



Lviv Polytechnic National University (Ukraine)
Rzeszow University of Technology (Poland)
Technical University Ilmenau (Germany)
State Enterprise “Scientific-Research Institute for Metrology
of Measurement and Control System”
Joint Stock Company “Ukrtransgaz”



INTERNATIONAL CONFERENCE OF METROLOGISTS MCM'2019

**(XXIII INTERNATIONAL SEMINAR OF
METROLOGISTS MSM'2019)**

PROCEEDINGS

To the 100th anniversary of the Department of Information and Measuring Technologies

September 10-12, 2019

Lviv – 2019

Національний університет “Львівська політехніка” (Україна)

Ряшівська політехніка (Польща)

Технічний університет Ільменау (Німеччина)

Державне підприємство “Науково-дослідний інститут метрології
вимірювальних і управляючих систем” (Україна)

Акціонерне товариство “Укртрансгаз” (Україна)



МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ МЕТРОЛОГІВ МКМ'2019

**(XXIII МІЖНАРОДНИЙ
СЕМІНАР МЕТРОЛОГІВ МСМ'2019)**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

До 100-річчя кафедри інформаційно-вимірювальних технологій

10–12 вересня 2019 року

Львів – 2019

УДК 371:351.851; 621.002.56; 681.2.08; 006.91

ББК 32.811

М 88

ОРГАНІЗАТОРИ:

Міністерство освіти і науки України
Національний університет “Львівська політехніка” (Україна)
Ряшівська політехніка (Польща)
Технічний університет Ільменау (Німеччина)
Державне підприємство “Науково-дослідний інститут метрології
вимірювальних і управляючих систем” (Україна)
Акціонерне товариство “Укртрансгаз” (Україна)

КООРДИНАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Національний університет “Львівська політехніка”:
Інститут комп’ютерних технологій, автоматики та метрології
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

М 88 **Міжнародна конференція метрологів МКМ’2019:** Тези доповідей XXIII Міжнародного семінару метрологів (МСМ’2019) до 100-річчя кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, 10–12 вересня 2019 року / Відп. за випуск М. М. Микийчук. – Львів, 2019. – 188 с.

ISBN 978-966-441-587-0

Відповідальний за випуск М. М. Микийчук

Матеріали подано в авторській редакції

ISBN 978-966-441-587-0

© Національний університет
“Львівська політехніка”, 2019
© ЛА «Піраміда», 2019

СПОНСОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ



ТОВ "МБС-Інжинірінг"



ЗАХІДНАДРА
СЕРВІС

ТОВ "Західнадра сервіс"



ПП "НВП "Спаринг-Віст Центр".
Торгова марка Екотест



НОРМА ПЛЮС

ТОВ "Норма плюс"

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

СПІВГОЛОВИ НАУКОВОГО КОМІТЕТУ:

1. Бобало Юрій (Україна)
2. Микийчук Микола (Україна)
3. Стадник Богдан (Україна)

ЧЛЕНИ НАУКОВОГО КОМІТЕТУ:

1. Бабак Віталій (Україна)
2. Байцар Роман (Україна)
3. Бобрик Мирослав (Боснія і Герцеговина)
4. Бубела Тетяна (Україна)
5. Володарський Євген (Україна)
6. Венцек Богуслав (Польща)
7. Гайда Януш (Польща)
8. Ганус Роберт (Польща)
9. Гоц Наталія (Україна)
10. Дорожовець Михайло (Україна)
11. Єгер Герд (Німеччина)
12. Івахів Орест (Україна)
13. Ковальчик Адам (Польща)
14. Колодій Зеновій (Україна)
15. Кондрашов Сергій (Україна)
16. Корсун Валерій (Україна)
17. Косач Наталія (Україна)
18. Кошева Лариса (Україна)
19. Крачунов Христо (Болгарія)
20. Кулеша Володимир (Швеція)
21. Кучерук Володимир (Україна)
22. Луцик Ярослав (Україна)
23. Манске Еберхард (Німеччина)
24. Мінкіна Вальдемар (Польща)
25. Микитин Ігор (Україна)
26. Мотало Василь (Україна)
27. Назаренко Леонід (Україна)
28. Паракуда Василь (Україна)
29. Походило Євген (Україна)
30. Прохоренко Сергій (Україна)
31. Руженцев Ігор (Україна)
32. Саченко Анатолій (Україна)
33. Свісульський Даріуш (Польща)
34. Середюк Орест (Україна)
35. Скоропад Пилип (Україна)
36. Тріщ Роман (Україна)
37. Туз Юліан (Україна)
38. Фрьоліх Томас (Німеччина)
39. Шмирка-Гжебик Анна (Польща)
40. Яцишин Святослав (Україна)
41. Яцук Василь (Україна)

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

ГОЛОВА ОРГКОМІТЕТУ:

1. Друзюк Василь (Україна)

ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ:

1. Бридак Казімеж (Польща)
2. Гамула Павло (Україна)
3. Гук Назарій (Україна)
4. Гунькало Алла (Україна)
5. Домінюк Тарас (Україна)
6. Здеб Володимир (Україна)
7. Івах Роман (Україна)
8. Кочан Орест (Україна)
9. Куць Віктор (Україна)
10. Ліхновський Ігор (Україна)
11. Озгович Андрій (Україна)
12. Петровська Ірина (Україна)
13. Питель Іван (Україна)
14. Пжиступа Кшиштоф (Польща)
15. Рак Володимир (Україна)
16. Ришковський Олександр (Україна)
17. Сегеда Олег (Україна)
18. Хома Юрій (Україна)
19. Шляхта Анна (Польща)

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

<i>Бобало Ю.</i> МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ І МАЙБУТНЄ КАФЕДРИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЛЬВІВСЬКОЇ ПОЛІТЕХНІКИ ..	15
<i>Бабак В.</i> МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ В СИСТЕМАХ МОНІТОРИНГУ І ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ	18
<i>Красоха Л.</i> СУЧАСНИЙ СТАН МЕТРОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ.....	20
<i>Кузьменко Ю.</i> МЕТРОЛОГІЯ СУЧАСНОСТІ. НОВІ ВИКЛИКИ ДЛЯ УКРАЇНИ.....	22
<i>Nazarenko L.</i> MODERN PHOTOMETRY.....	25
<i>Fröhlich T.</i> THE PLANCK BALANCE – CALIBRATION OF E2 MASS STANDARDS USING THE NEW DEFINITION	26

СЕКЦІЯ 1

МЕТРОЛОГІЯ, ЯКІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ

<i>Берестов Р., Гоц Н.</i> СТАН МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПЕКТРОМЕТРІЇ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЕННЯ В УКРАЇНІ	31
<i>Веренікін О., Слива Ю.</i> ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ МИЙНИХ ЗАСОБІВ	33
<i>Голінка І.</i> ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ В ОРГАНІЗАЦІЯХ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ	35
<i>Гунькало А.</i> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙ	36
<i>Dzwonkowski A.</i> EVALUATION OF THE INSTANTANEOUS POWER MEASUREMENT UNCERTAINTY IN A SYSTEM FOR NON-DESTRUCTIVE BEARING DIAGNOSTIC	37
<i>Zhurenko V.</i> INTEGRATION OF THE QUALITY MANAGEMENT AND THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SUBSYSTEMS INTO THE GENERAL MANAGEMENT SYSTEM OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF PHARMACY	38
<i>Ковтун С.</i> ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОСТЕЖУВАНOSTІ ВИМІРЮВАНЬ ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ	40
<i>Козлов Ю.</i> МЕТОД РАНЖИРУВАННЯ ЗА ВЗІРЦЯМИ	42
<i>Костюк О., Бубела Т., Друзюк В.</i> МЕХАНІЗМ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ISO 50001 ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ	44
<i>Леновенко А., Паракуда В., Павлик Б., Григоренко В., Ковальчук Н.</i> НОВІ РОЗРОБКИ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ У ПРОМИСЛОВOSTІ, ЇХ МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА КАЛІБРУВАННЯ НА БАЗІ ЕТАЛОННОГО ЯДЕРНО-КВАДРУПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСНОГО ТЕРМОМЕТРА ЯКРТ-5М	46

<i>Микийчук М., Байцар Р., Телішевський А.</i> ІННОВАЦІЇ В ІНКЛЮЗИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД.....	49
<i>Микийчук М., Гут Т.</i> МЕТРОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО КЛАСИФІКАЦІЇ СИСТЕМ ЗВАЖУВАННЯ ДОРОЖНІХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У РУСІ ЗА КЛАСАМИ ТОЧНОСТІ.....	50
<i>Motalo V.</i> SOFT METROLOGY: DISSEMINATION OF THE INFORMATION MEASURING TECHNOLOGIES INTO THE “MEASURING THE IMPOSSIBLE” AREA	54
<i>Походило Є., Піщюра В.</i> СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ ФАЛЬСИФІКОВАНОЇ ГОРІЛКИ	57
<i>Руда М., Бойко Т., Паславський М.</i> ВИМОГИ ДО ВСТАНОВЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ СКЛАДНИХ ЛАНДШАФТНИХ КОМПЛЕКСІВ	58
<i>Рудик Ю., Куць В., Назаровець О.</i> РОЗВИТОК СТАНДАРТИЗАЦІЇ ВИПРОБУВАННЯ КАБЕЛІВ ЗА ПОКАЗНИКАМИ БЕЗПЕКИ.....	61
<i>Руженцев І., Луцький С.</i> СИСТЕМНО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ.....	64
<i>Shuvar R., Yuzevych V., Kovtko R., Ogirko O., Ogirko I.</i> INFORMATION TECHNOLOGY FOR ANALYSIS AND PROCESSING OF LARGE RISK DATA AND SECURITY OF CYBERNETIC SYSTEMS	66
<i>Sydorko I., Baitsar R.</i> ANALYSIS OF METHODS OF RESEARCHES IN CLINICAL- DIAGNOSTIC LABORATORY	68
<i>Warsza Z., Puchalski J.</i> DEPENDANCE OF THE ACCURACY OF INDIRECT MULTIPARAMETER MEASUREMENTS ON THE UNCERTAINTY OF PROCESSING FUNCTION	70
<i>Warsza Z.</i> DETERMINATION OF UNCERTAINTY OF RECTANGULAR IMPEDANCE COMPONENTS FROM MEASUREMENTS OF ITS POLAR COMPONENTS	72
<i>Чабан О., Бойко О.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я: ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ	74
<i>Шабатура Ю., Міхалева М., Смичок В.</i> АНАЛІЗ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІЙСЬКОВИХ ПІДРОЗДІЛІВ ПРОВІДНИХ КРАЇН СВІТУ.....	76
<i>Штепа В., Каплун В.</i> ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ МІРИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ СПОРУД ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВИМОГАМ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ	77

СЕКЦІЯ 2

ВИМІРЮВАННЯ ТА ІСТОРІЯ ВИМІРЮВАНЬ

<i>Дорожовець М., Івахів О., Стадник Б.</i> ДО ІСТОРІЇ СТВОРЕННЯ КАФЕДРИ ІВТ	81
<i>Дорожовець М., Івахів О., Стадник Б.</i> КАФЕДРА ІВТ ЛЬВІВСЬКОГО ПОЛІТЕХНІЧНОГО ІНСТИТУТУ ПІСЛЯ ІІ СВІТОВОЇ ВІЙНИ	83
<i>Дорожовець М., Івахів О., Стадник Б.</i> СУЧАСНІСТЬ ТА МАЙБУТНЄ КАФЕДРИ ІВТ ЛЬВІВСЬКОЇ ПОЛІТЕХНІКИ.....	86
<i>Andruszkiewicz A., Eckert K.</i> IMPLEMENTATION OF ULTRASONIC ECHO METHOD FOR MEASUREMENTS OF SELECTED PARAMETERS OF BIPHASIC LIQUID METAL-GAS FLOWS	89
<i>Бас О., Присяжнюк Л.</i> ВИМІРЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	91
<i>Бойко І., Чабан О.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСНАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗЛИТТЯ СЕНСОРНИХ ДАНИХ SENSOR FUSION.....	92
<i>Бойко О., Голяка Р., Готра З.</i> ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ БІОМЕДИЧНОГО ТЕРМІЧНОГО АНАЛІЗУ	94
<i>Бубела Т., Федішин Т.</i> ВЕРИФІКАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ КІБЕР-ФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТУ	97
<i>Воробйов Л., Кобзар С., Декуша О., Декуша Л.</i> ВПЛИВ НЕРІВНОМІРНОСТІ ПРОСТОРОВОЇ ЧУТЛИВОСТІ ПРИЙМАЧА ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЕННЯ НА ПОХИБКУ ВИМІРЮВАННЯ.....	99
<i>Гаврилів Д., Вельган Р., Семенченко М.</i> РОЗПІЗНАВАННЯ ДЕФЕКТІВ ТЕХНІЧНОЇ КЕРАМІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ.....	101
<i>Golijanek-Jędrzejczyk A., Dzwonkowski A., Świsulski D.</i> ESTIMATION OF MEASURAND OF HUMAN SKIN TEMPERATURE DURING THE ENDURANCE TEST	103
<i>Golijanek-Jędrzejczyk A., Hanus R., Zych M., Mrowiec A.</i> THE IMPACT OF CLEANING THE MEASUREMENT DATA ON THE DETERMINATION OF THE MASS FLOW	104
<i>Граняк В., Кухарчук В.</i> ЦИФРОВИЙ КАНАЛ ВІБРОПРИСКОРЕННЯ НА ОСНОВІ МІКРОМЕХАНІЧНОГО ЄМНІСНОГО СЕНСОРА.....	105
<i>Дмитрів В., Микийчук М., Дмитрів І., Дмитрів Т.</i> СЕНСОР ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНОГО ТИПУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ДВОФАЗНИХ ПУЛЬСУЮЧИХ ПОТОКІВ	107
<i>Єременко В., Мокійчук В., Самойліченко О.</i> МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ	110
<i>Іванов С., Грищенко Т., Бузова З.</i> ЗАСІБ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВОЛОГИ В МАТЕРІАЛАХ ЗІ СКЛАДНОЮ СТРУКТУРОЮ.....	112

<i>Івах Р., Івах С.</i> ЕХ-МАРКОВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАХИСНИХ СИСТЕМ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ПОТЕНЦІЙНО ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	114
<i>Кисилевська А., Арабаджи М., Прокопович І., Вакарчук В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДИКИ АТОМНО-АБСОРБЦІЙНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ БАРІЮ В МІНЕРАЛЬНИХ ВОДАХ.....	117
<i>Кізлівський І., Шпак О., Бубела І.</i> ОЦІНЮВАННЯ НЕПЕВНОСТІ У ВИМІРЮВАННІ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОЇ ПРОВІДНОСТІ НА ЕТАЛОНІ ПОТУЖНОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ	120
<i>Кокошко Р., Кріль Б., Кріль О.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОДАТКОВОГО ІНФОРМАТИВНОГО СИГНАЛУ ПО СПОЖИВАННЮ ПОВІТРЯ В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ МУЛЬТИКОМПРЕСОРНОЮ УСТАНОВКОЮ	121
<i>Костеров О., Паракуда В., Шпак О.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА УКРАЇНИ ДЕТУ 10-01-11 ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ МІКРОФОНІВ У ВІЛЬНОМУ ПОЛІ.....	124
<i>Kochan O., Hots N., Przystupa K.</i> THERMISTOR BASED AD-HOC TERMOMETER	126
<i>Крайовський В., Рокоманюк М., Ромака В.</i> НОВІ ПІДХОДИ У МОДЕЛЮВАННІ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ	128
<i>Кривенчук Ю., Гельжинський І.</i> АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ НАГРОМАДЖЕННЯ ВИМІРЯНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ДИНАМІЧНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ.....	129
<i>Кричевець О.</i> ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПОХИБОК ВХІДНИХ ДАНИХ У МЕРЕЖІ КІНЦЕВИХ АВТОМАТІВ	130
<i>Куц Ю., Щербак Л.</i> ФАЗОВА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ВИМІРЮВАНЬ І КОНТРОЛЮ	132
<i>Lewitowicz J., Szelmanowski A., Gębura A., Pazur A., Tokarski T.</i> STUDYING THE PHENOMENON OF MAGNETICALLY NEUTRAL ZONE DISTORTION IN AIRCRAFT COMMUTATOR DIRECT CURRENT GENERATORS	133
<i>Lewitowicz J., Szelmanowski A., Gębura A., Pazur A., Franczuk E.</i> STUDYING LOCAL AND COMPLEX RESONANCES IN AVIATION POWER TRAINS USING FAM-C AND FDM-A METHODS	134
<i>Лисько В.</i> МЕТРОЛОГІЯ МАТЕРІАЛІВ І ЇЇ РОЛЬ У РАЗВИТКУ ТЕРМОЕЛЕКТРИКИ ...	135
<i>Masnicki R., Mieziako C., Niczyporuk R.</i> EXTENDING THE INDUSTRIAL ROBOT'S CAPABILITIES BY USING A NON-STANDARD WORKING TOOL AND TESTING ITS PROPERTIES	136
<i>Матіко Ф., Пістун О., Федоришин Р.</i> АВТОМАТИЗОВАНЕ КОРИГУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ	139

<i>Микийчук М., Лазаренко Н.</i> МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ТА НЕВІДНОВЛЮВАНИХ СИСТЕМ РІЗНИХ ТИПІВ	141
<i>Mrowiec A., Heronimczak M.</i> THE RESEARCH ON THE FLOW OF INCOMPRESSIBLE FLUID THROUGH SELECTED SEGMENTED FLANGE	143
<i>Palczynska B.</i> FAST HARMONICS IDENTIFICATION BASED ON A COMPRESSIVE SENSING APPROACH.....	144
<i>Palczynska B., Swisulski D.</i> SPARSE REPRESENTATION OF A NON-STATIONARY SIGNAL IN COMPRESSIVE SENSING TECHNIQUE	146
<i>Piechota P., Synowiec P., Andruszkiewicz A., Wędrychowicz W.</i> ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING AN APERTURE IN THE PIPELINE AS A REDUCER FOR CONTINUOUS MEASUREMENT OF GAS MASS STREAM	148
<i>Przystupa K.</i> THE TRANSIENT STATES IN HYDRAULIC PUMP SYSTEM.....	150
<i>Питель І., Івах Р., Скоропад П.</i> ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ.....	152
<i>Питель І., Петровська І., Скоропад П.</i> АНАЛІЗ ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВИХ ШКЕЛ	154
<i>Погребенник В.</i> ІНВАРІАНТИ У ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ.....	157
<i>Походило Є., Нижник Б.</i> МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМ ЗАМІЩЕННЯ ДВОЕЛЕКТРОДНОГО ЄМНІСНОГО СЕНСОРА	159
<i>Різник А., Стадник Б., Ліхновський І.</i> МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНО ТРАКТУ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РЕЗОНАНСНОГО ТЕРМОМЕТРА....	160
<i>Саченко А., Кочан В., Кочан О.</i> НАУКОВА ШКОЛА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ: ІСТОРІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ	162
<i>Середюк О., Винничук А., Лютенко Т.</i> НОВА КОНЦЕПЦІЯ ПОВІРКИ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ ЗА МІСЦЕМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	164
<i>Synowiec P., Wędrychowicz W., Piechota P., Andruszkiewicz A.</i> LASER DOPPLER ANEMOMETRY AS FLOW MEASUREMENT METHOD BEHIND 90° BEND	166
<i>Степаняк Мих., Степаняк Мик., Степаняк Мих. М., Наконечний М.</i> МІСТ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ	168
<i>Степаняк Мих., Степаняк Мик., Степаняк Мих. М., Наконечний М.</i> МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ.....	170
<i>Сулима О., Микийчук М.</i> МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ВИМІРЮВАНЬ.....	172
<i>Trybus M.</i> MEASUREMENTS OF T1 AND T2 RELAXATION PROCESSES IN FLUIDS WITH USE OF EFNMR SCANNER.....	173

<i>Wędrychowicz W., Synowiec P., Piechota P., Andruszkiewicz A. MODELS OF GAS SPEED DISTRIBUTION IN FLOW THROUGH PIPE.....</i>	175
<i>Чабан В. ТРИ НЕВИМІРНІ МАСИ</i>	178
<i>Чигінь В., Михайлишин П. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОТОЗАХОПЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕКСАКОПТЕРА І БОРТОВОГО КОМП'ЮТЕРА З ВІДЕОКАМЕРОЮ</i>	179
<i>Яцишин С., Лазаренко С. КАЛІБРУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ.....</i>	181
<i>Яцишин С., Мельник Х., Луцик Я. ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МІКРОТЕРМОМЕТРІВ</i>	184
<i>Яцишин С., Мідик А.-В., Лиса О. КІБЕР-ФІЗИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ПАРНИКІВ ТА ТЕПЛИЦЬ.....</i>	186
<i>Яцук В., Микийчук М., Яцук Ю. КОДОКЕРОВАНІ ВИСОКООМНІ МІРИ-ІМІТАТОРИ ОПОРУ</i>	187

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ І МАЙБУТНЄ КАФЕДРИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЛЬВІВСЬКОЇ ПОЛІТЕХНІКИ*© Юрій Бобало, 2019*

Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
ректор, д.т.н., професор, e-mail: rector@lpnu.ua,

Розбудова метрологічної системи – одне із стратегічних завдань України, яке повинно забезпечувати функціонування наукової та виробничої сфер економіки, сприяти розвитку міжнародної торгівлі та інтеграції України до світової економіки, ефективному захисту інтересів споживачів та держави у сфері якості та безпеки продукції, підвищенню рівня конкурентоспроможності продукції українських виробників.

Сучасні зміни в підходах до організації виробництва значною мірою підвищують вимоги до метрологічної діяльності в державі та ставлять завдання підготовки сучасних фахівців в галузі інформаційно-вимірювальних технологій.

Інтеграція України у європейський та світовий глобальний економічний простір потребує впровадження у виробництво перспективних технологій, що є запорукою високого рівня конкурентоспроможності продукції. Однак, сучасні технологічні процеси неможливі без застосування передових інформаційно-вимірювальних технологій, які є основним джерелом достовірної інформації. Для створення сучасних методів та засобів вимірювань необхідні висококваліфіковані фахівці в галузі інформаційно-вимірювальної техніки. Ефективне застосування засобів вимірювань потребує висококваліфікованих фахівців з метрологічного забезпечення технологічних процесів та якості продукції. Завдання підготування сучасних висококваліфікованих фахівців в галузі інформаційно-вимірювальних технологій успішно вирішує кафедра ІВТ Львівської політехніки.

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій Львівської політехніки має славу історію. Як самостійна одиниця кафедра електричних вимірювань виділилася з кафедри “Електричні машини” 30 червня 1919 року. Кафедру очолив професор Казимир Ідашевський. Основні напрямки наукової діяльності кафедри в довоєнний період пов’язані з перевіркою і вдосконаленням лічильників електричної енергії, компенсаторів змінного струму, вимірюванням опору ізоляції та високих напруг, точними вимірюваннями електричного опору, е.р.с. Особливо важливих результатів кафедра досягнула під керівництвом професора Володимира Круковського – видатного фахівця у галузі вимірювань, практична діяльність якого була пов’язана з роботою відомої фірми “SIEMENS”. Кафедра стає державним науковим і метрологічним центром. Було створено державний еталон електричного опору, право зберігання якого було надано кафедрі.

Післявоєнний період характерний подальшим розвитком технологій вимірювань: підвищенням точності їх результатів, розширенням меж вимірювань, створенням нових методів та засобів вимірювань. Особлива увага приділялась створенню цифрових засобів вимірювань промислового застосування, що стало важливою умовою автоматизації технологічних процесів в науці та промисловості. В цей час кафедрою керували такі відомі вчені як професор Костянтин Карандєєв, доцент Анатолій Шрамков, професор Євген Поліщук.

Особливого розквіту кафедра інформаційно-вимірювальних технологій отримала, коли на початку 80-х її очолив професор Богдан Стадник – видатний вчений та педагог у галузі інформаційно-вимірювальної техніки. Під його керівництвом було сформовано наукові перспективні напрями досліджень, створено творчий колектив визнаних фахівців у галузі

технологій вимірювань. Все це дозволило завершити формування наукової школи інформаційно-вимірювальних технологій, яка сьогодні є авторитетом в Україні та за кордоном.

Сьогодні кафедра ІВТ є потужним навчально-науковим колективом, в якому гармонійно поєднано мудрість досвідчених науковців (на кафедрі працює 14 професорів, докторів наук) та енергія молодих науковців (на кафедрі навчається 18 аспірантів). Наукові дослідження, здійснені на кафедрі ІВТ, зробили значний внесок в теорію побудови кіберфізичних систем, в розвиток сенсорики, організацію процесів вимірювань в промисловості, процесів оцінювання якості продукції, створення сучасних інтелектуальних засобів вимірювань промислового застосування.

Для покращення якості підготування фахівців у галузі інформаційно-вимірювальних технологій на кафедрі ІВТ, за підтримки відомих закордонних фірм, створено ряд навчально-наукових лабораторій, де встановлено найсучасніше обладнання. Це зокрема:

- Лабораторія апаратного і програмного забезпечення для систем автоматизованого тестування американської компанії National Instruments;
- Лабораторія смарт-сенсорів німецької фірми IFM Electronic;
- Лабораторія інтелектуальних засобів американської фірми Cypress Semiconductor
- Лабораторія нановимірювальних засобів німецької фірми SIOS
- Лабораторія вимірювань в автомобільній промисловості німецької фірми «LEONI»

Такий підхід дозволяє здійснювати підготування сучасних фахівців у галузі інформаційно-вимірювальних технологій для забезпечення розвитку сучасного виробництва «Промисловість 4.0». Кафедра ІВТ Львівської політехніки здійснює навчання за спеціальністю 152 – “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка” за такими затребуваними та перспективними на ринку праці освітніми програмами:

- Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка;
- Якість, стандартизація та сертифікація;
- Тестування засобів вимірювання та їх програмного забезпечення;
- Інформаційно-вимірювальні технології в робототехніці;
- Метрологічне забезпечення випробувань та якості продукції.

За останні десятиліття кафедра ІВТ активно розвиває міжнародну співпрацю в галузі метрології. Зокрема здійснюється ефективна співпраця з науковцями багатьох країн світу, а саме: Німеччини, Польщі, Болгарії, Китаю, Франції.

Перспективи підготування сучасних фахівців в царині інформаційно-вимірювальних технологій визначаються використанням прогресивних методів навчання у спеціалізованих лабораторіях, створених із застосовуванням нових інноваційних підходів. Важливим завданням кафедри ІВТ є продовження наукового пошуку за такими напрямками:

- розвиток теорії кіберфізичних систем, як базової основи технологічних процесів майбутнього;
- розвиток теорії та створення сучасних сенсорів, зокрема в галузі нанотехнологій, які дозволять розширити межі пізнання властивостей матеріального світу;
- розвиток теорії організації процесів вимірювань в промисловості та теорії процесів оцінювання якості продукції, як основи підвищення результативності виробничих процесів;
- розвиток теорії та створення сучасних інтелектуальних засобів вимірювань та управління з використанням технологій вимірювання сигналів мозку людини, як основи майбутніх систем управління робототехнічними комплексами.

Таким чином, кафедра ІВТ володіє значним науково-технічним потенціалом, який дозволяє ставити та вирішувати найскладніші науково-технічні завдання в галузі інформаційно-вимірювальних технологій. Колектив кафедри користується заслуженим авторитетом в Україні та за кордоном.

Тематика сьогоднішньої конференції є актуальною, як для сектору економіки, так і для освітнього середовища.

Проведення цієї міжнародної конференції дає можливість обміну досвідом науковців з різних університетів як України, так і зарубіжжя, а також практиків у сфері управління якістю виробництва для поєднання теоретичних надбань з практичним досвідом. Переконаний, що конференція сприятиме новим науковим пошукам, натхненню у подальшій роботі та втіленню результатів наукових досліджень у науково-технічний та соціально-економічний розвиток у наших державах.

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ В СИСТЕМАХ МОНІТОРИНГУ І ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

© Віталій Бабак, 2019

Інститут технічної теплофізики НАН України, заст. директора з наукової роботи,
д.т.н. чл.-кор. НАН України, проф., Київ, Україна

Якісне метрологічне забезпечення вимірювань у теплометричній галузі – це шлях до скорочення бюджетних витрат на підготовку та проведення відповідних досліджень, а також до підвищення конкурентноздатності вітчизняних товарів та послуг як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку України, без чого неможливий динамічний розвиток економіки. У стратегічному документі міжнародної організації ВІРМ в рамках програми розвитку метрології до 2023 року визначено, що густина теплового потоку має стати однією з основних величин “теплової метрології” як доповнення до температури.

У доповіді узагальнено розвиток теоретичних засад, методологічного апарату та вдосконалення еталонної бази забезпечення єдності вимірювань поверхневої густини теплового потоку в широкому діапазоні, що відповідатиме сучасним вимогам щодо теплових вимірювань в різних галузях наукових і прикладних досліджень. Сформовано узагальнену методологію забезпечення єдності вимірювань поверхневої густини теплового потоку та розроблено концептуальну модель реалізації еталону поверхневої густини теплового потоку за модульним принципом, особливостями якої є використання різних способів формування і передавання теплової енергії та єдиного модулю реєстрації та опрацювання вимірювальної інформації. Це дозволило на порядок розширити нижню та верхню межі робочого діапазону вимірювань, що відповідає світовому рівню метрологічного забезпечення вимірювань поверхневої густини теплового потоку. Запропоновано варіанти конструктивного виконання вимірювальних комірок теплового блоку для відтворення поверхневої густини теплового потоку, а також засобів передавання розміру одиниці вимірювання. Запропоновано ієрархічну схему, яка ілюструє простежуваність результатів вимірювання при застосуванні засобів вимірювання, що беруть участь в передаванні розміру одиниці поверхневої густини теплового потоку, як інтегральний результат метрологічного забезпечення вимірювань поверхневої густини теплового потоку. Розроблено апаратно-програмні засоби, які реалізують концепцію модульної побудови еталону поверхневої густини теплового потоку, що дозволило розширити динамічний діапазон значень від 1 Вт/м² до 200 000 Вт/м².

Розроблено фундаментальні основи комплексного моніторингу всього теплоенергетичного циклу – від генерування до споживання. Узагальнені базові принципи моніторингу теплоенергетичного устаткування, систематизовані основні види та завдання систем моніторингу в теплоенергетиці, обґрунтована перспективність використання шумової діагностики в системах моніторингу об’єктів теплоенергетики; розроблені методи математичного та комп’ютерного моделювання негаусових шумових сигналів, що виникають під час роботи теплоенергетичного обладнання, в результаті встановлена доцільність використання в системах шумової діагностики кумулянтних функцій шумових процесів як інформативних характеристик. На етапі генерування теплової енергії важливим завданням є визначення якості палива, для чого запропонований метод мультиреферентної квазідиференціальної калориметрії, який забезпечує корекцію похибок, викликаних зовнішніми збуреннями і дає змогу зменшити масо-габаритні характеристики бомбових калориметрів. Для України є актуальним використання альтернативних енергоресурсів, в тому числі

біопалива. В процесі вироблення біопалива з рослинної сировини енерговитратним є процес її сушіння. Для визначення теплоти випаровування та теплоємності сировини, які необхідні для оптимізації процесу сушіння, розвинуто метод синхронного теплового аналізу і створено диференціальний калориметр. Для систем моніторингу теплотрас запропоновано поєднати тепловий та акустичний методи контролю. Розроблена методика вимірювань з використанням прецизійних вимірювачів температури дозволила визначати інтегральні тепловтрати на ділянках теплотрас, а аналіз акустичних шумів, що розповсюджуються по трубопроводу, з використанням запропонованого методу статистичного опрацювання сигналів, дозволяє визначати місце витoku теплоносія. З метою забезпечення ощадливого використання теплової енергії запропоновано та впроваджено автоматизовану інтелектуальну систему керування теплоспоживанням з використанням сонячних колекторів і акумуляторів тепла та оптимізацією за мінімальним критерієм, що зменшує витрати теплоти на 25-35%. Для моніторингу теплового стану конструкцій та їх теплофізичних властивостей в процесі експлуатації будівель розроблена гама сенсорів теплового потоку. Створено методику вимірювань комбінованим тепловізійно-теплометричним методом для визначення опору теплопередаванню огорожувальних конструкцій будівель та систему нормативних документів з вимірювання теплових величин, які пов'язані з теплозахисними характеристиками матеріалів, конструкцій та споруд, що сприяє встановленню загальних вимог щодо єдності та достовірності вимірювань в Україні та країнах ЄС.

СУЧАСНИЙ СТАН МЕТРОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

© Лілія Красоха, 2019

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України (Київ, Україна), заступник начальника управління метрології – начальник відділу законодавчої метрології департаменту технічного регулювання, к.т.н., krasokha@me.gov.ua

Протягом останніх п'яти років відбувається реформування метрологічної системи України.

У 2014 році прийнято Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність” (далі – Закон про метрологію), який набрав чинності 01.01.2016 р. та розроблено на основі документу Міжнародної організації законодавчої метрології OIML D1 “Розгляд закону про метрологію”.

З метою реалізації Закону про метрологію прийнято 41 нормативно-правовий акт, 5 із яких розроблено на основі Директив ЄС.

Закон про метрологію та нормативно-правові акти визначають сферу законодавчо регульованої метрології, одиниці вимірювання, вимоги до національних еталонів, засобів вимірювальної техніки, проведення їх повірки та оцінки відповідності, а також здійснення метрологічного нагляду. Усі зазначені нормативно-правові акти розроблено з урахуванням міжнародних та європейських вимог – документів Міжнародної організації законодавчої метрології (OIML) та Європейського співробітництва у сфері законодавчої метрології (WELMEC) та відповідних актів законодавства ЄС.

Визначено 4 наукові метрологічні центри, які створюють, удосконалюють, зберігають і застосовують національні еталони: ННЦ “Інститут метрології” (м. Харків), ДП “Укрметр-тестстандарт” (м. Київ), ДПНДІ “Система” (м. Львів), ДП “Івано-Франківськстандартметрологія” (м. Івано-Франківськ) (постанова Кабінету Міністрів України від 27.05.2015 № 330).

Продовжується розвиток національної еталонної бази, яка є науково-технічною основою для забезпечення єдності вимірювань у державі. Прийнято Програму розвитку еталонної бази на 2018-2022 роки (постанова Кабінету Міністрів України від 28.12.2016 № 1041).

У 2014-2018 роках науковими метрологічними центрами було створено 9 та удосконалено 9 державних первинних еталонів. На сьогодні перелік національних еталонів України складає 73 державних первинних еталони одиниць вимірювань. У 2019 році будуть завершені роботи щодо створення 4 та удосконалення 3 державних первинних еталонів. До бази даних Міжнародного бюро з мір та ваг (BIPM) внесено 275 СМС-рядків про вимірювальні та калібрувальні можливості національних еталонів.

Забезпечено перехід від застарілої системи державних випробувань засобів вимірювальної техніки до системи їх оцінки відповідності вимогам технічних регламентів (створено інфраструктуру призначених органів з оцінки відповідності та затверджено переліки стандартів, які є презумпцією відповідності вимогам технічних регламентів).

Призначено 10 органів з оцінки відповідності вимогам 3-х технічних регламентів щодо засобів вимірювальної техніки та уповноважена 61 повірочна лабораторія.

Прийнято Закон України від 23.05.2018 № 2445-VIII “Про приєднання України до Метричної конвенції”. 07.08.2018 Україна набула повноправного членства в Метричній конвенції та повноправного членства в Генеральній конференції з мір та ваг (CGPM).

Вживаються заходи щодо виконання умов для набуття повного членства України в Міжнародній організації законодавчої метрології (OIML). З цією метою розроблено проект Закону України “Про приєднання України до Конвенції про заснування Міжнародної організації законодавчої метрології”.

З метою реалізації Закону України від 06.06.2019 № 2740-VIII “Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо імплементації актів законодавства Європейського Союзу у сфері технічного регулювання” здійснюються заходи щодо внесення змін до 19 та розроблення 3 нормативно-правових актів у сфері метрології та метрологічної діяльності.

МЕТРОЛОГІЯ СУЧАСНОСТІ. НОВІ ВИКЛИКИ ДЛЯ УКРАЇНИ

© Юрій Кузьменко, 2019

заступник генерального директора ДП «Укрметртестстандарт», к.т.н.
Yuriy.Kuzmenko@ucsm.com.ua

Невпинна глобалізація світових ринків, жорстка конкуренція на них, ставить надзвичайно високі вимоги до якості та безпечності продукції, що надається на цих ринках. Досягнення якості та будь-які випробування продукції з метою отримання доказів її безпечності та застосовності для певних сфер призначення неможливе без світової уніфікації підходів до вимірювань та встановлення нерозривних та надійних ланцюгів простежуваності кожного результату вимірювань аж до визнаних світом та реалізованих за підтримки Метричної конвенції та світової законодавчої метрології еталонів одиниць SI.

Не дивлячись на жорстку світову конкуренцію, за виразом Жана-П'єра Фантона з національного метрологічного інституту LNE (Париж, Франція): «Обнадійливо спостерігати, що метрологія є однією з рідкісних областей, де співпраця між країнами світу ефективна і щира». А цитуючи німецьких урядовців – усі країни повинні отримати можливість користатися перевагами глобалізації, в той же час ефективно захищаючи себе від її ризиків!

У дуже загальному виді вся світова метрологічна структура складається із міжнародної метрології (на чолі із OIML – Міжнародною Організацією Законодавчої Метрології – МОЗМ), наукової метрології (на чолі із Метричною конвенцією та її відповідними органами BIPM (Міжнародне Бюро з Мір та Ваг – МБМВ) та CIPM (Міжнародний Комітет з Мір та Ваг – МКМВ) та промислової метрології, для якої саме і прикладаються всі зусилля світової метрологічної спільноти задля отримання надійних та простежуваних результатів при здійсненні будь-якого та кожного вимірювання.

Роль метрологів у досягненні амбітної мети – забезпечення встановлення в країні ефективної та надійної інфраструктури якості, яка, в свою чергу, забезпечує виготовлення якісної та безпечної продукції, полягає в такому ланцюзі взаємозв'язків:

- без контролю якості немає якості;
- без вимірювань немає контролю якості;
- без калібрувань немає вимірювань;
- без акредитованих лабораторій немає калібрування;
- без простежуваності немає акредитованих лабораторій;
- без еталонів немає простежуваності;
- без метрологів немає еталонів.

Таким чином вся міжнародна метрологічна інфраструктура виражається пірамідою простежуваності (рис. 1).

Для того, щоб національна економіка України знаходилась у колі розвинених та успішних економік світу безперечно необхідно проводити постійний аналіз та відповідним чином реагувати на ті нові виклики, які породжує невпинний розвиток науки, виробництва, бізнесу, соціальних відносин суспільства та як їх невід'ємної частини – метрології. Для змалювання тенденцій та для уявлення картини необхідних зусиль, які необхідно докласти українським метрологам уже в найближчому майбутньому, в цьому матеріалі торкнемося лише деяких (зовсім не виключних), але дуже показових прикладів нових напрямків метрологічних досліджень.

1. Про нові світові тренди, що несуть сучасні інформаційно–комунікаційні технології говорять весь час і давно. Останнє десятиліття звучать терміни як **Smart** або **Digital Factory**

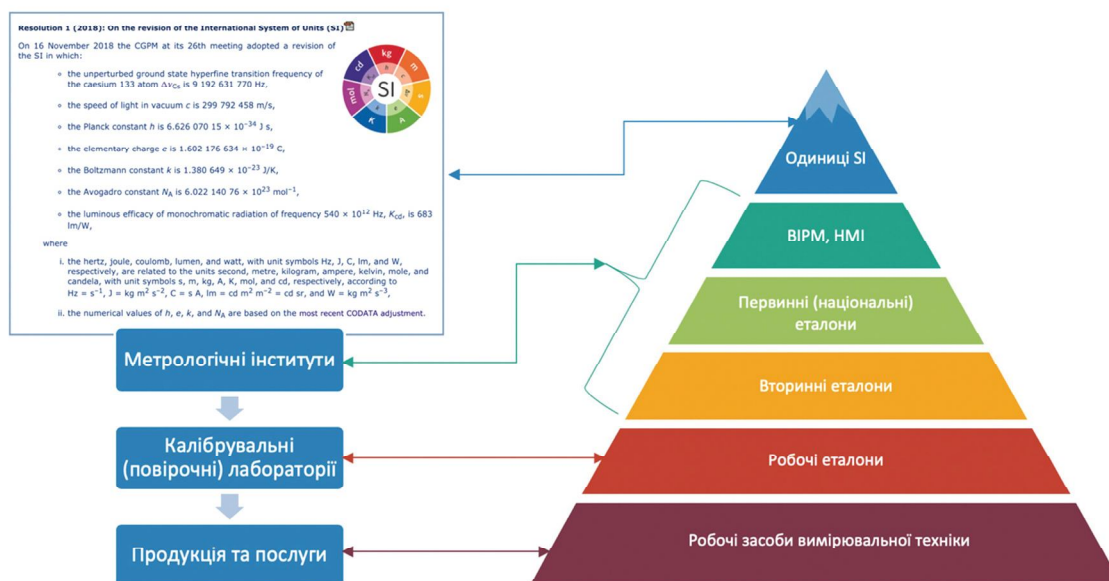


Рис. 1. Піраміда простежуваності

та **Digitalization** (всього і вся). Звідки й **Digital Economy**. В США, які є найбільшими новаторами в світі за цим всім говорять про технології як **IoT, Big data, Cloud computing, Remote & mobile access, wireless communication, 3D printing** тощо. Термін «Industry 4.0» з'являється в нас після відвідання Ганновера в 2014 р. Якщо коротко – це скоординована, державна ініціатива по мобілізації всіх національних ресурсів з метою прискорення технологічних змін та утримання лідерства в світовій конкуренції.

Згідно з Українською стратегією Індустрії 4.0, що докладно розроблена АППАУ (Асоціація Промислових Підприємств Автоматизації України), одним із ключових завдань є налагодження трансферу технологій від українських наукових установ, наукових парків, лабораторій R&D, а також від міжнародних центрів та корпорацій до кінцевих замовників. Таким чином абсолютно очевидна необхідність поглиблення наукових та дослідницьких зв'язків між університетами, національними іноваторами та національними метрологічними інститутами задля запровадження в Україні новітніх ноу-хау технологій та продуктів.

2. Однією із надважливих проблем України, в тому числі з огляду на досить революційні реформи медичної галузі, є простежуваність результатів вимірювань в медицині. Діагностична практика без надійних вимірювань та простежуваності результатів таких вимірювань вкрай утруднена. На рисунку 2 наведено приклад ланцюга реакцій при діагностуванні функціонування нирок, що в свою чергу демонструє складність та наукоємність вимірювань у медичній галузі.

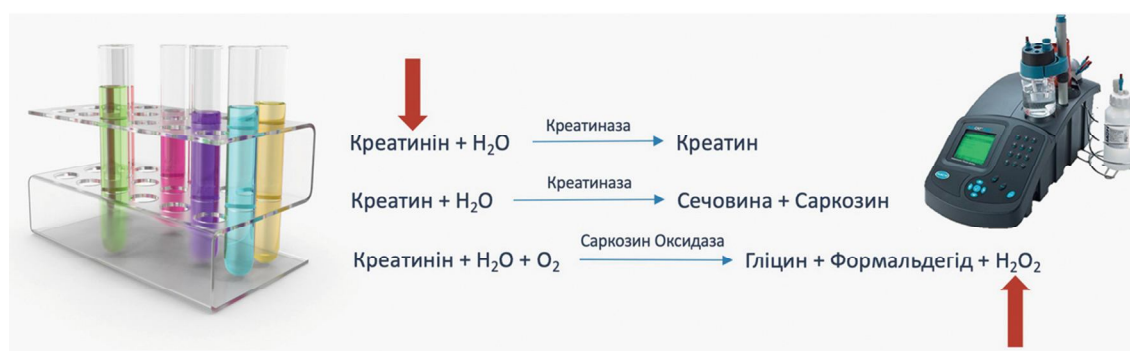


Рис. 2 Приклад ланцюга реакцій при діагностуванні функціонування нирок

Приклад покликаний продемонструвати необхідність формування науково-дослідних лабораторій встановлення методів простежуваності вимірювань в медицині у метрологічних інститутах України.

3. Вітроенергетика є для України галуззю, що бурхливо та успішно розвивається. Успіх обумовлюється не лише придатними для побудови вітроелектростанцій (ВЕС) у багатьох регіонах нашої країни (звичайно ж маються на увазі і величезні втрачені через окупацію потужності Криму та частини Луганської та Донецької областей), але й скачкоподібним ростом коефіцієнту корисної дії (ККД) вітрогенераторних установок, який наблизився до ККД теплових електростанцій. Сукупна пікова потужність ВЕС України в 2019 році очікується на рівні 706 МВт.

Перед українськими метрологами розвиток такої стратегічної галузі «зеленої» енергетики в свою чергу ставить нові завдання - визначення ефективності роботи вітрогенератора шляхом точних вимірювань великого крутного моменту та співвідношення із генерованою електричною потужністю. Побудова новітніх еталонів крутного моменту – очевидний новий виклик для українських метрологічних інститутів.

4. Зростаючий інтерес до соціологічних досліджень, маркетингових досліджень ринків та задоволеності споживачів, дослідження поведінки та реакцій людської психіки в різних (в тому числі критичних) ситуаціях ставить перед метрологами всього світу та України зокрема завдання, яке полягає в створенні достатньо еклектичного та неоднозначного для розуміння напрямку метрології – так званої «делікатної метрології» (рис. 3). Такі вимірювання вимагатимуть значних спільних емпіричних напрацювань вчених та фахівців дуже різних за своїм родом сфер діяльності людини.

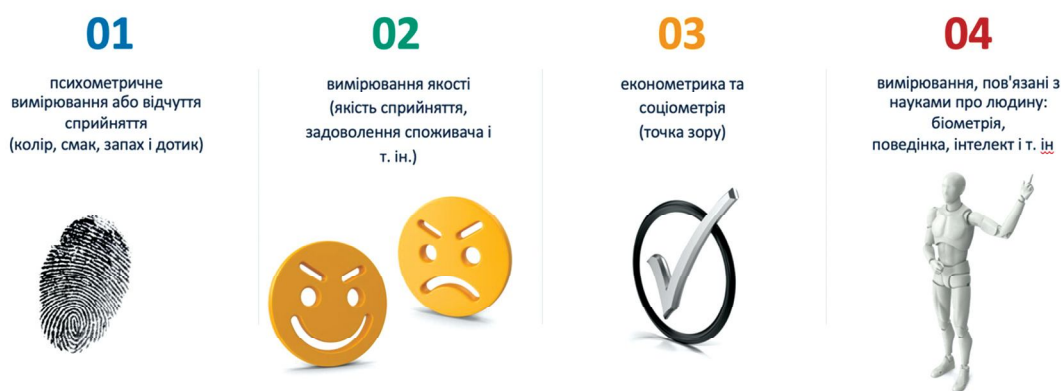


Рис. 3. Вимірювання людських почуттів – «делікатна метрологія»

MODERN PHOTOMETRY

© Leonid Nazarenko, 2019

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Ukraine),
e-mail: leonnaz@ukr.net

There are two features of light that make it very different fundamental quantity from all others.

First, light is defined in terms of human retinal sensitivity of electromagnetic radiation. Second, no other fundamental quantity is administrated by two agencies: CIDM and CIE.

CIE formally recognizes several luminous efficiency functions.

Each of these CIE-sanctioned functions can be used to calculate the luminous intensity generated by a practical light source while using the same definition of unit using equation:

$$1\text{cd}=1/683 \text{ W/cr } 540\cdot 10^{12} \text{ Hz}$$

$V(\lambda)$ was developed from a particular set of human visual psychophysical studied performed in the 1920s.

The each benefit efficiency function represent how electromagnetic radiation incident an the human and processed by the brain's neural apparel is weighted while performing a specific visual or nonvisual task. These a not spectral efficiency functions based upon photoreceptor responses alone. Since these different benefit efficiency functions weight electromagnetic radiation differently each would be used to deliver a specify design benefit, there by delivering maximum value from a lighting system.

$V(\lambda)$ is thus among these benefit efficiency functions, but it should only be applied when, for example, high visual acuity by the fovea is the equated benefit from the lighting system (eg. surgery).

CIE 191:2010 Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance Bridges the gap between thecae photopic and scotopic standard photometric observer functions.

Defines the spectral luminous efficiency functions to be used is the mesopic region.

Provides a system for precise determination of photometric quantities for all types of luminous source at all levels.

Lighting standards that rely on colorimetry (which are in fact, all of them) cannot be expected to accurately describe color appearance.

Therefore, to have most valuable lighting we should not rely exclusively on CRI and CCT when trying to maximize color information.

THE PLANCK BALANCE – CALIBRATION OF E2 MASS STANDARDS USING THE NEW DEFINITION

© Thomas Fröhlich, 2019

Technische Universität Ilmenau

The kilogram, which was originally defined as the weight of a litre of water, was the last SI unit that was defined by a material artefact. Thus, a small cylinder with height and diameter of about 39 mm, made of a platinum-iridium alloy defined the primary standard of mass for a long period of time. All calibrations of balances, all weighing, all force, all torque and power measurements were are traceable through a hierarchy of mass standards all traceable to this artefact, called ‘International Prototype of the Kilogram (IPK)’. In order to practically realize this traceability chain of mass to the IPK a number of mass comparisons using mass comparators and mass standards was necessary. Each comparison goes along with a measurement uncertainty, so that the measurement uncertainty of a mass under test is increasing with decreasing hierarchical order. As the IPK defines exactly 1 kg, with zero measurement uncertainty, the smallest relative measurement uncertainty can be reached for nominal mass value of one kilogram. For lower or higher mass values the relative measurement uncertainty will increase due to further comparison steps necessary to derive these mass values. National Prototypen of the Kilogram (NPK), which are made of the same Pt-Ir alloy as the IPK have a typical measurement uncertainty of 5 μg ($k=2$). Kilogram Prototypes made of stainless steel already have a measurement uncertainty of 15 μg ($k=2$) which higher than that of NPKs mainly due to air buoyancy effects. In November of 2018 the General Conference on Weights and Measures (CGPM) has decided the new SI, including the redefinition of the kilogram.

The kilogram is now be defined by fixing the numerical value of the Planck constant h , with zero uncertainty:

“The kilogram, symbol kg, is the SI unit of mass. It is defined by taking the fixed numerical value of the Planck constant h to be $6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$ when expressed in the unit J s, which is equal to $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$, where the metre and the second are defined in terms of c and $\Delta\nu\text{Cs}$.”

The value of the Planck h constant that is used in the definition is the truncated and rounded CODATA 2017 value. This value was determined to lowest measurement uncertainty via two experiments: the X-Ray Crystal Density (XRCD) method and the Kibble balance. The Kibble balance compares mechanical force with virtual electrical power. These experiments used well calibrated mass artefacts traceable to the IPK to determine h . Today, after the redefinition the same experiment can be used to determine the mass value of an artefact from the Planck constant. The Kibble balance describes a primary method of realizing the new kilogram. The redefinition offers a new way to calibrate mass standards, as, by means of a Kibble balance, masses of any value and derived quantities as force, torque and density are directly traceable to the Planck constant. With the new definition, there is no longer the need to establish a mass scale beginning from a nominal value of 1 kg.

The principle of the Kibble balance, as it is used today, was first proposed by Bryan Kibble in 1976. Comparing mechanical force with electromagnetic force is possible by using a load cell with electromagnetic force compensation (EMFC) was first described by Theodor Gast already in the 1940s. Today, an EMFC is the state-of-the-art in high-precision weighing technology used in precision scales and electronic mass comparators. The weight of a mass that is placed on the weighing pan of an EMFC load cell is compensated by an electromagnetic force. This electromagnetic force is produced by a coil-magnet system. The equation for this set-up is $mg = B \cdot l \cdot I$, where m denotes the mass of the weight, g the local acceleration due to gravity, B the magnetic flux density, l the length of the coil, and I the electrical current. The calibration of EMFC load cells is done by

loading the weighing pan with a mass standard being traceable to the old definition, thus the IPK. The step towards the Kibble balance is the introduction of a second mode in the weighing process, in order to link the calibration step with mass standards to the electrical units. Kibble proposed to determine the so-called 'geometrical factor' $B \cdot l$ by moving the coil in the magnetic field of the permanent magnet with a velocity v . This induces a voltage V in the coil that can be measured with high accuracy using Josephson-Voltage-Standards. The current I can be measured using high-precision resistors traceable to a quantum Hall resistor and again a Josephson-Voltage-Standard. The measurement of the electrical quantities voltage and resistance establish the link between the mass and the Planck constant via the Josephson constant and the von Klitzing constant.

This Kibble balance principle is one of two suggestions in the 'Mise en Pratique' for the future realization of the kilogram. The second one is via the XRCD. As a consequence, each experiment that follows this principle of comparing mechanical force and virtual electrical power is a primary method for realizing the SI-units kilogram and newton. Moreover, the link between the mass and the Planck constant is valid for any mass value, not only for 1 kg. EMFC load cells usually cover several decades of mass values. By calibrating $B \cdot l$ as proposed by Kibble the EMFC can be used as a primary realisation of the kilogram for any mass value within its mass range.

The **Planck Balance** (PB) is an electronic mass comparator, which allows the calibration of weights in a continuous range from 1 mg to 100 g using a fixed value of the Planck constant, h . It uses the physical approach of Kibble balances that allow the Planck constant to be derived from the mass. Using the Planck-Balance no calibrated mass standards are required during the calibration of mass standards any longer, because all measurements are traceable via the electrical quantities to the Planck constant h , and to the meter and the second. This allows a new type of balance after the redefinition of the SI-units on 20th of May 2019. In contrast to many scientific oriented developments of Kibble balances, the Planck Balance is focused on robust and daily use. The Planck Balance will allow relative measurement uncertainties comparable to the accuracies of class E2 mass standards, as specified in OIML Recommendation R 111-1. The Planck Balance is developed in a cooperation of the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) and the Technische Universität Ilmenau in a project funded by the German Federal Ministry of Education and Research.

СЕКЦІЯ 1

**МЕТРОЛОГІЯ,
ЯКІСТЬ,
СТАНДАРТИЗАЦІЯ
ТА СЕРТИФІКАЦІЯ**

СТАН МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПЕКТРОМЕТРІЇ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЕННЯ В УКРАЇНІ

© Руслан Берестов¹, Наталія Гоц², 2019

¹ДП “Київоблстандартметрологія”, провідний інженер, Berestov_Ruslan@i.ua

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, ivt@lpnu.ua

Характерною рисою другої половини ХХ століття стало стурбованість світового суспільства про можливу несприятливу дію іонізуючого випромінювання на здоров'я людини та об'єкти живої природи. Але не дивлячись на широкий спектр використання радіоактивності в корисних цілях, існує й негативна сторона – надлишковий вплив ІВ може призвести до опіків, променевої хвороби, смерті, захворювання на рак, виникнення пухлин та генетичних мутацій. Тому актуальними є завдання контролю рівня, складу та енергії ІВ об'єктів навколишнього середовища, продуктів харчування, ґрунтів, аналізу чистоти радіонуклідної сировини з метою виявлення домішок радіонуклідів, контролю в атомній енергетиці ступеня вигорання твелів, визначення вмісту природних радіоактивних речовин в руді, природних та техногенних радіонуклідів в живих організмах, тощо.

Це послужило основою розвитку не тільки методів та засобів вимірювання параметрів іонізуючого випромінювання, а також розвитку прикладної спекторметрії іонізуючого α -, β -, γ – випромінювання та її метрологічного забезпечення.

Нормативне забезпечення спекторметрії ІВ. На сьогодні в Україні існує ряд нормативних документів, які регламентують МЗ спекторметрії іонізуючого випромінювання. У 2014 році відповідно до Закону України "Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності" та на виконання статті 56 Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, методом підтвердження було прийнято ряд європейських та міжнародних нормативні документів, як національних стандартів України, серед них кілька стандартів в області спекторметрії іонізуючого випромінювання.

З 01 січня 2019 року наказом ДП “Укр НДНЦ” “Про скасування національних стандартів, які розроблені на основі міждержавних стандартів, що розроблені до 1992 року, та міждержавних стандартів в Україні, що розроблені до 1992 року” було відмінено ряд стандартів, серед них декілька по спекторметрії. Це створює передумови для розроблення нових стандартів в даній галузі, зокрема на методи калібрування спекторметрів різних видів, методи оцінювання невизначеності еталонних засобів вимірювання і результатів вимірювання. Також у окремих видах метрологічної діяльності, зокрема, при виконанні робіт за міжнародними проектами, при акредитації випробувальних та калібрувальних лабораторій згідно з ДСТУ ISO/IEC 17025-2006, при постачанні продукції та наданні послуг згідно з вимогами закордонного замовника, при міжнародному звіранні національних еталонів тощо, необхідно надавати звіти про результати вимірювання з встановленням їх невизначеності. Тому питання, які пов'язані з визначенням видів та методів оцінювання результатів вимірювання засобами вимірювальної техніки, відносяться до важливих науково-технічних задач, актуальність яких полягає у гармонізації вітчизняних нормативних документів в галузі метрології та метрологічного забезпечення з європейськими щодо переходу на невизначеність вимірювання.

Технічне забезпечення спекторметрії ІВ. Для забезпечення єдності вимірювань характеристик іонізуючих випромінень і їх джерел в Україні створено 10 Державних первинних еталонів, зокрема:

- державний первинний еталон одиниці об'ємної активності радону-222;
- державний первинний еталон одиниці активності радіонуклідів;
- державний первинний еталон одиниці потоку та густини потоку нейтронів;
- державний первинний еталон одиниць потужності поглинутої та еквівалентної дози нейтронного випромінювання;
- державний первинний еталон одиниць поглинутої дози, потужності поглинутої дози рентгенівського та гамма-випромінювань;
- державний еталон одиниць еквівалентної дози, потужності еквівалентної дози рентгенівського та гамма-випромінювань;
- державний еталон одиниць експозиційної дози, потужності експозиційної дози рентгенівського і гамма-випромінювань;
- державний первинний еталон одиниць об'ємної активності альфа-випромінюючих аерозолів;
- державний первинний еталон одиниць об'ємної активності бета-випромінюючих аерозолів;
- державний первинний еталон одиниць об'ємної активності гамма-випромінюючих аерозолів.

Метрологічні характеристики цих еталонів знаходяться на рівні метрологічних характеристик національних еталонів таких країн як Англія та Німеччина, що підтверджується регулярними міжнародними звіряннями еталонів. Державні первинні еталони зберігаються в ННЦ “Інститут метрології”.

Наукове забезпечення спектрометрії ІВ. Методи визначення параметрів ІВ полідаються на дозиметричний (визначають інтенсивність іонізуючих випромінювань, їх вплив на матеріали та біологічні тканини), радіометричний (визначають сумарні активності радіоактивних речовин) та спектрометричний методи.

Для визначення радіонуклідного складу, активність окремих видів радіонуклідів, їх питомої активності, дослідження джерел випромінювання, визначення сталої розпаду, періоду напіврозпаду, абсолютних виходів випромінювань певних радіонуклідів використовують саме спектрометричний метод. Для дослідження моноенергетичного випромінювання, яке супроводжує радіоактивний розпад (α -, γ - випромінювання) за енергетичним спектром безпосередньо визначається енергія ІВ. У випадку коли ІВ має безперервний розподіл за енергією при β -розпаді, то ІВ характеризується максимальною чи середньою енергією ІВ.

Предметом спектрометрії іонізуючих випромінювань є вивчення та аналіз енергетичних спектрів випромінювання джерел іонізуючого випромінювання. За характером завдань, які можна розв'язати методами спектрометрії ІВ, можна умовно виділити дві групи: задачі фундаментального плану та задачі прикладного плану.

1. Фундаментальні задачі спектрометрії ІВ: визначення та уточнення ядерно-фізичних характеристик різних радіонуклідів з метою уточнення або побудови схем розпаду радіонуклідів.

2. Прикладні задачі спектрометрії ІВ: визначення ізотопного складу джерела ІВ для проведення якісного аналізу; визначення кількості цього радіонукліда та об'ємних і питомих активностей проб для проведення кількісного аналізу джерел ІВ.

1. Закон України “Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання”

2. Закон України “Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку”

3. Грабовський В. А. Прикладна спектрометрія йонізуючих випромінювань: Навч. посібник. – Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 296 с.

4. Брегадзе Ю.И., Степанов Э.К., Ярына В.П.. Прикладная метрология ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат, 1990. 264 с.

5. Измерение активности радионуклидов: справочное пособие /М.Ф. Юдин, Н.И. Кармалицин, А.Е. Кочин [и др.]; под ред. Ю.В. Тарбеева. Л.: ВНИИМ, 1997. 397 с.М.Ф., Кармалицин Н.И., Кочин А.Е. и др. С.-Пб. 1997.

ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ МИЙНИХ ЗАСОБІВ

© Олексій Веренікін¹, Юлія Слива², 2019¹Національний університет біоресурсів і природокористування України (Київ, Україна),
здобувач, verenikin@delamark.ua²Національний університет біоресурсів і природокористування України (Київ, Україна),
к.т.н., доцент, yuliia_slyva@ukr.net

Вимоги споживача щодо якості продукції невинно зростають, тому потрібно вживати заходів для її покращення. Віктор Михайлович Ситниченко стверджує, що може бути покращено те, що може бути виміряне і подане у математичних виразах чи моделях [2].

Сьогодні стрімко розвиваються методи оцінки із застосуванням біоіндикаторів. Результатом проведення такої оцінки є виявлення кількісного вмісту того чи іншого компонента у продукції і подальше порівняння з гранично допустимими нормами чи нормативними значеннями того чи іншого рівня якості. Такий шлях достатньо трудомісткий та негативно впливає на оперативність контролю якості. Завданням автора було знайти метод, який дав би змогу швидко та якісно оцінити відповідність продукції та запропонувати відповідний метод контролю. У такий спосіб з'явилася наукова гіпотеза доцільності застосування швидких електричних методів, одним з яких є метод вимірювання електричної провідності об'єкта контролю.

За мету було поставлено побудувати математичні моделі залежності компонентів мийних засобів від параметрів комплексної провідності для реалізації оперативної оцінки продукту за результатами контролю з використанням імітансного методу.

Дослідження проводили з одним і тим самим первинним перетворювачем, який характеризує геометричні розміри електродів. Далі встановлювали залежність сигналу відгуку від мийних засобів та частоти тестового сигналу [1]. Після проведення досліджень із зразками мийних засобів отримано величини активної та реактивної складових комплексної провідності, які дали змогу побудувати графіки та побачити необхідні залежності.

На рисунку 1 показано залежність активної складової провідності G та реактивної складової провідності B від частоти тестового сигналу f для різних мийних засобів рідкої консистенції.

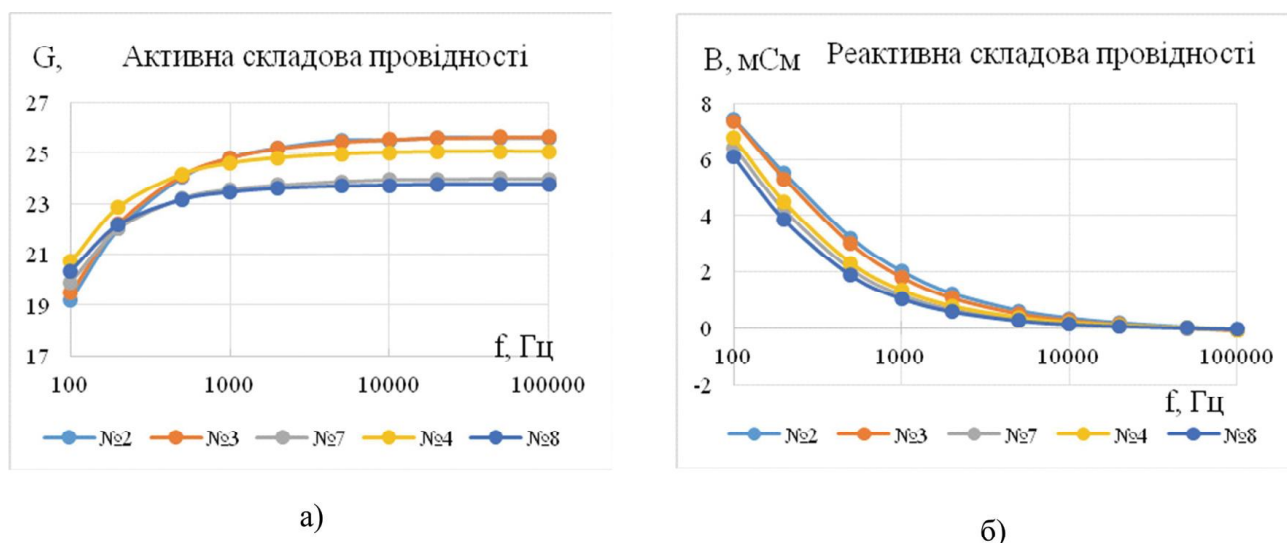


Рис. 1. Частотні залежності: а) – активної складової провідності G ; б) – реактивної складової провідності B для фіксованих значень H для рідких мийних засобів

На рисунку 2 показано залежності активної та реактивної складових провідності від частоти тестового сигналу F для різних порошкових мийних засобів.

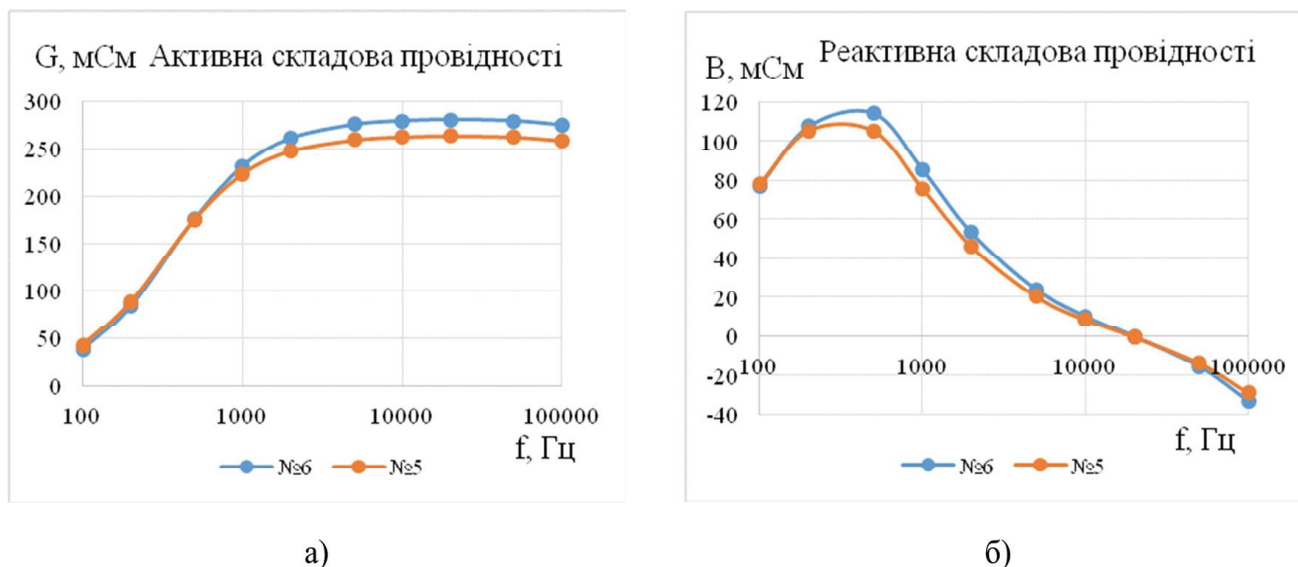


Рис. 2. Частотні залежності: а) – активної складової провідності G ; б) – реактивної складової провідності B для порошкоподібних мийних засобів

З поданих на рисунках 1 і 2 частотних залежностей складових комплексної провідності G та B для різних мийних засобів видно, що зі зростанням частоти сигналів, сигнали відгуків майже збігаються. Дослідження можливості оцінювання мийних засобів за значенням напруги тестових сигналів U , їхньої частоти F і константи K , що характеризує геометричні розміри сенсора при фіксованому значенні компонентів мийних засобів показали, що зміна сигналу відгуку для досліджуваної системи не залежить від зміни значень тестової напруги. Це свідчить про відсутність залежностей і незручність використання методу для оцінки мийних засобів з покращеними екологічними характеристиками.

