює одиниці, він залежить тільки від довжини хвилі випромінення, матеріалу, форми поверхні і абсолютної температури тіла $T$ . Мірою кількості енергії випромінення даної поверхні, порівняно з енергією випромінення АЧТ, що знаходиться при тій самій температурі, є випромінювальна здатність поверхні об'єкта, яка характеризується коефіцієнтом випромінення □(λ,T). Коефіцієнт випромінення дорівнює відношенню інтенсивності випромінення L(λ,T) одиниці поверхні тіла з температурою T до інтенсивності випромінення $L_{bb}(\lambda, T)$ одиниці поверхні АЧТ, нагрітого до такої ж температури T:

$$\square(\lambda,T) = \frac{L(\lambda,T)}{L_{bb}(\lambda,T)} \quad (1)$$

Ми зробили дослід з вимірюванням температури за випроміненням двох металів не однакової поверхні. Визначили коефіцієнт випромінення металів за різної температури. Виявилось, що КВ є не однаковий при різних температурах, а також і різних поверхонь. Не врахування цієї обставини призводить до великих похибок вимірювання температури за випроміненням. На рисунку 1 показано залежність коефіцієнта випромінення поверхонь від температури.

Для вимірювання температури за випроміненням великогабаритних об'єктів необхідно визначити, який вид коефіцієнта випромінення найповніше характеризує випромінювальні властивості поверхні. Класифікація видів КВ наведена в таблиці 1.

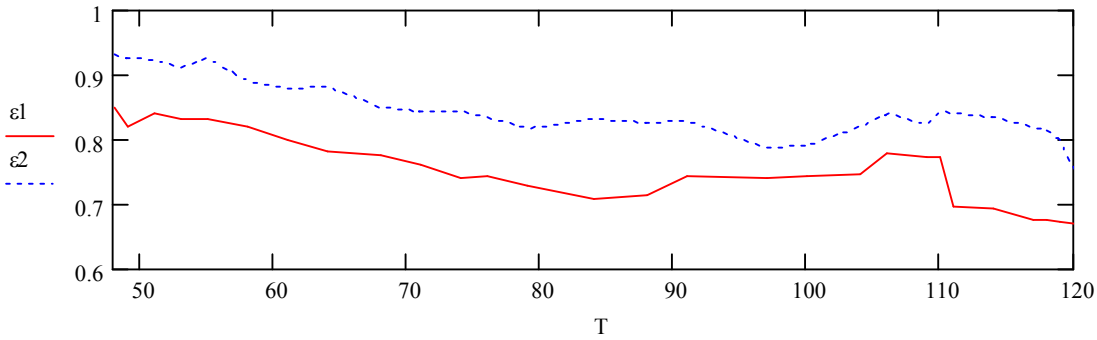



Рисунок 1 – Дослідні дані температурної залежності коефіцієнта випромінення поверхні ОД не гладкої поверхні (ε1) та окисленої гладкої поверхні металу (ε2) ОД.

Таблиця 1

Класифікація видів КВ

| Класифікаційна ознака | Види КВ |
|---|---|
| За робочим спектральним діапазоном | Спектральний (для довжини хвилі λ) |
| | Сумарний (для спектрального інтервалу $\lambda_1 - \lambda_2$) |
| | Інтегральний |
| За напрямком випромінення | Нормальний $\varepsilon_{\perp}(\lambda,T)$ |
| | Направлений □(λ,T,φ) |
| | Просторовий КВ □(λ,T, ω) |
| | Півсферичний $\varepsilon_{\pi\pi}(\lambda, T)$ |
| По відношенню до ОД та сторонніх об’єктів | Власний КВ об’єкта випромінення |
| | Ефективний КВ об’єкта випромінення в присутності стороннього джерела випромінення |
| За розмірами об’єкта візування відносно загальних розмірів ОД | Точковий КВ |
| | КВ усього тіла |
| За формою і матеріалом поверхні об’єкта | КВ речовини об’єкта |
| | Усереднений КВ по площі |

Ми розробили лабораторний стенд, схема якого показано на рисунку 2, з якого можемо визначити температуру за випроміненням різних поверхонь металів, дослідити залежність коефіцієнта випромінення від температури й поверхні, а також дає змогу порівняти температуру за випроміненням, з виміряною температурою контактним термометром, дослідити залежність коефіцієнта випромінення від температури.

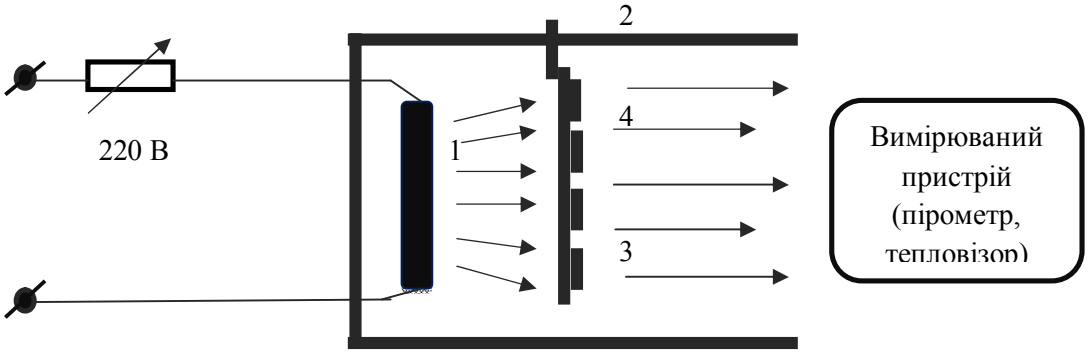



Рисунок 2 – Схема лабораторного стенду:
1 – нагрівач, 2 – контактний термометр, 3 – метали з різною поверхнею, 4 – ІЧ випромінення

Отож, з цієї роботи можна зробити висновок, що коефіцієнт випромінення характеризує не конкретну речовину або матеріал, а характеризує стан та властивості лише поверхні тіла в даних умовах при вимірюванні певними засобами вимірювання. Таким чином інформацію про значення коефіцієнта випромінення доцільно отримувати шляхом експериментального визначення перед процесом вимірювання температури за випроміненням об’єкта в робочих умовах з наступним введенням поправок при опрацюванні вихідного сигналу пірометричного перетворювача.

