

ТЕЗИ

VII Міжнародної науково-технічної конференції «ДАТЧИКИ, ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ – 2018», присвяченої пам'яті професора Шарапова В.М.

Головний редактор - к.т.н., доцент Бондаренко Ю.Ю.

Відповідальний за випуск - к.т.н. Куницька Л.Г.

Редакційна колегія:

Алпатов А.П. – д.т.н., професор,
член-кор. НАНУ, ІТМ НАНУ та
НКАУ, Дніпро

Антонюк В.С. – д.т.н., професор,
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
Київ

Беглиця В.П. - д.держ.упр.,
доцент, ЧНУ ім. П.Могили, Миколаїв

Гальченко В.Я. – д.т.н.,
професор, ЧДТУ, Черкаси

Гогунський В.Д. – д.т.н., професор,
ОНПУ, Одеса

Гордієнко В.І. – д.т.н., с.н.с., Черкаси

Збруцький О.В. – д.т.н., професор,
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
Київ

Квасніков В.П. – д.т.н., професор,
НАУ, Київ

Квстний Р.Н. – д.т.н., професор,
ВНТУ, Вінниця

Кошовий М.Д. – д.т.н., професор,
НАКУ «ХАІ», Харків

Мусієнко М.П. – д.т.н., професор, ЧНУ
ім. П.Могили, Миколаїв

Ситніков В.С. - д.т.н, професор,
ОНПУ, Одеса

Становський О.Л. – д.т.н, професор,
ОНПУ, Одеса

Тимчик Г.С. – д.т.н., професор, НТУУ
«КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ

Чижик С.А. – д.т.н., професор, НАНБ,
Мінськ

У НОМЕРІ:

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ
ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ
ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ

КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

ДАТЧИКИ ДЛЯ РОБОТОТЕХНІКИ ТА
АВТОМАТИЗАЦІЇ

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕМЕНТИ
МІКРОСИСТЕМНОЇ ТЕХНІКИ

НАНОТЕХНОЛОГІЇ У
ПРИЛАДОБУДУВАННІ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В
ПРИЛАДОБУДУВАННІ

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ТА
ІННОВАЦІЇ У ПРОЕКТУВАННІ ТА
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДАТЧИКІВ ТА
ПРИЛАДІВ

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА
МАРКЕТИНГ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЄВРОПЕЙСЬКИХ
КРИТЕРІЇВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗА
СПЕЦІАЛЬНОСТЯМИ ТЕХНІЧНОГО
ПРОФІЛЮ

АДРЕСА ОРГКОМІТЕТУ:

Україна, 18006, м. Черкаси, бул.Шевченка, 460,

ЧДТУ, кафедра ПМКТ

оргкомітет

МНТК “Датчики, прилади та системи - 2018”

Збірка тез доповідей за матеріалами МНТК «Датчики, прилади та системи – 2018», Черкаси – Херсон - Лазурне, вересень 2018.

Мета конференції: зустріч спеціалістів в області приладобудування, робототехніки, проектування та конструювання датчиків, приладів та систем різного призначення для обміну ідеями, обговорення тенденцій розвитку даної області науки, встановлення контактів.

Статті друкуються в авторській редакції.

Точка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір та точність наведених фактів і цитат, економіко-статистичних та технічних даних, власних імен та інших поданих відомостей.

Редколегія не несе відповідальності за достовірність поданого матеріалу, проте залишає за собою право скорочувати та редагувати подані матеріали з метою кращого подання читачам.

При повному або частковому передрукуванні матеріалів посилання на тези конференції є обов'язковим.

ЗМІСТ

Секція 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ

7

Гавриш О.С., Костюк С.І., Обруч Ю.Ю., Багрій М.О. Поліноміальні адаптивні алгоритми вимірювання неенергетичних параметрів гармонічного сигналу при негауссівських завадах.....	7
Мусієнко М.П., Корецька О.О. Підвищення чутливості датчиків п'єзомагнітних тахометрів.....	9
Куницька Л.Г., Кісіль Т.Ю. Використання п'єзотрансформаторного методу для визначення характеристик п'єзоелектричних випромінювачів.....	13
Мащенко В.А. Проектування інформаційно-вимірювальної системи для визначення пружних параметрів гетерогенних матеріалів.....	16
Нікольський В.В., Бережний К.Ю. Модель вимірювального зонду реометру...	18
Омелян А.В., Петренко С.Ф., Новаковський О.Г. Стенд для дослідження резонансних характеристик осциляторів п'єзоелектричних двигунів.....	22
Оріховський Р.О., Ситник О.О. Використання віртуальних блоків пакетів Simulink та Power System Blockset для імітаційного моделювання силових напівпровідникових перетворювачів.....	25
Осадчук О.В., Осадчук В.С., Осадчук Я.О. Радіовимірювальний частотний параметричний мікроелектронний перетворювач тиску на основі біполярної транзисторної структури з активним індуктивним елементом.....	26
Осадчук О.В., Осадчук Н.І. Частотний параметричний мікроелектронний перетворювач для діагностики штамів бактерії <i>Helicobacter Pylori</i>	29
Петрищев О.М., Базіло К.В. Електричний імпеданс дискового п'єзоелектричного елемента в області середніх частот.....	32
Протасов С.Ю., Натура А.Р. Побудова діагностичної граф-моделі оцінки стану обмоток силового трансформатора	36
Tychkov D.V., Bazilo C.V., Tychkov V.V. Measurement Methods Analysis of Dielectric Permeability.....	38
Трембовецька Р.В., Гальченко В.Я., Тичков В.В., Сторчак А.В. Визначення обчислювальної ресурсоемності математичних моделей накладних вихрострумів перетворювачів із врахуванням ефекту швидкості для задач оптимального синтезу.....	40

Секція 2.

КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ 47

Волошко О.В., Вислоух С.П. Комп'ютерне моделювання пружного стану деталей.....	47
Крайник Я.М., Перов В.О. Моделювання роботи декодера Turbo-Product-кодів у середовищі ModelSim.....	50
Накул Ю.О. Розгорнута мережева модель мобільного моніторингу та оперативного контролю за процесом завантаження контейнеровозів.....	52
Ukhina N.V., Bilenko A.A., Sytnikov V.S. Adjustable Components of NPP Technological Processes Automated Control Systems.....	55
Філоненко К.Г., Вислоух С.П. Імітаційне моделювання виробничих процесів..	59

Секція 3.

ДАТЧИКИ ДЛЯ РОБОТОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ 62

Броварець О.О. «Таблиця Менделєєва» для ефективного агропромислового виробництва продукції рослинництва - класифікаційна модель елементів точного землеробства Олександра Броварця для реалізації сучасних ефективних технологій рослинництва.....	62
Кошовий М.Д., Кошова І.І., Костенко О.М., Рожнова Т.Г. Волоконно-оптичні датчики тиску.....	67
Кузнецов Ю.Н., Полищук М.Н. Перспективы применения мобильных роботов в Украине.....	70

Секція 4.

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕМЕНТИ МІКРОСИСТЕМНОЇ ТЕХНІКИ 75

Рудь М.П., Скорина Є.В., Андрієнко В.О. Гібридна адитивна технологія створення мікрокомпонентів оптичних систем.....	75
Петренко С.Ф., Омелян А.В. Мікроманіпулятор на базі лінійних п'єзоелектричних двигунів.....	78

Секція 5.

НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ 80

Suslov A., Bondarenko M., Andrienko O. Prospects for the Development of Multitools Atomic-Force Microscopy in Nanometric Studies of Components of Microsystem Equipments.....	80
--	----

Секція 6.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ 83

- Затока С.А., Ніколаєва В.А.** Комп'ютерна програма оцінки метрологічних характеристик цифрового вольтметра..... 83
- Філімонов С.О., Стрельников Є.Ю., Нагорний Д.Ю.** Вдосконалення роботи віртуального фонокардіографа..... 86

Секція 7.

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ТА ІННОВАЦІЇ У ПРОЕКТУВАННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДАТЧИКІВ ТА ПРИЛАДІВ 89

- Бондаренко Ю.Ю., Топтун А.В.** Выбор контактных жидкостей для проведения ультразвукового исследования зеленых насаждений..... 89
- Бондаренко Ю.Ю., Топка І.О.** Дослідження змін у біополі людини методом газорозрядної візуалізації..... 92
- Halchenko V.Ya., Trembovetskaya R.V., Tychkov V.V., Hordeev S.O.** Investigation of the Auto-Collimation System of the Optical Parts Control Device.... 96
- Глушко Т.М., Віслоух С.П.** Оцінка точності методів та приладних засобів лікування хвороб зорової системи людини..... 98
- Заблюцький В.Ю., Приступа С.О., Мороз С.А.** Дослідження особливостей функціонування засобів вимірювання температури на базі елементів Пельтье.... 101
- Куницька Л.Г., Заїка Я.С., Заїка М.В.** Вдосконалення дефектоскопу на основі вихрострумовевого метода..... 104
- Новаковский А.Г., Антонюк В.С.** Исследование плоскостности линейных направляющих..... 106
- Скицюк В.І., Клочко Т.Р.** Інтегрований вимірювач твердості деталі..... 108
- Терлецький Т.В., Ткачук А.А., Селепина Й.Р., Кайдик О.Л.** Вплив фізичних чинників фізіотерапевтичних апаратів на відновлення процесів метаболізму в організмі людини..... 110
- Tychkov V.V., Trembovetska R.V., Halchenko V.Ya., Titarenko S.N.** Content Study of Dissolved Iron in Underground Waters..... 113
- Tychkov V.V., Halchenko V.Ya., Trembovetskaya R.V., Rubanets O.Yu.** Lead Content Investigation of in the Upper Soil Layer..... 115
- Tychkov V.V., Trembovetska R.V., Halchenko V.Ya., Ostroushko Ya.P.** Study of Vitamin A in Infant Nutrition..... 117
- Шадхін В.Ю., Люта М.В.** Аналіз системи контролю викидів шкідливих газів дизельних автомобільних двигунів..... 119

Секція 8.

**ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА МАРКЕТИНГ У
ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

122

- Bondarenko M., Medyanyk V., Bilokin S.** Indicators for Evaluation of Economic Efficiency of Metrological Equipment of the Atomic-Force Microscopy in the Stage of Design..... 122
- Maksym Koghut, John Makokha** Modelling Decentralised Collaboration Between Engineering Teams: A Blockchain-Based Solution..... 125

Секція 9.

**ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРИТЕРІЇВ ВИЩОЇ
ОСВІТИ ЗА СПЕЦІАЛЬНОСТЯМИ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ**

128

- Bazilo S., Bondarenko Yu.** English as a Medium of Instruction in Biomedical Engineering..... 128
- Кісіль Т.Ю., Куницька Л.Г.** Вивчення впливу викладача на процес сприйняття учбового матеріалу студентами технічних спеціальностей вищого навчального закладу..... 131
- Tychkov V.V., Trembovetska R.V., Halchenko V.Ya., Kunytska L.H.** Masters Preparation in the Field of the Technical Documentation Normocontrol and Metrological Examination..... 134
- АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК..... 138**

Секція 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ

УДК 621.391

Гавриш О.С., к.ф.-м.н., доцент, професор
Костюк С.І., магістр, Обруч Ю.Ю., магістр, Багрій М.О., магістр
кафедра радіотехніки, телекомунікаційних і робототехнічних систем,
Черкаський державний технологічний університет
e-mail: notgeld@ukr.net

ПОЛІНОМІАЛЬНІ АДАПТИВНІ АЛГОРИТМИ ВИМІРЮВАННЯ НЕЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАРМОНІЧНОГО СИГНАЛУ ПРИ НЕГАУССІВСЬКИХ ЗАВАДАХ

***Abstract.** In this paper, computational algorithms for measuring the non-energy parameters of a harmonic signal are synthesized on the background of non-Gaussian noises. Models of noise are described, which are described by sequence of moments or cumulants. For the synthesis of algorithms the method of maximizing the polynomial is used.*

***Key words:** measurement of parameters, non-Gaussian noise, coefficients of asymmetry and excess, polynomial maximization method*

Оцінка параметрів сигналу, що приймається на фоні завад, є класичною задачею радіоприйому. Проте стандартна процедура опрацювання сигналу побудована таким чином, що забезпечує оптимальний результат лише за умови гауссівського характеру розподілу випадкової послідовності.

В реальних системах зв'язку завада має негауссівський розподіл, який необхідно враховувати при побудові алгоритмів оцінювання параметрів корисного сигналу.

Припустимо, що у розпорядженні спостерігача є вибірка $\vec{X} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ обсягом n незалежних неоднаково розподілених значень із генеральної сукупності значень випадкової величини x_v виду

$$x_v = S_v + n_v, \quad v = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де

$$S_v = A \cos(\omega \delta v + \varphi) \quad (2)$$

гармонічний сигнал, в якого енергетичний параметр (амплітуда A) є відомим, а один з неенергетичних параметрів (частота ω або початкова фаза φ) – невідомий і підлягає оцінці.

У виразі (2) δ - крок дискретизації вибирається згідно з теоремою Котельнікова, v - номер вибіркового значення, тоді величина δv характеризує моменти часу спостереження.

У виразі (1) n_v - адитивна широкосмугова завада, моделлю якої є центрована випадкова величина, яка достатньо повно описується кумулянтю χ_2 і одним кумулянтним коефіцієнтом (γ_3 або γ_4).

При цьому будемо вважати, що кумулянтні коефіцієнти вищих порядків γ_i $i = \overline{5, 2s}$ строго дорівнюють нулю, а кумулянтні коефіцієнти γ_j порядку $j > (2s + 1)$ не використовуються, тому можуть бути довільними. Таким чином, завада n_v розглядається як перфорована асиметрична або ексцесна випадкова величина 1-го типу.

Будемо припускати, що заводова обстановка каналу зв'язку не є сталою. Залежно від вибраної моделі адитивної завади, пара параметрів завади $\{\chi_2, \gamma_3\}$ або $\{\chi_2, \gamma_4\}$ на різних інтервалах спостереження можуть змінювати свої значення.

Разом з інформативним неенергетичним параметром \mathcal{Q} будемо оцінювати два параметри завади: дисперсію завади χ_2 і один з кумулянтних коефіцієнтів γ_3 або γ_4 .

Таким чином для вимірювання неенергетичного параметру гармонічного сигналу синтезований алгоритм постійно буде налаштовуватись (адаптуватись) на заваду з певними значеннями параметрів.

Висновки. Отримано аналітичні вирази для оптимальних вагових коефіцієнтів рівнянь максимізації поліному при степенях $s = \overline{3, 6}$, які використовуються, як для знаходження самих оцінок, так і для аналізу їх асимптотичних властивостей.

Список літератури

1. Кунченко Ю.П. Полиномиальные оценки параметров близких к гауссовским случайных величин. Часть 1. Стохастические полиномы, их свойства и применение для нахождения оценок параметров. – Черкасы: ЧИТИ, 2001. – 133 с.
2. Малахов А.Н. Кумулянтный анализ негауссовских случайных процессов и их преобразований. - М.: Сов. радио, 1978. – 376 с.

Мусієнко М.П., д.т.н., професор,
musienko2001@ukr.net

Корецька О.О., аспірантка
alex.koretska@chmnu.edu.ua

кафедра комп'ютерної інженерії

Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ДАТЧИКІВ П'ЄЗОМАГНІТНИХ ТАХОМЕТРІВ

Abstract. The paper reviews further improvement speed sensors of the shafts of working mechanisms. Existing types of tachometers: magnetic, ferrodynamic, vibration, pneumatic, etc., have their limitations. A special class is piezomagnetic tachometers that do not require additional voltage sources, are insensitive to magnetic targets and aggressive media, but have a low sensitivity of the piezoelectric transducer. It was suggested to improve the sensitivity of such sensors by using bending vibrations on the piezoelement due to the use of a cantilever design, and also by using the domain-dissipative properties of the piezoelectric element in this paper. The application of the proposed solutions made it possible to increase the sensitivity of piezo-magnetic tachometer sensors by an order of magnitude.

Keywords: piezomagnetic tachometer, domain-dissipative piezoelectric transducer, sensitivity

Однією з задач, що часто зустрічається в різних виробках приладобудівної, машинобудівної галузей та в різних рухомих пристроях комп'ютерної інженерії, є вимірювання частоти обертання робочих валів. Для цих цілей розроблено безліч типів тахометрів: магнітних, феродинамічні, вібраційних, пневматичних тощо [1].

Серед головних питань при розробці тахометрів, як і будь-якої системи автоматики, є питання вибору первинного перетворювача (датчика). Характеристики датчиків безпосередньо впливають на характеристики всієї системи в цілому, багато з яких в наступних перетвореннях компенсувати вже неможливо. Кожному типу датчика властиві свої недоліки. Контактні і потенціометричні мають низьку надійність через брязкоту контактів, фотоелектричні залежні від зовнішніх джерел світла, індуктивні схильні до впливу зовнішніх магнітних полів тощо.

Для виміру частоти обертів широке поширення набули датчики Холла. Вони багатофункціональні, малогабаритні, дешеві. Однак ці датчики схильні до впливу температури, потребують джерело живлення, мають відносно низьку чутливість тощо.

Перспективними є п'єзодатчики – вони твердотільні, прості, компактні, мають порівняно високу чутливість, не схильні до впливу зовнішніх агресивних середовищ, можуть працювати при порівняно високих температурах тощо [2]. Додавання в конструкцію датчика магніту робить його безконтактним, що підвищує надійність виміру. Схема такого датчика показана на рис.1 [3, 4].

На валу досліджуваного механізму закріплений постійний магніт $M1$. На статорі закріплений п'єзоелемент $ПЕ$ з двома електродами, до якого прикріплений постійний магніт $M2$. При обертанні валу постійний магніт $M1$ при кожному оберті проходить поблизу нерухомо встановленого магніту $M2$. При цьому магніти, притягуючись (або відштовхуючись) впливають на п'єзоелемент $ПЕ$, викликаючи його деформацію.

Сила впливу, що розвивається на поверхні магніту дорівнює [3, 4]:

$$F = \frac{(B_n - \mu_0 H_n)^2 S}{2\mu_0},$$

де B_n – нормальна складова магнітної індукції; H_n – нормальна складова напруженості поля; μ_0 – магнітна проникність повітря; S – площа поверхні полюса магніту.

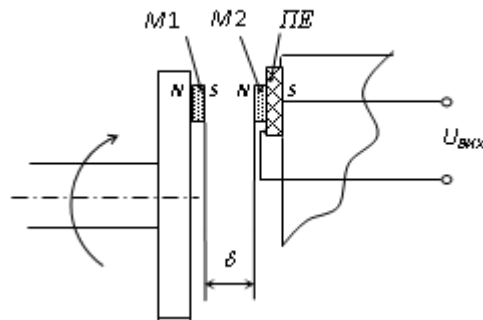


Рис. 1. Схема п'езомагнітного датчика тахометра:
 $M1, M2$ – постійні магніти; $ПЕ$ – п'езоелемент δ – відстань між магнітами

Сила F , завдяки прямому п'езоефекту, приводить до появи напруги на електродах п'езоелемента. Форма сигналу, що генерується на п'езоелементі, показана на рис.2 [3, 4].

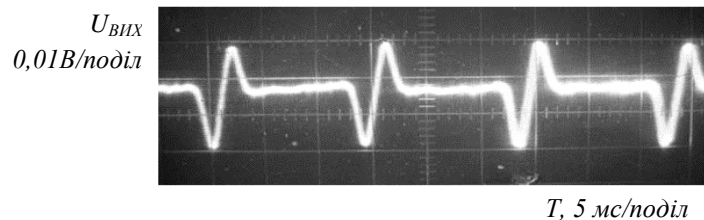


Рис. 2. Структурна схема підключення компонентів стенду

Одним з головних недоліків таких перетворювачів є порівняно низька чутливість, що потребує застосування підсилювачів.

Розроблено кілька способів збільшення амплітуди вихідного сигналу магнітного пьезодатчика [3-8].

Наприклад, якщо один з магнітів розділити на дві частини, в одній з яких поміняти полярність, то це дозволяє збільшити амплітуду вихідного сигналу в два рази.

Ще одним способом підвищення рівня вихідного сигналу є використання біморфного п'езоелемента. Це дозволяє збільшити амплітуду вихідної напруги більш ніж в 10 разів завдяки заміні коливань по товщині згинними коливаннями [2].