Отже, найефективнішим методом оцінки і контролю якості мийних засобів є екологічне маркування. Він передбачає лабораторне визначення найважливіших показників, які характеризують мийні засоби, та порівняння їх з відповідними вимогами чи гранично-допустимими межами. Такий підхід уповільнює оперативність проведення але його застосування більш коректне у порівнянні з математичними методами оцінки і контролю мийних засобів.

1. Походило Є. В., Столярчук П. Г. Імітансний контроль якості: [монографія]. Львів, 2012. 161 с.

2. Ситниченко В. М. Тенденції якості у новому тисячолітті. Стандартизація. Сертифікація, якість. 2000. № 4. С. 48-51.

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ В ОРГАНІЗАЦІЯХ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

© Інна Голінка, 2019

Український державний науково-дослідний інститут “Ресурс” Державного агентства резерву України (Київ, Україна), начальник відділу науково-технічної інформації та стандартизації, golinka_inna@ukr.net

З розвитком суспільства суттєву увагу мають конкурентні переваги, що базуються на науково-технічних досягненнях, розвитку людського інтелекту, інноваціях тощо. Динаміка наукового і інноваційного розвитку визначається процесом передачі знань і технологій. Саме це обумовлює зростання значення інформаційної та комунікаційної функцій стандартизації в сучасних умовах.

Прийнятий Закон України «Про стандартизацію» у 2001 році встановив суб'єкти, які мають право їх розробляти стандарти організації. Одним з прикладів стандартизації в організаціях, з достатньою практикою використання, є галузеві системи стандартизації. Засади галузевих систем стандартизації в Україні створено в Мінпромполітики України, Міністерстві аграрної політики України, Міністерстві з питань житлово-комунального господарства України, Національному аерокосмічному агентстві України, Міністерстві транспорту України тощо. Слід відзначити, що аналіз основоположних стандартів галузевих систем стандартизації показав: вони містять положення щодо усталеної практики розроблення, викладення та впровадження стандартів дублюючи положення національної системи стандартизації; відсутні науково-методичні засади розвитку стандартизації в галузях.

На нашу думку, система стандартизації в організації повинна: 1. мати структуру, тобто складатися з упорядкованої множини складових елементів; 2. бути цілісною, тобто елементи повинні бути взаємопов'язані; 3. мати визначені межі системи, щоб встановити зовнішні фактори; 4. бути в складі більшої системи; 5. володіти набором функцій з чіткою цільовою настройкою; 6. володіти життєздатністю і властивостями саморозвитку.

Пропонуємо наступну процедуру проектування системи стандартизації в організаціях на основі системного підходу та теорії системного синтезу структур:

1. Формування системної моделі
2. Визначення цілей і завдань
3. Розробка критеріїв результативності та ефективності
4. Визначення взаємодії із середовищем
5. Аналіз структури і розподілення завдань по елементам структури
6. Визначення функцій системи і її елементів
7. Синтез завдань і визначення функцій системи
8. Розподіл функцій і визначення структури
9. Визначення алгоритмів, процесів і процедур в системі
10. Оцінка результативності та ефективності
11. Опис системи (підсистем, елементів, зв'язків, процесів, процедур і ін.)
12. Заходи по впровадженню системи
13. Заходи вдосконалення та розвитку системи

Запропонована процедура проектування є універсальною, але сформовані в організації системи будуть унікальними та адекватними до їх потреб.

1. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб. пособие для вузов/Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высш.шк., 2004 – 616 с: ил.

2. Системный анализ в управлении: / В.С. Анфилов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин; Под ред. А.А. Емельянова. - М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с: ил.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙ

© Алла Гунькало, 2019

Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, alla.v.hunkalo@lpnu.ua

Для організацій, які працюють в умовах невизначеності, актуальним є оцінювання впливу цієї невизначеності на результати діяльності. Практики з багатьох країн світу, які увійшли в склад міжнародної організації зі стандартизації ISO, рекомендують використовувати ризик-орієнтований підхід в управлінні якістю задля досягнення сталого успіху. Тобто визначати чинники, які можуть спричиняти відхилення процесів і системи управління якістю від запланованих результатів, оцінювати вплив невизначеностей на результати діяльності та на здатність забезпечити досягнення встановлених цілей.

Управляти ризиками можна за допомогою відомого циклу PDCA, реалізуючи наступні етапи:

- ідентифікування ризиків і можливостей;
- оцінювання ризиків і можливостей;
- аналізування і розподіл за пріоритетністю ризиків і можливостей (прийнятних і неприйнятних);
- планування заходів щодо управління ризиками;
- реалізація плану дій;
- оцінювання результативності вжитих дій та повторне оцінювання ризиків;
- вдосконалення процесів – постійне поліпшення.

Є різні способи управління ризиками:

- порівняльні, де використовуються, наприклад, відомості перевірок, дані експлуатації обладнання тощо;
- фундаментальні, де використовується прогнозування та знання фахівців. Наприклад, метод HAZOP – дослідження небезпеки і пов'язаної з нею проблеми, метод FMEA – аналізування видів і наслідків відмов;
- логічні діаграми можливих наслідків певних подій (логічні діаграми «дерева подій»);
- експертні, наприклад метод Делфі, який найбільш доцільний для оцінювання окремих ризиків і проекту загалом, тобто оцінювання ймовірності настання ризикових подій, величини втрат тощо.

Аналізуючи методи оцінювання ризиків, що описані в стандартах ISO серії 31000, можна виділити такі, що дають можливість:

- враховувати не тільки негативні впливи на результати діяльності, а й позитивні (можливості) – дерево рішень, галстук-метелик, індекси ризику, аналіз ефективності витрат, мультикритеріальний аналіз рішень;
- застосовувати методи для різних категорій ризиків (технічних, економічних, інформаційних тощо) – аналіз причин і наслідків, галстук-метелик, індекси ризику, мультикритеріальний аналіз рішень.

Слід враховувати, що методи містять різний рівень суб'єктивності, а відповідно і різний вплив на результати оцінювання. Наприклад, дерево рішень – незначний вплив; аналіз причин і наслідків та аналіз ефективності витрат – помірний; аналіз галстук-метелик, індекси ризику, мультикритеріальний аналіз рішень – сильний.

EVALUATION OF THE INSTANTANEOUS POWER MEASUREMENT UNCERTAINTY IN A SYSTEM FOR NON-DESTRUCTIVE BEARING DIAGNOSTIC

© Ariel Dzwonkowski, 2019

Gdańsk University of Technology, Poland, assistant professor, Ph.D., lecturer,
ariel.dzwonkowski@pg.edu.pl

One of the key issues in the process of supervising the operation of induction motors is their reliability. Based on statistical data, it can be concluded that damages of bearings are the most frequent cause of failure of this type of machinery.

Nowadays, non-invasive measurement methods are used for the rolling bearings diagnostics in induction motors. In the method used to diagnose the bearings, the research is based on the calculation of the product of instantaneous values of current and voltage, then a spectral analysis of the obtained signal and determination of characteristic frequencies for damage, for later identification in the instantaneous power spectrum [1]. The characteristic frequencies of failures are calculated on the basis of information on the structure and geometry of the bearing as well as the rotational speed, using the formulas known from the literature [2]. These components can be used as a diagnostic indicator, on the basis of which it will be possible to assess the technical condition of bearings in induction motors. In the present method, diagnostic measurements are carried out by taking the signal, which is a measure of the voltage and current supply.

According to the guidelines of modern metrology, it is necessary to determine what measurement uncertainty can be expected by measuring physical quantities under specific conditions [3-5]. The aim of the metrological analysis of the system for non-invasive bearing diagnostics based on measurements and analysis of the instantaneous power signal was to estimate the value of measurement uncertainty during the bearing tests presented by the method.

To estimate the uncertainty of instantaneous power measurement it is necessary to determine three parameters: the variance of the current measurement, the variance of the voltage measurement and the correlation coefficient between current and voltage.

Based on the calculations, it can be concluded that the values of random component, related to the uncertainty determined by the Type A method and systematic, calculated by the Type B method are similar. The result of the instantaneous power measurement for the motor with the damaged outer race of the bearing at a voltage of 224.1 V and the current value of 1.97 A can be represented as: $p = (441.5 \pm 19.2)$ VA. Although the uncertainty of instantaneous power measurement amounts to several percent of the measured value, the estimated measurement uncertainty does not prevent the presented system from being used for non-destructive diagnostics of rolling bearings.

1. Dzwonkowski A.: *Metoda diagnostyki łożysk na podstawie analizy przebiegów prądu I napięcia zasilającego silnik indukcyjny*. Politechnika Gdańska: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2018, 105 s., ISBN 978-83-7348-726-0

2. Martinez-Morales J. D., Palacios E., Campos-Delgado D. U.: *Data fusion for multiple mechanical fault diagnosis in induction motors at variable operating conditions*, 7th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE 2010) Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. September 8-10, 2010.

3. *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement - JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections, First edition, September 2008*

4. Tomašević N., Tomašević M., Stanivuk T.: *Regression analysis and approximation by means of Chebyshev polynomial*, Informatologia 42, 2009., 3, 166-17

5. Golijanek-Jędrzejczyk A., Świsulski D., Hanus R., Zych M., Petryka L.: *Uncertainty of the liquid mass flow measurement using the orifice plate*, Flow Measurement, and Instrumentation, vol. 62, (2018), s.84-92.

INTEGRATION OF THE QUALITY MANAGEMENT AND THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SUBSYSTEMS INTO THE GENERAL MANAGEMENT SYSTEM OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF PHARMACY

© *Viktoria Zhurenko, 2019*

National University of Pharmacy (Kharkiv, Ukraine), Assistant, zhur@nuph.edu.ua

In the process of globalization of the world economy and European integration of Ukraine, it is necessary to apply international standards, technical regulations, conformity assessment, and market surveillance procedures to remove barriers to the exchange of goods and services, to improve the quality and competitiveness of enterprises.

In Ukraine, there is a legal basis for the introduction of international standards, in particular, from January 01, 2016, some European and international standards are used in Ukraine instead of national standards, forcing companies and organizations to revise management strategies and focus on continuous quality improvement, implementation of stakeholder requirements, environmental protection and sustainable development.

Active introduction of international standards ISO create conditions for the implementation of Integrated Management Systems (IMS), which function in the organization as a whole, meet two or more international standards for management systems and target different stakeholders.

The organizational and methodological basis for the construction of ICS is the international standards of the IMS 9000 series, which formulate the basic concepts and principles that are most consistent with the concepts and principles of general management, and therefore extremely required [1]. The most common practice is to develop an IMS that integrates quality management systems (QMS) based on the requirements of ISO 9001 and the environmental management system (EMS) based on the requirements of ISO 14001.

The main advantage of the new versions of ISO 9001 and ISO 14001 is that the same requirements are set out in similar clauses in both standards, thanks to the introduction of the ISO standard for the development of standards with the same high-level structure (HLS).

There are quite a few common requirements of ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 that can be met through minor adaptation through a single process or a document [2]-[3]. The general requirements of ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 apply to the context of the organization; leadership; goals; risks and opportunities; support; staff evaluation; improvements. The ISO 9001:2015 standard places particular demands on quality and customer satisfaction policies. In turn, ISO 14001:2015 puts some requirements into environmental policy; monitoring of environmental aspects of the institution; compliance with the environmental commitments made by the organization; emergency preparedness and response.

The analysis of information from open sources, the official site of NUPh provides sufficient reason to conclude that a large number of environmental issues are addressed by the university in its activities. At this stage, it may be advisable to conduct an environmental audit and update the systematic components of the University's environmental management, in particular, the development of a regulatory document "Environmental Policy of NUPh".

The environmental policy requirements are outlined in the International Standard for Environmental Management Systems ISO 14001, in particular, paragraph 5.2 states the following: "Top management must establish, implement and maintain an environmental policy that is within the scope of the environmental management system:

- a) be consistent with the objectives and context of the organization, including the nature, scale and environmental impact of its activities, products, and services;
- b) provide a basis for setting environmental goals;

c) includes commitments to protect the environment, including pollution prevention and other specific commitments that are important in terms of the context of the organization.”

A certified QMS has been implemented in NUPh, which was developed in accordance with the requirements of DSTU 9001:2009 and introduced in 2015. NUPh recertification audit of the requirements of the international standard ISO 9001:2015 (DSTU ISO 9001:2015) was held in April 2018.

Based on the fact that NUPh has already developed, implemented and certified QMS that meets the requirements of DSTU ISO 9001: 2015, it is advisable to consider the standard as a basic and apply an additive approach to integrate EMS in accordance with the requirements of ISO 14001, and to supplement other systems management.

Integration can occur by incorporating the University's environmental policy requirements into the existing quality and sustainable development policies or other priority areas of the University's activities. A list of steps and requirements that must be fulfilled for successful certification for ISO 9001 and ISO 14001 standards are provided in the White Paper methodical guide “How to integrate 2015 revisions of ISO 9001 and ISO 14001” [4].

In its activities, NUPh applies a process approach to governance. The NUPh management has identified the appropriate processes, developed the process tree of the QMS, established the relationship between the processes and ensured their management, as well as the conditions for their continuous improvement and improvement of the performance indicators. Based on the analysis of the NUPh QMS process model and in order to comply with the requirements of ISO 14001 on environmental aspects of the NUPh activities, it is proposed to introduce an environmental monitoring process aimed at monitoring and assessing the environmental impact of the NUPh activities. This process involves decomposition into two sub-processes: “Identification and Ranking of Environmental Aspects” and “Emergency Preparedness and Response”.

Summarizing the above, it is important to emphasize that the integration of QMS and EMS into the overall NUPh management system will provide:

- implementation of the NUPh Environmental Policy;
- integration of the EMS into the existing QMS, management procedures and the overall management system of the university, which will give grounds for an organic integration of the goals of quality and ecology, sustainable development of the university
- EMS certification in accordance with the requirements of ISO 14001: 2015;
- use of a process approach and risk-oriented thinking; identifying the leadership of relevant leaders in their areas of responsibility; encouraging staff to take an active role in the NUPh's environmental and sustainability commitments;
- enhancing NUPh's image and business reputation, stakeholder loyalty and enhancing NUPh's long-term competitiveness at different levels of perception.

Therefore, it can be argued that the integration of QMS and EMS into the overall NUPh management system will contribute to the achievement of NUPh's strategic goals.

1. *Quality management systems. Terms and Glossary (ISO 9000:2015, IDT): ДСТУ ISO 9000:2015. – [Replacing ДСТУ ISO 9000:2007; Valid from 2016-07-01]. – К.: State Enterprise "UkrNDNC", 2016. – 44 p. – (National Standard of Ukraine).*

2. *Quality management systems. Requirements (ISO 9001: 2015, IDT): ДСТУ ISO 9001: 2015. – [Replacing ДСТУ ISO 9001:2009; effective 2016-07-01]. – К.: State Enterprise “UkrNDNC”, 2016. – 24 p. – (National Standard of Ukraine).*

3. *Environmental management systems. Application Requirements and Guidelines (ISO 14001: 2015, IDT): ДСТУ ISO 14001:2015 [Replacing ДСТУ ISO 14001:2015; Valid from 2016-07-01]. – К.: State Enterprise "UkrNDNC", 2016. – 30 p. – (National Standard of Ukraine).*

4. *White paper «How to integrate 2015 revisions of ISO 9001 and ISO 14001» [Electronic resource] Access mode: <http://info.advisera.com>*

ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОСТЕЖУВАНOSTІ ВИМІРЮВАНЬ ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ

© Світлана Ковтун, 2019

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України; д.т.н., KovtunSI@nas.gov.ua

Предметні сфери використання вимірювань поверхневої густини теплового потоку достатньо різноманітні. Зокрема, у будівельній галузі за їх допомогою проводять контроль якості будівельних матеріалів; контроль локальних та трансмісійних тепловтрат огорожувальних конструкцій будівель, в медицині – діагностику різних захворювань у травматології, онкології, тощо; визначення теплового комфорту тіла в певному положенні та ситуації; в космічних дослідженнях визначають тепловий стан об'єктів; в теплоенергетиці – контроль локальних тепловтрат та визначення якості теплоізоляції трубопроводів, контроль інтегральних тепловтрат об'єктів енергетики під час експлуатації та інше. Для реалізації вимірювань застосовують як контактні сенсори теплового потоку, так і приймачі теплового випромінювання.

Для метрологічного забезпечення приймачів теплового випромінювання в ННЦ «Інститут метрології» (м. Харків) створено Державний еталон одиниці енергетичної освітленості некогерентним випромінюванням ДЕТУ 11-01-96, призначений для відтворення та передавання одиниці густини потоку оптичного випромінювання в діапазоні (10 ... 105) Вт/м². Калібрування робочих засобів вимірювальної техніки відбувається на вторинному еталоні, в якому значення одиниці вимірювання відтворюється в діапазоні (400 ... 1360) Вт/м². Крім того, особливості конструкції вказаних еталонів не дозволяють проводити калібрування засобів вимірювання, які мають розмір вхідної діафрагми більше 8 мм, що обмежує застосування значної кількості приймачів теплового випромінювання, та унеможлиблюють калібрування контактних засобів вимірювання.

Для контактних засобів вимірювання в ІТТФ НАН України створено еталонну установку УВТ-1, яка призначена для дослідження метрологічних характеристик сенсорів теплового потоку в діапазоні (100 ... 20 000) Вт/м².

Слід відмітити, що в силу відмінності способу відтворення теплової енергії в УВТ-1 та в ДЕТУ, їхнє звірення наразі неможливе. Все це не сприяє єдності вимірювань поверхневої густини теплового потоку в країні.

Важливим аспектом забезпечення єдності вимірювань поверхневої густини теплового потоку є простежуваність результатів вимірювання до Міжнародної системи одиниць, аби вимірювання у всьому світі були сумісними.

Метрологічна простежуваність – це властивість результату вимірювань, яка полягає у тому, що цей результат має бути пов'язаний з еталоном через документально підтверджений ланцюг калібрування, кожне з яких робить свій внесок у невизначеність вимірювання.

Відмінною особливістю еталонування поверхневої густини теплового потоку є те, що одиниця вимірювання є нематеріальною мірою і реалізуються у вигляді потоку теплової енергії лише на момент проведення експерименту.

Враховуючи можливі способи одержання одиниці вимірювання поверхневої густини теплового потоку є два способи реалізації простежуваності результатів вимірювання:

- поелементна простежуваність до основних одиниць фізичних величин SI, що одержуються прямими вимірюваннями та за результатами яких розраховуються значення густини теплового потоку та оцінки їх невизначеності;

- простежуваність до національного еталону енергетичної освітленості некогерентним випромінюванням за допомогою методу звірення.

Поелементна простежуваність в практичній реалізації встановлюється відповідно до простежуваності величин, що входять до рівняння опосередкованих вимірювань поверхневої густини теплового потоку. При цьому вважають, що аналітична модель еталону поверхневої густини теплового потоку є всеосяжною і враховує всі фактори, що впливають на невизначеність результату вимірювання, зокрема, таких факторів як параметри системи формування потоку теплової енергії, стабільність підтримання граничних умов вимірювання, особливості розташування досліджуваного засобу у вимірювальному ланцюзі.

Поелементна простежуваність результатів вимірювання поверхневої густини теплового потоку в представлений роботі реалізована для частини діапазону (10...2000) Вт/м², в якій відтворення поверхневої густини теплового потоку здійснено кондуктивним методом. Для цього проведено калібрування приладів та засобів, які застосовані для визначення фізичних величин, що входять до рівняння вимірювання. За їхньою допомогою здійснювався контроль геометричних параметрів системи, визначення вхідних величин та вимірювання вихідних сигналів.

Простежуваність результатів вимірювання за радіаційного способу формування теплової енергії має здійснюватися до національного еталону одиниці вимірюваної величини, а саме до Державного еталону енергетичної освітленості некогерентним випромінюванням.

Для реалізації такої простежуваності запропоновано ієрархічну схему, що може бути застосована при калібруванні та повірці засобів вимірювання поверхневої густини потоку теплового, які використовуються в Україні.

Верхній рівень цієї схеми відведено ДЕТУ 11-01-96. На другий рівень поставлено розроблений в ІТТФ НАН України еталон поверхневої густини теплового потоку за модульним принципом, з діапазоном відтворюваних значень одиниці вимірювання від 1 Вт/м² до 200 000 Вт/м². Третій рівень ієрархічної схеми відведено робочим еталонам: еталонним сенсорам теплового потоку, приймачам теплового випромінювання і еталонним теплотричним установкам, четвертий – робочим засобам вимірювання: приймачам теплового випромінювання, сенсорам теплового потоку й системам на їх основі.

МЕТОД РАНЖИРУВАННЯ ЗА ВЗІРЦЯМИ

© Юрій Козлов, 2019

Харківський національний університет радіоелектроніки (м. Харків, Україна), доцент кафедри метрології та технічної експертизи, кандидат технічних наук, доцент yurii.kozlov@nure.ua

Якісне вирішення питань прийняття рішень складає проблему для підприємств, установ і закладів різних предметних галузей. Вирішити цю проблему можна тільки із застосуванням системи підтримки прийняття рішень (СППР), розробленої засобами сучасних інформаційних технологій. На рис. 1 наведено (DFD-модель системи підтримки прийняття рішень [1] в нотації Гейна-Серсона (Gane-Sarson).



Рис. 1. Контекстна діаграма потоків даних системи підтримки прийняття рішень

Застосування системи підтримки прийняття рішень передбачає виконання низки взаємопов'язаних процедур, виконуваних у довільній послідовності.

Користувачі і адміністратор забезпечують збирання, введення та накопичення даних об'єктів порівняння (ОП) визначених категорій у базі даних, розробляють/ коригують (із залученням експертів) та накопичують у базі знань їх інформаційні моделі. Ознаки моделей для конкретних ОП оцінюють експертним методом приписування балів і накопичують у базі даних. Результати оцінювання ознак ОП обробляються СППР: формуються пропозиції, які подають особі, що приймає рішення. У більшості застосувань система підтримки прийняття рішень надає рейтинговий список об'єктів порівняння.

Рейтинговий ранжируваний список можна формувати двома методами.

Перший передбачає порівняння оціненого стану ОП (або однієї з його складових стану) з відповідним встановленим взірцем. Сутність цього методу полягає в тому, що група експертів оцінює наперед задані ознаки ОП, подані у вигляді інформаційної моделі [2]. Значення оцінок ознак у порядковій чотирибальній шкалі усереднюють за експертами, результати порівнюють із взірцем (ОП, всі ознаки якого дорівнюють п'яти за чотирибальною шкалою) з використанням модифікованого коефіцієнта конкордації [3].

Другий, умовно кажучи, за взірцями реалізується у такий спосіб: визначають кращий за результатом (вимірюваною ознакою) об'єкт-взірець – має місце аналогія з повірочною (калібрувальною) схемою з галузі метрології для мультиметрів – перевірка виконується роздільно за кожним із вимірюваних ознак, метод перевірки – безпосереднє звірення [4]; приклад визначення рейтингу викладачів закладу вищої освіти використанням табличного процесора MS Excel наведено в табл. 1, зміст якої пояснень не потребує.

Таблиця 1

Рейтинг викладачів кафедри (приклад)

Список	Іновації		Наукова робота						Рац- Винахід		Працевтрати		Загальний рейтинг		Ранг
			статті		тези		посібники								
	B _i	K _i	B _i	K _i	B _i	K _i	B _i	K _i	B _i	K _i	D _i	K _i	R _{Σi}	K _{Σi}	
А	1	0,25	2	0,50	2	0,29	0	1,00	2	1,00	0	1,00	3,04	0,83	3
Б	2	0,50	2	0,50	5	0,71	2	0,50	0	0,00	3	0,19	2,21	0,60	4
В	4	1,00	5	1,00	3	0,43	2	0,25	2	1,00	3	0,19	3,68	1,00	1
Г	1	0,25	1	0,20	7	1,00	3	1,00	2	1,00	0	1,00	3,45	0,94	2
Д	3	0,75	4	0,80	4	0,14	1	0,25	0	0,00	7	0,44	1,94	0,53	5
Є	0	0,00	1	0,20	5	0,71	0	1,00	0	0,00	16	0,00	1,91	0,52	6
Ж	1	0,25	2	0,50	3	0,43	3	0,25	1	0,50	0	1,00	1,93	0,52	7
З	2	0,50	3	0,60	3	0,43	2	0,25	0	0,00	3	0,19	1,78	0,48	8

Рейтинговий коефіцієнт i -го викладача за методичну (інноваційну), наукову і раціоналізаторську та винахідницьку роботу визначають таким чином:

- підраховують кількість балів B_i за участь у відповідному заході;
- вибирають максимальне значення $B_{\max} = \max\{B_i\}$ як взірець;
- розраховують $K_i = B_i / B_{\max}$.

Рейтинговий коефіцієнт i -го викладача за працевтратами визначають так:

- підраховують кількість робочих днів D_i , втрачених за різних причин;
- вибирають максимальне та мінімальне значення $D_{\max} = \max\{D_i\}$, $D_{\min} = \min\{D_i\}$ – взірець;
- розраховують $K_i = (D_{\max} + D_{\min} - D_i) / D_{\max}$.

Загальний рейтинг i -го викладача $R_{\Sigma i}$ розраховують як доданок всіх K_i .

Вибирають $R_{\Sigma \max} = \max\{R_{\Sigma i}\}$, який приймають за взірець.

Розраховують коефіцієнт відповідності займаній посаді $K_{\Sigma i} = R_{\Sigma i} / R_{\Sigma \max}$.

Ранг r_i , що визначає місце i -го викладача у списку в порядку зменшення $K_{\Sigma i}$; можна використовувати функцію MS Excel РАНГ з урахуванням її специфіки подання результату.

Метод ранжирування за взірцями реалізовано у вигляді програмного виробу, що пройшов апробацію і може бути застосованим для підтримки прийняття рішень у будь-якій предметній галузі, наприклад, при вирішенні питань комплектування кадрами виробничих та інших підрозділів, а також для моніторингу їх діяльності.

1. DFD методология. Нотация, принципы моделирования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nazametku.com/dlia-raboty/dfd>. – Заголовок с экрана.

2. Козлов В.Є. Методика рейтингового оцінювання для експертного застосування/ В.Є. Козлов, В.Т. Оленченко, І.О. Юзьков // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2009. – Вип. 4 (12). – С. 69–74.

3. Дубровіна В.В. Встановлення узгодженості результатів при розв'язуванні задач експертного оцінювання/ В.В. Дубровіна, В.Є. Козлов, Ю.В. Козлов, О.О. Новикова// Зб. наук. праць Нац. акад. НГ України. – 2014. – Вип. 2(24). – С. 92–94.

4. Шабалин С.А. Прикладная метрология в вопросах и ответах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://padaread.com/?book=23281>. – Загл. с экрана.

МЕХАНІЗМ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ISO 50001 ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

© Олег Костюк¹, Тетяна Бубела², Василь Друзюк³, 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, kostyuk-ou@utg.ua

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, raholuk@ukr.net

³Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, доцент, druzyuk-vn@utg.ua

Аналіз відомих на сьогодні моделей інтегрованої системи менеджменту показав, що це частина загальної системи менеджменту організації, що відповідає вимогам двох чи більше стандартів на системи менеджменту, яка функціонує як єдине ціле і спрямована на задоволення зацікавлених сторін. В даному випадку основною і дуже суттєвою складовою є впровадження та функціонування системи енергетичного менеджменту ISO 50001. На сьогоднішній день ця система є основною при формуванні діяльності з використання паливно енергетичних ресурсів. Вона має системний підхід і дозволяє керувати цією діяльністю на системній основі. Отже, система енергетичного менеджменту ISO 50001 базується на моделі безперервного поліпшення процесів (Цикл Шухарта-Демінга – PDCA). Ця модель включає в себе: 1. Планування (Plan): встановлення енергетичних цілей і процесів для досягнення енергетичних цілей, планування діяльності по досягненню енергетичних цілей і задоволення споживача, планування, виділення та розподілу енергетичних ресурсів; 2. Виконання (Do): виконання запланованих робіт; 3. Перевірка (Check): збір інформації та контроль результативності на основі ключових енергетичних показників, що встановлені під час виконання процесу, виявлення та аналізування причин відхилення; 4. Вплив (Act управління, коректування): прийняття заходів щодо усунення причин відхилення від запланованої енергетичної результативності, управління змінами в плануванні та розподілі енергоносіїв та ресурсів для досягнення цілей.

Функціонування моделі було розглянуто на прикладі комплексу підземного зберігання у вигляді споживання природного газу паливовикористовуючим обладнанням для проведення базової енергетичної лінії при використанні природного газу, як палива.

1. Планування (Plan): встановлення енергетичних цілей на 80% базується на плануванні споживання паливного газу під час роботи газоперекачуючих агрегатів, установки осушування газу (далі УОГ), витрати на котли опалення в процесі закачування та відбирання природного газу та планування впровадження енергозберігаючих заходів для досягнення встановлених цілей та покращення запланованої діяльності.

При плануванні річних витрат природного газу на роботу обладнання, коштів на закупівлю природного газу на один цикл відбирання природного газу нам необхідно знати наступні вихідні дані:

- Номінальну витрату паливного газу на роботу агрегатів, установки осушування газу (працює тільки при відбиранні природного газу з підземного сховища), котлів опалення (не працюють при працюючих агрегатах) (тис.м3/добу);
- Обсяг відібраного природного газу за сезон відбору;
- Час роботи технологічного обладнання (діб);
- Вартість природного газу для промислових споживачів згідно встановлених тарифів (тис. грн.);

2. Виконання (Do): виконання запланованих енергетичних цілей буде виконуватися шляхом розроблення, впровадження та підтримування запланованої діяльності для задоволення інтегрованої системи менеджменту підприємства. При цьому у даній моделі враховуються всі режими роботи газоперекачуючих агрегатів, установки осушування газу та котлів опалення з урахуванням всіх опалювальних площ та ведеться щодобовий моніторинг фактичного споживання природного газу.

3. Перевірка (Check): Під час проведення щодобового моніторингу обсягів витрат енергоносіїв виникає необхідність кінцевого збору, систематизації інформації та контроль результативності на основі ключових енергетичних показників, що одержані під час виконання процесу, виявлення та аналізування причин відхилення. Одним з важливих елементів перевірки результативності енергетичних витрат є внутрішній аудит під час якого виявляються невідповідності, що призвели до відхилення від запланованих показників та усунення їх за допомогою відповідних коригувальних дій.

4. Вплив (Act управління, коректування): після виявлення під час внутрішнього аудиту системи невідповідностей, що призвели до відхилення від планових показників енергетичної результативності, приймаються заходи щодо усунення причин відхилення від запланованої енергетичної результативності, управління змінами в плануванні та розподілі енергоносіїв та ресурсів для досягнення енергетичних цілей.

Дана модель дозволить проводити оперативний моніторинг та аналіз ефективності енергоспоживання та ступінь впливу на довкілля з боку підприємства, проводити постійне покращення циклічного процесу експлуатації обладнання шляхом усунення виявлених чинників, які не дозволяють досягти енергетичних цілей.

НОВІ РОЗРОБКИ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ У ПРОМИСЛОВІСТІ, ЇХ МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА КАЛІБРУВАННЯ НА БАЗІ ЕТАЛОННОГО ЯДЕРНО-КВАДРУПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСНОГО ТЕРМОМЕТРА ЯКРТ-5М

© *Анатолій Леновенко¹, Василь Паракуда², Богдан Павлик³,
Вадим Григоренко⁴, Надія Ковальчук⁵, 2019*

¹Державне підприємство «Науково-дослідний інститут метрології і вимірювальних систем» (ДП НДІ «Система») (Львів, Україна), с. н. с. (НДВ-11), к.ф.-м.н., доцент, nadiakoval1@gmail.com

²ДП НДІ «Система» (Львів, Україна), директор, к.т.н., доцент, vasylyparakuda@gmail.com

³Львівський національний університет ім. І. Франка (Львів, Україна), зав. каф. сенсорної і напівпровідникової електроніки, д.ф.-м.н., професор, pavlyk@electronics.lnu.edu.ua

⁴Фізична особа-підприємець (Львів, Україна), к.т.н., vad_gr@ukr.net

⁵Львівський національний університет ім. І. Франка (Львів, Україна), провідний інженер, nadiakoval1@gmail.com

В доповіді наведено перелік нових (відсутніх в серійному виробництві) приладів, розроблених для вимірювання температури в різних галузях промисловості, які пройшли промислові випробування, та їх метрологічне забезпечення і калібрування з допомогою робочого еталона І розряду ЯКРТ-5М, створеного вперше в Європі колективом авторів на основі ядерного квадрупольного резонансу (ЯКР) і атестованого ННЦ “Інститут метрології”, м. Харків. Аналоги таких приладів розроблені також в США і Японії.

На базі ЯКРТ-5М в ДП НДІ “Система” планується створення державної повірочної схеми для термометрії.

Нижче наведено перелік розроблених засобів вимірювання температури та їх технічні характеристики.

1. Еталонний ядерно-квадрупольний резонансний термометр на сучасному етапі розвитку термометрії є одним із самих точних і стабільних контактних засобів вимірювання температури.

В основу принципу дії термометра покладена температурна залежність частоти ядерного квадрупольного резонансу в кристалах хлорату калію.

Сенсор ядерно-квадрупольного термометра одноразово відградуваний, зберігає високу точність, стабільність і відтворюваність температурних вимірювань на протязі всього періоду експлуатації, не потребуючи періодичної перевірки і калібрування.

Довгострокова стабільність і точність цифрової індикації ЯКР-термометра визначається стабільністю і точністю вимірювання частоти ЯКР цифровим блоком ЯКР-термометра, тобто стабільністю внутрішнього опорного кварцового генератора цифрового блока. В приладі використовується високостабільний термокомпенсований і термостатований бортовий кварцовий генератор ГК-21ТК з номінальною частотою 10 МГц. В процесі довгострокової експлуатації частоту внутрішнього кварцового генератора можна при необхідності підкоректувати в одній із реперних температурних точок (потрійній точці води або точці плавлення галію). Передбачена можливість переключення роботи цифрового блока від зовнішнього генератора (наприклад, частотоміра). На даний час нами розроблена схема галієвого стандарту частоти, в якій частота кварцового генератора автоматично коректується від реперної точки плавлення галію, підтримуючи частоту стабільною протягом всього періоду експлуатації.

Такий термометр може бути використаний для створення робочого еталона температури (наприклад в США і Японії), а також для точних вимірювань в наукових дослідженнях, в системах управління і навігації, в метрологічних підрозділах промисловості, в інформаційних системах. Ядерно-квадрупольний резонансний термометр при підключенні до реперної температурної точки генерує "стандарт частоти", тому може застосовуватись для корекції кварцових генераторів в приладах, які працюють з частотними сигналами (синтезатори, частотоміри тощо). Прилад складається з виносного сенсора з детектором ядерно-квадрупольного резонансу і блока аналого-цифрової обробки сигналів з цифровим дисплеєм та інтерфейсом зв'язку із зовнішніми пристроями.

Управління процесом вимірювання, математична обробка результатів, виконується однокристальним мікроконтролером.

Технічні характеристики: діапазон вимірювання (77÷420) К, похибка вимірювання – 1 мК, показник теплової інерції сенсора у водяному середовищі – 20 с, напруга живлення – 220÷10% В, споживана потужність – 15 ВА, габаритні розміри – 200×40×380 мм.

2. Портативний квантовий еталон частоти. Вперше в Європі запропонована і реалізована ідея побудови малогабаритного квантового еталона (стандарту) частоти з довгостроковою стабільністю відтворення на основі реперної точки плавлення галію. Впровадження такого пристрою замість традиційних кварцових генераторів вирішує проблему періодичних повірок і калібровок пристроїв з частотними сигналами. Реперна точка плавлення галію знаходиться в легковідтворювальному діапазоні температури (29,7676°C) і піддається автоматизації на відміну від інших. Частота кварцового генератора ГК-21ТК контролюється за допомогою фазової підстройки частоти від реперної точки плавлення галію.

3. Термометри цифрові портативні серії ТП. Термометри призначені для оперативного (експрес) вимірювання температури в різних середовищах в промисловому, харчовому і сільськогосподарському виробництві, а також в інших галузях, де необхідно швидко і з великою точністю вимірювати температуру. Прилади на замовлення комплектуються вимірювальними зондами різної довжини і діаметра. В залежності від призначення термометри виготовляються в нормальному і вибухобезпечному виконанні з маркуванням вибухозахисту IExsibIIAT3 і можуть застосовуватись у вибухонебезпечних зонах приміщень та зовнішніх установок. Всі термометри комплектуються зарядним пристроєм, який підключається через роз'єднувач до термометра і мережі 220 В.

Технічні дані та характеристики. Діапазон вимірювання температури (на замовлення) від -600 °С до +1800 °С. Межа допустимого значення основної похибки (на замовлення) від 0,20 °С до 0,50 °С. Роздільна здатність шкали термометра 0,10 °С. Показник теплової інерції у водяному середовищі в залежності від конструкції зонда від 3 до 7 с. Час роботи термометра в режимі вимірювання при повністю заряджених акумуляторах ємністю 0,5 А·год становить 60 год. Маса термометра ~ 0,25 кг. Споживана потужність при номінальній напрузі 2,4 В ~ 20 мВт. Сенсор термометра розташований на кінці герметичного зонда виготовленого з тонкостінної нержавіючої сталі, дозволеної для контакту з харчовими продуктами.

В залежності від призначення були розроблені модифікації портативних термометрів.

1. ТЕРМОМЕТР ТП-2Н. Розроблений для експлуатації на технологічних насосних станціях (машинних залах) для перекачування нафти і нафтопродуктів, а також в трубопроводах на потоці; в технологічних камерах управління; в резервуарах для зберігання нафти та нафтопродуктів; в хімлабораторіях нафтоперекачувальних станцій і нафтобаз. Прилад може також використовуватись в інших галузях промисловості. Виготовляється у вибухобезпечному виконанні.

2. ТЕРМОМЕТР ТП-2НК. Розроблений для кріогенного діапазону температур [-196 ± +120] °С для використання в різних галузях промисловості.

3. ТЕРМОМЕТР ТП-2Г. Призначений для вимірювання температури в комунікаціях теплотрас, шахтних вулканізаторах гумово-тросових конвеєрних лент тощо. Виготовляється на замовлення в нормальному і вихобезпечному виконанні.

4. ТЕРМОМЕТР ТП-2Ц (ТП-2). Призначений для застосування в харчовій, переробній і цукровій промисловості для вимірювання температури в кагатах з цукровою сировиною, різних розчинах, рідинах, пастах, сипучих матеріалах, м'ясопродуктах тощо. Комплектується зондом довжиною від 0,1 до 1,5 м і діаметром від 3 до 8 мм.

Всі розробки захищені патентами на винаходи.

ІННОВАЦІЇ В ІНКЛЮЗИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

© Микола Микійчук, Роман Байцар, Андрій Телішевський, 2019

Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна

Досвід розвинутих країн світу переконливо свідчить, що в умовах глобалізації сучасна система стандартизації має вирішальний вплив на розвиток суспільства, економіки, науки й техніки, якість і конкурентоспроможність продукції та послуг.

Україна оголосила курс на Європейську інтеграцію, і тому зобов’язана досягати реальних зрушень на цьому шляху. 29 грудня 2018 року в Інформаційному бюлетені Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України №12/2018 були опубліковані нові державні будівельні норми (ДБН) [1] – обов’язкові до виконання нормативні акти. Вони передбачають створення без бар’єрного простору в Україні для мало мобільних груп населення і розроблені на заміну чинних ДБН В.2.2-17:2006 “Будинки і споруди. Доступність будинків і споруд для мало мобільних груп населення”.

За новими нормами, які вступили в дію з квітня 2019 року і є обов’язковим для виконання архітекторами, проектувальниками та будівельниками, всі будинки і споруди в Україні, а також необхідна інфраструктура повинні проектуватися з елементами доступності. ДБН містять близько 100 якісних змін для безпеки і комфорту громадян, у першу чергу, людей з інвалідністю: з порушеннями опорно-рухового апарату, зору, слуху, розумової діяльності та інших мало мобільних груп: людей похилого віку, батьків з маленькими дітьми, вагітних жінок тощо.

За даними ВООЗ, інвалідність в Україні мають близько 10% від усього населення. 80% з цих людей є працездатними та активними. Однак їх права порушуватимуться доти, доки в Україні не буде створено реальної доступності в громадських закладах та житлових будівлях, на вулицях, в транспорті та іншій інфраструктурі міст. Зараз же майже 90% пандусів збудовані неправильно, немає тактильної плитки і більшість людей навіть не знають, для чого вона потрібна, відсутні елементи доступності для іншого маломобільного населення.

За новими нормами, всі будинки та споруди в Україні, а також необхідна інфраструктура повинні будуть обов’язково проектуватися з елементами доступності.

В опублікованих нормах посилено обов’язковість влаштування елементів без бар’єрності, наведені всі їх необхідні технічні характеристики та конкретні наочні приклади такого впровадження. Нові норми стосуються також тактильних та візуальних елементів доступності, можуть використовуватися під час проектування нових та реконструкції існуючих будівель, кварталів, мікрорайонів відповідно до їхнього призначення.

Зокрема, у документі йдеться про облаштування:

- пандусів, спеціальних підйомників та інших засобів доступності для людей з порушеннями опорно-рухового апарату;
- тактильної підлогової плитки, інформаційних таблиць та позначень шрифтом Брайля, інших візуальних елементів і аудіопоказчиків для людей з порушеннями зору;
- дублювання важливої звукової інформації текстами, організації сурдоперекладу, використання систем звукопідсилення для людей з порушеннями слуху.

Практична дія нових ДБН сприятиме створенню універсального громадського простору, доступного для кожного. Їх впровадження є вагомим кроком до створення реального без бар’єрного середовища в Україні і однією з першочергових вимог у зв’язку з ратифікацією Конвенції ООН про права людей з інвалідністю та Угоди про асоціацію з ЄС.

МЕТРОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО КЛАСИФІКАЦІЇ СИСТЕМ ЗВАЖУВАННЯ ДОРОЖНІХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У РУСІ ЗА КЛАСАМИ ТОЧНОСТІ

© Микола Микийчук¹, Тарас Гут², 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), директор інституту комп’ютерних технологій, автоматики та метрології, д.т.н., проф., mykolamm@ukr.net

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, tarasgut@ukr.net

У світовій практиці в якості технічних і метрологічних вимог для систем автоматичного зважування дорожніх транспортних засобів у русі найчастіше використовується три документи: ASTM-1318, OIML R134 (в Україні – ДСТУ OIML R 134-1:2010 та ДСТУ OIML R 134-2:2017), COST-323, які демонструють різні підходи до класифікації, методів випробувань і областей використання систем WIM. Однак міжнародні документи для WIM і різні національні стандарти несумісні між собою. Специфічна природа зважування в русі вимагає певного досвіду, який відсутній в Україні. Це призвело до того, що міжнародні документи для WIM і різні національні стандарти несумісні між собою, а крім того є надто складними для практичного застосування.

Розглянемо класифікацію систем зважування у русі за точністю зважування.

Клас точності – узагальнена характеристика типу засобів вимірювальної техніки, яка відображає рівень точності вимірювань і виражається межами допустимих основної та додаткових похибок, а також іншими характеристиками, що впливають на точність. Системи зважування ДТЗ під час руху можуть мати різні класи точності для вимірювання маси, осьових навантажень або навантажень від груп осей, для різних категорій ДТЗ, видів ДТЗ в залежності від колісної формули, інтервалів робочих швидкостей та інших факторів.

Відповідно до функціонального призначення (попередній матеріал) системи зважування повинні бути класифіковані за рівнем довіри стосовно границь допустимої похибки зважування. Для збору статистичних даних або попереднього зважування (Група 1) рівень довіри p повинен становити не менше 95%, а для здійснення заходів у сфері державного регулювання (Група 2 та Група 3) – не менше ніж 99%.

Класи точності з рівнем довіри меж допустимої похибки $p = 99\%$ є основними, з рівнем довіри $p = 95\%$ – додатковими.

Основні класи точності наведені у таблиці 1, а додаткові класи точності – таблиця 2.

Таблиця 1

Основні класи точності систем зважування. Рівень довіри $p = 99\%$

Критерії	Об’єкт вимірювання	Група 2		Група 3	
		10F	5E	2D	1B
Довірчі границі допустимої похибки, %	Вага ТЗ	± 10	± 5	± 2	± 1
	Навантаження від групи осей	± 16	± 8	± 4	± 2
	Осьове навантаження	± 16	± 8	± 4	± 2
Режим статичного зважування	-	ДЗ	ДЗ	ОЗ	ОЗ
Назва нормативного документу	-	ДСТУ OIML R 134-1			
Позначення: “ОЗ” – обов’язкове застосування; “ДЗ” – добровільне застосування;					

Таблиця 2

Додаткові класи точності систем зважування. Рівень довіри $p = 95\%$

Критерії	Об’єкт вимірювання	Група 1			
		Тип I	Тип II	Тип III	Тип IV
Довірчі границі допустимої похибки, %	Вага ТЗ	± 10	± 15	± 6	± 5
	Навантаження від групи осей	± 15	± 20	± 10	± 8
	Осьове навантаження	± 20	± 30	± 15	± 8
Режим статичного зважування	-	ДЗ	ДЗ	ОЗ	ОЗ
Назва нормативного документу	-	ASTME – 1318			ДСТУ OIML R 134-1
Позначення: “ОЗ” – обов’язкове застосування; “ДЗ” – добровільне застосування;					

Системи зважування можуть мати різні класи точності для різних інтервалів робочих швидкостей. Один і той же тип систем зважування може мати як основний, так і додатковий клас точності. Застосування одного або іншого класу точності можна обирати відповідно до функціонального призначення в умовах експлуатації конкретного екземпляра системи зважування.

При зміні умов експлуатації або функціонального призначення, системи зважування можуть бути переведені в інший клас точності, якщо при повірці або повторних випробуваннях їх метрологічні характеристики відповідають даним умовам експлуатації і функціональному призначенню.

Виходячи з запропонованої класифікації можна встановити наступні метрологічні вимоги до систем зважування у русі:

- за границями допустимих похибок;
- за ціною поділки;
- за мінімальним навантаженням;
- за робочою швидкістю;
- за допустимим прискоренням.

Границі допустимих похибок

При випробуваннях і повірці систем зважування 95% результатів вимірів навантаження від одиночної осі і, якщо потрібно, навантаження від групи осей при зважуванні в русі не повинні перевищувати більшого з наступних значень:

а) розрахункового значення абсолютної похибки відповідно до таблиці 1 і округленого до найближчого більшого значення ціни поділки;

б) $1d \times N$,

$2d \times N$,

де: d – ціна поділки, N – число осей в групі ДТЗ при визначенні навантаження від групи осей.

Примітка: одиночна вісь розглядається як група осей, що складається з однієї осі.

Значення меж допустимої похибки вимірювання при повірці наведені в таблиці 3.

Межі допустимих похибок при статичних навантаженнях на вантажоприймальний пристрій (далі – ВПП).

Дані вимоги можуть застосовуватись тільки до систем зважування, які дозволяють сприймати і вимірювати статичне навантаження від еталонних вантажів, що цілком розміщуються на ВПП.

У режимі вимірювань статичних навантажень системи зважування повинні відповідати вимогам до ваг неавтоматичної дії за ДСТУ ГОСТ OIML R 76-1:2014.

Таблиця 3

Границі допустимої відносної похибки при виконанні повірки

Клас точності	Межі допустимої відносної похибки при виконанні повірки, % від опорного значення		
	Маса ДТЗ	Навантаження від групи осей	Осьове навантаження
1B	$\pm 0,5$	± 1	± 1
2D	± 1	± 2	± 2
5E	$\pm 2,5$	± 4	± 4
10F	± 5	± 8	± 8
Тип I	± 10	± 15	± 20
Тип II	± 15	± 20	± 30
Тип III	± 6	± 10	± 15
Тип IV	± 5	± 8	± 8

Межі допустимих похибок при статичних навантаженнях на ВПП повинні відповідати значенням, зазначеним у таблиці 4.

Таблиця 4

Межі допустимих похибок при статичних навантаженнях

Навантаження m , виражене в одиницях ціни поділки при статистичному зважуванні, d	Межі допустимих похибок	
	При повірці	В експлуатації
$0 \leq m \leq 500$	$\pm 0,5 \cdot d$	$\pm 1 \cdot d$
$500 < m \leq 2000$	$\pm 1 \cdot d$	$\pm 2 \cdot d$
$2000 < m \leq 5000$	$\pm 1,5 \cdot d$	$\pm 3 \cdot d$

Ціна поділки

Для кожного методу зважування (в режимі статичного зважування або при зважуванні в русі) ціна поділки може бути різною. При цьому всі показуючі і друкуючі пристрої ваг для конкретного методу зважування та встановленого класу точності повинні мати однакову ціну поділки. Показники маси ДТЗ і осьових навантажень ДТЗ також повинні мати однакову ціну поділки. Співвідношення між класом точності, значенням ціни поділки і числом поділів при максимальному навантаженні ВПП систем зважування зазначено в таблиці 5.

Таблиця 5

Співвідношення між класом точності, значенням ціни поділки та числом поділок при максимальному навантаженні ВПП систем зважування ДТЗ частинами

Класи точності при вимірюванні маси ДТЗ	d, кг	Мінімальна кількість поділок	Максимальна кількість поділок
1B	≤ 20	500	5000
2D	≤ 50	50	1000
Тип IV, Тип III, 5E	≤ 100		
Тип I, 10F	≤ 200		
Тип II			
Ціна поділки показуючого та друкуючого пристрою повинна вибиратися із ряду $1 \cdot 10^k$ або $5 \cdot 10^k$, де k – додатнє або від’ємнє числò або нуль.			

Мінімальне навантаження

Мінімальне навантаження ВПП систем зважування не повинне бути менше, ніж навантаження, виражене в одиницях ціни поділки і зазначене в таблиці 6.

Таблиця 6

Мінімальне навантаження ВПП

Класи точності при вимірюванні маси ДТЗ	Мінімальне навантаження в одиницях ціни поділки
1B	50
2D, 5E, 10F, Тип I, Тип II, Тип III, Тип IV	10

Робоча швидкість

Системи зважування в русі повинні задовольняти відповідним метрологічним і технічним вимогам при русі ДТЗ зі швидкістю, що не виходить за межі робочого діапазону швидкостей:

- заданого в технічній документації на систему зважування;
- певного в процесі випробувань при зважуванні в русі.

Робоча швидкість повинна бути показана і (або) роздрукована тільки після того, як ДТЗ було зважено в русі.

Робочий діапазон швидкостей може бути розбитий на інтервали, в кожному з яких можуть бути встановлені різні класи точності, а також різні методи оцінки метрологічних характеристик.

Допустиме прискорення

Системи зважування, призначені для контролю змін швидкості ДТЗ (оцінки прискорення), повинні мати можливість визначати, що ДТЗ пройшов через ВПП з нерівномірною швидкістю, що перевищує задане граничне значення прискорення. Результати вимірювань вагових параметрів таких ДТЗ повинні бути відзначені відповідним кодом порушення з попередженням про те, що ці результати не достовірні.

Висновки

Запропонована класифікація систем зважування є попередньою і вимагає широкого обговорення усіма зацікавленими сторонами. Таке обговорення необхідно для вироблення єдиного підходу до розробки національного стандарту, який встановлює метрологічні і технічні вимоги до систем WIM, до методів їх випробувань і перевірки.

1. COST 323 «Зважування транспортних засобів у русі. Остаточний звіт. Специфікація для систем зважування в русі в Європі».

2. ASTM E – 1318-09 «Стандартна специфікація для дорожніх систем зважування в русі (WIM) з вимогами користувача та методами випробувань».

3. ДСТУ OIML R134-1:2010 «Прилади автоматичні для зважування дорожніх транспортних засобів у русі та вимірювання навантажень на вісь. Частина I. Загальні технічні вимоги та методи випробування (OIML R 134-1:2006, IDT)».

SOFT METROLOGY: DISSEMINATION OF THE INFORMATION MEASURING TECHNOLOGIES INTO THE “MEASURING THE IMPOSSIBLE” AREA

© Vasyl Motalo, 2019

Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), DSC, professor of Information-Measurement Technologies Department, vp.motalo@gmail.com

Introduction. “*I often say that when you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meager and unsatisfactory kind; it may be the beginning of knowledge, but you have scarcely, in your thoughts, advanced to the stage of science, whatever the matter may be*” [1]. This conceptual statement of Sir William Thomson, 1st Baron Kelvin, one of the pillars in the history of physics and engineering, said almost 140 years ago, is very relevant for the development of modern *metrology*, as the science of measurements and its application [2]. In the framework of the Fourth Industrial Revolution Industry – “*Industry 4.0*”, metrology becomes an integrated part of the production process. Accordingly, a substantive expansion of the functions of metrology and the scope of its research can be traced, namely in such areas of human activity as psychology, education, sociology, medicine, trade, industry, education, sociology, qualimetry, etc., as reflected in the Recommendations of the International Committee for Weights and Measure, concerning the establishment of new tasks in metrology [3]. The class of quantities for which it is not yet possible to assign SI units, for example, like the taste, smell, biological activity, quality, etc., is one that must be taken into account.

Soft Metrology: one of the branches of information measuring technologies. One of the new progressive areas in the modern metrology is *soft metrology* – a scientific branch that has appeared as a result of the dissemination of the information measuring technologies into the field of knowledge of non-physical phenomena and processes [4 – 6]. *Information Measuring Technologies* (IMT) is a set of measurement methods, measuring instruments and software and hardware integrated with the purpose of receiving, processing, storing, protecting, distributing, displaying and using the measuring information. *Measuring information* is the information on measurands and dependencies between them in the form of a set of their values [2].

According to the generally accepted definition [4, 5], *soft metrology* is considered as measurement techniques and models which enable the objective quantification of properties which are determined by human perception. The human response may be in any of the five senses: *sight, smell, sound, taste, and touch*. In general, a *person* is already equipped with appropriate sensors and the simplest algorithm for its behavior is its response to the stimulus which is expressed as:

$$\text{stimulus} \Rightarrow \text{person} \Rightarrow \text{response},$$

where *stimulus* is an object, an effect or an event that causes a specific functional reaction in an organ or tissue, for example, a car, a sound, a shine, a smell, etc.; *response* is a human reaction, that is a physiological or psychological output and an appropriate action, for example, a visual response, an aural response, an olfactory response, a tactile response, etc.

Thus, soft metrology includes aspects of appearance (color and gloss), noise quality, the texture of food (such as creaminess) and, more broadly, topics such as biometrics and usability of systems, etc. The subject of the soft metrology study belongs to the field of so-called “Measuring the Impossible” (MtI) [6], i.e. research in areas of interdisciplinary science aimed at supporting the development of new methods and investigative techniques for the measurement of complex phenomena that are dependent on human perception and/or interpretation. This includes, for example, measurement relating to the perceived attributes of products and services, such as quality or desirability, or the quantification of social parameters such as security and well-being, etc.

The main research objectives of the measurement in the soft metrology area. The essence of any measurement is the comparison of the quantity to be measured (measurand) with the measurement standard which is a realization of the definition of a given quantity, with stated quantity value and associated measurement uncertainty, used as a reference [2]. Herewith, depending on the measurement method, the standard may be present in the measurement procedure either explicitly or implicitly [7]. So, to perform measurement in the soft metrology area, that is, in the field of measuring the quantities characterizing human sensations and feelings, and using of measurement results, for example, in the robotics, it is necessary to achieve the authenticity of key metrology concepts in this area in accordance with the International Dictionary of Metrology VIM3 [2], namely:

- *measurement* – the process of experimentally obtaining one or more quantity values that can reasonably be attributed to a quantity;
- *measurand* – quantity intended to be measured;
- *quantity* – property of a phenomenon, body, or substance, where the property has a magnitude that can be expressed as a number and a reference. The reference can be a standard, a measurement unit, a measurement procedure, a reference material, or a combination of such;
- *measurement result* – set of quantity values being attributed to a measurand together with any other available relevant information. Usually, such available relevant information is the estimation of the measurement result accuracy. That is, a measurement result is generally expressed as a single measured quantity value and measurement uncertainty;
- *measurement method* – generic description of a logical organization of operations used in a measurement.

In the case of fulfillment of the above conditions we can speak about the implementation of the *sensometrical measurement* in the soft metrology area, that is, measurement of the quantities characterizing human sensations and feelings. Accordingly, sensometrical measurement can be considered as one of the types of measurements in general and apply to their analysis all the fundamental principles of the representative theory of measurement [8].

The purpose and main tasks of the research of this work. Based on the performed analysis, the *purpose* of this study has been formed as a development of the methodology for carrying out of the sensometrical measurement and its practical implementation. To achieve the stated objective, the following *tasks* have been identified:

- to establish measurands in the soft metrology area, that is, of the quantities characterizing human sensations and feelings, and describe their mathematical models;
- to make a synthesis of the virtual measurement standards of the quantities characterizing human sensations and feelings;
- to develop a measurement procedure of the quantities characterizing human feelings;
- to make a synthesis of the measurement scales of the quantities characterizing human sensations and feelings;
- to develop a procedure of the measurement results processing of the quantities characterizing human sensations and feelings;
- to develop a procedure of evaluating of the measurement results accuracy of the quantities characterizing human sensations and feelings by finding their uncertainty.

1. W. Thomson, "Lecture on Electrical Units of Measurement", in *Lectures*, vol. 1, p.73, 1883, [Online], Available: <https://archive.org/stream/popularlecturesa01kelvuoft#page/73/mode/1up|Popular>.

2. OIML V 2:2012 (E/F), *International vocabulary of metrology: Basic and general concepts and associated terms, VIM3*, 2012.

3. *“Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM”. A report prepared by the CIPM for the governments of the Member States of the Metre Convention, Intergovernmental Organization of the Metre Convention, 2007.*
4. *M. Pointer, “Report to the National Measurement System Directorate: New directions – Soft Metrology”, NPL Report CMSC 20/30, 2003.*
5. *L. Rossi, “Objectifying the Subjective: Fundamentals and Applications of Soft Metrology”, in New Trends and Developments in Metrology, Luigi Cocco, Ed., London: IntechOpen, 2016, part 10.*
6. *E. Galanter, K. Hossain, B. Berglund, P. Bourguine, and M. Morrone, “Measuring the Impossible”, Report of the MINET High-Level Expert Group, EU NEST, Bruxelles, 2010.*
7. *IEC 60050-300:2001, International Electrotechnical Vocabulary: Electrical and electronic measurements and measuring instruments, Part 311: General terms relating to measurements, 2001.*
8. *K. Berka, Measurement: It's Concepts, Theories and Problems, Dordrecht: Springer Netherlands, 1982.*

СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ ФАЛЬСИФІКОВАНОЇ ГОРІЛКИ© Євген Походило¹, Василь Піщюра², 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, evgenp@meta.ua

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна). студент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій

Найпоширенішою фальсифікацією горілчаних виробів є їхня заміна водно-спиртовим розчином (спирт і дистильована вода) або через невідповідності марки горілки (замість горілки однієї марки подається інша). Саме тому оперативний контроль якості такої продукції є актуальним.

Пропонується спосіб виявлення фальсифікованої горілки, за яким з використанням ємнісного первинного перетворювача через об'єкт контролю (горілчаний виріб) пропускають струм різної частоти та вимірюють його електропровідність (адмітанс), а саме: вимірюють реактивну складову адмітансу в діапазоні частот та аналізують отримані результати вимірювань.

Наводяться результати експериментальних досліджень для водно-спиртового розчину різної концентрації та горілки різних марок, відповідно.

На основі отриманих результатів експериментальних досліджень наведено ілюстрацію реалізації запропонованого способу фальсифікації горілки через заміну її водно-спиртовим розчином та через її невідповідність вказаній на етикетці марки.

Показано, що криві, які відображають частотну залежність реактивних складових суттєво відрізняються частотою, на якій реактивна складова приймає екстремальне значення. Так, для розбавленого водно-спиртового розчину різної концентрації (вміст води у спирті) така частота знаходиться в межах (100-300Гц), а для різних марок горілки – в межах (3-30кГц). Відповідно до цього, в частотному діапазоні легко можна вибрати частоти, на яких значення однієї кривої спадає, а другої зростає. Це можна вважати ідентифікаційною ознакою виявлення фальсифікованої горілки через заміну її розбавленим спиртом.

Для ідентифікації такого водно-спиртового розчину (фальсифікована горілка) достатньо виміряти реактивну складову адмітансу контрольованого об'єкта на двох фіксованих частотах, які знаходяться поза частотою екстремального значення (300Гц).

Якщо виміряне значення складової на частоті f_1 є меншим від значення на частоті f_2 , то горілка фальсифікована і являє собою водно-спиртовий розчин (розбавлений водою спирт). Якщо виміряне значення складової на частоті f_1 є більшим від значення на частоті f_2 , то контрольований об'єкт є оригінальною горілкою.

Для виявлення фальсифікації горілки підміною марки необхідно визначити частоту, на якій реактивна складова адмітансу приймає екстремальне значення. Визначену частоту контрольованого об'єкту необхідно порівняти з відповідною частотою базового зразка (горілка певної марки, що відповідає нормованим показникам якості). У даному разі ідентифікаційною ознакою є частота, на якій реактивна складова приймає екстремальне значення, що відповідає відповідній марці горілки. Показано, що горілці, наприклад, марки М1, М2, М3 відповідають частоти f_3, f_4, f_5 діапазону (3-30кГц), на яких маємо відповідно значення складових. Якщо ж співпадіння немає, то горілка не відповідає вказаній марці. Тобто, якщо в результаті вимірювання реактивної складової адмітансу горілки поданої за маркою М1 в частотному діапазоні отримано екстремальне значення, яке не відповідає частоті f_3 , а будь-якій іншій частоті, то подана горілка не відповідає зазначеній марці.

При цьому необхідно зазначити, що у разі використання ємнісного первинного перетворювача з іншими геометричними розмірами (різною сталою комірки), а також іншого конструктивного виконання фіксовані частоти можуть бути іншими.

ВИМОГИ ДО ВСТАНОВЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ СКЛАДНИХ ЛАНДШАФТНИХ КОМПЛЕКСІВ

© Марія Руда¹, Тарас Бойко², Михайло Паславський³, 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), викладач кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності, к.т.н., marichkarmv@gmail.com

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри приладів точної механіки, д.т.н., професор, tgbo@ukr.net

³Національний лісотехнічний університет України (Львів, Україна), провідний інженер кафедри екології, mykhaylo.paslavskiy@gmail.com

Складні ландшафтні комплекси (СЛК) є цілісним і закономірним поєднанням природних компонентів – ландшафтних комплексів різного рангу, що взаємодіють і утворюють єдину систему. Згідно запропонованої концепції в кожному СЛК можна виділити елементарну комірку – компартмент, який володіє всіма ознаками і властивостями СЛК та перебуває під дією градієнта навантаження від максимального до мінімального рівня. За мінімальний рівень приймають фонове навантаження, тобто навантаження від регіональних і глобальних викидів, джерела яких знаходяться поза локальними джерелами. Міра навантаження – це показник, з яким повинні зіставлятися значення параметрів біоти в кожній точці градієнта [1, 2]. Як міра навантаження може бути використаний будь-якої агрегований індекс, що базується на вмісті політантів, седиментів та радіонуклідів в депонуючих ярусах підсистем компартменту (наприклад середнє за вмістом елементів перевищення фонового рівня).

Для цілей нормування необхідно чітко розділити всі параметри опису компартменту СЛК на дві нерівнозначні групи – основних і корелятивних [3]. Критеріями зарахування параметра до основних є:

- виконання захисних функцій;
- забезпечення надійності;
- забезпечення вкладу кожного компартменту з його підсистемами та ярусами у функціонування СЛК.

Параметр слід вважати основним, якщо він відповідає хоча б одному (або більше) критерію. Корелятивні параметри повинні бути випереджувальними індикаторами зміни основних. Сама процедура поділу параметрів на основні і корелятивні здійснюється експериментальним шляхом.

Кожен з компартментів СЛК може бути описаний нескінченною низкою параметрів чи показників, доповнених значеннями індексів станів. На етапі визначення номенклатури показників не слід використовувати процедуру усереднення і не накладати жодних апріорних обмежень на кількість показників; їх можна використовувати паралельно, а конкурентність і певна надмірність може слугувати гарантією надійності висновків [4].

Однак, оскільки завжди існує необхідність обмеження набору змінних, то перевагу треба віддавати показникам, що задовольняють наступні критерії:

- інтегральність – такі показники стабільніші і є результуючими величинами багатьох різноспрямованих процесів;
- неспецифічність відгуку значення показника на впливну дію;
- здатність генерувати відповідь у просторі і в часі (площинні оцінки, а не точкові; перманентні, а не моментні);
- низькі витрати на вимірювання, можливість неруйнівної реєстрації (візуальної або дистанційної);

- надійність результатів (мінімальна дисперсія за однакових умов вимірювання, нечутливість до факторів, що створюють перешкоди);
- невеликий характерний час зміни параметрів (він повинен бути істотно меншим часу дії джерела забруднення, біля якого проводяться дослідження).

Як аналітичну форму представлення залежностей доза → ефект для компартментів СЛК можна використовувати логістичну функцію. Під критичними точками слід розуміти такі ділянки, де відбуваються якісні скачки функції, тобто малому приросту аргументу відповідає непропорційно великий приріст функції. Виявити критичні точки можна за допомогою аналізу похідних. Для логістичної кривої найвагоміше інформаційне навантаження мають три критичні точки – верхня, середня і нижня. Ділянки до верхньої і після нижньої точок – області стабільних значень параметра (повільних змін). Ділянка між критичними точками – область нестабільності (швидких змін). Середня точка має значення міри навантаження, що відповідає 50%-й зміні параметра. Найбільший інтерес має верхня критична точка – після її проходження починається найбільш швидка і, отже, неприпустима, зміна параметра. Її абсциса може бути прийнята в якості критичного навантаження.

Для отримання первинного нормативу гранично допустимого екологічного навантаження (ГДЕН) необхідно:

- виявити всі основні і корелятивні параметри, які закономірно змінюються з градієнтом забруднення;
- для кожного такого параметра знайти апроксимаційне рівняння логістичної кривої і її верхню критичну точку;
- в кожній з груп вибрати мінімальне значення абсцис критичних точок.

При цьому значення для підмножини основних параметрів приймається в якості поточного нормативу, для підмножини корелятивних – як ознайомчого [5].

Вторинні екологічні нормативи – це абсолютні і питомі значення викидів, за яких всі території біля джерела за межами відчуженої області знаходяться в нормальному стані. Строго кажучи для точного розрахунку вторинних нормативів потрібно досить докладна формалізована модель, що пов'язує технологічні параметри виробництва, обсяг і структуру викидів, з одного боку, і сумарний за весь час роботи підприємства розподіл вмісту поллютантів, седиментів та радіонуклідів в депонуючих ярусах та підсистемах компартменту для всього СЛК біля джерела. Тоді, знаючи значення граничних навантажень можна, вирішуючи на цій моделі зворотну задачу, визначити обсяги викидів, що відповідатимуть граничним навантаженням.