УДК 534.6.08

**Костеров О.О.**

# ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНУ ОДИНИЦІ ЗВУКОВОГО ТИСКУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КАЛІБРУВАННЯ МІКРОФОНІВ У ВІЛЬНОМУ ПОЛІ

**Ключові слова**: первинний еталон, чутливість мікрофона у вільному полі, непевність вимірювань, заглушена акустична камера

Єдність та простежуваність акустичних вимірювань в Україні забезпечує Державний первинний еталон одиниці звукового тиску у повітряному середовищі ДЕТУ 10-01-11, який визнано еквівалентним до аналогічних еталонів інших держав при калібруванні еталонних мікрофонів за тиском, що підтверджено результатами міжнародних ключових звірень та CMC- рядками в базі даних KCDB Міжнародного бюро мір та ваг – BIPM [1]. Однак, переважна більшість робочих еталонів в Україні в галузі акустичних вимірювань, які використовують регіональні центри стандартизації, метрології та сертифікації, становлять робочі мікрофони виробництва фірми RFT, які являють собою мікрофони вільного поля. Існуючі методи калібрування таких мікрофонів на первинному державному еталоні ДЕТУ 10-01-11 не забезпечують достатнього рівня точності з огляду на те, що ці мікрофони суттєво відрізняються за своїми конструктивними характеристиками від мікрофонів виробництва фірми Bruel&Kjaer, які за звичай використовують у міжнародній практиці. Тому існує нагальна потреба підвищення точності калібрування власне мікрофонів виробництва фірми RFT у вільному полі на первинному державному еталоні ДЕТУ 10-01-11.

Для підвищення точності вимірювань при калібруванні мікрофонів у вільному полі на еталоні ДЕТУ 10-01-11 слід визначити ті складові (вхідні величини) непевності, які вносять найбільший внесок у сумарну стандартну непевність вихідної величини – чутливість мікрофона.

На рисунку 1 показано частотну залежність внесків непевностей вхідних величин ($\zeta_к$) у сумарну стандартну непевність вимірювання чутливості однодюймових мікрофонів.

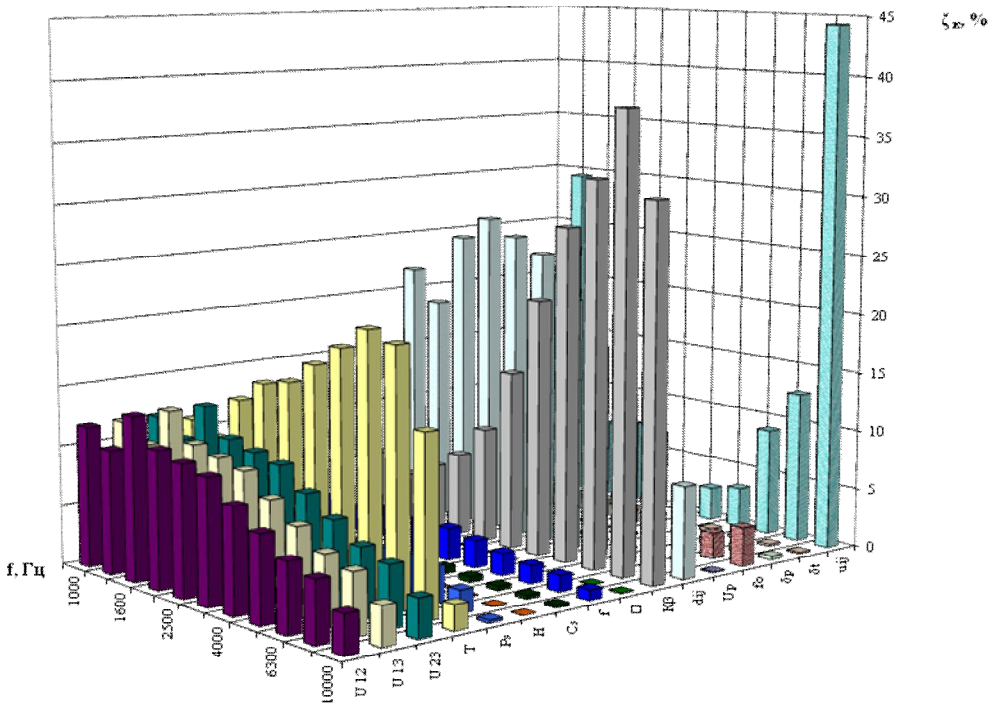



Рисунок 1 – Частотна залежність внесків непевностей вхідних величин ($\zeta_к$) в сумарну стандартну непевність вимірювання чутливості однодюймових мікрофонів

Як видно із рисунку, основний внесок в сумарну стандартну непевність при вимірюванні чутливості однодюймових мікрофонів (для півдюймових мікрофонів спостерігається аналогічна картина) вносять непевності оцінки коефіцієнта спрямованості мікрофона $K_\beta$, відстані між мікрофонами $d_{ij}$ та вимірювання відношення напруг $U_{ij}$. Крім того, суттєвий внесок у непевність вимірювань робить і відхилення від лінійного закону розповсюдження звукових хвиль у камері, яке виникає внаслідок відбиттів звуку від стінок камери.

Отже, основними напрямками вдосконалення Держаного первинного еталона одиниці звукового тиску у повітряному середовищі з метою підвищення точності калібрування робочих мікрофонів у вільному полі є:

- зменшення непевності встановлення співвісності між мікрофоном-передавачем та мікрофоном-передавачем,
- зменшення непевності, яка виникає внаслідок нахилу центральних осей мікрофонів між собою,
- зменшення непевності встановлення відстані між мікрофонами, а також визначення положення акустичних центрів мікрофонів,
- зменшення непевності, яка виникає внаслідок відхилення від закону лінійного розповсюдження звукових хвиль в акустичній камері.

В ДП НДІ «Система» закінчуються роботи зі створення нової заглушеної акустичної камери для визначення чутливості мікрофонів у вільному полі первинним методом взаємності. Створення такої камери повинно в тій чи іншій мірі вирішити поставленні завдання.

*1. https://kcdb.bipm.org*

*2. IEC 61094-3:2016 Electroacoustics – Measurement microphones – Part 3: Primary method for free-field calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique.*

УДК 006.91

**Кізлівський І.Г., Шпак О.В., Копча М.І., Демчук Т.В.**

# ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОСТЕЖУВАНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ

**Ключові слова:** вимірювання, еталон, потужність ультразвуку, простежуваність вимірювань

Останнім часом ультразвук набуває широко практичного застосування у багатьох галузях як економіки так і соціальної сфери, але особливо велике значення має застосування ультразвуку в медицині.

Відомо, що неточність контролю параметрів ультразвуку, призводить до того, що при занижених ультразвукових параметрах випромінювання різко падає достовірність результатів вимірювання та не досягається необхідний ефект на ультразвуковій терапевтичній апаратурі а при завищених параметрах з'являється небезпека для пацієнта і піддається ризику обслуговуючий персонал [1].

У світі існує великий парк терапевтичної, діагностичної та хірургічної ультразвукової апаратури, однією з визначальних вихідних характеристик якої є потужність ультразвукового випромінювання. В цілому ультразвукову медичну апаратуру можна класифікувати за способами клінічного застосування разом із описом різних типів вихідних ультразвукових полів які вони генерують. Акустичний вихід для різних типів обладнання характеризується наступними акустичними параметрами: ультразвукова потужність, ультразвуковий тиск, інтенсивність ультразвукового випромінювання, частота випромінювання [2]. У таблиці 1 приведені основні групи медичного ультразвукового обладнання за характеристиками ультразвукового виходу та генерації ультразвукових полів.