Збільшення рівня вихідного сигналу можна досягти також завдяки вживанню додаткової маси, прикріпленої до п'езоелемента. Це викликає збільшення амплітуди коливання п'езоелемента, а отже, і збільшення амплітуди вихідної напруги. Проте таке рішення має суттєвий недолік – високий рівень вібраційних завад. Магніт, що прикріплений до п'езоелемента, виконує роль інерційної маси (за принципом роботи акселерометрів).

Отже всі відомі способи збільшення вихідної напруги п'езоперетворювача не дозволили суттєво підвищити чутливість датчика п'езотахометра, що є однією з причин його рідкого використання в задачах виміру частоти обертів робочих валів.

Метою роботи є підвищення чутливості п'езодатчиків тахометрів.

Відомо, що найбільшу чутливість мають п'езоперетворювачі в біморфному чи триморфному виконанні, коли поєднується використання п'езоелемента з металевою пластиною. Причому, найбільш амплітуд коливань можна досягти при згинних коливаннях, коли закріплений лише один кінець п'езоперетворювача.

Такий перетворювач складається з склеєних між собою круглих металевих і поляризованою по товщині п'єзокерамічної пластин радіусом R і r відповідно (рис. 3). Їх товщини позначені h_m і h_p відповідно. Для досліджень використовується циліндрична система координат r, θ, z , вісь OZ якої збігається з віссю двошарового диска. Щодо поверхні $z=0$ координати поверхні розділу, нижньої поверхні п'єзоелемента і верхньої поверхні металеві пластины позначені відповідно $z_0; z_1 = z_0 - h_p; z_2 = z_0 + h_m$ [2].

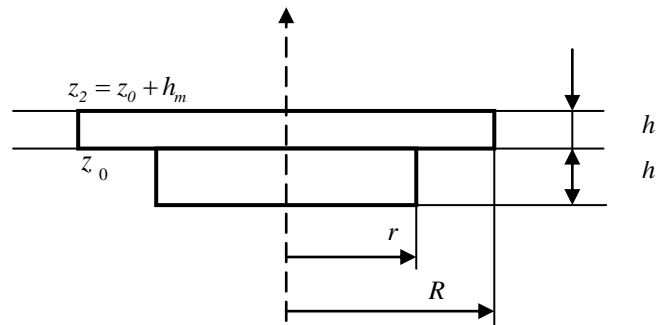


Рис. 3. Асиметричний п'єзоелемент [2]

Під дією гармонійного навантаження, викликаного деформацією консольної пластини, яка через металеву пластину асиметричного перетворювача передається на п'єзоелемент, на розімкнених електродах п'єзоелемента генерується різниця потенціалів $U_x e^{j\omega t}$. Товщиною електродів, що покривають плоскі поверхні п'єзокерамічного диска і клейового з'єднання між пластинами, можна знехтувати.

Таким чином, найкращим рішенням є використання консольних п'єзоперетворювачів, коли пристрій вібрації призводить до коливань вільного кінця консольного елемента, де і закріплений п'єзоелектричний перетворювач. Розміри таких коливань складають доли міліметра [9] і повністю задовольняють умовам як неруйнівного захисту кераміки, так і необхідного впливу на п'єзоелемент.

Конструкція такого датчика п'єзомагнітного тахометра показана на рис. 4.

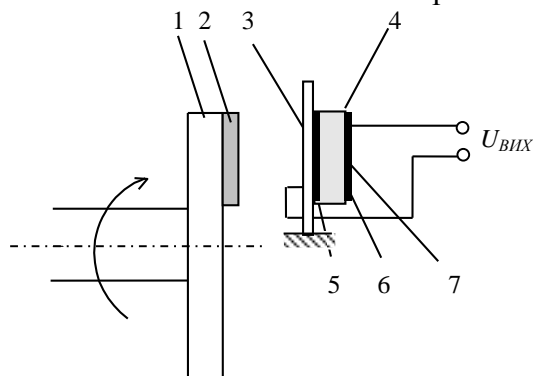


Рис. 4. Консольний п'єзомагнітний датчик числа обертів валів робочих механізмів:
1 – ротор; 2 – постійний магніт; 3 – пластина з магнітом'якого матеріалу; 4 – п'єзоелемент;
5, 6, 7 – електроди

Ще більшого значення чутливості можна досягти при використанні доменно-дисипативних властивостей п'єзоелементу [2], коли вектор напруженості поля вихідного сигналу практично перпендикулярний вектору поляризації кераміки. Для цього в роботі була змінена конструкція п'єзоперетворювача за рахунок здійснення отвору в металевій пластині та зміною електродів: з однієї сторони диск діаметру d , з іншої сторони – кільце з внутрішнім діаметром, що дорівнює d , а зовнішнім, що дорівнює діаметру п'єзоелемента D . Конструкція такого п'єзоперетворювача показана на рис.5.

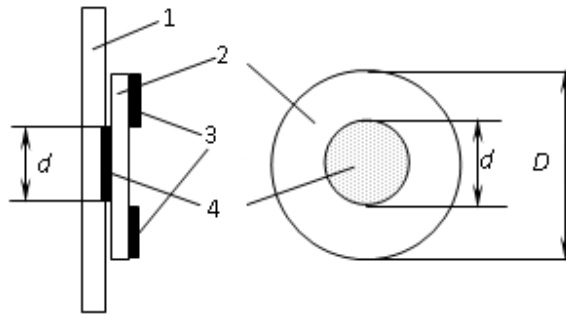


Рис. 5. Конструкція доменно-дисипативного п'єзоперетворювача:

На рис. 5 до пластини з магнітом'якого матеріалу 1 прикріплюється п'єзоелемент 2, на якому розміщені електроди 3 та 4.

Для експерименту був використовувався двигун ДПМ-20-Н3-01, дисковий п'єзоелемент $\varnothing 15 \times 1$ мм з матеріалу ЦТС-19, дискові магніти з самарій-кобальту $\varnothing 10 \times 2$ мм. Результати експерименту показали збільшення вихідної напруги більш ніж у 10 разів, порівняно зі звичайною схемою виконання п'єзотахометра.

Таким чином, в роботі запропоновано покращити чутливість датчиків п'єзомагнітних тахометрів за рахунок використання згинних коливань на п'єзоелементі, що досягається виконанням конструкцій п'єзоперетворювача з консольним закріпленням, а також завдяки використанню доменно-дисипативних властивостей п'єзоелементу, що виконується завдяки отвору у металевій пластині та особливій формі електродів п'єзоелементу. Застосування запропонованих рішень дозволило більш ніж у 10 разів підвищити чутливість датчиків п'єзомагнітних тахометрів.

Список літератури

1. Келим Ю.М. Электромеханические и магнитные элементы систем автоматики. – М.: Высш. шк., 1991. – 304 с.
2. Шарапов В.М. Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики : монография / Под ред. В.М.Шарапова. – Москва: Техносфера, 2006. - 632 с. – ISBN 5-94836-100-4.
3. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Марченко С.В. Исследование пьезомагнитных датчиков тахометров // «Вісник Черкаського державного технологічного університету», №4, 2003. – с. 90-93.
4. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Марченко С.В. Математическая модель пьезомагнитного датчика тахометра // Труды межгосударственной НМК “Проблемы математического моделирования”. – Днепропетровск, 2004. – С. 151-152.
5. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Чудаева И.Б., Марченко С.В. Пьезомагнитные датчики частоты вращения валов механизмов // Материалы XVI межд. НТК «Датчик-2004», Москва. – 2004. – с. 35-36.
6. Патент України 70590 А. П'єзомагнітний тахометр / Шарапов В.М., Мусієнко М.П., Марченко С.В. – МКИ G01P3/48 по заявці №20031211490 від 12.12.2003, опубл. 15.10.04, Бюл. №10.
7. Патент України 70591 А. П'єзомагнітний тахометр / Шарапов В.М., Мусієнко М.П., Марченко С.В. та ін. – МКИ G01P3/48 по заявці №20031211491 від 12.12.2003, опубл. 15.10.04, Бюл. №10.
8. Патент України 71257 А. П'єзомагнітний тахометр / Шарапов В.М., Мусієнко М.П., Марченко С.В. – МКИ G01P3/48 по заявці №20031211492 від 12.12.2003, опубл. 15.11.04, Бюл. №11.
9. Бугаев В.И. Сборщики энергии вибраций от Mide Technology приходят на смену батарейкам / В.И.Бугаев, В.А.Дидук, М.П.Мусиенко // Новости электроники. Москва. – № 7(141). 2015. С. 23 – 27. – 584 с.

Куницька Л.Г., к.т.н., доцент

Кісінь Т.Ю., к.т.н., доцент

Черкаський державний технологічний університет

l_kunytka@ukr.net

ВИКОРИСТАННЯ П'ЄЗОТРАНСФОРМАТОРНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ

***Abstract.** The piezotransformer has several advantages when measuring dynamic characteristics. In the simplest case, a piezoelectric transformer is a piezoelectric element with three electrodes, forming two systems of electrodes. The piezotransformer circuit is very convenient for determining the inherent only of this object given to the oscillating system of dynamic characteristics. With the help of a piezotransformer method, it is possible to obtain not only information about resonant frequencies, but also quality factor, bandwidth, internal (own) resistance of the piezotransformer.*

***Key words:** piezotransformer, piezoceramic electro-acoustic transducers, piezoelectric oscillator, resonant frequencies, sound pressure.*

Створення складних автоматизованих виробництв обумовлює необхідність розробки і впровадження засобів контролю, без яких неможливе отримання інформації про поточні процеси, стан приладів, устаткування та інші компоненти виробничого циклу.

У світовій практиці для контролю динамічних процесів в якості первинних перетворювачів інформації широко застосовуються п'єзокерамічні перетворювачі акустичного і швидкозмінного тиску, прискорення, зусилля, вібрації, ударів, кутів нахилу та інших фізичних величин.

Цікавим є дослідження можливості визначення динамічних характеристик електроакустичних перетворювачів за допомогою п'єзотрансформаторного методу, тому що схема п'єзотрансформатора дуже зручна для визначення властивих тільки даному об'єкту, даній коливальній системі динамічних характеристик [1].

У найпростішому випадку п'єзоелектричний трансформатор представляє собою п'єзоелемент з трьома електродами, що утворюють дві системи електродів. Раніше п'єзотрансформатори використовувалися перш за все для зміни рівня вхідного сигналу. Крім того, на основі п'єзотрансформаторів були розроблені датчики статичних зусиль. Та, як виявилось в результаті досліджень, за допомогою п'єзотрансформаторного методу можна отримати не лише інформацію про резонансні частоти, але і добротність, ширину смуги робочих частот, внутрішній (власний) опір п'єзотрансформатора [2, 3]. П'єзотрансформатор має ряд переваг при вимірюванні динамічних характеристик. Наприклад, на рис. 1,а показана АЧХ, знята для п'єзоелемента з двома електродами (п'єзорезонатор) відомим способом (у струмовому режимі), недоліком якого є якісна і кількісна сторони інформації про вигинисті коливання, а на рис. 1,б – АЧХ того ж п'єзоелемента в п'єзотрансформаторному режимі. Як видно з рис. 1, останній має очевидні переваги перед струмовим режимом (режимом резонатора).

Використовуючи методи електромеханічних аналогій і теорії електричних ланцюгів, можна отримати еквівалентну схему п'єзокерамічних електроакустичних перетворювачів, а потім визначити ефективність перетворення електричної енергії в механічну (рис. 2).

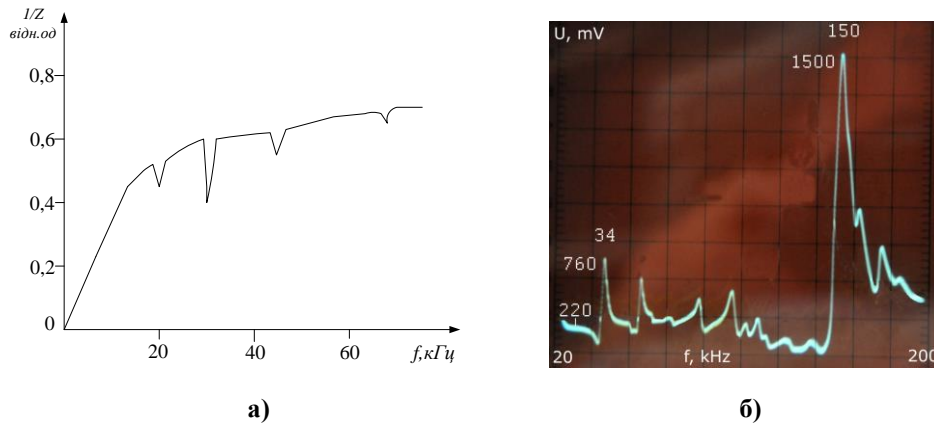


Рис. 1. АЧХ п'єзоелемента: а) в струмовому режимі; б) в режимі п'єзотрансформатора

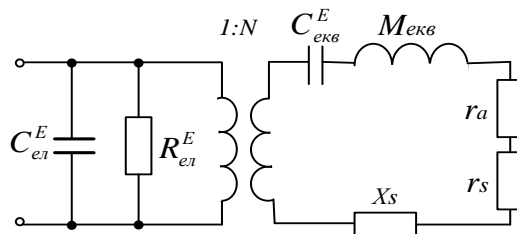


Рис. 2. Еквівалентна схема п'єзоелектричного випромінювача:
 r_a – опір механічних втрат; r_s – втрати енергії на випромінювання; X_s – інерційний опір маси, яка коливається; $C_{екв}^E$ - гнучкість випромінювача; $C_{ел}^E$ - статична ємність випромінювача;
 $R_{ел}^E$ - опір випромінювача

Звуковий тиск електроакустичного перетворювача в режимі випромінювання можна знайти за допомогою співвідношення:

$$p(r,0,0)e^{j(\varphi p - kr)} = \frac{k(\rho c)_B v_0}{r} e^{j(\varphi p - kr)} = \frac{k(\rho c)_B NU}{r Z_M} e^{j(\varphi k - \varphi_M + \varphi_U - kr)} \quad (1)$$

де k – коефіцієнт, що враховує дифракційні явища в полі випромінювача;
 v_0 – швидкість точки приведення;
 N – коефіцієнт електромеханічної трансформації;
 U – електрична напруга;
 r – відстань до точки приведення;
 Z_M – опір механічної сторони перетворювача, рівний

$$Z_M = r_M + j(\omega m_{екв} - \frac{1}{\omega C_{екв}^E}) = Z_M e^{j\varphi_M}, \quad (2)$$

φ_k , φ_M і φ_U – зсуви фаз тиску, обумовлені дифракцією, параметрами механічної сторони перетворювача і електричною напругою.

Амплітудно- і фазочастотні характеристики приведенного тиску $p_{II} = f_1(F)$ і $\varphi_M = f_2(F)$ для різних добротностей випромінювача показані на рис. 3.

Якщо антирезонансні частоти п'єзовипромінювача і п'єзоприймача рівні, то в загальному випадку частоти максимального коефіцієнта передачі в режимах випромінювання і прийому не збігаються. Тому смуга пропускання системи в режимі «випромінювання-прийм» може вийти ширшою за смугу пропускання кожного перетворювача окремо.

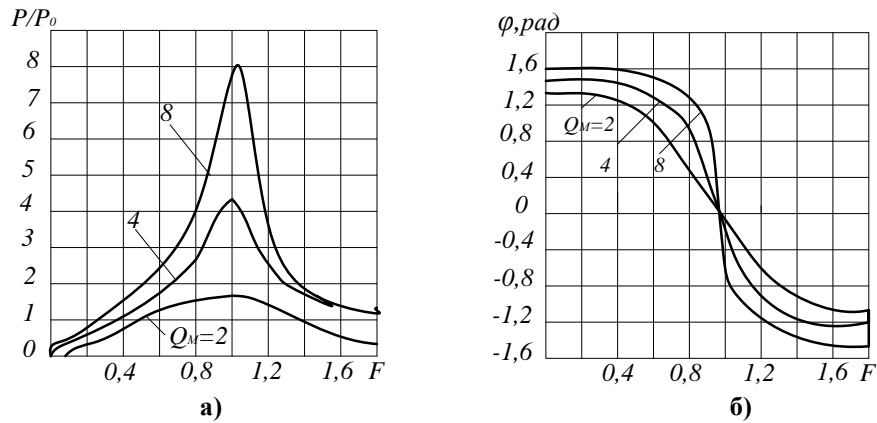


Рис. 3. Амплітудно- (а) і фазочастотні (б) характеристики п'єзовипромінювача за звуковим тиском

АЧХ системи при достатній величині коефіцієнта електромеханічного зв'язку має форму двогорбої кривої, як на характеристиках, наведених на рис. 4.

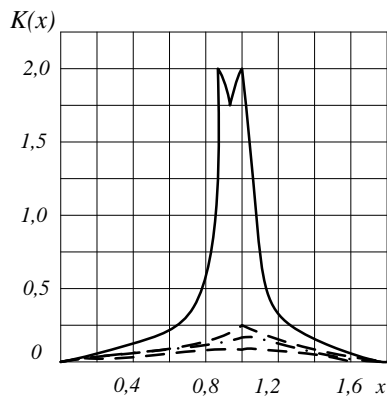


Рис. 4. АЧХ системи випромінювач-приймач без електричних узгоджувальних ланцюгів

Дані АЧХ розраховані для випадку, коли випромінювач живиться від генератора напруги, а приймач працює на електричному холостому ході. При живленні від генератора з кінцевим внутрішнім опором частота максимального випромінювання зсувається в бік антирезонансних частот, і АЧХ стає одногорбою [1].

Список літератури

1. Куницкая Л.Г. Совершенствование дисковых биморфных пьезокерамических электроакустических преобразователей на основе пьезотрансформаторов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.05/ Куницька Лариса Георгіївна; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Черкаський державний технологічний університет ; наук. кер. Шарапов В.М. – Черкаси, 2012. – 166с.
2. Sharapov V., Sotula Zh., Kunitskaya L. Piezoelectric electroacoustic transducers. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, 2013. - 230 p.
3. Шарапов В.М. Электроакустические преобразователи / В.М. Шарапов, И.Г. Минаев, Ж.В. Сотула, Л.Г. Куницкая. – М.: Техносфера, 2013. – 280 с.

Машенко В.А., к.ф.-м.н. доцент,
доцент кафедри фізики
Рівненський державний гуманітарний університет
e-mail: volodymyr_mashchenko@ukr.net, тел. 8 (050) 355-34-63

ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРУЖНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕТЕРОГЕННИХ МАТЕРІАЛІВ

Abstract. The structure of the information-measuring system for measuring the velocities of the propagation ultrasonic waves and their absorption coefficients and the determination of the elastic parameters of the heterogeneous materials on their basis is proposed. The technical requirements for the information-measuring system and the specified tasks for the individual units of the system are established.

Key words: structural scheme of the information-measuring system, ultrasonic wave.

Одним із завдань сучасної метрологічної науки є підвищення точності вимірювань. Важливу роль у їх реалізації відіграють інформаційно-вимірювальні системи (ІВС). Питаннями розробки ІВС, методів, засобів та алгоритмів вимірювання механічних величин, програмно-математичного забезпечення вимірювальних систем, автоматизації та оптимізації процесів вимірювання присвячені роботи відомих українських вчених Є.Т. Володарського, О.М. Новікова, П.П. Орнатського, І.Б. Сіроджа, Ю.О. Скрипника, Ю.М. Туза та ін.

Важливе місце у методах визначення механічних величин (модуля Юнга, модуля зсуву, об'ємного модуля деформації, коефіцієнта Пуассона) займають акустичні ультразвукові (УЗ) методи [1]. Для забезпечення високої точності їх вимірювань необхідно враховувати всі особливості випромінювання УЗ-коливань, їх поширення, відбивання, заломлення, прийому та опрацювання інформації, що сьогодні неможливо без використання ІВС.

Метою роботи є проектування ІВС для вимірювання швидкостей поширення ультразвукових хвиль та коефіцієнтів їх поглинання в зразках гетерогенних матеріалів.