В найпершому наближенні (припускаючи, що ситуація стаціонарна за викидами і є лінійний зв'язок між надходженням поллютантів, седиментів, радіонуклідів та їх депонуванням), вторинні нормативи можуть бути отримані на основі елементарної пропорції: існуючі значення викидів відповідають знайдений максимальній мірі стійкості, і потрібно знайти такий розмір викидів, який буде відповідати отриманим значенням захисної ефективності та надійності. В результаті:

$$\text{Вторинний}_\text{норматив} = \text{розмір}_\text{викиду} \times \frac{\text{надійність}}{\text{захисна}_\text{ефективність}}$$

При цьому не враховують необхідність додаткового зниження навантаження, чи рекультиваційних заходів, яке потрібно для повернення вже деградованих ярусів та підсистем компартменту СЛК в початковий стан. Ще одним обмеженням є те, що показники викидів повинні бути досягнуті для кожного інгредієнта окремо, а не у середньому для всіх, оскільки норматив розробляють для певної структури викидів, при певному синергізмі небезпечних чинників.

1. Yablokov A.V., Ostroumov S.A. *Conservation of Living Nature and Resources: Problems, Trends and Prospects*. B.: Springer, 1991. 272 p.
2. Schaeffer D.J., Herricks E.E., Kerster H.W. *Ecosystem health: I. Measuring ecosystem health*. *Environ. Management*. 1988. Vol. 12, N 4. P. 445-455.
3. Grime J.P. *Plant strategies and vegetation processes*. Chichester: Wiley and Sons, 1979. – 222 p.
4. Федоров В.Д. Проблема оценки нормы и патологии состояния экосистем. Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л., 1977. С.6.12.
5. Садыков О.Ф. Экоотоксикология и проблемы нормирования антропогенной нагрузки на окружающую среду и природные комплексы. Экоотоксикология и охрана природы. Рига, 1988. С. 153-155.

**РОЗВИТОК СТАНДАРТИЗАЦІЇ ВИПРОБУВАННЯ
КАБЕЛІВ ЗА ПОКАЗНИКАМИ БЕЗПЕКИ**

© *Юрій Рудик¹, Віктор Куць², Олег Назаровець³, 2019*

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Львів, Україна), головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, к.т.н., доцент, rudyk@ldubgd.edu.ua

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірjuвальних технологій, к.т.н., доцент, ivt@lpnu.ua

³Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Львів, Україна), старший викладач кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики, к.т.н., nazarovets@ldubgd.edu.ua

Історичний розвиток від започаткування стандартизації показників пожежної безпеки кабельно-провідних виробів налічує вже понад 40 років на теренах України і ще більше у країнах заходу [1]. Зокрема, однією з перших і довгий час єдиною стандартизованою (а на той час – отже, обов’язковою) вимогою була відсутність поширювання полум’я по кабелях і проводах при поодинокому прокладанні (ГОСТ 12176-76).

У працях [2-5] розглядаються окремі методи та параметри випробовування для проводів і кабелів. Окремо слід зазначити встановлення вимог і нормування показників пожежної безпеки для стадії виробництва продукції, тобто до виробів (КПВ), та для стадії експлуатації, у вигляді кабельних ліній (КЛ) з різними способами прокладання і монтажними елементами. В усіх випадках присутня частка горючих матеріалів з властивостями, які створюють цілий ряд небезпечних факторів пожежі, що й визначає необхідність дослідження показників пожежної безпеки кабельно-провідних виробів і ліній (ППБК).

Хоча теоретично кабелі мають витримати весь час експлуатації, у щоденній практиці вони можуть бути зруйновані через несправність або зовнішні впливи. Особливо критичною ситуацією є руйнування внаслідок пожежі. На додаток до втрати функцій кабелю, згорання всіх неметалевих матеріалів, таких як ізоляція, оболонка і покриття, може створити токсичні та / або корозійні речовини. Токсичні речовини безпосередньо впливають на людей, близьких до вогню, тоді як корозійні побічні продукти горіння та наслідки їх впливу не можуть бути виявлені відразу.

Часто це триває кілька тижнів або навіть місяців, перш ніж такі побічні продукти вогню, розчинені у воді при гасінні або наявності атмосферної вологи, кородують металеві матеріали. Збиток від пожежі може виникнути навіть у місцях, що знаходяться на значній відстані від фактичного джерела пожежі. У більшості випадків важливість і вид показника ПБК засновані на трагічному досвіді пожеж і рятувальних акцій, часто зі значною кількістю жертв. Тести займистості і визначення продуктів згорання є життєво важливими для кабельної технології. Вони надають інформацію про те, як вогонь поширюється по кабелю, а також про потенційні загрози для людей і матеріалів у разі пожежі кабелю.

Дослідженню підлягають: горючість неметалевих кабельних компонентів; токсичність пожежних побічних газів, що поширюються вогнем уздовж кабелю; щільність димових газів у разі пожежі; корозійність газів згорання.

Нова редакція проекту ДСТУ 4809: Кабелі, силові, контрольні та зв’язку Кабелі для використання у будівельних спорудах згідно з вимогами щодо пожежної безпеки. Пропозиції щодо удосконалення класифікації кабелів за реакцією на вогонь містять додаткову класифікацію для класу Ес. Додаткова класифікація за димоутворювальною здатністю; за запалювальною здатністю часток, що відокремлюються від кабелю, та тривалістю самостійного горіння, наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Пропозиції додаткових класифікацій за реакцією на вогонь

Клас	Метод випробування	Класифікаційні критерії
s3a	ДСТУ EN 61034-2	$60 \% < I_t \leq 80\%$
s3b		$I_t \geq 60 \%$
p0	прДСТУ 4809	Частки не здатні до запалювання
p1		Частки здатні до запалювання
t1		$t_{cr} \leq 60 \text{ с}$
t2		$t_{cr} > 60 \text{ с}$

Крім того, додатковий критерій для класу D за димоутворювальною здатністю: $FS \leq 2,5 \text{ м}$; а визначення теплоти згоряння пропонується як довідкового показника для кабелів класів B1ca, B2ca, Cca, Dca, Eca.

Актуальний стан впровадження в Україні міжнародних нормативних документів:

– HD 604 S1:1994 (версія en) «0,6/1,0 kV and 1,9/3,3 kV power cables with special fire performance for use in power stations (Кабелі силові на напругу 0,6/1,0 кВ та 1,9/3,3 кВ зі спеціальними показниками пожежної небезпеки для використання на електричних станціях)» із змінами HD 604 S1:1994/A1:1997, HD 604 S1:1994/A2:2002, HD 604 S1:1994/A3:2005;

– HD 405.1 Tests on electric cables under fire conditions – Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable;

– EN 50265-2-1 Common test methods for cables under fire conditions – Test for resistance to vertical flame propagation for a single insulated conductor or cable – Part 1-2: Procedures – 1 kW pre-mixed flame;

– EN 60332-1-2 Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Procedure for 1 kW pre-mixed flame (IEC 60332-1-2);

– HD 405.3 Tests on electric cables under fire conditions – Part 3: Tests on bunched wires or cables;

– EN 50266 (series) Common test methods for cables under fire conditions – Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables;

– HD 602 Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Determination of degree of acidity (corrosivity) of gases by measuring pH and conductivity;

– EN 50267 (series) Common test methods for cables under fire conditions – Test on gases evolved during combustion of materials from cables;

– HD 606 (series) Measurement of smoke density of electric cables burning under defined conditions;

– EN 50268 (series) Common test methods for cables under fire conditions – Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions.

Висновок. Підвищення безпеки життєдіяльності слід виконувати не лише через дотримання формальних вимог стандартів ISO, IEC щодо продукції, а й забезпечення роботи тих механізмів самоорганізації у виробничій структурі, які підвищують якість. Управління якістю проводиться із врахуванням певного рівня безпеки, балансу вигод і витрат в межах окремого об'єкта, території і держави в цілому [6].

1. Babrauskas V., *Mechanisms and Modes for Ignition of Low-Voltage PVC Wires, Cables, and Cords*, pp. 291-309 in *Fire&Materials 2005*, Interscience Communications Ltd., London (2005).

2. Рудик Ю.І., Шунькін В.М. Визначення обсягу горючого матеріалу кабельних виробів при випробуванні за показниками пожежної безпеки *Пожежна безпека*. – Львів, 2019. – № 34. – С. 74-80.

3. Кравченко Р. І., Іллюченко П. О. Удосконалення вимог щодо вогнестійкості кабельних ліній живлення та управління систем протипожежного захисту будинків і споруд. *Науковий вісник УкрНДІПБ*, 2015. С.83-92.

4. Рудик Ю.І., Юзьків Т.Б., Юзьків Ю.Т. Визначення межі вогнестійкості ділянок електромереж, *Пожежна безпека*. – Львів, 2012. № 21. – С. 105-110.

5. Рудик Юрій *Техногенна безпека як результат управління якістю супроводу технологічних процесів, Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції*, Львів, Видавництво Львівської політехніки, 2013.

6. Trisch R., Gorbenko E., Dotsenko N., Kim N., Kiporenko A. Разработка квалитетических подходов к процессам системы управления качеством предприятий согласно международных стандартов ISO серии 9000. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 4(3), 2016, 18-24.

СИСТЕМНО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

© Ігор Руженцев¹, *Сергій Луцький²*, 2019

¹Харківський національний університет радіоелектроніки (Харків, Україна),
завідувач кафедри метрології та технічної експертизи, докт. техн. наук.

²Харківський національний університет радіоелектроніки (Харків, Україна), старший викладач кафедри
метрології та технічної експертизи, канд. техн. наук, lutsk.sv6@gmail.com.

Ефективність роботи підприємства базується на точних, своєчасних і економічно обґрунтованих розрахунках ключових техніко-економічних показників (KPI-Key Performance Indicator) відповідно ДСТУ 2962-94 Організація промислового виробництва. KPI-показники отримують безпосередньо за результатами фізичних вимірювань, даних або з інших KPI-показників. Це сприяє економічному використанню ресурсів, виявленню і впровадженню передового досвіду, нової техніки і технології виробництва, попередженню зайвих витрат.

Метрологічне забезпечення виготовлення машин і їх елементів, виходячи з висунутих до них вимог і функціонального призначення, базується на методах і засобах технічної експертизи та технічного контролю відповідно ДСТУ-3514 Статистичні методи контролю та регулювання на етапах життєвого циклу виробу, це дозволяє своєчасно виявляти зайві витрати ресурсів при виготовленні виробу та вишукувати шляхи підвищення ефективності виробництва.

Необхідна точність контрольованих параметрів виробу та технологічного процесу встановлюються на ранніх етапах життєвого циклу виробу (ЖЦВ), що відображається в конструкторській та технологічній документації. Контрольовані параметри виробу та їх допуск на точність функціонально пов'язані з виробничо-технологічними показниками процесу виробництва [1]. При технологічній підготовці виробництва виробів важливим є розробка та впровадження автоматизованої інформаційно-вимірювальної технології оцінювання KPI-E показника (Key Performance Indicator Effectiveness) виробничих процесів в реальному масштабі часу. Це дає можливість оперативно корегувати технологічний процес та порівнювати ефективність використовуваних технологій на різних виробничих ділянках [2].

Для вирішення поставленого завдання нами розроблено методологію системно-інформаційного підходу до аналізу і синтезу процесів і систем виробництва [3]. Методологія заснована на принципах діалектичного, системного та процесного підходів. Діалектичний підхід – передбачає принцип загальних зв'язків у системі виробництва. Системний підхід – передбачає дослідження виробництва як цілісної сукупності складових його елементів. Процесний підхід – передбачає організацію системи процесів разом з їх ідентифікуванням і взаємодіями, а також керуванням ними для одержання бажаного результату відповідно ДСТУ ISO 9001:2009 Системи управління якістю. В основі процесного підходу лежать потреби розглядати процеси з погляду створювання додаткових цінностей, отриманню результатів функціонування процесу та досягненню результативності, постійному поліпшуванню процесів на основі об'єктивного вимірювання.

Методологія системно-інформаційного підходу досліджує стаціонарний процес як стохастичний процес у якого не змінюється розподіл ймовірності при зміщенні в часі, це такі параметри, як середнє значення і дисперсія. Такі процеси відповідають технологічним процесам виробництва. Рівняння ланки стаціонарного процесу $y = K * x$, передавальна функція $W(p) = K$ (де K – коефіцієнт посилення). Особливістю досліджуваних стаціонарних процесів є те, що $K = ix/iy$, де ix , iy – невизначеність типу A x та y . Даний підхід до аналізу стаціонарних процесів не розглядався в науковій літературі.

Розроблення теоретичних основ системно-інформаційного підходу до оцінювання ефективності виробничих процесів базується на визначенні функції міри оцінювання ефективності яка лежить в основі системи показників оцінювання ефективності процесів виробництва, аргументами яких є контрольовані параметри та їх допуски точності: виробу, технологічного устаткування, технологічного процесу та інші параметри виробництва.

В основі теоретичних засад системно-інформаційного (СІ) підходу є розробка концепції міри оцінювання ефективності виробничих процесів на основі розробленого поняття комунікаційної спроможності контрольованих параметрів виробу та її функціональний зв'язок з використанням виробничих ресурсів при його виготовленні.

Для вирішення виробничих завдань на основі концепції системно-інформаційного підходу до оцінювання ефективності виробничих процесів використовуються розроблені комунікаційні закони взаємозв'язку контрольованих параметрів технологічних процесів [4]. Це значно спрощує алгоритми інформаційних технологій метрологічного забезпечення виробництва і збільшує їх ефективність.

Запропонована система КРІ-Е у вигляді логарифмічних показників оцінювання (ЛПО) базується на розрахунку міри комунікаційної спроможності контрольованих параметрів, і є непрямою мірою оцінювання ефективності виробництва для вироблення управлінських рішень різного рівня. За змістом процесу керування на основі ЛПО вирішуються такі завдання аналізу як: перспективний (прогнозний, попередній); оперативний; поточний, за підсумками діяльності за той чи інший період.

На основі сформованої бази даних абсолютних, відносних, змішаних та еквівалентних ЛПО на етапі виробництва оцінюється ефективність виробничих процесів на рівні ділянки цеху, загалом цеху та виробництва за підсумками діяльності за той чи інший період. Показники змішаного ЛПО відображають якість технологічного процесу. Показники відносного ЛПО відображають ефективність використання технологічного обладнання. Показники еквівалентного ЛПО відображають ефективність використання технологічних ресурсів у виробничому процесі.

Розроблена система КРІ-Е показників відповідає критеріям відповідно ДСТУ 2962-94 Організація промислового виробництва. Відповідність практичного визначення системи ЛПО (КРІ-Е-показники) затверджено в розробленому стандарті підприємства ООО «НПКП Механіка-політехнік».

Використання розробленого програмного забезпечення «DISLUT» дозволяє на базі системно-інформаційних моделей технологічного процесу обробки різанням автоматизувати інформаційно вимірювальні технології оцінювання ефективності процесів виробництва на рівнях ділянки цеху, загалом цеху та виробництва в реальному масштабі часу.

1. Руженцев И.В. Системно-информационный подход до метрологического обеспечения машиностроительных производств / И.В.Руженцев, С.В.Луцкий, В.П.Феткив, О.И.Подзигун // Стандартизация сертификация качества, Научно-технический журнал Вип.№1, 2017. — С. 50-55.

2. Руженцев И.В. Мера информации в экономических задачах. / И.В.Руженцев, С.В.Луцкий// Современный стан научных исследований та технологий в промышленности. Науч.журнал ХНУРЕ. №1(1)2017. — С. 110-116.

3. Руженцев И.В. Системно-информационная база метрологического обеспечения технико-экономических показателей производства/ И.В.Руженцев, С.В.Луцкий, В.П.Феткив// Научно-производственный журнал Метрология та прилади №1(63) 2017.— С. 54-65.

4. Руженцев И.В. Discrete probabilistic information laws factor of efficiency / И.В. Руженцев, С.В. Луцкий, В.П.Феткив, О.И.Подзигун // – Украинский метрологический журнал №1, 2017. — С.67-71, Харьков.

**INFORMATION TECHNOLOGY FOR ANALYSIS AND PROCESSING OF
LARGE RISK DATA AND SECURITY OF CYBERNETIC SYSTEMS**

© Roman Shuvar¹, Volodymyr Yuzevych², Roksolana Kovtko³,
Olha Ogirko⁴, Igor Ogirko⁵, 2019

¹(Lviv, Ukraine), Ivan Franko Lviv National University, Ukraine, rshuvar@gmail.com

²(Lviv, Ukraine), Prof., DSC. Physico-mechanical Institute of the NAS, Lviv, Ukraine, yuzevych@ukr.net

³(Lviv, Ukraine), Ivan Franko Lviv National University, Ukraine, rsulymko@ukr.net

⁴(Lviv, Ukraine), Ivan Franko Lviv National University, ohirkoo@i.ua

⁵(Lviv, Ukraine), Ph.D., Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine, ogirko@i.ua

Today, information technologies penetrate practically all spheres of human activity and they are the most important factor of innovation. Embedded control systems that are integrated with each other through WANs perform many new features and actions that allow partially or completely eliminate people from the process. Every year, real and virtual worlds are becoming closer to each other, forming the technical base of cyber-physical systems (CPS). Cybernetic Systems – Complex Dynamic Control Systems. A cybernetic system is a set of interrelated objects that can perceive, memorize, and process information as well as exchange it. Examples of CPS systems: computer, human brain, living organism, enterprise, human society. The system control system: it directs the system to the choice of certain behavior or state, compensating for external disturbances, achievement of the goal, as well as the behavior of the system, is probabilistic and is determined by the ratio of the power of disturbing influences and the efficiency of the control device, the property of equilibrium inherent in some cybernetic systems, that is, the ability of the control device to rotate the system to the initial state or to the initial treatment, compensating for disturbing influences, the property of self-organization, so It is inherent in some cybernetic systems, that is, the ability to restore or change its structure and mode of operation, offsetting disturbing influences.

The cyber-physical system is a mechanism controlled or monitored by computer algorithms and is closely related to the Internet and its users [1]. Adaptation is achieved through the flexibility of internal components and external compatibility. Therefore, we consider it expedient to describe each of the types of CPS taking into account the metrology and software used during their design. With regard to software, this means that some of its inputs are random variables. Therefore, calculate the probability that the software meets the security specifications. Two methods of checking CPS are known: probabilistic model of verification, statistical verification of the model. There is a connection between cybernetic and physical aspects of functioning. Therefore, in order to ensure the correct functioning of the components of the CPS, it is important to develop methods, methods and tools for remote metrological testing of primary converters, measuring instruments and software.

The main idea of CPS is related to work and sensory systems, which are equipped with mechanisms with sufficient computing capabilities for sufficient control. Characteristics of the system considered by cybernetics, its parameters, are divided into input parameters: $X_1, X_2, \dots, X_n$, taking into account the influence of the external environment on the system, and the initial parameters $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$, characterizing the system's influence on external environment. Cybernetic systems – complex systems, they consist of subsystems ($A, B \dots$), between which also have connections. There are several views about what constitutes a system function. So, under the function of the system one can understand the transformation of its inputs into outputs. From another standpoint, the function of the system can be to preserve its existence, maintain its structure and orderliness [1]. Therefore, the objective basis for the formation of the system is the problem situation, that is, such unsatisfactory condition of the elements of the external environment, which environment by its own means at this stage is not able to normalize.

Working with large data is a progressive direction of the information technology sphere, which allows you to get useful information from any amount of data. Simulation of large data helps to obtain hidden patterns in large information arrays, and allows better understanding of data, analysis of them and obtaining useful knowledge.

The data modeling technique can be used to describe any ontology, that is, the review and classifications of the terms used and their relationships, areas of interest. Several techniques have been developed for designing data models. General data models are generalizations of conventional data models. They define standardized general types of relationships, along with the kinds of things that can be related to these types of relationships. Defining a common data model is similar to natural language definition. The development of machine learning has led to an increase in the importance of data science and its rapid development. The science of data affects scientific and applied research in many fields, such as machine translation, speech recognition, robotics, search engines, digital economics, as well as biological sciences, computer technology in medicine, health care and humanities. It greatly affects the economy, business and finance. Nowadays you have to continuously analyze a huge amount of data at the same time in order to extract relevant information that will make the most of it. This is not an easy task. That's why our engineers use sophisticated analytical tools that turn the information you have into the knowledge you need. Nowadays, big data stimulates innovation everywhere.

To use big data with the highest efficiency, you need to connect data from internal, public, and licensed sources. Providing the right data to the right people at the right time is what really increases organizational productivity. This includes the use of complex algorithms to determine what data to store in real time, which – in the short-term access, and which – in the archive, which is needed for large data. The development of information technology has led to new type systems, called the decision support systems. These systems are based on online analytical processing technology, the basis of which is the implementation of analytical queries. The main problems that arise in data processing are the lack of analysis methods that are suitable for use due to their heterogeneity, the need for significant human resources to support the data analysis process, the high computational complexity of existing analysis algorithms and the rapid growth of the volume of data collected. Understanding how data can be disclosed and what to do to protect it is the key to minimizing data breaches. Much of this data ends up on individual laptop and desktop computers for a period of time, available to anyone with access to that computer.

Big data in information technology is a series of approaches, tools and methods for processing structured and unstructured data of enormous volumes and significant varieties for obtaining results that are perceived by a person, effective in conditions of continuous growth, distribution in the numerous nodes of the computational network that have been formed, alternative to traditional database management systems and the Business Intelligence class. This series includes mass-parallel processing of uncertainly structured data, primarily NoSQL, Map Reduce algorithms, software frameworks and Hadoop project libraries [2]. Therefore, in any organization must necessarily be an information system of data processing and developed relevant information technology, solving only well-structured tasks for which it is possible to develop an algorithm, the implementation of standard processing procedures Existing standards define typical data processing procedures and regulate their compliance with organizations of all kinds; performing the basic amount of work in an automatic mode with minimal human participation; using detailed data. The records of the organization's activities are detailed in nature, allowing for audits.

1. Valentina Kincenko-Khapchenko, Igor Ogirko. *The phenomenon of the scientist in creative activity. Ukrainian International Academy of Psychology. Collection of scientific works. – issue 70 (136) – p.14-18. – Lviv, 2017.*

2. Kunchchenko-Kharchenko V.I. *Use in the database systems and in the documentation of models of information flows in the context of the development of innovations. Materials of the II scientific and technical conference «Computational Methods and Systems for the Conversion of Information» Lviv – 2012 P. 244-248.*

ANALYSIS OF METHODS OF RESEARCHES IN CLINICAL-DIAGNOSTIC LABORATORY

© Igor Sydorko¹, Roman Baitsar², 2019

¹State Enterprise “Lviv Scientific and Production Center for Standardization, Metrology and Certification”
(State Enterprise “Lvivstandardmetrology”), Ukraine, Leading Engineer, sydorko-i@ukr.net

²National Lviv Polytechnic University, Department of Information and Measuring Technologies, Ukraine,
doctor of technical sciences, professor, baitsar@ukr.net

Ensuring the quality of laboratory research is one of the central problems of modern laboratory medicine. Only through a clear organization and high-quality laboratory studies, one can expect that each result, reflected in an authorized report, can be used by a physician to make diagnostic decisions and appropriate treatment. The defining is to ensure the accuracy and unity of the results of research [1].

The right choice of research method in a clinical diagnostic laboratory (CDL) is one of the main issues of biochemical analysis. From an economic, analytical and diagnostic point of view, it plays an important role in organizing the work of the laboratory. Therefore, the choice of method, the accuracy and accuracy of measurements, the provision of laboratory analytical equipment is always relevant.

Organizational issues include: the conditions for the implementation of the method (toxicity), labor costs, additional training of personnel, the purchase of new equipment, reagents, ensuring the safety of the method, the possibility of transportation and storage of biomaterial, research and quality control at the preanalytical stage. It is necessary to take into account the cost of reagents and equipment, salaries of staff.

From the analytical point of view, the method characterizes sensitivity and specificity; accuracy and reproducibility, the availability of standard samples, control materials, the possibility of quality control. These include issues of the stability of reagents and the number of interfering in the reaction of substances [2].

The diagnostic significance of the method is determined by sensitivity and specificity, the ability to obtain the result in the shortest possible time, an independent organization of standardization and external quality control, including control and post-analytical stage.

When choosing a method, often there are contradictions between organizational issues, analytical capabilities of the method and diagnostic aspects, therefore, it is necessary to make a compromise solution. Thus, the necessity of applying an express method does not always satisfy the sensitivity and specificity of the clinical diagnostic analysis. High-quality performance of the express method contradicts the high definition cost. The high cost of research is one of the main reasons for the slow introduction into practice of new technology. The availability of automated equipment in the laboratory allows for diagnostic tests to be carried out over a short period of time, but the use of biochemical autoanalyzers does not guarantee the receipt of high-quality results.

For the introduction of a new diagnostic method, it is necessary to evaluate: the expected number of inquiries, the presence of reagents, equipment, consumables, calibrators, standard samples and control materials in the laboratory, the need for training personnel, quality control, the use of commercial kits, their cost. This is fully applicable to the development of new for our laboratories methods of pharmacokinetics, immunoassay. The level of CDL optical equipment equipment also influences the choice of analytical methods.

Conclusions. Analysis of the research methods performed in the CDL in accordance with organizational, analytical, diagnostic and economic expediency extends the capabilities of scientists and laboratory assistants of diagnostic laboratories. Application of modern information technologies and methods allows the physician to receive fundamentally new opportunities for a well-grounded choice of treatment tactics. New perspectives open the use of data mining methods to develop support systems for making managerial decisions in the field of clinical laboratory diagnostics.

1. I. Sydorko, R. Bajtsar, *Providing quality of clinical-diagnostic laboratory activity. Measuring equipment and metrology* – 2018. – 2 (80) – P. 66-73.

2. V. Tsvilikhovsky, V. Tomchuk, *Organization of work of the veterinary and diagnostic laboratory. Scientific reports of NUBiP Ukraine-K* .: NUBiP of Ukraine, 2016.-Access mode: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/6831> <https://iupac.org/>

DEPENDANCE OF THE ACCURACY OF INDIRECT MULTIPARAMETER MEASUREMENTS ON THE UNCERTAINTY OF PROCESSING FUNCTION

© Zygmunt Warsza¹, Jacek Puchalski², 2019

¹Research Industrial Institute of Automation and Measurements PIAP Warszawa Poland, main specialist.

Ph.D. of El. Eng., Assoc. Prof. (emeritus), email: zlw1936@gmail.com

² Central Office of Measures (GUM), Warszawa Poland, main metrologist Ph.D. of El. Eng., email: jacek.puchalski@gum.gov.pl

In 1993, the international guide under acronym GUM [1] introduced a new concept - the "uncertainty" to assess the accuracy of measurements. In 2011, Supplement 2 to this Guide [1] recommends the method of determining the uncertainty of multivariable indirect measurements, useful mainly in laboratory measurements. It includes cases in which the processing function in these measurements is performed computationally with the accuracy of negligible uncertainty, i.e. ideally in practice. However, there was a certain discrepancy of the uncertainty according to the GUM Guide with the description of the accuracy of instruments, devices and measuring systems by the maximum permissible error used so far by the manufacturers of measuring apparatus. First of authors, Warsza initiated work [2], so that the accuracy of measurements, as well as the instruments, and measuring systems for their implementation can be uniformly estimated by the uncertainty. In indirect instrumental measurements, the accuracy depends on the uncertainty of the measurements taken and on the uncertainty of the parameters of the function of processing the acquired data into the results of indirect measurements and on the parameters of the signal paths. The impact of the correlation of elements of the multivariable measurand is discussed in [3]. The basis for assessing the effect of uncertainties of parameters of the processing function is given below.

Estimators of the parameters of the output m -dimensional measurand $\mathbf{Y} = [y_1, y_2, \dots, y_m]^T$ result from measurements of the n -size measurand $\mathbf{X} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ due to the general formula

$$\mathbf{Y} = \mathbf{F}(\mathbf{X}) \quad (1)$$

where $\mathbf{F}(\mathbf{X})$ is the processing function of measurand $\mathbf{X}$ at standard or other conditions.

Small increases in the parameters of both measurands $\mathbf{X}$ and $\mathbf{Y}$, e.g. their absolute errors, are related to the approximate relationship resulting from the total differential

$$\Delta \mathbf{Y} \approx \frac{\partial \mathbf{F}(\mathbf{X})}{\partial \mathbf{X}} \Delta \mathbf{X} \equiv \mathbf{S}(\mathbf{X}) \cdot \Delta \mathbf{X} \quad (2)$$

The standard uncertainties of the elements of both measurands, as standard deviations of the probability distributions of the random distribution of the values of their parameters, occur in squares on the main axes of their $\mathbf{U}_X$ and $\mathbf{U}_Y$ covariance matrices and are related by the equation

$$\mathbf{U}_Y = \mathbf{S}(\mathbf{X}) \cdot \mathbf{U}_X \cdot \mathbf{S}(\mathbf{X})^T \quad (3)$$

If parameters of the $\mathbf{Y}$ measurand are then used together, you also need to know their correlation coefficients that appear in the nondiagonal positions of the $\mathbf{U}_Y$ matrix.

In reality, estimators of values, systematic errors and uncertainties of the $\mathbf{Y}$ measurand elements depend also on the parameters of the system implementing the processing function $\mathbf{F}(\mathbf{X})$. These parameters are described by k -dimensional vector $\mathbf{P} = [p_1, p_2, \dots, p_k]^T$. They may be subject to small deterministic and random scattering depending on the measurement conditions, instruments and the procedure used. In each of the measurement experiments, the actual $\mathbf{F}(\mathbf{X})$ function may differ from its nominal form. Taking these into account, modifications of the general equations (1) - (3) for values of measurand $\mathbf{Y}$ elements, their increments and uncertainties are required, i.e.:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{F}(\mathbf{X}, \mathbf{P}) \quad (4)$$

$$\Delta Y = \Delta F(X, P) = S_{X,P} \cdot [\Delta X, \Delta P]^T \quad (5)$$

where: $S_{X,P}$ with the size $[(n+k), m]$ is a matrix linearizing the $F(X, P)$ function from (4).

The uncertainty of the output measurement data Y after processing by function (4) is described as:

$$U_{Y,P} = S_{X,P} \cdot U_{X,P} \cdot S_{X,P}^T \quad (6)$$

where $U_{X,P}, U_{Y,P}$ – input and output covariance matrices, $S_{X,P}$ – sensitivity matrix.

In reality, increments of the input X and P parameters are usually not correlated, then

$$\Delta Y = \Delta F(X, P) = S_X \cdot \Delta X + S_P \cdot \Delta P \quad (7)$$

where: a matrix S_X of size $[n, m]$ and matrix S_P of size $[k, m]$ linearize the function $F(X, P)$ for input variables and for system parameters, respectively.

The randomized deviations from the estimators of the values of the output measurand elements Y arise as a result of the convolution of the distributions of the measurand X deviations and the deviations of the parameters P of the system performing the function $F(X, P)$. Their covariance matrices add up. The input quantities X and system parameters P usually do not depend on each other and are not correlated. They can, however, correlate separately. The extended matrix of input measurand covariance with the size $[(n+k), (n+k)]$ consists of four blocks, i.e.

$$U_{X,P} = \begin{bmatrix} U_X & [0] \\ [0] & U_P \end{bmatrix} \quad (8)$$

where: U_X, U_P denote respectively the covariance matrix of input quantities X with the size $[n, n]$ and the covariance matrix of the parameters P of the system with the size $[k, k]$.

Both matrices U_X and U_P are symmetrical and their elements can only be correlated separately.

Sensitivity matrices $S_{X,P}, S_X, S_P$ linearize the $F(X, P)$ function and satisfy the relationships:

$$S_{X,P} = [S_X, S_P] \quad \text{and} \quad S_{X,P}^T = \begin{bmatrix} S_X^T \\ S_P^T \end{bmatrix} \quad (9a, b)$$

Then the generalized equation of propagation of variance (6), for $U_{X,P}$ as in (8), is simplified

$$U_{Y,P} = [S_X, S_P] \cdot \begin{bmatrix} U_X & [0] \\ [0] & U_P \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} S_X^T \\ S_P^T \end{bmatrix} = S_X \cdot U_X \cdot S_X^T + S_P \cdot U_P \cdot S_P^T \quad (10)$$

Conclusion. From eq. (10) it follows that the covariance matrix and uncertainties of output measurand Y depend on two components. The first is the input values X in the same way as in the classic approach in Supplement 2 of GUM [1], while the second is related only to the uncertainties and correlations of the parameters of the system implementing the multivariable function $F(X, P)$. The estimators of the output values obtained in this extended analysis will be the same as according to formula (1), while their uncertainties and correlation coefficients in the general case are different.

1. Supplement 2 to the 'Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement - Extension to any number of output quantities'. JCGM 102:2011 BIPM

2. Warsza Z.L. Estimation of uncertainty of indirect measurement in multi-parametric systems with few examples. Part 1. Proc. of conf.: Problems and Progress of Metrology ppm'18 Szczyrk 04-06 June 2018. Series: Conferences No.22, Metrology Commission of Katowice Branch of Polish Academy of Science

3. Warsza, Z. L.: Puchalski, J.: Upgraded Method of the Estimation of Uncertainties in Multiparameter Measurements. Part 1. Theoretical Basis for Correlated Measured Variables *Pomiary Automatyka Robotyka* R.23, Nr1/2019. s.47-57 DOI: 10.14313/PAR_231/47 (in Polish)

DETERMINATION OF UNCERTAINTY OF RECTANGULAR IMPEDANCE COMPONENTS FROM MEASUREMENTS OF ITS POLAR COMPONENTS

© Zygmunt Warsza, 2019

Research Industrial Institute of Automation and Measurements PIAP Warszawa Poland, main specialist
Ph.D. of El. Eng., Assoc. Prof (emeritus), email: zlw1936@gmail.com

This work was created on the 100th anniversary of the Polish Electricians Association SEP and the conference for 100th anniversary of teaching electrical measurements at the Lviv Polytechnic. The Chair of Electrical Measurement at this University was conducted in the years 1930-41 by professor Włodzimierz Krukowski. The inspiration of the topic of this paper was the error analysis of polar coordinates the AC voltage measured with the potentiometer circuit given in the set of his works [1]. The introduction in the full text reminds shortly the prof. Krukowski. In the Part, I a potentiometer for measuring AC polar components, built by him more than a century ago in the Simens laboratory for testing inductive electricity meters, was described in detail.

AC waveform measurements are also currently performed with phase-sensitive systems, including vector voltmeters. The author decided to create a description of accuracy using uncertainty for rectangular components determined from values and uncertainties measured directly for polar components and vice-versa, as he did not meet this issue in the literature. This was discussed in detail in a paper published in no 3 of 2018 of the Polish journal PAR Pomiar Automatyka Robotyka (Measurements Automation Robotics) [3]. Absolute and relative uncertainties and the correlation coefficient of rectangular components of the impedance were determined, related to the respective values and uncertainties of the module and phase angle. Components of uncertainties are interrelated. Furthermore, even if the input voltage components are not correlated, in the general case there is a correlation of output components determined from them. This is due to the law of propagation of uncertainty in multivariable measurements as the relationship of the covariance matrices, given in Supplement 2 to the GUM Guide [2]. This extended abstract contains only selected patterns and figures.

The well-known relationships between impedance parameters are as follows

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X_{LC}^2}, \quad X_{LC} = |Z| \sin \varphi, \quad R = |Z| \cos \varphi, \quad \tan \varphi = \frac{X_{LC}}{R} \quad (1a-d)$$

Multivariable indirect measurements are generally described by the equation

$$Y = F(X) \quad (2)$$

Where $X = [|Z|, \varphi]^T$, $Y = [R, X_{LC}]^T$ - vectors of input and output quantities

The covariance matrices U_X and U_Y with the absolute uncertainties of the input and output impedance components respectively are related by the following equation

$$U_Y = S \cdot U_X \cdot S^T \quad (3)$$

where: $S = \frac{\partial Y}{\partial X} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -|Z| \sin \varphi \\ \sin \varphi & |Z| \cos \varphi \end{bmatrix}$ - sensitivity matrix, $U_X = \begin{bmatrix} \sigma_{|Z|}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{\varphi}^2 \end{bmatrix}$ - matrix of absolute

uncertainties of uncorrelated input polar components. The output matrix of uncertainties is

$$U_Y = \begin{bmatrix} \sigma_{|Z|}^2 \cos^2 \varphi + |Z|^2 \sigma_{\varphi}^2 \sin^2 \varphi & \sin \varphi \cos \varphi (\sigma_{|Z|}^2 - |Z|^2 \sigma_{\varphi}^2) \\ \sin \varphi \cos \varphi (\sigma_{|Z|}^2 - |Z|^2 \sigma_{\varphi}^2) & \sigma_{|Z|}^2 \sin^2 \varphi + |Z|^2 \sigma_{\varphi}^2 \cos^2 \varphi \end{bmatrix} \quad (4)$$

Absolute uncertainties for the R and X_{LC} components of Z impedance are described by the formulas

$$\sigma_R^2 = \frac{\sigma_{|Z|}^2 + |Z|^2 \sigma_{\varphi}^2 \tan^2 \varphi}{1 + \tan^2 \varphi} \quad \sigma_{X_{LC}}^2 = \sigma_{|Z|}^2 \frac{\tan^2 \varphi + |Z|^2 \sigma_{\varphi}^2 / \sigma_{|Z|}^2}{1 + \tan^2 \varphi} \quad (5a,b)$$

Ratios of uncertainties σ_R and $\sigma_{X_{LC}}$ to the uncertainty $\sigma_{|Z|}$ of impedance module $|Z|$ are

$$\frac{\sigma_R}{\sigma_{|Z|}} = \sqrt{\frac{1+|Z|^2 \frac{\sigma_p^2}{\sigma_{|Z|}^2} - tg^2 \varphi}{1+tg^2 \varphi}} \quad \frac{\sigma_{LC}}{\sigma_{|Z|}} = \sqrt{\frac{tg^2 \varphi + |Z|^2 \frac{\sigma_p^2}{\sigma_{|Z|}^2}}{1+tg^2 \varphi}} \quad (6a, b)$$

and correlation coefficient

$$\rho_{SRXLC} = \rho_{RXLC} = \frac{\delta_{|Z|}^2 - \sigma_p^2}{\sqrt{\delta_{|Z|}^2 + \sigma_p^2 tg^2 \varphi} \sqrt{\delta_{|Z|}^2 + \sigma_p^2 ctg^2 \varphi}} \quad (\text{where } \sigma_{|Z|} = \delta_{|Z|} |Z|) \quad (7)$$

After determining the absolute uncertainty ratios by $z \equiv |Z| \frac{\sigma_p}{\sigma_{|Z|}} = \frac{\sigma_p}{\delta_{|Z|}}$, in the Fig. 1 curves of $\frac{\sigma_R}{\sigma_{|Z|}}$ and $\frac{\sigma_{LC}}{\sigma_{|Z|}}$ as functions of phase angle $\pm \varphi$ for several values of z are given. They increase together with the value of z . The correlation coefficient as a function $\pm \varphi$ for several values of z is given in Fig. 2.

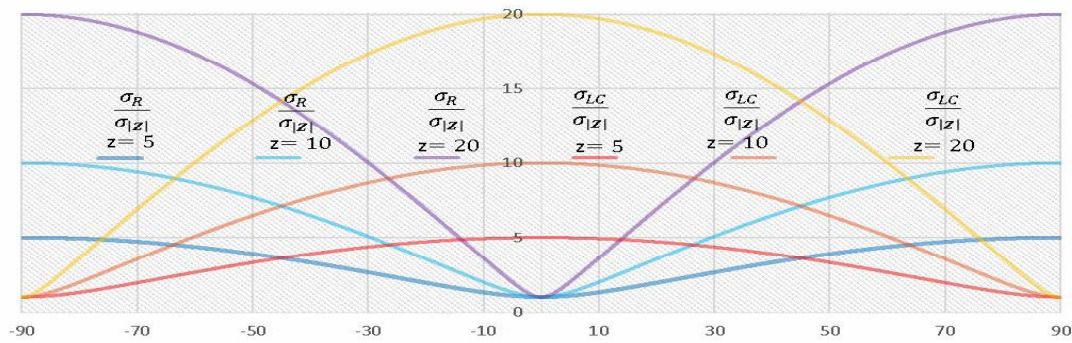


Fig. 1. Dependence of normalized absolute uncertainties $\frac{\sigma_R}{\sigma_{|Z|}}$, $\frac{\sigma_{LC}}{\sigma_{|Z|}}$ as a function of the phase angle φ

for $z = |Z| \frac{\sigma_p}{\sigma_{|Z|}} = 5, 10, 20$ and $|Z| = 10 \Omega$, $\sigma_{|Z|} = 0,01 \Omega$, $\sigma_p = 0,005; 0,01$ i $0,02$ rad.

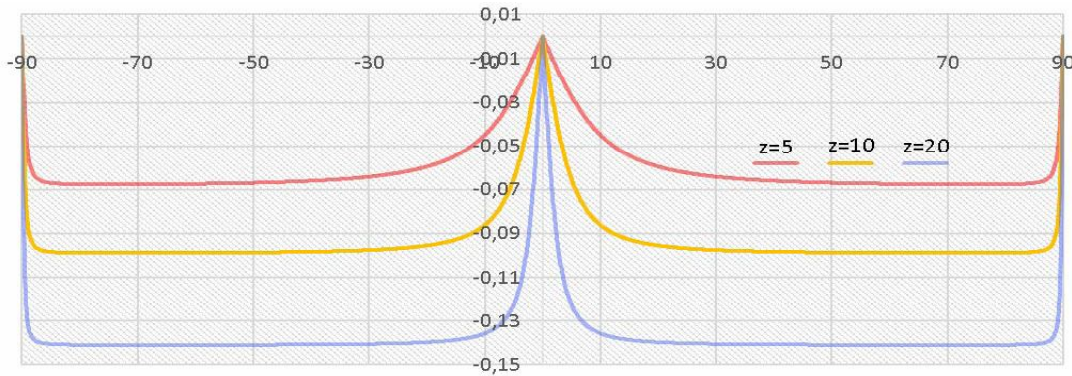


Fig. 2. Correlation coefficient ρ_{RXLC} as a function of the angle φ for $\delta_{|Z|} = 0,1\%$, $\sigma_p = 0,005; 0,01; 0,02$ rad.

In the full version of this text, formulas and the course of relative uncertainty and some basic conclusions are given and briefly discussed. A more detailed analysis is provided in [3].

1. Prace Włodzimierza Krukowskiego (Works of W. Krukowski). Polish Academy of Science. PWN Warszawa 1956 (in Polish)

2. Evaluation of measurement data – Supplement 2 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Extension to any number of output quantities. JCGM 102:2011 BIPM

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я: ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

© Оlesia Чабан¹, Оксана Бойко², 2019

¹Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, (Львів, Україна),
доцент кафедри медичної інформатики, к.т.н., доцент, chaban.olesia@gmail.com

²Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, (Львів, Україна),
зав.кафедри медичної інформатики, к.т.н., доцент, oхана_bojko@ukr.net

Однією з найважливіших цілей кожної держави є забезпечення охорони здоров'я, безпеки життєдіяльності населення. Наприкінці минулого ХХ століття неінфекційні захворювання (НІЗ) набули глобального епідемічного поширення і стали однією з найбільших загроз життю і здоров'ю людства. Так, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) щорічно від НІЗ вмирають 40 мільйонів людей, що складає 70% усіх випадків смерті в світі [1]. Політичною декларацією, яка була прийнята світовою спільнотою під егідою ООН у 2011 році, визначено поняття "неінфекційні захворювання", хвороби, які належать до цієї групи, фактори ризику їх виникнення та методи боротьби з ними. Отже, неінфекційні або хронічні захворювання – це тривалі і, як правило, повільно прогресуючі захворювання, що не передаються від людини людині. Існують основні чотири типи неінфекційних захворювань:

- серцево-судинні (гіпертонічна хвороба, ішемічна хвороба серця, інфаркт, інсульт);
- онкологічні (злоякісні пухлини);
- діабет;
- хронічні захворювання органів дихання (хронічна обструктивна хвороба легень, бронхіальна астма).

Одним із важливих етапів подолання епідемії неінфекційних захворювань є розробка Глобального плану дій ВООЗ з профілактики неінфекційних захворювань та боротьби з ними на 2013–2020 рр. Документ включає дев'ять добровільних глобальних цілей і глобальну систему моніторингу, які були прийняті ВООЗ у 2013 р. [2–3].

Моніторинг – це тривалий збір медичних даних одного типу. Моніторинг відрізняється від класичних медичних даних періодичністю збору інформації. Система моніторингу здоров'я передбачає використання вимірювальної техніки і приладів. Аналіз сучасного стану вимірювальної техніки, тенденцій подальшого її розвитку та використання показав, що разом з розробкою і удосконаленням традиційних засобів вимірювання все більшого значення набуває використання індивідуальних засобів моніторингу, які відносяться до області «Інтернету речей» – IoT (від англ. Internet of Things), що в останнє десятиліття набуває стрімкого поширення та активного використання. Ця концепція являє собою обчислювальні мережі фізичних об'єктів «речей», оснащених вбудованими технологіями для взаємодії один з одним або із зовнішнім середовищем.

В Україні з'являються проекти національного рівня спрямовані на розвиток цього напрямку [4]. У інтернеті медичних речей виділяють чотири класи приладів:

- діагностичні прилади;
- профілактичні прилади;
- лікувальні прилади;
- реабілітаційні прилади.

Набирають популярності й стають доступнішими електронні прилади повсякденного вжитку, які здатні вимірювати серцебиття, тиск, рівень цукру в крові і т.п., що дозволяє у багатьох випадках попередити небезпечні захворювання. Адже деякі хвороби можна точно діагностувати лише в момент загострення. Електронні сенсори ведуть облік і накопичують

дані про стан здоров'я пацієнта. Оцінюючи такі дані, медичний працівник може зробити висновок про стан його здоров'я. Якщо ж об'єднати дані сімейного анамнезу пацієнта, то лікар матиме змогу проаналізувати можливі генетичні схильності до тих чи інших хворіб. Окрім цього, до переваг приладів індивідуального моніторингу по відношенню до традиційних засобів вимірювання відносяться:

- економія коштів, місця і ваги;
- мобільність;
- практично необмежений обсяг вимірювальної інформації;
- простота у використанні й обслуговуванні;
- універсальність застосування;
- широкі можливості представлення і обробки інформації;
- зручний інтерфейс користувача;
- запис часу і коментарів разом з даними;
- автоматизацію процесу вимірювань;
- можливість мультимедіа;
- доступ до мережі Інтернет;
- взаємодія з базами даних та інформаційними системами.

З розвитком інформаційно – комунікаційних технологій і з появою великої кількості пристроїв для реєстрації показників стану здоров'я з'явилася можливість постійно накопичувати такі дані 24 години на добу і 360 днів протягом року.

Окрім беззаперечних позитивних моментів є низка проблем, які до кінця не вирішені. Серед цих проблем, найбільш актуальним є: інформативність, накопичуваність та захист. Протягом деякого часу параметри життєдіяльності організму пацієнта змінюються, наприклад, систолічний тиск протягом доби може зростати або падати, і це не є свідченням наявності захворювань або відхилень. При цьому одноразові вимірювання, наприклад, у ранковий час, недостатні, щоб ставити діагноз. Якщо ж тиск вимірюється протягом тривалого часу і зіставляється з фізичною активністю, лікар вже може робити певні висновки.

Наступна проблема полягає в тому, що при індивідуальному медичному моніторингу з'являється дуже велика кількість даних, з якими важко працювати. У медицині завжди працювали з великим обсягом даних, які до недавнього часу зберігалися просто в архівах, а потім на локальних серверах всередині медичної установи. Власне, з цим і був пов'язаний основний недолік таких систем – локальний доступ до інформації, який стає все більш незручним, особливо беручи до уваги зростання мобільності пацієнтів і збільшення обсягу інформації. Частково вирішити цю проблему допомагає впровадження хмарних технологій в сферу охорони здоров'я. Хмарні сервіси починають користуватися попитом на медичному ринку, оскільки вони пропонують інфраструктуру, яка дозволяє медичним установам і дослідницьким організаціям покращувати свої обчислювальні ресурси при невеликих витратах.

Поруч з перевагами від застосування технологій індивідуального моніторингу, загострюються проблеми безпеки та конфіденційності. Це зумовлено, тим, що «Інтернет речей» з'єднує мільярди пристроїв з Інтернетом і передбачає використання мільярдів точок даних, які мають бути захищені.

1. Европейская база данных «Здоровье для всех» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://data.euro.who.int/hfadb/shell_ru.htm.

2. Курс на оздоровление. Европейская стратегия профилактики и борьбы с неинфекционными заболеваниями, 2012–2016. – Копенгаген : ЕРБ ВОЗ, 2012. – 66 с.

3. План действий по реализации Европейской стратегии профилактики и борьбы с неинфекционными заболеваниями, 2012–2016 гг. – Копенгаген : ЕРБ ВОЗ, 2012. – 33с.

4. Про запровадження Національної системи індикаторів розвитку інформаційного суспільства: постанова Кабінету Міністрів України від 28.11.2012 р. № 1134. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2012-%D0%BF> (дата звернення: 23.11.2018).

АНАЛІЗ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІЙСЬКОВИХ ПІДРОЗДІЛІВ ПРОВІДНИХ КРАЇН СВІТУ

© Юрій Шабатура¹, Марина Міхалева², Василь Смичок³, 2019

¹Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного,
Львів, Україна, зав.каф. ЕМЕ, проф., д.т.н.,

²Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного,
Львів, Україна, проф. каф. ЕМЕ, доц., к.т.н.

³Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного,
Львів, Україна, доц. каф. ЕМЕ, к.т.н., Smychok@ukr.net, galmih@ukr.net

Аналіз світової практики показує, що в останні десятиріччя розвиток засобів збройної боротьби вийшов на якісно новий рівень. Розвиток сучасного високоточного озброєння вимагає однозначної ідентифікації особового складу військових підрозділів. Однозначна ідентифікація можлива за умови відповідності стандартизації та метрологічного забезпечення засобів і методів розпізнавання «свій-чужий». Враховуючи те, що у більшості випадків у військових конфліктах сучасності, як правило, приймають участь декілька союзних держав. Стандарти систем та приладів розпізнавання «свій-чужий» відрізняються між собою [1]. Це призводить до того, що військові конфлікти часто супроводжуються втратами від «дружнього» вогню. Актуальність поставленої задачі підтверджується в повідомленнях (з відкритих джерел) про військові дії об'єднаних сил в різних частинах світу.

В сучасних умовах існують пристрої бойової ідентифікації армій країн-членів НАТО, такі як Combat Identification – CID. Такі прилади використовуються у відповідності до встановлених стандартів-алгоритмів розпізнавання та ідентифікації військ Альянсу. При нормальній роботі такі системи допомагають ідентифікації своїх військ під час бойових дій задля зменшення ризику нанесення удару по військах коаліції.

Враховуючи небезпеку, яка може становити при попаданні під «дружній вогонь» держава Ізраїль впровадила свою незалежну систему, яка відслідковує союзні сили і зменшує рівень небезпеки. Деякі умови проведення бою характеризуються непередбаченістю обстановки та нестандартною стратегією (поведінкою), стрімкими рейдовими діями. Така система призначена для сухопутних військ, та інтегрована в системи розпізнавання повітряних платформ, а також має можливості відслідковувати союзні війська з високою ефективністю.

В запропонованих удосконалених системах розпізнавання використовується закони оптики, квантової механіки, електромагнетизму, теорії поля, акустики та хвильової теорії [2]. Опрацювання сигналів розпізнавання відбувається складними алгоритмами, які часто межують нарівні із «штучним інтелектом». Таким чином спектр наукової військової проблематики ставить нові задачі в необхідності стандартизації сертифікації та метрологічного забезпечення систем розпізнавання «свій-чужий».

1. Смичок В.Д. Напрями розвитку системи бойової ідентифікації підрозділів в умовах бою. Рудковський О., Черненко А.Д., Смичок В.Д. Збірник наукових праць Військової академії. – № 1(21). – Одеса: Військова академія, 2019. – С. 17–28. – фахове видання.

2. Смичок В.Д. Теоретичні аспекти роботи лазерних пристроїв для забезпечення військових потреб розвідки та виявлення противника. Ільків І.М., Смичок В.Д. НАСВ ім. гетьмана П.Сагайдачного. Збірник тез доповідей. Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки сухопутних військ. Львів, 17-18 травня 2018 р.

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ МІРИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ СПОРУД ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВИМОГАМ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ

© Володимир Штена¹, Віктор Каплун², 2019

¹Київський національний університет технологій та дизайну (Київ, Україна), к.т.н., shns1981@gmail.com

²Національний університет біоресурсів і природокористування України (Київ),
д.т.н., професор, www.wanten@gmail.com

Згідно Закону України “Про технічні регламенти та оцінку відповідності” [1] визначеною вимогою об’єкта являється заявлена потреба чи очікування, які зафіксовані в технічних регламентах, стандартах, технічних специфікаціях або у інший спосіб. Разом із тим об’єктом відповідності є конкретний матеріал, продукція, установка, процес, послуга, система, тобто таке визначення задовольняють і споруди очищення стічних вод (СОСВ). Отже, стосовно них потрібно реалізовувати випробування (визначення характеристик об’єкта оцінки) та встановлювати оцінку їх відповідності нормативним документам (НД): доведення того, що вимоги, які стосуються продукції, процесу, систем були виконані [1].

Вимоги стосовно СОСВ базується на технологічних регламентах (ТР) – нормативний документ внутрішнього користування, який відноситься до системи технологічної документації (Єдиної системи технологічної документації). Технологічний регламент СОСВ встановлює їх характеристики та вимоги до них, які мають забезпечувати протікання процесів водоочищення належної (запланованої) якості з мінімальною витратою використовуваних ресурсів, тобто сприяти досягненню оптимальних техніко-економічних показників виробництва, встановлювати найбезпечніші способи ведення робіт, регулювати умови виробничих процесів та експлуатації виробництва в цілому. Обов’язковість наявності на об’єктах водовідведення ТР передбачено діючим Наказом Державного комітету України по житлово-комунальному господарству № 30 від 05.07.1995 р.

Базові складові ТР СОСВ:

- характеристика та особливості роботи очисних споруд;
- контроль якості стоків на вході в обладнання та очищених стічних вод при їх скиді;
- відомості про: обсяг водоскиду, споживання електроенергії та інших енергоносіїв застосовуваних для забезпечення сталої роботи системи видалення забруднювачів із стоків.

Разом із тим існують фактори, які комплексно створюючи передумови щодо неефективності метрологічної діяльності із забезпечення єдності вимірювань реалізації оцінки відповідності СОСВ вимогам НД, а, відповідно, і складності реалізації технічного регулювання [1, 2]: некеровані та непередбачувані дії надзвичайних ситуацій (НС) природного та техногенного характеру; відсутність у режимі реального часу повноти інформації щодо конкретного комбінованого процесу водоочищення, складність його адекватного дослідження навіть у лабораторних умовах; відсутність і/або низькі точність та швидкодія сучасних технічних засобів вимірювань складу водних розчинів.

Однак, застосування віртуальної міри енергоефективності водоочищення (ВМЕВ) дозволило реалізувати вимірювання в режимі реального часу низки параметрів СОСВ [2] (включаючи, ресурсозатратність та прогнозування виникнення НС), що створює об’єктивні передумови для використання ВМЕВ при оцінці відповідності СОСВ вимогам ТР.

1. Закон України “Про технічні регламенти та оцінку відповідності” / Відомості Верховної Рада України. – Офіц. вид. – Київ : Парлам. вид-во. – № 14. – 2015. – 96 с.

2. Штена В. М. Обґрунтування робочої міри ефективності електротехнологічної водоочистки / В. М. Штена // Енергетика і автоматика: науковий журнал. – 2018. – № 4. – С. 99-111.

СЕКЦІЯ 2

ВИМІРЮВАННЯ ТА ІСТОРІЯ ВИМІРЮВАНЬ

ДО ІСТОРІЇ СТВОРЕННЯ КАФЕДРИ ІВТ

© Михайло Дорожовець¹, Орест Івахів², Богдан Стадник³, 2019¹ Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
Ряшівська Політехніка (Ряшів, Польща), д.т.н., професор, michdor@prz.edu.pl² Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
д.т.н., професор, зав. каф. ПТМ o.ivakhiv@gmail.com³ Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
д.т.н., професор, зав. каф. ІВТ stadnyk@polynet.lviv.ua

В 1892 році для навчальних цілей і зростаючих потреб електричної промисловості у Львівській політехніці створили Електричну лабораторію. Для цієї Лабораторії серед інших електричних апаратів придбали сучасні вимірювальні прилади та засоби. Із самого початку створення Кафедри Електротехніки одним з найважливіших напрямків її діяльності та досліджень було практичне виконання електричних вимірювань. Дослідження в цій області були зосереджені в основному на підвищенні точності електричних вимірювань. Одним із результатів цих досліджень була публікація у 1893 році наукової роботи К. Олеарського "Новий спосіб вимірювання малих електричних опорів".

Як самостійна одиниця кафедра Електричних вимірювань виділилася з кафедри “Електричні машини” 30 червня 1919 року і від 1 січня 1920 р. (до 1930 року) очолювалась професором К. Ідашевським (1878 – 1965).

Казимир Ідашевскі народився 16 січня 1878 року. Його батько був учителем початкової школи. У 1889 році вступив в 9-річну гімназію і 26 березня 1898 закінчив її. У цьому ж році почав своє навчання на механіко-електричному факультеті Технічного університету м. Брауншвайг (Technische Hochschule Braunschweig, Німеччина), де 16 січня 1903 року склав з відзнакою дипломний екзамен отримавши диплом інженера - електрика. 1 жовтня 1903 року почав працювати на посаді асистента кафедри Загальної електротехніки професора Романа Дзесьлевського у Технічному університеті у Львові. Тут вперше утворив лабораторію електричних машин і разом з тим написав докторську дисертацію «Versuche über das electrolytische Verhalten фон Schwefelkupfer», яку 25 червня 1904 року захистив на механіко-електричному факультеті Технічного університету м. Брауншвайг, отримавши з відзнакою науковий ступінь доктора-інженера (Dr-Ing).



К. Ідашевський

У вересні 1904 році Казимир Ідашевскі переїхав в Берлін, де почав працювати на фабриці електричних машин (Dynamowerk) відомого у світі концерну Сіменс (Siemens Schuckert Werke (SSW)). Він отримав можливість набратися великого досвіду і завітати із різними застосуваннями 3-фазного постійного струму. У фабриці SSW працював до 31 жовтня 1919 року.

З ініціативи професора Р. Дзесьлевського з 1 січня 1920 р. став першим керівником створеної 30 червня 1919 року Кафедри електричних вимірювань Львівської політехніки. Основні напрямки наукової діяльності кафедри під керівництвом професора Казимира Ідашевського були пов'язані з перевіркою лічильників електричної енергії, компенсаторами змінного струму, вимірюванням ізоляції, вимірюванням високих напруг, а також із вдосконаленням лічильників електричної енергії, точними вимірюваннями електричного опору, е.р.с. тощо.

Професор Казимир Ідашевський помер у Вроцлаві 14 січня 1965 року, у віці 87 років і був похований на кладовищі на вулиці Буйвіда у Вроцлаві.



В. Круковський

Від 1930 до 1941 року кафедрою керував професор В. Круковський. Професор Львівської політехніки Володимир Круковський був одним з найвидатніших електротехніків-метрологів свого часу, мав всебічні знання, був чудовим викладачем, членом міжнародних науково – технічних і метрологічних організацій. Він народився 19 вересня 1887 році у місті Радом. У 1905 році В. Круковський почав навчання на Математично-природничому факультеті в університеті Санкт-Петербурга, а у 1906 році він переїхав до Вищої технічної школи в Дармштадті (Großherzogliche Technische Hochschule zu Darmstadt). Після завершення навчання отримав посаду асистента у Державному сейсмологічному інституті Дармштадт-Югенгайм (Darmstadt-Jugenheim), а потім у Фізичному інституті технічного університету.

У 1913 році він отримав диплом інженера з відзнакою. У 1914 році почав працювати у електричній лабораторії на заводі електролічильників на підприємстві Сіменс-Шукерт (Siemens-Schuckert) в Нюрнберзі і у середині 1914 року став заступником лабораторії. З 1 січня 1918 року він очолив лабораторію і на цій посаді залишався аж до 1926 року. В грудні 1918 року він отримав ступінь доктора, його дисертаційна робота була опублікована окремою книгою у 1920 році видавництвом Шпрінгера.

У цей час він здебільшого займався лічильниками електричної енергії, досягнувши виняткових результатів у цій галузі. Отримав 40 патентів на винаходи, Сіменс випустив понад мільйон електролітичних лічильників, які були вдосконалені В. Круковським. Результати його роботи опубліковані у найсерйозніших наукових видавництвах: "Elektrotechnische Zeitschrift", "Archiv für Elektrotechnik" і "Siemens Zeitschrift". У 1926 році В. Круковський переїхав до Варшави на посаду керівника технічного бюро Польських Закладів Сіменса.

У 1930 році за ініціативою проф К. Ідашевського, В. Круковський став керівником кафедри Електричних вимірювань. Він почав з модернізації і розширення лабораторної бази та з утворення на замовлення Головного бюро мір науково-дослідної Лабораторії прецизійних електричних вимірювань. Його праця була зосереджена в основному над державними еталонами електричних величин і прецизійними вимірюваннями. Проф. В. Круковський займався розробленням методів порівняння еталонів опору та напруги, їх правильного зберігання і транспортування та виробництва еталонів напруги. Багато часу присвятив питанням точності вимірювань і врахуванню похибок у результатах вимірювань. Результати та висновки з цих досліджень у 1933–36 рр. опублікував у наукових журналах "Електротехнічний огляд" ("Przegląd Elektrotechniczny") і "Archiv für Technisches Messen".

На кафедрі у 1931 році, було створено першу потенціометричну установку для державної атестації електричних вимірювальних приладів. Розроблена за патентом професора В. Круковського установка для перевірки державного еталону електрорушійної сили була випущена в кількості 50 штук для потреб різних установ. У цей час на кафедрі, крім еталону еталону електрорушійної сили, було створено також Державний еталон опору, право зберігання якого було надано кафедрі. В 1933 році у Міжнародному Бюро мір і ваг здійснено порівняння міжнародних зразків електрорушійної сили і опору, при вимірюванні яких брали безпосередню участь працівники кафедри. Одержані ними значення одиниць відповідали вимогам міжнародного Бюро.

Після того як у 1939 році Львів був занятий Червоною армією і було утворено Львівський політехнічний інститут, професора В. Круковського призначили заступником директора інституту з наукових питань (еквівалентно посаді проректора), залишаючись керівником кафедри. На початку липня 1941 року, після того як у Львів увійшли німецькі війська, професора В. Круковського разом з 40 іншими професорами Львівської політехніки та інших навчальних закладів було вбито німецьким гестапо на Вулецьких пагорбах.

КАФЕДРА ІВТ ЛЬВІВСЬКОГО ПОЛІТЕХНІЧНОГО ІНСТИТУТУ ПІСЛЯ ІІ СВІТОВОЇ ВІЙНИ

© Михайло Дорожовець¹, Орест Івахів², Богдан Стадник³, 2019

¹ Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
Ряшівська Політехніка (Ряшів, Польща), д.т.н., професор, michdor@prz.edu.pl

² Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
д.т.н., професор, зав. каф. ПТМ o.ivakhiv@gmail.com

³ Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
д.т.н., професор, зав. каф. ІВТ stadnyk@polynet.lviv.ua

Після закінчення другої світової війни із 1944 року по 1958 рік кафедру, яка називалася «Електричні вимірювання та прилади», очолював відомий вчений в області електричних вимірювань та автоматичного контролю, член-кореспондент Академії наук України (1957 р.) та СРСР (1958 р.), заслужений діяч науки та техніки Української РСР (1954 р.) професор Костянтин Борисович КАРАНДЕЄВ (1907–1969).

К. Карандеєв у 1930 році закінчив Ленінградський політехнічний інститут. З 1936 року працював у Електрофізичному інституті та Всесоюзному НДІ метрології ім. Д.І. Менделєєва. У 1936 році йому присуджено ступінь кандидата технічних наук, а у 1939 році присвоєно вчене звання професора. У 1941 році – заступник директора з наукової роботи НДІ метрології.

У 1944 році К. Карандеєв скерований у Львівський політехнічний інститут спочатку як заступник директора, а далі призначений деканом електротехнічного факультету (1944–1948 рр.). Одночасно у 1944–1952 рр. завідував кафедрою електровимірювальних приладів. Під час праці на кафедрі у 1951 році першим у Львівському політехнічному інституті захистив докторську дисертацію. Під його керівництвом захищено 38 дисертацій кандидата технічних наук. За результати своєї праці отримав почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки УРСР» (1952). Згодом у 1952 році призначений деканом радіотехнічного факультету та завідувачем кафедри «Радіоприймальних пристроїв» (1952–1954 рр.). Був керівником проблемної лабораторії, а також працював завідувачем наукового відділу в Інституті машинознавства та автоматики.

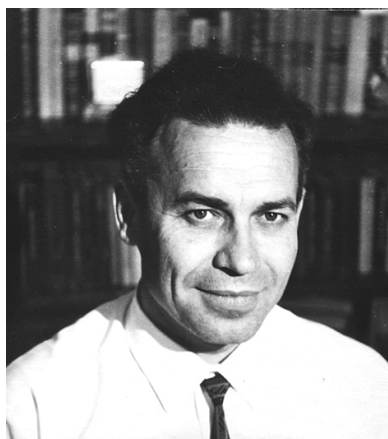


К. Карандеєв

Професор К. Карандеєв – засновник наукової школи з теорії електричних вимірювань та вимірювальних інформаційних систем, автор 15 монографій та навчальних посібників, а також понад 200 наукових статей та винаходів. У період керівництва кафедрою проф. К. Карандеєвим видано його фундаментальні монографії: “Методы электрических измерений”, “Мостовые методы измерений”, “Полупроводниковые выпрямители и их применение в измерительной технике”, “Гальванометры постоянного тока”, та ін.

К. Карандеєв помер 21.09.1969 р., похований на Личаківському цвинтарі у Львові.

З 1958 до 1971 року кафедрою керував доцент Анатолій Якович ШРАМКОВ. Анатолій Шрамков народився 1.08.1925 року в селі Уразово Валуйського р-ну Курської області. Після закінчення школи в 1944 році поступив на 1-й курс Харківського інженерно-будівельного інституту. У 1945 році був переведений на 2-й курс Львівського політехнічного інституту, де навчався на спеціальності «Електро-вимірювальні прилади». Навчання у закінчив у 1949 році з відзнакою і був запрошений на викладацьку роботу на кафедрі. У 1954 році захистив



А. Шрамков

кандидатську дисертацію, а у 1956 році отримав звання доцента. Доцент А. Шрамков опублікував кілька десятків наукових праць, отримав 26 авторських свідоцтв на винаходи. За час керівництва кафедрою доцентом А. Шрамковим подальшого розвитку набули дослідження та розробка приладів з квадратичною характеристикою випрямлення, вимірювання опору і термометрії. Серед основних наукових досягнень і напрямків кафедри, плідним і визначальним був також новий напрям “Цифрові електро-вимірювальні прилади”.

Анатолій Шрамков помер 5.10.1982 р., похований на Личаківському цвинтарі у Львові.

У 1967 році кафедру «Електричні вимірювання та прилади» перейменували на кафедру «Інформаційно-вимірювальної техніки».

З 1971 до 1982 р. завідувачем кафедри «Інформаційно-вимірювальна техніка» був професор Євген Степанович ПОЛІЩУК (1931-2016). Євген Поліщук народився у 13.09.1931 р. с. Токи на Тернопіллі.



Є. Поліщук

На початку п'ятдесятих закінчив Львівський політехнічний інститут і у 1954 р. вступив до аспірантури Київського політехнічного інституту, де успішно захистив кандидатську дисертацію. Після захисту дисертації повернувся на кафедру ІВТ, працював асистентом, доцентом. У 1971 році Є. Поліщук очолив кафедру.