Таблиця 1

Характеристика медичних ультразвукових полів

| | Діагностика | Терапія | Хірургія |
|---|---|---|---|
| Тиск, МПа | 1-8 | 0,1-0,7 | 10-100 |
| Інтенсивність, мВт/см$^2$ | 1-5000 | 20-10000 | 10-100 |
| Потужність, мВт | 1-250 | 100-15000 | 1-50 |
| Частота, МГц | 0,2-10 | 0,75-3,0 | 0,2-0,9 |

Як видно з таблиці високу потужність випромінювання мають здебільшого ультразвукові терапевтичні апарати. Потужність ультразвукового випромінювання є інформативним параметром, який повинен обов'язково контролюватися, оскільки визначає безпеку використання ультразвукової апаратури, зокрема міжнародні стандарти EN 60601-2-5 [3], EN 60601-2-37 [4] та EN 61157 [5] встановлюють вимоги щодо акустичної ультразвукової потужності фізіотерапевтичної та діагностичної апаратури. Стандарт IEC 61689 [6] встановлює, що допустима похибка вимірювання для ультразвукової фізіотерапевтичної апаратури не повинна перевищувати ± 20 %, що є досить високою точністю для цього виду вимірювання.

Вважається, ультразвукове обладнання є надійне, але система періодичного контролю основних вихідних параметрів дозволяє виявити поступове погіршення якості і зниження точності вимірювань перш, ніж це зможе вплинути на якість та результат діагностування чи то лікування. Вітчизняні і зарубіжні виробники ультразвукового медичного обладнання у технічній документації чітко вказують на необхідність періодичного контролю метрологічних характеристик апаратів [7].

В Україні для перевірки випромінюваної ультразвукової потужності застосовується кілька типів вимірювачів потужності ультразвуку, зокрема UPM-DT-10 (виробництва США), «ИМУ-Квант» (вітчизняного виробництва), що створений за типом американського аналога, та вимірювачі потужності типу «ИМУТАП», «ИМА-2» та «ИМУ-3» (виробництва Російської Федерації). Ці робочі засоби вимірювання використовують в діапазоні потужностей від 0,1 Вт до 10 Вт, та діапазоні частот від 0,5 МГц до 15 МГц. Границі допустимої відносної похибки зазвичай лежать в межах 10 % до 20 % (залежно від частоти і рівня вимірюваної потужності).

Аналіз системи метрологічного забезпечення вимірювання потужності ультразвуку в мегагерцовому («медичному») діапазоні частот показав [8], що в Україні єдність вимірювання та простежуваність на національному рівні забезпечується вторинним еталоном одиниці потужності

ультразвуку у водному середовищі ВЕТУ 10-169-01-11 відповідно до локальної повірочної схеми ЛПУ 10-01-11 у діапазоні потужності від 5 мВт до 1 Вт. Це не повністю задовольняло вимоги сьогодення, а результати вимірювання потужності за такої системи метрологічного забезпечення не простежуються з належною точністю до еталонів міжнародної системи одиниць SI, оскільки вторинний еталон не може брати безпосередню участь у ключових міжнародних звіреннях. Одночасно калібрування вторинного еталона на первинному закордонному еталоні його невизначеність повністю входить у невизначеність вторинного і він значно втрачає в точності вимірювання.

Тому завданням яке стояло перед фахівцями ДП НДІ „Система" було розроблення, та створення державного первинного еталона одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі і удосконалення системи метрологічного забезпечення вимірювання потужності ультразвуку у водному середовищі, яка забезпечить простежуваність результатів вимірювання до системи одиниць SI.

У минулому році в лабораторії ультразвукових та гідроакустичних досліджень був створений первинний еталон в основу якого покладений абсолютний метод відтворення одиниці потужності ультразвуку за принципом балансу (врівноваження) радіаційної сили, що виникає під час взаємодії ультразвукового променю з перешкодою (мішенню), відповідно до міжнародного стандарту IEC 61161 [9].

Державний первинний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі призначений для відтворення, зберігання та передавання одиниці потужності ультразвуку в мегагерцевому діапазоні частот робочим еталонам та засобам вимірювальної техніки, які застосовуються у різних галузях економіки України. Еталон являє собою комплекс основних і допоміжних засобів вимірювання і обладнання, які згруповані в окремих блоках: блок генерування електричних сигналів; блок вимірювання сигналів; ультразвуковий блок та блок опрацювання даних. За своїми технічними характеристиками державний первинний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі відтворює одиницю в діапазоні робочих частот від 0,5 МГц до 15 МГц, в діапазон потужностей від 5 мВт до 10 Вт з розширеною невизначеністю (за коефіцієнта розширення k = 2) від 3 до 12 % (в залежності від частоти та потужності).

В таблиці 2 приведена порівняльна характеристика державного первинного еталона одиниці потужності ультразвуку України з національними еталонами зарубіжних країн таких як Італія, Китай, Німеччина, Росія та інші. Як видно з таблиці 2 еталони провідних країн працюють в діапазоні потужностей від 0,002 Вт до 20 Вт на частотах від 0,5 МГц до 20 МГц, з розширеною невизначеністю (при k = 2) 3 – 12 %.

Таблиця 2

Порівняння основних характеристик державного еталона України із аналогічними еталонами провідних країн світу

| № з/п | Країна | Національний метрологічний інститут | Діапазон потужності, Вт | Розширена невизначеність, U (k=2) % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Італія | INRIM | 0,01-15 | 3-8 |
| 2 | Китай | NIM | 0,003-20 | 5 |
| 3 | Мексика | CENAM | 0,01-1 | 11 |
| 4 | Німеччина | PTB | 0,002-20 | 3-12 |
| 5 | Росія | ВНІІФТРІ | 0,002-12 | 5-6 |
| 6 | Україна | ДП НДІ «Система» | 0,005-10 | 3-12 |

Створений державний первинний еталон відтворює та передає одиницю потужності ультразвуку в діапазоні потужностей від 5 мВт до 10 Вт, що в більшості відповідає світовим аналогам.

Для реалізації простежуваності результатів вимірювання до еталонів системи одиниць SI (Вт), – до опорного значення ключового звірення національних еталонів одиниці потужності ультразвуку, яке проводять під егідою Міжнародного Бюро Мір і Ваги (BIPM) [10]. Для передачі одиниці потужності від первинного еталона до робочих засобів запропоновано залишити модифікований вторинний еталон у складі двох комплектів високочастотних перетворювачів:

- комплект високочастотних еталонних ультразвукових перетворювачів з монокристалічними чутливими елементами, які забезпечують передавання розміру одиниці потужності ультразвуку у

водному середовищі в діапазоні потужностей від 0,01 Вт до 10 Вт і в діапазоні частот від 2 МГц до 15 МГц;

- комплект низькочастотних еталонних ультразвукових перетворювачів з п'єзокерамічними чутливими елементами, які забезпечують передавання розміру одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі в діапазоні потужностей від 0,02 Вт до 6,0 Вт, у діапазоні частот від 0,5 МГц до 6,5 МГц.