Ефективне керування інформаційно-вимірювальною системою для визначення механічних параметрів гетерогенних матеріалів неможливе без використання засобів автоматизації та інформаційно-комунікаційних технологій. При розробці ІВС необхідно передбачити їх конструктивну та інформаційну сумісність і врахувати наступні технічні вимоги:

- температурний інтервал вимірювань;
- передбачуваний інтервал вимірювання необхідних величин для визначення механічних параметрів гетерогенних матеріалів;
- точність реєстрації допоміжних і діагностичних параметрів ІВС;
- тривалість проведення вимірювань;
- постійні часу спрацювання окремих елементів ІВС для позиціонування зразка;
- діапазон частот збудження УЗ-хвилі;
- конструктивна, апаратна і програмна можливість проведення вимірювань при переході на інші частоти збудження УЗ-хвиль.

Одним із головних аспектів точності проведення вимірювань є необхідність встановлення початкових налаштувань ІВС та виконання операцій в процесі автоматизованого збору і обробки інформації. Робота ІВС починається із завантаження

спеціально розробленої програми та запуску її на виконання. Програма повинна працювати в діалоговому режимі із вводом завдань від інженера-дослідника та передбачати візуалізацію необхідної інформації проміжного характеру у вигляді повідомлень про результати вимірювань, можливі помилки в роботі ІВС та інше. При обробці результатів експерименту повинна бути передбачена можливість представлення даних у вигляді таблиць і графічних залежностей відповідних величин, а по завершенню виконання алгоритму вимірювань – запис даних у файли бази даних.

На рис.1 представлена структурна схема ІВС для вимірювання пружних параметрів гетерогенних матеріалів.

Система складається із таких основних елементів:

- кювета з імерсійною рідиною, зразком гетерогенного матеріалу, випромінювачем і приймачем УЗ-коливань (1);
- електронний блок керування ІВС (2);
- електромеханічна система позиціонування зразка в кюветі (3);
- цифровий осцилограф для контролю та запису вхідного сигналу;
- ПК із розробленим програмним забезпеченням.

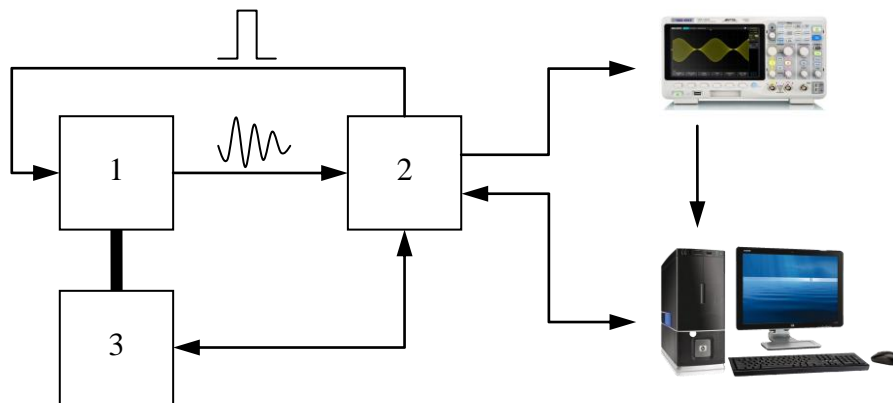


Рис. 1. Структурна схема ІВС для визначення пружних параметрів

Електронний блок ІВС має виконувати наступні задачі:

- формувати зондуєчий імпульс;
- виявляти прийнятий сигнал та вимірювати його амплітуди;
- визначати час проходження зондуєчого імпульсу;
- передавати отримані дані в ПК для подальшої обробки;
- приймати від ПК команди та формувати відповідні керуючі сигнали для системи позиціонування досліджуваного зразка;
- здійснювати індикацію стану роботи ІВС та параметрів вимірювання.

Конструктивна реалізація ІВС для визначення швидкостей поширення поздовжніх та поперечних хвиль і коефіцієнтів їх поглинання за допомогою імерсійного методу разом із методом обертової пластини дозволить оптимізувати визначення комплексу пружних параметрів гетерогенних матеріалів.

Список літератури

1. Физическая акустика / Под. ред. У. Мезона. Том. 1. Методы и приборы ультразвуковых исследований. Часть А. – М.: Мир, 1966. – 592 с.

Нікольський В.В., д.т.н., професор,
професор кафедри теорії автоматичного управління та обчислювальної техніки
Національний університет «Одеська морська академія»
e-mail: prof.Nikolskyi@ukr.net
Бережний К.Ю., аспірант
Національний університет «Одеська морська академія»
e-mail: 90demon777@ukr.net

МОДЕЛЬ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ЗОНДУ РЕОМЕТРУ

Abstract. *A kinematic scheme and a model of the rheometer measuring probe are developed on the basis of the method of coaxial cylinders, which takes into account the processes in the three main blocks of the probe: the oscillator of a linear piezodriver, the friction contact, the tribotechnical unit. The output parameter is the time of passage of the cylinder between the extreme positions. Justified use pulse width modulation to control the piezodriver.*

Key words: *probe rheometer, linear piezo driver, frictional contact, SimInTech.*

Підвищення жорсткості до викидів в довкілля шкідливих речовин при роботі суднових малообертових двигунів потребує постійного підвищення ефективності роботи паливної апаратури, складовою якої є регулятор в'язкості. В свою чергу, до складу регулятора входить вимірювальний зонд (ВЗ). В [4, 5] проведено аналіз сучасних методів, які використовують при визначенні в'язкості важкого палива за допомогою реометрів. В [4] доведено, що найбільш наближеним до реальних процесів у паливній апаратурі є метод співвісних циліндрів.

Метою створення моделі ВЗ є встановлення зв'язків елементів, які входять до його складу, і як вони впливають на характеристики в цілому. Для досягнення цієї мети було розроблено кінематичну схему ВЗ реометру, яка позбавлена такого недоліку, як протікання рідини за рахунок повороту ВЗ в порівнянні з [4] на кут 90° - у вертикальне розташування. В такому випадку з'явилась можливість занурити ВЗ в ємність з досліджуваною рідиною, а також забезпечити її локальний підігрів. Це дозволило не тільки проводити дослідження в потоці, а й в лабораторних умовах.

На рис. 1, а наведено кінематичну схему ВЗ на співвісних циліндрах, на рис. 1, б – структурну схему ВЗ з лінійним п'єзоелектричним двигуном (ЛПД) від ТОВ «Лілея», в якому в якості осцилятора застосовано п'єзоелемент з поперечною поляризацією, наприклад, від Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG.

Однак, в порівнянні з конструкцією ВЗ з [4], де рухомий циліндр утримувався в нерухомій за рахунок масляного клину рідині, в запропонованій структурній схемі на рухомий циліндр буде діяти сила тяжіння, яка обумовлена приєднаними масами рухомого циліндру 5 зі штоком, що призведе до розбіжності в швидкості пересування рухомого циліндру між крайніми станами. За наявності фіксованих відстані та швидкості пересування рухомого циліндру вихідним параметром може бути час його пересування.

Нами запропоновано поділити процеси, які відбуваються у ВЗ реометру, на наступні складові: коливання п'єзорезонатору (осцилятора); фрикційний контакт у ЛПД; пересування рухомого циліндру в трибо технічному вузлі.

В [3] було запропоновано універсальну модель осцилятора, яку може бути

застосовано для осцилятора з подовжньою та поперечною поляризацією.

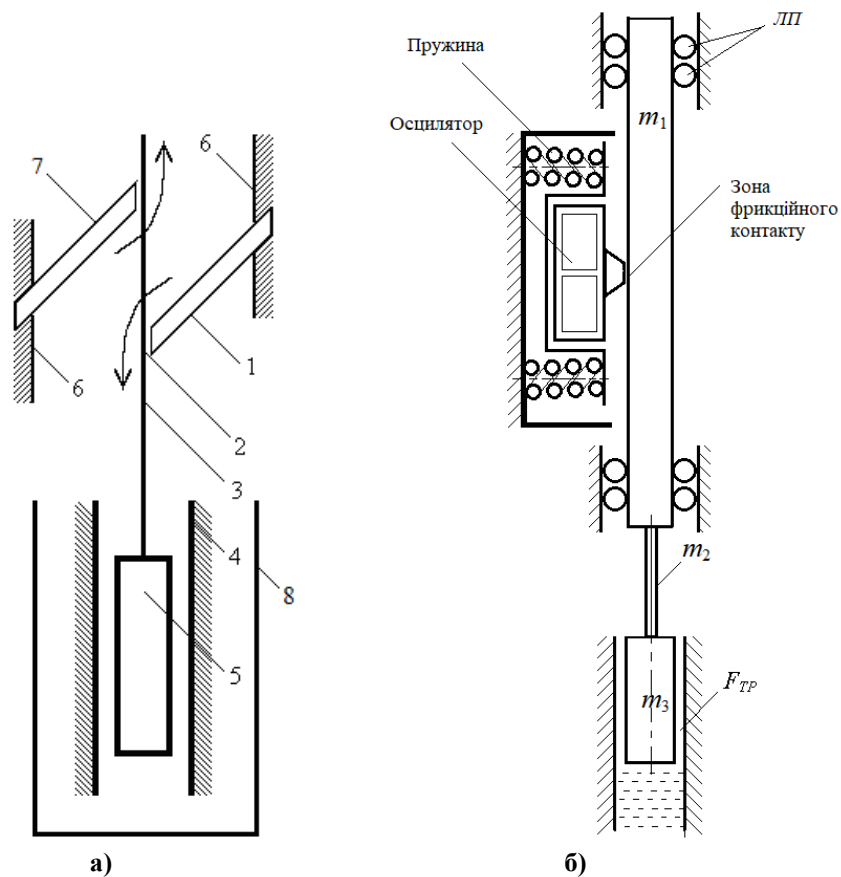


Рис. 1. Кінематична схема ВЗ (а) на співвісних циліндрах: 1, 7 – п'єзореzonатор (ПР); 2 – точка торкання; 3 - шток; 4 – нерухомий циліндр; 5 – рухомий циліндр; 6 – основа, до якої кріпляться ПР; 8 – стакан з рідиною. Структурна схема ВЗ з одним осцилятором (б).

Для розробки субмоделі осцилятора ЛПД було застосовано програмне забезпечення від компанії SimInTech (МВТУ) [7] завдяки застосуванню меншого часу для обчислення моделей.

На рис. 2, наведено зовнішній вигляд (а) та внутрішній склад (б) субмоделі осцилятора на базі сегнетожорсткої кераміки SP-4 [8] з наступними параметрами: $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, $\epsilon_{33}=1250$, $h=8,9 \cdot 10^{-3}$ кг/с, $g_{31}=-11 \cdot 10^{-3}$ Н/м, $\rho=7600$ кг/м³, $Y_{11}=8,3 \cdot 10^{10}$ Па, $d_{31}=-11,5 \cdot 10^{-12}$ Кл/Н. При розмірах ПР $b=11,3 \cdot 10^{-3}$ м, $l=11,3 \cdot 10^{-3}$ м, $h=4 \cdot 10^{-3}$ м, $m_2=0,0039$ кг, $R_{em}=50$ Ом, $K_{П1}=K_3=0,6$.

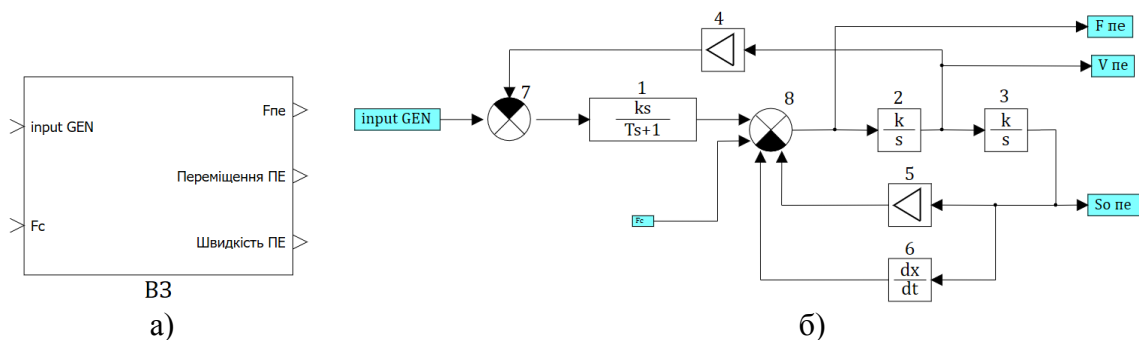


Рис. 2. Субмодель осцилятора (а), внутрішня структура (б)

На рис. 2, б позначені наступні блоки 1 – інерційно – диференційна ланка; 2, 3 – інтегратори; 4, 5 – підсилювачі; 6 – проїздна; 7, 8 – порівняльні пристрої – суматори.

Параметри для цих блоків складають: $k=0.6$, $T=1.75203E-11$; 2 – $k=257.6$; 3 – $k=1$; 4 – $k=30$; 5 – $k=2.6495675E9$; 6 – $k=0.0089$.

Аналіз результатів моделювання довів, що при частоті вхідного сигналу (input GEN) 1305357.13 рад/с и амплітуді 100 В ПР розвиває миттєві силу $F_{пе}$ 20 Н, швидкість $V_{пе} = 0,5$ м/с та однократне переміщення вільного кінця ПР $S_{о пе} = 33$ мкм.

При розрахунках було застосовано метод діагонально неявний (DIRK2). Цей метод реалізований також і в системі MATLAB / Simulink під назвою Ode23tb. Як зазначає сам розробник програмного забезпечення, реалізація цього методу в SimInTech і в MATLAB розрізняються, внаслідок чого можуть трохи відрізнятись і результати його застосування в цих системах.

Для створення моделі ВЗ нами запропоновано замінити один осцилятор (рис. 3) на три п'єзрезонатори (ПР) (рис. 3, а) з поперечною поляризацією, де ПР₁ виконує функцію заклинювання, ПР₂ пересуває рухомий циліндр зверху-вниз, а ПР₃ – знизу-вверх. Рухома частина масою m_1 рухається в лінійних підшипниках, до неї приєднані штанга масою m_2 та рухомий циліндр m_3 . Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 - переміщення вільних кінцівок ПР₁, ПР₂, ПР₃ відповідно. Цю модель можна поділити на дві частини в залежності від напрямку руху. На рис. 3, б зображено модель при русі вниз, а на рис. 3, в – при русі вгору.

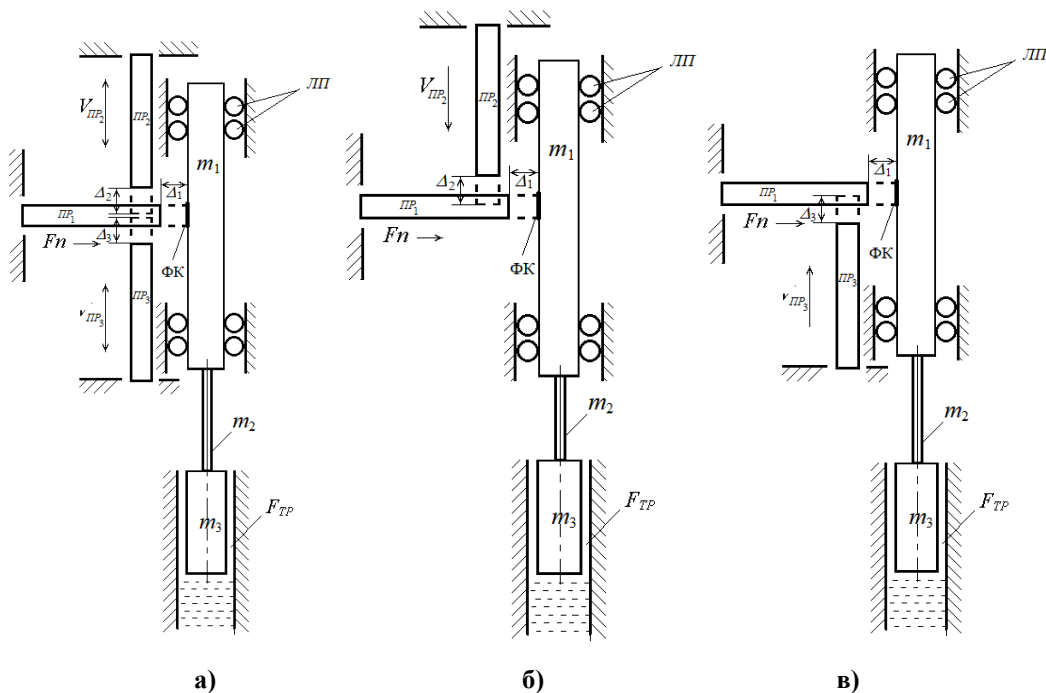


Рис. 3. Модель ВЗ: а - з трьома ПР; б – з двома ПР при русі вниз; в – з двома ПР при русі вгору

При розробці опису фрикційного контакту було використано конструкцію п'єзоелектричного двигуна [1], де один осцилятори (1, 7) (див. рис. 1, а), які розташовані під кутом можна замінити на два ПР. Тому було запропоновано замінити при побудові моделі ВЗ один загальний осцилятор на три (рис. 3, а).

Теорія фрикційного контакту була розроблена Лавриненко В.В. [2], згідно якої розглянуто чотири можливих стани фрикційного контакту: I - зона розгону тіла T_2 ; II— зона гальмування; III—зона порушення фрикційного контакту; IV—зона гальмування. Усі чотири зони в сумі дорівнюють періоду коливань рухомого тіла. Нами було

прийняте припущення, що всі чотири зони мають рівний час. Тоді зона розгону рухомого циліндру становить 90° від усього періоду коливань. Було реалізовано три варіанти моделі фрикційного контакту.

Окремої уваги заслуговує питання управління ЛПД. На теперішній час управління п'єзоелектричними двигунами здійснюється наступними методами: амплітудний, частотний, фазовий та широтно-імпульсна модуляція (ШІМ). Слід зазначити, що три перших методи почали застосовуватися з 80-х років минулого сторіччя. Але пристрої управління виявилися складними, які потребують додаткового налаштування. Найбільш вживаним з них залишився амплітудний метод. Однак з початку 2000 років широкого застосування набула широтно-імпульсна модуляція завдяки поширенню контролерів, які працюють в жорсткому реальному часі та спеціальним додатковим модулям. Це дозволило застосовувати як апаратну, так й програмну реалізацію ШІМ.

Крім того, слід зазначити, що схеми перетворювачів постійної напруги в змінну для живлення ЛПД на фіксованих частоті та амплітуді в 2-3 рази дешевше, ніж у випадку застосування амплітудного методу.

Нами було проведено моделювання процесів у триботехнічному вузлі при застосуванні ШІМ. Вихідним параметром обрано час проходження рухомого циліндру між крайніми положеннями.

У результаті проведених досліджень синтезовано структурну схему реометру із приводом на ЛПД та співвісних циліндрах, які розташовані вертикально. Набула подальшого розвитку модель фрикційного контакту в ЛПД, що дозволило розробити модель вимірювального зонду та реалізувати електронне моделювання пристроїв для їх ефективного проектування.

Вірогідність отриманих результатів підтверджена при електронному моделюванні в пакеті SimInTech.

Практична цінність отриманих результатів полягає в можливості проектування вимірювальних зондів віскозиметрів і реометрів на співвісних циліндрах, процеси в яких адекватні процесам у реальних триботехнічних вузлах паливної апаратури ДВЗ.

Список літератури

1. Лавриненко В.В., Карташев И.А., Вишнеvский В.С. Пьезоэлектрические двигатели. - М.: Энергия, 1980. - 112 с.
2. Лавриненко В.В. Теория фрикционного контакта пьезоэлектрического двигателя // Диэлектрики и полупроводники: науч.-техн. сб. - Киев: КПИ, 1985. - Вып. 28. - С.26-33.
3. Никольский А.А. Точные двухканальные следящие электроприводы с пьезокомпенсаторами. - М.: Энергоатомиздат, 1988. – 160 с.
4. Никольский В.В. Основи створення пристроїв п'єзоактивної механіки для систем керування двигунами внутрішнього згорання: Дис. ... док.. техн. наук: 05.13.05. - Одесса, 2005. - 230 с.
5. Никольский М. В. Пьезоэлектрический Вискозиметр / М.В. Никольский, К.Ю. Бережной // Наукові праці ЧДУ ім. Петра Могили. – Серія: “Комп’ютерні технології”. – Вип. 275. – Т. 287. – Миколаїв, 2016. – С. 60–63.
6. Петренко С.Ф. Пьезоэлектрический двигатель в приборостроении. – К.: «Корнійчук», 2002. – 96 с.
7. SimInTech [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://simintech.ru/?page_id=9 (Дата звернення 14.08.2018).
8. PIEZOELECTRIC PROPERTIES [Електронний ресурс]. - Режим доступу: www.sparklceramics.com/piezoelectricproperties.html (Дата звернення 06.08.2018).