У 70 х роках минулого століття, у період інтенсивної русифікації вищої школи, завдяки поставі Є. Поліщука кафедра не лише зберегла, але і розширила викладання основних предметів українською мовою. У 1978 р. видано перший повоєнний український навчальний посібник «Електричні вимірювання електричних та неелектричних величин» - автори: В. Кочан, С. Обозовський, Є. Поліщук, Є. Шморгун, яким користуються не лише студенти й викладачі, а й інженери і науковці. Проф.

Є. Поліщук з 1981 до 1994 року був деканом факультету

автоматики. У 1990 р. Євгену Поліщuku було присвоєно почесне звання професора. Наукові інтереси проф. Є. Поліщука – це основи загальної теорії вимірювань та вимірювальних перетворювачів, електротермометрія, вимірювання електричних та неелектричних величин тощо. Автор понад 200 наукових і науково-методичних робіт, зокрема 50 авторських свідоцтв на винаходи, 6 підручників для студентів вищих навчальних закладів. Під його керівництвом свої кандидатські дисертації захистило 13 молодих науковців.

У цей період інтенсифікувалася наукова робота у кафедральній науковій лабораторії НДЛ-11. З метою розширення наукових досліджень при кафедрі у 1974 році було створено відділ студентського проектно-конструкторського бюро “Метрологія”, а у 1975 році -факультетську науково-дослідну лабораторію “Електротермометрія”.

Проф.Є. Поліщук відновив активну видавничу діяльність кафедри, зокрема, крім згаданого, було видано низку підручників: “Измерительные преобразователи”, “Электрические измерения электрических и неэлектрических величин”, “Методи та засоби вимірювань неелектричних величин”, “Метрологія та вимірювальна техніка”, “Засоби та методи вимірювань неелектричних величин”, “Датчики. Справочное пособие” та ін.

Євген Поліщук помер 5.04.2014 р., похований на Личаківському цвинтарі у Львові.

У цей період на кафедрі працювали відомі вчені та педагоги. Серед них слід вирізнити доцента Володимира Кочана (1909-1988), який почав працювати на кафедрі ще з 1937 року і який став тією ланкою, яка забезпечила неперервність науково-педагогічних традицій кафедри від її початків аж до сьогодення. Вагомий внесок у досягнення кафедри дали доценти, кандидати технічних наук Степан Обозовський (1919-1992) та Євген Шморгун (1932-1999).

На початку 70-х років на кафедрі прийшло нове покоління молодих викладачів та науковців – випускників кафедри, серед яких О. Івахів, В. Зорій та В. Мотало, а дещо пізніше для вирішення нових дидактичних і наукових завдань на кафедрі приходять нові працівники, серед них: А. Серкіз, О. Чайковський, В. Пуцило, М. Грибок, М. Ковальчук, О. Базилевич, О. Ришковський, З. Монастирський, М. Дорожовець, І. Питель, В. Яцук, Р. Огірко, С. Савенко та ін. Вони стали членами потужного кафедрального колективу, який успішно розв'язував найскладніші наукові проблеми, стали авторами кількох десятків наукових розробок передового рівня, кілької сотень винаходів та наукових публікацій.

СУЧАСНІСТЬ ТА МАЙБУТНЄ КАФЕДРИ ІВТ ЛЬВІВСЬКОЇ ПОЛІТЕХНІКИ

© Михайло Дорожовець¹, Орест Івахів², Богдан Стадник³, 2019¹ Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
Ряшівська Політехніка (Ряшів, Польща), д.т.н., професор, michdor@prz.edu.pl² Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
д.т.н., професор, зав. каф. ПТМ o.ivakhiv@gmail.com³ Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
д.т.н., професор, зав. каф. ІВТ stadnyk@polynet.lviv.ua

Б. Стадник

Кафедру ІВТ у 1982 році очолив Богдан Іванович СТАДНИК – доктор технічних наук (1981) Doctor Honoris Causa (2011), професор (1983), заслужений винахідник УРСР (1972), академік Академії інженерних наук України (1993), академік Міжнародної Академії термоелектрики (1997), академік Академії метрології, Лауреат премії Ради Міністрів СРСР (1991), почесний професор НУ “Львівська політехніка” (2009), Завідувач кафедри Інформаційно-вимірювальні технології Національного університету «Львівська політехніка» (від 1982 року по сьогоднішній день) та директор Інституту комп’ютерних технологій, автоматики та метрології Національного університету «Львівська політехніка» (2001-2014).

Богдан Стадник народився в селі Гірне Стрийського району на Львівщині. У 1950 році закінчив місцеву школу і поступив у 8-й клас середньої школи в м. Сколе. Після закінчення середньої школи поступив на радіотехнічний факультет Львівського політехнічного інституту. У 1958 році був направлений на роботу в НВО «Термоприлад», де працював протягом 1958-1982 років.

Проф. Стадник Б.І. очолює наукову школу засобів вимірювання фізичних величин, в яких закладені теоретичні, технологічні і метрологічні основи створення приладів і систем вимірювання температур, виконує велику роботу з координації досліджень у цій області. Проф. Стадник Б.І. – голова спеціалізованої вченої ради із захисту докторських та кандидатських дисертацій, у якій захистили дисертації понад 230 докторів та кандидатів наук. Під керівництвом проф. Б. Стадника успішно захистили дисертації 32 кандидатів та 20 докторів наук. Автор понад 450 наукових праць: монографій, статей, патентів та винаходів. Член редакційних колегій “Українського метрологічного журналу” та Міжнародного журналу “Термоелектрика”; відповідальний редактор журналу “Вимірювальна техніка та метрологія”, редакційна колегія якого створена при каф. ІВТ. За участі проф. Б. Стадника створені нові термоперетворювачі для різних галузей народного господарства та наукових досліджень серед них прилади які використовувалися для вимірювання температури в рамках міжнародних проектів «Вега» та «Фобос».

За свої наукові досягнення та творчу працю отримав низку відзнак та нагород: Срібна медаль Виставки досягнень народного господарства СРСР (1965); Нагрудний знак «Відмінник приладобудування» (1967); Медаль «За доблесну працю» (1970); Орден Трудового Червоного прапора (1971); Диплом першого ступеня і золота медаль Виставки народного господарства УРСР (1987); Лауреат премії Ради Міністрів СРСР (1991); Золота медаль Виставки досягнень народного господарства СРСР (1989); Нагрудний знак Міносвіти України «Петро Могила» (2005); Орден «За заслуги» III степені (2006); Орден «За заслуги» II степені (2016).

Завданням цього етапу розвитку кафедри було не тільки збереження попередньо сформованих наукових напрямків, але й їх трансформування відповідно до поточних вимог часу. Вчені кафедри виконують теоретичні та експериментальні дослідження, які спрямовані на підвищення точності та розширення переліку вимірюваних величин. Зокрема, впродовж останніх десятиріч вчені кафедри досліджували, розробляли та практично виготовляли різноманітні засоби вимірювань температури. Враховуючи особливу актуальність проблем енерго - й матеріало-ощадності збереження, науковці кафедри зосереджують свої зусилля у таких напрямках досліджень, як термошумова та ультразвукова термометрія; томографічні системи моніторингу температурних полів; еталонної бази термометрії; проектування портативних засобів вимірювання різних фізичних величин; створення засобів вимірювання вологості, кваліметрії, робототехніки тощо.

Кафедра виконує весь комплекс робіт від науково-пошукових і дослідницьких до створення конкретних зразків апаратури для вимірювання різних фізичних величин, зокрема, температури. При цьому дослідження проводяться в напрямках контактної та безконтактної термометрії. Результатом наукових досліджень в галузі створення методів та засобів ультразвукового вимірювання температури була публікація кількох монографій, співавторами якої є працівники кафедри, зокрема, “Застосування ультразвукових сенсорів”, “Енциклопедія температури”, “Вимірювання температури: теорія та практика”.

Працівники кафедри інтенсивно працюють над методичним забезпеченням навчального процесу, що проявилось у написанні і виданні низки навчальних підручників та посібників для студентів вищих навчальних закладів. Зокрема, одноосібно та у співавторстві працівниками кафедри були видані: підручник “Методи та засоби вимірювання неелектричних величин” (2003), “Метрологія та вимірювальна техніка” (2003), двотомний підручник “Основи метрології і вимірювальна техніка (том 1) та “Електричні вимірювання” (том 2) (2005). Опрацювання результатів вимірювань” (2007), “Засоби та методи вимірювання неелектричних величин” (2008), “Уніфікуючі перетворювачі інформаційного забезпечення мехатронних систем” (2009), Метрологія та електричні вимірювання. Лабораторний практикум” (2011), “Метрологія та вимірювальна техніка”, (2012), “Метрологія та вимірювання”, (2012), “Кваліметрія” (2012) “Аналого цифрові перетворювачі”, (2013), “Вимірювальні перетворювачі (Сенсори)”, (2015), монографії “Handbook of Thermometry and Nanothermometry” (2015) та “Cyber-Physical Systems” (2016), посібник “Вимірювання у нанотехнологіях: методи і засоби” (2016),

В рамках міжнародної співпраці кафедра активно працює над зміцненням контактів з науковцями закордонних навчальних закладів та установ, здійснює обмін викладачами, аспірантами, студентами, бере активну участь у міжнародних науково-технічних симпозиумах та конференціях. Вже понад 25 років науковці кафедри спільно з ученими Ряшівської політехніки (Польща) організовують уже традиційні щорічні міжнародні науково-технічні конференції “Методи та техніка перетворення сигналів при фізичних вимірюваннях”. Останні 5 років відбувається взаємний обмін практиками студентів нашої кафедри та студентів кафедри Метрології і діагностичних систем Ряшівської політехніки. У рамках міжнародної співпраці професори кафедри читають лекції в технічних університетах м. Ряшів (Польща) та м. Ільменау (Німеччина), а 4 науковців з Польщі захистили дисертації на вченій раді, яка функціонує при кафедрі. Студенти, стажисти та науковці кафедри проходять переддипломну практику та наукове стажування в Технічному університеті у місті Ільменау (ФРН). У ТУ Ільменау 3 випускників кафедри захистили докторські дисертації. У найновіший період кафедра розвиває міжнародну співпрацю з провідними компаніями пов'язаними з вимірювальною та комп'ютерною технікою та електронними засобами. Завдяки міжнародній співпраці на кафедрі відкрито науково-дослідні лабораторії від Технічного університету Ільменау та “SIOS” (ФРН), фірми “IFM Electronic” (ФРН), CYPRES (США), Hewlett-Packard (США), “Leoni Wiring Systems UA GmbH” (ФРН).

У 1980-х – 2000-х роках кафедра поповнилася як досвідченими, так і молодими науковцями та вченими, серед них: П. Столярчук, Я. Луцик, Є. Походило, Р. Байцар, В. Яцук, М. Микийчук, Т. Бойко, Н. Гоц, Т. Бубела, В. Паракуда, П. Гамула, П. Скоропад, С. Яцишин, А. Кузій, І. Ліхновський, І. Микитин, А. Федорчук, Б. Атаманчук, Р. Вельган, А. Озгович, І. Петровська, Р. Івах, С. Прохоренко, А. Гунькало, В. Рак, В. Здеб, В. Куць, Б. Михалик, Т. Домінюк, Я. Сколоздра, А. Семенистий та ін.

IMPLEMENTATION OF ULTRASONIC ECHO METHOD FOR MEASUREMENTS OF SELECTED PARAMETERS OF BIPHASIC LIQUID METAL-GAS FLOWS

© Artur Andruszkiewicz¹, Kerstin Eckert², 2019

¹Katedra Termodynamik, Teorii Maszyn i Urządzeń Ciepłych, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Politechnika Wrocławska Wybrzeże Wyspiańskiego 27 50- 370 Wrocław, artur.andruszkiewicz@pwr.edu.pl,

²Chair of Transport Processes at Interfaces, Institute of Process Engineering and Environmental Technology, TU Dresden, George-Bähr-Strasse 3b 01069 Dresden, Kerstin.Eckert@tu-dresden.de

Biphase liquid metal-gas flows are used in many technological processes. Examples include processes of secondary metallurgy of steel. The processes of degassing, purification or refining of liquid metal are directly related to its purging with argon. The effectiveness of refining depends, among others on the dimensions of rising bubbles, the residence time in the metal, the area of their rise and streamflow of bubbles. Knowledge of these quantities can allow optimization and control of metallurgical processes. In order to obtain a full data bank on rising gas bubbles, model analyses of biphase liquid metal-gas flows are necessary. Among the many methods used to study such flows, ultrasound methods have become more and more important in recent years. These include Doppler method (UDV) and echo pulse method. The first one developed at the Forschungszentrum Dresden-Rossendorf allows the determination of the bubble velocity and liquid velocity. The published works using the UDV method include works conducted by Eckert, Gerbet and Zhang, the results of which are presented in articles [1,2,3]. The second method – ultrasonic echo pulse method was developed at TU Dresden, as part of the SFB 609 project „Elektromagnetische Strömungsbeeinflussung in Metallurgie, Kristallzüchtung und Elektrochemie”. In addition to determining the bubble velocity, it allows determining the position, separation or gas phase flow area. The aim of the work is to present the implemented ultrasonic echo pulse method, using the USIP 40 flaw detector, for testing biphase liquid metal-gas flows. It was developed for a model reactor in which the liquid metal was GaInSn eutectic, and the gas-argon phase was infused through a nozzle. The paper presents examples of test results and describes the accuracy of the method.

The principle of measurement using the echo pulse method is shown in Figure 1. Short transmission pulses from the ultrasound head after passing through the coupling layer and the front wall of the tank are reflected from the gas bubbles (t_B) moving in the liquid metal and located in the ultrasonic field. The reflected ultrasonic impulses as an echo back to the ultrasonic head that works in the transceiver system. Some of the pulses reach the back walls of the tank (t_{RW1} , t_{RW2}), reflect and return to the ultrasound head. Using the difference of transition times to the ultrasonic head of impulses reflected from the gas bubbles and the back wall of the tank, their course can be presented in the form of tensions on the screen of the ultrasonic flaw detector. This is called the type A picture and it is shown in Figure 1. The ultrasonic head cooperates directly with the ultrasonic flaw detector. This is called the type A picture is shown in the lower figure of Figure 1. The ultrasound head cooperates directly with the ultrasonic flaw detector. The flaw detector has been built in such a way that it records only those signals whose amplitude exceeds the set value (average it is 20% of the maximum monitor screen scale). At this value, the computing system gives the wave transition time from the transmitter to the reflector and back. Knowing the value of the wave velocity in the tank wall and the studied medium, you can calculate the distance from the reflector. The upper part of Figure 1 shows the distance x_B of the bubble from the back wall of the tank. Its determination requires only knowledge of the velocity of the ultrasonic wave (c) in the medium. The minimum value of the amplitude of recorded signals is set by changing the position of the gate shown in Figure 1. At the same time changing the length of this gate or its location, the place where the signals (echoes) are recorded is determined. The frequency of repetition of ultrasonic pulses (IFF)

should be chosen in that way, so the echo reflected from the back wall returns faster than the next pulse was sent.

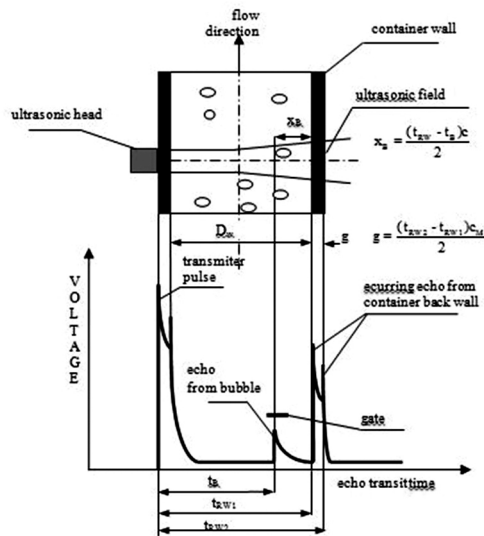


Fig. 1. Measuring principle utilizing echo pulse method

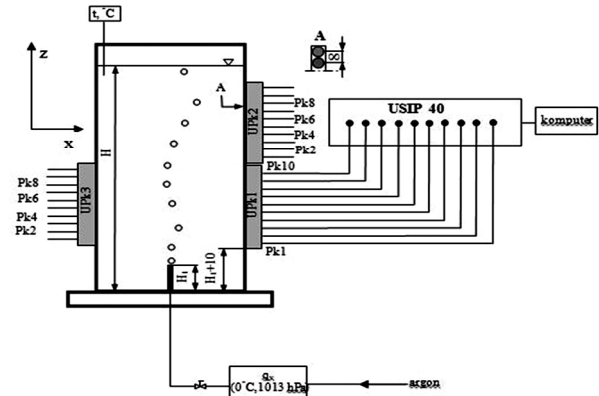


Fig. 2. Measuring system

The accomplished measurement system is shown in Figure 2. The tank with an inner diameter of $D_w = 80$ mm, was filled to the height of $H = 210$ mm with liquid metal. Argon in the form of gas bubbles was infused into the tank through a nozzle, the height of which was $H_1 = 20$ mm, and the diameter of the nozzles were depending on the measurement being carried out: 0.5 mm, 0.9 mm 1.0 and 1.2 mm. Argon volume stream flow q_v was measured with a flow meter with a thermal sensor (Mass-Flo, MKS Instruments) class 1 with ranges: for rising single bubbles 10 sccm, for bubble chain 100 sccm. The first ultrasonic head (UPk1) was mounted 10 mm above the argon inlet nozzle. The registration of signals from rising bubbles was carried out using two heads (UPk1, UPk2) installed one above the other, so that it was possible to obtain information on bubble velocities and their changes on the rising road about 160 mm. They consisted of 10 ultrasonic sensors with the frequency $f = 15$ MHz, diameter $D = 5$ mm placed at distances of 8 mm from each other. Ultrasonic heads were connected alternately to a 10 channel USIP 40 Box ultrasonic flow detector connected and controlled with a computer program UltraPROOF (Krautkramer). The research used only the method of measuring the time of echo from rising bubbles, because it also allows for precise determination of the position of bubble, thus determining the area of their rising. The value of 14286 Hz was chosen for the pulse repetition frequency, and the signal amplification was chosen so that the signal amplitude exceeded 20% of the height shown in Figure 1.

1. Ch. Zhang, *Liquid metal flows driven by gas bubbles in a static magnetic field*. Dissertation TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Dresden 2009

2. Ch. Zhang, S. Eckert, G. Gerbeth., *Gas and Liquid velocity measurements in bubble chain-driven two-phase flow by means of UDV and LDA*, 5th international Conference on Multiphase Flow, ICMF'04, Yokohama, Japan

3. Ch. Zhang, S. Eckert, G. Gerbeth. *Experimental study of single bubble motion in a liquid metal column exposed to a DC magnetic field*, International Journal of Multiphase Flow Volume 31, Issue 7, July 2005, 824-842.

ВИМІРЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

© Олександр Бас¹, Людмила Присяжнюк², 2019¹Державне підприємство «Івано-Франківськстандартметрологія» (Івано-Франківськ, Україна), старший науковий співробітник, к.т.н., alexandr.sanya@gmail.com²Інженер I категорії, l-st@ukr.net

Базовими якісними (фізико-хімічними) показниками природного газу, поруч із теплотою згоряння, наявністю та концентрацією його компонентів, є також число Воббе, яке вважають комплексним показником, оскільки воно визначається на основі двох окремих якісних показників: теплоти згоряння газу та його відносної густини. Крім того, число Воббе є критерієм подібності газів та визначає їхню можливість взаємозамінності і фактично характеризує постійність та стабільність потоку теплової енергії, яка надходить від газу з різним компонентним складом в результаті його спалювання. Тобто, гази з однаковим показником числа Воббе за умови рівнозначного надлишкового тиску зазвичай можуть замінюватись один одним без додаткової заміни або регулювання пальників чи газових форсунок. Крім того, для класифікації різних типів паливних газів по відношенню до числа Воббе, встановлено поняття «сімейство газів», які, в свою чергу, поділяються за числом Воббе та теплотою згоряння на групи, наприклад H та L.

Таким чином, актуальною задачею з прикладним застосуванням є забезпечення можливості визначення якісних параметрів газу, в тому числі і числа Воббе та їх послідовного регулювання. Слід зазначити, що під природним газом розглядається вся номенклатура паливних газів, в тому числі: піролізний, доменний, коксовий, попутний нафтовий газ та газове моторне паливо, для яких питання ефективного спалювання особливо актуальне, оскільки їх режим горіння прямо пропорційно впливає на технологічні процеси. Аналогічно, питання «регулювання якості» через зміну числа Воббе особливо стосується скрапленого природного газу (LNG), оскільки, звертаючись до норм якості газу, які індивідуально встановлені для кожної країни, доречно зазначити, що число Воббе LNG, вміст метану в якому сягає 95 %, зазвичай перевищує встановлені вимоги.

На рис. 1 наведена схема процесу визначення та послідовного регулювання числа Воббе природного газу. Процедура регулювання являє собою умовне багатоступінчатє регулювання і здійснюється наступним чином: після визначення теплоти згоряння і густини, проводиться регулювання подачі повітря (кисню) для забезпечення стехіометричного згоряння, яке, в свою чергу, контролюється наявністю залишкового кисню в димових газах. Причому, система аналогічно обладнана зворотним регулюванням безпосередньо числа Воббе, шляхом зміни компонентного вмісту природного газу. Така зміна може досягатися за рахунок внесення азоту, повітря, пропану, етану або інших газів, в залежності від необхідного значення. Крім того, система може бути додатково обладнана давачами вимірювання інших показників якості газу.

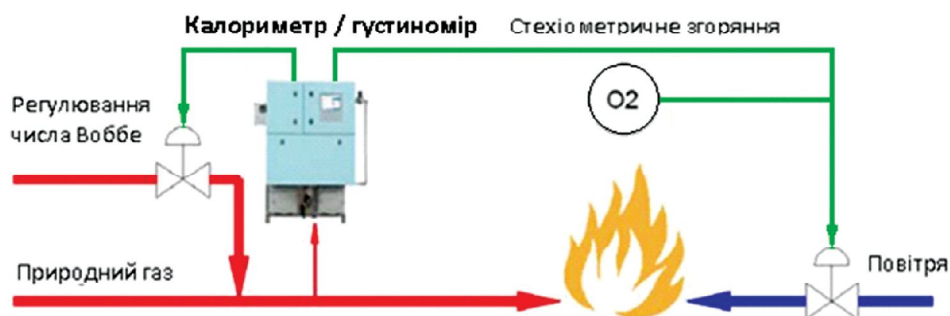


Рис. 1. Схема вимірювання та регулювання числа Воббе (теплоти згоряння, густини) газу

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСНАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗЛИТТЯ СЕНСОРНИХ ДАНИХ SENSOR FUSION

© Іван Бойко¹, Олег Чабан², 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), студент, кафедра автоматизованих систем управління, boykoivan1998@gmail.com

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), студент, кафедра спеціалізованих комп’ютерних систем, warone639@gmail.com

Однією з тенденцій останнього десятиріччя став комплексний підхід до опрацювання даних від багатьох джерел. Оскільки ці дані мають різне походження, характеризуються певними перевагами і обмеженнями у застосуванні, об’єднання даних має значні перспективи порівняно з окремим їх опрацюванням за рахунок розширення обсягу отриманої інформації, яка може бути як взаємодоповняльною, так і взаємозамінною.

Технологія об’єднання даних різного походження, отриманих в реальному часі, для подальшого спільного аналізу та опрацювання отримала назву злиття даних Data Fusion. Отримані синтезовані дані об’єднують в собі властивості усіх типів даних і несуть більше інформації, ніж просте об’єднання даних від різних джерел, розглянутих окремо, що сприяє продуктивнішому вирішенню завдань прийняття рішень, класифікації, визначення стану об’єкту дослідження, оцінки ситуації і т.п.

Розвиток інформаційно-вимірювальних технологій, постійне вдосконалення сенсорних пристроїв сприяли розвитку технології злиття сенсорних даних Sensor Fusion, яка передбачає об’єднання різних сенсорів для вирішення спільних завдань. Спільна робота декількох сенсорів дозволяє зробити якісний крок вперед і отримати набагато кращі результати. Злиття даних від багатьох сенсорів дає додаткову сенсорно-семантичну інформацію про ситуацію та об’єкт дослідження, яку за інших умов не можливо було б отримати.

Все більшої популярності ця технологія набуває в медицині, зокрема при моніторингу медико-фізіологічних показників для діагностики стану здоров’я спортсменів і пацієнтів. Автоматичний контроль стану здоров’я літніх людей дозволяє зменшити чисельність обслуговуючого персоналу, попередити загострення захворювань. Інформація, зібрана шляхом моніторингу фізіологічних, поведінкових та соціальних аспектів нашого життя, може бути використана для досягнення позитивного впливу на якість життя, здоров’я та благополуччя.

Перевагами злиття сенсорних даних є підвищення надійності системи у випадку відмови одного з сенсорів, зменшення ймовірності помилкових тривог, зростання ймовірності виявлення небезпечної ситуації та зменшення часу реагування у зв’язку з отриманням більш повної інформації, що надходить з різних джерел. Отримана інформація характеризується меншою невизначеністю, більшою точністю та надійністю.

Злиття сенсорної інформації відбувається на різних рівнях: на рівні сенсорних сигналів, на рівні ознак, на рівні прийняття рішень.

Методи злиття даних на рівні сенсорних сигналів використовуються з метою підвищення якості даних і забезпечення метрологічного самоконтролю сенсорів. При цьому сенсорні дані опрацьовуються з метою підвищення рівня інформаційного сигналу та зниження завад, шляхом застосування частотної фільтрації або часового усереднення даних. Достовірність інформації можна підвищити шляхом застосування багатофункціональних сенсорів, які здатні одночасно вимірювати декілька параметрів, або декількох однакових сенсорів.

На рівні ознак чи властивостей передбачається виділення статистичної або фізичної характеристики вимірюваного сигналу. Відбувається фільтрація, нормалізація, кореляція, класифікація даних.

На рівні прийняття рішень застосовуються алгоритми розпізнавання образів, теорії нечітких множин, нейронних мереж, прогнозування.

Незважаючи на численні застосування технології злиття сенсорних даних, залишаються не до кінця вирішеною низка проблем:

- різноманітності даних – дані можуть характеризуватися різними типами даних (цілий, дійсний, логічний, символьний і т.п.), різними шкалами вимірювань (номінальна, числова і т.п.), різними моделями баз даних, одиницями вимірювання, точністю і т.п.
- відсутність універсального методу злиття даних, який би можна було застосувати за будь-яких умов.
- відсутність уніфікованих термінів

Отримання повної, точної та своєчасної інформації є найскладнішим етапом перетворення даних інтелектуальних систем. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є розроблення моделей злиття даних. На сьогодні існує три основних типи моделей: на основі даних, на основі дій, на основі ролей.

До моделей на основі даних належать:

- модель JDL (Joint Derectors of Laboratories), в якій застосовується системний підхід до аналізу даних з метою формування цілісного знання про систему. Ця модель має п'ятирівневу структуру. На нульовому рівні відбувається попередня обробка даних, на першому – уточнення об'єкта, на другому – уточнення ситуації, на третьому – уточнення загроз, на четвертому – уточнення процесу;
- модель DFD (Data Feature Decision) визначає елементи процесу злиття даних, які задаються на основі вхідних і вихідних даних (деякого рішення) і сприяють встановленню зв'язків між даними та завданнями;
- модель Водоспад (Waterfall model) представляється у вигляді ієрархічної структури, яка має три рівня, кожен з яких включає два модуля, і зворотній зв'язок для контролю. Вихідна інформація одного модуля використовується наступним. Ця модель є більш точною при аналізі процесу злиття даних.

Моделі на основі дій формують послідовність дій, які виконуються системою злиття даних. До них належать:

- цикл OODA – спостерігати, орієнтуватися, вирішувати, діяти (observe, orient, decide, act), який має зворотній зв'язок, дозволяє проводити повний огляд і розділення системних задач.
- цикл розвідки (intelligence cycle) – збір, співставлення, оцінка і поширення, описує процес від зібрання неопрацьованих даних до видачі опрацьованих даних, які можуть бути використані при прийнятті рішень.
- комплексна модель (Omnibus Model) – сприйняття і опрацювання даних, виявлення характерних властивостей, прийняття рішень, дія, яка є циклічною і може використовуватись декілька разів для одного застосування.

Моделі на основі ролей для злиття даних визначають набір функцій і визначають відношення між ними:

- об'єктно-орієнтована модель (object-oriented model) – описує різні ролі (агент, отримувач, директор, менеджер), але не розглядає системні завдання.
- архітектура Франкеля-Бедворта (Frankel-Bedworth) складається з двох саморегулювальних процесів, локального і глобального) з різними цілями і ролями.
- модель ситуаційної обізнаності Ендслі (Situation Awareness Endsley) призначена для аналізу діяльності операторів складних динамічних систем, включаючи порівняльну оцінку ефективності їх роботи, пошук помилок і формування рекомендацій щодо їх виправлення.

Технологія злиття сенсорних даних набуває все більшої популярності. поєднання різних моделей злиття даних дозволить підвищити ефективність опрацювання даних від багатьох сенсорних пристроїв та прийняття рішень.

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ БІОМЕДИЧНОГО ТЕРМІЧНОГО АНАЛІЗУ

© Оксана Бойко¹, Роман Голяка², Зенон Готра³, 2019

¹Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, (Львів, Україна), завідувач кафедри медичної інформатики, к.т.н., доцент, oхана_bojko@ukr.net

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри електронних засобів інформаційно-комп’ютерних технологій, д.т.н., професор, holyaka@yahoo.com

³Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), завідувач кафедри електронних приладів, д.т.н., професор, er@lp.edu.ua

Методи термічного аналізу знаходять все ширше застосування в біомедичних дослідженнях. Вони використовуються для дослідження хімічних реакцій і фізичних перетворень, що відбуваються під впливом температури у хімічних сполуках або між окремими сполуками в багатокомпонентних системах. Найбільшої популярності набуває метод диференціальної скануючої калориметрії ДСК. Першочерговими напрямками застосування ДСК є полімерна та фармацевтична галузі, а також органічна та неорганічна хімія. Важливим також є використання ДСК у колоїдній та біоколоїдній хімії, медицині, біології та генетиці [1-2]. Найголовнішими перевагами методу ДСК є легкий та швидкий шлях визначення фізико-хімічних процесів та процесів перетворення, що відбуваються у матеріалі. Цей метод допомагає зрозуміти принципи стабільності білків та інших біомолекул. Він широко застосовується при розробці та дослідженні лікарських препаратів в біофармацевтиці з метою розробки стабільних білків, вибору оптимальної технології виготовлення і контролю їх якості. Мікрокалориметрія зарекомендувала себе як метод вивчення клітин крові та діагностики в клінічній гематології. Розроблено методи визначення активності таких гормонів, як інсулін, шляхом мікрокалориметрії тканин.

Для проведення таких досліджень використовуються калориметричні пристрої, принцип дії яких полягає у вимірюванні теплових потоків за різницею температур в двох точках вимірювальної системи. Розвиток сучасних пристроїв ДСК біомедичного призначення відбувається в напрямку мінімізації їх розмірів з метою зменшення маси досліджуваної речовини (грам і менше), підвищення роздільної здатності вимірювання (приблизно 10^{-3} °C) та швидкості нагрівання досліджуваних мікропроб (10^3 °C/с). Реалізація таких пристроїв можлива на диференціальних транзисторних каскадах, оскільки сучасні транзистори характеризуються гранично малими розмірами (від мм до мкм), високою температурною чутливістю, а також можуть забезпечити функціональне інтегрування двох функцій – керованого нагріву та вимірювання різницевої температури, яка виникає внаслідок фазового переходу досліджуваної речовини, а площа, що обмежується часовою зміною ΔT є інформативним параметром кількості обумовленої таким переходом теплової енергії.

Проведені дослідження показали, що зі зменшенням часу перетворення спостерігається доволі значна втрата точності. Тому завдання забезпечення високої роздільної здатності вимірювання різницевої температури зі сталою теплової релаксації близько 1мс є проблематичним і потребує використання спеціальних методів сигнального перетворення. З метою вирішення цієї проблеми запропоновано використати додатковий вузол сигнального перетворення, який виконує функцію аналогового високоточного швидкодіючого інтегрування.

Був розроблений та створений дослідний зразок вимірювального перетворювача (рис. 1), який містить сенсор різницевої температури СРТ, інтегратор Ін, аналого-цифровий перетворювач АЦП, мікроконтролер МК. Вимірювальний перетворювач під’єднуються до

персонального комп'ютера ПК для візуалізації результатів вимірювання. Сенсор різницевої температури реалізований на транзисторному диференційному каскаді, вихідна напруга якого пропорційна зміні колекторних струмів, зі стабілізацією сумарного струму емітерів. При цьому забезпечується чутливість $100 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$, нестабільність якої становить 5% в діапазоні вимірюваної температури $\Delta T = [-5 \dots 5]^{\circ}\text{C}$. Відповідно роздільна здатність вимірювання температури дорівнює $\pm(10^{-4} \dots 10^{-3})^{\circ}\text{C}$. Первинні перетворювачі (зонди) реалізовані на двох мікрокорпусних біполярних транзисторах BC817/BC337 n-p-n типу провідності розміром приблизно $0,5 \times 0,5 \times 0,3 \text{ (мм)}$.

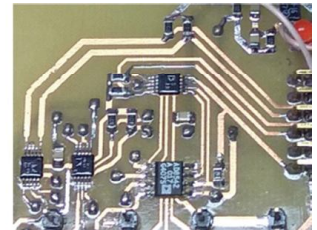
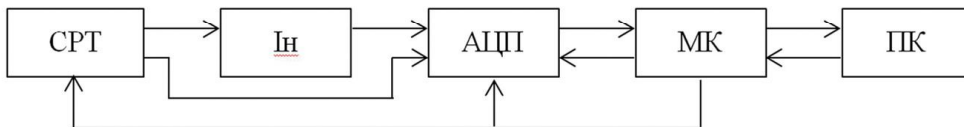


Рис. 1. Структурна схема вимірювального перетворювача та плата сенсора

Інтегратор (рис. 2) реалізований на диференційному підсилювачі різниці вхідних напруг. Подальше сигнальне перетворення передбачає різниче аналого-цифрове перетворення вихідної напруги V_{OUT} відносно опорної напруги V_{1A} . Перевагою такого варіанту інтегратора, крім підсилення різниці вхідних напруг, є низький імпеданс кола формування напруги, що покращує співвідношення сигнал-шум.

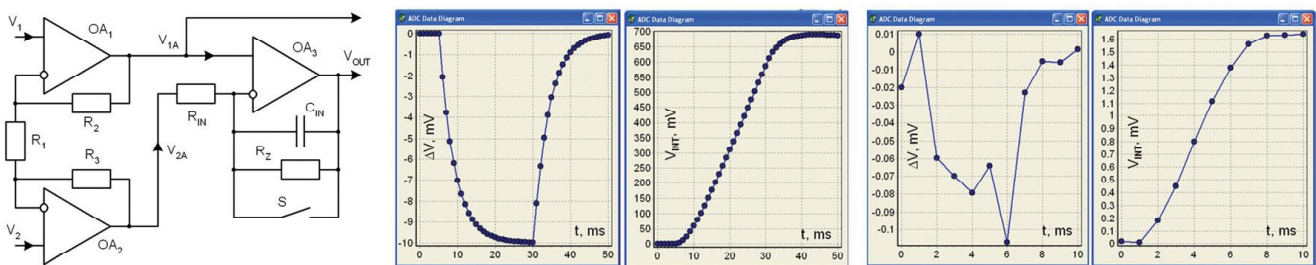


Рис. 2. Схема інтегратора та результати її дослідження

Для дослідження ефективності використання запропонованого інтегратора проводилися експерименти по вимірюванню значень інтегралів функції напруги $V(t)$ в колі, яке імітує імпульси різницевої температури $\Delta T(t)$. Форма імпульсів вибиралася з точки зору характерної залежності температури досліджуваного об'єкту в процесі його теплової релаксації, зокрема в ході нагріву імпульсом заданої потужності. Амплітуда імпульсів напруг від'ємної полярності на інтегруючій RC ланці у першому випадку становила приблизно $\Delta V \approx -10 \text{ мВ}$, тривалість імпульсів $t_p = 25 \text{ мс}$, тривалість релаксаційного процесу $t_r = 50 \text{ мс}$. Результатами вимірювань є числові дані часової залежності напруги $\Delta V(t)$ та її інтегралу, яким є відповідне значення напруги V_{INT} на виході інтегратора (рис. 2). Можна бачити, що характер отриманих результатів вимірювання напруг $\Delta V(t)$ та кількість виміряних значень $N = 51$ є достатніми для подальшого високоточного розрахунку площі імпульсу. За серією з 30-ти масивів вхідної $\Delta V(t)$ та вихідної V_{INT} напруг було встановлено, що похибки визначення інтегралу, відповідно, у випадку дискретного інтегрування (M1) та неперервного інтегрування (M2) є незначними і становлять не більше 0,1 %. У другому випадку рівень вхідної напруги зменшено приблизно на два порядки, а постійну RC-ланки в 5 разів. При цьому: $\Delta V \approx -0,1 \text{ мВ}$, $t_p = 5 \text{ мс}$, $t_r = 10 \text{ мс}$. Спостерігається суттєве погіршення точності вимірювань напруги $\Delta V(t)$. Значний рівень

шуму (≈ 10 мкВ) та мала кількість виміряних значень вхідної напруги ($N = 11$) обумовлюють суттєву похибку першого методу $M1 \approx 20$ %. Натомість, похибка другого методу $M2$ не перевищує 1 %. Таким чином проведені експериментальні дослідження показали високу ефективність використання аналогового інтегратора в сенсорах різницевої температури, сигнальні перетворювачі яких повинні поєднувати високу точність та часову роздільну здатність вимірювання.

1. Lőrinczy, D. (2017). *The Role of Differential Scanning Calorimetry in the Diagnostics of Musculoskeletal Diseases*. *EC Orthopaedics*, 7, 164-177.

2. Жнякина Л.Е., Мощенский Ю.В., Ткаченко М.Л., Федотов С.В., Смелова С.Г. Система дифференциальной сканирующей калориметрии для исследования лекарственных объектов // *Химико-фармацевтический журнал*. 2005. № 11. С.46-49.

ВЕРИФІКАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ КІБЕР-ФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТУ

© Тетяна Бубела¹, Тетяна Федішин², 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, raholuk@ukr.net

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, tantakvirka5@gmail.com

Необхідність ефективного зрошення зернових культур призвело до зростання потреб в забезпеченні обладнанням для вимірювання вмісту вологи у ґрунті. Процес керування зрошувальним устаткуванням передбачає оперування інформацією про кількість вологи у ґрунті, як доступної для врожаю, так і кількість вологи, яку він потребує. Вимірювання та моніторинг стану зволоженості ґрунту є важливим компонентом комплексної програми управління. Це допоможе уникнути економічних збитків та наслідків, пов'язаних із недостатнім чи надмірним зрошенням. Також моніторинг води в ґрунті допоможе уникнути екологічно дорогих витрат, наслідків переохолодження, тобто витрат води та енергії, вимивання поживних речовин або сільськогосподарських продуктів [1, 2].

Виходячи з важливості контролю стану ґрунту, була розроблена підсистема збору інформації для кібер-фізичної системи моніторингу агровиробництва, яка передбачає вимірювання таких основних параметрів, як вологість та температура ґрунту (рис. 1). Розроблена підсистема забезпечує візуалізацію вимірювальної інформації у формі, зрозумілій для користувача [3].

Підсистема дозволяє досліджувати вимірювальні параметри для різних типів ґрунтів. Натомість вбудована панель забезпечує збереження результатів вимірювань. Переносна підсистема призначена для оперативного прийняти правильних управлінських рішень.

Особливостями сконструйованої підсистеми є:

а) оперативне отримання результатів вимірювання температури та вологості ґрунту в системі;
б) можливість підключення до Android пристроїв, що дозволяє спостерігати результат вимірювання на смартфоні або планшеті;

в) підключення до мережі Wi-Fi, яка використовує бездротове з'єднання [4];

г) вбудований реєстратор даних;

д) дистанційне скерування вимірювальної інформації у програму чи на сервер <https://thingspeak.com>.

Важливим етапом досліджень стала верифікація розробленої вимірювальної системи, метою якої є забезпечення необхідного рівня достовірності даних, отриманих під час її експлуатації. Цілі верифікації можна досягти лише тоді, якщо послідовно виконувати комбінації з інспектування документації та різного роду аналізу результатів. Було здійснено

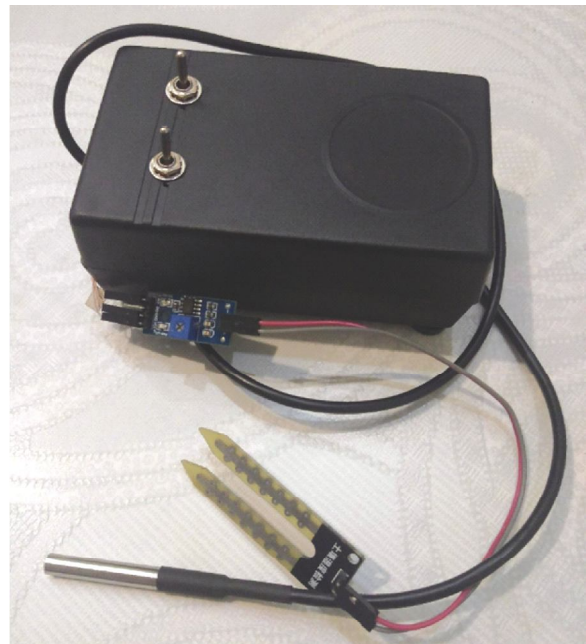


Рис. 1. Підсистема збору інформації про вологість та температуру ґрунту

оцінку підсистеми збору інформації для кібер-фізичної системи моніторингу агровиробництва за наступними початковими даними:

для вимірювання температури:

- діапазон вимірювання температури [12; 30] °C;
- нормоване значення точності за конструкторською документацією: $\Delta_n = \pm 0,045$ °C;
- допустиме значення похибки вимірювань: $\Delta_{\Phi n} = \pm 0,033$ °C;
- кількість досліджуваних вимірювальних каналів (ВК) $N=1$;
- середній термін експлуатації ВК $\tau = 10\,000$ год;
- допустиме значення похибки визначення часу настання метрологічної відмови $\Delta t = 360$ год;
- довірна ймовірність $P_3(t)=0,95$;
- кількість ВК, які призначені для вимірювання температури – 1 ;
- похибка репрезентативності $\varepsilon = 10\%$;
- довірна ймовірність $P=0,95$.

для вимірювання вологості:

- діапазон вимірювання [35–93]%;
- нормоване значення точності за конструкторською документацією: $\Delta_n = \pm 2,0\%$;
- допустиме значення похибки вимірювань $\Delta_{\Phi n} = 1,5\%$;
- кількість досліджуваних ВК $N = 1$;
- середній термін експлуатації ВК $\tau = 10\,000$ год;
- допустиме значення похибки визначення часу наступлення метрологічної відмови $\Delta t = 400$ год;
- довірна ймовірність $P_3(t) = 0,95$.

Було визначено обсяг репрезентативної вибірки для метрологічних досліджень підсистеми збору інформації для кібер-фізичної системи моніторингу агровиробництва, які будуть підлягати метрологічним дослідженням.

Для встановлення міжкалибрувального інтервалу використано критерій безвідмовної роботи за метрологічними відмовами.

З метою мінімізування ризиків отримання недостовірної інформації в системі моніторингу стану агровиробництва було розроблено програму її верифікації. Розраховано міжповірювальний інтервал для запропонованої в роботі підсистеми.

1. Бубела Т. З. Засади побудови кіберфізичних систем контролю та управління виробництвом зернових культур / Т. Бубела, В. Ванько, П. Столярчук // Комп'ютерні системи та мережі. – Львів: НУ ЛП, 2015, № 830. – С. 12-18.

2. Коряков В.І., Запорожець О.С. Прилади в системах контролю вологості твердих речовин та їх метрологічні характеристики. // Практика приладобудування. – 2002. – № 1. – С. 5-11.

3. Федішин Т. І. Алгоритм функціонування підсистеми збору інформації для кіберфізичної системи контролю органічного виробництва // Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи. – Львів: НУ ЛП, 2017, С. 226.

4. Макаренко А. Ю., Парфенова А. О., Могильний С. Б. Бездротові технології передачі даних WI-FI, BLUETOOTH та ZIGBEE // Вісник Національного технічного університету «КПІ». Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2010. – № 41. – С. 171-173.

ВПЛИВ НЕРІВНОМІРНОСТІ ПРОСТОРОВОЇ ЧУТЛИВОСТІ ПРИЙМАЧА ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЕННЯ НА ПОХИБКУ ВИМІРЮВАННЯ

© Леонід Воробйов, Сергій Кобзар, Олег Декуша, Лев Декуша, 2019

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, E-mail: teplomer@ukr.net

Одним з джерел похибки вимірювання калориметричних приймачів теплового випромінення є просторова (зональна) нерівномірність чутливості перетворювача теплового потоку, яка значною мірою залежить від досконалості технології виготовлення чутливого елементу – батареї термоелементів з гальванічним нанесенням парного термоелектричного матеріалу. Просторова неоднорідність наявна практично у всіх типах перетворювачів, які не розглядаються як об'єкти із зосередженими параметрами. Нерівномірність чутливості окремих елементів часто проявляється у матричних (багатоелементних) приймачах випромінення, як фотоелектричних, так і теплових. Для вирівнювання значень чутливості застосовують різноманітні методи – технологічні, конструкційні, алгоритмічні. Зазвичай при калібруванні калориметричного приладу експериментально визначають його коефіцієнт перетворення, знайдене значення якого залежить як від нерівномірності чутливості перетворювача, так і від просторового розподілу заданої при калібруванні тестової енергії або потужності. Якщо у подальшій роботі (експлуатації) просторовий розподіл вимірюваної енергії або потужності співпадає з тестовим, то складова похибки, обумовлена нерівномірністю чутливості не проявляється. Якщо ж при експлуатації приладу просторовий розподіл вимірюваної енергії або потужності не співпадає з тестовим, то виникає додаткова складова похибки, яку необхідно оцінювати при визначенні метрологічних характеристик приладу.

При калібруванні калориметричних приладів часто застосовують метод електричного заміщення, за яким замість енергії, що виділяється у досліджуваному процесі, у калориметричну комірку вводять задану електричну енергію за допомогою вбудованого або тимчасово зануреного у комірку нагрівника. При вимірюваннях джерело енергії просторово не співпадає з калібрувальним електричним нагрівником, відповідно можуть різнитися просторові розподіли температурних полів, що викликає складову похибки вимірювань.

Запропонована узагальнена методика апріорного розрахункового оцінювання складової похибки, викликаній нерівномірністю чутливості перетворювача. Ця методика включає наступну послідовність дій та операцій:

I. Експериментальним або розрахунковим методом визначають характеристики розподілу просторової чутливості перетворювача теплового потоку калориметричного приладу – межі можливого розкиду значень чутливості, закон розподілу чутливості як випадкової величини та параметри цього розподілу. Ці характеристики суттєво залежать від застосованої технології виготовлення. Важливим параметром є лінійний розмір елементарної ділянки поверхні перетворювача, для якого визначаються параметри розподілу чутливості та який буде застосовуватися у подальших розрахунках. Цей розмір з одного боку повинен бути таким, щоб у різні елементарні ділянки поверхні перетворювача входила приблизно однакова кількість термоелементів, а з іншого боку, цей розмір повинен бути достатньо малим, щоб відтворювати просторову нерівномірність теплового поля. За умови виконання цих вимог, розмір елементарної ділянки повинен бути співставним з товщиною перетворювача.

II. На підставі моделювання або/та експериментальних досліджень визначають можливі просторові розподіли температури та теплового потоку у калориметричній комірці за калібрування та за робочих вимірювань із різними можливими типами джерел енергії. Метою моделювання є не тільки оцінювання складової похибки, але і вибір таких параметрів конструкції приладу, які одночасно забезпечують необхідне значення похибки та інших параметрів, наприклад, сталої часу. Тому моделювання може проводитися при різних значеннях параметрів конструкції та застосованих матеріалів.

III. За результатами отриманими на попередніх етапах розраховують складову похибки, що виникає внаслідок просторової нерівномірності чутливості перетворювача та відмінностей у просторових розподілах температури та теплового потоку при різних варіантах досліджуваного процесу. Розрахунок може бути проведений різними методами, наприклад, за методом Монте-Карло або, якщо за результатами досліджень і моделювання можна оцінити чисельні значення дисперсії розкиду чутливості та розподілу теплового потоку на поверхні перетворювача – із застосуванням формули розрахунку дисперсії добутку двох незалежних випадкових величин. Розраховують також інші значущі характеристики теплового перетворювача, наприклад сталу часу для різних значень параметрів, які варіювалися при моделюванні.

IV. Вибирають такі значення параметрів, які задовольняють встановленим вимогам до складової похибки вимірювання та іншим вимогам. Якщо за результатами обчислень неможливо обрати такі значення параметрів, що задовольняють усі вимоги, проводять аналіз причин цього та визначають шляхи подолання такої ситуації.

Розглянуто застосування запропонованої методики на прикладі розрахунку характеристик спрощеної модельної калориметричної структури у вигляді багат шарової плоскої пластини. На термостатованій основі розташований плоский перетворювач теплового потоку. Над перетворювачем розташований шар електронагрівника, за допомогою якого задається нормована потужність при калібруванні. Над електричним нагрівником розташований приймальний шар (стінка калориметричної комірки) на яку надходить вимірюваний тепловий потік з густиною, яка залежить від координат. Коефіцієнт емісії поверхні (ступінь чорноти) при моделюванні може варіюватися. Бокові поверхні адіабатичні. Така модельна калориметрична структура є дуже спрощеною, але може розглядатися як модель плоского приймача теплового випромінювання, як одна з двох граней моделі АЧТ у вигляді «клину», або як розгортка циліндричної комірки моделі АЧТ. Проведене моделювання стаціонарного теплового режиму, причому розглядалося декілька варіантів просторового розподілу густини теплового потоку: рівномірне об'ємне тепловиділення у шарі електронагрівника, що відповідає режиму калібрування; лінійна зміна густини теплового потоку на приймальній поверхні за однією з координат; лінійна зміна на одній половині ширини поверхні та сталі значення на іншій половині; ступенева зміна у середині поверхні. Моделювання розподілу теплових полів у калориметричній структурі виконано за допомогою програмного пакету ANSYS.

Оцінювання розподілу просторової чутливості перетворювача проведено на основі аналізу експериментальних даних по визначенню коефіцієнтів перетворення кількох партій перетворювачів теплового потоку.

Результати розрахунку дисперсії досліджуваної складової похибки аналітичним методом практично співпадають з результатами визначення за методом Монте-Карло з кількістю реалізацій не менше 200. Проведена оцінка сталої часу модельної структури при різних товщинах приймального шару. Зі збільшенням товщини зменшується складова похибки внаслідок просторової нерівномірності чутливості, але збільшується теплоємність комірки та підвищується стала часу приладу. Отримані результати дозволяють вибрати необхідну товщину стінки комірки в залежності від заданих характеристик приладу.

Таким чином, в роботі запропоновано методику оцінювання складової похибки вимірювання, викликану нерівномірністю просторової чутливості перетворювача та розглянуто приклад розрахунку на підставі моделювання розподілу теплового поля.

Дослідження проведені у рамках виконання роботи «Створення та впровадження приладів для експрес-контролю коефіцієнту емісії поверхонь матеріалів та покриттів з використанням високочутливих сенсорів інфрачервоного випромінювання», що виконується відповідно до Цільової програми наукових досліджень НАН України «Напівпровідникові матеріали, технології і датчики для технічних систем діагностики, контролю та управління» на 2018-2020 роки.

РОЗПІЗНАВАННЯ ДЕФЕКТІВ ТЕХНІЧНОЇ КЕРАМІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ

© Денис Гаврилів, Роман Вельган, Максим Семенченко, 2019

Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна
denys.v.havryliv@lpnu.ua, velgan@polynet.lviv.ua, maksym.semenchenko.pr.2015@lpnu.ua

Завдяки своїм властивостям, зокрема твердість і зносостійкість, вироби технічної кераміки часто використовуються у текстильній промисловості. Зокрема, на стадії формування ниток зі штучних матеріалів використовуються керамічні напрямні елементи, що забезпечують швидке і гладке ковзання. На стадії обробки, за допомогою керамічних інструментів (напрямних і фрикційних дисків, різців), формується форма волокна, що є запорукою еластичності ниток. Проте керамічні деталі через свою неоднорідність, зернистість у процесі термічної обробки часто утворюють дефекти поверхні. Такі дефекти пошкоджують пряжу, тканину, тому виникає потреба контролювання якості поверхні керамічних компонентів ткацьких машин особливо детально. Зазвичай завдання візуального інспектування виконують контролери, що внаслідок суб'єктивних чинників, зумовлює помилки контролювання. Перевірка якості виготовлення виробів і обробки поверхонь є важливим кроком для дотримання технології на виробництві. Застосування оптичних засобів вимірювальної техніки та цифрових методів розпізнавання зображення дає змогу автоматизувати, прискорити, та здешевити відбракування дефектних деталей. Застосування цифрового мікроскопа уможливорює наочне виявлення дефектів розміром порядку декількох десятків мікрометрів, отримати зображення яке з наступними операціями застосування фільтрів, підвищення контрасту, застосування функції порогового значення, та методу машинного розпізнавання дає змогу мікропроцесору прийняти рішення про відбракування деталі (допуск деталі до наступних стадій виробництва). Першочерговим викликом, що стоїть перед нами є правильна оцінки впливу освітлення та шумів на отримане зображення. У попередніх експериментах з цифровим мікроскопом у максимальному збільшенні було встановлено сильну залежність отриманого зображення від цих факторів. Тонке налаштування параметрів фільтрації, контрасту, параметрів функцій оцінки дефекту сьогодні потребує спеціаліста з цифрового опрацювання зображень для отримання достовірної інформації з зображення (рис. 1).

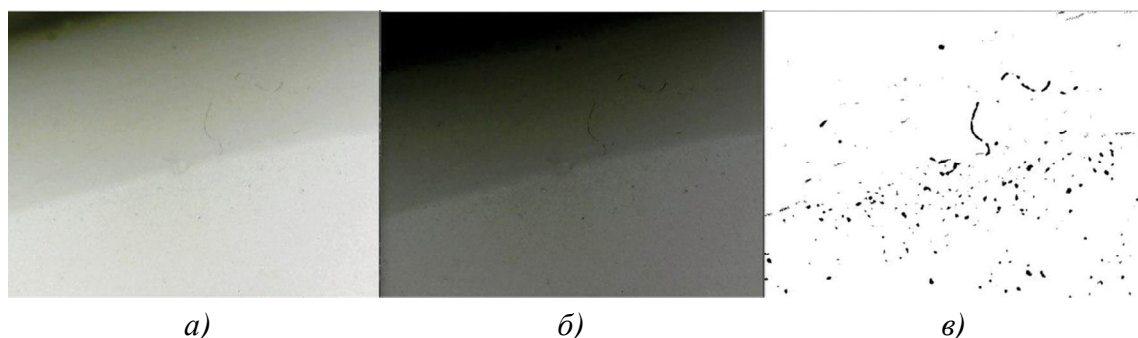


Рис. 1. Зображення краю керамічного диску отримані за допомогою цифрового мікроскопа та функції з бібліотеки OpenCV-Python: а) – зображення отримане з мікроскопа; б) – після підвищення контрасту; в) – після використання порогової функції

Аналіз отриманих зображень дефектів показав складність розробки алгоритму з використанням класичного підходу. Використання машинного навчання для автоматизованого визначення дефектних деталей довело свою ефективність у проведених експериментах. Для ефективної роботи необхідна велика кількість тестових зразків та їх точна подальша обробка. У своїй роботі ми використали бібліотеки TensorFlow та Keras, для тренування спеціалізованого детектора об'єктів [1]. Використано алгоритм Inception Single Shot MultiBox Detector [2] для отримання ймовірності та координат дефектної області. Труднощі з якими ми зіткнулися це в першу чергу нестача потрібних для тренування даних. Для навчання точних детекторів необхідно близько 5000 зображень різних дефектів на один клас. Для вирішення цього завдання було застосовано синтетичне створення зображень. Наступним завданням є тренування моделі. Для тренування вибраної нами моделі у випадку достатньої кількості зображень необхідно, згідно з розробниками, 200 тисяч операцій, що у нашому випадку було неможливо адже на доступному нам обладнанні це зайняло б 28 днів безперервної роботи. Було проведено 5 тисяч навчань у результаті яких отримано результати для одного типу дефектів (при 1200 синтетичних зразках) (рис. 2). Отриманий результат – розпізнавання дефекта з 96% ймовірністю є важливим для ілюстрації можливостей машинного навчання. Для отримання якісних результатів для різних дефектів та встановлення особливих рис дефектів необхідно збільшити кількість зразків та кількість тренувань.

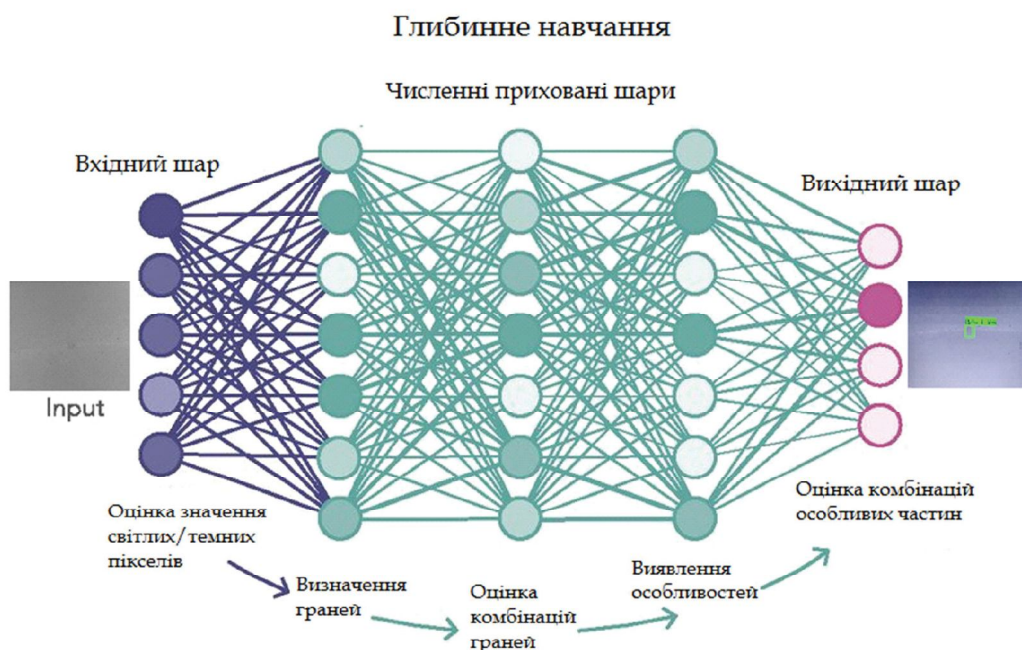


Рис. 2. Ілюстрація роботи алгоритму глибинного навчання

1. Vladimirov L. *Training Custom Object Detector* / Lyudmil Vladimirov // *TensorFlow API*. – 2019. URL: <https://tensorflow-object-detection-api-tutorial.readthedocs.io/en/latest/training.html> (access date: 01.06.2019).

2. Inception Single Shot MultiBox Detector for object detection / N.Chengcheng, Z. Huajun, S. Yan, T. Jinhui. // *2017 IEEE International Conference on Multimedia Expo Workshops (ICMEW)* (Hong Kong, 10-14 July 2017). Hong Kong, 2017. p. 549–554. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8026312> (access date: 01.06.2019).

ESTIMATION OF MEASURAND OF HUMAN SKIN TEMPERATURE DURING THE ENDURANCE TEST

© Anna Golijanek-Jędrzejczyk¹, Ariel Dzwonkowski², Dariusz Świsulski³, 2019

¹Gdańsk University of Technology, Poland, assistant professor, Ph.D., lecturer,
anna.golijanek-jedrzejczyk@pg.edu.pl

²Gdańsk University of Technology, Poland, assistant professor, Ph.D., lecturer,
ariel.dzwonkowski@pg.edu.pl

³Gdańsk University of Technology, Poland, associated professor, DSc, professor,
dariusz.swisulski@pg.edu.pl

A correctly made measurement requires that its result should be supplemented with the quality parameter characterizing this measurement, i.e. the estimation of inaccuracy [1-4].

It is important not only to reliably and conscientiously determine the uncertainty of measurement but also to carefully estimate the correct value of the estimator for measurand.

According to the GUM guide [1], the estimate of the measurand is usually calculated as the arithmetic average of the results. This approach is correct on the assumption that the observations are independent, their number is large enough and they can be described by normal distribution [5].

In the majority of metrological analyzes, the authors follow the recommendations of the guide. If the observations do not have a normal distribution, it is justified to use other estimators of the measurand [5].

The authors of this publication in previous studies related to the estimation of the uncertainty of the skin temperature measurement during an endurance test [6-8] made in accordance with the recommendations given in the GUM guide. The aim of this publication is to analyze the legitimacy of such an approach to indicate other solutions.

1. *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement - JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections, First edition, September 2008.*

2. Taylor J. R. *Wstęp do analizy błęd pomiarowego*, WN PWN, Warszawa 1995.

3. Świsulski D., Golijanek-Jędrzejczyk A., *Uchyb, błąd, niepewność-geneza określania niedokładności w miernictwie elektrycznym*, Przegląd elektrotechniczny, 93, (2017)

4. Golijanek-Jędrzejczyk A., Świsulski D., *Wyrażanie niedokładności pomiaru – błąd czy niepewność?*, Miesięcznik SEP "Informacje o Normach i Przepisach Elektrycznych", nr 211 (2017), 3 15

5. Warsza Z., *Metody rozszerzenia analizy niepewności pomiarów*, Oficyna Wydawnicza PIAP, Warszawa 2016

6. Dzwonkowski A., Golijanek-Jędrzejczyk A., Rafiński L., *Szacowanie niepewności pomiaru temperatury skóry metodą Monte Carlo*, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, nr 34 (2013), s. 21-24.

7. Dzwonkowski A., Golijanek-Jędrzejczyk A., Rafiński L., *Szacowanie niepewności rozszerzonej pomiaru temperatury skóry człowieka podczas próby wysiłkowej*, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, nr 47 (2015), s. 51-54.

8. Golijanek-Jędrzejczyk A., Dzwonkowski A., Rafiński L., *Methodology of estimating temperature measurement uncertainty in a system for endurance tests*, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, nr 55 (2017), s. 21-24.

THE IMPACT OF CLEANING THE MEASUREMENT DATA ON THE DETERMINATION OF THE MASS FLOW

© Anna Golijanek-Jędrzejczyk¹, Robert Hanus², Marcin Zych³, Andrzej Mrowiec⁴, 2019

¹Gdańsk University of Technology, Poland, assistant professor, Ph.D., lecturer,
anna.golijanek-jedrzejczyk@pg.edu.pl

²Rzeszów University of Technology, Poland, associated professor, DSc, professor, rohan@prz.edu.pl

³AGH University of Science and Technology, Poland, assistant professor, Ph.D., lecturer, zychagh@gmail.com

⁴The President Stanisław Wojciechowski State University of Applied Sciences in Kalisz, Poland, assistant professor, Ph.D., lecturer, a.mrowiec@pwsz.kalisz.pl

Knowledge of the correct value of the mass flow of the flowing liquid is important due to the fact that it occurs in many technological processes, and its measurement is an important research issue. One of the most commonly used methods of flow measurement is the method using a measuring orifice. The orifice is a thin shield mounted in a wire. The advantages of this type of flow meter are a simple design, high operational reliability and the possibility of using in wide ranges of pressure and temperature [1-2].

Nowadays, it is required that along with the presented measurement result a qualitative parameter characterizing this measurement is presented, i.e. an assessment of measurement inaccuracy – measurement uncertainty [3-5].

Often in the case of experimental studies, there are strong, systematic and unknown interactions of factors interfering with the measurement [6], which result in a much larger spread of results, and thus an incorrect value of the estimate of the measurand and the uncertainty of type A.

In this article, the authors' interest is to analyze the impact of cleaning the experimental results of measuring drift water flow and to check how such data processing will affect the value of the mass flow rate estimate and the uncertainty of type A.

The article presents the problem of estimating the correct result of mass water flow measurand. The measurement results obtained from an experiment using a centric orifice (ISA) with a narrowing $\beta = 0.5$ for two exemplary mass flow rates q equal to 0.50040 kg/s and 0.66684 kg/s were analyzed. The results of the obtained analyzes allow stating that a systematic component was present in the experimental results. The elimination of this drift resulted in a slight – below 0.5% reduction in the mass flow estimation of measurand q and a significant decrease in the uncertainty of type A $u_A(q)$ (respectively for the two analyzed flows: by 38% and 61%). This is also related to the change in the $U(q)$ expanded uncertainty estimated for these flow values. It is lower by 25% and 33 % respectively, which is a significant result.

1. Singh V.K., Tharakan T. John, Numerical simulations for multi-hole orifice flow meter, *Flow Measurement and Instrumentation* 45, (2015), 375-383.

2. Kasprzak D., Mrowiec A., Analysis of the possibilities of measurement with an eccentric orifice of flow medium for small Reynolds numbers, *Pomiary Automatyka Robotyka* 20 (2016), 25–28.

3. Golijanek-Jędrzejczyk A., Świsulski D., Hanus R., Zych M., Petryka L., Uncertainty of the liquid mass flow measurement using the orifice plate, *Flow Measurement and Instrumentation* 62, (2018), 84-92.

4. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections, First edition, September 2008.

5. Świsulski D., Golijanek-Jędrzejczyk A., Uchyb, błąd, niepewność – geneza określania niedokładności w miernictwie elektrycznym, *Przegląd Elektrotechniczny* 93, (2017), nr 9, 130-133.

6. Warsza Z. L., Korczyński M. J., Eliminacja nieznanych a priori składowych systematycznych z niepewności typu A pomiarów o równomiernym próbkowaniu, *Przegląd Elektrotechniczny* 84, (2008), nr 5, 109–114.

**ЦИФРОВИЙ КАНАЛ ВІБРОПРИСКОРЕННЯ НА ОСНОВІ
МІКРОМЕХАНІЧНОГО ЄМНІСНОГО СЕНСОРА***© Валерій Граняк¹, Василь Кухарчук², 2019*¹Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, доц. каф. ТЕЕВ, к.т.н.²Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, зав. каф. ТЕЕВ, д.т.н., професор, titanxp2000@ukr.net

Одним з найперспективніших видів моніторингу технічного стану та діагностування обертових електричних машин є вібродіагностування, оскільки практично миттєва реакція вібросигналу на зміну технічного стану є незамінною якістю останнього в аварійних ситуаціях, коли визначальним чинником є швидкість постановки діагнозу і прийняття рішення. Крім того віброакустичний сигнал має високу інформативність та при достатній кількості контрольованих точок дозволяє з високою вірогідністю встановлювати не лише факт наявності того чи іншого дефекту, а й виявляти місце його локалізації та прогнозувати час його розвитку [1].

Типовим підходом при побудові сенсорів віброшвидкості та вібросміщення є наявність ланок механічного інтегрування, що у низькочастотному діапазоні мають значно нижчу точність у порівнянні з аналітичними методами розрахунку даних параметрів на основі часової реалізації віброприскорення [2]. Враховуючи це, а також той факт, що митою розробки є побудова саме каналу вібросигналу для використання сумісно з вимірювальним обладнанням, адаптованим для роботи саме з тихохідними електричними машинами, то найбільш перспективним типом низькочастотних сенсорів вібрації можна вважати саме акселерометри, вихідний сигнал яких може бути використаний для аналітичного розрахунку інших параметрів вібросигналу.