Вторинний еталон використовують для передавання розміру одиниці потужності ультразвуку методом прямого вимірювання з розширеною невизначеністю (за коефіцієнта розширення k = 2), що не перевищує 15 % (в залежності від частоти та потужності).

Враховуючи те, що метрологічна простежуваність результату вимірювання є одним з фундаментальних понять метрології, а відповідно до [11] метрологічна простежуваність – це властивість результату вимірювання, відповідно до якої він може бути зв'язаний з основою для порівняння (тобто з дійсним значенням вимірюваної величини, відтворюваної еталоном SI) через документований безперервний ланцюг калібрувань, кожне з яких робить свій внесок у невизначеність вимірювання, нами була розроблена та запропонована наступна схема простежуваності результатів вимірювання вигляд якої переставлено на рисунку 1.

Рисунок 1 – Схема метрологічної простежуваності результату вимірювання потужності випромінюваного ультразвуку

На рисунку 1 також представлені розширені невизначеності кожного етапу ланцюга метрологічної простежуваності результату вимірювання потужності випромінюваного ультразвуку для того, щоб досягнути невизначеність вимірювання, яка б не перевищувала максимально допустиму похибку 20 %.

Таким чином, результатом роботи є створення держаного первинного еталона одиниці потужності ультразвуку, який безпосередню може брати участь у ключових звіреннях BIPM, що дасть можливість в подальшому заявити CMC-рядки з даного виду вимірювання; можливість уникнути проведення калібрувань вторинного еталона на закордонних еталонах; та спросчення

реалізації ланок простежуваності результатів вимірювання потужності ультразвуку в Україні до міжнародних еталонів основних одиниць SI.

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

*2. Roy C. Output measurements for medical ultrasound. Division of Radiation Science and Acoustics, National Physical Laboratory, Teddington, Middlesex TW11 OLW, UK, (Результати вимірювання медичного ультразвуку).*

*3. EN 60601-2-5 Medical electrical equipment – Part 2-5: Particular requirements for the safety of ultrasonic physiotherapy equipment (Вироби медичні електричні. Частина 2-5. Додаткові вимоги щодо безпеки апаратів для ультразвукової фізіотерапії).*

*4. EN 60601-2-37 Medical electrical equipment - Part 2-37: Particular requirements for the basic safety and essential performance of ultrasonic medical diagnostic and monitoring equipment. (Вироби медичні електричні. Частина 2-37. Додаткові вимоги щодо безпеки та основних робочих характеристик ультразвукового медичного обладнання для діагностики та контролю).*

*5. EN 61157 Requirements for the declaration of the acoustic output of medical diagnostic ultrasonic equipment. (Апаратура медична ультразвукова діагностична. Вимоги до інформації про акустичні потужності).*

*6. IEC 61689 Ultrasonics – Physiotherapy systems – Field specifications and methods of measurement in the frequency range 0,5 MHz to 5 MHz. (Ультразвук. Фізіотерапевтичне обладнання. Вимоги до робочих характеристик і методи вимірювань в діапазоні частот 0,5-5 МГц).*

*7. Sound Care Plus Pain Relief Device Operating instructions Medical device for pain treatment based on ultrasound. Звуковий Care Plus Pain Relief Device. Інструкція з експлуатації. Медичний пристрій для лікування болю на основі ультразвуку).*

*8. Науково-технічний звіт про виконання НДР "Аналіз стану метрологічного забезпечення та вибір методів відтворення одиниці звукового тиску у водному середовищі в діапазоні частот від 1 до 15 МГц", шифр 06.01.00.05: - ДП „НДІ" Система", Львів.– 2005. – 69 с.*

*9. IEC 61161 Ultrasonics – Power measurement – Radiation force balances and performance requirements. (Ультразвук. Вимірювання потужності. Метод балансу радіаційних сил).*

*10 Christian Koch and Klaus-Vitold Jenderka.(2014) Final report on key comparison CCAUV.U-K3 for ultrasonic power // Metrologia, 51 Tech. Suppl. 09001 – 75 с.*

*11. International vocabulary of metrology and general concepts and associated terms (Международный словарь по метрологии и общие понятия и соответствующие термины). Пер.с англ.и фр., - СП НПО «Профессионал» (, - CP NPO "Professional"), – 2010. – 84 с.*

УДК 006.91

**Демчук Т.В., Кізлівський І.Г., Копча М.І., Шпак О.В.**

# СТВОРЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА ОДИНИЦІ ПОТУЖНОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

**Ключові слова:** акустична потужність, гідроакустика, первинний еталон, радіаційна сила, ультразвук

**Вступ**

Пристрої, в основі яких закладене використання ультразвукових променів використовуються у багатьох галузях життя людини. Такі прилади знайшли своє застосовання в галузях важкої та легкої промисловості, хоча найбільше визнання вони отримали у медичній сфері. Можна навіть сказати, що ультразвукові засоби стали невід'ємною частиною медичного обслуговування у розвинених державах. Зокрема, ультразвук остаточно закріпився серед терапевтичних методів лікування. Таке широке розповсюдження зобов'язує виробників та користувачів звертати увагу на якість таких приладів, а зважаючи, що в рамках медичного застосування ультразвукові промені проникають у тіло людини, контроль за фізичними характеристиками такого випромінювання є необхідним для досягнення лікувального ефекту [1], а в деяких випадках, і для збереження здоров'я пацієнтів [2].

Однією з таких характеристик є потужність ультразвукового випромінювання. З часів проголошення незалежності, в Україні дана фізична величина контролювалась за допомогою приладів, конструкція яких не передбачала вимірювання абсолютним методом. Такими засобами контролю є «ИМУ-Квант» (вітчизняного виробництва) та «ИМУТАП» (виробництва Росії). Причому дані прилади не перевірялися ніяким чином, а єдиним параметром за яким говорили про їхню придатність була точність вмонтованих терезів. По суті, точність вимірювання потужності ультразвукового випромінювання замінялася на точність вимірювання маси.