Омелян А.В., аспірант

e-mail: 31master91@gmail.com, тел. 8 (066) 300-62-67

Петренко С.Ф., д.т.н., професор

e-mail: tyl1@naverex.kiev.ua, тел. 8 (067) 918-32-68

Новаковський О.Г.,

e-mail: alex.novakovskiy@gmail.com, тел. 8 (067) 799-66-32

Мале науково-виробниче підприємство ТОВ «Лілея»

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСЦИЛЯТОРІВ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ

Abstract. *The article proposes a stand for studying the resonance characteristics of piezoelectric oscillators. A small rectangular plane piezoelectric resonator with different geometric tolerances was investigated.*

Key words: *piezoelectric motor, resonance characteristics, rectangular plane resonator.*

На практиці якість п'єзоелектричного двигуна перевіряється шляхом вимірювання параметрів його електричного резонансу, тобто вимірювання залежності струму споживання двигуна від частоти збудження п'єзоелектричного резонатора [1]. Цей параметр в значній мірі визначає як швидкість п'єзоелектричного двигуна, так і його момент або силу. В залежності від резонансної характеристики вибирається частотна робоча точка двигуна – лівий або правий її схил [2]. Також ця залежність є головним параметром для драйвера п'єзоелектричного двигуна.

Всі ці властивості в значній мірі залежать як від матеріалу п'єзоелектричного резонатора, так і його геометричних розмірів. При серійному виготовленні п'єзоелектричних резонаторів в значній мірі важливо знати допуски на геометричні розміри при виготовленні резонатора. Тому, в запропонованій роботі розглядається стенд для контролю резонансних характеристик осциляторів (резонатор з елементами кріплення у складі двигуна) з метою виявлення впливу геометричних допусків резонаторів при їх виготовленні на резонансну характеристику.

Структурна схема стенду представлена на рис. 1.

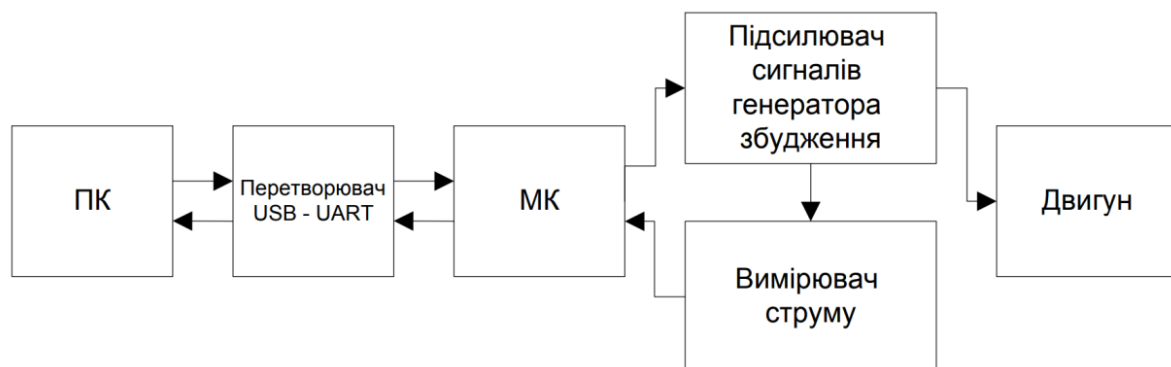


Рис. 1. Структурна схема стенду

Стенд включав в себе послідовно з'єднані персональний комп'ютер (ПК), перетворювач USB-UART, мікроконтролер (МК), підсилювач сигналів генератора збудження, двигун з досліджуваним осцилятором. Вимірювач струму був під'єднаний до підсилювача сигналів генератора збудження та мікроконтролера.

Стенд працював наступним чином. ПК надсилав параметри вимірювання на МК PIC16F18325, таких як діапазон заданих частот, крок зміни частоти генератора та час утримання частоти генератора. Після цього МК генерував сигнал збудження для п'єзоелектричного двигуна з початковою частотою, яка відповідала правій границі заданого діапазону частот. Цей сигнал надходив на блок підсилення сигналів генератора збудження для підсилення вихідної потужності, а далі на двигун. Вимірювач струму споживання двигуна був реалізований на шунтовому резисторі з подальшим підсиленням напруги на ньому з використанням операційного підсилювача LMV3211LT. Вихідний сигнал підсилювача фільтрувався низькочастотним RC-фільтром. Відфільтрований сигнал був оцифрований за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) з частотою ~ 31 кГц, вбудованого в МК.

Вимірювання продовжувалося протягом зазначеного часового параметра, такого як час утримання частоти генератора. Після цього отримане значення струму та значення частоти генератора були надіслані на ПК. Далі частота генератора зменшувалася на значення, яке відповідало параметру кроку зміни частоти генератора. Після цього вимірювання виконувалося повторно до тих пір, поки частота генератора не стане рівною лівій границі заданого діапазону частот. Після завершення вимірювання ПК виконував розрахунки струму, зберігав отримані дані в файл та будував графік залежності струму від частоти збудження п'єзоелектричного двигуна.

В роботі досліджувалися прямокутні плоскі резонатори малогабаритного п'єзоелектричного двигуна PM-510R [3] з характерними розміром резонатора 10мм.

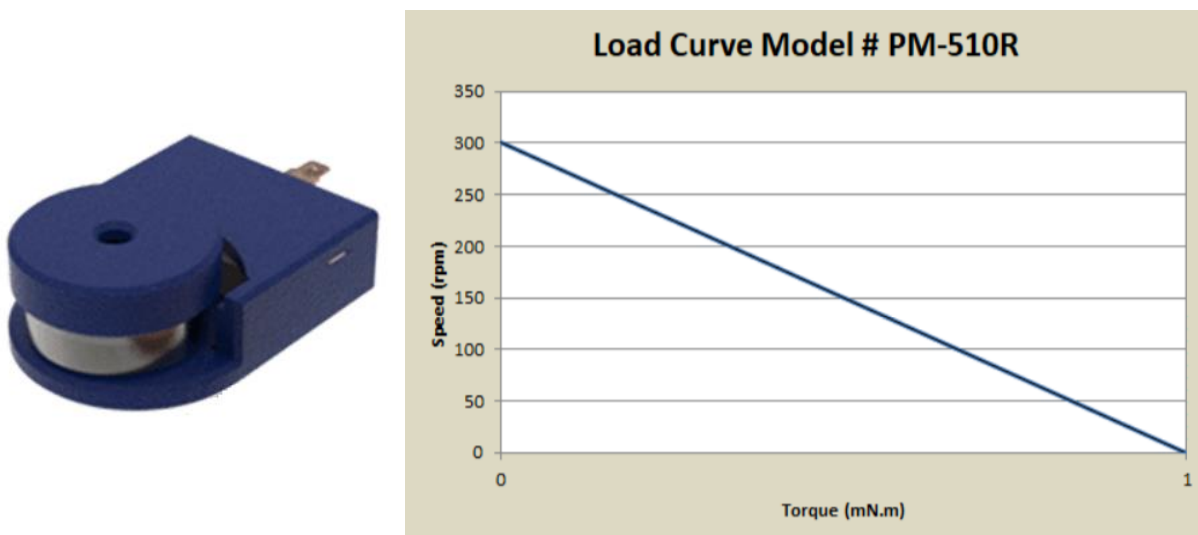


Рис. 2. П'єзоелектричний двигун PM-510R та його навантажувальна характеристика

Досліджувалося дві групи резонаторів:

- група I з допуском виготовлення резонаторів 50мкм;
- група II з допуском виготовлення резонаторів 200мкм.

Результати тестування резонаторів представлено на рис.3 (крок зміни частоти генератора ~ 75 Гц, час утримання частоти генератора – 100мс, кількість вимірів усереднення ~ 3100 , кількість вимірів в діапазоні частот ~ 400).

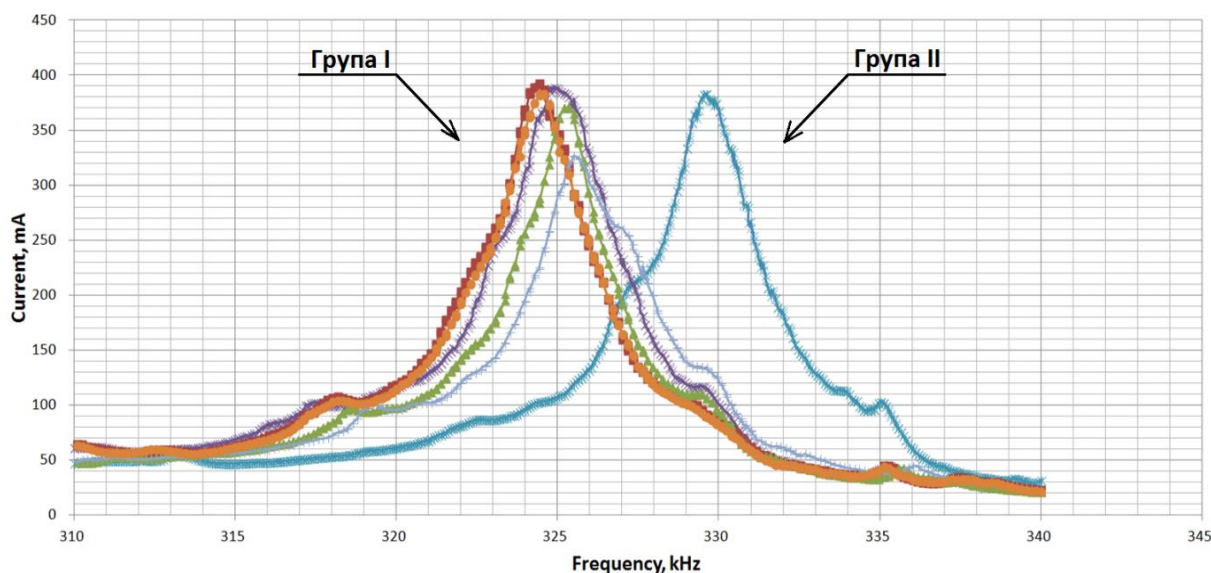


Рис.3. Резонансні характеристики осциляторів з різним геометричним допуском їх виготовлення

З результатів дослідження видно, що розбіжність по резонансній частоті резонаторів групи I не перевищувала 1,5 кГц, а розбіжність резонансних частот групи I і групи II складала близько 5 кГц, що добре узгоджувалося з теоретичними оцінками.

Висновки. Таким чином, було підтверджено працездатність такого стенду для застосування його при серійному виробництві п'єзоелектричних двигунів.

Список літератури

- 1.Петренко С.Ф. Пьезоэлектрический двигатель в приборостроении / С.Ф. Петренко. — Корнійчук, 2002.— с. 96.
2. Петренко С. Ф., Омелян А. В., Антонюк В. С., Новаковський О. Г “Система керування п'єзоелектричним двигуном” / Вісник НТУУ “КПІ”. Серія Приладобудування. – 2018. – Вип. 55, с.5-10.
- 3.Digital International Technology [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – USA: Digital International Technology, 2017. – Режим доступу: www.dtimotors.com (дата звернення 1.05.2018) – Назва з екрана.

Оріховський Р.О., магістрант
Ситник О.О., к.т.н., професор
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси

**ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ БЛОКІВ ПАКЕТІВ SIMULINK ТА
POWER SYSTEM BLOCKSET ДЛЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
СИЛОВИХ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ**

***Abstract.** Recently, the power electronics device has become popular. Its important direction is the creation of virtual blocks for simulation modeling, which allow expanding the capabilities of the researcher.*

***Key words:** electronics device, imitation modeling.*

Силова електроніка відноситься до числа наукових і технічних дисциплін, що найбільш швидко розвиваються. Знання основ силової електроніки необхідні фахівцям в області електромеханіки, електроенергетики, електроприводу, електротехнологій та ін.

Дослідження особливостей функціонування різноманітних пристроїв силової електроніки, часто проводяться на реальних установках та їх фізичних макетах. Їх корисність і необхідність незаперечні. Однак в такому випадку є ряд обмежуючих чинників. Такі дослідницькі установки є недостатньо універсальними, для кожного іншого пристрою необхідна нова установка, що є вельми затратним підходом. Крім того, при дослідженні високовольтних вузлів пристроїв, існує певна небезпека щодо ураження електричним струмом під час проведення дослідів.

Розширити можливості дослідника, як при освоєнні теоретичних і практичних проблем силової електроніки, так і при проведенні попередніх випробувань новоспроектованих пристроїв силової електроніки, а також допомогти тим, хто вчиться самостійно, використовуючи дистанційне або інші форми навчання, дає можливість використання імітаційних комп'ютерних моделей, замість фізичних реальних.

Найбільш ефективними є моделі пристроїв, що створені на базі пакету MatLab-Simulink з застосуванням розширення Power System Blockset, а також Signal Processing Toolbox [1].

Для проведення дослідницько-лабораторних робіт з використанням імітаційних моделей, в якості об'єкту досліджень, використовуються такі фізичні пристрої, як автономні інвертори, перетворювачі постійної напруги, перетворювачі ведені мережею тощо.

При правильному використанні імітаційних моделей для дослідження, можливо отримати результат практично аналогічний тому, що отримується при використанні реальних електронних та електричних пристроїв.

Таким чином використання імітаційних моделей можна розглядати, як вельми ефективну можливість, для більш глибокого та гнучкого вивчення функціонування різноманітних пристроїв силової електроніки.

Список літератури

1. *Лазарев Ю.Ф.* MATLAB і моделювання динамічних систем. Навчальний посібник. Глава 3. Пакет програм Simulink. – Київ: НТУУ «КПІ», 2009. – 79с.

Осадчук О.В., д.т.н., професор; Осадчук В.С., д.т.н., професор;
Осадчук Я.О., аспірант

Вінницький національний технічний університет (Україна)
e.mail: osadchuk.av69@gmail.com, тел. (0432) 50-51-20

**РАДІОВИМІРЮВАЛЬНИЙ ЧАСТОТНИЙ ПАРАМЕТРИЧНИЙ
МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ТИСКУ НА ОСНОВІ
БІПОЛЯРНОЇ ТРАНЗИСТОРНОЇ СТРУКТУРИ
З АКТИВНИМ ІНДУКТИВНИМ ЕЛЕМЕНТОМ**

Abstract. In this work, a radio-frequency parametric microelectronic pressure transducer based on a bipolar transistors structure with an active inductive element is investigated, which is an autogenerator circuit consisting of four bipolar transistors, two tensosensitive bipolar transistors acting on the tensosensitive elements. Under the influence of pressure on the strain-sensitive bipolar transistors, the pressure is transformed into a change in the generation frequency, which greatly improves the metrological characteristics of the transducer. The analytical functions of transformation and sensitivity of a parametric transducer are obtained. The sensitivity of the frequency parametric microelectronic transducer is from $1.42 \text{ kHz/Pa} \cdot 10^5$ to $16 \text{ kHz/Pa} \cdot 10^5$.

Key words: frequency parametric pressure transducer, frequency output signal, transformation function, sensitivity, negative differential resistance.

Тиск відноситься до одного з основних параметрів, який підлягає вимірюванню і контролю в різноманітних галузях науки, техніки, промисловості. Його потрібно вимірювати в космічних дослідженнях, при моніторингу навколишнього середовища, в автомобільній промисловості, комп'ютерній техніці, будівництві, хімічній промисловості, нафтогазовій промисловості, військовій техніці тощо [1]. Тому виявляється нагальна необхідність розширення наукових досліджень в галузі вітчизняного виробництва радіовимірювальних мікроелектронних параметричних перетворювачів механічних величин з огляду їх подальшого розвитку в напрямках: малі масогабаритні показники, висока точність, надійність та інтеграція з мікропроцесорними пристроями обробки інформації.

Перспективним науковим напрямком, що дозволяє усунути недоліки аналогових сенсорів тиску, є створення радіовимірювальних частотних мікроелектронних параметричних перетворювачів, які реалізують принцип перетворення "тиск-частота" на основі реактивних властивостей напівпровідникових структур з від'ємним опором. Створення таких приладів виключає з їх конструкції підсилювальні пристрої та аналого-цифрові перетворювачі, що дозволяє знизити собівартість систем контролю та управління, а також створити "інтелектуальні" вимірювальні перетворювачі в результаті поєднання на одному кристалі схем обробки інформації та первинного перетворювача.

Запропоновано схему радіовимірювального частотного параметричного перетворювача тиску. Електрична схема перетворювача показана на рис. 1. Вона являє собою інтегральну схему, що складається з чотирьох біполярних транзисторів з однаковими типами провідності, два з яких є тензочутливими елементами, що створює передумови створення автогенераторного пристрою тиску [2].

На електродах колектор-емітер транзисторів VT1 і VT2 існує повний опір, активна складова якого має від'ємне значення, а реактивна – емнісний характер. Підключення активної індуктивності до колектора VT1 створює коливальний контур,

втрати енергії в якому компенсуються від'ємним опором [3]. Таким чином, резонансна частота коливального контуру залежить від дії тиску на тензочутливі біполярні транзистори.

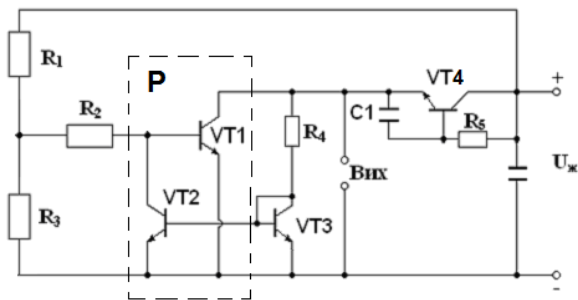


Рис. 1. Електрична схема радіовимірювального частотного параметричного перетворювача тиску на біполярній транзисторній структурі з активним індуктивним елементом

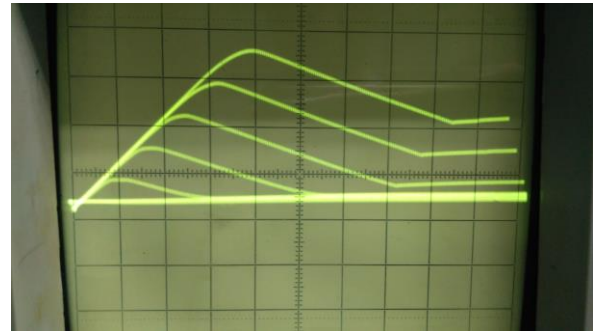


Рис.2. Сімейство статичних вольт-амперних характеристик (по вертикальній вісі одна поділка – 2мА, а по горизонтальній вісі – 2В)

На рис. 2 представлено сімейство статичних вольт-амперних характеристик радіовимірювального частотного параметричного перетворювача тиску на біполярній транзисторній структурі з активним індуктивним елементом. Вольт-амперна характеристика має ділянку від'ємного диференційного опору, що дозволяє компенсувати втрати енергії в коливальному контурі, який утворений еквівалентною ємністю колектор-емітер транзисторів VT1 та VT2 структури перетворювача (рис. 1) і активною індуктивністю.

Для визначення функції перетворення необхідно знайти залежність частоти генерації від дії тиску. Це можливо зробити розв'язавши систему рівнянь Кірхгофа, яка складена для змінного струму на основі нелінійної еквівалентної схеми. За допомогою пакета прикладних програм Matlab 7.1 на основі розв'язку системи рівнянь був визначений повний опір на електродах транзисторів VT1 та VT2. При розкладанні повного опору на дійсну і уявну складові можна визначити еквівалентну ємність коливального контуру, яка залежить від тиску. Розрахунки повного опору структури дозволяють отримати всі необхідні теоретичні залежності.

Аналitiчна залежність функції перетворення має вигляд

$$F = \frac{1}{4} \frac{Y_1 R_{ce1}(P) + \sqrt{Y_1^2 R_{ce1}^2(P) - 4R_{ce1}^2(P) D_1 Y_2}}{\pi R_{ce1}^2(P) D_1}, \quad (1)$$

де

$$D_1 = C_{bc1}^2(P) C_{be3} + C_{bc2}^2(P) C_{bc1}(P) + C_{bc4} C_{be4} C_{bc1}(P);$$

$$Y_1 = C_{bc1}(P) C_{be3};$$

$$Y_2 = C_{bc1}(P) + C_{be3}.$$

Графічна залежність функції перетворення представлена на рис. 3.