Основною вимогою щодо побудови сучасних промислових засобів вимірювання є універсальність та можливість адаптації останніх до різних стандартів передачі вимірювальної інформації, які можуть застосовуватися у системах вимірювального контролю. При цьому, враховуючи клас точності ємнісного мікромеханічного сенсора віброприскорень, для побудови цифрового вимірювального каналу віброприскорення є недоцільним використання АЦП з розрядністю понад десять, що призвело б до необґрунтованого зростання вартості та складності каналу без підвищення його класу точності. Також певні обмеження на конструкції такого цифрового каналу накладаються і з боку необхідної швидкодії. Зокрема, для вимірювальних каналів, призначених для роботи сумісно з системами контролю технічного стану та діагностування тихохідних обертових машин, у яких застосовується амплітудно-частотно-часовий аналіз вібросигналу максимальний час вимірювального перетворення визначається наступним чином [3]:

$$t_{\min} = \frac{1}{f_c \cdot p}, \quad (1)$$

де f_c – синхронна частота обертання ротора гідроагрегата; p – кількість пар полюсів гідроагрегата.

Тобто, мінімальна швидкодія такого вимірювального каналу по обом вимірювальним осям не може бути нижчою за частоту промислової мережі.

З урахуванням сказаного було розроблено конструкцію цифрового вимірювального каналу віброприскорення та виготовлено його дослідну партію, що на даний момент також успішно проходить дослідну експлуатацію у системі вібромоніторингу Нижньодністровської ГЕС. Узагальнена структурна схема запропонованого каналу віброприскорень наведена на рис. 1

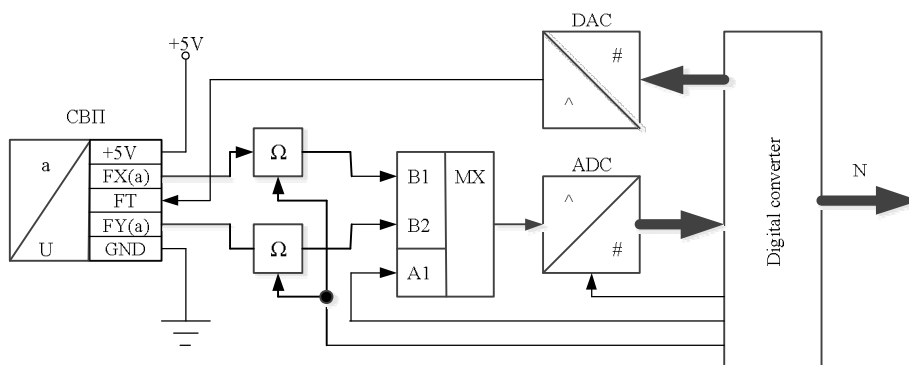


Рис. 1. Узагальнена структурна схема цифрового каналу віброприскорень

На рис. 1 мають місце наступні позначення:

СВП – ємнісний мікро-механічний сенсор віброприскорень;

Ω – блок аналогової пам'яті;

MX – аналоговий мультиплексор;

DAC – цифро-аналоговий перетворювач;

ADC – аналого-цифровий перетворювач.

Запропонований цифровий канал здійснює вимірювання віброприскорення по вимірювальним осям X та Y, а також має режим самотестування, який забезпечується шляхом подачі аналогового сигналу +5 V з виходу число-аналогового перетворювача, у результаті чого на виході ємнісного мікромеханічного сенсора віброприскорень встановлюється стандартний вихідний сигнал відомого номіналу, що дає змогу виконати самотестування пристрою в цілому.

Для довільно обраного екземпляру дослідної партії було проведено перевірку при тих же вихідних умовах, при яких проводилося дослідження ємнісного мікромеханічного сенсора віброприскорень. Результати експериментального дослідження наведені на рис. 2.

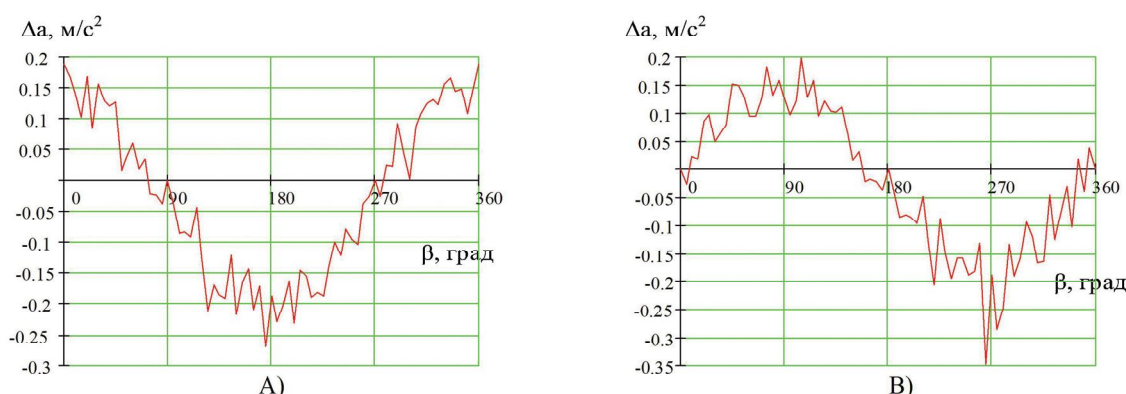


Рис. 2. Криві похибок цифрового каналу віброприскорень: А) – по вимірювальній осі X; В) – по вимірювальній осі Y

Як можна побачити з рис. 2, запропонований цифровий канал віброприскорень у зазначеному діапазоні зміни вхідної величини забезпечує клас точності за зведеною похибкою $q = \pm 2\%$.

1. Rao S. S. *Vibration of continuous systems* – New York, USA: Jon Wiley & Sons, 2007 – 720 p.

2. Кухарчук В. В. Метод аналітичного розрахунку віброшвидкості у режимі розгону гідроагрегату / В. В. Кухарчук, В. Ф. Граняк, Ю. Г. Ведміцький // Вісник Інженерної академії України. – 2015. – No.2. – С. 66–70.

3. Граняк В. Ф. Кореляційний підхід до визначення вагових коефіцієнтів штучної нейронподібної мережі для вібродіагностування гідроагрегатів / В. Ф. Граняк, С. Ш. Каців, В. В. Кухарчук // Вісник Інженерної академії України – 2017 – No.4 – С. 100–105.

СЕНСОР ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНОГО ТИПУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ДВОФАЗНИХ ПУЛЬСУЮЧИХ ПОТОКІВ

© Василь Дмитрів¹, Микола Микийчук², Ігор Дмитрів³, Тарас Дмитрів⁴, 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри механіки та автоматизації машинобудування, д.т.н., доцент, Dmytiv_V@ukr.net

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), директор інституту комп’ютерних технологій, автоматики та метрології, д.т.н., професор

³Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),), доцент кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки, к.т.н.

⁴Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), студент інституту комп’ютерних технологій, автоматики та метрології

Використання первинних перетворювачів термоанемометричного типу при вимірюванні витрати набув широкого розповсюдження для однокомпонентних середовищ. Принцип термоанемометричного вимірювання масового потоку середовища заснований на впливі потоку рідини (в більшості випадків потік газу) на теплопередачу нагрівного елемента (Baker, R.C.) [1]. Однак, удосконалення методів термоанемометричних вимірювань йде в напрямку удосконалення конструкції та орієнтації у вимірювальному середовищі сенсорів, а також існує проблема їх калібрування (Hardy J. E. і ін.) [2]. Тепловий сенсор потоку зазвичай містить терморезистивний елемент, який нагрівається електричним струмом, що забезпечує підвищення температури чутливого елемента по відношенню до вимірювального середовища. А постійна різниця температур між сприймаючим елементом і вимірювальним середовищем (потік рідини або газу) підтримується мостовою схемою ввімкнення сенсора, що забезпечує зміну потужності нагріву в залежності від масової витрати вимірювального середовища. Інший варіант роботи термоанеметра полягає в тому, що тепловий дисперсійний масовий витратомір працює з постійною потужністю нагріву сенсора, а різниця температур змінюється в залежності масовою витратою вимірювального середовища. Принципи роботи, конструювання та застосування промислових теплових масових витратомірів описані Olin J.G. [3].

На інтервал вимірювання масової витрати термоанемометричного вимірювача впливає конструкція датчика, його положення в потоці та характер потоку. Badarlis A. et al. провели оптимізацію положення сенсора в потоці і запропонували конструкцію сприймаючого елемента [4]. Baker R.C. і Gimson C. досліджували вплив ексцентричності розміщення елемента, конструкції та розмірів сприймаючого елемента [5]. Вплив характеру потоку вимірювального середовища на параметри сенсора проаналізовано Gibson J. [6]. Klemen Rupnik і ін. представлено новий метод вимірювання для ідентифікації типу газу в масовому тепловому витратомірі [7]. Artur Cebula провів аналітичний та чисельний розрахунок моделі розподілу температури уздовж теплового витратоміра [8]. Широкий спектр досліджень проводився для теплових витратомірів масової витрати газу Farzaneh-Gord M. і ін. [9].

Якщо проаналізувати характер транспортування багатозфазних середовищ, наприклад молоко+повітря у 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 характер наростання й спадання швидкості транспортування нестабільний.

Нами розроблений сенсор термоанемометричного типу, однак сприймаючі елементи були розміщені безпосередньо на стінці сенсора шляхом гальванічного нанесення [10].

Метою досліджень було збільшення динамічного інтервалу вимірювальних швидкостей і зменшення споживаної потужності вимірювання.

Для зменшення потужності споживання і постійної часу сенсора, запропонована нова конструкція, яка розміщує сприймаючі елементи на віддалі від стінок корпусу з врахуванням товщини пограничного шару середовища [11].

Функціональна схема, яка реалізує сенсор термоанемометричного типу для вимірювання параметрів двофазного пульсуючого потоку наведена на рис. 1.

Розглянемо розподіл температури у середовищі сенсора, враховуючи що сприймальні елементи не мають контакту з внутрішньою поверхнею корпусу сенсора. Розподіл температурного поля на зовні приймемо рівним нулю. Відповідно кількість теплоти, що виділиться від сприймальних елементів буде витрачатись на розігрів елементів сенсора і на нагрів середовища (нагрів двофазного потоку). Загальна схема розподілу теплоти через температури наведено на рис. 2

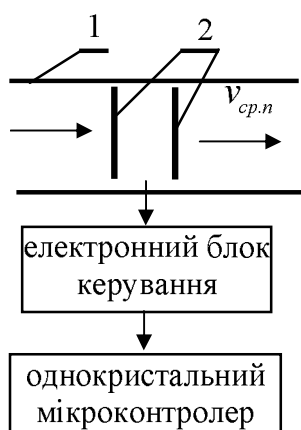


Рис. 1. Загальна схема сенсора термоанемометричного типу: 1– корпус сенсора; 2 – сприймальні елементи

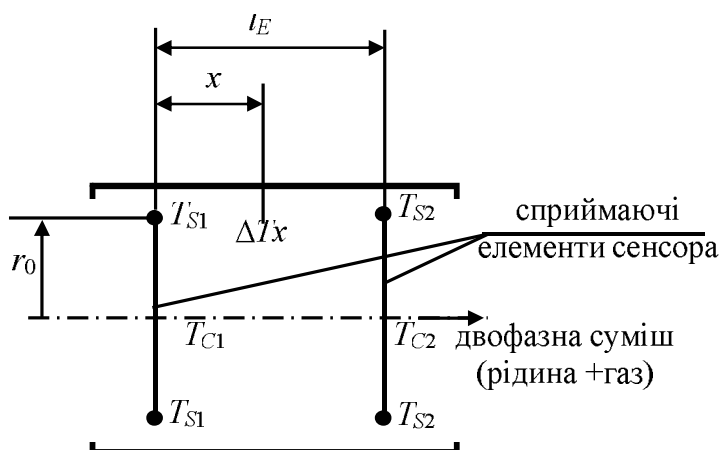


Рис. 2. Схема розподілу температур сенсора: T_{S1} , T_{S2} – температура першого і другого елементів; $\Delta T x$ – температура на межі температурних полів; T_{C1} , T_{C2} – температура середовища у температурному полі елементів; l_E – віддаль між елементами; r_0 – радіус розміщення по колу сприймаючих елементів

Рівняння теплового балансу сприймаючого елемента запишеться в наступному вигляді

$$Q_E = Q_C + Q_{PE},$$

де Q_E – кількість теплоти, що виділяється сприймаючим елементом; Q_C – кількість теплоти, що забирається потоком суміші; Q_{PE} – кількість теплоти, що затрачається на розігрів елементів.

На основі рівняння теплового балансу температура сприймального елемента сенсора за заданої сили струму і напруги розраховується залежністю

$$T_{S1} = [I^2 \cdot R_{E1} + \alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_0 \cdot r_E \cdot T_{C1} + m_E \cdot C_E \cdot T_{C1}] \cdot [\alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_0 \cdot r_E + m_E \cdot C_E]^{-1}, \quad (1)$$

$$T_{S2} = [I^2 \cdot R_{E2} + \alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_0 \cdot r_E \cdot T_{C2} + m_E \cdot C_E \cdot T_{C2}] \cdot [\alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_0 \cdot r_E + m_E \cdot C_E]^{-1}, \quad (2)$$

де I – сила струму живлення сприймальних елементів; R_{E1} , R_{E2} – опір сприймальних елементів; α – коефіцієнт тепловіддачі вимірювального середовища; r_E – конструкційний розмір (радіус) сприймального елемента; m_E – маса сприймального елемента; C_E – теплоємність матеріалу сприймаючого елемента.

Розміщення сприймальних елементів всередині циліндричного корпусу сенсора на деякій віддалі від внутрішньої поверхні характеризується відстанню між ними, яка залежить від потужності, що підводиться до мостової схеми і теплотехнічних характеристик середовища та матеріалу сприймальних елементів. Відстань обґрунтовується таким чином, щоб температурні поля від двох елементів не впливали на температуру одного з них. Можна припустити,

що існує така межа розподілу температурних полів, де температура є на $10 \div 15$ % нижча від температури холоднішого елементу.

Відносна похибка вимірювання пульсуючого потоку двофазного середовища повітряно-рідинної суміші термоанемометричним сенсором не перевищує 3 %, а при турбулентному режимі відносна похибка незначна і становить біля 1%.

1. Baker R. C. *Flow measurement handbook: industrial designs, operating principles, performance, and applications*. Cambridge University Press, New York, 2000. 524 p.

2. Hardy J. E., Hylton J. O., McKnight T. E. *Empirical correlations for thermal flowmeters covering a wide range of thermal-physical properties*. In: *National Conference of Standards Labs (NCSL), 1999*. [online] [30.01.2018]. Available at: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/Public/30/048/30048008.pdf>.

3. Olin J. G. *Industrial Thermal Mass Flowmeters, Part 1: Principles of Operation*. *Measurements and Control*, vol. 193, 1999. 16 p. [online] [30.01.2018]. Available at: <http://www.sierrainstruments.com/prnews/mnc.pdf>.

4. Badarlis A., Kumar V., Pfau A., Kalfas A. *Novel sensor geometry for liquids serving in dispersion thermal flow meters*. In: *SENSOR+TEST Conferences 2011 – SENSOR Proceedings, 2011*, pp. 78-83.

5. Baker R.C., Gimson C. *The effects of manufacturing methods on the precision of insertion and in-line thermal mass flowmeters*. *Flow Measurement and Instrumentation*, 12, no. 2, 2001, pp.113-121.

6. *The effect of gas properties and installation effects on thermal mass flowmeters*. Report no. 2002/53, 2003. [online] [30.01.2018]. Available at: http://www.tuvnel.com/_x90lbm/Report_FDMS03.pdf.

7. Klemen Rupnik, Jože Kutin, Ivan Bajsić. *A Method for Gas Identification in Thermal Dispersion Mass Flow Meters*. *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, 60/9, 2014, pp. 607-616. [online] [30.01.2018]. Available at: http://en.sv-jme.eu/data/upload/2014/09/08_2014_1889_Rupnik07.pdf

8. Artur Cebula. *Experimental and numerical investigation of thermal flow meter*. *Archives of thermodynamics*, 36/3, 2015, pp. 149-160. [online] [30.01.2018]. Available at: http://at.czasopisma.pan.pl/images/data/at/wydania/No_3_2015/aoter-2015-0027.pdf

9. Farzaneh-Gord M., Parvizi S., Arabkoohsar A., Machado L., Koury R. *Potential use of capillary tube thermal mass flow meter to measure residential natural gas consumption*. *J. Nat. Gas Sci. Eng.* 22, 2015, pp. 540-550

10. Dmytriv V., Dmytriv I. *Thermo-anemometer measuring of two-phase pulsating flows applying to the cyber-physical system of milk production*. *V International Scientific Congress “Agricultural Machinery 2017”*. Varna, BULGARIA, Year I, Vol. 1/1, 2017, pp. 85-87. [online] [30.01.2018]. Available at: <http://www.agrimachinery.net/sbornik/1-2017.pdf>.

11. Dmytriv Vasyl, Dmytriv Ihor, Dmytriv Taras. *Research in thermo-anemometric measuring device of pulse flow of two-phase medium*. *17th International Scientific Conference: ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT*. Jelgava, Latvia, University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering. *Proceedings*, Vol. 17, May 23-25, 2018. Pp. 898-904. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N200

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

© Володимир Єременко¹, Валентин Мокійчук², Ольга Самойліченко³, 2019

¹Зав. кафедри інформаційно-вимірювальної техніки Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”, д.т.н., доцент, nau_307@ukr.net

²доцент кафедри інформаційно-вимірювальної техніки Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”, к.т.н., доцент, uncertainty@ukr.net

³доцент кафедри інформаційно-вимірювальних систем Національного авіаційного університету, к.т.н., доцент, helga_olga@ukr.net

Аналіз процесів, що протікають в інформаційно-діагностичних системах, потребує використання моделей, до яких ставляться вимоги адекватності реальним даним. Широко відомі моделі на основі гауссівських випадкових процесів. Проте, в реальних інформаційно-діагностичних системах процеси часто носять негауссівський характер, і тому повинні описуватися негауссівськими законами розподілу миттєвих значень. Для високої достовірності вирішення задач з використанням статистичних методів необхідно мати аналітичний запис статистичних моделей розподілів.

Метою доповіді є аналіз існуючих методів оцінювання функцій щільності розподілу ймовірності (ЩРІ) та розроблення рекомендацій для вибору оптимального методу оцінювання даних з негауссівськими розподілами в залежності від наявної апіорної інформації щодо форми закону розподілу емпіричних даних.

Методи оцінювання функції ЩРІ поділяються на три основні групи.

Непараметричні методи: гістограмний, метод локального оцінювання, на основі методу найменших квадратів. Загальний вигляд функції ЩРІ невідомий, відомі тільки деякі характеристики. Непараметричні методи ґрунтуються на знаходженні обмеженої області в просторі, що містить всі вектори вибірки, вони можуть бути використані для задач знаходження функції ЩРІ в обмеженому околі.

Методи відновлення сумішей розподілів застосовують у випадку, коли “форма” класів має досить складний вигляд, що не піддається опису одним будь-яким розподілом. Припускається, що всередині класу щільність розподілу являє собою суміш декількох розподілів. Недоліком даних методів є проблема вибору початкового наближення.

Параметричні методи: до них належать: метод, що базується на основі типових розподілів, метод з використанням ортогональних подань, метод на основі універсальних сімейств розподілів, метод на основі спеціальних рядів. Загальний вигляд функції ЩРІ відомий з точністю до набору параметрів, які можна оцінити за вибіркою.

Перевага застосування типових законів розподілу полягає в їх повній вивченості і можливості отримання незміщених і відносно високоефективних оцінок параметрів. Однак, типові закони розподілу не забезпечують необхідне різноманіття форм ЩРІ, тому їх застосування не дає необхідної узагальненості представлення.

Метод з використанням ортогональних подань дає можливість враховувати теоретичні чи експериментальні моменти всіх порядків, що дозволяє підвищити точність оцінювання функції ЩРІ. Практичне застосування ортогональних подань щільності ймовірностей потребує вирішення ряду проблем, таких як обґрунтований вибір ортогонального поліному, врахування лише декількох перших складових ортогональних рядів без аналізу впливу решти складових, не вирішена проблема появи від’ємних значень ортогонального ряду, не дослідженні властивості оцінок коефіцієнтів розкладу та ймовірнісних характеристик оцінки щільності ймовірностей загалом.

Методи, що використовують спеціальні ряди, які базуються на поліномах Чебишева-Ерміта, наприклад, ряди Грамма-Шарлье та Еджворта. Їх доцільно використовувати для опису розподілів, близьких до нормального. В інших випадках проявляються серйозні недоліки: ряд може вести себе нерегулярно, помилки апроксимації збільшуються з віддаленням від центру розподілу, сума кінцевого числа членів ряду при великій асиметрії розподілу веде до від'ємних значень функцій, особливо на краях розподілу.

Методи на основі універсальних сімейств розподілів. Питання створення сімейств кривих, що описували б широкий клас реальних розподілів, і залежали від більш, ніж двох параметрів розглядалося в роботах Пірсона, а пізніше Джонсона та Тьюкі. Найбільше широке різноманіття форм розподілів запропоноване Пірсоном. Використання цих розподілів забезпечує цілком задовільні результати. Однак процедура знаходження відповідної кривої Пірсона доволі громіздка і не завжди може використовуватися на практиці, оскільки розв'язок рівняння для отримання параметрів розподілу в деяких випадках подається в комплексному вигляді.

Використання розподілу Тьюкі має обмеження, викликані єдиною формою розподілу і обмеження таким чином області емпіричних даних, для яких цей розподіл може бути використаний. Іншою недоліком є відсутність загального аналітичного запису функції ЩРІ, що не дозволяє перевірити відповідність емпіричних даних оціненій кривій функції ЩРІ.

Сімейство розподілів Джонсона включає три форми кривих S_u , S_l та S_b . Достатній математичний опис сімейства дозволяє знаходити функцію ЩРІ в явному виді, забезпечує високу гнучкість розв'язку задачі підбору розподілів експериментальним даним. Параметри розподілу для отримання відповідної кривої обчислюють як квантильним, так і моментним методом.

ЗАСІБ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВОЛОГИ В МАТЕРІАЛАХ ЗІ СКЛАДНОЮ СТРУКТУРОЮ

© Сергій Іванов¹, Тетяна Грищенко¹, Зінаїда Бурова², 2019

¹Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, teplomer@ukr.net

²Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, zinaburova@nubip.edu.ua

Всю вологу, яка є складовою частиною будь-якого вологого матеріалу, розділяють на вільну та зв'язану. Таке розділення пов'язане з тим, що параметри та властивості води в матеріалі суттєво відрізняються в залежності від наявності зв'язку вологи з матеріалом та його виду. Наприклад, густина зв'язаної вологи значно відрізняється від рекомендованих для води значень, і становить 1130...1740 кг/м³; температура кристалізації може сягати -75°C; має діелектричні властивості та втрачає властивості розчинника, тощо.

Співвідношення вільної та зв'язаної вологи є одним з важливих факторів, який необхідно враховувати при виборі параметрів зберігання готової продукції та оптимізації витрати палива на процеси сушіння сировини. Ця проблема особливо актуальна для харчової промисловості, де найчастіше досліджуваною сировиною є неоднорідні за структурою термолабільні матеріали, властивості яких змінюються під впливом температури, часу, ферментативного та мікробіологічного впливу, тощо.

Внаслідок великої кількості факторів впливу, аналітичний розрахунок співвідношення вільної та зв'язаної вологи в такому матеріалі може призвести до значних похибок, тому найбільш доцільним шляхом отримати коректні дані є експериментальне дослідження.

Експериментальні методи дослідження стану води в матеріалах відрізняються різноманітністю підходів та засобів, що їх реалізують. Найбільш розповсюдженими є:

Метод диференціальної сканувальної калориметрії: базується на різниці температури замерзання вільної і зв'язаної води;

Діелектричні вимірювання: діелектрична проникність зв'язаної вологи значно відрізняється від вільної вологи;

Термогравіметричний метод: заснований на різниці швидкості сушіння вільної і зв'язаної вологи;

Вимірювання теплоємності: на основі різниці теплоємності вільної та зв'язаної вологи;

Метод ядерного магнітного резонансу: заснований на різниці рухливості води у фіксованій матриці, що призводить до утворення різних ліній спектру;

Одним з найбільш доцільних шляхів отримання кількісної інформації про стан води в матеріалі є метод ДСК. Згідно даного методу, зразок досліджуваного матеріалу розміщується в одному з тиглів диференціального калориметра, після чого температура тиглів знижується до криогенних значень.

Дослідження співвідношення вільної та зв'язаної вологи в матеріалі відбувається шляхом вимірювання різниці теплових потоків зразка та референта при постійній швидкості підвищення температури. Фазові переходи, що будуть відбуватися в зразку при підвищенні температури, будуть призводити до відхилень на графіку теплових потоків. Площа піку пропорційна енергії фазового переходу, а напрям по осі ординат на графіку вказує на тип реакції (екзотермічна чи ендотермічна).

Розробленням та створенням приладів ДСК займається багато міжнародних компаній та науково-дослідних інститутів у всьому світі. Спільними особливостями, які можна спостерігати у таких засобах вимірювання є широкий температурний діапазон, наявність двох однакових тримачів зразка в зоні проведення дослідів та малий об'єм тримача зразка. Два однакових тримачі зразка необхідні для реалізації диференціального методу вимірювання. В одному

тиглі розміщується зразок, а другий залишається пустим, що дозволяє зменшити похибку та вводити поправку на теплоємність самого тигля. Широкий температурний діапазон та малий об'єм тигля пояснюється областю застосування калориметрів: дослідження чистих однорідних речовин (метали, розчини, полімери, тощо). Малий об'єм комірок дозволяє підвищити швидкодію вимірювальної системи та збільшити точність вимірювання, проте втрачається можливість коректно досліджувати зразки неоднорідних за структурою матеріалів.

Неможливість дослідити співвідношення вільної та зв'язаної вологи у репрезентативного зразка неоднорідного матеріалу в тримачі зразка існуючих калориметрів вказує на необхідність створення спеціалізованого засобу вимірювання для даних цілей.

На основі аналізу існуючих засобів вимірювання сформульовано рекомендації до розробки спеціалізованого калориметра для дослідження співвідношення вільної та зв'язаної вологи у неоднорідних матеріалах:

- можливість охолодження зразка до температури -80°C ;
- великий об'єм комірки для розміщення репрезентативного зразка неоднорідного матеріалу;
- наявність щонайменше трьох комірок в зоні проведення дослідження;
- можливість реалізації низької швидкості нагрівання зразка;
- простота підготовки приладу до вимірювання;
- простота підготовки зразка до вимірювання;

Враховуючи поставлені рекомендації, запропоновано концепцію спеціалізованого низькотемпературного калориметра.

Теплова частина калориметра представляє собою циліндр з високотеплопровідного матеріалу, який складається з верхньої (ядро) та нижньої (радіатор) частини. Радіатор перед початком досліджень занурюється у ємність з рідким азотом для кондуктивного охолодження ядра калориметра до робочої температури. Бокова поверхня ядра калориметра охоплена електронагрівником, що служить для регулювання температури всього ядра. Теплофізичні та геометричні параметри ядра повинні забезпечувати рівномірне температурне поле в трьох комірках, які вмонтовані у вигляді циліндричних отворів в центрі ядра. Кожна комірка приладу обладнана кришкою та циліндричним сенсором теплового потоку, який охоплює комірку вздовж стінок. Наявність трьох комірок в калориметрі пов'язано з рекомендаціями діючих стандартів з ДСК вимірювань. Відповідно до стандартів, вимірювання ДСК методом складається з 3-х етапів (проходів) за однакової швидкості нагрівання:

- *Холостий прохід*: тримачі зразка порожні;
- *Калібрувальний прохід*: дослідження матеріалу з попередньо відомими характеристиками;
- *Прохід зі зразком*: дослідження цільового матеріалу.

Три ідентичні комірки, одна з яких призначена для розміщення зразка, друга – для зразкового матеріалу, а третя залишається пустою, дозволяють об'єднати три етапи ДСК вимірювання. Це не тільки втричі зменшить час проведення досліду, а й знизить невизначеність досліду внаслідок неідеальності відтворення температурного режиму.

До переваг представленої конструкції можна віднести підвищення швидкодії та порівняння даних з еталоном протягом кожного досліду внаслідок використання трьох комірок, широка номенклатура досліджуваних матеріалів внаслідок конфігурації тримача зразка, відносно невелика ціна виготовлення та простота обслуговування. Можливі недоліки: складність забезпечення повної автоматизації внаслідок дискретного охолодження ядра калориметра.

Передбачається, що використання такого калориметра разом з системою визначення теплоти випаровування та теплоємності дозволить проводити комплексне дослідження неоднорідних матеріалів з метою отримання повної інформації як про параметри і стан вологи в матеріалі, так і розробити коректні режими технологічної обробки та зберігання досліджуваної сировини.

ЕХ-МАРКОВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАХИСНИХ СИСТЕМ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ПОТЕНЦІЙНО ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ© Роман Івах¹, Софія Івах², 2019

¹ Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, ivakh.r@gmail.com

² Львівський національний університет імені Івана Франка (Львів, Україна), студентка III курсу хімічного факультету, sophiaivakh@gmail.com

Згідно з Законом України “Про технічні регламенти та оцінку відповідності” відповідність введеної в обіг, наданої на ринку або введеної в експлуатацію в Україні продукції вимогам усіх чинних технічних регламентів, що застосовуються до такої продукції, є обов’язковою [1].

До продукції, що призначена для застосування у потенційно небезпечному середовищі застосовується Технічний Регламент обладнання та захисних систем, призначених для використання в потенційно вибухонебезпечних середовищах, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2016 р. № 1055 (набрав чинності з 27.07.2017 р.) (далі за текстом – ТР1055). Даний Технічний регламент розроблений на основі Директиви 2014/34/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 26 лютого 2014 р. – DIRECTIVE 2014/34/EU, яку називають Директивою АТЕХ (“Atmospheres Explosibles” (фр.) – “Вибухонебезпечні середовища”).

Виробники під час введення продукції в обіг або використання її у своїх цілях гарантують, що вона розроблена та виготовлена відповідно до суттєвих вимог ТР1055.

Виробники складають технічну документацію, та проводять або доручають уповноваженому представнику проведення належної процедури оцінки відповідності згідно з пунктами 39-42 цього Технічного регламенту.

У разі коли відповідність продукції була доведена належною процедурою оцінки відповідності, виробники складають декларацію про відповідність, маркують та наносять знак відповідності технічним регламентам.

Маркування містить спеціальне Ех-маркування, яке включає в себе як вимоги ТР1055 так і вимоги ДСТУ EN 60079-0:2017 (див. рис. 1), оскільки ТР1055 передбачає, що в разі необхідності повинна також бути нанесена вся інформація, що є суттєвою для безпечного використання обладнання та захисних систем (наприклад, маркування за вимогами стандартів).

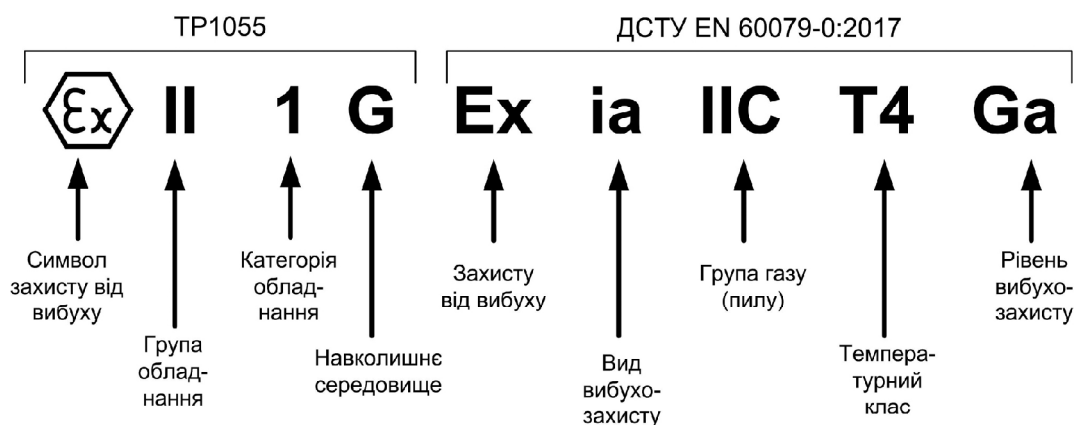


Рис. 1. Приклад Ех-маркування обладнання та захисних систем, призначених для використання в потенційно вибухонебезпечних середовищах

Розшифруємо кожне позначення, яке є в Ех-маркуванні.

1. Ех-маркування згідно з TR1055

Технічний регламент поділяє продукцію на групи та категорії, що визначають, для яких вибухонебезпечних умов призначена продукція.

Класифікація обладнання за групами визначає місце використання:

– **обладнання групи I** – обладнання, призначене для використання в підземних частинах шахт і в частинах наземних установок шахт, які можуть опинитися під загрозою появи рудничного газу та/або горючого пилу [2].

– **обладнання групи II** – обладнання, призначене для використання в місцях, відмінних від шахт або наземних шахтних установок, які можуть опинитися під загрозою появи вибухонебезпечних середовищ [2].

Категоризація **обладнання групи I** залежить від ймовірності появи вибухонебезпечного середовища, і чи повинне обладнання бути знеструмлене у випадку появи вибухонебезпечного середовища (**категорії M1 та M2**).

Категоризація **обладнання групи II** залежить від періодичності появи та тривалості присутності вибухонебезпечного середовища в місцях, для яких призначене обладнання.

1 – постійна присутність вибухонебезпечних речовин (більше 1000 год/рік);

2 – періодично (10 ... 1000 год/рік);

3 – рідко (менше 10 год/рік).

Залежно від агрегатного стану речовини, яка утворює вибухонебезпечне середовище, до категорії обладнання групи II додається буква:

“G” (“gas” анг. – газ) – для вибухонебезпечних середовищ, що створюються газами, парами або туманами або

“D” (“dust” анг. – пил) – для вибухонебезпечних середовищ, що створюються пилом.

2. Ех-маркування згідно з ДСТУ EN 60079-0:2017 [3]

Класифікація основних видів захисту:

d – вибухонепроникна оболонка;

e – захист виду “e” (підвищена безпека);

o – масляне заповнення;

p – заповнення або продувка оболонки надлишковим тиском;

q – кварцове заповнення;

m – заповнення компаундом;

i – іскробезпечне електричне коло: (даний тип вибухозахисту гарантує, що небезпечна ситуація не може виникнути в результаті іскри (при короткому замиканні), або у випадку раптового обриву кола живлення (енергія внутрішньої індуктивності приладу), або в результаті нагрівання струмопровідних проводів)

ia – небезпечна ситуація (займання вибухонебезпечної суміші) не може виникнути за нормальних умов експлуатації, при несправності на лінії і при будь-якій комбінації двох можливих несправностей;

ib – небезпечна ситуація (займання вибухонебезпечної суміші) не може виникнути за нормальних умов експлуатації, при перешкодах на лінії і однієї несправності;

ic – небезпечна ситуація (займання вибухонебезпечної суміші) не може виникнути за нормальних умов експлуатації.

Символ групи обладнання:

I – шахтне обладнання;

IIA, IIB, IIC – газові середовища;

IIIA, IIIB, IIIC – пилові середовища.

Група	Підгрупа	Горюча речовина/ представницький газ	Підгрупа газу, в якому обладнання може використовуватися
I	–	рудничний газ (метан), вугільний пил	–
II	IIA	пропан	IIA
	IIB	етилен	IIA, IIB
	IIC	водень	IIA, IIB, IIC
III	IIIA	горючі завислі частки	IIIA
	IIIB	непровідний пил	IIIA, IIIB
	IIIC	провідний пил	IIIA, IIIB, IIIC

Температурний клас

Максимальна температура поверхні електрообладнання групи II повинна бути не більше:

- температури заданого температурного класу; або
- заданої максимальної температури поверхні, або,
- якщо це більш прийнятно, температури самозаймання конкретного газу, для використання в середовищі якого електрообладнання призначене.

Температурний клас обладнання	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Максимальна температура поверхні обладнання, °C	450	300	200	135	100	85

Якщо електрообладнання призначене для діапазону температури навколишнього середовища (T_a або T_{amb}), який відрізняється від нормального (встановленого ДСТУ EN 60079-0:2017): від -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$, то такий діапазон T_a повинен маркуватися на обладнанні, наприклад, “ $-40^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +50^{\circ}\text{C}$ ” або “ $+5^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +15^{\circ}\text{C}$ ”, або повинен бути вказаний в “особливих умовах використання” обладнання (символ “X” після номера сертифіката).

Рівень захисту обладнання (equipment protection level – EPL):

Група I – шахтне обладнання: **Ma** – особливо вибухобезпечний;

Mb – вибухобезпечний;

Група II – газові середовища: **Ga** – особливо вибухобезпечний;

Gb – вибухобезпечний;

Gc – підвищена надійність проти вибуху

Група III – пилові середовища: **Da** – дуже високий;

Db – високий;

Dc – підвищений рівень вибухозахисту

1. Закон України “Про технічні регламенти та оцінку відповідності” {Із змінами, внесеними згідно з Законом № 2740-VIII від 06.06.2019}

2. Технічний регламент обладнання та захисних систем, призначених для використання в потенційно вибухонебезпечних середовищах, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2016 р. № 1055 (набрав чинності з 27.07.2017 р.)

3. ДСТУ EN 60079-0:2017 (зі зміною 11:2017). Вибухонебезпечні середовища. Частина 0. Устаткування. Загальні вимоги (EN 60079-0:2012, IDT)

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДИКИ АТОМНО-АБСОРБЦІЙНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ БАРІЮ В МІНЕРАЛЬНИХ ВОДАХ

© Альона Кисилевська¹, Михайло Арабаджі², Ігор Прокопович³, Вікторія Вакарчук⁴, 2019

¹Одеський національний політехнічний університет (Одеса, Україна), доцент кафедри «Металорізальні верстати, метрологія та сертифікація» к.т.н., ст.н.с., kisilevskaya07@gmail.com

²Державна установа «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України» (Одеса, Україна), заступник завідувача Українського державного центру стандартизації і контролю якості природних і преформованих засобів, к.х.н., amvmail1991@gmail.com

³Одеський національний політехнічний університет (Одеса, Україна), директор Навчально-наукового інституту медичної інженерії, д.т.н., доц., igor.prokhorovich@gmail.com

⁴Одеський національний політехнічний університет (Одеса, Україна), здобувач вищої освіти магістр кафедри «Металорізальні верстати, метрологія та сертифікація», vakarchuk_viktoria@ukr.net

Одночасно з підписанням Асоціації з ЄС наша країна взяла на себе обов'язки щодо гармонізації українського та європейського законодавства, зокрема, і щодо мінеральних вод (МВ). Аналіз нормативної бази на МВ європейської (Директива 2003/40/ЄС [1]) та національної (ДСТУ 878-93 [2]) практики показав наявність розбіжностей, особливо в переліку показників безпечності. Зокрема, в ДСТУ 878-93 [2] відсутній барій. В Україні барій нормується лише в питних водах [3]. Для МВ барій є «сигнальним» показником безпечності щодо їх диференціації та ідентифікації в якості харчових продуктів [4].

Основне джерело надходження барію в підземні води – породи, що живлять водоносні горизонти, в яких міститься барит (сульфат барію) та вітерит (карбонат барію). Ще одне джерело – промислові викиди. Двовалентні сполуки барію в надлишковій концентрації є токсичними. Нормативні значення концентрації барію в питній воді згідно з рекомендаціями ВОЗ з 2017 р. – 1,3 mg/l [5]. Згідно з вимогами Директиви 2003/40/ЄС [1] гарнично допустима концентрація барію в природних мінеральних водах – 1,0 mg/l.

Для того, щоб проводити вимірювання концентрації барію в МВ, слід визначитися з методикою. Окрім параметрів точності, чутливості (межі виявлення) та достовірності, які обумовлено вимогами [1], нами розглядалася можливість реалізації методики звичайною українською лабораторією з дослідження безпечності та якості МВ.

Існує декілька методів визначення концентрації барію. Фотометричний метод є недостатньо селективним через невисоку концентрацію барію в підземних водах; необхідне його концентрування та застосування органічних розчинників [6]. Більш чутливий та селективний атомно-емісійний метод [7], але він малодоступний для широкого лабораторного використання в Україні через високу вартість. Електротермічний атомно-абсорбційний метод [8] достатньо чутливий, але визначенню барію заважає ряд металів, які містяться у воді. Полум'яний варіант атомної абсорбції потребує попереднього концентрування та відділення барія від кальцію. Нами обрано модифіковану методику авторів [6] атомно-абсорбційного спектрометричного визначення барію в питних та природних водах, яка включає його концентрування співосадженням з хроматом свинцю, розчиненням осаду та вимірюванням атомної абсорбції в полум'ї ацетилен-динітроксид. Вимірювання проводили за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометру типу САТУРН-4.

Для доведення того, що метрологічні характеристики методики дозволяють використовувати її для досягнення конкретної мети, проводили валідаційні дослідження. Також перевіряли відповідність метрологічних характеристик методики атомно-абсорбційного спектрометричного визначення барію в МВ вимогам [1]. Згідно [1] максимально допустимі: межа визначення

(LOD) для вимірювання концентрації барію 0,25mg/l (25 % від параметричного значення 1,0 mg/l), точність (збіжність) – 25 %, достовірність – 25 %. Результати проведення валідаційних досліджень визначення барію в МВ за допомогою методики атомно-абсорбційної спектроскопії представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Метрологічні характеристики (аналітичні параметри), отримані в результаті валідації методики атомно-абсорбційного спектроскопічного визначення барію в МВ

Параметр (метрологічна характеристика аналізу)	Значення для барію	Вимоги Директиви 2003/40/ЕС [1]
Точність (збіжність), mg/l	0,0042	≤0,25 mg/l
Достовірність, %	2,1 (при концентрації Ва 0,2 mg/l)	≤25 %
Повторюваність, %	5,7 (при концентрації Ва 0,0854 mg/l)	≤25 %
Правильність, %	2,0 (при концентрації Ва 0,2 mg/l)	–
Лінійність	r>0,99	–
Межа визначення LOD, mg/l	0,0033	≤0,25 mg/l
Межа кількісного визначення LOQ, mg/l	0,0165	–
Робочий діапазон, mg/l	0,0165–1,0000	–
Відносна розширена невизначеність (k = 2; P = 95 %), %	18	–

Як видно з табл. 1, в ході валідаційних досліджень визначення барію в МВ за допомогою методики атомно-абсорбційної спектроскопії, метрологічні характеристики аналізу були отримані нижче значень, які вимагає [1]. Так, межа визначення барію склала 0,0033 mg/l, що значно нижче вимог [1] – 0,25 mg/l. Точність методики склала 0,0042 mg/l, що також значно нижче вимог [1] – 0,25 mg/l. Повторюваність методики – 5,7 % – нижче прийнятого рівня, встановленого [1], – 25 %. Таким чином метрологічні характеристики, отримані в результаті валідації методики атомно-абсорбційного спектроскопічного визначення барію в МВ, прийнятні, підтверджують здатність лабораторії виконувати ці випробування та відповідають європейським вимогам.

Отримані в ході виконання дослідження метрологічні характеристики методики визначення барію в МВ дають підстави для запровадження європейських вимог до МВ при розробці національних нормативних документів, гармонізованих з європейськими вимогами.

1. Commission Directive 2003/40/EC of 16 May 2003 establishing the list, concentration limits and labeling requirements for the constituents of natural mineral waters and the conditions for using ozone-enriched air for the treatment of natural mineral waters and spring waters. Off J Eur Union L 126/34-39, 22.05.2003.

2. Води мінеральні питні. Технічні умови: ДСТУ 878-93 [Чинний від 1995-01-01] – К.: Держспоживстандарт України, 1994. – 88 с. – (Державний стандарт України).

3. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10): наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2000 р. № 400. – [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>

4. Кисилевська, А. Ю. Барій як «сигнальний» показник безпечності щодо диференціації мінеральних вод / Кисилевська А. Ю., Арабаджи М. В., Олексійчук О. В. // X Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Вода в харчовій промисловості»: Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 21–22 березня 2019 р., Одеса, ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 153 с. – С. 91.

5. Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum, Geneva, WHO, 631 (217).

6. Демченко, В. Я. Атомно-абсорбционное определение бария в природных водах / В. Я. Демченко // *Химия и технология воды*. – 2011. – Т. 33, № 3. – С. 320–324.

7. ISO 11885:2007, *Water quality – Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES)*.

8. ISO 15586:2003, *Water quality – Determination of trace elements using atomic absorption spectrometry with graphite furnace*.

ОЦІНЮВАННЯ НЕПЕВНОСТІ У ВИМІРЮВАННІ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОЇ ПРОВІДНОСТІ НА ЕТАЛОНІ ПОТУЖНОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ

© Іван Кізлівський¹, Олександр Шпак², Іванна Бубела³, 2019

¹Державне підприємство “Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем” (ДП НДІ “Система”) (Львів, Україна), заступник начальника відділу (НДВ-12), ndv-12@ukr.net

²ДП НДІ “Система” (Львів, Україна), начальник відділу (НДВ-12), lesykshpak@gmail.com

³ДП НДІ “Система” (Львів, Україна), учений секретар, porovych.i@ukr.net

Швидкі темпи впровадження нових методів вимірювання із застосуванням ультразвуку потребують достатньої точності та достовірності результатів вимірювання параметрів ультразвуку, які б простежувались до еталонів одиниць SI. Для забезпечення простежуваності результатів вимірювання ультразвукової потужності, на сьогодні в ДП НДІ „Система”, розроблений та функціонує національний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі. Еталон забезпечує відтворення та передавання одиниці потужності ультразвуку у діапазоні робочих частот від 0,5 МГц до 15 МГц та діапазоні потужностей від 5 мВт до 10 Вт, яку забезпечують ультразвукові випромінювачі (далі - УзВ).

Характеристики УзВ залежать від: товщини, діаметру, електрофізичних характеристик матеріалу активного п'єзоелектричного елемента, резонансної частоти, а також від конструкції випромінювача. На частоті механічного резонансу, якщо знехтувати опором механічних втрат, існує спрощений варіант визначення акустичної потужності випромінювачів [1]. Основним параметром УзВ є електроакустична провідність G , яка залежить від електрофізичних властивостей матеріалу елемента, його розмірів та акустичної жорсткості середовища, у яке випромінюють ультразвук [2, 3].

Обчислення розширеної непевності вимірювання електроакустичної провідності під час калібрування ультразвукових перетворювачів проводять за наступним алгоритмом: описують математичну модель процесу випромінювання; визначають потужність ультразвукового випромінювання; розраховують електроакустичну провідність за формулою $G = P_{out} / V_{in}^2$ (де P_{out} – вихідна ультразвукова потужність; V_{in} – діюче значення напруги на вході УзВ); обчислюють сумарну стандартну непевність з врахуванням вимог [4] та обчислюють розширену непевність вимірювання.

За результатами досліджень, проведених у ДП НДІ „Система” визначено електроакустичну провідність для комплекту УзВ, з непевністю, яка не перевищує: стандартну непевність вимірювання за типом А (u_A) 0,7 %, стандартну непевність вимірювання за типом В (u_B) 5,3 %, сумарну стандартну непевність (u_C) 5,4 % та розширену непевність U 10,7 % (за коефіцієнта охоплення $k = 2$ та довірчої ймовірності $P = 0,95$), у діапазоні частот від 0,5 МГц до 15 МГц та діапазон потужностей від 5 мВт до 10 Вт.

Значення непевності вимірювання електроакустичної провідності УзВ, дає можливість оцінити вимірювальні та калібрувальні можливості УзВ під час відтворення та передавання одиниці потужності ультразвуку.

1. Колесников А.Е. Ультразвуковые измерения / А.Е. Колесников. – М: Изд-во стандартов, 1970. – 238 с.

2. Beissner K. Report on key comparison CCAUV.U-K1 (ultrasonic power) // Metrologia. – 2002. – vol.39 – 73 p.

3. Koch Ch. K.-V. Jenderka. Final report on key comparison CCAUV.U-K3 for ultrasonic power // 2014 Metrologia 51 09001 – 73 p.

4. ДСТУ EN 61161:2018 (EN 61161:2013, IDT; IEC 61161:2013, IDT) Ультразвук. Вимірювання потужності. Системи врівноважування радіаційної сили і вимоги до функційних характеристик.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОДАТКОВОГО ІНФОРМАТИВНОГО СИГНАЛУ ПО СПОЖИВАННЮ ПОВІТРЯ В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ МУЛЬТИКОМПРЕСОРНОЮ УСТАНОВКОЮ

© Роман Кокошко¹, Богдан Кріль², Олександр Кріль³, 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), аспірант кафедри автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій, аспірант, r.kokoshko151@gmail.com

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій, к.т.н., доцент.

³Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), ст.викладач кафедри автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій, ст.викладач.

Стиснене повітря є важливим енергоносієм в сучасних промислових виробництвах. З ростом виробничих потужностей підприємства зростають і потреби у більшій кількості стисненого повітря, і це призводить до збільшення кількості компресорних агрегатів. При застосуванні двох і більше компресорних агрегатів систему називають мультикомпресорною установкою [1].

Коли в виробництві стиснене повітря використовують для висікання виробів з металевої чи пластмасової стрічки на багатьох пресових агрегатах, охолодженні виробів, при вивантаженні продукту чи при підпорі буферної ємності з великим об’ємом, різко зростає або зменшується миттєва витрата стисненого повітря. Такі процеси на великому виробництві можуть накладатися в часі або проходити окремо, але мультикомпресорна установка має швидко реагувати на зміну тиску та витрати в системі і утримати значення тиску стисненого повітря в заданих межах. Тому такі системи відносять до систем зі змінним навантаженням, де витрата стисненого повітря за лічені десятки секунд зростає або зменшується в декілька разів.

Структурна схема системи керування мультикомпресорною установкою для одержання стисненого повітря, яка показана на рис. 1, розроблена з застосуванням вільнопрограмованого логічного контролера, який виконує функцію основного, а локальні контролери систем керування окремих компресорних агрегатів сконфігуровані з максимальним адаптуванням в якості підлеглих до основного контролера.

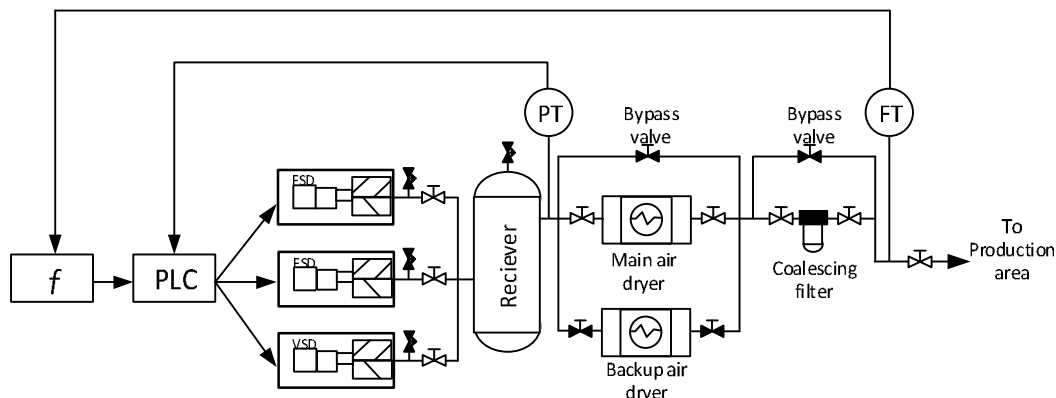


Рис. 1. Структурна схема системи керування мультикомпресорною установкою для одержання стисненого повітря із застосуванням основного контролера та додаткового інформативного сигналу по витраті споживаного повітря: FT – витратомір змінного перепаду тиску; PT – давач тиску; PLC – вільнопрограмований основний контролер; $f(x)$ – функція перетворення сигналу по витраті.

Два компресорні агрегати працюють в режимі з постійною швидкістю обертання приводів, а двигун третього компресорного агрегату живиться від частотного перетворювача. В системі задіяні два інформаційні сигнали: перший - значення тиску в трубопроводі після ресивера, другий – значення витрати в трубопроводі після ресивера.

Розроблена система реалізована на ПрАТ “Карлсберг Україна” “Львівська пивоварня” і досліджувалась з двома алгоритмами роботи. В першому алгоритмі не застосовувався інформаційний сигнал про витрату споживаного повітря. В наступному вдосконаленому алгоритмі роботи системи керування мультикомпресорною установкою був задіяний сигнал про витрату споживаного повітря. Приклад історичного тренду роботи мультикомпресорної установки за вдосконалим алгоритмом показаний на рис. 2.

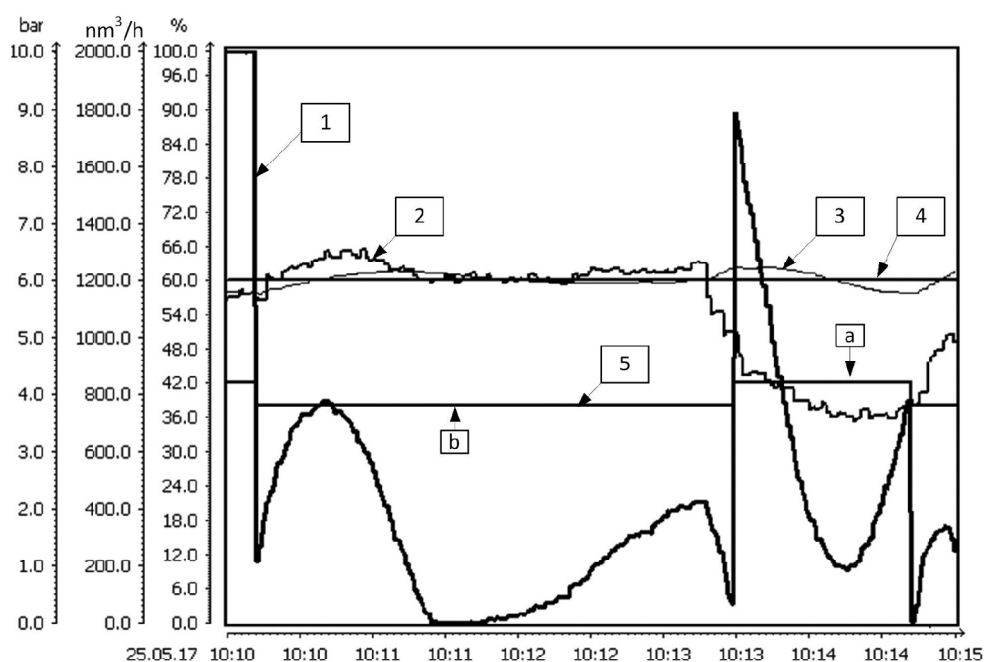


Рис. 2. Історичний тренд роботи мультикомпресорної установки для одержання стисненого повітря при застосуванні в системі керування основного вільнопрограмованого логічного контролера і з введенням додаткового інформативного сигналу про витрату споживаного повітря: 1 – завдання частотному перетворювачу з виходу PID-контролера, % (продуктивність даного компресора 1175 нм³/год); 2 – витрата повітря, приведена до нормальних умов, нм³/год (вимірюється методом змінного перепаду тисків); 3 – тиск після ресивера, бар; 4 – завдання тиску після ресивера, бар; 5 – діаграма роботи компресора з фіксованим навантаженням (а – режим розвантаження, b – режим завантаження).

Цей тренд підтверджує те, що при введенні додаткового інформативного сигналу про витрату споживаного повітря, загальному керуванню мультикомпресорною установкою від окремого основного контролера забезпечується точніше підтримання тиску повітря на виході з установки при змінному споживанні. При подальших дослідженнях можна вдосконалити режими керування ввімкненням та вимкненням компресорних агрегатів, які працюють від приводів з постійною швидкістю обертання, режими переводу компресорів з розвантаженого стану в завантажений.

Наші дослідження показали, що додатковий випереджуючий сигнал про зміну витрати найдоцільніше отримати при вимірюванні споживання стисненого повітря методом змінного перепаду тиску.

Основною перевагою його є висока швидкодія, яку ще можна підвищити при застосуванні дифманометра з аналоговою схемою перетворення. Для більшості інтелектуальних дифманометрів значення сталої часу на рівні 1 с. Витратомір змінного перепаду розраховується на мінімально можливий перепад тиску для мінімізації втрат тиску на звужуючому пристрої, причому тут можна відійти від обмежень, які диктуються правилами розрахунку стандартних звужуючих пристроїв, оскільки облік кількості спожитого повітря – технологічний, а більш важливе призначення цього витратоміра – формування випереджуючого сигналу про витрату для системи керування мультикомпресорною установкою.

Результати роботи впроваджені при створенні системи керування мультикомпресорною установкою для одержання стисненого повітря на ПрАТ “Карлсберг Україна” “Львівська пивоварня” і підтверджені протягом дворічної експлуатації.

1. Neil Mehlretter(2012), “Proper Application of Variable Speed Compressors”. World Energy Engineering Congress, 2012 ,999-1015 p.

УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА УКРАЇНИ ДЕТУ 10-01-11 ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ МІКРОФОНІВ У ВІЛЬНОМУ ПОЛІ

© Олександр Костеров¹, Василь Паракуда², Олександр Шпак³, 2019

¹Державне підприємство «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» (ДП НДІ «Система») (Львів, Україна), с.н.с. (НДВ-12), kostero@ndi-systema.lviv.ua

²ДП НДІ «Система», Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, vasylyparakuda@gmail.com

³ДП НДІ «Система» (Львів, Україна), начальник відділу (НДВ-12), lesykhshpak@gmail.com

Провідні акустичні лабораторії світу досягли непевності вимірювання рівня чутливості під час калібрування мікрофонів у вільному полі в межах від 0,06 дБ до 0,2 дБ [1]. Існуюче обладнання для відповідного калібрування мікрофонів в складі Державного первинного еталона України одиниці звукового тиску у повітряному середовищі ДЕТУ 10-01-11 (еталонна установка УЕ-3П, яку було здано в експлуатацію 2000 р.) дозволяло досягти розширеної непевності вимірювань (за коефіцієнта охоплення $k = 2$) в межах від 0,2 дБ до 0,45 дБ.

Тому актуальною постала задача удосконалення еталона ДЕТУ 10-01-11 до світового рівня. Головними цілями проведення робіт було:

- підвищення метрологічних характеристик еталона в частині калібрування мікрофонів у вільному полі до рівня провідних світових акустичних лабораторій;
- покращення простежуваності акустичних вимірювань в країні.

Калібрування мікрофонів у вільному полі проводять відповідно до вимог міжнародного стандарту EN 61094-3:2016 [2] первинним методом взаємності із використанням трьох мікрофонів. Мікрофони попарно по черзі акустично з'єднують між собою в умовах вільного поля та вимірюють електричний передавальний імпеданс кожної пари. Добуток чутливостей мікрофонів кожної пари дорівнює відношенню їх електричного передавального імпедансу до акустичного імпедансу, який існував під час вимірювань.

Головними проблемами при таких вимірюваннях є: створення умов вільного поля, низький рівень сигналу приймального мікрофона, тобто, низьке співвідношення сигнал-шум, та наявність різноманітних завад (перехресні завади між вимірювальними каналами, власні шуми каналів, акустичні відбиття в камері, зовнішній акустичний шум, тощо). Для вирішення цих проблем було створено модернізовану систему калібрування, яка складається із вимірювальної системи та відповідного прикладного програмного забезпечення.

Вимірювальна система призначена для визначення електричного передавального імпедансу пар мікрофонів, які калібрують, вимірювання умов довкілля, що існують в акустичній заглушеній камері (КАЗ) під час вимірювань, а також для збереження отриманих результатів. Вимірювальна система складається з:

- КАЗ, яка являє собою закритий простір, внутрішні стінки якого покрито звукопоглинальним матеріалом так, щоб звести до мінімуму можливі відбиття сигналу, та досягти того, що в робочій зоні камери рівень акустичного сигналу буде обернено пропорційний до відстані до джерела акустичного сигналу. Крім того, така камера дозволяє уникати повітряних потоків та зменшити рівень довколишнього акустичного шуму, що має безпосередній вплив на точність вимірювань. Розміри внутрішньої робочої зони камери становлять: 1690 мм x 780 мм x 1210 мм. КАЗ обладнана автоматизованою системою позиціонування мікрофонів у вертикальній площині;

- приймального та передавального мікрофонів із відповідними попередніми підсилювачами;
- вимірювального модуля типу PULSE 3560C (до складу якого входить модуль генератора та два вимірювальні модулі) та допоміжного обладнання;

- системи вимірювання параметрів довкілля СВ-ТТВ, сенсори якої знаходяться в КАЗ;
- персонального комп'ютера, який дозволяє проводити вимірювання в автоматичному режимі.

Оцінювання непевності вимірювань під час калібрування мікрофонів у вільному полі на вдосконаленому еталоні ДЕТУ 10-01-11 проводилось відповідно до вимог [2] та [3] за спеціально створеною методикою. Аналіз отриманої сумарної стандартної непевності результатів вимірювань показав, що складовими, які мають найбільший вплив, є: стандартна непевність вимірювань за типом А, непевності визначення положення акустичних центрів мікрофонів, еталонної ємності та температури повітря в КАЗ.

Загалом, сумарна стандартна непевність результатів вимірювань при калібруванні мікрофонів типу LS1 знаходиться в межах від 0,06 дБ до 0,11 дБ, а мікрофонів типу LS2 – від 0,061 дБ до 0,076 дБ.

За результатами проведеної роботи удосконалено Державний первинний еталон України одиниці звукового тиску у повітряному середовищі ДЕТУ 10-01-11 для калібрування мікрофонів у вільному полі, який має наступні характеристики:

для мікрофонів типу LS1:

- робочий діапазон частот від 1 кГц до 20 кГц;
- заявлена розширена непевність вимірювань, U не перевищує 0,23 дБ ($k = 2$);

для мікрофонів типу LS2:

- робочий діапазон частот від 3 кГц до 40 кГц;
- заявлена розширена непевність вимірювань, U не перевищує 0,17 дБ ($k = 2$).

Порівняння метрологічних характеристик удосконаленого еталона із характеристиками національних еталонів інших країн, які розміщені на сайті Міжнародного бюро мір та ваг (BIPM) [1], показує, що державний первинний еталон звукового тиску у повітряному середовищі ДЕТУ 10-01-11 відповідає рівню еталонів провідних акустичних лабораторій світу.

1. Salvador Barrera-Figueroa, Lars Nielsen, Knud Rasmussen / Final Report on the Key Comparison CCAUV.A-K4/ Metrologia, 2010, 47, Tech. Suppl., 09003 / [Online]. Available: https://www.bipm.org/utis/common/pdf/final_reports/AUV/A-K4/CCAUV.A-K4.pdf

2. EN 61094-3:2016 Electroacoustics. Measurement microphones – Part 3 – Primary method for free-field calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique

3. ISO/IEC Guide 98-3:2018 Uncertainty of measurement. Part 3. Guide to the expression of uncertainty in measurement

THERMISTOR BASED AD-HOC TERMOMETER

© Orest Kochan¹, Nataliya Hots¹, Krzysztof Przystupa², 2019¹Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), associate professor at department of measuring information technologies orestvk@gmail.com²Lublin University of Technology, (Lublin, Poland), associate professor at department of automation k.przystupa@pollub.pl**1. Introduction**

Often appears a task for cheap temperature measurements within the range of $-20^{\circ}\text{C} - +100^{\circ}\text{C}$ [1] using a data acquisition device to store and process measurement data with a computer. The thermistor is a reasonable choice as a temperature sensor. Its pros are [1]: (i) high sensitivity (temperature coefficient of resistance is about $4\%/^{\circ}\text{C}$); (ii) a wide range of nominal resistances from 10Ω to $1\text{M}\Omega$ at 20°C ; (iii) low price. The high resistance thermistor is usually used in the voltage divider circuit [1]. In this case it is possible to get a big voltage drop across the thermistor even with a small measuring current. This mitigates self-heating by the measuring current, e.g., the sensitivity of a $10\text{ k}\Omega$ thermistor with the current of 0.1 mA is $40\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. The estimated error due to self-heating is about 0.002°C [2]. Thus, thermistors have good sensitivity and negligible self-heating.

2. Thermistor Based Ad-Hoc Measuring Channel

Thermistors have considerable scattering of their parameters. For example, at 20°C their tolerance with respect to resistance is up to $\pm 20\%$ whereas the tolerance with respect to temperature coefficient is up to $\pm 5\%$. The maximum error versus measured temperature for this case is given in fig. 1.

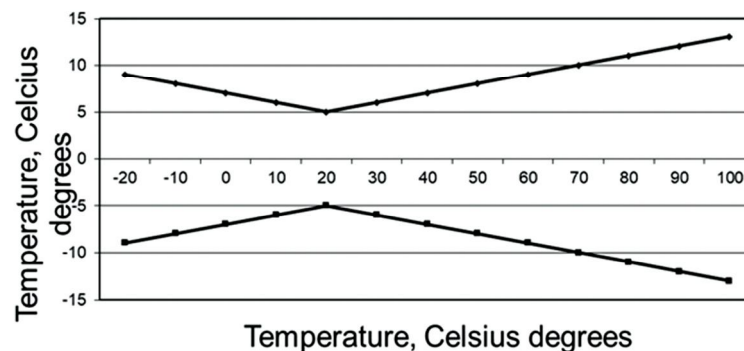


Fig. 1. Error versus measured temperature in case of a nominal conversion characteristic of a thermistor.

Such an error is not acceptable. Thus, individual calibration of the thermistor is needed. The dependence of resistance versus absolute temperature is as follows [1]

$$R_T = A \cdot e^{-B/T}, \quad (1)$$

where R_T is the thermistor resistance at absolute temperature of T , A , B are thermistor constants. From (1) it is clear an individual calibration requires the determination of resistance at least in two temperatures. Then determine the thermistor constants A and B by solving the system of two linearized equations. The error of calibration has definite effect on the error of the thermistor. This error depends on errors of calibration temperatures. In general, one has no access to standard equipment in ad-hoc measurements. Thus, accessible means and techniques for calibration are

needed. It is possible to create the calibration point of about 0°C by freezing distilled water. To do this ice cubes from fridge are grinded by a grinder, mixed with water, then immerse the thermistor into the ice-water mixture and keep for at least an hour in a thermally insulated bath. The error of such a temperature fixed point is no greater than 0.2°C . Another calibration point can be the axillary temperature of a human body. The thermistor put in an axilla together with the medical thermometer to measure the actual body temperature since it can vary [3]. The error of this temperature fixed point is no greater than 0.2°C . The maximum thermistor error after individual calibration in abovementioned calibration points versus temperature is in fig. 2. Let us estimate the errors of the rest components of the measuring channel. As the next component of the measuring channel it is reasonable to choose the USB 6009 [4]. The resistance of the thermistor at -20°C is $R_{-20} = 10\text{ k}\Omega$ and the measuring current is of $I_T = 0.1\text{ mA}$.

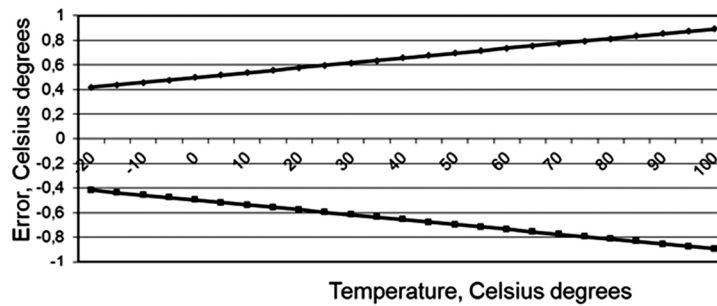


Fig. 2. Measurement error of the thermistor with individual calibration versus measured temperature.