Це означає, що фактично Україна не мала власних засобів для метрологічного контролю за потужністю ультразвукового випромінювання, і лише у 2011 році була затверджена локальна повірочна схема передавання одиниці потужності ультразвуку (ЛПУ 10-01-2011) і введений в експлуатацію вторинний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі (ВЕТУ 10-169-01-11), побудований в рамках дослідно-конструкторської роботи «Створення вторинного еталона одиниці потужності ультразвуку (ОПУзв) у водному середовищі», що входила до «Державної програми розвитку еталонної бази на 2006-2010 роки» [3,4]. Незважаючи на їхню наявність, останніх недостатньо для утворення повноцінної системи метрологічного забезпечення, так як вимагалось щорічне калібрування вторинного еталона на первинному еталоні зарубіжної країни, що є недоцільним з економічної точки зору. Тому, для забезпечення простежуваності результатів вимірювання до національних еталонів одиниць системи SI і економічної вигоди постає потреба у створенні первинного еталона одиниці ультразвукової потужності у водному середовищі.

Для забезпечення даної потреби в період з квітня 2016 року по грудень 2017 року в ДП «НДІ Система» розроблявся первинний еталон одиниці ультразвукової потужності у водному середовищі. Необхідні характеристики майбутнього еталону закладались у Технічне завдання (ТЗ) на «Створення Державного первинного еталона одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі». Розробка передбачала забезпечення діапазону значень частоти від 0,5 МГц до 15 МГц, діапазону значень потужності – від 5 мВт до 10 Вт та забезпечення значення розширеної невизначеності не більше 12 % (залежно від частоти).

**Принцип дії**

Відповідно до ТЗ державний первинний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі будується на базі вторинного еталона. Це означає, що відтворення одиниці потужності опирається на метод гравіметричного врівноваження (балансу) радіаційної сили, який рекомендовано міжнародним стандартом IEC 61161 [5]. На рисунку 1 подано фізичну модель вимірювання ультразвукової потужності на основі даного методу.

Ультразвуковий перетворювач 1 з активним п'єзоелементом, зануреним у вимірювальному бачку 2 у робочу рідину (дистильовану і дегазовану вакуумуванням воду заданої температури) активується електричним збуджувальним сигналом від генератора і випромінює вертикально вниз ультразвуковий промінь, який падає на перешкоду – мішень 3, розташовану співвісно з перетворювачем на певній відстані від його активної поверхні. У результаті силової взаємодії ультразвукового променю з мішенню виникає радіаційна сила – сила Релея. Мішень 3 підвішена на

прецизійних електронних терезах 4, на які через підвіски передається радіаційна сила, яка врівноважується силою земного тяжіння еквівалентної маси, що вимірюється терезами.

Радіаційна сила пропорційна випромінюваній ультразвуковій потужності [6].

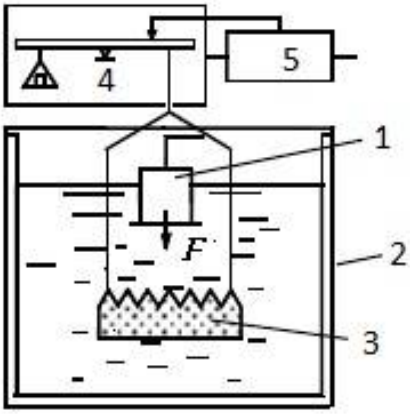



Рисунок 1 – Фізична модель вимірювання ультразвукової потужності у водному середовищі методом гравіметричного врівноваження (балансу) радіаційної сили (1 – ультразвуковий перетворювач; 2 – вимірювальний бачок; 3 – мішень на підвісках; 4 – терези; 5 – пульт управління терезами)

**Математична модель**

Потужність ультразвукового випромінювання, яка визначається за результатами вимірювання радіаційної сили, що діє на абсорбуючу мішень, обчислюється в рамках наступних формул:

$$P_{out} = P_M \cdot e^{2\alpha z} \tag{1}$$

$$P_{\text{M}} = c \cdot m \cdot g \cdot \left(1 - \frac{J_1(2ka)}{ka}\right)\left(1 - J_0^2(ka) - J_1^2(ka)\right)^{-1}; \tag{2}$$

де

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}; \qquad \lambda = \frac{c}{f}; \tag{3}$$

$\alpha / f^2 = 2{,}3 \cdot 10^{-4}$ МГц$^2$·см$^{-1}$ для чистої води при $t$ = 23°С;

$P_{out}$ – вихідна потужність на активній поверхні УзВ;

$P_M$ – виміряна потужність у поперечному перерізі променю на відстані $z$;

$c$ – швидкість поширення звуку у воді;

$\alpha$ – коефіцієнт загасання ультразвуку у воді;

$z$ – відстань від поверхні випромінювання УзВ до мішені;

$f$ – частота збуджувального сигналу;

$m$ – маса, еквівалентна радіаційній силі;

$g$ – прискорення земного тяжіння;

$J_n$ – функція Бесселя 1-го роду порядку $n$;

$a$ – ефективний радіус активного елемента УзВ;

$k$ – хвильове число;

$\lambda$ – довжина акустичної хвилі.

Розрахунок хвильового числа (3) необхідний для обчислення функцій Бесселя, що вводяться для врахування особливостей акустичних хвиль у ближньому полі [7]. Формула (2) використовується для розрахунку виміряної потужності, а формула (1) враховує експоненційне затухання сигналу з відстанню.

**Структура еталону**

Порівняно з вторинним еталоном, структура якого описана в [8], первинний передбачає значного розширення діапазону відтворюваних потужностей (від 0,005-1 Вт до 0,005-10 Вт), а також поліпшення деяких характеристик складових еталону. Такими є збільшення точності вимірювання напруги, а також використання підсилювача потужності з кращим коефіцієнтом підсилення і забезпеченням стабільного синусоїдального сигналу по всьому діапазоні потужностей. Для цього було проведено перегляд як структури еталону в цілому, так і деяких його окремих компонент.

Розширення діапазону від 1 Вт до 10 Вт вимагає абсолютно іншого підходу до підготовки води, як робочої рідини [5]. Для потужності до одного вата вода має бути дистильована, прокип'ячена й охолоджена до робочої температури. Для вимірювання потужності вище від одного вата цього вже недостатньо – воду перед застосуванням додатково необхідно витримати певний час під вакуумом, оскільки вміст розчиненого кисню у воді може істотно вплинути на результати вимірювання. З цього випливає, що еталон повинен містити у своєму складі систему вакуумування робочої рідини з приладами контролю рівня вакууму та концентрації кисню тощо.

В цілях зменшення сумарної невизначеності вимірювання для визначення напруги у складі еталону було використано вольтметр В3-63 з кращими характеристиками точності ніж В3-52, який використовується у складі вторинного еталону, а для збереження синусоїдального вигляду сигналу і забезпечення більших потужностей ультразвукового випромінювання було використано підсилювач потужності типу А150.

**Висновок**

Створено державний первинний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі відповідно до технічного завдання на виконання НДР та ДКР, який має такі основні технічні та метрологічні характеристики:

- діапазон частот – від 0,5 МГц до 15 МГц;
- діапазон потужності – від 5 мВт до 10 Вт;
- стандартна невизначеність за типом А – $u_A$ - 0,7 %;
- стандартна невизначеність за типом В – $u_A$ - 5,3 %;
- сумарна стандартна невизначеність $u_c$ - 5,4 %;
- розширена невизначеність $U$ = 10,7 % (при коефіцієнті охоплення $k$ = 2 за довірчої ймовірності $P$ = 0,95).