Чутливість радіовимірювального перетворювача тиску визначається на підставі виразу (1) і описується рівнянням:

$$\begin{aligned}
S_P^F = & -0,5 \left(\left(2C_{ce1}(P)C_{be3} \left(\frac{\partial C_{ce1}(P)}{\partial P} \right) + 2C_H(P)C_{bc1} \left(\frac{\partial C_{ce1}(P)}{\partial P} \right) + \left(\frac{\partial C_{ce2}(P)}{\partial P} \right) C_{be3}C_{bc1} \right) \times \right. \\
& V_2 / (V_1^2 - 4(C_{ce1}^2(P)C_{be3} + C_{ce2}^2(P)C_{bc1} + C_{ce3}C_{be3}C_{bc1})V_2)^{1/2} R_{ce4} \pi (C_{ce1}^2(P)C_{be3} + C_{ce2}^2(P) \times \\
& \times C_{bc1} + C_{ce3}C_{be3}C_{bc1})) - \frac{1}{4} ((V_1^2 - 4(C_{ce1}^2(P)C_{be3} + C_{ce2}^2(P)C_{bc1} + C_{ce3}C_{be3}C_{bc1})V_2)^{1/2}) \times \\
& \times \left(\frac{\partial R_{ce1}(P)}{\partial P} \right) / (R_{ce4}^2 \pi (C_{ce1}^2(P)C_{be3} + C_{ce2}^2(P)C_{bc1} + C_{ce3}C_{be3}C_{bc1})) - \frac{1}{4} (V_1 + (V_1^2 - 4(C_{ce1}^2(P) \times \\
& \times C_{be3} + C_{ce2}^2(P)C_{bc1} + C_{ce3}C_{be3}C_{bc1})V_2)^{1/2}) \left(2C_{ce1}^2(P)C_{be3} \left(\frac{\partial C_{ce1}(P)}{\partial P} \right) + 2C_{ce2}(P)C_{bc1} \left(\frac{\partial C_{ce2}(P)}{\partial P} \right) \right) + \\
& \left. + C_{be3}C_{bc1} \left(\frac{\partial C_{ce1}(P)}{\partial P} \right) \right) / (\pi R_{ce1}(P)(C_{ce1}^2(P)C_{be3} + C_{ce2}^2(P)C_{bc1} + C_{ce3}C_{be3}C_{bc1})^2). \tag{2}
\end{aligned}$$

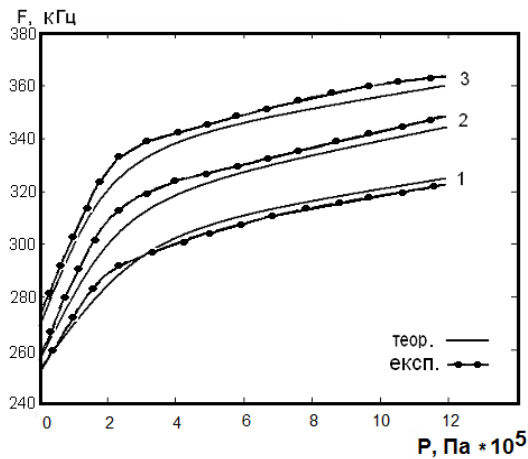


Рис. 3. Залежність частоти генерації радіовимірювального частотного параметричного перетворювача від тиску при напругах живлення: 1 – 4,5 В; 2 – 5,0 В; 3 – 5,5 В

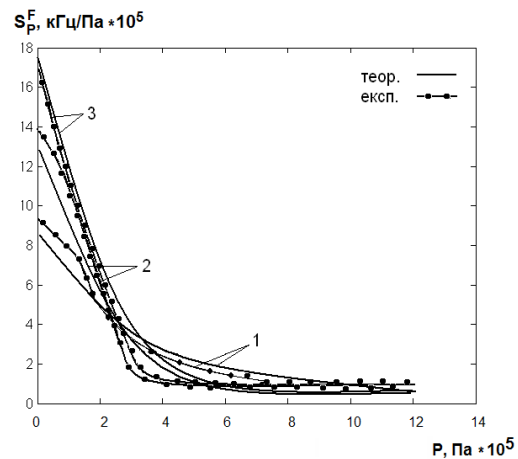


Рис. 4. Залежність чутливості від зміни тиску при напругах живлення: 1 – 4,5 В; 2 – 5,0 В; 3 – 5,5 В

Графік залежності чутливості представлено на рис.4. Як видно з графіка, чутливість радіовимірювального перетворювача складає від 1,42 кГц/Па·10⁵ до 16 кГц/Па·10⁵ при зміні тиску від 0 до 12 Па·10⁵.

Список літератури

1. Мікроелектронні сенсори фізичних величин. За редакцією З.Ю.Готри. В 3 томах. - Львів: Ліга-Прес, 2003. Т.2. - 595 с.
2. A.V. Osadchuk, I.A. Osadchuk, Andrzej Smolarz, Nazym Kussambayeva. Pressure transducer of the on the basis of reactive properties of transistor structure with negative resistance // *SPIE Journal Optical Engineering*, Vol.9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 98161C (December 18, 2015); doi:10.1117/12.2229211
3. A.V. Osadchuk, V.S.Osadchuk. Radiomeasuring Microelectronic Transducers of Physical Quantities // *Proceedings of the International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)*. 21-23 May 2015. Omsk. 978-1-4799-7103-9/15.

Осадчук О.В.¹, д.т.н., професор; Осадчук Н.І.², к.мед.н.

¹Вінницький національний технічний університет (Україна)

e.mail: osadchuk.av69@gmail.com, тел. (0432) 50-51-20

²Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова (Україна)

e.mail: osadchuk.n70@gmail.com, тел. (0432) 57-03-79

ЧАСТОТНИЙ ПАРАМЕТРИЧНИЙ МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ШТАМІВ БАКТЕРІЇ *HELICOBACTER PYLORI*

Abstract. *A scheme of the frequency parametric microelectronic transducer of gas concentration for diagnosing strains of the Helicobacter pylori bacterium is proposed. The circuit consists of four bipolar transistors forming an autogenerator device, in the circle of which a gas sensitive MEMS resistive element based on the MiCS-6814 sensor is included. Analytic expressions of the transformation function and the equation of sensitivity are obtained. The sensitivity of the frequency parametric microelectronic transducer is 325-160 Hz/ppm.*

Keywords: *Helicobacter pylori, diagnosis of diseases, frequency transducer, negative differential resistance.*

Підвищення ефективності діагностування різних захворювань за рахунок використання новітніх методів та засобів діагностування, а також більш повного і різнобічного аналізу ознак є актуальним напрямом в медицині. Аналіз повітря, що видихається пацієнтом, відноситься до неінвазивних методів діагностики пацієнтів і в останній час викликає підвищений інтерес. На сьогоднішній день визначення різних штамів бактерії *Helicobacter pylori* (*H. pylori*) набуло великої значимості у зв'язку з поширеністю даної бактерії по всьому світі та тієї ролі, яку вона відіграє у розвитку багатьох серйозних шлунково-кишкових захворювань [1, 2].

У медичній практиці в більшості країн використовуються сучасні засоби діагностики хелікобактерної інфекції і застосовується нова протиінфекційна стратегія лікування гастродуоденальних захворювань [3]. В даний час з методів дихальної діагностики *H. pylori* перевагу віддано неінвазивному C^{13} -уреазному дихальному тесту, що володіє високою діагностичною достовірністю. Альтернативний метод дихальної діагностики засновано на визначенні аміаку в повітрі, що видихається альвеолами і концентрацією аміаку, що надходить зі шлунка, при оцінці сумарної концентрації аміаку [3].

Перспективним напрямком при розбудові перетворювачів концентрації газу для дихальної діагностики є створення частотних параметричних перетворювачів концентрації газу. Даний тип перетворювачів дозволяє розв'язати задачу використання аналогово-цифрових перетворювачів, оскільки реалізовує метод перетворення "інформативний сигнал – частота", який є сприйнятливим для подальшої обробки на комп'ютері. Проведені теоретичні та практичні дослідження показали, що використовуючи реактивні властивості напівпровідникових приладів та транзисторні структури, в яких існує від'ємний диференційний опір, можна значно підвищити чутливість та точність вимірювання концентрації газу [4, 5]. Останнім часом пристрої з від'ємним диференціальним опором (NDR) застосовують для побудови різноманітних аналогових і цифрових схем, включаючи логічні схеми, схеми пам'яті, помножувачі частоти, дільники, мультиплексори і демультіплексори, дельта сигма модулятори, керовані напругою генератори і диференціальні компаратори [6].

Схему мікроелектронного перетворювача концентрації газу з частотним виходом подано на рис. 1. Запропонована схема мікроелектронного перетворювача концентрації газу побудована на транзисторній структурі з трьох біполярних транзисторів на одному кристалі HFA3046. На електродах колектор-емітер біполярного транзистора VT3 і база-емітер біполярного транзистора VT2 вольт-амперна характеристика має спадаючу ділянку, що відповідає появі від'ємного диференційного опору. Робоча точка автогенератора з постійного струму обирається на спадаючій ділянці вольт-амперної характеристики. Коливальна система автогенератора (рис. 1) складається з ємності, яка існує на електродах колектор-емітер VT3, а також активної індуктивності на основі біполярного транзистора VT4 та фазозсувного кола C1R4. Опори R1-R3 забезпечують режим роботи транзисторів VT1– VT4 з постійного струму.

Мікроелектронний сенсор концентрації газу працює наступним чином. Вибором постійної напруги джерела U1 домагаємось генерації електричних коливань автогенератора. При наступній дії аміаку NH₃ на газочутливий резистивний елемент R₂ на основі MEMS сенсора MiCS-6814, який змінює його опір, що приводить до зміни еквівалентної ємності коливального контуру автогенератора, а це, у свою чергу, змінює частоту генерації.

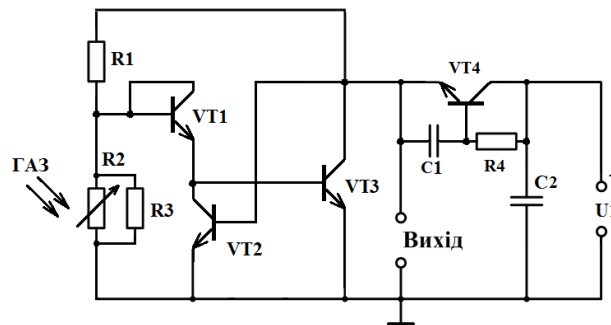


Рис. 1. Електрична схема сенсора газу з частотним виходом

Функція перетворення і чутливість частотного параметричного мікроелектронного перетворювача концентрації газу визначаються на основі еквівалентної схеми пристрою. Резонансна частота, яка залежить від зміни концентрації газу, представляє собою функцію перетворення сенсора. Вона визначається на основі рівності нулю реактивної складової повного вхідного опору і має вигляд

$$F(C) = \frac{1}{2\pi R_g C(C)} \left[\frac{R_g^2 C(C)}{L} - 1 \right]^{1/2}. \quad (1)$$

Чутливість частотного параметричного мікроелектронного перетворювача концентрації газу визначається на основі виразу (1) і описується рівнянням

$$S_C^{F_p} = -\frac{1}{2} \frac{\sqrt{\frac{R_g^2 C(C)}{L} - 1} \left(\frac{dC(C)}{dC} \right)}{\pi R_g^2 C(C)} + \frac{1}{2} \frac{\frac{dC(C)}{dC}}{\pi L \sqrt{\frac{R_g^2 C(C)}{L} - 1}}. \quad (2)$$

На рис. 2 подано функцію перетворення, тобто залежність резонансної частоти від концентрації газу (NH₃). Як видно з графіка, функція перетворення має нелінійний характер.

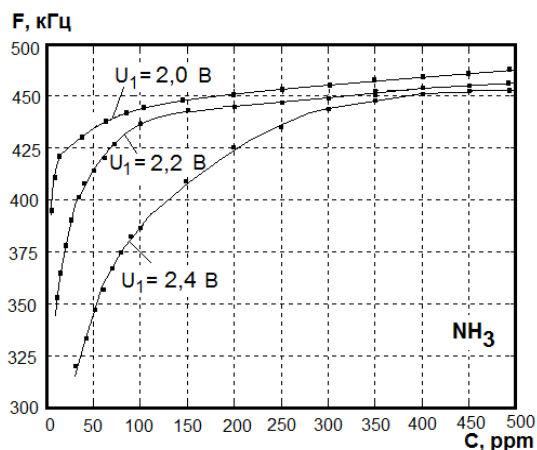


Рис. 2. Залежність частоти генерацій від зміни концентрації аміаку

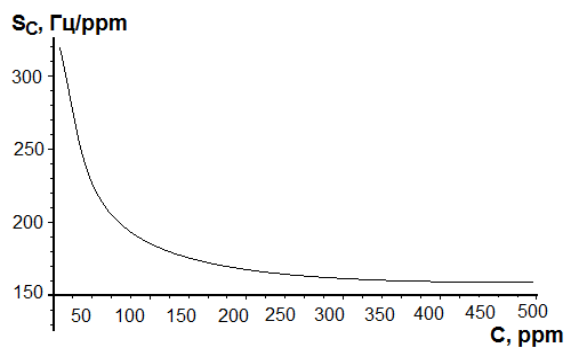


Рис. 3. Залежність чутливості від зміни концентрації аміаку

На рис. 3 подано залежність чутливості частотного параметричного мікроелектронного перетворювача концентрації газу. Аналіз графіка показує, що найбільша чутливість пристрою лежить в діапазоні від 5 до 75 ppm та складає від 325 Гц/ppm до 225 Гц/ppm, а в діапазоні від 150 до 500 ppm складає 165 Гц/ppm, найменше значення чутливості складає 161 Гц/ppm в діапазоні від 300 до 500 ppm.

Висновки. Запропоновано схему частотного параметричного мікроелектронного перетворювача концентрації газу для діагностування штамів бактерії *Helicobacter pylori*. Схема складається з чотирьох біполярних транзисторів, які утворюють автогенераторний пристрій, в коло якого включено газочутливий MEMS резистивний елемент. Отримано аналітичні вирази функції перетворення і рівняння чутливості. Чутливість частотного параметричного мікроелектронного перетворювача газу складає 325-160 Гц/ppm.

Список літератури

1. Лукаш С.И. Проблемы диагностики некоторых заболеваний по выдыхаемому воздуху // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. 2010, № 9. –С.62-71.
2. Корниенко Е. А., Дмитриенко М. А., Ломанина Е. А. Повышение точности хелик-теста в диагностике инфекции *Helicobacter pylori* // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2003. – №3. – С. 14–15.
3. А.Б. Матанцев, В.Х. Ясовеев, Ю.О. Уразбахтина. Методы повышения точности уреазной дыхательной диагностики *Helicobacter Pylori* // Вестник новых медицинских технологий – 2015 – Т. 22, № 3 – С. 86-92.
4. Осадчук В.С. Реактивные свойства транзисторов и транзисторных схем / В.С. Осадчук, А.В. Осадчук. - Винница: «Универсум-Винница, 1999. – 276 с.
5. A.V. Osadchuk, V.S.Osadchuk. Radiomeasuring Microelectronic Transducers of Physical Quantities // Proceedings of the International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). 21-23 May 2015. Omsk. 978-1-4799-7103-9/15.
6. Kwang-Jow Gan, Cher-Shiung Tsai, Dong-Shong Liang. Design and characterization of the negative differential resistance circuits using the CMOS and BiCMOS process // Analog Integr Circ Sig Process. 2009. DOI 10.1007/s10470-009-9327-5.

Петрищев О.М., д.т.н., професор,
Державне підприємство "Київський державний
науково-дослідний інститут гідроприладів"
Базіло К.В., к.т.н., доцент
Черкаський державний технологічний університет
вул. Шевченка, 460, Черкаси, 18006, Україна, b_constantine@ukr.net

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ІМПЕДАНС ДИСКОВОГО П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ЕЛЕМЕНТА В ОБЛАСТІ СЕРЕДНІХ ЧАСТОТ

Abstract. Disk piezoelectric devices are widely used in the elements of information systems. The multiplicity and variety of the practical application of disks with sector electrodes naturally stimulates theoretical studies, the purpose of which is to predict the characteristics and technical parameters of piezoelectronic devices that are created on their basis. Prediction is based on a mathematical model, which is the main result of a theoretical description of a real device. The purpose of this article is a research of electrical impedance of piezoelectric disk in middle frequencies area.

Key words: piezoelectric disk element, physical processes, electrical impedance.

П'єзоелектричні диски з частковим електродуванням однієї або двох поверхонь досить часто використовуються для створення різних функціональних пристроїв п'єзоелектроніки [1]. Діскові п'єзоелектричні пристрої широко застосовуються в елементах інформаційних систем [2-4]. Диски з секторним електродуванням поверхні є практично основним елементом багатьох мікроелектромеханічних структур [5].

Множинність і різноманіття практичного застосування дисків з секторним електродуванням природним чином стимулює теоретичні дослідження, метою яких є прогнозування характеристик і технічних параметрів пристроїв п'єзоелектроніки, які створюються на їх основі. Прогноз здійснюється на основі математичної моделі, яка є основним результатом теоретичного опису реального пристрою. Вартість зекономлених ресурсів становить комерційну ціну математичної моделі.

Основною *метою* даної статті є дослідження електричного імпедансу дискових п'єзокерамічних елементів в області середніх частот.

Розглянемо (рис. 1) диск, товщина якого α в багато разів менше радіуса R .

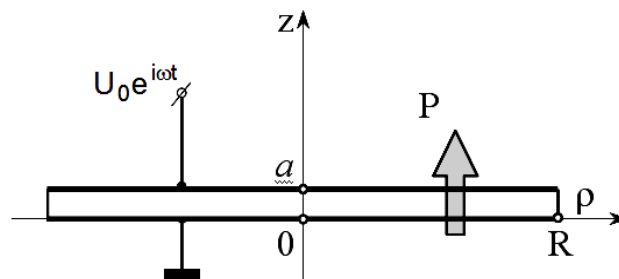


Рис. 1 Розрахункова схема коливального п'єзокерамічного диску

Поверхні диску $z=0$ і $z=\alpha$ (z – координатна вісь циліндричної системи координат ρ, φ, z , початок якої суміщено з центром нижньої поверхні диску) електродовані – покриті тонким (не більше 10 мкм) шаром срібла.

На верхню поверхню $z = \alpha$ подається електричний потенціал $U_0 e^{i\omega t}$ (U_0 – амплітудне значення електричного потенціалу, величина якого вибирається з умови

$$U_0/\alpha \ll 0,1E_0,$$

де $E_0 \cong 2$ МВ/м – напруженість електричного поля, яке поляризує матеріал диску, що гарантує відсутність нелінійних ефектів; $i = \sqrt{-1}$ – уявна одиниця; ω – кругова частота зміни знаку потенціалу; t – час).

Нижня електродована поверхня $z = 0$ заземлена, тобто має нульовий потенціал.

Прикладена до диска різниця електричних потенціалів створює в його об'ємі електричне поле, яке зміщує іони цирконію, титану, свинцю і кисню з положення рівноваги. В результаті гармонійно змінного в часі деформування диску в ньому виникають поляризаційні заряди, які взаємодіють на електродованих поверхнях з електричними зарядами, які доставляються на ці поверхні генератором різниці електричних потенціалів.

Результуючий електричний заряд $Qe^{i\omega t}$ на поверхні $z = \alpha$ своїм електричним полем формує електричний струм $Ie^{i\omega t}$ у провіднику, який з'єднує поверхню $z = \alpha$ з виходом електричного генератора. У будь-який момент часу $Ie^{i\omega t} = -\partial Q/\partial t = -i\omega Qe^{i\omega t}$, тобто амплітуди струму і електричного заряду на поверхні $z = \alpha$ зв'язані лінійною залежністю $I = -i\omega Q$.