The maximum voltage across the thermistor is $U_{-20} = 1\text{ V}$. Within the range $0 - 1\text{ V}$, the least significant bit is $U_{1\text{BIT}} \approx 60\mu\text{V}$ and the sensitivity is $s = 40\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. Therefore, the quantization error of $T_{1\text{BIT}} = U_{1\text{BIT}} / s \approx 0.0015^{\circ}\text{C}$ is negligibly small. The error of the USB 6009 does not exceed 0.1%, i.e. $\Delta = 1\text{ mV}$ [4] corresponds to the error of $\Delta_T = \Delta / s = 0.025^{\circ}\text{C}$, which can be neglected. Error is due to the input impedance of the USB 6009 is of $144\text{ k}\Omega$ [4]. It can be mitigated computationally using the Thevenin theorem. It is reasonable to control the measuring current using a resistor R_D and the output voltage U_{DAC} developed by the DAC embedded in USB 6009. The measuring circuit is given in fig. 3.

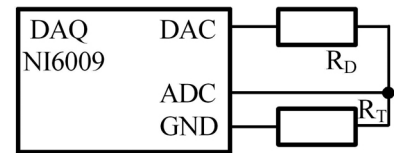


Fig. 3. The measuring circuit

1. Measure the voltage across the thermistor at 0°C $U_{\text{TERM}}^{0^{\circ}\text{C}}$. Then replace the thermistor with a resistance decade box and adjust its resistance $R_{\text{RDB}}^{0^{\circ}\text{C}}$ to get the voltage equal to $U_{\text{TERM}}^{0^{\circ}\text{C}}$. In this case $R_{\text{TERM}}^{0^{\circ}\text{C}} = R_{\text{RDB}}^{0^{\circ}\text{C}}$.

Conclusion

The technique of individual calibration in easily accessible and reproducible fixed points is proposed. The measurement error is no greater than 1°C within the range of $-20^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$.

1. Webster, J. (1999). *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook*. CRC.
2. Bychkovkyy, R. (1978). *Invasive temperature sensors*. Moscow. (In Russian).
3. Sund-Levander, M., Forsberg, C., Wahren, L. K. (2002). Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review. *Scandinavian journal of caring sciences*, 16(2), 122-128.
4. <http://www.ni.com/pdf/manuals/371303n.pdf>

НОВІ ПІДХОДИ У МОДЕЛЮВАННІ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

© Володимир Крайовський, Марія Рокоманюк, Володимир Ромака, 2019

Національний університет “Львівська політехніка” (Україна), volodymyr.kraiovskyi@gmail.com

З появою нових завдань у термометрії, пов'язаних, зокрема, із забезпеченням температурних вимірювань та моніторингу теплових процесів в одно- та двовимірних структурах, в умовах космосу та реакторах термоядерного синтезу, виникає необхідність запровадження нових принципів та підходів як для аналізу вже досліджених чутливих елементів термоперетворювачів, так і обґрунтування запровадження нових термоелементів з кращими метрологічними та експлуатаційними характеристиками.

Використання новітніх підходів фізики конденсованого стану, сучасних методів дослідження структури речовини та її електронного спектра дають змогу зрозуміти, описати та використати фізичні процеси для моделювання й отримання принципово нових чутливих елементів термоперетворювачів на основі новітніх термометричних матеріалів зі стабільними та відтворюваними характеристиками у широкому діапазоні температур.

У запропонованій роботі описано нові підходи у моделюванні та виготовленні термічно стабільних чутливих елементів засобів вимірювання температури на основі новітніх термометричних матеріалів, отриманих легуванням напів-Гейслерових фаз рідкісноземельними 4f- та перехідними 3d-, 4d- і 5d- металами, а також р-металами In, Sb, Bi, Ga шляхом розроблення методу ітераційного моделювання структурних, енергетичних, термодинамічних та кінетичних характеристик чутливих елементів термоперетворювачів з урахуванням результатів експериментальних вимірювань температурних залежностей питомого електроопору ρ , коефіцієнта термо-ерс α та магнітної сприйнятливості χ . Запровадження розробленого методу дає змогу суттєво підвищити ефективність моделювання термометричних характеристик чутливих елементів термоперетворювачів, а середнє значення коефіцієнта невідповідності експериментально отриманих та розрахованих значень електроопору і термо-ерс у температурному діапазоні 4,2÷1300 K не перевищує $\pm 5\%$.

На основі аналізу структури чутливого елемента термоперетворювача запропоновано феноменологічну модель його електронної структури, яка пояснює механізм утворення фундаментального енергетичного параметру напівпровідникового термометричного матеріалу – забороненої зони ε_g . Своєю чергою, знання такого механізму робить зрозумілими способи впливу на значення електроопору ρ та термо-ерс α на етапі формування термометричних матеріалів і дає змогу моделювати й отримувати чутливі елементи термоперетворювачів з високими значеннями температурного коефіцієнта опору та термо-ерс обох знаків, що підвищує їхні метрологічні та експлуатаційні характеристики.

Розвинуто метод моделювання кінетичних характеристик нових чутливих елементів термоперетворювачів у широкому температурному діапазоні шляхом розрахунків розподілу густини електронних станів (DOS), густини станів на рівні Фермі $g(\varepsilon_F)$, ширини забороненої зони ε_g , глибини залягання рівня Фермі ε_F тощо. Для моделювання характеристик методом KKR використано ліцензоване програмне забезпечення AkaiKKR та SPR-KKR у наближенні локальної густини (LDA) для обмінно-кореляційного потенціалу з параметризацією Moruzzi-Janak-Williams. Використання експериментальних значень періоду елементарної комірки $a(x)$ матеріалу чутливого елемента на k-сітці розміром $10 \times 10 \times 10$ при ширині енергетичного вікна у 22 eV дозволило моделювати положення рівня Фермі ε_F з точністю ± 6 meV для 1000 значень енергій.

АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ НАГРОМАДЖЕННЯ ВИМІРЯНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ДИНАМІЧНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

© Юрій Кривенчук¹, Ігор Гельжинський², 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), асистент кафедри систем штучного інтелекту, к.т.н., yurii.p.kryvenchuk@lpnu.ua

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри електронних приладів, к.т.н., доцент, iigorg@ukr.net

Світ переживає творення та становлення четвертої промислової революції, яка передбачає відображення виробництва у віртуальному світі. Очевидно, що це тягне за собою повну автоматизацію виробничих процесів, а також контроль над ними в режимі реального часу, враховуючи усі зовнішні та внутрішні чинники. На основі отриманої інформації проводиться корекція виробничих процесів для отримання більшої швидкодії виготовлення та збірки деталей і якості виготовленої продукції. Для виконання вище перерахованих пунктів необхідно оперативно збирати та передавати вимірювану інформацію до обчислювальної потужності, яка буде приймати кінцеве рішення корекції алгоритму виробництва. На рисунку 1 запропоновано систему нагромадження даних від різних первинних перетворювачів та передачі її на сервер та запис в базу даних.

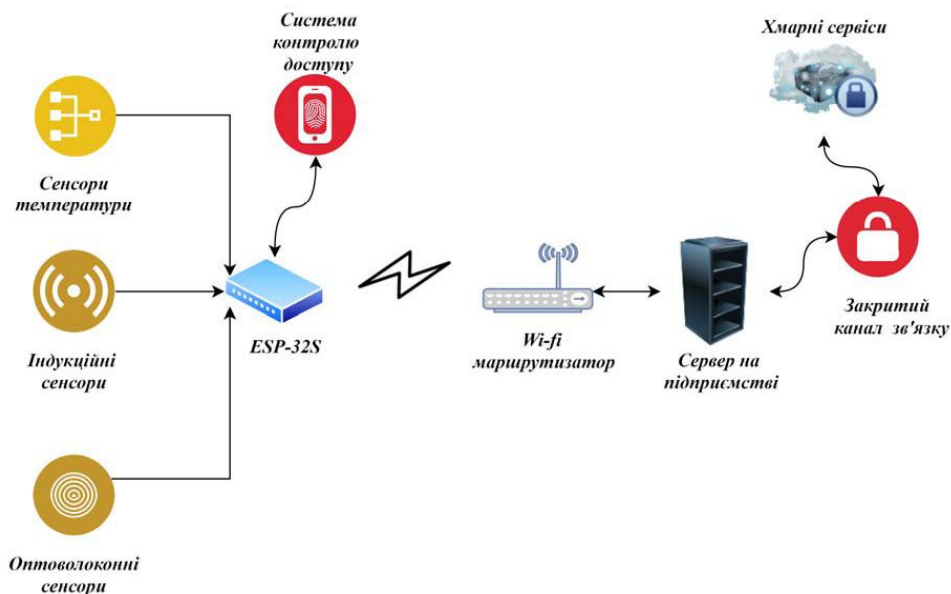


Рис. 1. Блок-схема системи нагромадження та передачі виміряної інформації

Виміряна інформація від сенсорів потрапляє на концентратор на базі ESP-32S, який отримує її в режимі реального часу. Виміряна інформація від концентратора через Wi-Fi маршрутизатор передається на сервер, який знаходиться на підприємстві та відіграє роль проміжного сховища даних. Сервер раз в добу через закритий канал зв'язку синхронізується з хмарним сховищем та дописує інформацію в базу даних та надає її для обчислювальних потужностей для опрацювання. ESP-32S має вмонтований Wi-Fi та bluetooth модулі для комунікації з сенсорами і передачі даних на сервер із інформвалом в 1 хвилину. Концентратор дозволяє змінювати дискретність передачі даних на сервер, також передбачає його повне перевлаштування після підтвердження прав адміністратора в системі контролю доступу.

ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПОХИБОК ВХІДНИХ ДАНИХ У МЕРЕЖІ КІНЦЕВИХ АВТОМАТІВ

© Олександр Кричевець, 2019

Державне підприємство “Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних
і управляючих систем” (ДП НДІ “Система”) (Львів, Україна),
заст. директора з наукової роботи та якості, к.т.н., с.н.с., amkrich@gmail.com

В роботах [1, 2] розглядалося формування функцій перетворення похибок вхідних даних для ланцюгових структур, що складаються з елементарних кінцевих автоматів, а саме структур послідовного, паралельного поєднання та поєднання із зворотним зв'язком, що приводить до формування результуючих кінцевих автоматів із сумісними функціями перетворення. Було доведено, що сумісна функція перетворення для послідовної структури із N елементарних кінцевих автоматів визначається шляхом перемноження функцій перетворення складових автоматів (рис. 1).

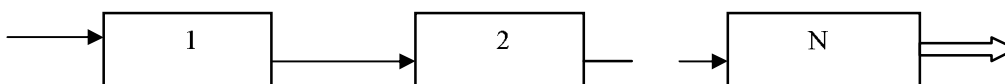


Рис. 1. Послідовна структура
 $F = \prod f_N$

Для паралельної структури (рис. 2) функція перетворення має залежність від процедури, яку реалізує кінцевий компонент ланцюга

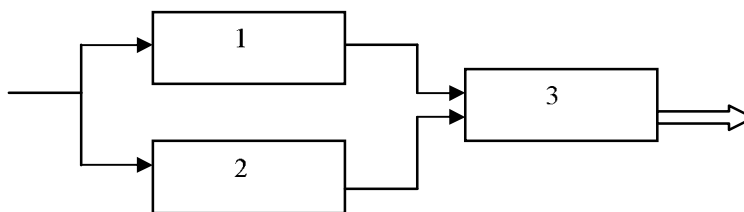


Рис. 2. Паралельна структура

Якщо компонент ланцюга 3 реалізує процедуру додавання або добутку результатів обчислень компонентами 1 і 2, то функція перетворення ланцюга паралельної структури обчислюється за простим виразом

$$F = \sum f_N$$

Для інших обчислювальних процедур, що реалізуються компонентом 3, функція перетворення ланцюга розраховується по більш ускладненим залежностям.

Для ланцюга із зворотнім зв'язком (Рис. 3 а) функція перетворення формується або шляхом розмикання зворотного зв'язку, внаслідок чого виникає еквівалент послідовної структури із сумісною функцією перетворення $F = \prod f_N$ (Рис. 3 б).

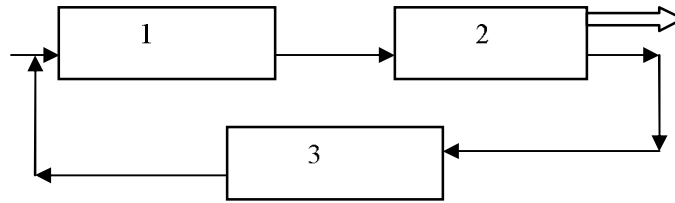


Рис. 3а. Структура із зворотнім зв'язком

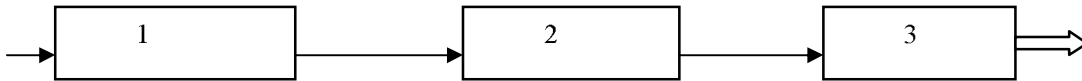


Рис. 3б. Еквівалентна послідовна структура

або розраховується за залежністю

$$F = \Pi f_k / (1 \pm \Pi f_N),$$

де k – кількість елементарних автоматів прямої ланки ланцюга;

N – загальна кількість автоматів;

знак «-» – для позитивного зворотного зв'язку;

знак «+» – для негативного зворотного зв'язку.

З'єднання в мережу є комбінацією розглянутих вище схем з'єднання. У доповіді розглянуто різні типи мереж, що створюються кінцевими автоматами, наведено приклад розрахунку функції перетворення похибок входних даних для мереж радіального, магістрального та радіально-магістрального типів.

1. О. Кричевець. Дослідження функцій перетворення обчислювальних каналів вимірювальних систем. Тези доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції «Метрологія, інформаційно-вимірювальні технології та системи», Харків, 2017, с. 82.

2. Кричевець О.М. Дослідження впливу обчислювальних компонентів на похибки результатів вимірювання. "Вимірювальна техніка і метрологія", т.79(4), 2018, с. 12-16.

ФАЗОВА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ВИМІРЮВАНЬ І КОНТРОЛЮ

© Юрій Куц¹, Леонід Щербак², 2019

¹Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Київ, Україна), професор кафедри приладів і систем неруйнівного контролю, д.т.н., професор, y.kuts@ukr.net

²Київський міжнародний університет (Київ, Україна), завідувач кафедри комп’ютерних наук, д.т.н., професор, prof_scherbak@ukr.net

Значна частина задач вимірювань і контролю пов’язана з оцінюванням параметрів і характеристик циклічних фізичних процесів. Перебіг таких процесів спостерігається в багатьох технічних та біологічних системах, під час аналізу природних, соціальних та економічних явищ. Розділені періодом значення циклічного процесу можуть не співпадати абсолютно точно, але їх характерні ознаки періодично повторюються. Прикладами циклічних процесів можуть бути: у фізиці – процеси в коливальних системах різної природи; у вимірювальній техніці – процеси формування/ детектування модульованих вимірюваними фізичними величинами сигналів-носіїв; в неруйнівному контролі – взаємодія об’єктів контролю зі змінними фізичними полями (до прикладу електромагнітним чи акустичним і т.і.

Циклічні процеси в технічних системах породжують відповідні циклічні сигнали різної природи (електричні, акустичні оптичні і т.і.) як функції різних аргументів – часу, частоти, просторових координат. Конструктивною моделлю таких сигналів є їх представлення виду $u(x) = U(x)\cos\Phi(x)$, де $U(x)$ – обвідна, $\Phi(x)$ – фаза (або фазова характеристика сигналу, ФХС). Зазвичай такі сигнали спостерігаються на фоні значного за рівнем шуму.

У доповіді узагальнено розвиток теоретичних та методологічних засад отримання та аналізу ФХС у разі їх дискретного представлення. Методологія опрацювання таких сигналів ґрунтується на поєднанні дискретного перетворення Гільберта, яке дає змогу отримати вибірки фазових, частотних та амплітудних характеристик сигналів та методів дискретного та статистичного (в залежності від відношення сигнал/шум, с/ш) аналізу фазових характеристик включно з отриманням і дослідженням кругових статистик (кругового середнього, дисперсії, довжини результуючого вектора, медіани тощо).

Вихідними даними для аналізу є отримана шляхом дискретизації сигналу $u(x)$ дискретна послідовність $u[j]$, $j \in N$, до якої застосовують дискретне перетворення Гільберта і отримують дискретну ФХС $\Phi[j]$ та різницю виду $\phi[j] = \Phi[j] - \Phi_0[j]$, де $\Phi_0[j]$ – дискретна фазова характеристика опорного сигналу або лінійний тренд послідовності $\Phi[j]$. Запропоновано детерміновані та статистичні методи опрацювання ФХС для наступних задач: оцінювання відношення с/ш для адитивної суміші гармонічного сигналу та гауссового шуму через модулі вибіркового тригонометричних моментів послідовності $\phi[j]$; визначення поточної частоти модульованих гармонічних сигналів; прецизійного вимірювання затримки сигналів лунаїмпульсної ультразвукової товщинометрії з використанням фазоманіпульованого сигналу-носія; вимірювання декременту та власної частоти загасаючих гармонічних коливань для імпульсного вихрострумовевого контролю; виявлення сигналів лунаїмпульсної ультразвукової товщинометрії через аналіз вибіркової кругової дисперсії послідовності $\phi[j]$ та ін.

Розглянуто результати модельних та експериментальних досліджень запропонованих методів вимірювання та контролю. Використання ФХС у сукупності з детермінованими та статистичними методами її опрацювання дає змогу отримати нові розв’язки традиційних задач виявлення сигналів та вимірювання фізичних величин в умовах дії шуму для широкого кола фізичних циклічних процесів.

STUDYING THE PHENOMENON OF MAGNETICALLY NEUTRAL ZONE DISTORTION IN AIRCRAFT COMMUTATOR DIRECT CURRENT GENERATORS

© Jerzy Lewitowicz¹, Andrzej Szelmanowski², Andrzej Gębura³,
Andrzej Pazur⁴, Tomasz Tokarski⁵, 2019

¹(Warsaw, Poland), Prof. Ph.D., DSC. Eng., jerzy.lewitowicz@itwl.pl

²(Warsaw, Poland), Ph.D., DSC. Eng., andrzej.szelmanowski@itwl.pl

³(Warsaw, Poland), Ph.D. Eng., andrzej.gebura@itwl.pl

⁴(Warsaw, Poland), Ph.D. Eng., andrzej.pazur@itwl.pl

⁵(Warsaw, Poland), MSc. Eng., tomasz.tokarski@itwl.pl

The tests conducted at the Air Force Institute of Technology involving the evaluation of the technical condition of direct current generators installed onboard Su-22 aircraft showed that the substitute pulse parameters for the direct current system have been increasing year after year, which reflects the further extension of the so-called reduced time of substitute pulses.

The values of these pulses, determined by AFIT specialists in the course of the measurements taken after the completion of an overhaul process associated with extending the service life of Su-22 aircraft, in several cases significantly exceeded the permissible standard thresholds. After AFIT's initial review of the overhaul process, it was concluded that the power node generator overhaul process did not guarantee to reduce all aging processing ongoing in the course of operating the power node of the Su-22 aircraft. In the light of the above, there is a potential threat of a malfunction in this node, after the aircraft is released to the user. It is justified to point out that the current technology of the Su-22 power node generator overhauls should be expanded with checking and adjusting the position of the brush line in order to position them in magnetically neutral zones.

The paper discusses the phenomena associated with the generation of the magnetically neutral line disturbances in aircraft commutator direct current generators. It presents examples of the displacement of these zones in the course of many years of aircraft operation. It also discusses the consequences of these displacements in the form of various mechanical and thermal damage, e.g. overheated elements of the generator and its cabling. Particular emphasis was put on the impact of these displacements on the voltage adjustment system time constant changes in transient states, i.e. at significant changes of the aircraft power node load values. The paper includes the results of adjusting several sets of GS-12T generator along with RN-180M voltage regulators for Su-22 aircraft, conducted as per the procedure developed at AFIT.

STUDYING LOCAL AND COMPLEX RESONANCES IN AVIATION POWER TRAINS USING FAM-C AND FDM-A METHODS

© Jerzy Lewitowicz¹, Andrzej Szelmanowski², Andrzej Gębura³,
Andrzej Pazur⁴, Edyta Franczuk⁵, 2019

¹(Warsaw, Poland), Prof. Ph.D., DSC. Eng., jerzy.lewitowicz@itwl.pl

²(Warsaw, Poland), Ph.D., DSC. Eng., andrzej.szelmanowski@itwl.pl

³(Warsaw, Poland), Ph.D. Eng., andrzej.gebura@itwl.pl

⁴(Warsaw, Poland), Ph.D. Eng., andrzej.pazur@itwl.pl

⁵(Warsaw, Poland), Ph.D., edyta.franczuk@itwl.pl

The Air Force Institute of Technology has developed and implemented the FAM-C and FDM-A diagnostic methods used for diagnosing and evaluating the technical condition of the LUZES series ground airfield power supply units for aircraft, which involved monitoring the magnitude of skewing and eccentric displacements of the drive shaft, and the parameters of the rotational movement dynamics causing, i.a., twisting generator drive shafts. The developed methods found application in monitoring all kinds of devices with rotating parts in the form of air gear (reducers, power train drive boxes). For several years, these methods have been successfully applied in diagnosing bearing supports in jet engines and monitoring the electromechanical converters installed, e.g. onboard the TS-11 Iskra military aircraft. Successful attempts are also made at monitoring power trains with diesel self-ignition engines used, for instance, on sea ferries. Research work associated with monitoring military helicopter power trains has been ongoing for several years. Despite the high efficiency and effectiveness in diagnosing and determining the causes of aviation power train malfunctions, these methods still have the status of prototype methods, being at the research and implementation stage, with a relatively narrow range, limited almost exclusively to the aviation equipment operated within the Polish Air Forces.

Here we discuss the issues associated with aviation rotor assemblies, their rolling bearing and toothed gear elements, in particular. One of the dangerous operating phenomena are the resonances of bearing supports. The conducted source literature analysis and own observations were used as a base to present the causes and effects of local (isolated) resonances in rolling bearings and complex (structural) resonances between geometrically separated sub-assemblies. The research material was based on studies conducted by AFIT specialists, which involved the TS-11 “Iskra” aircraft and Mi-24 helicopters. There are discussed the structures of these assemblies and the cases of resonating of individual sub-assemblies, as well as many elements found within a structure of a tested power train. It also describes the theoretical grounds for the research and analysis of resonance phenomena, identified using the FAM-C and FDM-A methods. These methods are based on analyzing the generator output voltage modulation and ensure monitoring the dynamic phenomena within all sub-assemblies found in an aviation power train.

МЕТРОЛОГІЯ МАТЕРІАЛІВ І ЇЇ РОЛЬ У РАЗВИТКУ ТЕРМОЕЛЕКТРИКИ

© Валентин Лисько, 2019

кандидат фізико-математичних наук,
заступник директора з наукової роботи Інституту термоелектрики НАН та МОН України

Аналіз відомих методів і обладнання для вимірювання властивостей термоелектричних матеріалів показав, що похибки при визначенні термоелектричної добротності Z досягають 15-20%. Найбільші значення похибок характерні для визначення добротності шляхом вимірювання електропровідності, термоЕРС і теплопровідності на різних зразках. Такі похибки стають перепоною для вирішення завдань підвищення добротності матеріалу, оскільки точність вимірювань може виявитися нижчою, ніж зміна властивостей матеріалу при зміні факторів, що впливають на неї. При цьому, найбільш надійні результати можна отримати при використанні абсолютного методу і методу Хармана.

Цикл досліджень, проведених в Інституті термоелектрики, показав, що похибки при визначенні добротності методом Хармана, можуть знаходитися на рівні 5-6% тільки в ряді випадків - коли відомо безліч додаткових параметрів, таких як: випромінювальні властивості зразка і термостата, теплопровідність струмопідводів і термопар і ін. Більш ефективним є абсолютний метод, що дозволяє інструментально мінімізувати більшість джерел похибок.

Наведено результати створення нових методів зниження похибок, отриманих з допомогою дослідження реальних фізичних моделей абсолютного методу об'єктно-орієнтованим комп'ютерним моделюванням. Створено автоматизовану вимірювальну апаратуру для комплексного дослідження властивостей термоелектричних матеріалів, точність якої у визначенні термоелектричної добротності у 3-5 разів перевищує точність відомих аналогів.

EXTENDING THE INDUSTRIAL ROBOT'S CAPABILITIES BY USING A NON-STANDARD WORKING TOOL AND TESTING ITS PROPERTIES

© Romuald Masnicki¹, Cezary Mieziańko², Rafał Niczyporuk³, 2019

¹Gdynia Maritime University, Gdynia, Poland, Assistant Professor, Ph.D.,
Senior Lecturer, r.masnicki@we.umg.edu.pl

^{2,3}Gdynia Maritime University, Gdynia, Poland, Student, Faculty of Electrical Engineering,
c.mieziańko@gmail.com, rafalniczyporuk421@gmail.com

Industrial robots carry out various tasks in the industry depending on their design and functional properties. The tasks they can perform depend on their working space and the working tool (called the effector), usually located at the end of the kinematic chain of the robot [1]. The most important feature of industrial robots is their programmability. The number of robot axes is related to the number of degrees of freedom, defined as the number of items moving in the robot. As a rule, it connects to the number of drives that set the joint in motion, thus creating the range of the robot's workspace [2]. The space in which the tip of the robot can move can be limited by software to prevent mechanical damage to robots or neighboring devices.

The purpose of this work is to analyze, develop assumptions, design, simulation tests and study an industrial robot with a replaced working tool. The considered robot is used in the Laboratory of Measurement and Control Systems in the Marine Electrical Power Engineering Department of Gdynia Maritime University. The industrial robot Epson LS3-401S (Fig. 1.a) is a 4-axis SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) robot [3]. The whole robot arm has 4 degrees of freedom. It is based on two parts: Arm 1 and Arm 2 as well as four joints (Fig. 1.b). Arm 1 performs a rotational movement, Arm 2 works similarly, but its range of movements is greater than the first one. The third element performs an upward or downward movement of the robot, adjusting the height of the robot's tip. The robot is powered by an electric drive, each joint is equipped with a servomotor that drives them. Originally, the robot has been working with a suction cup (Fig.1.c). The task of the project is to modify its working tool and controller port, as well as the robot software so that it can work with elements that can be picked up and moved. As part of the study, the pneumatic gripper [4] (Fig.1.d) was used instead of the original working tool of the robot. An additional, specially designed adapter was needed to attach it to the robot's mounting tip.

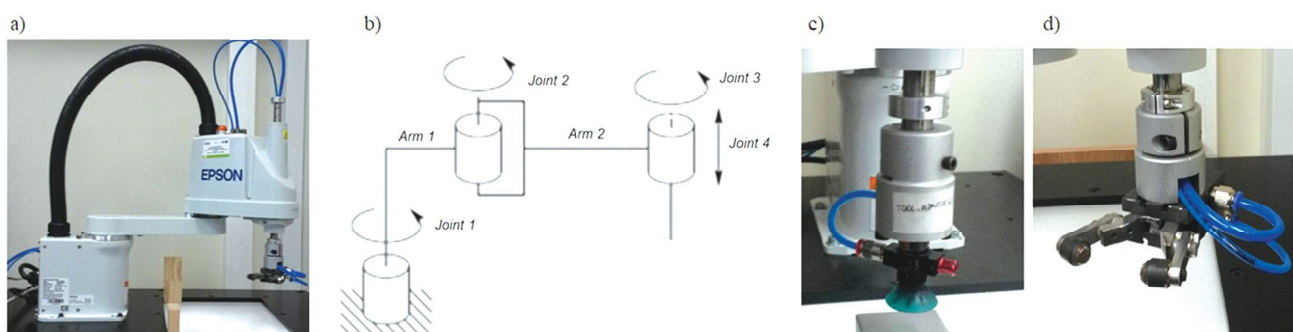


Fig.1. Epson LS3-401S: a) robot view, b) kinetic diagram, c) original tool – suction cut, d) replaced tool – gripper.

The block diagram of the LS3-401S industrial robot (Fig. 2.a) shows a simplified version of its mechanical, electrical and pneumatic connections. Supervision over the work of the robot is performed by the RC90 controller, which interprets the user program written in the RC+7.0 environment installed on a standard PC [3]. The pneumatic hoses are connected to the compressor

and the working tool. The robot base, each joint and arms are mechanically connected, which is marked in green in the diagram. To gain full control of the gripper, an additional solenoid valve [5] was necessary to install. Additional electrical terminals have been installed on the RC90 driver's mounting rail, and the controller wiring has been modified. According to the implemented project, sequential work of the robot consists of moving three wooden blocks in the designated area. Initially, the blocks are positioned in three corners and rotated by 90 degrees. The robot has the task of moving individual blocks in a loop, in steps 1 to 7. One cycle of movements of the robot's tip is shown in Fig. 2.b. The starting positions of the three blocks are marked in red, and the filled rectangles mean two blocks placed one on top of the other.

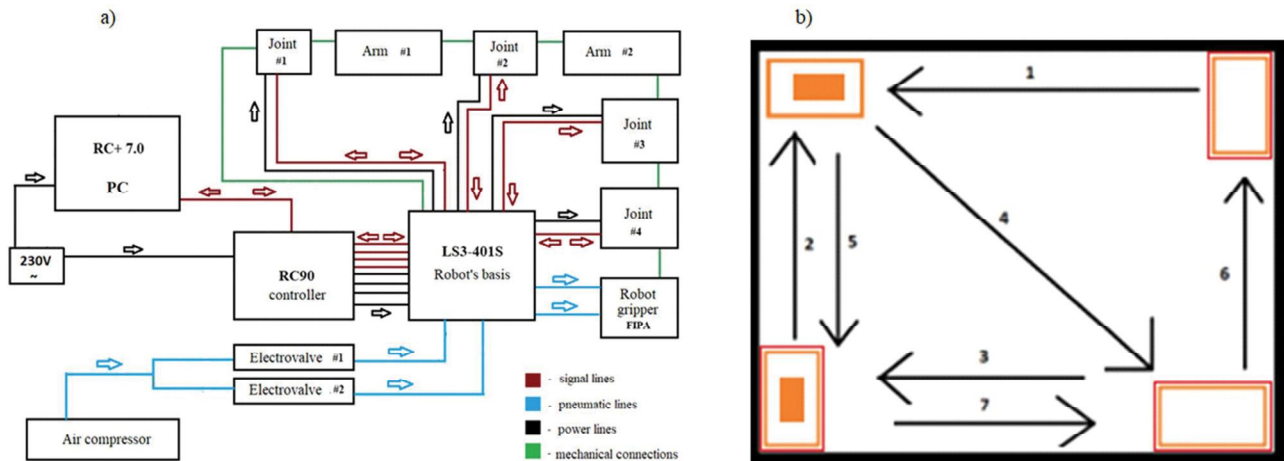


Fig. 2. Robot under study: a) block diagram of a modified robot, b) robot workflow diagram – one cycle of operations.

Industrial robots, like all machines, require periodic testing. This is the basis for maintaining the efficiency of their operation and ensuring the continuity of work. One of the basic tests is to assess the accuracy and repeatability of the robot operations [6]. In addition to the accuracy of the robot's work, the results of such a study indicate the degree of wear of its components, which results in the lack of repeatability of performed activities. The basic operation carried out to improve the accuracy, and hence repeatability of a given robot is to calibrate the position of its joints. It consists in reducing the difference between the set point and the actual position of the robot's tip in terms of the corresponding coordinates. The modified robot has been subjected to continuous work related to the performing operations in many cycles. A single test consisted of 50 continuous cycles, according to the programmed sequence. The robot performed tasks at two different speeds: 50% of maximum speed and maximum working speed. During the preliminary tests, the wooden blocks were moved asymmetrically relative to the individual corners of the gripper working space. It was possible to notice the lack of linearity at the block edge position when one element was set on the other. The problem has been eliminated by optimizing the coordinates of the gripping points on the blocks to keep them stable when moving. After introducing appropriate corrections, full control over its movement was obtained. As a result, the gripper moves smoothly, realizing the successive stages of the programmed sequence of movements. The position of the wooden blocks after 50 cycles coincides with their initial position within the margin of error ± 0.5 mm. The value of the gripping speed of the gripper on a given trajectory has no effect on the accuracy and repeatability of the process.

Further research will be focused on the integration of robot control with the LabVIEW environment cooperating with the object position detection system.

1. Craig J.J., *Introduction to robotics*, WNT, Warsaw, 1995.
2. Burlibay A., Beisembaev A., Wojcik W., *Description of the manipulator robot's workspaces with three mobility degrees in the form of the logical expression*, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 90, 8/2014, pp.25-29. [2]
3. SCARA Robot LS Series, <https://neon.Epson-europe.com/files/assets/source/e/a/s/t/Epson-SCARA-ls3-ls6-user-manual-rev.10.pdf> (accessed: 14.01.2019).
4. Grippers content specifications, http://veemtrading.cz/new/img/cms/katalogy/uchopove-systemy/aktivni-uchopove-prvky/FIPA-Grippers.pdf?fbclid=IwAR1ilXo9ec-mWxEVlo7m3dLnsNH-MCQjkedtwPbnfN0U9vKh-WqM_gd0ea1c (accessed: 06/02/2019).
5. Electromagnetic 3/2 M7 pilot valve 350L/min Festo CPE10-M1BH-3GL-M7, <https://en.rs-online.com/web/p/volumes-electromagnetic/1754616> (accessed: 23/02/2019).
6. Kubela T., Pochyly A., Singule V., *Assessment of Industrial Robots Accuracy in relation to Accuracy Improvement in Machining Processes*, *IEEE International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC)*, 2016.

АВТОМАТИЗОВАНЕ КОРИГУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ

© Федір Матіко¹, Олег Пістун², Роман Федоришин³, 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, д.т.н., доцент, fmatiko@gmail.com

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), аспірант кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, nutsip13@gmail.com

³Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, к.т.н., доцент, romanfedoryshyn@yahoo.com

Одне з найважливіших завдань, що на сьогодні стоїть перед Україною – забезпечення енергонезалежності, ще остаточно не вирішене. Серед кроків, що сприятимуть його вирішенню, є такі два основні: збільшення видобутку власних енергоносіїв і зменшення споживання енергоносіїв. Для зменшення споживання енергоносіїв, тобто для їх економії, необхідно на належний рівень поставити облік енергоносіїв, оскільки, без обліку економія енергоносіїв неможлива [1]. Відсутність обліку енергоносіїв – це відсутність контролю їх використання, що завжди приводить до нераціонального використання енергоносіїв, а отже, і до їх втрат. Відсутність обліку енергоносіїв не дозволяє виявити їх непередбачуваних втрат, особливо через нещільності. Відсутність обліку енергоносіїв унеможливорює налагодження нормальних економічних стосунків між постачальником та споживачем енергоносіїв, сприяє й зловживанням – дозволяє відпускати дорогу енергію без офіційної оплати тощо.

Все вищевикладене відноситься і до неточного обліку [1]. Якщо облік енергоносіїв є, але він здійснюється з низькою точністю, то в межах похибки вимірювання (невизначеності результату вимірювання) отримують ті самі негативні наслідки, про які говорилося вище.

Найбільше застосування для вимірювання витрати та кількості природного газу, знайшли витратоміри змінного перепаду тиску із стандартними пристроями звуження потоку та тахометричні лічильники. Витратоміри змінного перепаду тиску вимірюють витрату газу (об'ємну чи масову), а лічильники газу – безпосередньо об'єм газу чи масу газу, які пройшли через лічильник газу за певний інтервал часу.

Витрата газу – це кількість газу, що проходить через поперечний переріз трубопроводу за одиницю часу в момент вимірювання. Взаємозв'язок між кількістю K_q та витратою q газу визначається залежностями [1]

$$q = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta K_q}{\Delta t} \right); \quad (1)$$

$$K_q = \int_{\tau_n}^{\tau_k} q(\tau) d\tau \quad (2)$$

де τ_n , τ_k – відповідно, початкове та кінцеве значення часу τ , упродовж якого визначають кількість K_q .

Кількість K_q газу визначають в одиницях маси m або в одиницях об'єму V , що займає ця маса. Відповідно, витрату вимірюють в одиницях маси за одиницю часу (масова витрата qm), в одиницях об'єму в робочих умовах при абсолютному тиску p і термодинамічній температурі T газу за одиницю часу (об'ємна витрата q_0 в робочих умовах) або в одиницях об'єму, зведеного до стандартних умов при абсолютному тиску $p_c = 101325 \text{ Па}$ та температурі $T_c = 293,15 \text{ К}$, за одиницю часу (об'ємна витрата q_c зведена до стандартних умов).

Отже вимірювання кількості здійснюють в одиницях маси m , або в одиницях об'єму V_p в робочих умовах, або в одиницях об'єму V_c , зведеного до стандартних умов. На практиці розрахунки за природний газ між організаціями здійснюють за об'ємом V_c . Перерахунок

об'єму V_p газу в робочих умовах в об'єм V_c газу в стандартних умовах здійснюють згідно з нормованими методиками [1].

Будь-яке вимірювання супроводжується наявністю похибок вимірювання. За природою їх появи вони поділяються на систематичні та випадкові. В зв'язку з цим при інтегруванні витрати q у виразі (2), будемо мати

$$K_q = \int_{T_n}^{T_k} (q(\tau) d\tau + \int_{T_n}^{T_k} \Delta_q(\tau) d\tau + \int_{T_n}^{T_k} \sigma_q(\tau) d\tau), \quad (3)$$

де $M_{\text{сист}} = \int_{T_n}^{T_k} \Delta_q(\tau) d\tau$; $M_{\text{вип}} = \int_{T_n}^{T_k} \sigma_q(\tau) d\tau$ – математичні сподівання відповідно систематичних та випадкових складових похибок вимірювання.

При вимірюванні кількості газу за допомогою лічильників газу математичне сподівання $M_{\text{сист}}$ приймає те чи інше конкретне значення, при чому саме значення $M_{\text{сист}}$ залежить від значення витрати газу. При цьому значення $M_{\text{вип}}$ прямує до нуля. Звідси на порядок денний виноситься задача мінімізації математичного сподівання систематичної похибки вимірювання об'єму газу при застосуванні лічильників газу.

В зв'язку з цим нами пропонується автоматизоване коригування результатів вимірювання об'єму природного газу з метою підвищення точності обліку лічильниками газу. Суть такого автоматизованого коригування результатів вимірювання об'єму газу реалізовано в запропонованому способі вимірювання об'єму газу лічильниками газу [2].

Кожному лічильнику притаманна своя інструментальна похибка вимірювання, яка залежить від значення витрати газу, що проходить через лічильник газу в даний момент часу. Залежність цієї похибки від значення витрати для більшості типів лічильників газу (камерні, роторні, турбінні) характеризується тим, що при низьких значеннях витрати газу похибка приймає мінусові значення, а при середніх та високих значеннях витрати газу похибка приймає плюсові значення, а за своїми значеннями вона може сягати 2%. Згідно з запропонованим способом для лічильника газу, яким планується вимірювати кількість газу, попередньо на повірочному обладнанні визначають залежність інструментальної похибки лічильника від витрати газу $\delta = f(q)$.

В процесі вимірювання кількості газу в трубопроводі за допомогою лічильника газу визначають значення об'єму газу в робочих умовах, а за допомогою мікропроцесорного обчислювача сумісно з вимірювальними перетворювачами тиску газу та температури газу значення об'єму газу в робочих умовах зводять до об'єму газу в стандартних умовах. При цьому процес вимірювання здійснюють по чергові через певні інтервали часу Δt : під час кожного такого інтервалу часу Δt_i за допомогою мікропроцесорного обчислювача визначають приріст об'єму газу ΔV_i за цей інтервал часу і за значенням цього приросту об'єму газу визначають витрату газу q_i на цьому інтервалі часу як $q_i = \Delta V_i / \Delta t_i$, а за значенням цієї витрати q_i згідно з отриманою залежністю $\delta = f(q)$ коректують значення кількості газу в цей період часу. Результати вимірювання фіксують на мікропроцесорному обчислювачі.

Значення вищевказаного інтервалу часу Δt можуть бути різними, але найпростіше для реалізації способу їх варто вибирати однаковими, тобто постійними $\Delta t_i = \text{const}$. В такому випадку $\Delta t = \Delta t_i = \text{const}$. Аналіз показав, що для промислових потоків газу значення інтервалу часу Δt може знаходитись в діапазоні 3-10 хвилин. При цьому, якщо $\Delta t = \Delta t_i = 5$ хв, то загальна кількість таких інтервалів часу за годину дорівнюватиме 12 штук.

Програма роботи мікропроцесорного обчислювача реалізує вище вказані дії в реальному масштабі часу. Таким чином реалізація запропонованого автоматизованого коригування результатів вимірювання об'єму газу, зведеного до стандартних умов, дозволяє усунути чи суттєво зменшити наявну на сьогодні інструментальну похибку вимірювання кількості газу лічильником газу, яка залежить від значення витрати газу.

1. Пістун Є.П., Лесовой Л.В. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску. Львів, інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв, 2006. 576 с.

2. Матіко Ф.Д., Пістун О.І., Федоришин Р.М. Спосіб вимірювання об'єму газу, зведеного до стандартних умов. Патент на корисну модель. № 134376. Бюлетень №9 від 10.05.2019.

МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ТА НЕВІДНОВЛЮВАНИХ СИСТЕМ РІЗНИХ ТИПІВ

© Микола Микийчук¹, Надія Лазаренко², 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), директор інституту комп’ютерних технологій, автоматики та метрології, д.т.н., проф., mykolamm@ukr.net

² Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, lazar2012@ukr.net

Більшість технічних пристроїв є складними системами, що складаються з окремих вузлів, деталей, агрегатів, систем управління тощо. Під складною системою розуміється об’єкт, призначений для виконання заданих функцій, який може бути розчленований на елементи (компоненти), кожен з яких також виконує певні функції і знаходиться у взаємодії з іншими елементами системи.

З позицій надійності складна система володіє як негативними, так і позитивними властивостями. Фактори, що негативно впливають на надійність складних систем, наступні:

- велика кількість елементів, відмова кожного з яких може призвести до відмови всієї системи;
- оцінити працездатність складних систем вельми скрутно з погляду статистичних даних, так як вони часто є унікальними або є в невеликих кількостях;
- у систем однакового призначення кожен екземпляр має свої незначні варіації властивостей окремих елементів, що позначається на вихідних параметрах системи;
- чим складніше система, тим більшими індивідуальними особливостями вона володіє.

Проте складні системи володіють і рядом властивостей, які позитивно впливають на їх надійність:

- складним системам властива самоорганізація, саморегулювання або самопристосування, коли система самостійно здатна знайти найстійкіший для свого функціонування стан;
- для складної системи часто можливе відновлення працездатності по частинах, без припинення її функціонування.

Крім того, не всі елементи системи однаково впливають на надійність складної системи.

Аналіз працездатності складної системи пов’язаний з вивченням її структури і тих взаємозв’язків, які визначають її надійне функціонування.

При аналізі надійності складних систем їх розбивають на елементи (компоненти) з тим, щоб спочатку розглянути параметри і характеристики елементів, потім оцінити працездатність всієї системи. Під елементом, точніше кажучи, елементом розрахунку надійності можна розуміти складову частину складної системи, яка може характеризуватися самостійними вхідними і вихідними параметрами. При дослідженні надійності системи елементів не розчленовується на складові частини, і показники безвідмовності і довговічності відносяться до елемента в цілому. При цьому можливе відновлення працездатності елемента незалежно від інших частин і елементів системи.

Аналіз надійності складних систем має специфічні особливості. Різні відмови, а також зниження працездатності елементів системи по-різному впливають на надійність всієї системи.

При аналізі надійності складної системи всі її елементи і компоненти доцільно розділити на наступні групи:

- елементи, відмова яких практично не впливає на працездатність системи (деформація захисного кожуха машини, зміна забарвлення поверхні тощо). Відмови (тобто несправний стан) цих елементів можуть розглядатися ізольовано від системи;

- елементи, працездатність яких за аналізований період часу практично не змінюється (станіни і корпусні деталі, мало навантажені елементи з великим запасом міцності);
- елементи, ремонт або регулювання яких можливі при роботі виробу або під час зупинок, які не впливають на його ефективність (заміна ріжучого інструменту на верстаті, регулювання холостого ходу карбюратора автомобільного двигуна);
- елементи, відмова яких призводить до відмов системи.

Таким чином, розгляду та аналізу, з точки зору надійності, підлягають лише елементи останньої групи. Як правило, є обмежене число елементів, які в основному і визначають надійність виробу. Ці елементи і підсистеми виявляються при розгляді структурної схеми параметричної надійності.

Розглянемо поняття структурної надійності виробів і резервування.

Структурною надійністю системи (пристрою) називається результуюча надійність системи (пристрою) при заданій її структурі і відомих значеннях надійності всіх вхідних в неї частин (блоків, осередків, компонентів і т. д., тобто конструктивів).

Взагалі з позицій теорії систем правильніше говорити про надсистеми, системи, підсистеми як складових деякої верхсистеми.

Моделі надійності встановлюють зв'язок між підсистемами (або елементами системи) та їх впливом на роботу всієї системи.

Структурна (еквівалентна) схема надійності (С (Е) СН або просто ССН) – це модель реального об'єкту, що будується на основі або з урахуванням, наприклад, електричної схеми, топології, типу паяних з'єднань, способу резервування. Інакше кажучи, ССН виробів – це узагальнена модель приватних моделей (підмоделей) і значущих для надійності реальних частин виробу. Структурна схема надійності визначає функціональний взаємозв'язок між роботою підсистем (або елементів) в певній послідовності. Цю схему складають за принципом функціонального призначення відповідних підсистем (або елементів) при виконанні ними певної частини роботи, яку виконує система в цілому.

Технічна система може бути сконструйована таким чином, що для успішного функціонування необхідна справна робота всіх її елементів. У цьому випадку її називають послідовною системою (S-тип). Є також системи, в яких при відмові одного елемента інший елемент здатний виконати його функції. Таку систему називають паралельною (Р-тип). Дуже часто системи володіють властивостями як паралельних, так і послідовних систем – системи зі змішаним з'єднанням (С-тип). При розрахунку надійності необхідно досліджувати дії системи, ґрунтуючись на її функціональній структурі та використовуючи ймовірнісні співвідношення.

Таке дослідження структури дозволяє виявити вузькі місця в конструкції системи з погляду її надійності, а на етапі проектування – розробити конструктивні заходи щодо усунення подібних вузьких місць. Наприклад, можна заздалегідь підрахувати, скільки резервних елементів необхідно для забезпечення заданого рівня надійності системи. Далі можна розрахувати надійність системи, побудованої з елементів з відомою надійністю, або навпаки, виходячи з вимоги до надійності системи, пред'явити вимоги до надійності елементів.

Надійність – властивість об'єкту зберігати у часі значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції у заданих режимах і умовах використання, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

1. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення.
2. ДСТУ 2862-94 Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги.
3. ДСТУ ISO/IEC 2382-14:2005 Інформаційні технології. Словник термінів. Частина 14. Безвідмовність, ремонтпридатність і готовність (ISO/IEC 2382-14:1997, IDT).
4. Байхельт Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание: Математический подход. – М.: Ридио и связь, 1988.

THE RESEARCH ON THE FLOW OF INCOMPRESSIBLE FLUID THROUGH SELECTED SEGMENTED FLANGE

© Andrzej Mrowiec¹, Marcin Heronimczak², 2019

¹ The President Stanisław Wojciechowski Higher Vocational State School in Kalisz, Poland, assistant professor, Ph.D., lecturer, a.mrowiec@pwsz.kalisz.pl

² The President Stanisław Wojciechowski Higher Vocational State School in Kalisz, Poland, assistant, MSc, lecturer, marcin.heronimczak@gmail.com

The very measurement of flowing fluid stream consists in determination of the value of differential pressure on the ram element [1-2].

The segmented flange allows taking the measurements of the flow of liquids polluted with solid bodies forming suspensions or pollinated gases. The advantage of a segmented flange is the fact that a flow hole is a circle segment, which leads to one-sided necking of section of a pipeline [3]. It is recommended for polluted liquids to place a hole of a segmented flange at the bottom part of a reducing pipe. It provides free flow of pollutions in the measured fluid and deposit limiting flow in a pipeline before the reducing pipe is not formed [4]. The goal of this article was to compare the results obtained from numerical research with engineering calculations and experimental data obtained for a segmented flange (of necking $\beta = 0,5$) with the flow of fluid and to determine the minimum value of Re number, in which flow coefficient can be regarded as having constant value for the examined flange.

The discussion of the flow of water jet through experimentally and numerically examined segmented flange of necking $\beta = 0,5$ with the change of Reynolds numbers within the range of $ReD = 7120 \dots 16300$ was presented in this article. As a result of conducted experimental research and engineering calculations, flow characteristics of volumetric flow rate in the function of ram pressure in the form of points was determined, including trend lines. It allowed estimating relative error between engineering calculations and experimental research. This error does not exceed 1,335% with the increase of pressure on the flange amounting to 0,45 kPa and practically decreases linearly to 0,218% for the pressure increase amounting to 2,2 kPa.

The experimental research conducted for a segmented flange of necking $\beta = 0,5$ allowed to lower the minimum value of Reynolds number to $Re = 10000$, of which flow coefficient has constant value while maintaining relative uncertainty assumed in the norm [5].

The numerical simulation made for stream having Reynolds number $Re = 12739$ allowed to estimate the relative error of simulation of differential pressure at the level of $\delta_{\text{sym}} = 10,1\%$. The simulation with the use of SolidWorks Flow Simulation for turbulent stream fully proves the usefulness of this research method to determine the values characterizing flow in comparison with expensive and time-consuming experimental research.

1. Golijanek-Jędrzejczyk A., Świsulski D., Hanus R., Zych M., Petryka L.: *Uncertainty of the liquid mass flow measurement using the orifice plate*, *Flow Measurement and Instrumentation* 62, (2018), 84-92
2. Kremlewski P. P.: *Raschodimetry i scetniki kolicestva vescestv*, Izd. Politehnika, Saint Petersburg, 2002.
3. Turkowski M.: *Metrologia przepływów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2018.
4. [4] Mrowiec A., Kasprzak D.: *Pomiar kryzą segmentową strumienia medium dla małych liczb Reynoldsa*, *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki PG*, Nr 49/2016, 75-77
5. PN-93/M-53950/01, *Pomiar strumienia masy i strumienia objętości płynów za pomocą zwężek pomiarowych*, Polski Komitet Normalizacji, Miary i Jakości, Warszawa 1994.

FAST HARMONICS IDENTIFICATION BASED ON A COMPRESSIVE SENSING APPROACH

© Beata Palczynska, 2019

Gdansk University of Technology, Gdansk, Poland, Ph.D.,
Assistant professor, beata.palczynska@pg.edu.pl

Various new techniques have been put forward in the literature to identification and estimation of the harmonic sources in electrical power delivery systems [1-4].

In many practical applications, acquiring signals at ever higher sampling rates cases that large amounts of data must be stored on physical memory, which in turn leads to a huge memory occupancy. Thus, storing and processing or analyzing the resulting large number of data has made it necessary to compress the desired information using the appropriate algorithms. Differently, from the typical approach usually implemented for signal compression, new techniques compressive sensing (CS) uses a limited number of random linear projections to acquire efficient representations of compressible signals directly [5-7].

The paper presents the application of a fast reconstruction algorithm, based on the theory of the CS theory that can detect harmonics in an input signal. In general, the CS theory consists of three main issues. The first is determining the sparsest representation of a signal. Next, it is important to find an applicable compression transformation matrix, which well approximates the original N length signal for the least M coefficients. The last one concerns implementing proper reconstruction algorithm, which can recover the original signal from observed M coefficients [8].

Taking under consideration the narrowband input signal that can be described as a superposition of K sinusoids [9]:

$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^K X_k \cdot \exp(j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot n \cdot k), \quad (1)$$

where X_k is the DFT of signal x_n .

This signal has a K -sparse representation in terms of the discrete Fourier transform (DFT), meaning that it consists of only a small number of basic functions. The transformation matrix ψ , constructed on the Fourier basis is described by [2]:

$$\psi_{n,k} = \frac{1}{\sqrt{N}} \cdot \exp(j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot n \cdot k) \quad (2)$$

To apply the CS theory efficiently, two conditions must be met. The first is the aforementioned sparsity of the signal. The second condition states that the measurement matrix Φ must be incoherent with the basis ψ in which the signal has a sparse representation. In the literature, some frequent examples of incoherent basis couples can be found [5]. Random matrices are largely incoherent with any fixed basis ψ [5].

In order to reconstruct the sparse signal x , optimization algorithms based on the l_1 -norm minimization is usually applied [5]:

$$\hat{a} = \arg \min \|a\|_1 \quad \text{subject to } y = \Phi \cdot a \quad (3)$$

where: $\hat{a}$ denotes the estimate of $a \in R^N$ – a sparse representation of the signal of x in the matrix ψ and $\|a\|_1$ denotes l_1 -norm of a .

The problem of signal reconstruction is solved using a convex optimization by the linear programming algorithm. Additionally, to accelerate the convergence, a K-rank-order filter is applied in the signal's sparse domain. The reconstruction formula is described as follows [10]:

$$\bar{x} = \frac{1}{1+i} \sum_{j=0}^{i-1} \frac{1}{p_j(1-p_j)} y_j \cdot \varphi_j \quad (4)$$

The algorithm operates in a loop, and in each iteration, it verifies if equation (4) actually converges. The processing loop terminates when the threshold condition t meets [10]:

$$0 \ll t \leq \frac{|y_i|}{|y_i| + |y_i| - \langle \varphi_i, \hat{x}_i \rangle} \leq 1 \quad (5)$$

where: $\hat{x}_i$ – the estimate of x at the i^{th} iteration.

The Fourier transformation T is applied to sparsify the solution. The estimate of x_i is expressed as:

$$\hat{x}_i = T^{-1} \{ \text{Rank} (T \{ \bar{x} \}) \} \quad (6)$$

where: $\text{Rank} (*)$ – denotes a K -rank-order filter.

Consider a vector with samples $X_k = T \{ \bar{x} \} = [X_1, \dots, X_N]$. The filter extracts the K most significant components from the input vector and assigns zero to the remaining places. This filter has low computational complexity and is easy to implement. This way, the computational burden of the inverse Fourier transform, performed in the next step, is reduced.

The simulations were performed using a program designed on based on an accessible application in the LabVIEW environment [10]. As an example, a multi-tone signal with the 50 Hz fundamental harmonic has been generated.

The preliminary results of numerical simulations performed using the fast reconstruction algorithm shows the limitations of effective reconstruction based on the CS. The good reconstruction accuracy occurs in the case of multi-tone signal that consists of components whose amplitude levels do not differ significantly. The application of the presented reconstruction algorithm to signals in which the dominant harmonic is occurring, requires the pre-conditioning of the signal consisting in the extraction of this component from the examined course.

1. Bonavolonta F., D'Apuzzo M., Liccardo A., G. Miele G., *Harmonic and interharmonic measurements through a compressed sampling approach, Measurement*, 77 (2016) 1–15.

2. Angrisani L., Bonavolonta F., D'Apuzzo M., Schiano, Moriello L. R., Vadursi M., *A compressive sampling based method for power measurement of band-pass signals, IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference*, (2013), 102–107.

3. Carta D., Muscas C., Pegoraro P. A., Sulis S., *Identification and Estimation of Harmonic Sources Based on Compressive Sensing, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 68 (2019), no. 1, 95–104.

4. Alshawawreh J., *Adaptive Technique based on Fast Fourier Transform for Selecting the Modelled Harmonics' orders in Kalman filter, Przegląd Elektrotechniczny*, 94 (2018), nr 8, 95–100.

5. Candes E., Wakin M., *An Introduction to compressive sampling, IEEE Signal Processing Magazine*, 25 (2008), no 5, 21–30.

6. Donoho D., *Compressed Sensing, IEEE Transactions on Information Theory*, 52 (2006), 1289–1306.

7. Baraniuk, R. G., *Compressive Sensing – Lecture Notes, IEEE Signal Processing Magazine*, 24 (2007), no 4, 118–121.

8. Andras M., Dolinsky P., Michaeli L., Saliga J., *A time domain reconstruction method of randomly sampled frequency, Measurement*, 127 (2018), 68–77.

9. Duarte M. F., Baraniuk R. G., *Spectral compressive sensing sparse signal, Applied and Computational Harmonic Analysis*, 35 (2013), Issue 1, 111–129.

10. Perez L., *Compressive Data Acquisition with LabVIEW, https://forums.ni.com/t5/Example-Programs/Compressive-Data-Acquisition-with-LabVIEW/ (2009) – accessed on 2nd July 2019.*

SPARSE REPRESENTATION OF A NON-STATIONARY SIGNAL IN COMPRESSIVE SENSING TECHNIQUE

© Beata Palczynska¹, Dariusz Swisulski², 2019

¹ Gdansk University of Technology, Gdansk, Poland, PhD, Assistant professor, beata.palczynska@pg.edu.pl

² Gdansk University of Technology, Gdansk, Poland, DSc, Professor, dariusz.swisulski@pg.edu.pl

Compressive sensing (CS) is a technique of measuring signals and then reconstructing them with incomplete data (in comparison to classical measurement methods) [1-3]. It enables sampling below the Nyquist frequency, without (or with slight) losing reconstruction quality. Sparsity is the inherent property of those signals for which, all information contained in the signal can be represented only by means of several significant components, compared to the total signal length. There is a base, in which this signal has a few components different from zero. The time–frequency domain provides an ideal base to sparsely represent the non-stationary signals [4-5].

The CS signal processing scheme contains both acquisition and reconstruction models (see Fig. 1).

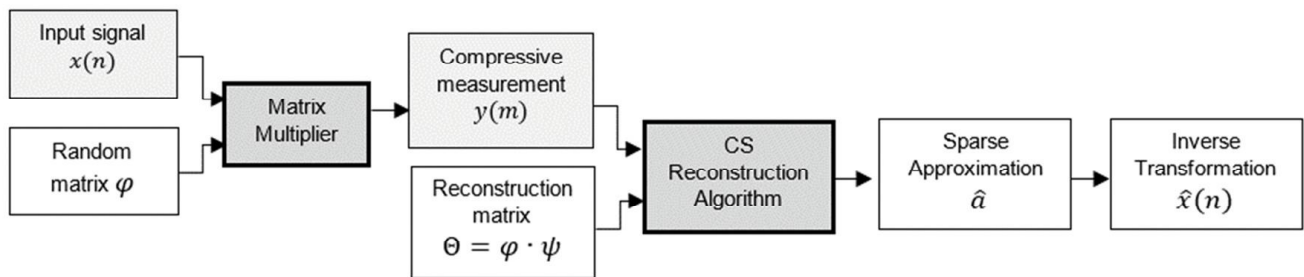


Fig. 1. The signal processing scheme based on compressive sensing [6]

In order for CS to be applicable, it is assumed that the input signal x can be represented by a linear combination of known basis functions [6]:

$$x = \sum_{i=1}^N a_i \cdot \psi_i = \Psi \cdot a, \quad (1)$$

where, a represents a sparse representation of the signal x on the transform base Ψ .

Then, compressive measurement signal y (where, the dimension of observation signal is M) can be acquired with:

$$y = \varphi \cdot x = \varphi \cdot \Psi \cdot a = \Theta \cdot a, \quad (2)$$

where, φ denotes a measurement matrix and Θ represents reconstruction (sensing) matrix.

Finally, the reconstruction process model is described as follows [6]:

$$\hat{a} = \arg \min \|a\|_1 \quad \text{subject to } y = \Theta \cdot a, \quad (3)$$

where, $\hat{a}$ is the estimate of a and $\|a\|_1$ denotes l_1 norm of a .

In this paper, the matching pursuit (MP) algorithm [7], based on the chirplet dictionary, is applied to solve the reconstruction problem (3).

The simulations were carried out to prove effectiveness of the reconstruction of a non-stationary signal from a small set of random measurements. The simulation program has been designed, based on available applications in the LabVIEW environment [8, 9]. It applies a compressive sensing algorithm to recover the signals from a set of single random (scalar) samples, where the signal is K – sparse in a time – frequency domain. The original signal x consists of two different components: one is a sinusoid of high concentration in the frequency domain and the other is the sum of three

damped sinusoids of fine localization in the time. The percentage of tested signal's variance (energy) explained by the CS reconstruction defines the accuracy of the reconstruction. To study the effect of noise background, a white Gaussian noise is added at two different signal-to-noise ratio (S/N), 3 dB and 20 dB. Fig. 2 shows results of sparse reconstruction for 70 iterations (measurements) under each noise level. The recovered signal explains about 70% of the signal total energy in the presence of weak noise. In the case of strong noise, the accuracy of CS decomposition is significantly decreasing.

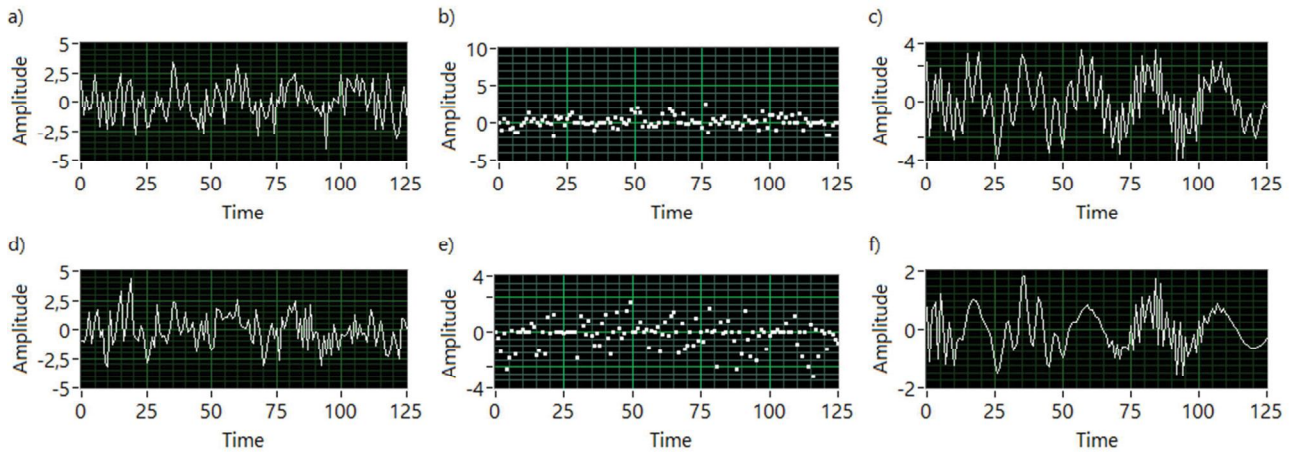


Fig. 2. The waveforms of: tested signal (a), noise convoluted sparse signal (b), sparse representation (c) for S/N equals 3 dB. The waveforms of: tested signal (d), noise convoluted sparse signal (e), sparse representation (f) for S/N equals 20 dB

The signal convergence in the sparse domain presents the adaptive spectrograms. In the weak noise case, the original signal is well recovered. In the second case, noise contaminates the spectrogram.

A more accurate reconstruction for a noisy signal can be reached by increasing the number of random samples (measurements) in the CS acquisition or the number of atoms used to expand the signal in the MP algorithm. The results demonstrate the reconstruction of a non-stationary signal can be effectively performed from a small set of random measurements. The dimension of the measurement matrix affects the accuracy of the reconstruction process.

1. Candes E., Wakin M., *An Introduction to compressive sampling*, IEEE Signal Processing Magazine, 25 (2008), no 5, 21-30.
2. Donoho D., *Compressed Sensing*, IEEE Transactions on Information Theory, 52 (2006), 1289-1306
3. Baraniuk, R. G., *Compressive Sensing – Lecture Notes*, IEEE Signal Processing Magazine, 24 (2007), no 4, 118-121
4. Sejdić, E., Orović, I., Stanković, S., *Compressive sensing meets time-frequency: An overview of recent advances in time-frequency processing of sparse signals*, Digital Signal Processing, 77 (2018), 22-35
5. Ghofrani S., McLernon D.C., Ayatollahi A., *Comparing Gaussian and chirplet dictionaries for time-frequency analysis using matching pursuit decomposition*, Proceedings of the 3rd IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (2004), 713-716
6. Rani M., Dhok S. B., Deshmukh R. B., *A Systematic Review of Compressive Sensing: Concepts Implementations and Applications*, IEEE Access (2018)
7. Mallat S. G., Zhang Z., *Matching pursuit with time frequency dictionaries*, IEEE Trans. Signal Process., 41 (1993), no 12, 3397-3415
8. Perez L., *Compressive Data Acquisition with LabVIEW*, <https://forums.ni.com/t5/Example-Programs/Compressive-Data-Acquisition-with-LabVIEW> (2009) – accessed on 2nd July 2019
9. LabVIEW – Advanced Signal Processing Toolkit – Time Frequency Analysis Tools, User Manual, National Instruments, (2005)

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING AN APERTURE IN THE PIPELINE AS A REDUCER FOR CONTINUOUS MEASUREMENT OF GAS MASS STREAM

© Piotr Piechota¹, Piotr Synowiec¹, Artur Andruszkiewicz¹, Wiesław Wędrychowicz¹, 2019

¹Katedra Termodynamiki, Teorii Maszyn i Urządzeń Ciepłych, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Politechnika Wrocławska Wybrzeże Wyspiańskiego 27 50-370 Wrocław, artur.andruszkiewicz@pwr.edu.pl,

Continuous measurements of flow streams in a circular cross-section of the pipeline are made using various types of reducers [1]. According to Kabza [2], 50% of all flow meters are orifices. In many industrial flow installations there are mounted apertures used mainly for regulating the gas stream flow. Because they reduce the flow of the medium, it seems that they can be successfully used to measure the stream flow. The aim of the work is the analysis of the possibility of using an aperture mounted in a circular cross-section of the pipeline for continuous measurement of streams flowing in the air installation. There were calculated values of flow coefficients C_p for the different position of the aperture in the pipeline depending on the Reynolds number. The studies were carried out on the installation shown in Figure 1.

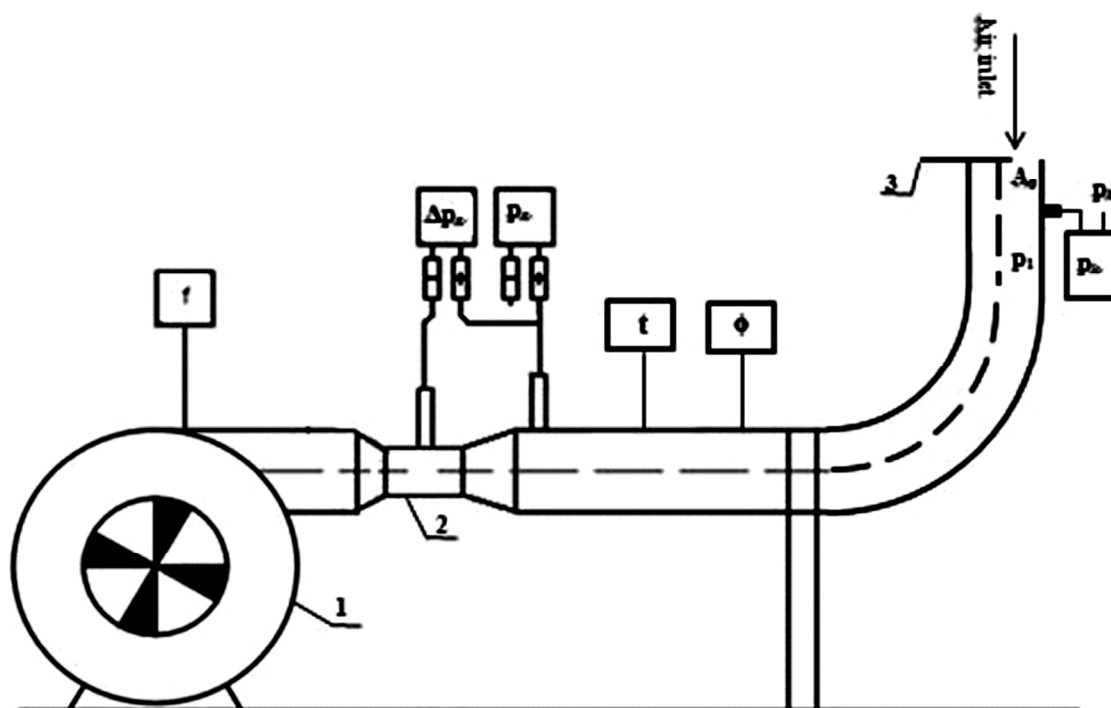


Fig.1. Scheme of the measurement stand: 1 – radial fan, 2 – venturi reducer, 3 – aperture in the pipeline

Measurements were made for selected aperture settings in the pipeline with diameter $D = 0.388$ m and with several air flow streams for each setting. An example of the location of the apertures is shown in Figure 2. The underpressure p_k behind the aperture was recorded for each of its positions every 5 seconds using a digital pressure gauge with a resolution of 1 Pa. The recording time was 360 s. At the same time and with the same measurement step the actual air mass stream flow q_{mv} was measured with a Venturi reducer with a flow coefficient $C_z = 0.925$ and internal diameter $d = 0.271$ m. The air temperature in the installation was measured with Pt100 metal resistance thermometer and relative humidity ϕ with thermo-hygro-barometer. The air stream flow was set by changing the frequency from 45 Hz to 20 Hz in 5 Hz increments using an i55A inverter.