Окрім можливості калібровки засобів для виміру ультразвукової потужності, створений державний первинний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі дає можливість брати участь у міжнародних звіреннях, а також забезпечує виконання в Україні вимог технічного регламенту «Безпека машин» (стосовно ультразвукових приладів) [9] (пункти 35 та 37 додатку 1 до технічного регламенту, в частині використання у водному середовищі), який розроблено з урахуванням Директиви Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу 2006/42/ЄС від 17 травня 2006 р., регламенту «Щодо медичних виробів» (пункти 1, 17-19 та 22 додатку 1 до технічного регламенту), який розроблено з урахуванням Директиви Ради Європейського Союзу 93/42/ЕЕС від 14 червня 1993 р., який встановлює вимоги до медичних виробів стосовно захисту життя і здоров'я людини.

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

*2. Кипенский А.В., Шамардина В.Н., Дейнеко Д.М. Ультразвуковая тера- пия: Учебно-методическое пособие. – Харьков, НТУ «ХПИ», 2002. – 48с.*

*3. Інформаційний звіт про ДКР «Створення вторинного еталона одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі» (шифр 06.17.22). – Заключний. – ДП НДІ "Система". – Львів. – 2010, С. 75.*

*4. Чалий В. Створення еталона одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі / В. Чалий, Т. Ільницька // Метрологія та прилади. – 2012. – № 3. – С. 16–25.*

*5. IEC 61161:2013 Ultrasonics - Power measurement - Radiation force balances and performance requirements (Ультразвук – Вимірювання потужності – Метод балансу радіаційних сил).*

*6. Боббер Р. Дж. Гидроакустические измерения: Пер. с англ. М.: Мир – 1974р., 362с.*

*7. Beissner K. Acoustic radiation pressure in the near field // Journal of Sound and Vibration. – 1984. – №93(4). – С. 537–548.*

*8. Чалий В., Ільницька Т., Чалий С. Адаптивна технологія побудови еталона одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2009. – № 3 – С. 37–43.*

*9. Технічний регламент безпеки машин, затв. постано- вою КМУ від 30.01.2013 № 62 // Офіційний веб-портал ВРУ.*

УДК 006.91

**Богуш Б., магістр, наук. керівник Яцишин С.П., д.т.н. проф.**

# ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДОППЛЕРІВСЬКОГО РАДАРУ/СЕНСОРУ

**Вступ і постановка задачі.** За останні роки в техніці зростає роль смарт-сенсорів [1]. З'являються нові цікаві і водночас недорогі прилади на смарт-сенсорах.

**Недоліки існуючих праць.** Проте, спектр їх обмежений, хоча-б, внаслідок потреби принаймні у дрібній партії засобів вимірювання. Часто для проведення наукових досліджень необхідно створювати спеціальні засоби вимірювань з наперед установленими метрологічними характеристиками, причому реалізовувати їх на сучасних апаратних обчислювальних платформах. Останні підлягають доволі простому програмуванню, тому засоби вимірювання з їх використанням можна спроектувати і виготовити у стиснуті терміни.

Завдяки цьому не тільки ІТ-фахівці спроможні покращити працездатність й характеристики чинних засобів вимірювання (імплементація програмування в метрологію), але й внаслідок посиленого розвитку ІТ-технологій та появи графічних інтерфейсів і апаратних обчислювальних платформ метрологи спроможні якісно й швидко виконати сучасний засіб вимірювання (імплементація метрології в програмування).

**Метою праці** є створення засобу вимірювання швидкості руху за допомогою сенсора/радара HB100 та плати Arduino та вивчення його метрологічних характеристик.

**Короткі теоретичні відомості.**

***Ефект Доплера*** — явище зміни частоти хвилі, яку реєструє приймач, викликане переміщенням джерела. Частота зменшується, якщо тіло віддаляється. І навпаки. Якщо джерело підходить до спостерігача під кутом (але все-таки з постійною швидкістю), спостерігається частота, яка спочатку перевищує частоту випромінювання об'єкта. Після цього існує одноманітне зменшення спостережуваної частоти, коли вона наближається до спостерігача, через рівність, коли вона йде від напрямку, перпендикулярного відносному руху, і тривале монотонне зниження, коли він відходить від спостерігача. Коли спостерігач дуже близький до об'єкта, перехід від високої до низької частоти дуже раптовий. Коли спостерігач знаходиться далеко від об'єкта, перехід від високої до низької частоти є поступовим.

Частота доплерівського зсуву пропорційна швидкості руху контрольованого об’єкту. Типова людська ходьба створює зсув допплерівської частоти на значення, нижче від 100 Гц. Це значення може бути розраховане за допомогою рівняння:

$$f_d = 2v\left(\frac{f_t}{c}\right)\cos\theta \tag{1}$$

де $f_d$ - допплерівська частота; $v$ – швидкість цілі; $f_t$– частота; $c$ – швидкість світла ($3 \times 10^8$ м/с) , $\theta$ - кут між напрямком переміщення цілі та віссю модуля.

Якщо ціль рухається прямо до або від HB100, то для частоти 10,525 ГГц, даний вираз спрощується до:

$$f_d = 19.49v \text{ (км/год)} \tag{2}$$

Для інших частот значення коефіцієнта пропорційності приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Коефіцієнт пропорційності виразу (2) для обчислення швидкості руху на різних частотах роботи Доплерівського сенсора

| Частота | $f_d$ Км/год |
|---|---|
| 9.35 GHz | $17.31^v$ |
| 9.9 GHz | $18.33^v$ |
| 10.525 GHz | $19.49^v$ |
| 10.587 GHz | $19.60^v$ |
| 10.687 GHz | $19.79^v$ |
| 24.125 GHz | $44.68^v$ |

***Високочастотний Доплерівський радар/сенсор HB100.*** Він є модулем моностатичного доплерівського транзистора X-Band, що складається з діелектричного резонаторного осцилятора, хвильового змішувача та Rx та Tx антени (рис.1).

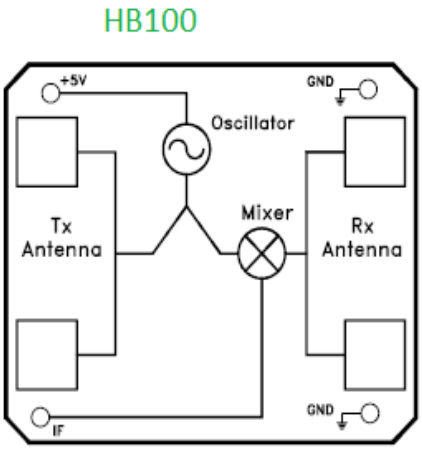



Рисунок 1 – Схема Допплерівського сенсора [2]

Модуль безпечний для людини, оскільки використовує частоту 10.525 ГГц робочого діапазону сучасних цифрових радіорелейних станцій. Він використовується як чутливий елемент у засобах вимірювання швидкості, відстані або/і як сенсор руху різних систем автоматики, до прикладу автоматичного відкривання /закривання дверей, систем безпеки.