Очевидно, що електричний імпеданс $Z_{el}(\omega)$ коливального диску повинен підкорятися закону Ома для ділянки кола, з чого випливає, що

$$Z_{el}(\omega) = \frac{U_0}{I} = -\frac{U_0}{i\omega Q}. \quad (1)$$

Середніми частотами будемо називати частотний діапазон, в якому масштабна одиниця просторової неоднорідності напружено-деформованого стану (довжина пружної хвилі) стає співмірною з радіусом п'єзокерамічного диска.

В роботі [6] наведено розрахунок електричного імпедансу коливального диску, який можна записати в наступному вигляді:

$$Z_{el}(\omega) = \frac{1}{i\omega C_{\theta}^*} F^{(*)}(\omega), \quad (2)$$

де

$$F^{(*)}(\omega) = \frac{\lambda R J_0(\lambda R) - (1-k) J_1(\lambda R)}{\lambda R J_0(\lambda R) - (1-k - 2K_{31}^2) J_1(\lambda R)}; \quad (3)$$

$K_{31}^2 = (e_{31}^*)^2 / (c_{11}\chi_{33}^*)$ – квадрат коефіцієнта електромеханічного зв'язку п'єзокераміки в режимі радіальних коливань диска, поляризованого по товщині;

$C_{\theta}^* = \pi R^2 \chi_{33}^* / \alpha$ – динамічна електрична ємність п'єзокерамічного диску для режиму планарних коливань, тобто електрична ємність в області середніх частот;

$\chi_{33}^* = \chi_{33}^e (1 + \Delta\chi_{33}^*)$ – діелектрична проникність для режиму планарних коливань;

добавка $\Delta\chi_{33}^* = e_{33}^2 / (\chi_{33}^e c_{33}^E)$ [6].

На рис. 2 показана зміна модуля електричного імпедансу п'єзокерамічного диску в діапазоні середніх частот (рис. 2,а).

На вставці в поле рис. 2,а показана зміна значень модуля $Z_{el}(\omega)$ в найближчій околиці частоти ω_{r1} першого електромеханічного резонансу.

На рис. 2,б показано зміна модуля електричного імпедансу в околиці частоти ω_{a1} першого електромеханічного антирезонансу.

Геометричні і фізико-механічні параметри диска, які використовувалися при обчисленнях за формулою (2) були прийняті наступними:

- радіус п'єзокерамічного диска $R = 33 \cdot 10^{-3}$ м; товщина $\alpha = 3 \cdot 10^{-3}$ м;
- параметри матеріалу диска (п'єзокераміки): $c_{11}^E = 110$ ГПа; $c_{12}^E = 60$ ГПа; $c_{33}^E = 100$ ГПа; $e_{33} = 18$ Кл/м²; $e_{31} = -8$ Кл/м² и $\chi_{33}^e = 1400 \chi_0$; $Q_m = 100$; $k = c_{12}/c_{11} = 0,324$.

По осі ординат відкладені значення модуля електричного імпедансу в кілоомах, по осі абсцис відраховується безрозмірна частота

$$\Omega = \lambda R = \omega \tau_0,$$

де $\tau_0 = R/v$ – часовий масштаб;

$v = \sqrt{c_{11}^E/\rho_0}$ – швидкість поширення пружних коливань у тонкому диску.

Для наведених вище значень параметрів $v = 3162$ м/с і $\tau_0 = 10,44 \cdot 10^{-6}$ с. Значенню $\Omega = \lambda R = 1$ відповідає частота $f = 15,25$ кГц.

Розрахунки були виконані на частотах перших двох електромеханічних резонансів.

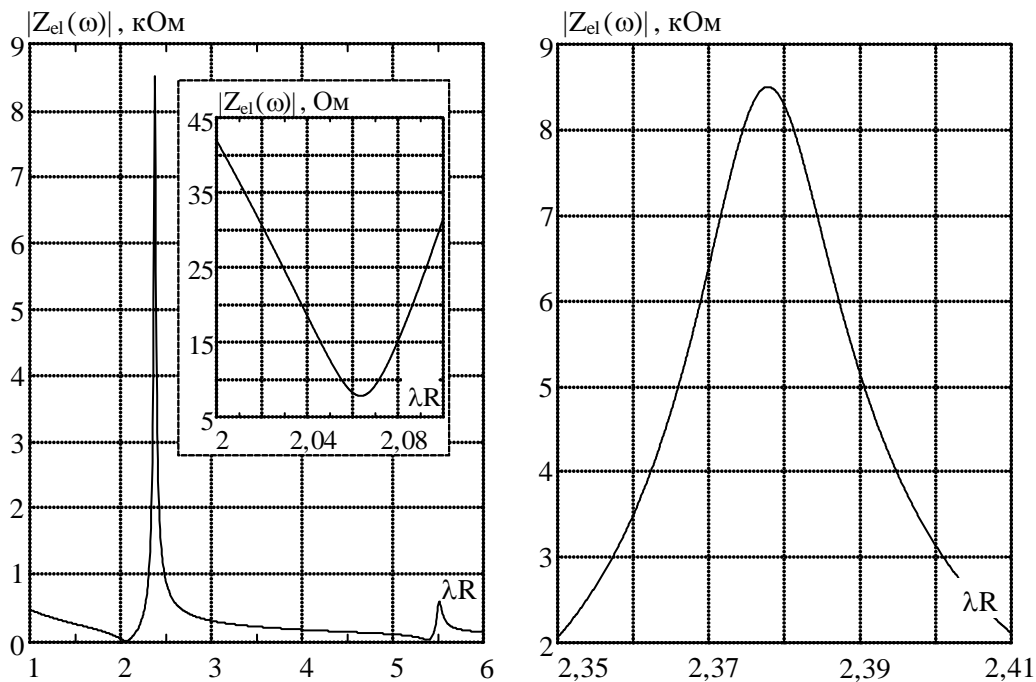


Рис. 2. Модуль електричного імпедансу диска в області середніх частот

В роботі [7] розглянуто методику експериментального визначення електричного імпедансу п'єзокерамічного диска.

Для експериментальних досліджень був використаний дисковий п'єзоелектричний елемент $\text{Ø}66 \times 3$ мм з матеріалу типу ЦТС.

Результати вимірювання електричного імпедансу п'єзоелектричного диска в області середніх частот представлені на рис. 3.

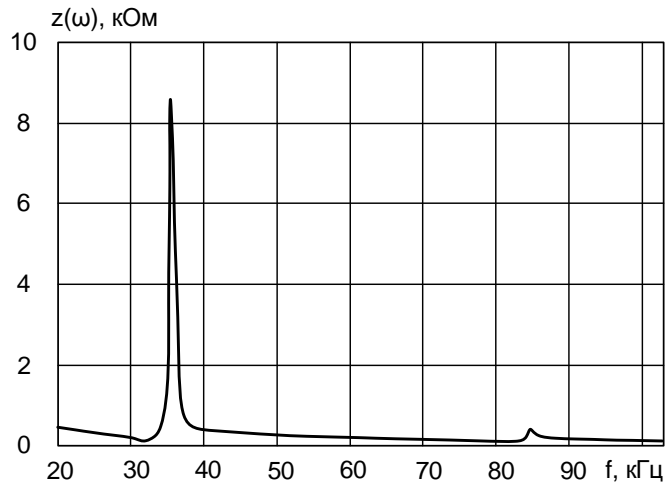


Рис. 3. Електричний імпеданс п'єзоелектричного диску в області середніх частот

При порівнянні результатів математичного моделювання електричного імпедансу п'єзоелектричного диску в області середніх частот (рис. 2), виконаних згідно з виразом (2), та результатів експериментального вимірювання, наведених на рис. 3, видно, що отримана оцінка добре узгоджується з істинним значенням електричного імпедансу. При цьому значенню $\Omega = \lambda R = 1$ відповідає частота $f = 15,25$ кГц.

Висновки. Основний результат цієї статті можна зафіксувати наступним чином: отримана оцінка електричного імпедансу п'єзоелектричного диску в області середніх частот добре узгоджується з істинним його значенням.

Список літератури

1. Джагупов Р.Г. Пьезоэлектронные устройства вычислительной техники, систем контроля и управления / Р.Г. Джагупов, А.А. Ерофеев. – СПб.: Политехника, 1994. – 608 с.
2. G. Piazza, P.J. Stephanou, A.P. Pisano, A1N Contour-Mode Vibrating RF MEMS for Next generation Wireless Communications, MEMS 2006, pp. 906-909, 2006.
3. S.S. Li, Y.W. Lin, Y. Xie, C.C. Nguyen, 1.51 GHz polydiamond micromechanical disk resonator with impedance-mismatched isolating support // Proceedings, 17th Int. IEEE MEMS Conf., Maastricht, The Netherland, Jan. 25-29, 2004, pp. 821-824.
4. Y.W. Lin, S.S. Li, Z. Ren, C.C. Nguyen Third-Order Intermodulation Distortion in Capacitively-Driven micromechanical resonators // IEEE Int. Ultrasonic Symposium, Sept. 18-21, 2005, pp.1592-1595.
5. Варадан В. ВЧ МЭМС и их применение / В. Варадан, К. Виной, К. Джозе. – М.: Техносфера, 2004. – 528 с.
6. Петрищев О.Н. Определение электрического импеданса пьезокерамического диска и его расчет в области средних и высоких частот / О.Н. Петрищев, К.В. Базило // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2016. – № 3. – с. 36–49.
7. Петрищев О.Н. Методика определения физико-механических параметров пьезоэлектрической керамики / О.Н. Петрищев, К.В. Базило // Журнал нано- та електронної фізики, Суми. – 2017. – Т. 9, № 3, 03022(6с).

Протасов С.Ю., к.т.н., доцент
 Натура А.Р., магістрант
 кафедра електротехнічних систем
 Черкаський державний технологічний університет
 e-mail: protasov.serhey@gmail.com, тел. 8 (067) 179-44-54

ПОБУДОВА ДІАГНОСТИЧНОЇ ГРАФ-МОДЕЛІ ОЦІНКИ СТАНУ ОБМОТОК СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Abstract. A diagnostic graph-model for assessing the state of the windings of a power transformer is obtained, which allows us to clearly identify the required number of tests to identify the main faults in the windings of power transformers.

Key words: graph-model, graphical diagnostic methods, power transformer.

У зв'язку з великою різноманітністю діагностичних моделей (ДМ) електрообладнання існує безліч різних способів їх побудови [1]. Однак ці способи можна згрупувати, враховуючи їх спрямованість та особливості. Так для отримання безперервної ДМ необхідно використовувати велику кількість методів спрощення диференціальних або алгебраїчних рівнянь високого порядку, які описують процеси із допустимою похибкою. Але при цьому ДМ повинна відображати сукупність операцій, які виконуються обладнанням і його окремими частинами в процесі функціонування. Такі моделі можуть розглядатися у вигляді: схем зв'язків між окремими елементами, діаграм проходження сигналів (орієнтовані графи) або алгоритмів функціонування.

Графічні методи мають велику наочність і можуть служити, як для безпосереднього аналізу, так і для ілюстрації аналітичних методів. Ці методи корисні для дослідження швидкоплинних процесів або характеристик обладнання. Серед графічних методів особливе місце займають методи, засновані на теорії орієнтованих або неорієнтованих графів [2].

Проаналізувавши можливі несправності силових трансформаторів [3] і встановивши їх взаємозв'язок з контрольованими параметрами, було побудовано граф-модель із орієнтованими зв'язками між параметрами (рис. 1). На рис. 1 введені такі позначення: x_1 – вхідний сигнал; y_1, y_2, y_3, y_4 – вихідні сигнали; $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8$ – ваги i -х елементів; $R_{п.с.}$ – опір обмоток за постійним струмом; $R_{o.i.}$ – опір ізоляції обмоток; $tg\Delta$ – тангенс кута діелектричних втрат.

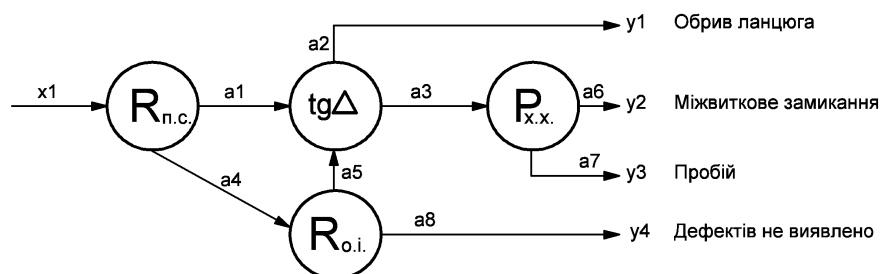


Рис. 1. Діагностична граф-модель

На основі побудованої діагностичної граф-моделі оцінки стану обмоток трансформатора отримуємо систему лінійних рівнянь

$$\begin{cases} y_1 = \Delta_1 \cdot a_1 + \Delta_2 \cdot a_2 \\ y_2 = \Delta_1 \cdot a_1 + \Delta_2 \cdot a_3 + \Delta_3 \cdot a_6 \\ y_3 = \Delta_1 \cdot a_4 + \Delta_4 \cdot a_5 + \Delta_2 \cdot a_3 + \Delta_3 \cdot a_7 \\ y_4 = \Delta_1 \cdot a_4 + \Delta_4 \cdot a_8 \end{cases}$$

Орієнтований граф можна замінити квадратною матрицею вигляду

$$C = [c_{ij}], i = \overline{1, n}; j = \overline{1, n},$$

де n – число блоків; $c_{ij} = 1$ – для випадку безпосередньо сполучених блоків i та j , $c_{ij} = 0$ – блоки i та j безпосередньо не сполучені.

Рядками в цій матриці служать кінцеві результати рівнянь (несправності), стовпцями параметри діагностики (Δ)

$$C = \begin{vmatrix} \Delta_1 \cdot a_1 & \Delta_2 \cdot a_2 & 0 & 0 \\ \Delta_1 \cdot a_1 & \Delta_2 \cdot a_3 & \Delta_3 \cdot a_6 & 0 \\ \Delta_1 \cdot a_4 & \Delta_2 \cdot a_3 & \Delta_3 \cdot a_7 & \Delta_4 \cdot a_5 \\ \Delta_1 \cdot a_4 & 0 & 0 & \Delta_4 \cdot a_8 \end{vmatrix}$$

При виявленні таких несправностей, як: міжвиткове замикання і пробій, бажано проводити перевірку опору короткого замикання Z_k .

При відхиленні параметра Z_k можна робити висновок про деформацію обмоток (рис. 2).

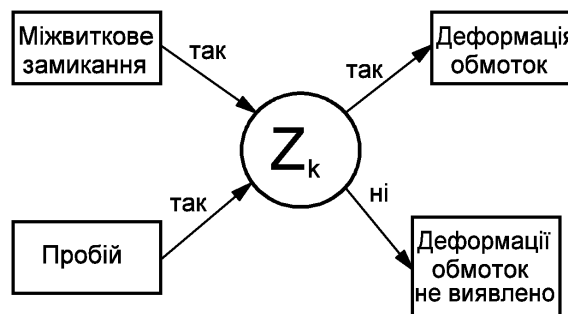


Рис. 2. Алгоритм виявлення деформації обмоток трансформатора

Деформація обмоток відбувається у випадку протікання струмів вищих за номінальні, що супроводжується значним нагріванням. Це призводить до руйнування ізоляції обмоток та виходу з ладу трансформатора.

Таким чином, побудована діагностична граф-модель оцінки стану обмоток силового трансформатора, дозволяє наочно визначити необхідну кількість випробувань для виявлення основних несправностей в обмотках силових трансформаторів, таких як: обрив, пробій; міжвиткове замикання та деформацію.

Список літератури

1. Привалов, Е.Е. Диагностика электроэнергетического оборудования [Текст]: учебное пособие / Е.Е. Привалов. – М.-Берлин.: Директ-Медиа, 2015. – 227 с. ISBN 978-5-4475-4653-3.
2. Оре, О. Теория графов. [Текст]: 2-е издание / О. Оре. – М.: Наука, 1990. – 384 с.
3. Мониторинг и анализ надежности трансформаторов http://www.statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches/ELEMENT_ID=279 (дата відвідування: 27.08.18).

Tychkov D.V., Master Degree Student,
dmytro.tychkov@gmail.com

Bazilo C.V., Ph.D., Associate Professor,
b_constantine@ukr.net

Tychkov V.V., Ph.D., Associate Professor,
v.tychkov@chdtu.edu.ua

Cherkasy State Technological University, Blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

MEASUREMENT METHODS ANALYSIS OF DIELECTRIC PERMEABILITY

Abstract. *Dielectric permeability is one of the main parameters characterizing the dielectrics electrical properties. In other words, it determines how good a material is an insulator. The dielectric permeability value shows how the electric induction dependence in the insulator on the electric field intensity that affects it. At the same time its size is influenced not only by the physical material properties of its own or the medium, but also by the field's frequency. Typically, reference books indicate the measured value for a static or low-frequency field. There are two types of dielectric permeability: absolute and relative. Relative dielectric permeability shows the insulating (dielectric) properties ratio of the investigated material to similar vacuum properties. It describes the insulating properties of a substance in a gaseous, liquid or solid state. That is, it can be applied to almost all dielectrics. The value of the substances' relative permittivity in the gaseous state, as a rule, is within 1. For liquids and solids, it can be in very wide ranges – from 2 and practically to infinity. For example, the relative permeability of fresh water is 80, and of ferroelectrics are dozens, or even of hundreds units, depending on the material properties. Absolute dielectric permeability is constant value. It characterizes the isolating properties of a particular substance or material, regardless of its location and external factors. The dielectric permeability, or rather its importance, is used in the new electronic components design, in particular capacitors. Future dimensions and electrical component characteristics depends on its value. This value is also taken into account in the development of whole electrical circuits (especially in high-frequency electronics) and even integrated circuits.*

Key words: *dielectric permeability, measurement methods, capacitive methods.*

Each material has a unique set of electrical characteristics, depending on its dielectric properties. Accurate measurements of these properties can provide scientists and engineers with valuable information to properly include the material in its intended application area to improve the structures reliability or to production process monitor in order to improve control quality.

Measuring the materials dielectric properties can provide information about parameters that are critical in designing in many electronics applications. For example, the loss in cable insulation, the substrate impedance or the dielectric resonator frequency depends on their dielectric properties. This information is also useful for improving the ferrites and absorbers properties. Knowing the dielectric materials properties also gives advantages in more modern applications from areas of industrial microwave food, rubber, plastic and ceramics processing.

Knowledge of the matter permittivity is of great physics and engineering importance. The development in recent year's science has expanded the dielectrics application field, new materials have been developed, and new problems have emerged in the study of their properties. Recent advances in ultrahigh-frequency (microwave) physics have led to the need the behavior of matter study in the newly developed wave bands, and advances in microwave technology have made its possible to create new methods for measuring matter dielectric permeability.

In the literature [1-2] there are data on the use of a large number of dielectric matter permeability on a microwave measuring methods. The paper describes the most frequently

used methods that indicate achievements in the field of improving old and developing a number of new measuring methods for matter dielectric permeability on microwave frequencies. The main attention is paid to the physical side of the substance measurements problem. Proceeding from this, a classification of the measurement methods is carried out, and some new methods for measuring these quantities are described in more detail. The problems of measurement techniques are paid less attention and do not touch upon the issues associated with a detailed analysis of the errors that arise during measurement.

The **purpose** of this paper is to analyze methods for determining the electrodynamic's parameters of dielectric materials.

The choice of the measurement method is determined by many circumstances, among which the frequency range, the material properties under investigation, and the need to sample influence by any external agents (temperature, radiation, magnetic or electric field, etc.) are of primary importance. The mechanical material properties, which determine the possibility of its processing, strongly influence the method choice, along with the material amount that determines the dimensions of the sample. The dielectric permittivity values and losses also have significance, since methods suitable for measuring samples with a small permeability value are unsuitable for samples with high values.

The method simplicity, the calculation formulas type and the results obtained accuracy are of great importance in measurements. The measurements accuracy, in turn, depends on the quality and debugging; the equipment used, and on the assumptions made in the calculation formulas derivation. Nevertheless, each method can be conditionally characterized by some accuracy obtained by estimating the errors of all the measured quantities. The conditional accuracy is understood here in the sense that it can be improved by using more sophisticated equipment, provided, however, that the error caused by the assumptions made is relatively small. When measuring complex dielectric permittivity over a wide frequencies range, it is not always possible to measure both the real and imaginary parts equally accurately. In most cases, the real part is measured more accurately than the imaginary part, and the actual measuring method the actual part is often much simpler. In cases where only the dependence of the real part on frequency is known, one can find the frequency dependence of the imaginary part.