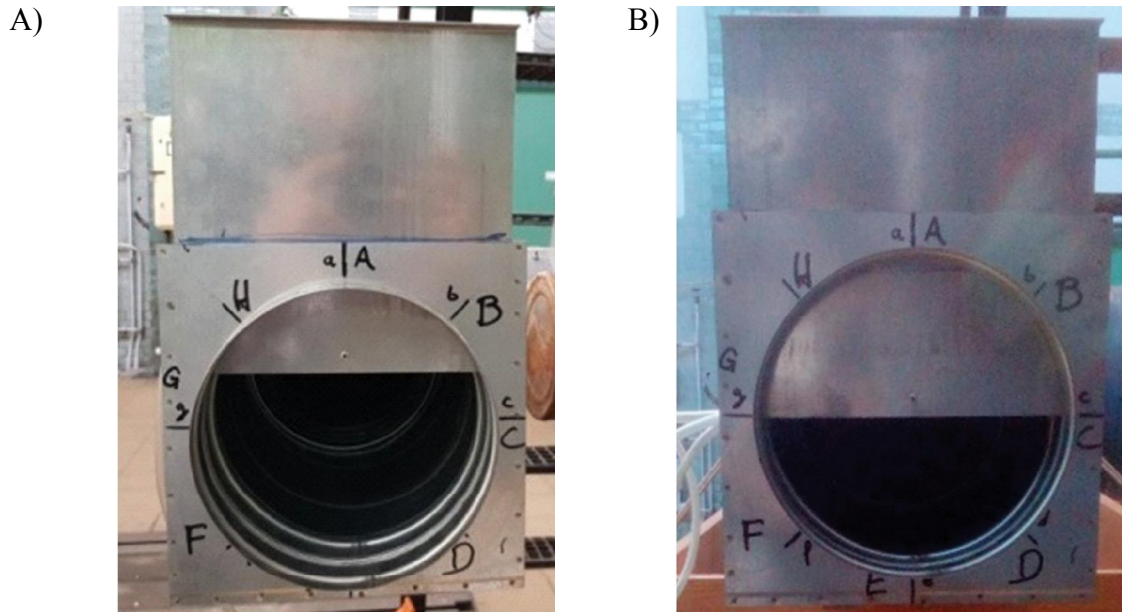


Fig. 2. Examples of the aperture positions

Based on the measurements from Equation 1, the values of the C_p flow coefficient for the aperture were determined. Used the equality of mass streams in the flow installation:

$$q_{mv} = C_p \cdot A_p \cdot \varepsilon \sqrt{2p_k \cdot \rho_k},$$

where ε is the compressibility coefficient, ρ_k is an air density before aperture.

Figure 3 shows sample results of C_p coefficients for two different aperture settings. It clearly shows that the values of these coefficients do not change much with the Reynolds number and can practically be accepted as stable in a wide range of Reynolds numbers. Thus, the aperture is successfully used for continuous measurement of the air stream flow in the installation.

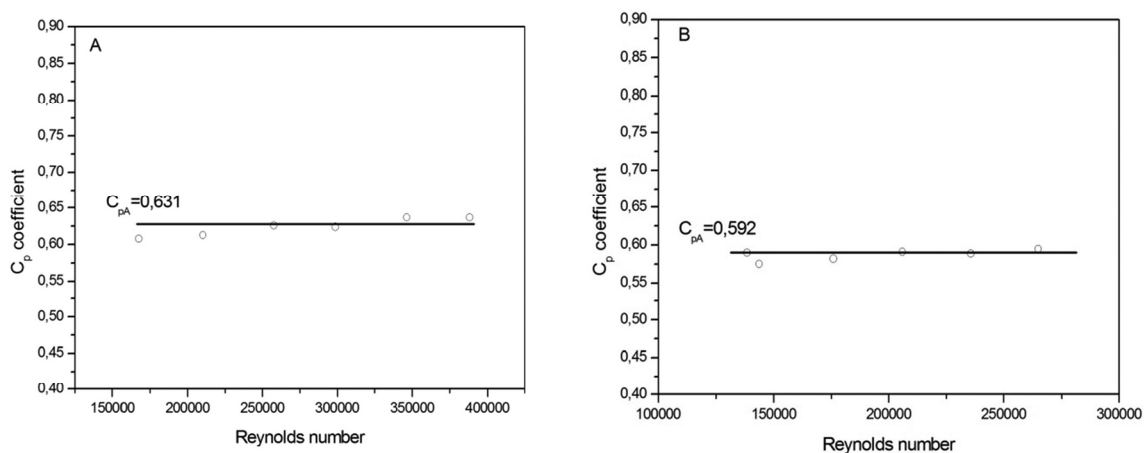


Fig. 3. Values of flow C_p coefficients for aperture positions from figure 2

1. E. Pistun, J. Stańda: *Pomiary ilości oraz strumienia masy i objętości przepływających płynów*. Wrocław. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2006.

2. Z. Kabza: *Pomiary strumieni płynów (Przewodnik)*. Studia i monografie , z.90, Opole 1996.

THE TRANSIENT STATES IN HYDRAULIC PUMP SYSTEM

© Krzysztof Przystupa, 2019

Lublin University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Automation,
Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, Poland, Eng D, lecturer k.przystupa@pollub.pl,

Abstract: In a drive system with a hydraulic pump, different operating states may be observed due to mechanical or physical phenomena. In order to detect them, you can use various methods of mathematical analysis, e.g. FFT - Furier transform or SFFT - short Fourier transform. The article discusses the definitions of these basic operating states, while pressure and flow at the pump outlet were used to define them.

1. Introduction. Hydraulic pump systems are examples of working systems commonly used for industrial purposes. Its selection for specific application mainly rely on its operational characteristics. Real shape of hydraulic pump characteristics depends on a number of phenomena (for instance flow resistance, recirculations), which occur during operating medium flow through it. To detect specific states in pumps, some methods of DSP (Digital Signal Processing) were already used [1][2].

Our problem considers operation of hydraulic pump system in different states of operation [3], both for normal operation and transient undesirable states. Changes of pressure in pump and operating medium flow were imposed by regulating system, then the results were collected and analyzed under DSP.

2. Signal processing and test results. The test rig used for the experiment is used in pneumatics and hydraulics laboratory in Lublin University of Technology. Measurements of pressure and flow were performed in a wide range of rotational speed of hydraulic pump ($0 \div 1050\text{rpm}$). Extortion of different states of hydraulic pump was regulated by changing position of hydraulic valve throttle.

The test equipment consisted of following elements: hydraulic gear pump – Caproni 10A5X053G, hydraulic motor – M+S MM8, flow meter – Stauff PPC-04/12-SFM-015, 3 Way Flow Control, Proportional Valve – Ponar WDUD10, hydraulic valve throttle – Ponar VRFB90° 3/8 PN350, overflow valve, power system of cascade control system.

The measurements of flow and pressure were conducted by using hydraulic tester STAUFF PPC-06/08-plus coupled with DAQ National Instruments 6341. The sampling frequency was set to 10kHz. To show system's possibility to adapt to different states, one long measurement was performed and later it was considered for further analysis.

The obtained raw signal of pressure and flow is shown on Figure 1. Four states specific for hydraulic pump operation were found and indicated on it. They are following:

1. Idle state – infinitesimal flow, pressure value persisting on low level.
2. Impedance matching – flow and pressure on little bit higher level than in idle state.
3. Overload – pressure on maximum high level, flow level a little bit higher than in previous states.
4. Quasi-Cavitation – rapidly changing values of pressure and flow, signal of flow is high and unstable.

The above identified states of hydraulic pump system's operation can be described more precisely. Thus idle state is characterized by the implementation of a rotational speed on the pump impeller at low torque. On the output of hydraulic pump, pressure is on level corresponding defined by rotational speed and flow through it and it's very low, almost zero. Such a state was indicated in Figure 1 as 1.

Next, impedance matching state is distinguished by determination of operation conditions of pump to the needs of working machine. Most often, level of pressure and flow in pump is imposed

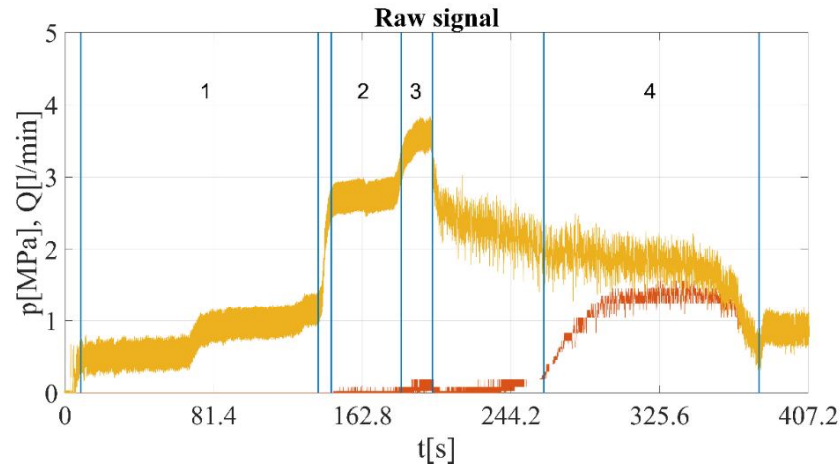


Fig. 1. Raw signal of hydraulic pump operation, yellow (pressure), red (flow). States identified in hydraulic pump are following: 1 – Idle State, 2 – Impedance matching, 3 – Overload, 4 – Quasi-Cavitation

by parameters of receiver. On the input of pump, impedance matching state corresponds to the situation, where optimal shaft speed and torque occur. In Figure 1 it is marked as 2.

Overload corresponds to the mechanical overload of pump. Such a state is very dangerous and undesirable resulting in sealing damage. Then, the pressure increase significantly and fluid flow through pump is strongly decreasing. Considering mechanical operation, such a state corresponds to any rotational speed at high torque. It is shown on Figure 1 as 3.

The last state marked in Figure 1 as 4 is a transient state, which can be determined as quasicavitation. It is a state in which, under the influence of rapid acceleration of moving parts of the pump, they detach from the surface of the hydraulic medium as result of its inertia. It is a very undesirable phenomena for the system's operation, because there are not homogenous areas of decreased density and even areas of lack of liquid, vacuum bubbles with very low pressure. Such a state in laboratory conditions is quite difficult to obtain and easily passes into hydraulic impact, hence here cavitation has not been distinguished from hydraulic impact, that is why it is called as quasi-cavitation. In the case of conducted experiments, this state was obtained by an extremely incorrect selection of pump's operating parameters, its load and drive inputs. Obtained state is characterized by rapid changes in pressure accompanied by large changes in fluid flow [4].

3. Conclusions. Appropriate identification of operating states resulting from the analysis of liquid flow and pressure should allow optimization of the pump operation process and diagnostics of its technical condition, including prediction of failure in selected parts.

1. Siano D., Frosina M., Senatore A. (2017). Diagnostic Process by Using Vibrational Sensors for Monitoring Cavitation Phenomena in a Getoror Pump Used for Automotive Applications. In 72nd Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI2017, 6-8 September 2017, Lecce, Italy. Energy Procedia 126 (201709) 1115-1122.

2. Liu Y., Yao E., Xu H. (2012). Fault diagnosis of hydraulic pump based on particle filtering and autoregressive spectrum. Chinese Journal of Scientific Instrument, Volume 33, Issue 3, March 2012, 561-567.

3. Przystupa K., (2017). An attempt to use FMEA method for an approximate reliability assesement of machinery. EDP Sciences, Volume 15, 2017.

4. Del Campo D., Castilla R., Rausch G.A., Gamez Montero P.J., Codina E. (2012). Journal of Fluids Engineering, Volume 134, Issue 8, June 2012.

ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ

© Іван Питель¹, Роман Івах², Пилип Скоропад³, 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, ivan_pytel@yahoo.com

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, ivakh.r@gmail.com

³Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, pylyp.i.skoropad@lpnu.ua

Масове використання радіоелектронних засобів, в тому числі і засобів вимірювання різного призначення призвело до виникнення їх взаємного впливу один на одного за рахунок випадкових взаємних перешкод, які ускладнюють або виключають можливість їх нормальної сумісної роботи. Ці проблеми висувають на перший план вдосконалення засобів вимірювання в плані забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС), а саме побудови завадостійких вимірювальних перетворювачів, приладів і систем, які забезпечують високі метрологічні характеристики в умовах впливу зовнішніх електромагнітних завад.

Боротьба з завадами набуває значну актуальність з наступних причин.

Енергетичний рівень інформаційних сигналів має тенденцію до зменшення, а енергетичний рівень зовнішніх завад безперервно збільшується (біосигнали, мобільні телефони).

Збільшення взаємного впливу елементів із-за зменшення габаритних розмірів активних елементів і ліній зв'язку між ними, а також збільшення щільності їх розміщення (SMD елементи).

Зростання рівня завад із-за ускладнення систем і розширення застосування зовнішніх пристроїв з великою кількістю електромеханічних вузлів (мікропроцесорні системи в автомобілях).

З іншого боку, вдосконалення засобів вимірювання стримується постійним зростанням рівнів електромагнітних завад через зростання потужності електроенергозабезпечення промисловості, транспорту, стільникового зв'язку і сфери побутових послуг, тобто внаслідок збільшення загального електромагнітного фону. У результаті дії таких перешкод виникають різні порушення в роботі устаткування, що призводять до виходу його з ладу, аварій і збоїв. Наслідки їх можуть бути катастрофічними для населення і навколишнього середовища. Це й породило таку проблему, як електромагнітна сумісність. Найбільш характерними прикладами проявів проблеми ЕМС можуть бути такі явища, як відмови систем контролю і управління АЕС, відмови систем контролю і управління на виробництві, в тому числі і хімічному, відмови бортових систем літаків і аеродромних систем наведення, збоїв медичної апаратури діагностики і життєзабезпечення. Тому в даному аспекті проблема завадостійкості ось уже протягом останніх десятиліть залишається актуальною.

На основі аналізу вимог нормативних документів з електромагнітної сумісності та експериментальних даних, виникла необхідність розробити пропозиції щодо підвищення стабільності роботи засобів вимірювання та зниження випромінювальних завад електротехнічних засобів у робочому середовищі.

В даній роботі розглядаються методи моделювання та дослідження механізму впливу завад на різні типи аналого-цифрових перетворювачів та вхідних фільтрів і розробка на цій основі нових способів і алгоритмів для усунення похибок перетворення. Проаналізовано можливість використання аморфних матеріалів в якості екранів для вхідних кіл засобів вимірювання.

Проведені дослідження для визначення реального спектрального складу електричного та магнітного полів у середовищі та їх фізичних складових величин. Отримані залежності щодо зміни частот при відповідній напрузі із зміною відстані до джерела випромінювання. Розроблена методика по виявленню електромагнітної сумісності технічних засобів та зниженню загального рівня електромагнітного поля з урахуванням міжнародних стандартів з електромагнітної безпеки.

1. Дорожовець М. Опрацювання результатів вимірювань: Навч. посібник. – Львів: Вид. Національного університету “Львівська політехніка”, 2007. – 624 с.

АНАЛІЗ ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВИХ ШКЕЛ

© Іван Питель¹, Ірина Петровська², Пилип Скоропад³, 2019¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, ivt@lpnu.ua²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, ivt@lpnu.ua³Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, ivt@lpnu.ua

Відомо, що структурна стабільність та стабільність електрофізичних властивостей металевих шкел (МШ) залежать від властивостей компонентів, які входять до їх складу. Беручи до уваги емпіричну залежність $T_K/T_T=0.4\dots0.6$ (T_K – температура початку кристалізації), можна дійти висновку, що найбільш стабільними МШ будуть ті, що базуються на використанні металів з високою температурою топлення (T_T). Як свідчать результати проведених нами досліджень, саме значення T_K/T_T не є сталим, а як виявилось, має тенденцію до зростання в околі середньої частини діаграми стану. Оскільки T_K металевих шкел є досить важливою характеристикою, то для оцінки їх термічної стабільності більш доцільно скористатися загальновідомою напівемпіричною залежністю, яка пов’язує T_K з концентраційною залежністю ентальпії утворення пор вакансійного типу ΔH_C [кДж/моль]: $T_K \approx (7\dots8)\Delta H_C$. Виходячи з аналізу даної залежності, можна дійти висновку, що внаслідок структурної релаксації МШ їх T_K може суттєво змінюватися.

Аналогічно, як T_K , так і температура шклоутворення (T_u) може служити мірою термічної стабільності МШ. Так, для переважної більшості металевих аморфних систем справджується, що $T_u/T_T \geq 0.45$, а це дає змогу отримувати аморфну структуру матеріалів що гартуються при швидкостях, які не перевищують 10^6 К/с. Отже, чим вища T_u та нижча T_T – тим стабільніший аморфний стан.

Головним чином, моделі термічної стабільності аморфного стану базуються на припущенні, що швидкість переходу в кристалічний стан, яка визначається дифузійними процесами, пропорційна величині, оберненій в’язкості. Так, в теорії ентропійної в’язкості, залежність зміни в’язкості від температури визначається наступним чином: $\eta = C \exp(\Delta E/ST)$, де: C – стала; ΔE – енергія активації в’язкого протікання; S – конфігураційна ентропія. В твердому стані при T_K ентропія практично не змінюється, а кристалізація МШ, як відомо, настає в момент досягнення критичного значення в’язкості, що становить $\approx 10^{12}$ Па·с. Отже, за умови підвищення в’язкості розтопу, зростає, відповідно, T_u , а як наслідок – зростає температура переходу в кристалічний стан металевих шкел.

З метою визначення значення температури фазового переходу (T_K) досліджуваних МШ, скористаємося температурними залежностями їх приведенного електроопору (рис. 1; при швидкості нагріву 20 К/с). Враховуючи швидкість кристалізації ($V_K = \Delta(R_I/R_{273K})/\Delta T$), температурою фазового переходу вважатимемо точку, в якій вона максимальна. Результати проведених досліджень свідчать про те, що немає однозначної залежності між схильністю стопів до переходу в аморфний стан та їх відпирністю проти кристалізації. На наш погляд, більш вірогідно, що відпирність досліджуваних матеріалів проти кристалізації зростає з ростом швидкості їх гартування.

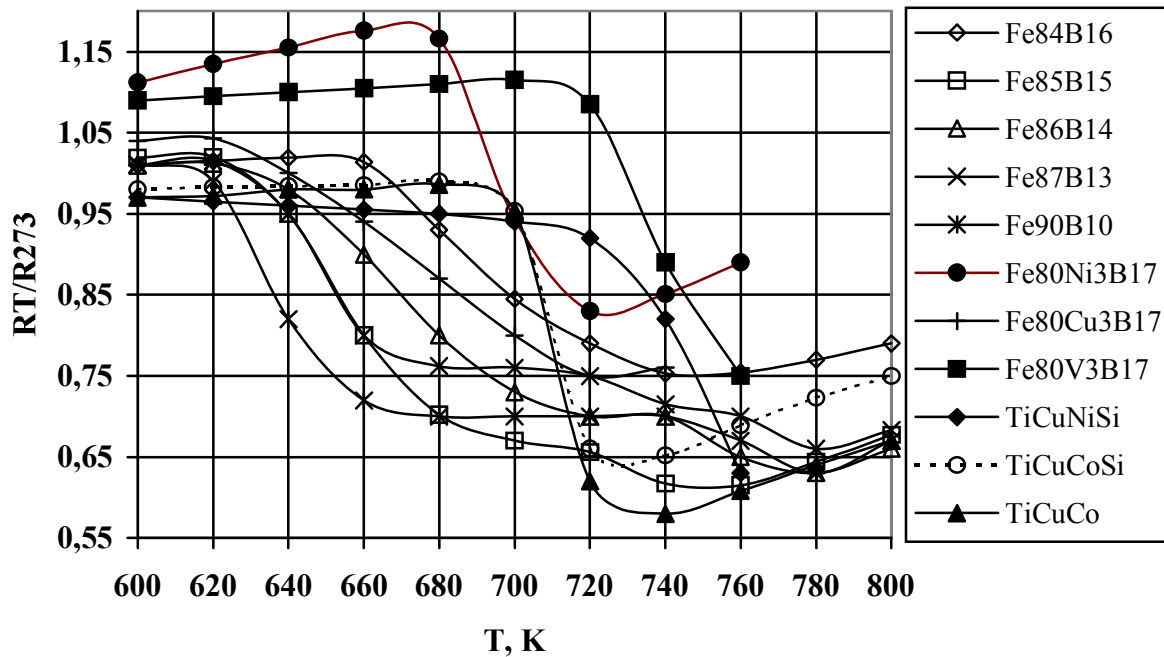


Рис. 1. Типові температурні залежності приведенного електроопору досліджуваних матеріалів

Для вивчення кінетики кристалізації МШ застосовували метод дослідження їх електроопору. З цією метою проводилися серії ізотермічних відпалів зразків при різних значеннях температури з фіксацією динаміки зміни їх опору. Аналіз процесу проводили, виходячи з модифікованого рівняння Аврамі:

$$\log \left[\ln \left(1 - \frac{R_A - R(t)}{R_A - R_K} \right)^{-1} \right] = n \left[\log \left(\tau_0 \exp \left(\frac{-E_K}{kT} \right) \right)^{-1} + \log t \right],$$

де R_A – початковий електроопір зразка в аморфному стані, Ом; $R(t)$ – електроопір зразка в момент часу t , Ом; R_K – кінцевий електроопір зразка в кристалічному стані, Ом; n – чинник, що визначається характером зародження та росту кристалів; τ_0 – частотний чинник, с; E_K – енергія активації процесу кристалізації, еВ; k – стала Больцмана, еВ/К.

З метою визначення термічної стабільності МШ в функції впливу температури і часу експлуатації, їх піддавали перманентному ізотермічному відпалові при температурі T_e , що складає $0.75T_u$ протягом часу t_e , котрий набагато перевищує час кристалізації t_K , який визначають в процесі дослідження динаміки кристалізації.

Аналізуючи результати цих досліджень та результати кінетики кристалізації для МШ класів метал – метал та метал – металоїд встановлено, що запропоновані нами такі характеристичні параметри як: температурна експозиція $B = (0.75T_u t_e)$, котра визначає початок кристалізаційних процесів в досліджуваних зразках і час кристалізації t_K – доцільно застосовувати для оцінки часу їх імовірного напрацювання t_{ik} (без небезпеки розвитку кристалізації) в залежності від температури експлуатації T_e . Як наслідок проведених досліджень, отримано емпіричну залежність шуканих величин, яка добре узгоджується з експериментальними даними: $t_{ik} = A \sqrt{B \cdot t_K / T_e}$, де: A – чинник, значення якого коливається в межах 600...800 і залежить від індивідуальних особливостей досліджуваного зразка.

На рис. 2 приведено залежність t_{ik} для МШ сімейства **Ti-Cu-Ni-Si** від температури експлуатації. Як показують результати проведених досліджень, МШ можуть досить тривалий час перебувати в аморфному стані (зокрема, наприклад, для стопів системи **Ti-Cu-Ni-Si**) при

$T_e=100\text{K}$ – більше 50 років, а при $T_e=600\text{K}$ – більше 20 років) під впливом сталого теплового навантаження, що вказує на реальність їхнього практичного застосування.

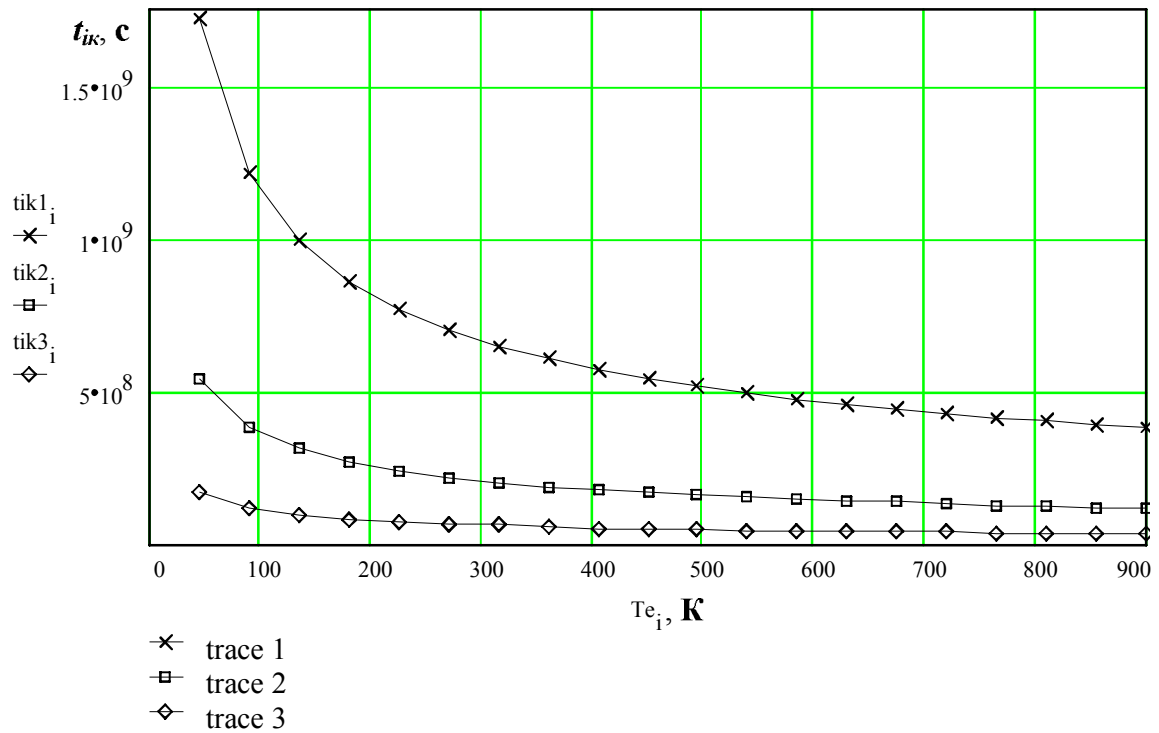


Рис. 2. Залежність t_{ik} металевих шкел сімейства **Ti-Cu-Ni-Si** від температури експлуатації та динаміки процесу кристалізації (крива – 1 для $t_k=1000\text{s}$; крива – 2 для $t_k=100\text{s}$; крива – 3 для $t_k=10\text{s}$)

ІНВАРІАНТИ У ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

© Володимир Погребенник, 2019

Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності, д.т.н., професор, vprohreb@gmail.com

Вступ. Поняття інваріантності та його різні модифікації широко використовують у наукових і технічних дисциплінах. Воно відіграє основну роль у багатьох математичних і фізичних теоріях, відображаючи найфундаментальніші властивості досліджуваних об'єктів і явищ. Зокрема, один із загальних методологічних підходів теорії інваріантності свідчить, що вирішення прикладних завдань слід починати з пошуку повної системи інваріантів і встановлення зв'язків між ними.

У цій роботі використано класичну теорію інваріантів [1], яку запропонували видатні математики Келі, Сильвестр, Клейн, Гільберт та ін.

Стосовно до метрологічних та діагностичних проблем теорія інваріантів може надати допомогу під час вибору вимірюваних параметрів об'єкта, аналізі їх взаємозв'язків та інформативності, оцінюванні точності отриманого результату, під час опису та систематизації різних метрологічних та діагностичних методів. Успішне застосування теорії інваріантів полягає у знанні повних наборів інваріантів у конкретній прикладній галузі. Завдання знаходження та опису таких наборів зовсім не тривіальне і вимагає глибокого вивчення досліджуваного класу об'єктів.

Метою роботи є представлення використання різних типів інваріантів для вимірювальних систем.

Виклад основного матеріалу. Одним з етапів метрологічної процедури є побудова метрологічної моделі об'єкта, яка відображає мету досліджень, а також вибір параметрів, що підлягають експериментальному визначенню. Метрологічна модель – це математична модель об'єкта, яка враховує можливі джерела похибок. Реальні похибки звичайно відображають у вигляді додаткових вхідних сигналів або у вигляді деяких параметрів, наприклад, коефіцієнтів рівнянь.

Вибір сукупності безпосередньо вимірюваних параметрів – це відповідальний етап, від якого залежать якість, точність і ефективність всього експерименту. Вимоги до вимірюваних параметрів сформульовано у вигляді принципу «ВІІ» – вимірюваність, інформативність, інваріантність.

Вимірюваність параметра означає, що він повинен допускати можливість безпосереднього вимірювання з допомогою відповідного сенсора. Інформативність параметра полягає у тому, що він повинен нести суттєву інформацію про досліджувані властивості об'єкта і допускати можливість кількісного визначення їх характеристик. Інваріантність параметра означає, що він повинен мати малу (в ідеалі нульову) чутливість до шумів і завад.

Перераховані вимоги є загальними для метрологічних вимірювань. На жаль, їх одночасне виконання на практиці не завжди можливе. Це можна пояснити з допомогою діаграми, на якій виділено множини вимірюваних, інформативних та інваріантних параметрів об'єкта. Якщо перетин цих трьох множин не порожній, то їх загальна частина містить параметри, які задовільняють принципу «ВІІ». Тому їх потрібно використовувати у метрологічному експерименті. В іншому випадку потрібно задовільняти, в першу чергу, вимогу вимірюваності, а щодо двох інших вимог потрібно знаходити розумний компроміс.

Наведемо різні типи інваріантів вимірюваних систем.

Для підвищення точності та завадостійкості вимірювань часових параметрів сигналів запропоновано нові методи та на їх основі синтезовано алгоритми опрацювання [2, 3], які ґрунтуються на використанні інтегрувального розгортального перетворення. Вони враховують не окремі точки на фронтах сигналів, а цілі ділянки (фронти) інформаційних сигналів. Ці методи характеризуються високою завадостійкістю та швидкодією, що забезпечує можливість роботи з поодинокими сигналами. Вимірюваний часовий зсув не залежить від амплітуди сигналів. На основі запропонованих методів синтезовано процесор оцінювання часового зсуву і подано його структурну схему.

Розроблено методи побудови вимірювально-інформаційних систем (ВІС) для класифікації донних відкладів та ґрунтів [4-7]. Він полягає в тому, що у напрямі до об'єкта випромінюють акустичний імпульсний сигнал з частотою заповнення f_1 , приймають багаторазово відбиті сигнали (БВС) від об'єкта і поверхні води на частотах f_1 і $f_2 = 2 f_1$, виділяють обвідні багаторазово відбитих сигналів, порівнюють їх з пороговим значенням і за відношенням амплітуд БВС, які перевищили порогове значення на частотах f_1 і f_2 , приймають рішення про матеріал об'єкта. Вихідний сигнал не залежить від глибини водойми.

Запропоновано інваріантні до температури середовища варіанти ультразвукового методу охорони важливих об'єктів [8], в основу яких покладено двоканальне вимірювання та функціональне перетворення часових параметрів ультразвукових відбитих сигналів, що дало змогу зменшити на порядок похибки прийняття рішень про порушення контрольованої зони.

Розроблено варіанти акустичного методу вимірювання ВКШТ, в яких результати не залежать від змін швидкості звуку і що дають змогу отримати у реальному часі оцінку параметрів вихора, в основу яких покладено вимірювання часових параметрів акустичних сигналів, що обійшли заданий контур [9].

Висновки. Запропоновано нові методи вимірювання часових параметрів сигналів, класифікації донних відкладів, охорони важливих об'єктів, вихрового компонента швидкості течії, інваріантні, відповідно, до амплітуди сигналів, глибини водойми, температури середовища та швидкості звуку.

1. *Принцип инвариантности в измерительной технике* / Б.Н. Петров, В.А. Викторов, Б.В. Лункин, А.С. Совлуков. – М.: Наука, 1976. – 242 с.

2. *Патент України на винахід № 11443, МПК G01F 10/04. Спосіб перетворення часового зсуву між двома сигналами та пристрій для його реалізації* / В.Д. Погребенник, П.М. Сопрунюк. – Опубл. 25.12.96; Бюл. № 4.

3. *Патент України на винахід № 112031. Спосіб перетворення часового зсуву між двома сигналами та пристрій для його реалізації* / Погребенник В.Д., Політило Р.В., опубл. 08.2016 р.

4. *Деклараційний патент 39452 А України, МПК 7G01S 15/02. Спосіб класифікації матеріалу об'єкта та пристрій для його реалізації* / В.Д. Погребенник. – Опубл. 15.06.2001; Бюл. № 5.

5. *Патент України на винахід. 118045, G01N 29/00, G01N 29/04. Спосіб класифікації матеріалу об'єкта та пристрій для його реалізації* / Погребенник В. Д., опубл. №21, 2018.

6. *Погребенник В.Д. Оперативне вимірювання інтегральних параметрів водного середовища та донних відкладів: Монографія.* – Львів: Сполом, 2011.

7. *Погребенник В.Д., Романюк А.В. Комп'ютерні вимірювально-інформаційні системи для оперативного екологічного моніторингу водного середовища: Монографія.* – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2013. – 160 с.

8. *Погребенник В.Д., Політило Р.В. Комп'ютерні системи охорони важливих об'єктів: Монографія.* – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2013. – 160 с.

9. *Погребенник В.Д. Методи і засоби вимірювання вихрового компонента швидкості течії: Монографія.* – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015. – 180 с.

МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМ ЗАМІЩЕННЯ ДВОЕЛЕКТРОДНОГО ЄМНІСНОГО СЕНСОРА

© Євген Походило¹, Богдан Нижник², 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, evgenp@meta.ua

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), студент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій

Електричні моделі ємнісного первинного перетворювача (сенсора) з неізольованими електродами, що безпосередньо контактує з об'єктом контролю (контактного сенсора), сьогодні подаються по-різному. Відповідно до цього не існує типової окремої електричної моделі зазначеного пристрою у разі вимірювання активної або реактивної складових адмітансу чи імпедансу контрольованого об'єкта для окремого частотного діапазону. Відомо, що на результат вимірювання особливо в низькочастотному діапазоні (до 10кГц) впливає приелектродна ємність подвійного шару та імпеданс Варбурга. З метою зменшення такого впливу використовують для вимірювання вищу частоту або чотириелектродний сенсор. Разом з тим, у деяких випадках завдяки наявності приелектродного імпедансу, а саме ємності подвійного шару, можна отримати інформацію щодо змін внутрішньої структури об'єкта контролю, виявлення певних компонентів за зміною характеру реактивної складової тощо.

За результатами аналізу математичних моделей реактивної та активної складових приелектродного імпедансу на різних частотах виявлено різний вплив параметрів приелектродного імпедансу на відповідні складові. Так, на низьких частотах реактивна складова приелектродного імпедансу залежить від ємності подвійного шару і практично не залежить від параметрів імпедансу Варбурга. Відповідно до цього приелектродний імпеданс можна подати спрощеною схемою заміщення відповідно до режиму вимірювання. Такі схеми заміщення контактної ємнісного сенсора з об'єктом контролю з урахуванням впливу приелектродного імпедансу наводяться для режимів вимірювання активної та реактивної складових імпедансу об'єктів контролю, поданих двоелементною схемою заміщення. За результатами аналізу математичних моделей реактивної складової імпедансу та адмітансу контрольованого об'єкта в широкому частотному діапазоні таких схем показано, що на низьких частотах реактивна складова як імпедансу, так і адмітансу визначається переважно ємністю подвійного шару, а на вищих частотах переважає ємність об'єкта контролю. Такий перехід від низьких частот до вищих супроводжується тим, що реактивна складова набуває екстремальних значень в частотному діапазоні. Це може бути ідентифікаційною ознакою об'єктів контролю неелектричної природи різного походження, зокрема контролю концентрації солей у водних розчинах, горілчаних виробів, м'яса тощо. На основі схем заміщення контактної ємнісного сенсора з об'єктом контролю для режиму вимірювання активної складової на низьких та високих частотах та аналізування їхніх математичних моделей можна сказати, що для оцінювання методичних похибок необхідно використовувати відповідну схему заміщення. З урахуванням зазначеного можна отримати адекватні результати теоретичних і експериментальних досліджень таких засобів вимірювань та вимірювального контролю. Аналогічно можна будувати схеми заміщення контактної сенсора з об'єктами поданими багатоелементними двополюсниками та відповідні математичні моделі активної та реактивної складових імпедансу.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНО ТРАКТУ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РЕЗОНАНСНОГО ТЕРМОМЕТРА

© Анастасія Різник¹, Богдан Стадник², Ігор Ліхновський³, 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
аспірант кафедри приладів точної механіки,

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор

³Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент

За основу ультразвукового резонансного термометра вибрано термометр з фазовим аналізом луна-сигналу, структурна схема якого наведена на рис. 1 [1].

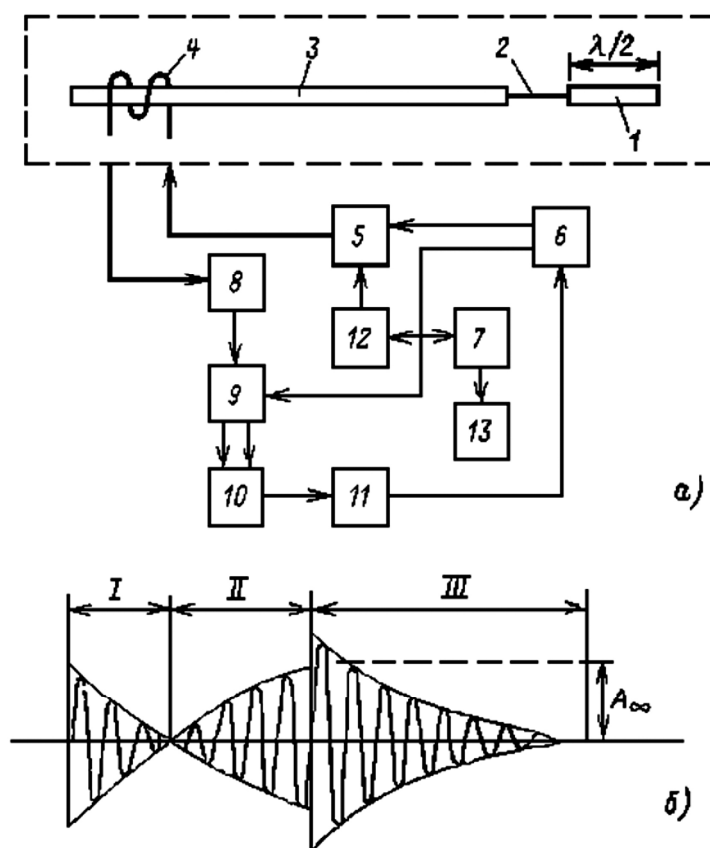


Рис. 1. Структурна схема (а), луна-сигнал (б) ультразвукового резонансного термометра
1 – резонатор, 2 – узгоджена ланка, 3 – звукопровід, 4 – ЕАП, 5 – модулятор,
6 – генератор, 7 – частотомір, 8 – підсилювач, 9 – блок формування груп,
10 – інтегратор імпульсів, 11 – схема керування, 12 – лічильник,
13 – блок виводу на індикатор

Чутливий елемент 1 (рис.1,а) збуджується цугом синусоїдальних коливань акустичних хвиль. Даний цуг формується за допомогою модулятора 5, генератора 6 та лічильника 12. При рівності частоти заповнення цугу резонансній частоті чутливого елемента 1, луна-сигнал набуває характерну форму з мінімумом між ділянками I і II (рис. 1,б). Даний мінімум

утворюється завдяки накладанню двох сигналів: передавача 4 та власних коливань чутливого елемента. При рівності частот збудження та резонансної ці сигнали знаходяться в протифазі. Якщо визначити різницю фаз між ділянками I і II луна-сигналу, і використати цей результат для автопідлаштування частоти генератора 6, то отримаємо частоту пропорційну до температури.

Із загальної структурної схеми відокремимо передавальний тракт (рис. 2), бо від якісного формування сигналу передавача в основному залежать метрологічні характеристики термометра.

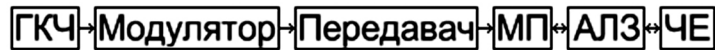


Рис. 2. Передавальний тракт

Окремо із передавального тракту виділяємо модулятор для того, щоб його модернізувати, оскільки на даний час він має ряд недоліків, а саме:

- залежність амплітуди вхідного сигналу від частоти;
- неякісне формування початку і кінця модульованого сигналу;
- формування сигналу відмінного від синусоїдального;
- температурна нестабільність симетрії сформованого цугу відносно осі Х.

В даній роботі пропонується для усунення вище перелічених недоліків замінити аналоговий модулятор на цифро-аналоговий (рис. 3).

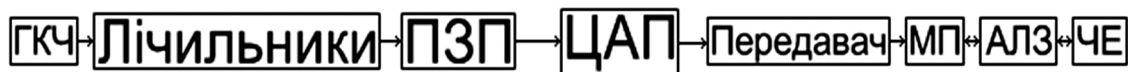


Рис. 3. Структурна схема цифро-аналогового модулятора

Принцип роботи цифро-аналогового модулятора полягає в тому, що сигнал від генератора (ГКЧ) поступає на входи адресних лічильників, модуль лічби яких рівний кількості імпульсів квантування за період формованого синусоїдального сигналу. З виходів адресних лічильників сигнал поступає на адресні входи постійно – запам'ятовуючого пристрою (ПЗП), де відповідно в кожній комірці пам'яті прописано код миттєвого значення амплітуди формованого синусоїдального сигналу. По шині даних код з комірок ПЗП поступає на вхід цифро – аналогового перетворювача (ЦАП), де він перетворюється в аналоговий сигнал, форма якого відповідає формі синусоїдального сигналу. Для формування цугу з N коливань даний процес, відповідно, повторюється N раз, після чого робота ЦАП блокується до наступного передавального цугу.

Були проведені дослідження на предмет оптимізації частоти дискретизації при заданих значеннях нелінійних спотворень синусоїдального сигналу, в процесі яких було встановлено, що для нелінійних спотворень на рівні 0,1% оптимальна кількість імпульсів квантування за період рівний 40.

Для визначення зсуву фаз між ділянками I і II (рис.1,б) необхідно синхронізувати сигнал з генератора ГКЧ з луна-сигналом. Після синхронізації генератор не може миттєво відновитись, що призводить до появи методичної похибки при визначенні зсуву фаз. А також процес синхронізації генератора впливає на вимірювання частоти сигналу генератора. Використання цифро-аналогового модулятора дозволяє усунути синхронізацію аналогового генератора шляхом скиду в нуль адресних лічильників, що дозволяє покращити процес визначення зсуву фаз та вимірювання частоти.

НАУКОВА ШКОЛА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ: ІСТОРІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

© *Анатолій Саченко¹, Володимир В. Кочан², Орест Кочан³, 2019*

¹ Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління, Тернопільський національний економічний університет, д.т.н., професор, as@tneu.edu.ua

² Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління, Тернопільський національний економічний університет, к.т.н., професор, vk@tneu.edu.ua

³ Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, orestvk@gmail.com

У 1977 р. к.т.н., доц. Володимир О. Кочан та аспірант Львівського політехнічного інституту (зараз Національний університет “Львівська політехніка”) Анатолій Саченко-випускник кафедри Інформаційно-вимірювальної техніки (зараз Інформаційно-вимірювальних технологій) відвідали НВО “Кристал”, Київ, де ознайомились з методикою та обладнанням контролю температурних режимів дифузійних печей при виготовленні кристалів мікросхем та обговорили пропозиції по підвищенню точності температури. В результаті було заключено госпдоговір на виконання відповідної НДР у рамках кандидатської дисертації А. Саченка і заснування у 1978 р. НДЛ №2 при Тернопільському фінансово-економічному інституті (зараз Тернопільський національний економічний університет), в яку згодом було зараховано ще двох випускників кафедри ІВТ, у 1978 р. Володимира В. Кочана, а у 1979 р. Михайла Чирку. В цей час на баланс НДЛ №2 було передано дві дифузійні печі з НВО “Кристал” для дослідження дрейфу платинових термопар, і чотири печі для дослідження дрейфу хромель-алюмелевих термопар з Ульяновського УАПК, з яким розпочалось також виконання госпдоговорів. Інтенсивність та ефективність виконаних госпдоговорів спричинила створення(на базі) НДЛ №2 у 1984 р. Галузевої НДЛ автоматизованих систем збору і обробки інформації під егідою Мініелектронпрому СРСР. Слід подякувати д.т.н., проф. Богдану Стаднику за його регулярні консультації і підтримку даних досліджень. Після розпаду СРСР команда ГНДЛ взяла курс на співпрацю з зарубіжними партнерами, зокрема з Болгарії та Польщі, а пізніше розвила її з Грецією, Італією і Білорусією в рамках проекту з розробки інтелектуальної вимірювальної сенсорної системи за програмою INTAS. На базі ГНДЛ у 2004 було створено Науково-дослідний інститут інтелектуальних комп’ютерних систем (НДІ ІКС), який у 2007 році отримав подвійне підпорядкування: ТНЕУ та Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України. За свою історію члени цього колективу отримали понад 200 авторських свідоцтв на винаходи СРСР і патентів України, опублікували більше 1200 наукових праць та захистили 38 докторських і кандидатських дисертацій. Високий науково-технічний рівень розробок підтверджено виконанням десятків міжнародних проектів за програмами INTAS, CRDF, STCU, NSF, NATO, FP7, а також Erasmus. Ще 19 проектів до сьогодні виконано при фінансуванні Міністерства освіти України.

Співробітники НДІ ІКС є організаторами міжнародних конференцій Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS) www.idaacs.net, які проводяться з 2001 р. кожних два роки під егідою IEEE. У 2003, разом з каф. ІВТ, була проведена IDAACS’2003 у Львові, у 2017 р. – IDAACS’2017 у Бухаресті, Румунія, а наступна 10-а IDAACS конференція пройде у Метц, Франція 18-21 вересня 2019 р. Збірник доповідей конференцій IDAACS індексується науково-метричними базами Scopus, EI Compendex та Web of Science. НДІ ІКС є співорганізатором IEEE IDAACS International Symposium on Wireless Systems (SWS) з 2012 р. У 2018 р., разом з каф. ІВТ, був проведений 4-й IEEE IDAACS SWS симпозиум у Львові, а наступний буде у Дортмунді у вересні 2020 р.

НДІ ІКС, у співпраці з Інститутом кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, з 2002 видає щоквартально *International Journal of Computing* англійською мовою, який індексується науково-метричною базою Scopus Elsevier.

На даний час НДІ ІКС має 14 проблемно-орієнтованих груп, однією з яких є інтелектуальні системи збору сенсорних даних. Нижче наведені результати недавніх досліджень цієї групи.

Одним з останніх напрямків розвитку інформаційно-вимірювальних технологій є розумні міста та Інтернет речей. Ці напрями вимагають дуже великої кількості різноманітних сенсорів. Прийнятні техніко-економічні параметри може забезпечити лише мікроелектроніка. Перевагами цієї технології є можливість масового випуску сенсорів, поєднаних із засобами опрацювання їх сигналів, для дуже широкого спектру вимірюваних величин. Зокрема, поширення набувають багатопараметричні сенсори таких фізичних величин, як склад та концентрація суміші газів, запаху тощо. А недоліком багатьох типів мікроелектронних сенсорів є складні функції перетворення (ФП), їх великі відхилення від номінальних та значний вплив неінформативних параметрів, зокрема, температури експлуатації, на вихідний сигнал.

Одним з перспективних напрямків опрацювання сигналів мікроелектронних сенсорів є використання штучних нейронних мереж. Зокрема, розроблений метод розпізнавання окремих фізичних величин за сигналами багатопараметричного сенсора передбачає цілеспрямовану зміну режимів його роботи для отримання різної чутливості за різними фізичними величинами. Далі отримані сигнали сенсорів подаються на входи навченої нейронної мережі, на виходах якої отримуємо значення окремих величин. Для особливо складних ФП сенсорів доцільно використати ансамблі нейронних мереж. Основною проблемою при цьому є навчання нейронної мережі. Для цього запропоновані структури, які забезпечують адекватне навчання у реальних умовах експлуатації або на математичних моделях (якщо такі мають достатню точність). У таких структурах нейронна мережа працює у режимах “обернених” до режимів роботи. Їх перевагою є те, що для навчання нейронної мережі використовується сам об’єкт вимірювання, що виключає трудомісткість ідентифікації моделі та її похибки.

Подібні технічні рішення дають можливість переходу до індивідуальних ФП багатопараметричних сенсорів. При цьому виникає проблема необхідної кількості точок експериментального визначення їх індивідуальних ФП. За результатами попередніх експериментальних досліджень груп однотипних сенсорів можна значно скоротити кількість точок метрологічної перевірки сенсорів. Наприклад, для газових багатопараметричних сенсорів із складною ФП у вигляді площин, що перетинають одна одну, вдалося скоротити кількість необхідних точок метрологічної перевірки цих сенсорів від 49 до 9 при додатковій методичній похибці від такого скорочення менше 0,05%.

Дослідження показали, що запропоновані методи можна успішно використати для переходу до індивідуальних ФП однопараметричних сенсорів, на які сильно діють впливаючі величини. При цьому за один параметр служить вимірювана фізична величина, за інший – основна впливаюча величина. Наприклад, при переході до індивідуальних ФП фотодіодних сенсорів ультрафіолетового випромінювання вдалося, при скороченні від 49 до 9 кількості точок їх метрологічної перевірки, за рахунок корекції похибки від температури кристалу фотодіода (а не оточуючого середовища) у широкому діапазоні, отримати похибку всієї системи вимірювання світлового потоку 0,3%. Дослідження також показали, що при зменшенні вимог до температурної похибки сенсорів можна додатково скоротити кількість точок метрологічної перевірки. Однак таку точність не вдається реалізувати через те, що еталонні засоби світлових величин другого розряду мають похибку до 1%.

Запропоновані методи використання та навчання нейронних мереж дали можливість розробити також методи керування складними технологічними об’єктами. Їх особливістю є те, що вони не вимагають ідентифікації параметрів об’єкта керування та побудови його моделі. Це зменшує трудомісткість навчання нейронних мереж та підвищує їх точність через те, що похибки моделі не впливають на точність навчання.

НОВА КОНЦЕПЦІЯ ПОВІРКИ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ ЗА МІСЦЕМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

© Орест Середюк¹, Анна Винничук², Тетяна Лютенко³, 2019

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, д.т.н., професор, o_serediuk@ukr.net

²Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, к.т.н., доцент, annavyn@ukr.net

³Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, здобувачка кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, mivt@nung.edu.ua

На сьогоднішній день в Україні для індивідуального обліку природного газу встановлено понад 9,5 млн. побутових лічильників газу (ПЛГ), більшість з яких мембранного типу. Беззаперечним і відомим є той факт, що під час експлуатації метрологічні характеристики ПЛГ змінюються, і зазвичай це приводить до зміни похибки у від'ємну сторону [1] насамперед на малих витратах. Внаслідок цього відбувається недооблік природного газу у побутовій сфері. Тому розроблення нових методологій і засобів для повірки ПЛГ за місцем експлуатації, в тому числі впродовж міжповірочного інтервалу, є актуальним напрямком наукових досліджень, що покладено за мету даної публікації.

В роботі пропонується нова концепція для здійснення повірки ПЛГ [2], яка дозволяє оцінити похибку ПЛГ у всьому діапазоні робочих витрат, що відповідає чинним нормативним документам України для періодичної повірки ПЛГ. Вона полягає у використанні результатів експериментально визначених похибок ПЛГ на мінімальній витраті $Q_{\min}$ і на витраті 20% від максимальної витрати $0,2Q_{\max}$, а похибку ПЛГ за максимальної витрати $Q_{\max}$ визначають розрахунковим методом із застосуванням статистично встановленої інтерполяційної залежності зміни похибки ПЛГ.

Основною перевагою такого підходу є те, що визначення експериментальним шляхом похибки ПЛГ тільки на мінімальних витратах і на витраті, яка становить 20% від максимальної робочої, дозволяє визначати реальну похибку ПЛГ бездемонтажно за робочих умов експлуатації. Як наслідок, зменшується тривалість проведення метрологічних досліджень і підвищується точність і достовірність отриманих результатів, оскільки дослідження ПЛГ здійснюють без їх демонтажу і транспортування до еталонної установки, при застосуванні реального робочого середовища – природного газу. При цьому також зменшуються вимоги щодо діапазону робочих витрат еталонних установок, адже практично неможливо на місці експлуатації ПЛГ відтворити максимальне значення витрат через досліджувані ПЛГ без застосування спеціальних пристроїв, наприклад, компресора.

Поряд з цим для реалізації вказаної концепції необхідне застосування повірочних установок з еталонними лічильниками на малі витрати природного газу. З цією метою може бути застосована розроблена за участю авторів мобільна установка, яка реалізує метод вимірювання витрати газу з використанням торцевих звужувальних пристроїв, похибка якої за умови їх індивідуального градування може не перевищувати $\pm 0,6\%$ [3]. Технічним засобом для градування звужувальних пристроїв може слугувати, наприклад, робочий еталон об'єму газу дзвонового типу Темпо-1 (Інженерно-впровадницька фірма ТЕМПО, м.Івано-Франківськ) з границею сумарної відносної похибки передавання одиниці об'єму газу $\pm 0,15\%$ в діапазоні витрат $(0,016 \dots 10) \text{ м}^3/\text{год}$.

При практичній реалізації повірки попередньо необхідно статистично встановити усереднені фактичні значення похибок ПЛГ на витратах $Q_{\min}$, $0,2Q_{\max}$, $Q_{\max}$ за даними їх періодичної повірки після міжповірочного терміну експлуатації, який на сьогодні становить

8 років. Далі перевіряють, щоб похибка кожного ПЛГ із контрольної вибірки на витраті $Q_{\min}$ не перевищувала трикратної допустимої похибки, тобто мінус 18%. У випадку, якщо кількість лічильників з похибкою до мінус 18% на витраті $Q_{\min}$ буде меншою від тринадцяти, то число досліджуваних лічильників збільшують до досягнення необхідної вибірки в кількості тринадцяти лічильників.

Після цього розраховують середні значення похибок за формулами:

$$\bar{\delta}_{0,2Q_{\max}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \delta_{0,2Q_{\max}i}, \quad (1)$$

$$\bar{\delta}_{Q_{\max}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \delta_{Q_{\max}i}, \quad (2)$$

де $\bar{\delta}_{0,2Q_{\max}}$, $\bar{\delta}_{Q_{\max}}$ – статистично розраховані середні значення похибок лічильника на витратах $0,2Q_{\max}$ і $Q_{\max}$ відповідно; $\delta_{0,2Q_{\max}i}$, $\delta_{Q_{\max}i}$ – експериментально визначені за допомогою еталонної установки похибки окремих i -тих ПЛГ із вибірки кількості N лічильників.

Далі статистично встановлюють різницю між похибками на витраті $0,2Q_{\max}$ і на максимальній витраті $Q_{\max}$ за формулою:

$$\overline{\Delta\delta}_{Q_{\max}} = \bar{\delta}_{0,2Q_{\max}} - \bar{\delta}_{Q_{\max}}, \quad (3)$$

де $\overline{\Delta\delta}_{Q_{\max}}$ – статистично встановлена при періодичній повірці різниця зміни похибки лічильника за витрат $0,2Q_{\max}$ і $Q_{\max}$.

Кількість лічильників ($N=13$), згідно теорії похибок при метрологічному аналізі вимірювань забезпечує досягнення достовірності результату з довірчою імовірністю 95%, яка є достатньою для більшості практичних вимірювань робочими засобами вимірювань, до яких відносяться побутові лічильники.

На основі отриманих статистичних даних для метрологічного оцінювання статистично-розрахункового визначення похибки лічильника на максимальній витраті здійснюють розрахунок числового значення похибки при $Q_{\max}$ для кожного i -го повірюваного лічильника:

$$\delta_{Q_{\max}i} = \delta_{0,2Q_{\max}i} - \overline{\Delta\delta}_{Q_{\max}}, \quad (4)$$

де $\delta_{Q_{\max}i}$ – розраховане значення похибки i -го ПЛГ на витраті $Q_{\max}$; $\delta_{0,2Q_{\max}i}$ – експериментально визначена похибка i -го ПЛГ при його повірці на витраті $0,2Q_{\max}$; $\overline{\Delta\delta}_{Q_{\max}}$ – середнє значення зміни похибки лічильника при витраті $Q_{\max}$ порівняно з витратою $0,2Q_{\max}$ для конкретного типорозміру ПЛГ (G1,6; G2,5; G4; G6) і конкретного підприємства-виробника ПЛГ.

Запропонована концепція повірки ПЛГ дає можливість метрологічного оцінювання ПЛГ у всьому діапазоні нормованих витрат, включно з максимальною витратою, що передбачено нормативними документами України. При цьому стає можливим здійснювати повірку на місці експлуатації та із застосуванням природного газу як робочого середовища. Запропонована концепція повірки також може бути застосована при функціонуванні повірочних установок на повітрі, до яких зменшуються вимоги щодо верхнього діапазону робочих витрат. Практична реалізація розробленої концепції повірки ПЛГ потребує на даний час розроблення і затвердження відповідного нормативного документа.

1. Середюк О.Є., Лютенко Т.В., Винничук А.Г. Дослідження можливості оцінювання об'єму газу побутовими лічильниками у всьому діапазоні витрат з використанням статистичних методів. *Український метрологічний журнал*. 2018. №2. С.34-45.

2. Середюк О.Є., Лютенко Т.В. Спосіб повірки побутових лічильників газу: пат. 116046 С2 Україна, G 01 F 25/00., №а 2016 05643; заявл. 25.05.16; опубл. 25.01.18, Бюл. №2.

3. Середюк О.Є., Винничук А.Г. Мобільна установка для бездемонтажного діагностування побутових лічильників газу. *Нафтогазова енергетика*. 2007. №3(4). С. 76-80.

LASER DOPPLER ANEMOMETRY AS FLOW MEASUREMENT METHOD BEHIND 90° BEND

© *Piotr Synowiec¹, Wiesław Wędrychowicz², Piotr Piechota³, Artur Andruszkiewicz⁴, 2019*

¹Wroclaw University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Chair of Thermodynamic, Theory of Machines and Thermal Devices (Wrocław, Poland), assistant professor, M.Sc. Eng., piotr.synowiec@pwr.edu.pl

²Wroclaw University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Chair of Thermodynamic, Theory of Machines and Thermal Devices (Wrocław, Poland), Lecturer, Ph.D. Eng., wieslaw.wedrychowicz@pwr.edu.pl

³Wroclaw University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Chair of Thermodynamic, Theory of Machines and Thermal Devices (Wrocław, Poland), Ph.D. student, M. Sc. Eng., piotr.piechota@pwr.edu.pl

⁴Wroclaw University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Chair of Thermodynamic, Theory of Machines and Thermal Devices (Wrocław, Poland), Professor, Ph.D. Eng. DSc., artur.andruszkiewicz@pwr.edu.pl

At the last time very common are computer simulations of the process occurring in hydraulic installation. However, the algorithms used in various computer simulation software are not fully known. The influence of disturbances from different elements of the hydraulic system on different forms of flow measurements is unknown [1].

In Numerical Fluid Dynamics (CFD), a scientist can make many mistakes, because in this topic there are many unknown variables, starting with the MESH geometry and ending on the type of flow or heat exchange. Energy balance of flow is heavy both physically and mathematically.

Flow measurement in the industrial installation is very complicated, both in theoretical and practical terms. They require tremendous knowledge in the field of physic, fluid mechanics, heat exchange and measurement techniques. Data analysis of the obtained in measurement also requires the skill of mathematical data analysis. In theory, there are many equations describing the specifics of flow [2] [3].

A Scientist does not always know, what equation to choose to correctly describe a given type of disorder. The development of laser technology has become very helpful for scientists and engineers in the field of theoretical and practice of fluid dynamics. This method is based on a statistical analysis of the spectrum of light and interference fringes formed in the measurement volume. Laser Doppler Anemometry (LDA) allows determining the velocity of the measured medium at a specific point behind the disturbing element. In LDA is very important to maintain constant process parameters for flow measurement over time. Using the classical Laser Doppler Anemometer, it is not possible to create an image of the full velocity area of the measured medium particles in the entire cross-section of the pipeline. The case of creating of fully velocity image of all particles in the cross-section, at the same time, takes place during optical visualization method of Particle Image Velocimetry (PIV) [4] [5] [6].

Often in the industry, perform flow measurements is impossible. It is connected by the lack of straight sections recommended by producers of measuring instruments. Due to the frequent occurrence 90 degree bend in the hydraulic installation, carried out practical measurements were visualize the type of disturbance behind the bend. Correct measurements behind the bend, as an element of flow disturbing, require cognition shaped of the velocity profile along with the distance.

In this abstract of presentation on the International Seminar of Metrology, there are graphs showing results of research obtained during Laser Doppler Anemometry performed at different distances behind the 90-degree bend [7] [8].

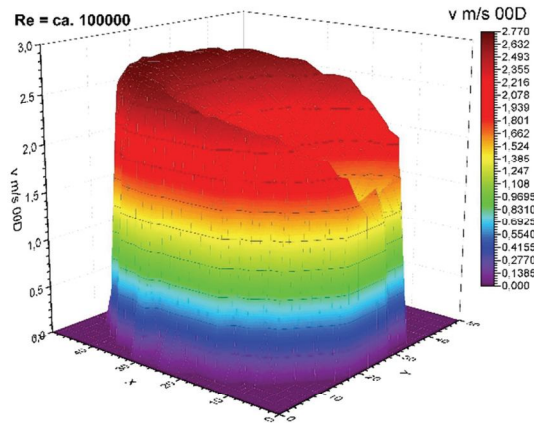


Fig. 1 A block for the x-speed component at a distance of zero diameters behind the 90-degree bend

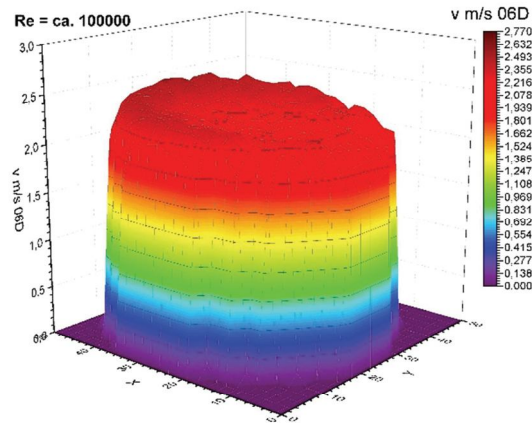


Fig. 2 A block for the x-speed component at a distance of six diameters behind the 90-degree bend

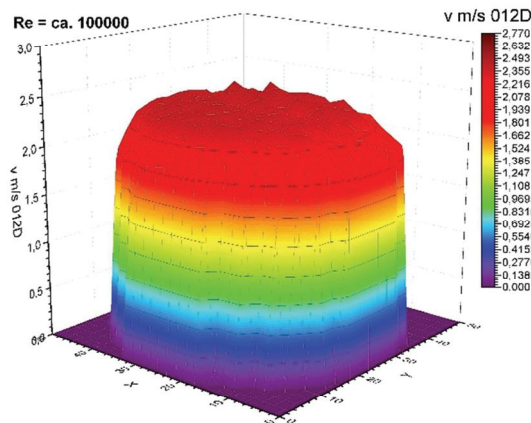


Fig. 3 A block for the x-speed component at a distance of twelve diameters behind the 90-degree bend

1. Piechota, Piotr, et al. Selection of the Relevant Turbulence Model in a CFD Simulation of a Flow Disturbed by Hydraulic Elbow – Comparative Analysis of the Simulation with Measurements Results Obtained by Ultrasonic Flowmeter. *Journal of Thermal Science*. Październik 2018, Vol. 27, 5, pp. 413-420.
2. Homicz, Gregory F. *Computational Fluid Dynamic Simulations of Pipe Elbow Flow*. Albuquerque, New Mexico: Sandia National Laboratories, 2004. SAND2004-3467.
3. Versteeg, H. K. and Malalasekera, W. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics – THE FINITE VOLUME METHOD*. Second Edition. Edinburgh Gate: Pearson Education Limited, 2007. ISBN: 978-0-13-127498-3.
4. Abbiss, J. B., Chubb, T. W. and Pike, E. R. Laser Doppler anemometry. *Optics & Laser Technology*. December 1974, Vol. 6, Issue 6, pp. 249-261.
5. Bopp, S., et al. A laser – Doppler sensor for flowrate measurements. *Flow Measurement and Instrumentation*. 1989, Vol.1, No. 1.
6. Zator, Sławomir. *Laserowe przepływomierze dopplerowskie – badania własne*. Opole : Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, 2007. ISSN 1429-6063.
7. Synowiec, Piotr, et al. Stanowisko do badań przepływu za elementami armatury hydraulicznej, zaburzającymi przepływ. *Elektronika*. R. 59, 2018, nr 10, pp. 53-55.
8. Synowiec, Piotr, Wędrychowicz, Wiesław and Andruszkiewicz, Artur. Wielopłaszczyznowy pomiar strumienia objętości cieczy jednofazowej za dyfuzorem w badaniach bilansowych instalacji hydraulicznych – pierwsza ćwiartka rurociągu. *Elektronika: technologie, konstrukcje, zastosowania*. 2016, 10/2016, pp. 91-93.

МІСТ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ

© Михайло Степаняк¹, Микола Степаняк²,
Михайло М. Степаняк³, Маркіян Наконечний⁴, 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), доц. каф. КСА, к.т.н.,
mystepanyak@ukr.net

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), м.н.с., магістер

³Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), м.н.с., магістер

⁴Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), Львів, Україна, проф. каф. КСА,
д.т.н., ksa@lp.edu.ua

Електричний опір на постійному струмі є однією з найпоширеніших вимірювальних величин, причому не тільки у галузі вимірювань електричних величин, але й галузі вимірювання неелектричних величин електричними засобами. Зокрема, під час вимірювання опорів термоперетворювачів та термісторів, тензорезисторів для визначення механічних напружень, сили тиску, переміщень під час вимірювання температури та під час створення вузлів вимірювальної техніки на мікроелектронному рівні. Особливо це важливо в електроенергетиці під час перевірки шунтів [1].

Тому підвищення точності вимірювання електричного опору є актуальною задачею.

Найбільш близьким по технічній суті до запропонованого технічного рішення є подвійний міст постійного струму для вимірювання електричного опору Томсона «Лорда Кельвіна» [2].