Його характеристики - наступні:

- потужність випромінювання: 12 – 20 дБм;
- потужність сигналу на вході: 200 µVp-p;
- час опитування 3 – 6 мс;
- похибка встановлення і дотримання встановленої частоти: 3 МГц;
- робоча напруга 5 В ± 0.25 В при споживаному струмі ~37мА;
- ширина променя антени (3 дБ) Азимут: 80°;

ширина променя антени (3 дБ) Висота: 40°;

- відстань виявлення об'єктів - від 20 метрів.

**Експериментальна частина.** Радар/сенсор HB100 в макеті закріплюється механічно на плоскій поверхні так, що його металевий екран направлений у бік зони можливих переміщень контрольованого об’єкта. Живлення радара/сенсора здійснюється від клеми + 5 В (USB-порт). Сам радар/сенсор підключається до мікроконтролера Arduino, який опрацьовує його сигнали.

Для роботи із сигналом Доплерівського радара/сенсора можна використати наступну схему [3].

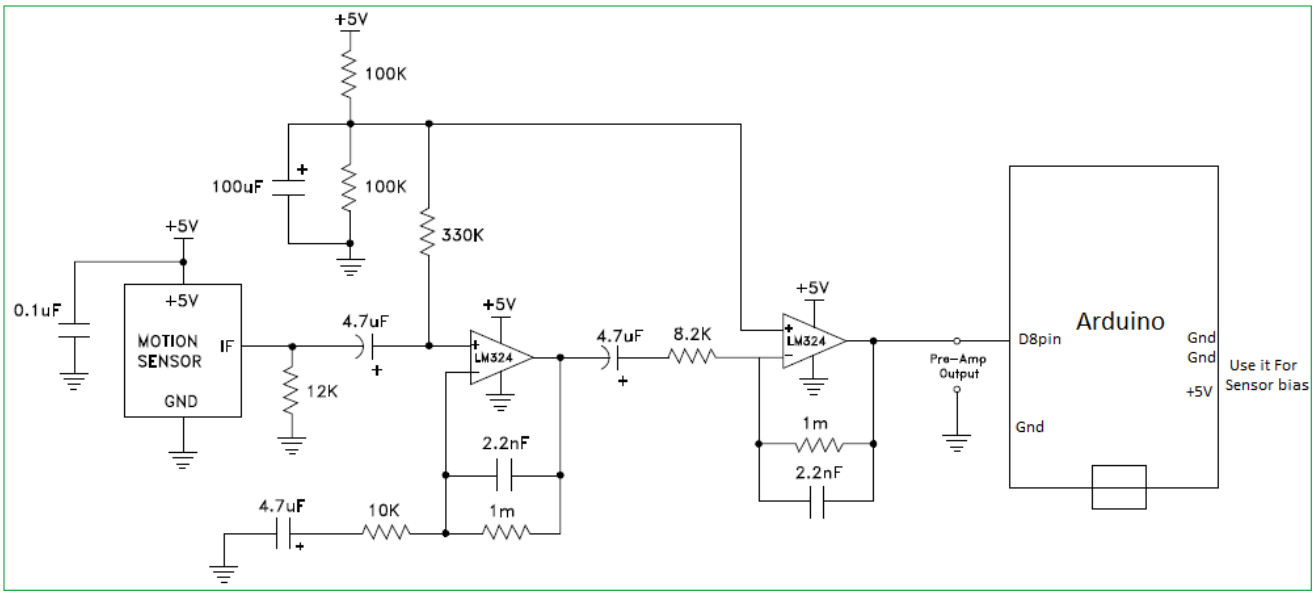



Рисунок 2 – Схема засобу вимірювання [3]

**Arduino** — апаратна обчислювальна платформа, основними компоненттами якої є плата мікроконтролера ATmega328 (Пам’ять 32 kB Flash; 2 kB ОЗУ; 1 kB EEPROM) з елементами введення/виведення та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є підмножиною C/C++. Arduino виконано на основі мікроконтролера Atmel AVR, а також елементів обв’язки для програмування та інтеграції з іншими пристроями. Дана платформа програмуються через USB, що можливо завдяки мікросхемі конвертера USB-to-Serial FTDI FT232R. Користувачам необхідно визначити лише дві функції, для того щоб створити програму, яка буде працювати за принципом циклічного виконання: **setup()** - функція виконується лише раз при старті програми і дозволяє задати початкові параметри; **loop()** - функція виконується періодично, доки плата не буде вимкнена.

Для початку роботи з платою досить подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити плату до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.

Метрологічні характеристики засобу вимірювання визначаються у повній відповідності з виразом (2) сумою двох похибок (непевностей ) [4]: похибки дотримання встановленої робочої частоти мікроконтролером та похибки визначення частотної характеристики сенсора. Похибка становить 0,2 %.

**Висновки**

1. Досліджено можливість створення засобу вимірювання швидкості руху об’єктів на основі залучення нових інформаційно-вимірювальних технологій, зокрема на основі Доплерівського сенсора/радара та плати Arduino.

2. Спроектовано й виготовлено макет приладу для вимірювання швидкості переміщення біологічних об’єктів. Оцінено його методичну похибку, як суму двох похибок – похибки дотримання встановленої робочої частоти мікроконтролером та похибки визначення частотної характеристики сенсора.

*1. http://www.theorycircuit.com/wpcontent/uploads/2016/09/HB100_Microwave_Sensor datasheet.pdf*

*2. Проспект компанії Satcom & Sensors Systems. http://www.limpkin. fr/public/ HB100/HB100_Microwave_Sensor_Module_Datasheet.pdf.*

*3. http://www.limpkin.fr/public/ HB100/HB100_Microwave_Sensor_Module_Datasheet.pdf*

*4. М. Дорожовець. Опрацювання результатів вимірювань. Вид-во Львівської політехніки, 2012.*

УДК 658.562

**Петришин Н.І., к.т.н.**

# ПЛАНУВАННЯ ПРОЦЕСУ АНАЛІЗУВАННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

**Ключові слова:** технічний регламент засобів вимірювальної техніки, аналізування та оцінювання ризиків, FMEA

Виробник засобів вимірювальної техніки (далі - ЗВТ), котрий декларує відповідність власної системи управління якістю вимогам, зазначеним в Технічному регламенті засобів вимірювальної техніки (далі - ТР) [1], згідно вимог даного ТР повинен мати технічну документацію, яка дає змогу оцінювати відповідність ЗВТ застосовним вимогам ТР та містити результати аналізу і оцінки ризику (ризиків).