Conclusions The existence of a large number of measuring complex dielectric permittivity methods and is determined by the presence of a transmission lines variety, the various parameters choice that are convenient for measurement, using samples of different shapes and choosing their location in the system. The common for all methods is that one way or another determines the change in the phase propagation permittivity when a test dielectric is introduced into the system and the relationship of this change to the substance permittivity value is established. These relationships can be very different in each individual case, which determines a large number of measurement methods.

References

1. Ivakh R.M. Systematization of the Methods of Measuring Dielectric Permittivity // Collection of Scientific and Technical Works Scientific Herald of NLTU of Ukraine. – 2015. – v. 25. – P. 141-145. (In Ukrainian).

2. Notes on application. Agilent Technologies, Inc. Basics of measuring the dielectric properties of materials, publication number 5989-2589RU, 2005. (In Russian).

3. Capacitive sensors. Sharapov V.M., Minaev I.G., Bazilo C.V., Kunitskaya L.G., Sotula Zh.V. Ed. by V.M. Sharapov. – Cherkasy: Brama-Ukraine, 2010. – 152 p. (In Russian).

3. Capacitive sensors. Sharapov V.M., Minaev I.G., Bazilo C.V., Kunitskaya L.G., Sotula Zh.V. Ed. by V.M. Sharapov. – Cherkasy: Brama-Ukraine, 2010. – 152 p. (In Russian).

Трембовецька Р.В., к.т.н., доцент

r.trembovetska@chdtu.edu.ua

Гальченко В.Я., д.т.н., професор

halchvl@gmail.com

Тичков В.В., к.т.н., старший викладач

v.tychkov@chdtu.edu.ua

А.В. Сторчак, магістр

gumby@ukr.net

Черкаський державний технологічний університет
бул. Шевченка 460, Черкаси, 18006, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ РЕСУРСОЄМНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ НАКЛАДНИХ ВИХРОСТРУМОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ЕФЕКТУ ШВИДКОСТІ ДЛЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО СИНТЕЗУ

Abstract. At work the calculation of the density distribution of eddy current excitation coils for circular and rectangular shape of the formulas accurate mathematical model by varying two spatial coordinates $J = f(x, y)$. Established that the computational complexity of calculating eddy current density distribution for accurate mathematical model by changing even two spatial coordinates is large enough. That use accurate mathematical model directly, relying value eddy current density distribution at points controlled zone, it is impractical given the large specific resource consumption computing process. The necessity of using metamodels in problems of optimal synthesis of eddy current converters is shown.

Key words: eddy current converter, coil excitation, mathematical model, optimal synthesis, computational workload, metamodel, distribution of vortex currents density.

Анотація. В роботі виконано розрахунок розподілу щільності вихрових струмів для котушок збудження кругової та прямокутної форми за формулами точної математичної моделі при варіюванні двох просторових координат $J = f(x, y)$. Встановлено, що обчислювальна складність розрахунку розподілу щільності вихрових струмів за точною математичною моделлю при зміні навіть двох просторових координат є достатньо великою. Тобто використовувати точну математичну модель безпосередньо, розраховуючи значення розподілу щільності вихрових струмів в точках контрольованої зони, недоцільно з огляду на значну ресурсоємність обчислювального процесу. Показана необхідність застосування метамodelей в задачах оптимального синтезу вихрострумів перетворювачів.

Ключові слова: вихрострумівий перетворювач, котушка збудження, математична модель, оптимальний синтез, обчислювальна ресурсоємність, метамodelь, розподіл щільності вихрових струмів

Вступ. Вихрострумівий метод контролю широко використовується для виявлення і визначення параметрів дефектів, контролю розмірів об'єкту контролю (ОК) і параметрів вібрацій, визначення фізико-механічних параметрів і структурного стану матеріалів, виявлення електропровідних об'єктів та інш.

Однією із характеристик вихрострумівого методу є чутливість до дефекту, яка залежить від умов проведення контролю, електрофізичних параметрів матеріалу та взаємного розташування вихрострумівого перетворювача (ВСП) та ОК. Так,

наприклад, при розташуванні поверхневої тріщини кінцевої довжини під геометричним центром обмотки чутливість буде нульовою, мінімальна чутливість спостерігається для випадку розташування поверхневої тріщини паралельно до вихрових струмів; максимальна – якщо тріщина перпендикулярна до напрямку вихрових струмів.

Однорідний розподіл щільності вихрових струмів (ЩВС) в зоні контролю забезпечить зменшення залежності чутливості перетворювача до дефекту від розташування відносно ОК. Задачу створення однорідного розподілу ЩВС в зоні контролю можливо вирішити застосуванням оптимального параметричного синтезу структури котушок збудження ВСП. Реалізація задачі оптимального синтезу передбачає багатократне вирішення задачі аналізу для кожної структури збудження.

Синтез ВСП із заданою конфігурацією зондуючого поля в зоні контролю виконувався раніше і результати представлені в роботах [1-6], при цьому в дослідженнях розглядалися нерухомі ОК без врахування реакції електропровідного середовища. Дослідження стосовно синтезу однорідного розподілу ЩВС в середовищі ОК із врахуванням ефекту швидкості в наукових джерелах відсутні.

Метою дослідження є оцінка можливості розрахунку щільності вихрових струмів в контрольних точках простору, розташованих на поверхні об'єкту в зоні контролю, у задачах синтезу вихрострумових перетворювачів з використанням точних електродинамічних моделей.

Цільова функція для постановки задачі оптимального синтезу має вигляд:

$$F_{target} = \sum_{i=1}^N (J - J_{reference})^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

де J - розподіл ЩВС в контрольних точках на ОК, створений котушкою збудження та визначений за точною електродинамічною математичною моделлю;

$J_{reference}$ - бажаний однорідний розподіл ЩВС;

N - кількість контрольних точок в зоні.

Розподіл ЩВС в контрольних точках описується за допомогою математичної моделі, яка є складною функціональною залежністю від сукупності параметрів: просторових координат, висоти розташування перетворювача над ОК, геометричних параметрів котушки збудження, частоти і струму збудження, електрофізичних параметрів матеріалу, швидкості руху ОК та інш, котру отримують із диференціальних рівнянь Максвелла.

Якщо ОК є рухомим, то необхідно враховувати додатково наведені вихрові струми, тобто ефект швидкості. Тоді при $\vec{v} = (v_x, v_y, 0)$ струм провідності описується наступним рівнянням:

$$\vec{J} = \sigma \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}), \quad (2)$$

де σ – електропровідність.

Розв'язок диференціального рівняння знаходиться при наступних допущеннях та граничних умовах: середовище лінійне, однорідне, ізотропне; об'єкт контролю рухомий, струмопровідний, нескінченної ширини, довжини та має кінцеву товщину d ; котушка знаходиться в одному положенні над об'єктом контролю; котушка збуджується змінним струмом I частотою ω ; провідник котушки представляється нескінченно тонким; електрофізичні параметри σ , μ_r і швидкість руху \vec{v} є сталими; тангенціальні складові H і нормальні складові B на границі розділу середовищ 1 (повітря) і 2 (середовище ОК) неперервні:

$$H_{1r} = H_{2r}, \quad B_{1n} = B_{2n}.$$

Для розв'язку диференціального рівняння в частинних похідних застосовується метод інтегральних перетворень Фур'є в декартовій системі координат, а саме, на першому етапі пряме подвійне перетворення, результатом якого є звичайне диференціальне рівняння для зображення [7, 8]. Розв'язуючи рівняння для зображення, отримують компоненти щільності магнітного потоку b_x, b_y, b_z , тобто їх зображення за перетворення Фур'є. Для отримання розв'язку рівняння до знайдених зображень застосовується зворотне перетворення Фур'є. Розв'язком диференціального рівняння є складові магнітної індукції B_x, B_y, B_z по просторовим координатам [7, 8]. Тоді складові щільності струму по просторовим координатах x, y і z відповідно визначаються за формулами:

$$J_x = \frac{1}{\mu_0 \cdot \mu_r} \cdot \left[\frac{\partial B_z}{\partial y} - \frac{\partial B_y}{\partial z} \right]; \quad J_y = \frac{1}{\mu_0 \cdot \mu_r} \cdot \left[\frac{\partial B_x}{\partial z} - \frac{\partial B_z}{\partial x} \right]; \quad J_z = \frac{1}{\mu_0 \cdot \mu_r} \cdot \left[\frac{\partial B_y}{\partial x} - \frac{\partial B_x}{\partial y} \right] \quad (3)$$

Формули складових магнітної індукції B_x, B_y, B_z містять невластні кратні інтеграли I-го роду. Для обчислення невластних інтегралів з нескінченними проміжками інтегрування використовується метод усічення.

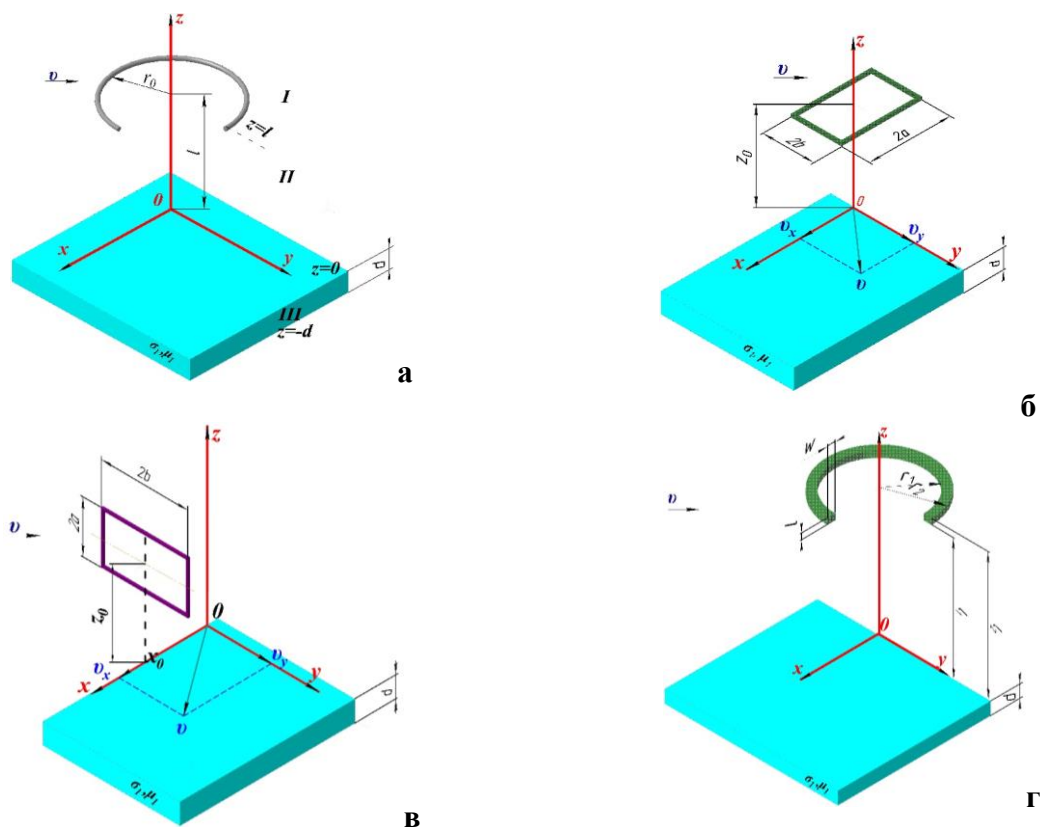


Рис. 1. Геометрична модель котушки збудження ВСП: а - виток кругової форми; б - виток прямокутної форми (рамковий); в - виток прямокутної форми (рамковий тангенціальний); г - кругова котушка із прямокутним поперечним перетином

В реальних конструкціях ВСП в якості котушки збудження застосовується не один виток (рис. 1 а-в), а котушка, яка має N витків (рис.1 г), тоді для розрахунку розподілу ЩВС математичну модель доповнено інтегруванням по площі поперечного перетину котушки.

Для розрахунку розподілу ЩВС в зоні контролю в якості котушки збудження накладного ВСП в роботі використовувався виток із змінним струмом I частотою ω , що розташований на висоті z_0 над ОК товщиною d з електрофізичними параметрами σ , μ_r (рис. 1, а-в). При цьому виток може бути кругової форми із радіусом r_0 (рис. 1, а) або у вигляді рамки із розмірами $a \times b$ із різним розташуванням відносно ОК (рис. 1, б, в).

Розрахунок розподілу ЩВС для котушок збудження (рис. 1, а-в) виконується для випадку варіювання тільки двох просторових координат за формулами точної математичної моделі при наступних вихідних даних табл. 1.

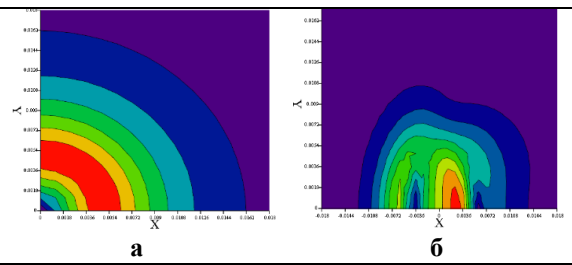
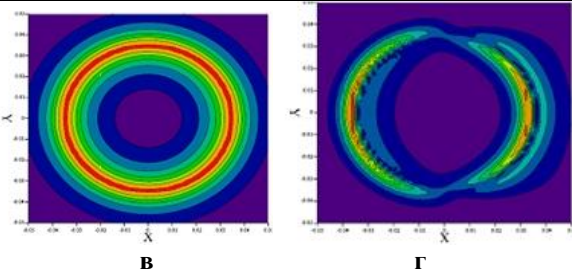
Таблиця 1 - Вихідні дані для розрахунку ЩВС

геометрична модель котушки збудження ВСП	розмір зони контролю $x \times y$, мм	висота розташування ВСП над ОК z_0 , мм	струм живлення котушки збудження I , А	частота змінного струму f , Гц	товщина об'єкту контролю d , мм	електрофізичні параметри ОК
рис. 1, а	50x50	3	1	100	10	$\sigma = 2,5 \cdot 10^6 \text{ См/м}$ $\mu_r = 1$
рис. 1, б	80x48	10				
рис. 1, в	15x35	3				

Чисельні результати отримано з використанням пакету прикладних програм MathCad 15 при наступному ресурсному забезпеченні: CPU Intel(R) Core i5 PC, 2.9 GHz, RAM 8 Гб, 64-розрядної операційної системи.

В табл. 2 наведені результати розрахунку розподілу ЩВС для котушки збудження кругової форми при різних геометричних розмірах котушки r_0 та відповідно при нерухомому ОК і при врахуванні його швидкості руху по одній складовій v_x .

Таблиця 2 - Затрати часу на розрахунок розподілу ЩВС для кругової котушки збудження

$\vec{v} = (v_x; v_y)$ м/с	Варіант розподілу ЩВС	$\sum t_{роз}, год$	r_0 , мм	Розподіл ЩВС
(0; 0)	а	3,5	5	
(40; 0)	б	8		
(0; 0)	в	11	35	
(40; 0)	г	20		

В табл. 3 наведені результати розрахунку розподілу ЩВС для котушки збудження прямокутної форми при однакових геометричних розмірах котушки $a \times b$ та при врахуванні швидкості руху ОК по одній v_x і по двом складовим v_x, v_y .

В табл. 4 наведені результати розрахунку розподілу ЩВС для котушки збудження прямокутної форми (тангенціальний ВСП) при однакових геометричних розмірах котушки $a \times b$ та при врахуванні швидкості руху ОК по одній, двом складовим, а також при нерухомому ОК.

Таблиця 3 - Затрати часу на розрахунок розподілу ЩВС для прямокутної котушки збудження

$\bar{v} = (v_x; v_y)$ м/с	Варіант розподілу ЩВС	$\Sigma t_{роз},$ год	$a \times b,$ мм	Розподіл ЩВС
(0; 0)	а	2,5	40x20	
(10; 0)	б	3-4		
(0; 10)	в	3-4		
(10; 10)	г	7-8		

Таблиця 4 - Затрати часу на розрахунок розподілу ЩВС для котушки збудження прямокутної форми (тангенціальний ВСП)

$\bar{v} = (v_x; v_y)$ м/с	Варіант розподілу ЩВС	$\Sigma t_{роз},$ год	$a \times b,$ мм	Розподіл ЩВС
(0; 0)	а	2	12x12	
(40; 0)	б	4		
(0; 40)	в	4		
(40; 40)	г	7		

Дані із табл. 2 свідчать, що час на розрахунок розподілу ЩВС для котушки збудження кругової форми при нерухомому ОК залежить від геометричних параметрів витка. Час розрахунку не суттєво збільшується при врахуванні швидкості руху ОК. Аналіз табл. 3 показує, що на сумарні часові затрати не суттєво впливає швидкість переміщення ОК. Так час на розрахунок в одній точці складає приблизно 28-33 секунди незалежно від кількості та характеру складових швидкості, що враховувалися. В табл. 4 наведені затрати часу на розрахунок розподілу ЩВС для котушки збудження прямокутної форми (тангенціальний ВСП). Як і в попередньому випадку швидкість руху майже не впливає на час розрахунку, який в даному випадку складає 12-18 секунд для однієї точки зони контролю. Для всіх трьох випадків конструкції ВСП розподіл ЩВС виконувався на поверхні ОК, тобто без врахування його зміни по глибині матеріалу ОК.

Висновки Результати демонструють, що обчислювальна складність розрахунку розподілу щільності вихрових струмів за точною математичною моделлю при варіюванні тільки двох просторових координат $J=f(x,y)$ є достатньо великою. Очевидно, що час на розрахунок ще збільшиться, якщо система збудження буде мати котушку із N витків, де необхідно враховувати додатково інтегрування по площі її поперечного перетину. Таким чином, використовувати математичну модель безпосередньо, розраховуючи значення розподілу щільності вихрових струмів в точках контрольної зони, є не перспективним з огляду на значну ресурсоемність обчислювального процесу. У випадку коли задача оптимального синтезу буде багатопараметрична, наприклад, $J=f(x,y,z)$ час на розрахунок значно збільшиться, що практично унеможливує вирішення задачі синтезу. Одним із шляхів вирішення проблеми обчислювальної ресурсоемності є застосуванням технології сурогатної оптимізації [9-13].

Список літератури

1. Стеблев Ю.И. Синтез заданных характеристик вихретоковых преобразователей. // Дефектоскопия. - 1984. - № 11. - С. 12-20.
2. Стеблев Ю.И. Синтез вихретоковых преобразователей с заданной структурой возбуждающего поля в зоне контроля. // Дефектоскопия. - 1986. - № 4. - С. 58-64.
3. Стеблев Ю.И. Синтез возбуждающих полей вихретоковых преобразователей для контроля локально-неоднородных изделий и сред. // Дефектоскопия. - 1988. - № 5. - С. 47-56.
4. Стеблев Ю.И. Синтез зондирующих сигналов вихретоковых преобразователей. // Дефектоскопия. - 1986. - № 8. - С. 66-75.
5. Gal'chenko V.Ya. Structural Synthesis of Attachable Eddy-Current Probes with a Given Distribution of the Probing Field in the Test Zone / V.Ya. Gal'chenko, M.A. Vorob'ev // Russian Journal of Nondestructive Testing. - 2005. - Vol. 41. - No. 1. - pp. 29-33. DOI: 10.1007/s11181-005-0124-7
6. Гальченко В.Я., Павлов О.К., Воробйов М.О. Нелінійний синтез магнітних полів збудження вихреструмових перетворювачів дефектоскопів. // Методи і прилади контролю якості. -2002. -№ 8. -С. 3-5
7. Itaya T. Visualization of Eddy Current Distributions for Arbitrarily Shaped Coils Parallel to a Moving Conductor Slab / T. Itaya, K. Ishida, Y. Kubota, A. Tanaka, and N. Takehira // Progress In Electromagnetics Research M, Vol. 47, 1-12, 2016. DOI:10.2528/PIERM16011204
8. Itaya T. A New Analytical Method for Calculation of the Eddy Current Distribution and its Application to a System of Conductor-Stab and Rectangular Coil [Text] / T. Itaya, K. Ishida, A. Tanaka, N. Takehira, T. Miki // PIERS Online, Vol. 7, no.8, 2011. pp. 766-770.