Однак, даний подвійний міст для вимірювання електричного опору має порівняно низьку точність та надійність тому, що плече порівняння виконане у вигляді так званих подвійних декад, що обертаються синхронно та рівні між собою, але на практиці таку рівність можна виконати з певною точністю, яка залежить від похибки виготовлення опорів і за рахунок присутності додаткового члена d в рівнянні для визначення значення електричного опору. Якщо член $d \neq 0$, то нехтування ним призводить до виникнення додаткових похибок, що особливо важливо при перевірці шунтів та однозначних мір опору $10^{-5} \dots 10$ Ом [2].

Використання нового схемного та конструктивного рішення дозволяє підвищити точність вимірювання та надійність.

Для підвищення точності вимірювання електричного опору запропонована мостова схема подана на рисунку [3].

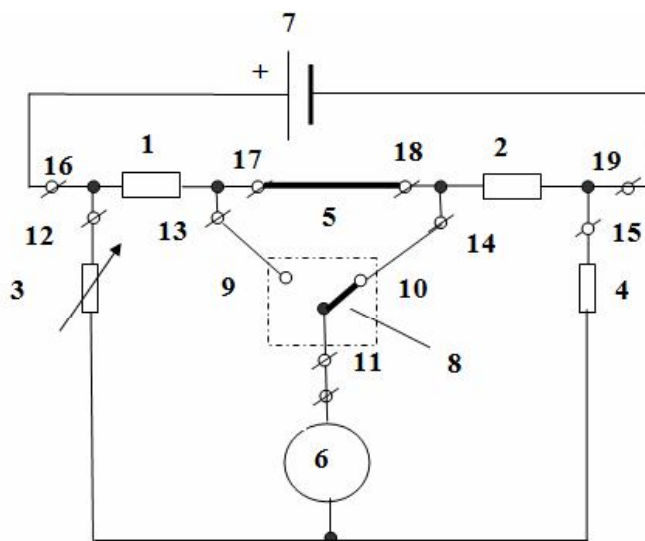


Рис. 1. Принципова схема моста для вимірювання електричного опору

На рисунку: 1 – перше плече моста, вимірювальний електричний опір, 2 – друге плече моста, еталонна міра, 3 – третє плече порівняння моста, 4 – четверте плече, відношень, 5 – опір з'єднання, 6 – нуль-індикатор, 7 – джерело живлення, 8 – перемикач, 9 – перший вивід перемикача, 10 – другий вивід перемикача, 11 – третій вивід перемикача, 12 – перший потенціальний вивід першого плеча моста, вимірюваний резистор, 13 – другий потенціальний вивід першого плеча моста, вимірювальний резистор, 14 – перший потенціальний вивід другого плеча моста, еталонна міра, 15 – другий потенціальний вивід другого плеча моста, еталонна міра, 16 – перший струмовий вивід першого плеча моста, вимірювальний електричний опір, 17 – другий струмовий вивід першого плеча моста, вимірювальний електричний опір, 18 – перший струмовий вивід другого плеча моста, еталонна міра, 19 – другий струмовий вивід другого плеча моста, еталонна міра.

Вимірювання електричного опору здійснюється наступним чином: зрівноважують міст за допомогою третього плеча порівняння 3 за нуль-індикатором 6 (на рис. перемикач 8 в положенні 10) та отримують значення плеча порівняння $R_{\text{пор. N}}$. Після цього зрівноважують міст за допомогою третього плеча порівняння 3 за нуль-індикатором 6 (на рис. перемикач 8 в положенні 9) та отримують значення плеча порівняння $R_{\text{пор. X}}$, значення першого плеча R_x , вимірювальний резистор визначають за рівнянням

$$R_x = \frac{R_N (R_1 + R_{\text{пор. N}}) R_{\text{пор. X}}}{R_1 (R_1 + R_{\text{пор. X}})},$$

де R_x – значення опору першого плеча моста, відповідно вимірювальний електричний опір;

R_N – значення опору другого плеча моста, відповідне еталонній мірі;

R_1 – значення опору четвертого плеча відношень моста;

$R_{\text{пор. N}}$ – значення опору третього плеча порівняння моста, відповідне опору еталонній мірі при положенні перемикача 8, що з'єднує його другий вивід 10 з першим потенціальним виводом другого плеча моста, еталонна міра;

$R_{\text{пор. X}}$ – значення опору третього плеча порівняння моста, відповідне опору вимірювальний резистор при положенні перемикача 8, що з'єднує його перший вивід 9 з другим потенціальним виводом 13 першого плеча моста 1, вимірювальний електричний опір.

Запропоноване схемне рішення дозволяє підвищити точність вимірювання електричного опору, порівняно з мостом Томсона «Лорда Кельвіна» [2], за рахунок відсутності двох плеч моста: порівняння і відношення та двох з'єднувальних провідників, що з'єднують ці плечі з потенціальними виводами, а також підвищити його надійність тому, що відсутнє синхронне обертання плеч порівняння.

1. Степаняк М. В., Степаняк М. М. Метрологічна перевірка шунтів високої точності з номінальним значенням опору, не кратним 10^n / Вісник НУ «Львівська політехніка», Збірник наукових праць, серія: «Автоматика, вимірювання та керування» – 2016, – № 852, – С.169-174.

2. Основи метрології та вимірювальної техніки: /Підручник: У 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін. За редакцією Б. Стадника. – Львів: Вид. НУ «ЛП» 2005. – Т.2. Вимірювальна техніка – 656 с. (463 с. (42.32), 464 с.).

3. Патент на винахід №118809 (Україна) МПК (2019) G01R 17/00, G01R 27/00. Міст для вимірювання електричного опору / Степаняк М. В.-11.03.2019. Бюл. №5.

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

© Михайло Степаняк¹, Микола Степаняк²,
Михайло М. Степаняк³, Маркіян Наконечний⁴, 2019

¹Львів, Україна, доц. каф. КСА, к.т.н., mystepanyak@ukr.net

²Львів, Україна, м.н.с., магістер

³Львів, Україна, м.н.с., магістер

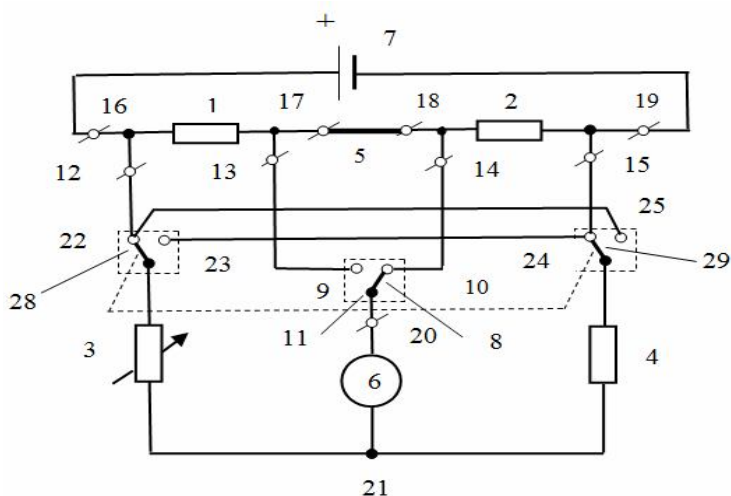
⁴Львів, Україна, проф. каф. КСА, д.т.н., ksa@lp.edu.ua

Для підвищення точності вимірювання електричного опору запропоновано метод та пристрій для його реалізації, мостову схему, подану на рисунку [1].

Найбільш близьким по технічній суті до запропонованого технічного рішення є подвійний міст постійного струму для вимірювання електричного опору Томсона «Лорда Кельвіна» [2].

Однак, даний подвійний міст для вимірювання електричного опору має порівняно низьку точність та надійність тому, що плече порівняння виконане у вигляді так званих подвійних декад, що обертаються синхронно та рівні між собою, але на практиці таку рівність можна виконати з певною точністю, яка залежить від похибки виготовлення опорів і за рахунок присутності додаткового члена d в рівнянні для визначення значення електричного опору. Якщо член $d \neq 0$, то нехтування ним призводить до виникнення додаткових похибок, що особливо важливо при перевірці шунтів та однозначних мір опору $10^{-5} \dots 10$ Ом [2].

На рисунку: 1 – перше плече моста, вимірювальний електричний опір, 2 – друге плече моста, еталонна міра, 3 – третє плече порівняння моста, 4 – четверте плече, відношень, 5 – опір з'єднання, 6 – нуль-індикатор, 7 – джерело живлення, 8 – перший перемикач, 9 – перший вивід першого перемикача, 10 – другий вивід першого перемикача, 11 – третій вивід першого перемикача, 12 – перший потенціальний вивід першого плеча моста, вимірюваний резистор, 13 – другий потенціальний вивід першого плеча моста, вимірювальний резистор, 14 – перший потенціальний вивід другого плеча моста, еталонна міра, 15 – другий потенціальний вивід другого плеча моста, еталонна міра, 16 – перший струмовий вивід першого плеча моста 1, вимірювальний електричний опір, 17 – другий струмовий вивід першого плеча моста 1, вимірювальний електричний опір, 18 – перший струмовий вивід другого плеча моста 2, еталонна міра, 19 – другий струмовий вивід другого плеча 2 моста, еталонна міра, 20 – перший вивід нуль-індикатора, 21 – другий вивід нуль-індикатора, 22 – перший вивід другого перемикача 28, 23 – другий вивід другого перемикача 28, 24 – перший вивід третього перемикача 29, 25 – другий вивід третього перемикача 29, 26 – третій вивід другого перемикача 28, 27 – третій вивід третього перемикача 29, 28 – другий перемикач, 29 – третій перемикач.



Принципова схема моста для
вимірювання електричного опору

Вимірювання електричного опору здійснюється так: зрівноважують міст за допомогою третього плеча порівняння 3 за нуль-індикатором 6 (рис.) та отримуємо значення плеча порівняння $R_{пор.N}$. Після цього міняють положення перемикача 8 та його третій вивід 11 з'єднують з першим виводом 9 та зрівноважують міст за допомогою третього плеча порівняння 3 за нуль-індикатором 6 та отримуємо значення плеча порівняння $R_{пор.x}$. Міняючи положення другого перемикача 28 та третього 29, які перемикаються синхронно, з'єднуємо третій вивід 26 другого перемикача 28 з його другим виводом 23, третій вивід 27 третього перемикача 29 з його другим виводом 25 та зрівноважують міст за допомогою третього плеча порівняння 3 за нуль-індикатором 6 і отримуємо значення плеча порівняння $R_{пор.x1}$. Після цього міняють положення першого перемикача 8 та його третій вивід 11 з'єднують з другим виводом 10 та зрівноважують міст з допомогою третього плеча порівняння 3 за нуль-індикатором 6 та отримуємо значення плеча порівняння $R_{пор.N1}$.

Значення першого плеча R_x , вимірювальний резистор визначають за рівнянням

$$R_x = R_N \sqrt{\frac{R_{пор.x}}{R_{пор.x1}}} K,$$

$$\text{де } K = \frac{(R_1 + R_{пор.N})(R_1 + R_{пор.x1})}{(R_1 + R_{пор.N1})(R_1 + R_{пор.x})};$$

R_x – значення опору першого плеча моста, відповідно вимірювальний електричний опір;

R_N – значення опору другого плеча моста, відповідне еталонній мірі;

R_1 – значення опору четвертого плеча відношень моста;

$R_{пор.N}$ – значення опору третього плеча порівняння моста, відповідне опору еталонній мірі при положенні першого перемикача 8, який з'єднаний другим виводом 10 цього перемикача;

$R_{пор.x}$ – значення опору третього плеча порівняння моста 3, при положенні першого перемикача 8, який з'єднує його третій вивід 11 з першим виводом 9 цього перемикача;

$R_{пор.N1}$ – значення опору третього плеча порівняння моста 3, при положенні першого перемикача 8, який з'єднує його третій вивід 11 з другим виводом 10 цього перемикача, при зміні положення другого та третього перемикачів, які перемикаються синхронно;

$R_{пор.x1}$ – значення опору третього плеча порівняння моста 3, при положенні першого перемикача 8, який з'єднує його третій вивід 11 з першим виводом 9 цього перемикача, при зміні 10 положення другого та третього перемикачів, які перемикаються синхронно.

Метод для вимірювання електричного опору та пристрій для його реалізації дозволяє підвищити точність вимірювання, за рахунок використання нового алгоритму визначення значення електричного опору, при відсутності значення двох плеч моста: порівняння і відношення та двох з'єднувальних провідників, а також врахування нерівності опорів першого потенціального виводу першого плеча моста вимірювальний резистор та другого потенціального виводу другого плеча еталонна міра і відсутності додаткового члену d в рівнянні для визначення значення електричного опору а також підвищити його надійність тому, що відсутнє синхронне обертання плеч порівняння.

1. Патент на винахід №119001 (Україна) МПК (2019) G01R 17/00, G01R 27/00. Спосіб вимірювання електричного опору та пристрій для його реалізації. / Степаняк М. В.-10.04.2019. Бюл. №7.

2. Основи метрології та вимірювальної техніки: /Підручник: У 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін. За редакцією Б. Стадника. – Львів: Вид. НУ «ЛП»2005. – Т.2. Вимірювальна техніка – 656 с. (463 с. (42.32), 464 с.).

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ВИМІРЮВАНЬ

© Олег Сулима¹, Микола Микийчук², 2019

¹Державне підприємство «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» (ДП НДІ «Система»), (Львів, Україна), заступник начальника відділу (НДВ-11) olegsul@i.ua

²Національний університет «Львівська політехніка», (Львів, Україна), директор інституту комп'ютерних технологій, автоматики та метрології, д.т.н., професор, mykolamm@ukr.net

Підвищення точності метрологічних характеристик (МХ) вимірювальних каналів (ВК) температури вимірювально-інформаційних систем (ВІС) та автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСК ТП), а також вимірювальних термометрів опору з уніфікованим вихідним сигналом, які є складовими частинами ВК температури і здійснюється поелементно є актуальною задачею сьогодення. Для підвищення точності вимірювання температури необхідне точне вимірювання електричного опору резистивних термоперетворювачів з уніфікованим вихідним сигналом та термо Е.Р.С. для термопар.

Першим етапом цього процесу є градування чутливих елементів даних перетворювачів, а також перевірка робочих термометрів опору для калібрування ВК температури АСК ТП. Другим етапом є визначення границі допустимої похибки вторинного перетворювача (електронної частини) і сумарної основної абсолютної похибки цих перетворювачів. В обох випадках першого етапу проводиться вимірювання електричного опору чутливих елементів термоперетворювачів.

Традиційна перевірка перетворювачів опору передбачає почергове вимірювання опору досліджуваного і еталонного термометрів за допомогою омметра методом порівняння. Однак це не дозволяє з достатньою точністю визначити опір робочого термометра, тому що вимірювання розділені в часі, що приводить до змін МХ внаслідок зміни впливових величин між проміжками вимірювання.

Перший спосіб вимірювання опору чутливих елементів заміщенням їх опорів багатозначною еталонною мірою опору, дозволяє усунути ці недоліки, оптимізувати процес вимірювання, а також вимірювати з необхідною точністю опір термоперетворювачів, на які не поширюється державний метрологічний нагляд.

Другий спосіб передбачає під'єднання в розріз з'єднань ВК еталонного калібратора напруги при відповідних алгоритмах схемних комутацій еталонних напруг у вимірювальному каналі для визначення температури за допомогою вимірювальних каналів (ВК) ВІС з термоелектричними давачами.

Корегування похибок вимірювання температури вищезазначеними методами дозволить зменшити непевність вимірювань, а саме:

- підвищити точність вимірювання температури;
- оптимізувати процес вимірювання, провести перевірку або калібрування ВК та вказаних перетворювачів [1];
- визначити границі абсолютної похибки градування чутливого елемента досліджуваного перетворювача;
- визначити границі абсолютної похибки електричного тракту ВК та ВК в цілому [2];
- визначити границі абсолютної похибки вторинного перетворювача (електронної частини) [2].

1. О. С. Сулима. Increase of exactness of measuring temperature of measuring channels measuring-informative system for help of thermometers of resistant. Матеріали 2-го міжнародного конкурсу «Лучший молодой метролог КООМЕТ-2007» – Харків, – с.85-88.

2. Сулима О.С., Лисий Б.М., Особливості метрологічного забезпечення температуриних вимірювань ВІС та АСК ТП термopарами та резистивними давачами в робочих умовах експлуатації. Матеріали 17-го міжнародного молодіжного форуму. – Харків; 2013, с. 342-343.

MEASUREMENTS OF T1 AND T2 RELAXATION PROCESSES IN FLUIDS WITH USE OF EFNMR SCANNER

© Mariusz Trybus, 2019

Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, Assistant Professor, PhD

The most obvious experiment, related with didactics of NMR (Nuclear Magnetic Resonance), is related with measurements of longitudinal (T1) and transverse (T2) relaxation of hydrogen nucleus spins. All commercial NMR scanners use the same philosophy of measurements of spin precession of selected nucleus (hydrogen is the most popular one). In the paper we present our first experiments with newly purchased EFNMR (Earth Field Nuclear Magnetic Resonance) scanner.

At present NMR is one of the most non-invasive and most precise imaging technique in modern medicine. The possibilities of NMR scanning techniques also include spectroscopy, making possible the study of spectrum of chemical shifts being useful in the field of material research.

As mentioned above two mechanisms of magnetic relaxations are used in NMR: 1) The spin-lattice (or longitudinal) relaxation (T1) that quantifies the rate of transfer of energy from the nuclear spin system to the neighboring molecules (the lattice). This relaxation is observed in **z-direction** (direction of main magnetic field of the scanner) and leads to restoration of Boltzmann equilibrium in the observed object – sample. 2) The Spin-spin (or transverse) relaxation time T2 which is used to quantify the rate of the decay of the samples magnetization within the **xy plane** (so called FID signal) [1].

Education process in the fields related to medical engineering requires exhausting discussion of NMR physics and measurement methods as well as the practical presentation of specific techniques and solutions. Understanding the idea of measurement of T1 and T2 relaxation times are perfect from the educational point of view. Professional NMR scanners are beyond the reach of most educational institutions. It is because of high costs of purchasing the scanner itself, and after that maintaining the large cryogenic installation that generates constant and homogeneous magnetic field and produces high maintenance costs at the same time.

In the paper we present the results of measurements of longitudinal (T1) and transverse (T2) relaxation of selected liquids, recorded with use of budget EFNMR scanner – TERRANOVA MAGRITECH. Instead of magnetic field generated by superconducting magnets, TERRANOVA uses the Earth's magnetic field and its homogeneity for imaging and NMR spectroscopy. The use of EFNMR scanner is very specific. The Earth magnetic field used in experiment is about 0,049 mT, whereas the magnetic field used in commercial medical NMR scanners is about 2-3T. It makes measurements of RF response of the investigated system/sample especially susceptible to electromagnetic noises.

EFNMR TERRANOVA scanner consists of 3 main parts: **1) measuring head** with gantry with dimensions of 1 liter plastic bottle, **2) control module** with operating system including software implementing FFT transform and algorithms for controlling the coils of measuring head, **3) PC computer** with PROSPA software for processing the measurements and visual presentation of recorded data. Measuring head and control module picture are presented in Fig. 1. Orientation of measuring head and Earth magnetic field is presented in Fig. 2.

In medical diagnostics and imaging the different T1 and T2 times make possible recognition of the tissues differences or its pathology. For example T1 time for water and fat are about 3000ms and 250ms respectively. T2 relaxation times for the same substances are 2000ms and 70ms. In case of proteins T1 is 250ms and T2 is about 1ms [2]. We have performed an experiment based on measurement of T1 and T2 relaxation times of two soft phase substances (distilled water and

yogurt). This experiment was assumed to be the base of future instruction of laboratory exercise for the students of medical engineering. Exemplary results of the experiment for T1 relaxation time for distilled water and yogurt are presented in Fig 3-4.

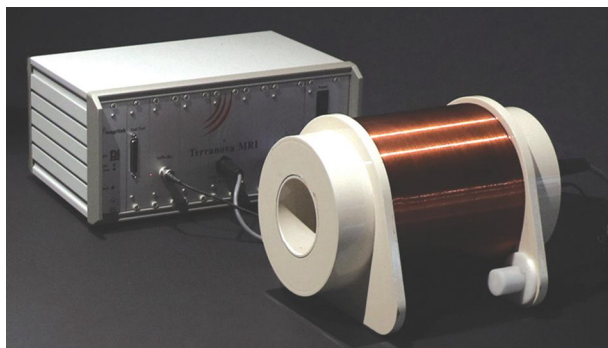


Fig. 1. Picture of measuring head and control module

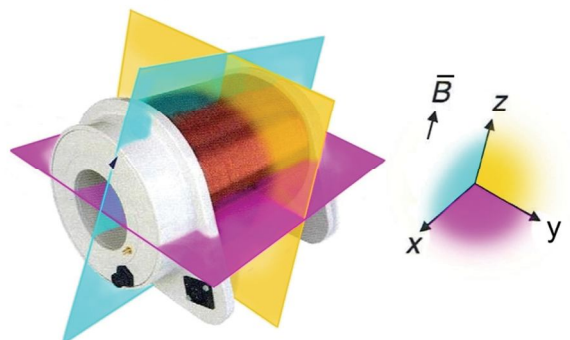


Fig. 2. Orientation of measuring head axes and Earth magnetic field B

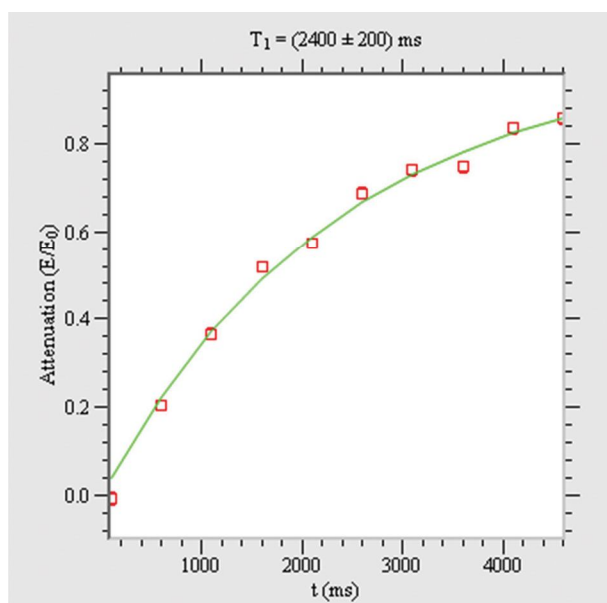


Fig. 3. Results of measurements of T1 relaxation for distilled water

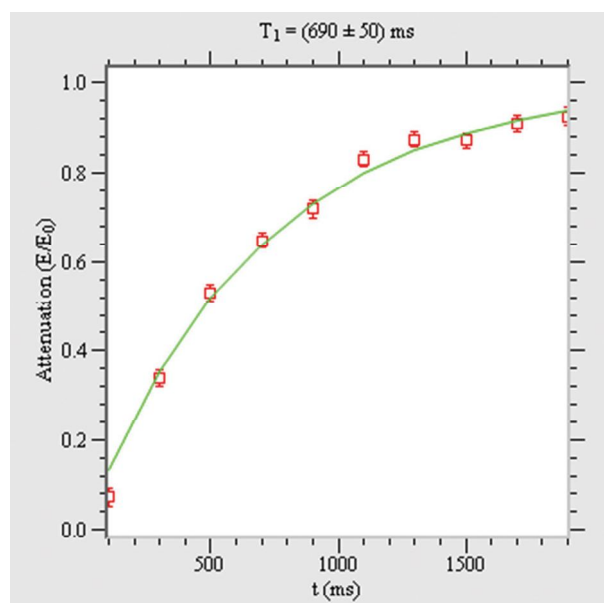


Fig. 4. Results of measurements of T1 relaxation for yogurt

Obtained results let us conclude that TERRANOVA EFNMR scanner is very useful tool in teaching advanced metrology related with chemistry and medicine. Basing on budget NMR scanner it is possible to demonstrate not only simple measurements of T1, T2 relaxation but also experiments related with chemical shift spectra and simple 2D and 3D imaging, what will be reported in our next paper.

1. James T. L., *Fundamentals of NMR*, Academic Press of University of California, San Francisco 1998.
2. Bottomley P.A., Foster T.H., Argersinger R.E., Pfeiffer L.M., *A review of normal tissue hydrogen NMR relaxation times and relaxation mechanisms from 1–100 MHz: Dependence on tissue type, NMR frequency, temperature, species, excision, and age. Med Phys* 1984; 11:425-448.

MODELS OF GAS SPEED DISTRIBUTION IN FLOW THROUGH PIPE

© Wiesław Wędrychowicz¹, Piotr Synowiec², Piotr Piechota³, Artur Andruszkiewicz⁴, 2019

¹Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Chair of Thermodynamic, Theory of Machines and Thermal Devices (Wrocław, Poland), lecturer, Ph.D. Eng., wieslaw.wedrychowicz@pwr.edu.pl

²Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Chair of Thermodynamic, Theory of Machines and Thermal Devices (Wrocław, Poland), assistant professor, M.Sc. Eng., piotr.synowiec@pwr.edu.pl

³Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Chair of Thermodynamic, Theory of Machines and Thermal Devices (Wrocław, Poland), Ph.D. student, M.Sc. Eng., piotr.piechota@pwr.edu.pl

⁴Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Chair of Thermodynamic, Theory of Machines and Thermal Devices (Wrocław, Poland), Professor, Ph.D. Eng. DSc., artur.andruszkiewicz@pwr.edu.pl

Measurements of physical quantities are the basic source of information about the process, its state and quality in the industry. The increasing level of technological advancement of processes requires more and more accurate and reliable measuring devices. One of the most difficult issues is the measurement of volume and mass flow in industrial metrology. [1] The flowmeters used are usually flowmeters that calculate the flow rate based on the velocity values measured in a certain section or on the separate surface of the flow conduit. [2, 3]. For proper calculation of the volume flow, knowledge of the velocity profile is required, based on which it is possible to determine the calibration factor of the flowmeter. Knowing the calibration factor, the area of the flow cross-section of the pipe and the value of the measured velocity, we can determine the volume flow. [6]

The paper presents the results of research on the comparison of mathematical models of speed profiles with experimental results and the determination of the distribution of the flow meter calibration factor as a function of the radius of the pipe for different values of the Reynolds number. [4, 5, 8] Experimental measurements were carried out on a pipeline in which air was flowing, the flow was forced by a fan driven by an inverter-controlled motor. The measurement of local velocities was made using a thermal anemometer in two mutually perpendicular planes.[9]

For comparison, three mathematical models of the profile were taken: the Prandtl model, the three-component model, and the universal model. For each model deviations from the experimental value have been determined, Fig. 1 shows the distribution of deviation between the experimental measurement and the calculated from the Prandtl model, and in Fig. 2 the distribution of the calibration factor K .

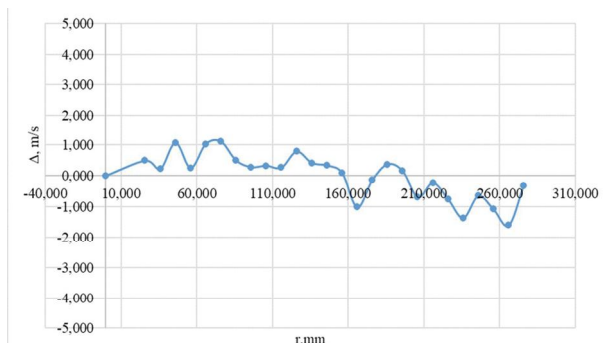


Fig. 1 Distribution of the deviation for the Prandtl model

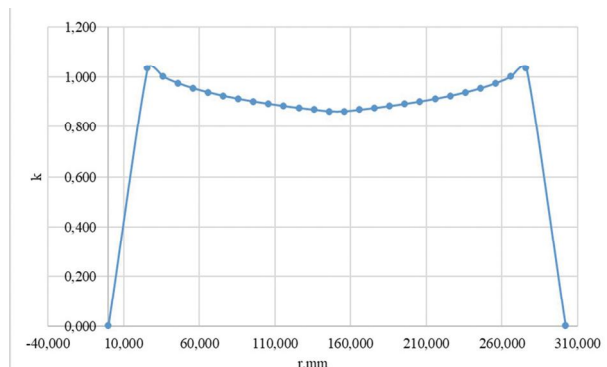


Fig. 2. Distribution of factor K

Fig. 3 presents the distribution of deviation between the experimental measurement and the calculated from the three-component model and in Fig. 4 the distribution of the calibration factor K for this model.

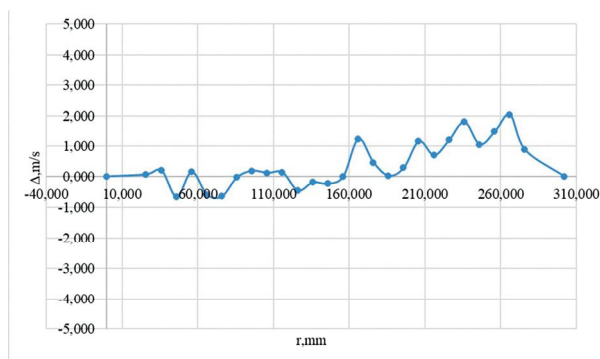


Fig. 3 Deviations for the three-component model

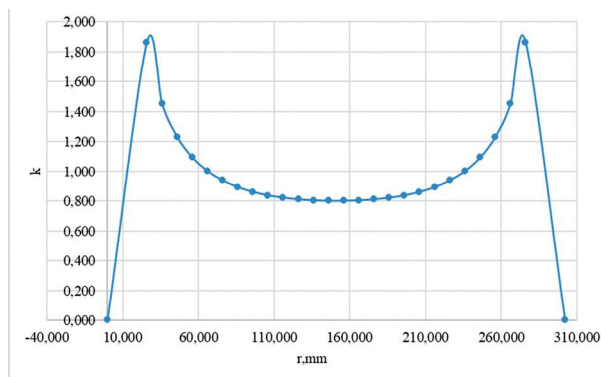


Fig. 4. Distribution of factor K

Fig. 5 presents the deviation distribution for the universal model and in Fig. 6 the distribution of the calibration factor K for this model.

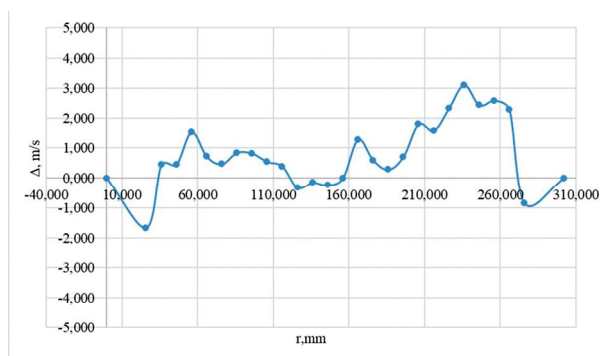


Fig. 5 Deviations for the universal model

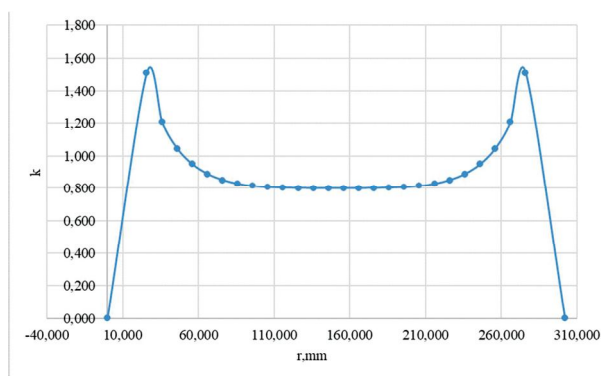


Fig. 6. Distribution of factor K

It was found that there is no mathematical model that accurately describes the experience, but the value of the calibration factor near the axis of the pipe does not depend significantly on the radius.

1. Strohrmann G., *atp-Markanalyse Durchfluss und Mengenmesstechnik Automatisierungstechnische Praxis* 36, 8/1994, s.38-55.

2. *Flow handbook, A. Practical Guide: Measurement technologies – Applications – Solutions*, Endress+Hauser Flowtec AG, CH-4153 Reinach/BL, 2004.

3. Waluś S.: *Optimalizacja metrologiczna pomiaru strumienia płynu za pomocą przepływomierzy próbkujących*, Monografia 43, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.

4. Bukowski J.: *Mechanika płynów*, PWN, Warszawa 1975.

5. Gryboś R.: *Podstawy mechaniki płynów*, PWN, Warszawa 1989.

6. Waluś S.: *Pomiar strumienia objętości w rurociągu niepełnym przepływomierzem ultradźwiękowym z równoczesnym pomiarem poziomym. VII Krajowa Konferencja Metrologii i Aparatury Pomiarowej, Wrocław, Prace Naukowe Instytutu Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej, seria: Konferencje 12, s. 92-95.*
7. Waluś S.: *Ultradźwiękowe pomiary strumienia objętości wody w rurociągach i kanałach otwartych, Politechnika Śląska, Zeszyty naukowe nr 1075, Automatyka z.99, Gliwice 1990.*
8. Daugherty R.L., Franzini J.B.: *Fluid Mechanics with engineering applications, Mc Graw-Hill Book Company, New York 1977.*
9. Domagała P.: *Pomiar pola prędkości za pomocą termoanemometru, www.imc.pcz.czest.pl/instytut/pl/3/3.8/materialy/eelab/ee_06.pdf*

ТРИ НЕВИМІРНІ МАСИ

© Василь Чабан, 2019

Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
професор, д. т. н, професор, vtchaban@polynet.lviv.ua

У доповіді йдеться про три безпосередньо невимірні маси, одержані в результаті нового підходу до теорії гравітації з позиції нелінійних систем. Чому саме гравітації? Бо з нашого бачення це найпростіший вид нелінійності, вдало аналітично апроксимованої на початку XX ст. Лоренцом [1]

$$p = m'(v)v, \quad m'(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}, \quad (1)$$

де $p, v, c, m_0, m'(v)$ – імпульс, швидкість, константа, маса спокою, статична маса.

Постараємося глибше проникнути в суть енергії руху. У нелінійних системах вона постає у двох невіддільних один від одного проявах – кінетичних енергії (w_k) і коенергії (w_{kc}), т. зв. кооперативної [2],

$$w_k = m'(v)c^2 \left(1 - \sqrt{1 - v^2 / c^2}\right); \quad w_{kc} = m_0 c^2 \left(1 - \sqrt{1 - v^2 / c^2}\right). \quad (2)$$

На додачу до двох мас, задіяних у (1), (2), третю отримуємо із силової дії як

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{dp}{dv} \frac{dv}{dt} = m''(v)a; \quad m''(v) = \frac{m_0}{(1 - v^2 / c^2)^{3/2}}, \quad (3)$$

де $a, m''(v)$ – прискорення, диференціальна маса.

На підставі (1) запишемо дещо інакше вирази (2)

$$w_k = \Delta m c^2; \quad w_{kc} = \delta m c^2, \quad (4)$$

де Δm – релятивістський профіцит (приріст) маси спокою; δm – релятивістський дефіцит (убуток) маси спокою

$$\Delta m = (m'(v) - m_0); \quad \delta m = (m_0 - m_c(v)), \quad (5)$$

де $m_c(v)$ – кооперативна маса (ко-маса)

$$m_c(v) = m_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2}. \quad (6)$$

Вирази (4) наводять на думку, що кінетична енергія руху є не що інше як енергія релятивістського профіциту (приросту) маси спокою в діапазоні швидкостей $0 \leq v \leq c$, а кінетична ко-енергія руху є не що інше як енергія релятивістського дефіциту (убутку) маси спокою в діапазоні тих самих швидкостей!

Вирази (2) дали змогу нам розкрити фізичну суть ко-енергії як прояву релятивізму енергії $w_{kc} / w_k = \sqrt{1 - v^2 / c^2}$. Кожна з трьох мас, задіяних у (1)–(6), однозначно пов'язані з масою спокою радикалом Лоренца, і будь-яку з них можна однозначно виразити через дві решту.

Висновок. Одержані результати дали змогу зняти кризу маси в теорії гравітації як поздовжньої і перпендикулярної на користь статичної і диференціальної, пояснити фізичну суть кінетичних енергії і ко-енергії (як надбання прикладних теоретичних наук комп'ютеризованого часу), виявити відповідну останній ко-масу. Разом з тим ці результати ставлять нову проблему вимірювання кожної з трьох релятивістських мас як реальних фізичних проявів.

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике, т. 6, 8–9 (пер. з англ.). – М.: Мир, 1978, 348 с., 524 с.

2. Чабан В. 50 творчих літ. – Л.: «Простір М», 2018, 344 с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОТОЗАХОПЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕКСАКОПТЕРА І БОРТОВОГО КОМП'ЮТЕРА З ВІДЕОКАМЕРОЮ

© Василь Чигін¹, Павло Михайлишин², 2019

¹Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного (м. Львів, Україна),
д.ф.-м.н., доцент,

²Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного (м. Львів, Україна),
курсант

В даній роботі розглядається питання створення експериментальної системи з використанням безпілотного літального апарата (БПЛА) для дослідження процесу фотозахоплення іншого БПЛА при польоті. Автори не виявили в наявній літературі інформації про дослідження такого типу. В українських публікаціях описуються, в основному, безпілотні літальні апарати літакового типу, які використовуються, зокрема, для проведення розвідки. Не розглядаються питання використання БПЛА типу мультикоптери.

В роботі опрацювали і виготовили експериментальну систему для дослідження процесу фотозахоплення з використанням гексакоптера і бортового комп'ютера Raspberry Pi з відеокамерою Raspberry Pi V2. При цьому основою системи служив безпілотний літальний апарат - гексакоптер з рамою Tarrot 680 і автопілотом Pixhawk PX4. Автопілот Pixhawk володіє відкритим програмним кодом, що дозволило додатково приєднати бортовий комп'ютер Raspberry Pi з власною програмою фотозахоплення. Pixhawk PX4 створений на базі оригінальної плати з 32-бітним процесором та сучасною оперативною системою. Основною технічною характеристикою комп'ютера Raspberry Pi є 64-розрядний чотирьохядерний процесор з тактовою частотою 1,4 ГГц, який забезпечує швидке та надійне опрацювання даних.

На гексакоптері встановили GPS-модуль Ublox-neo-m8n, об'єднаний з компасом HMC5883L. У контролері Pixhawk встановлений барометр MEAS MS5611, який використовується для отримання даних про висоту над рівнем моря або над рівнем рельєфу місцевості. Використали регулятори швидкості обертання двигунів Hobbywing XRotor 40A APAC Brushless ESC 2-6S з робочим струмом 40 А і масою 26 грам.

Елементи гексакоптера - регулятори моторів, відеокамеру, компас, акселерометр, GPS-приймач і барометр, підбрали і змінили їх вихідні параметри для підвищення надійності роботи комплексу. Зв'язок між пультом керування і приймачем на гексакоптері радіосигналів від пульта налаштували на частоту 2,4 МГц, що дало можливість надійного зв'язку на відстанях порядку 300 м. При цьому автопілот коректно реагував на всі команди від пульта керування. Перевіряли наявність сигналів від не менше шести супутників для надійного позиціонування на карті. В результаті багатократних випробувань гексакоптера добилися рівномірного руху вгору, а також стійкого зависання у повітрі. Це свідчило про синхронність роботи моторів, а отже, про правильність автоматичного налаштування регуляторів швидкості обертання моторів. Перевірили працездатність та налаштування сенсорів коптера у відповідних режимах польотів – Stability, AltHold, Sport та інших. Виявили, що сенсори здатні забезпечити надійні польоти у всіх протестованих режимах.

Для експериментальних досліджень процесу фотозахоплення використали власну програму, записану на Raspberry Pi. Встановили локальний зв'язок між автопілотом Pixhawk та бортовим комп'ютером, а також wifi-зв'язок між Raspberry Pi і стаціонарним комп'ютером – ноутбуком. Ця система зв'язку дозволила отримувати інформацію про роботу програми у процесах пуску і польоту гексакоптера, а також фотозахоплення у реальному часі на моніторі ноутбука. У

ролі іншого БПЛА-мішені використали повітряну кульку червоного кольору діаметром 0,5 м, яка знаходилась на жердині висотою 3 м. У випадку потрапляння кульки в об'єктив відеокамери відбувалось фотозахоплення, програма обчислювала дані про кульку (розмір у пікселях і віддаль у метрах), які висвітлювались у вікні програми на моніторі ноутбука.

КАЛІБРУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ© Святослав Яцишин¹, Сергій Лазаренко², 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., slav.yat@gmail.com

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, lazar2028@ukr.net

В 2014 році набув чинності Закон від 05.06.2014 № 1314-VII «Про метрологію та метрологічну діяльність» (далі – Закон) [1], згідно якого в новому ракурсі постало поняття калібрування, але до цього часу багато спеціалістів, метрологів просто не розуміють:

- що таке калібрування?;
- в чому полягає різниця між калібруванням і повіркою?

На даний час це питання широко висвітлюється фахівцями національної метрологічної служби, але для багатьох питання залишається. І коли приходить час прийняти рішення повірити чи калібрувати засоби вимірювальної техніки (далі – ЗВТ), більшість власників ЗВТ замислюються і не можуть однозначно відповісти для себе на це питання.

При проведенні калібрування невід’ємною частиною є оцінка невизначеності, але відносно невизначеності результатів калібрування багато хто заявляє: “завжди оцінювали характеристики похибки ЗВТ, а тепер з’явилася невизначеність, в чому різниця?”

Порівнюємо два визначення калібрування.

В Законі [1] та Міжнародному словнику з метрології VIM [2]: “Сукупність операцій, за допомогою яких за заданих умов на першому етапі встановлюється співвідношення між значеннями величини, що забезпечуються еталонами з притаманними їм невизначеностями вимірювань, та відповідними показами з пов’язаними з ними невизначеностями вимірювань, а на другому етапі ця інформація використовується для встановлення співвідношення для отримання результату вимірювання з показу”, а в рекомендаціях COOMET R/GM/32:2017 [3]: “Сукупність операцій, що встановлюють співвідношення між значенням величини, отриманим за допомогою даного засобу вимірювань і відповідним значенням величини, визначеним за допомогою еталону з метою визначення метрологічних характеристик цього засобу вимірювання”.

На перший погляд ці два визначення між собою різняться. В результаті можуть виникати різні тлумачення. Якщо в Україні на даний час ще широко використовується повірка ЗВТ, то у світовій практиці повірка (verification) досить рідкісна, зате великого поширення набуло калібрування (calibration).

Тому Організації Європейського Союзу чи акредитовані НААУ вимагають дотримання основних вимог до калібрувальних лабораторій, які регламентовані стандартом ДСТУ ISO / IEC 17025-2017 [4] та засновані на визначеннях VIM.

На рисунку 1 показані результати калібрування в вигляді графіків згідно з визначенням VIM. Синім кольором (лінія з маркерами) показані результати вимірювання з відповідними невизначеностями. Чорним кольором (тонка пряма лінія) показано побудоване за результатами вимірювань “співвідношення” між вимірним значенням та еталонним – калібрувальна характеристика (наприклад, в дозиметричних приладах калібрувальна характеристика носить лінійний характер та проходить через нуль $Y = kX$ [3]), з якої може бути вставлено співвідношення, що дозволяє визначити результат вимірювання, виходячи з показів ЗВТ. Червоним пунктиром показані межі довірчого інтервалу для калібрувальної характеристики, які і представляють невизначеність результатів калібрування.

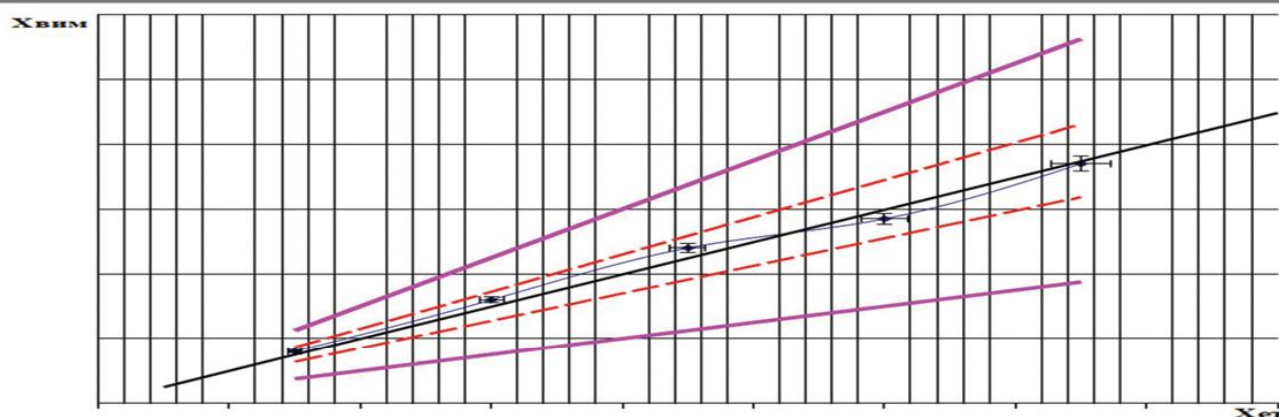


Рис. 1. Результати калібрування згідно з визначенням VIM.

З вище сказаного, можна констатувати про те, що калібрувальна характеристика є метрологічною характеристикою (далі – МХ) ЗВТ та поняття калібрування згідно [1], [2] відповідає визначенню калібрування [3]. Стає зрозуміло і що таке “невизначеність результатів калібрування”: при калібруванні ми визначаємо дійсні значення МХ ЗВТ, в тому числі і характеристик похибок ЗВТ, шляхом проведення вимірювань, а результатом вимірювань притаманна невизначеність.

Щож дає калібрування?

На рисунку 1 рожевим кольором (товсті суцільні лінії) показані межі допустимої похибки ЗВТ $\pm \Delta_{\text{доп}}$. При повірці підтверджується знаходження похибки ЗВТ в межах $\pm \Delta_{\text{доп}}$. Але якщо межі довірчого інтервалу (Червоний пунктир) вужчі, ніж $\pm \Delta_{\text{доп}}$, то калібрування дає можливість зменшити похибку вимірювань, за допомогою внесення поправок.

Розглянемо більш детально один із прикладів процедури калібрування.

Приклад. Калібрування дозиметра.

Дозиметр призначений для вимірювання еквівалентної дози нейтронів. Прилад має в своєму складі іонізаційну камеру (Первинний вимірювальний перетворювач), аналогово-цифровий перетворювач (вторинний) та обчислювальний компонент. Іонізаційна камера перетворює величину потоку нейтронів N в величину електричного струму $I = \alpha N$. АЦП перетворює величину струму I в стандартний цифровий код $C = \beta I$. Обчислювальний компонент по відомим значенням коефіцієнтів α і β обчислює величину еквівалентної дози нейтронів $N = C / (\alpha\beta)$. Похибка коефіцієнта β зазвичай мала, а ось похибка чутливості іонізаційної камери $\Delta\alpha$ становить $\pm (15-20)\%$. Власне, ця величина і визначає похибку дозиметра. Велика похибка чутливості $\Delta\alpha$ зумовлена технологічним розкидом параметрів іонізаційних камер при їх виготовленні. Ця похибка приписується всім екземплярам іонізаційних камер такого типу. В даному випадку доцільно визначити чутливість кожного екземпляра іонізаційної камери, тобто провести індивідуальне калібрування. Це дозволить зменшити похибку вимірювань еквівалентної дози нейтронів в декілька разів.

Також можна сказати:

- на відміну від повірки, калібрувати можна не тільки ЗВТ, але й еталони, інші складові частини технічних пристроїв, що виконують вимірювальні функції, та різноманітне устаткування;
- калібрування може проводитися в нормальних та робочих умовах використання устаткування;
- може бути кілька видів калібрування;
- калібрувальна характеристика може бути номінальною або індивідуальною;

– невизначеність результатів калібрування оцінюється при всіх видах калібрування та при калібруванні всіх об'єктів.

1. Закон України Про метрологію та метрологічну діяльність.

2. JCGM 200:2008. *International vocabulary of metrology. – Basic and general concepts and associated terms (VIM).* – JCGM. – 2008. – 90 p.

3. COOMET R/GM/32:2017 *Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределённости.*

4. ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 *Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2017, IDT)*

ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МІКРОТЕРМОМЕТРІВ

© Святослав Яцишин¹, Христина Мельник², Ярослав Луцик³, 2019¹Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
д.т.н., професор, slav.yat@gmail.com²Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
аспірант, hrustuna_levytska@ukr.net³Національний Університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна),
д.т.н., професор, yaroslav.lutsyk@gmail.com

Потреба у рідинних мікротермометрах з малою інерційністю і, відповідно, з малим діаметром капіляра зростає. Їх стала теплової інерції є малою, оскільки тепла рівновага термометра і контрольованого об'єкту встановлюється надзвичайно швидко. Проте, пересування рідини в капілярі термометра, що визначає швидкість відліку температури, ускладнюється по мірі зменшення діаметру капіляра. Для оцінки впливу цього гідродинамічного чинника скористались із закону Жюрена щодо в'язкості рідини, яка експоненційно зменшується з підвищенням температури. Відповідно, вона обернено пропорційна швидкості переміщення меніска стовпчика термометра. Нами проаналізовано вплив різних чинників на метрологічні параметри мікротермометрів.

Стала теплової інерції термометрів визначається інтенсивністю теплообміну термометра з вимірюваним середовищем. Термометр, поміщений у рідке середовище з високим коефіцієнтом теплообміну, характеризуватиметься меншою сталою порівняно з таким самим термометром, встановленим на повітрі. Свій вплив чинить теплоємність термочутливого матеріалу та інших матеріалів конструкції термометра c_{therm} . Методична складова похибки вимірювання температури визначається співвідношенням їх лінійних розмірів (при співмірних значеннях їх масово-теплофізичних характеристик та характеристик вимірюваного об'єкту $c_{therm}\rho_{therm} = c_{ob}\rho_{ob}$, де ρ – питома густина матеріалу):

$$\delta T_{met} = \frac{V_{therm}}{V_{ob}} \left(\frac{T_{therm}}{T_x} - 1 \right)$$

Тут V_{therm} та V_{ob} – об'єм матеріалу термометра та вимірюваного об'єкту відповідно; T_x – температура, що встановлюється у термометрі внаслідок його теплообміну з вимірюваним об'єктом (при $V_{ob} \gg V_{therm}$ вона близька до температури останнього).

В дійсності, за певний час, що визначається сталою температурної інерції, термометр, поміщений у середовище з іншою температурою, повинен встановити власні покази, відчутно змінивши рівень відліку у капілярі. Тому вищеописані параметри радше характеризують спроможність виконання мікро- і нанотермометра із певних конструктивних матеріалів (добір капіляра, підбір термочутливої речовини, їх взаємне змочування та проникнення згаданої рідини в капіляр), переміщення останньої залежно від положення капіляра термометра у просторі (горизонтальне, похиле, вертикальне), правильний вибір співвідношення довжини і діаметру капіляра, тобто узгодження заповнення рідиною (капілярна стала а), оптимізацію конструкції під певне значення сталої Земного тяжіння (число Бонда Bo), тощо.

Для знаходження висоти підйому рідини у капілярі використаємо закон Жюрена. За ним висота підняття рідини у капілярі є пропорційною коефіцієнту поверхневого натягу рідини і обернено пропорційною радіусу капіляра та густині рідини (рис. 1).

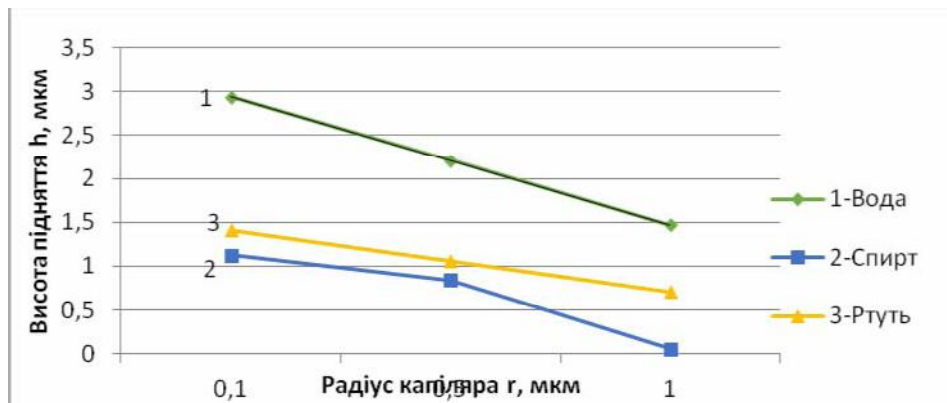


Рис.1. Висота заповнення капіляра водою, спиртом та ртуттю при радіусах капілярів 0,1; 0,5 та 1 мкм.

При нахилі капіляра висота заповнення розраховується за формулою: $h = l \sin \varphi$. Швидкість наповнення капіляра визначається поверхневим натягом σ і в'язкістю μ рідини, радіусом капіляра r і довжиною заповненої частини капіляра z та описується наступним рівнянням:

$\frac{dz}{dt} = r \sigma \cos \theta / 4 \mu z$. Як видно, швидкості заповнення капілярів діаметра 1,0 мкм водою в горизонтальному положенні становлять 50 ... 134 мкм/с., спиртом – 13 ... 34 мкм/с, ртуттю – 19 ... 51 мкм/с. Це означає, що рідинний мікротермометр довжиною 100 мкм за умови майже повного заповнення капіляра 1,0 мкм, коли він змінює покази (довжину заповненої частини капіляра) на 10 мкм, характеризується часом встановлення показів 0,20 ... 0,07 с для води, 0,80 ... 0,30 с для спирту та 0,5 ... 0,02 с для ртуті. При зменшенні діаметру капіляра у 10 разів, тобто до 0,1 мкм, час встановлення показів термометра тої самої довжини зростає у 10 разів, позаяк швидкість заповнення зменшується на порядок. Для ртуті він може досягати 5,0 с, що може не задовольняти потрібним вимогам часу встановлення показів термометра.

Таким чином, по мірі зменшення розмірів термометрів, включаючи рідинні термометри, істотно зменшується стала теплової інерції термометра, зумовлена інтенсивним теплообміном термометра з оточуючим середовищем; вона може спадати до 0,001 с.

По мірі зменшення діаметра капіляра термометра його інерційні характеристики вже не можуть повністю описуватись чисто теплофізичними характеристиками. Посилюється роль гідродинамічних характеристик, оцінювана за швидкістю заповнення капіляра та переміщенням термочутливої рідини у ньому, що прямо характеризує час встановлення показів мікротермометра.

Коректним підбором діаметра капіляра можна досягнути співмірності впливу теплофізичних характеристик, що у мікротермометрів визначають першу складову сталої теплової інерції, та впливу характеристик, зумовлених рухом термочутливої рідини внаслідок зміни сили поверхневого натягу з температурою, що зі свого боку, визначають час встановлення показів термометра (друга складова сталої теплової інерції). При цьому, якщо час установа показів, оцінений за особливостями теплообміну для конструкції мікротермометра, становить мікросекунди, то час, оцінений за переміщенням рідини у капілярі на 1–2 порядки вище, залежно від діаметру капіляра.

КІБЕР-ФІЗИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ПАРНИКІВ ТА ТЕПЛИЦЬ

© Святослав Яцишин¹, Андрій-Володимир Мідик², Ольга Лиса³, 2019

¹Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), д.т.н., професор, slav.yat@gmail.com

²Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна), аспірант,

³Львівський національний аграрний університет, к.т.н., доцент

Вирощування в закритому ґрунті є важливим методом здобуття рослинної їжі. Таке вирощування здійснюється у теплицях та в парниках. Теплиці – це споруди для захисту рослин від природних погодних умов; вони оснащені штучними джерелами тепла. Парники – це споруди для захисту рослин від природних погодних умов, які обігріваються за допомогою природних джерел тепла, зокрема сонячного світла та біопалива.

Рослини в захищеному ґрунті виставляють вищі вимоги до родючості ґрунту, ніж рослини, що ростуть у відкритому ґрунті, оскільки для формування додаткового врожаю потрібно більше поживних речовин. Тому в теплиці треба створити всі агрофізичні умови, зокрема правильний температурний режим, режими поливання, провітрювання, затінення, опалення, тобто правильний мікроклімат.

У літній період температура повітря в теплиці може самовільно піднятися вище допустимої, що згубно впливає на вирощування в ній овочів. Овочі в теплиці зів’януть, а врожаю знімається значно менше. Для цього заздалегідь в теплиці або парнику потрібно створити затінення. Це дає змогу позбутися у теплиці перегрівання (недозволеного підвищення температури повітря всередині). Правильний температурний режим – це найважливіший фактор правильного вирощування овочів.

Не менш важливим фактором правильного вирощування в теплицях є полив рослин. Температура води для поливання овочів у теплиці повинна відповідати температурі ґрунту. Ідеальним варіантом поливу є крапельний полив. Якщо полив здійснюється традиційним методом, то лити воду потрібно під корінь рослини.

Робота теплиці ґрунтується на фізичних явищах – тепловому випромінюванню та теплообміні. Теплиця вбирає теплове випромінювання, яке надходить ззовні (енергія сонця чи штучні джерела), перетворює його в тепло і зберігає це тепло. Це дає можливість зберігати всередині теплиці певну постійну температуру і, таким чином,, створювати придатні умови для росту і життєдіяльності культур.

Щоб вирощування овочів у теплицях стало максимально ефективним, необхідні автоматичні системи в теплиці, здатні забезпечити оптимальну вологість, належні температурні режими вдень і вночі, достатню вентиляцію, правильний догляд. Для аналізу дії теплових потоків на рослини у складі автоматизованих технологічних ліній доцільно використовувати сенсор вологості й температури DHT21/AM2301, що відзначається підвищеною точністю (3-дротове під’єднання, діапазон вимірювання вологості – 0 ... 100 %; діапазон вимірювання температури 40 ... 80°C; похибка вимірювання вологості ± 2 %; похибка вимірювання температури ± 0.5 %).

Залучення зазначеного сенсора передбачає не лише оптимізацію температурно-часових режимів обробки сільськогосподарських продуктів, але й використання його апаратно-програмних можливостей шляхом встановлення потужнішої апаратно-програмної платформи. Тоді КФС в цілому можна виконувати, як і сам сенсор, на смарт-рівні гнучкою, забезпечуючи додаткові функції – автоматичну зміну діапазону вимірювань, самокалібрування (в певній точці температурної чи вологісної шкали, самоградування, лінеаризацію характеристик тощо).

КОДОКЕРОВАНІ ВИСОКООМНІ МІРИ-ІМІТАТОРИ ОПОРУ

© Василь Яцук¹, Микола Мукийчук², Юрій Яцук³, 2019¹ Національний університет «Львівська політехніка», кафедра інформаційно-вимірювальних технологій, Львів, Україна, професор, д.т.н., професор, e-mail: yatsuk.vasyl@gmail.com² Національний університет «Львівська політехніка», кафедра інформаційно-вимірювальних технологій, Львів, Україна, професор, д.т.н., професор, e-mail: mykolamm@ukr.net³ Національний університет «Львівська політехніка», кафедра комп'ютеризованих систем автоматики, Львів, Україна, доцент, к.т.н., доцент, e-mail: yurii.v.yatsuk@lpnu.ua

Відомо, що вимірювання великих опорів пов'язане із суттєвим впливом опорів ізоляції та із зменшенням вимірювальних струмів, тому вони є високовольтними. Для побудови Високоомні омметри зазвичай будуються з використанням резистивних, або конденсаторних перетворювачів та з джерелами струму [1]. В усіх поданих типах вимірювачів можна застосовувати трипровідне підключення високоомного об'єкта вимірювання для забезпечення вимог до безпечності вимірювань у високовольтних колах. Для їх метрологічного забезпечення традиційно використовуються пасивні або активні імітатори на базі трипроменевої зірки [1]. Недоліками традиційних високоомних мір та імітаторів на основі резистивної зірки є мала точність, зумовлена великою кількістю не дуже точних високоомних резисторів, а також похибки через вплив неідеальностей електрометричного підсилювача та опорів ізоляції і паразитних струмів витoku конструкції. Однак ці недоліки зменшуються в структурах активних високовольтних тризатискачевих імітаторів опору з поділом вхідної напруги, яка прикладається до високовольтного затискача, за умови, що два інших низьковольтних затискачі є еквіпотенціальними [2, 3]. Аналіз показав, що ця вимога забезпечується в усіх відомих типах високоомних вимірювачів при відповідному підключенні вимірюваного об'єкта.

Як показує аналіз традиційних структур активних мір-імітаторів опору, за умови, що значення вихідних напруг його операційних підсилювачів (ОП) знаходиться на рівні декількох вольт, похибка відтворення високоомних опорів практично визначатиметься похибками високовольтного подільника напруги, кодокерованого подільника (КПН) та масштабних струмозадавальних резисторів R_{sj} . Дійсно, за умови використання ОП з малими напругами зміщення та вхідними струмами [4], відносна похибка, зумовлена цими параметрами неідеальності ОП буде меншою від тисячної процента і нею практично можна знехтувати навіть для прецизійних високоомних мір. Оскільки відносна похибка серійних ЦАП суттєво зростає із зменшенням значень кодів керування μ , то, відповідно, із збільшенням відтворюваного опору збільшуватимуться його абсолютна та відносна похибки.

Вказаний недолік може частково бути зменшеним в імітаторах із доповнювальною шкалою відтворення опору (рис. 1). Висока напруга U_i з допомогою активного подільника напруги резистори R_1 , R_2 та ОП DA1 перетворюється в низьковольтну напругу U_1 , яка подається до входів КПН та суматора ОП DA3, резистори R_3 , R_4 і R_5 . Вихідна напруга U_3 суматора з допомогою масштабувальних резисторів R_{sj} перетворюється у вихідний струм I_i високоомної міри-імітатора провідності. Значення імітованого мірою опору знаходиться за співвідношенням:

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = R_{sj} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_5}{R_3} \cdot \frac{1}{1 - \mu R_3/R_4}, \quad (1)$$

де U_i , I_i – відповідно, прикладена висока напруга та вихідний струм високоомної міри-імітатора опору; R_1 , R_2 – опори високовольтного подільника вхідної напруги U_i міри опору; R_3 , R_4 , R_5 – опори зворотного зв'язку суматора ОП DA3; μ – код керування помножувальним КПН.

Як показує аналіз, запропонована структура рис. 1 відтворюватиме високоомний опір з інверсною шкалою за умови, що номінальні значення резисторів R_3 , R_4 будуть рівні між собою $R_{3H} = R_{4H}$. Проведений аналіз похибок із врахуванням параметрів неідеальності ОП DA1, DA2

і DA3 та інструментальних похибок масштабувальних елементів високоомної міри-імітатора рис. 1 показав, що відтворюваний опір та абсолютна похибка визначаються виразами:

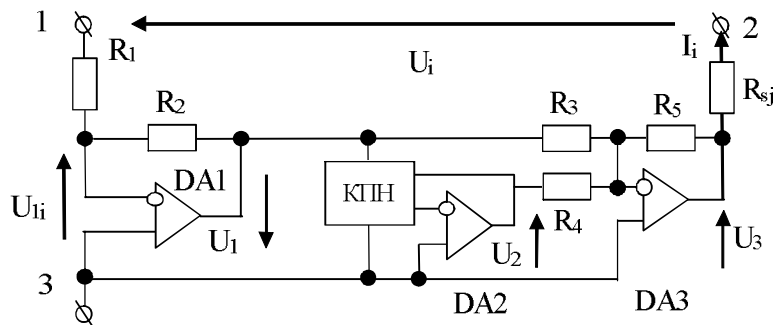


Рис. 1. Структурна схема високоомної кодокерованої міри провідності з інверсною шкалою

$$R_i = \frac{R_{iH}}{R_{2H}} \cdot \frac{R_{4H}}{R_{5H}} \cdot \frac{R_{sj} \left(1 + \sum_{n=1}^5 \delta_n \right)}{\left(1 - \mu_H \frac{R_{4H}}{R_{3H}} \right) - \mu_H \frac{R_{4H}}{R_{3H}} \sum_{m=1}^7 \delta_m + \delta_{kU}}. \quad (2)$$

$$\Delta R_i = R_i - R_{iH} = R_{iH} \left[\sum_{n=1}^5 \delta_n - \delta_{kU} + \mu_H \frac{R_{4H}}{R_{3H}} \left(\sum_{m=1}^7 \delta_m - \sum_{n=1}^5 \delta_n \right) \right], \quad (3)$$

де $e_{1E} = e_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_1^- \frac{R_4 R_2}{R_1 + R_2}$; $e_{2E} = e_2 (1 + \mu) + I_2^- \frac{R}{1 + \mu}$; $e_{3E} = e_3 \left(1 + \frac{R_5}{R_3 \parallel R_4} \right) + I_3^- R_3 \parallel R_4 \parallel R_5$ - еквівалентні

напруги зміщення ОП DA1, DA2, DA3, відповідно; $e_1, e_2, e_3, I_1^-, I_2^-, I_3^-$ - відповідно, напруги зміщення та входні струми ОП DA1, DA2, DA3; R, μ - номінальне значення опору та коефіцієнт передавання помножувального ЦАП (КПН); k_1, k_2, k_3 - коефіцієнти передавання розімкнених ОП DA1, DA2, DA3, відповідно; $\sum_{n=1}^5 \delta_n = \delta_S + \delta_{R4} - \delta_{R5} + \delta_{R1} - \delta_{R2}$; $\delta_{k1} = I/k_1$,

$\delta_{k2} = I/k_2$; $\delta_{k3} = I/k_3$ - похибки статизму ОП DA1, DA2, DA3, відповідно; $\delta_{kU} = \delta_{k1} + \delta_{k2} - (R_{1H}/R_{2H}) \cdot [e_{1E} (R_{4H}/R_{3H}) + e_{2E} - e_{3E} (R_{4H}/R_{5H})] / U_i$;

$$\sum_{m=1}^7 \delta_m = \delta_S + \delta_{R4} - \delta_{R3} + \delta_{k1} + \delta_{k2} + \delta_{k3} - \frac{R_{3H}}{R_{4H}} \cdot \frac{R_{1H}}{R_{2H}} \cdot \frac{e_{1E}}{U_i}.$$

Як показує аналіз співвідношення (3), абсолютна похибка відтворення опору буде мінімальною при значеннях коду керування близьких до нуля і лінійно зростатиме із його збільшенням. В околі нульових значень коду керування абсолютна похибка високоомної міри опору визначатиметься інструментальними похибками масштабувальних компонентів та параметрами неідеальності використаних ОП.

1. Поліщук Є.С. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко; за ред. проф. Є.С. Поліщука. - 2-е вид., доп. та переробл. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. - 544 с.

2. Высокоомный имитатор электрического сопротивления: А.с. 1504791 СССР, МКИ H03H11/40 / А.М. Чернов, В.К. Васильчук, И.Я. Данилюк, Я.В. Пацарнюк, Е.И. Шморгун, В.А. Яцук (СССР). - №4160496/24-09; Заявлено 03.09.86; Опубл. 30.08.89, Бюл. №32. - 3 с.

3. Імітатор великих значень опорів: Пат. 5411 Україна, МКИ G01R27/00. / М.М. Микийчук, Я.В. Пацарнюк, В.О. Яцук. - №94250597; Заявлено 19.05.93; Опубл. 28.12.94, Бюл. №7-1. - 4 с.

4. AD8551/AD8552/AD8554, Zero-Drift, Single-Supply, Rail-to-Rail Input/Output Operational Amplifiers. Available: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8551_8552_8554.pdf

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ
МЕТРОЛОГІВ МКМ'2019**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

XXIII Міжнародного семінару метрологів МСМ'2019

до 100-річчя кафедри інформаційно-вимірювальних технологій

Львів, 10–12 вересня 2019 року

Видавець *Василь Гутковський*
Комп'ютерне верстання *Роман Івах*

Формат 60×84/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Замовлення № 731.

Літературна агенція «ПІРАМІДА»
Україна, 79006, а/с 10989,
м. Львів, вул. Плугова, 6.
тел./факс: (032) 235-53-28
e-mail: pyramidabook@ukr.net
www.pyramidabook.com