З огляду на впровадження вітчизняними виробниками ЗВТ нової версії стандарту ДСТУ ISO 9001:2015 дії стосовно ризиків та можливостей розглядаються на етапі планування [2]. Тому актуальним для виробників ЗВТ є ретельне планування діяльності з аналізування та оцінювання ризиків.

Аналізування ризику дозволяє зібрати інформацію, необхідну для його кількісного оцінювання. Оцінювати ризик потрібно таким чином, щоб уможливити документальне фіксування використаної методики та отриманих результатів. Така документація може містити характеристику виробу, встановлені види небезпеки, використані дані та їх джерела, заходи безпеки, заходи для знижування рівня ризику, залишковий ризик, результат остаточного оцінювання ризику та ін. Для систематичного аналізування небезпеки та оцінювання ризику можна застосовувати наступні методи [3]: індуктивні методи (наприклад, метод PHA, FMEA, моделювання несправностей систем керування та ін.), дедуктивні методи (наприклад, аналізування помилок за деревоподібною схемою – FTA), методи прогнозування (метод DELFI) та ін. Міжнародні стандарти з керування ризиком [4,5], як правило, описують підходи та основні принципи оцінювання ризику, але методики, способи та критерії прийнятності ризиків обирає сам виробник.

Взагалі, метою діяльності виробника щодо управління ризиками є досягнення відповідності процесу ризик-менеджменту тим аспектам, які зазначено у ТР стосовно суттєвих вимог до ЗВТ (в т.ч. досягнення гарантій впевненості в результаті вимірювань, включаючи безпеку виробу та прийнятність ризиків).

Тому актуальним є питання вибору виробником ЗВТ методик аналізування та оцінювання ризиків щодо продукції та щодо процесів її виготовлення, згідно з якими він ідентифікує небезпеки, пов'язані із ЗВТ та процесами їх виготовлення, для визначення та оцінювання відповідних ризиків. Вимоги таких методик є обов'язковими для застосування тими функціональними підрозділами виробника, чия діяльність пов'язана із забезпеченням процесів життєвого циклу ЗВТ (або ж спеціально створена робоча група з управління ризиками бере на себе описані функції і діє на основі затвердженого по підприємству положення про робочу групу).

Для цього робоча група визначає небезпеки, пов'язані безпосередньо із ЗВТ, з метою подальшого визначення, аналізування та оцінювання відповідних ризиків, їх контролювання, оцінювання допустимості загального залишкового ризику, звітування щодо управління ризиком, а також опрацювання поствиробничої інформації про ЗВТ. В робочу групу залучаються особи, які мають кваліфікацію, необхідну для здійснення завдань, пов'язаних з управління ризиками, в т.ч. особи з кваліфікацією щодо наступних аспектів: конструювання ЗВТ, технології виготовлення ЗВТ, застосування процесу управління ризиком. Загалом до процесу управління ризиком виробник залучає кілька представників різних функціональних підрозділів, кожен з яких використовує свої спеціальні знання.

Діяльність щодо процесу управління ризиком під час провадження виробничих процесів ЗВТ можна здійснювати з використанням фундаментальної методології FMEA-аналізу (FMEA:Failure Mode Effects Analysis) [6]. Зокрема, автором рекомендується для виробників ЗВТ застосування PFMEA-аналізу, тобто аналізу видів та наслідків потенційних невідповідностей процесу. Таку методологію доцільно викласти у вигляді методики та включити її до документованої інформації системи управління якістю підприємства-виробника. Дана методика призначена забезпечити попередній аналіз потенційних проблем виробничих процесів та оцінювання наслідків цих проблем згідно методології FMEA [6] з метою визначення дій щодо ризиків та можливостей перед початком

серійного виробництва нових ЗВТ або змінених ЗВТ, які виготовляє/планує виготовляти виробник, а також у випадках появи нових або змінених виробничих процесів. Дана методика поширюватиметься на процеси підготовки серійного виробництва нових ЗВТ або ЗВТ зі змінами, які пов’язані з використанням нових технологічних процесів. Під час PFMEA робота ведеться міжфункційною групою (командою), функції якої може виконувати зазначена вище робоча група з управління ризиками.

Захищеність вимірювань та високоякісні вимірювальні технології обов'язково повинні стати предметом дослідження під час аналізування та оцінювання ризиків виробником ЗВТ. Суттєві вимоги, яким повинен відповідати засіб вимірювальної техніки, є тими вимогами, щодо яких необхідно врахувати виробникові різноманітні аспекти ризик-менеджменту: кліматичні умови навколишнього середовища, нормовані робочі умови, зовнішні механічні та електромагнітні умови, максимально допустимі похибки, відтворюваність, повторюваність, поріг реагування і чутливість, довговічність, надійність, придатність до експлуатації, захист від несанкціонованого втручання та ін.

Описані методики з управління ризиками вже є апробованими автором під час виробництва лічильників газу та пристроїв перетворення об’єму.

Кожен виробник ЗВТ повинен забезпечити собі можливість успішного проходження процедури оцінки відповідності ЗВТ вимогам, зазначеним в ТР [1]. Тому впровадження процесів ризик-менеджменту та їх інтегрування в систему управління якістю виробника дасть можливість результативно та ефективно досягнути того, що засіб вимірювальної техніки гарантовано забезпечить високий рівень метрологічної достовірності.

*1. Постанова Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 №163 "Про затвердження Технічного регламенту засобів вимірювальної техніки"*

*2. ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT)*

*3. ДСТУ EN 1050:2003 Безпечність машин. Принципи оцінювання ризику (EN 1050:1996, IDT)*

*4. ДСТУ EN ISO 12100:2014 Безпечність машин. Загальні принципи розрахунку. Оцінка ризиків і зниження ризиків (EN ISO 12100:2010, IDT)*

*5. ДСТУ IEC/ISO 31010:2013 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (IEC/ISO 31010:2009, IDT)*

*6. ДСТУ IEC 60812:2015 Методи аналізування надійності систем. Аналіз наслідків видів відмов (FMEA) (IEC 60812:2006, IDT).*

**IV Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement-2018», 13-18 лютого 2018 року: тези доповідей / Відп. за вип. Володарський Є.Т. – Київ: Академія метрології України, 2018. – 151 с.**

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

**Відповідальний за випуск Є.Т. Володарський**

**Укладачі:** Бойко Т.Г., Куць В.Р., Здеб В.Б.

Матеріали подано в авторській редакції та затверджено на засіданні Науково-технічної ради ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» («Система»), секція «Метрологія і стандартизація»

Рішення № 8-8/2017 засідання секції «Метрологія і стандартизація» Науково-технічної ради ДП НДІ «Система» від 28.12.2017 р. про присвоєння номера ISBN 978-617-397-170-4