9. Гальченко В.Я. Застосування метамоделей для вирішення задач синтезу вихрострумівих перетворювачів з однорідним розподілом щільності струму в зоні контролю [Текст] / В.Я. Гальченко, Р.В. Трембовецька, В.В. Тичков // Приладобудування: стан і перспективи: матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції, 15-16 травня 2018 р., м. Київ: ПБФ, НТУУ “КПІ”, 2018. С. 146-147.

10. Трембовецька Р.В. Застосування MLP-метамоделей в задачах сурогатної оптимізації [Текст] / Р.В. Трембовецька, В.Я. Гальченко, В.В. Тичков // Молодий вчений. – 2018. – №2 (54). – С. 32-39.

11. Трембовецька Р.В. Вирішення складних задач оптимізації з використанням метамоделей [Text] / Р.В. Трембовецька, В.Я. Гальченко, В.В. Тичков // Information Technologies in Education, Science and Technology" (ITEST-2018): Conference proceedings of IV International Scientific-Practical Conference: Cherkasy, May 17-18, 2018 – Cherkasy: ChSTU, 2018. – P.37-42.

12. Trembovetska R.V. The Approximation Surface Review of the Multidimensional Target Function for Surrogate Optimization Problem [Text] / R.V. Trembovetska, V.Ya. Halchenko, V.V. Tychkov // Advanced Information Systems and Technologies: proceedings of the VI international scientific conference, Sumy, May 16–18 2018 / Edited by S. I. Protsenko, V. V. Shendryk – Sumy: Sumy State University, 2018. – pp. 34 – 38.

13. Гальченко В.Я. Побудова RBF-метамоделей в задачах сурогатної оптимізації [Електронний ресурс] / В.Я. Гальченко, Р.В. Трембовецька // Теоретико-практичні проблеми використання математичних методів і комп’ютерно-орієнтованих технологій в освіті та науці: зб. матеріалів у II Всеукраїнської конференції, 28 березня 2018 р., м. Київ. – Київ: Київ. ун-т ім. Б.Грінченка, 2018. – С. 179 – 184.

Секція 2.

КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

УДК 621.91.01:681.3.01:004.4

Волошко О.В., асистент, Вислоух С.П., к.т.н., доцент
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
e-mail: voloshko_o@ukr.net

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ

Abstract. *The used method of the final elements for modeling the elastic state of the part "armchair" is given. The simulation results from the application of the FEMAP software system have shown its effectiveness for studying the design of components operating under difficult operating conditions.*

Key words: *computer modelling, final elements analysis, elastic state of the part*

Комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів вивчення складних систем. Комп'ютерні моделі є простими і зручними для проведення обчислювальних експериментів. Комп'ютерне моделювання надає можливість досліджувати процеси в динаміці, керуючи їх тривалістю, здійснювати багаторазові випробування початкової моделі, отримувати різноманітні характеристики об'єкту в числовому або графічному вигляді, знаходити оптимальне проектне рішення без виготовлення дослідних зразків. При комп'ютерному моделюванні використовуються метод кінцевих елементів, метод кінцевих різниць, метод вузлових потенціалів тощо [1].

Використанням методу кінцевих елементів на сьогодні є фактично світовим стандартом для розрахунків конструкцій деталей. Основою цього є універсальність методу, що дозволяє єдиним способом розраховувати конструкції деталей з різними властивостями матеріалів. Гнучкість методу кінцевих елементів забезпечує багатоваріантність способів моделювання конструкції [2].

Тому метод кінцевих елементів є універсальним засобом аналізу конструкцій деталей і, серед багатьох моделей CAD / CAM / CAE – програмних пакетів кінцево-елементного аналізу, має важливе значення.

Сучасним прогресивним програмним середовищем для вирішення задач інженерного аналізу є FEMAP, що дозволяє створювати кінцево-елементні моделі деталей, складних виробів та систем й виконувати аналіз отриманих результатів. FEMAP допомагає чітко представити картину поведінки досліджуваної конструкції виробу [3].

За допомогою інструментів численного моделювання FEMAP можливо: оцінити і поліпшити експлуатаційні характеристики та якість виробу; скоротити фінансові витрати на виготовлення деталей; порівняти різні варіанти геометрії конструкції та використовуваних матеріалів; оптимізувати конструкцію деталі і знизити витрату матеріалів.

Метод кінцевих елементів є потужним інструментом визначення потенційних деформацій, що викликаних процесом механічної обробки. Використовуючи результати аналізу за методом скінченних елементів, можна проектувати і прогнозувати потенційні деформації і зменшити загальні витрати при виробництві

Початковим етапом проведення розрахунків елемента конструкції є аналіз геометрії тіла, умов його навантаження, властивостей матеріалу та створення розрахункової моделі. Розрахункова модель є певним наближенням до реального тіла із матеріалу його виготовлення та умовами експлуатації. Вона дозволяє виконати чисельний розрахунок конструкції деталі на основі її геометрії, матеріалу, початкових та граничних умов [4].

Для виконання комп'ютерного моделювання вибрано деталь «коромисло» з довжиною 155 мм, найбільшою шириною 30 мм та висотою 9.5 мм та має осьовий отвір діаметром 6.1 мм що виготовлена зі сталі 40X ДСТУ 7806:2015.

Креслення деталі в програмному комплексі FEMAP починалося з визначення координат «кінцевих та перехідних» точок даної деталі та внесення їх в програму. Після нанесення цих точок на креслення, вони були з'єднані лініями, що дозволило отримати двомірне креслення деталі. Далі за допомогою команди «Geometry→Boundary Surface→From Curves...», побудована гранична поверхня. З побудованої граничної поверхні, за допомогою команди «Geometry→Solid→Extrude» отримали твердотільну деталь. Надалі, за допомогою тієї ж команди, зробили заокруглення по краям деталі та зробили отвори у необхідних місцях.

Для створення кінцево-елементної моделі потрібно додати всі характеристики матеріалу деталі «коромисло» (команда «Model→Material...»). В цих характеристиках вказуються всі необхідні значення його фізико-механічних властивостей: коефіцієнт Пуассона, густина матеріалу, модуль Юнга та інші.

Командою «Model→Property...» ініціювалася діалогова панель «Define Property», де кнопкою «Elem/Property Type...» викликала відповідна панель, в якій було обрано тип кінцевих елементів «Solid». Для створення кінцево-елементної сітки на основі створеного «твердого» тіла застосовувалася команда «Mesh→Geometry→Solids...». Вона викликає діалогову панель «Automesh Solids», в якій було обрано раніше створені властивості KE, встановлено опцію «Midside Nodes», що створює проміжні вузли KE для апроксимації геометрії тіла. Після натискання кнопки «ОК» виконувалася генерація КЕС. Далі необхідно задати граничні умови, що моделюють закріплення деталі в складальній одиниці. Навантаження на моделі представляли у вигляді стрілочок за його напрямком та числовим значенням.

Для відображення напружено-деформованого стану деталі командою «View→Select» викликано відповідну діалогову панель «View Select», де в секції «Model Style» обрано опцію «Draw Model», в секції «Deformed Style» – «Deform», в секції «Contour Style» – «Beam Diagram». Кнопка «Deformed and Contour Data...» ініціює діалогову панель «Select PostProcessing Data», де в секції «Output Vectors» зі списку було обрано рядок «1..Total Translation», що відповідає сумарним векторними переміщенням, а в секції «Contour» – «60031..Solid Von Mises Stress», що відповідає еквівалентним напруженням по гіпотезі енергії формозміни (Мізеса) для об'ємних KE. Після натискання кнопки «ОК» створена модель представляється в деформованому стані. В правій частині графічного інтерфейсу програми представлена кольорова діаграма, що відображає значення еквівалентних напружень за гіпотезею Мізеса для об'ємних KE [4].

FEMAP дозволяє переглядати текстову інформацію про результати виконання аналізу. З цією метою виконувалася команда «List→Output→Unformatted...». В діалоговій панелі «Entity Selection – Select Output Set(s) to List» вибирали всі елементи, а в діалоговій панелі «List Unformatted Output» вибирали рядок «1..Total Translation» для отримання інформації про сумарні векторні переміщення. Знизу від робочої

площини в інформаційній панелі «Messages» представляється список з номерами КЕ та значеннями відповідних величин.

Результати моделювання пружного стану деталі дав можливість визначити місце локалізації та значення напружень і деформацій, що виникають в процесі експлуатації коромисла в складальній одиниці.

Таким чином, метод кінцевих елементів є потужним інструментом визначення потенційних деформацій, що викликаних процесом механічної обробки. Використовуючи результати аналізу за методом кінцевих елементів, можна проектувати і прогнозувати потенційні деформації і зменшити загальні витрати при виробництві

Список літератури

1. Компьютерное моделирование [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Компьютерное_моделирование.htm – (17.03.2016).
2. Пасічник О.А. Технології комп'ютерного проектування та моделювання напружено-деформованого стану. Вісник Хмельницького національного університету, №3, 2016 (237) – с.172-175
3. Волошко О.В., Комп'ютерне моделювання параметрів поверхневого шару деталей/ Збірник тез доповідей XVII Міжнародної технічної конференції «Приладобудування: стан і перспективи», ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського м. Київ, 2018. с. 63-64
4. Барандич К.С. Створення кінцево-елементної моделі валу та вирішення крайової задачі напружено-деформованого стану матеріалів / К.С. Барандич, С.П. Вислоух // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Редколегія: С.Ф. Пічугін (головний редактор) та ін. – Вип. 2 (41). – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – с. 228-232.

Крайник Я.М., к.т.н., докторант,
codebreaker7@ukr.net, yaroslav.krainyk@chmnu.edu.ua

Перов В.О., аспірант
perov.vlad92@gmail.

кафедри комп'ютерної інженерії
Чорноморський національний університет імені Петра Могили,
м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ДЕКОДЕРУ TURBO-PRODUCT-КОДІВ У СЕРЕДОВИЩІ MODELSIM

***Abstract.** Results of modeling decoder of Turbo-Product-Codes are presented in this work. The process of modeling has been performed in ModelSim environment. Testbench has been developed to organize workflow of the decoder. The results demonstrates proper functioning of the developed decoder.*

***Key words:** simulation, test environment, decoder.*

Дана робота є продовження дослідження, яке розпочато у роботах [1, 2].

Стадія моделювання роботи схмотехнічного опису пристрою є однією з найважливіших з точки зору перевірки коректності роботи схеми загалом. Незважаючи на те, що дана стадія проходить без безпосереднього застосування апаратних засобів, саме на основі її результатів приймається рішення про перехід до подальшої стадії тестування – лабораторного тестування. За умови коректної організації процесу моделювання у більшості випадків, апаратне тестування має підтверджувати результати, показані на стадії моделювання.

Відповідно, важливим є саме коректне налаштування тестового оточення (англ. testbench) розробленого модулю. Тестове оточення, зазвичай, організовується за принципом, який характерний для організації модульних тестів, тобто:

1. Подача вхідних стимулів на вхід тестовому модулю (англ. Design-Under-Test – DUT).
2. Запуск роботи модулю.
3. Перевірка співпадіння отриманих результатів з очікуваними.

У даній роботі представлені результати проведення моделювання роботи декодера TP-кодів на базі ПЛІС. Описана методика організації тестового оточення для процесу моделювання, а також усі необхідні підготовчі кроки, які необхідні для повноцінного тестування системи. Також окремо виділені моменти, які характерні для моделювання декодера Turbo-Product-кодів (TP-кодів) з можливістю зміни оброблюваного коду без перепрограмування пристрою.

Середовище ModelSim [3] від компанії MentorGraphics стало стандартом де-факто для процесу розробки цифрових схем на базі ПЛІС або спеціалізованих мікросхем. Однією з його переваг є те, що доступна безкоштовна версія програмного забезпечення, яке з певними обмеженнями можна використовувати для моделювання. Основні виробники ПЛІС (Xilinx та Altera) у власному програмному забезпеченні надають можливість обрати в якості середовища моделювання ModelSim, окрім власного програмного забезпечення, яке постачається з середовищами розробки. Моделювання саме у середовищі ModelSim дозволяє проводити тестування схмотехнічних описів, які мають бути незалежними від цільової мікросхеми, що також є великою перевагою. Тим не менш, підтримується також моделювання за наявності компонентів, які є специфічними для певної платформи.

Методика створення тестових оточень передбачає активне використання операцій з файлами. У мові VHDL наявні засоби для роботи з файлами, які покривають необхідний мінімум для запису та читання значень з відповідним форматуванням. З пов'язані складнощі, які виникають при необхідності реалізувати складну послідовність запису/зчитування зі специфічним форматуванням. В основному використовується функціонал, який надається двома пакетами (std.textio та ieee.std_logic_textio).

Для проведення моделювання роботи декодер було розроблене тестове оточення, яке дозволяє перевірити роботу декодеру на усіх стадіях (запис даних, безпосередньо декодування, видача результатів). Саме декодування можна розділити на декілька підстадій: пошук мінімальних позицій у векторі, генерація тестових векторів, жорстке декодування, корекція м'яких значень. Усіма вказаними операціями у декодері керує модуль скінченного автомату, який забезпечує послідовне виконання усіх стадій у режимі, коли блоки працюють паралельно. Діаграма станів основних сигналів, якими керує автомат наведена на рис. 1.

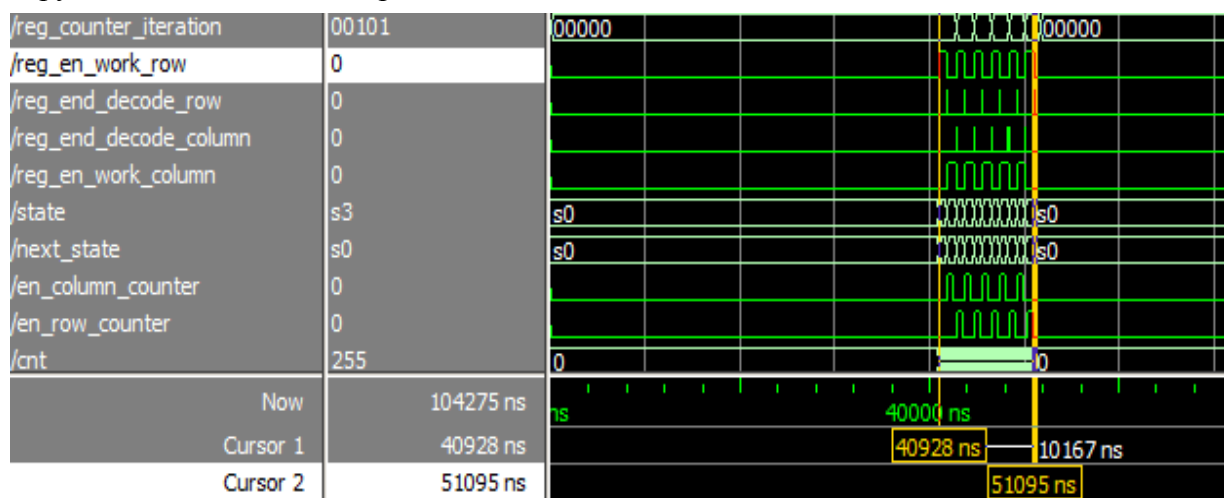


Рис. 1. Діаграма станів основних сигналів, керованих автоматом

У даній роботі представлена методика проведення моделювання розробленого схемотехнічного опису мовою VHDL декодеру TP-кодів. При моделюванні використовувались засоби середовища Mentor Graphics ModelSim. Розроблене спеціалізоване тестове оточення, яке дозволяє подавати дані на вхід декодеру та отримувати результат з записом отриманих даних у файл. Особливістю розробленого тестового оточення є те, що воно дозволяє проводити декодування кількох кодів в рамках одного тестового запуску

Список літератури

1. Krainyk Y.M., Perov V.O., Musiyenko M.P. Low-Complexity High-Speed Soft-Hard Decoding for Turbo-Product Codes [Text] / Krainyk Y.M., Perov V.O., Musiyenko M.P. // Electronics and Nanotechnologies-2017 (ELNANO-2017), April 2017, Kyiv, Ukraine. – 2017. – pp. 471-474.
2. Krainyk Y.M., Perov V.O., Musiyenko M.P., Davydenko Y. Hardware-Oriented Turbo-Product Codes Decoder Architecture [Text] / Krainyk Y.M., Perov V.O., Musiyenko M.P., Davydenko Y. // IDAACS-2017, Bucharest, Romania, September 2017. – 2017. – pp. 151-154.
3. Download Center. [Electronic resource]: Mode of access: WWW.URL: http://fpgasoftware.intel.com/13.1/?product=modelsim_ae#tabs-2 (дата звернення 27.08.2018). – Title from screen.

Накул Ю.О.

Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса

Nak.01@ukr.net

РОЗГОРНУТА МЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ МОБІЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ТА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЗА ПРОЦЕСОМ ЗАВАНТАЖЕННЯ КОНТЕЙНЕРОВОЗІВ

***Abstract.** Controlling the loading of container vessels is a complex and responsible process requiring direct control by the captain. Existing methods and control systems do not allow the automatic registration of container movements and control the overall process of loading or shipment, which often leads to the loss of containers. Information about such incidents does not come to the captain in his absence, or in the case of identifying the corresponding losses, it is necessary to spend extra time at the port in port and force the entire command of the vessel to rectify the relevant flaws. Known tools allow only preliminary theoretical distribution of containers on the deck to visualize the future process of loading and displaying in the three-dimensional space of the positions of each of the containers. Existing tools do not allow monitoring real-time boat parameters and transmit data over a distance using publicly available data feeds. The developed network model of mobile monitoring and operational control over the loading process of container vessels has been developed, which allows the captain to monitor the real-time loading in a free place of residence using a publicly available computer technology, such as a personal computer, tablet, smartphone.*

***Keywords:** ship, loading, control, model, mobile terminal, smartphone.*

Незважаючи на значну кількість задіяних працівників в процесі завантаження контейнерів на контейнеровоз, найбільша відповідальність покладається на капітана судна. В найбільш складних ситуаціях, капітану доводиться самостійно знаходитись на містку чи на палубі судна та слідкувати за процесом. В наш час такий підхід неприпустимий, оскільки в такому разі капітан не може займатися іншими управлінськими питаннями, іншим чином ефективно використати час стоянки судна в порту. Оптимальним рішенням вказаної проблеми є повна автоматизація реєстрації всіх процесів, що відбуваються при завантаженні судна та введення в модель додаткового блоку мобільного терміналу, за яким капітан судна зможе слідкувати за перебігом процесу завантаження з будь якої точки порту, чи міста.

Метою роботи розробка розгорнутої інформаційної моделі мобільного моніторингу та оперативного контролю за процесом завантаження контейнеровозів.

В розробленій моделі [1], на основі робіт [2–5], роль капітана передбачається для попереднього планування процесу завантаження, введення службових даних до системи та контроль за перебігом завантаження з містка, що позбавляє його мобільності під час стоянки в порту. В спеціалізованих системах широкої популярності набули спеціалізовані термінали віддаленого доступу, як з дротовим з'єднанням, так і з бездротовим, хоч номенклатура на ринку останніх не така широка, як попереднього варіанту. За такого підходу, капітан набуває мобільності, але натомість він змушений буде постійно носити з собою зайвий прилад. Оскільки в процесі завантаження основне завдання – це моніторинг перебігу процесу та можливість оперативного введення корелюючих завдань, логічним виходом з ситуації буде адаптація наявних програмно-апаратних засобів, що вже знаходяться у власності капітана, до вирішення поставлених

завдань. До таких приладів можна віднести планшетні комп'ютери та сучасні смартфони на базі операційних систем Android чи iOS.



Рис. 1. Модель взаємодії мобільної системи доступу до серверу даних

Дана модель взаємодії передбачає використання довільної технології передачі даних, Wi-Fi чи GSM / GPRS. За використання такого підходу знімаються обмеження на пересування капітана. Разом з тим виконується ще одна вимога, яка пред'являється до промислових комплексів та систем зору даних – резервування каналу передачі даних. Здійснювати розробку програмного забезпечення потрібно буде таким чином, щоб воно постійно обирало найшвидший з доступних протоколів передачі даних.

Таким чином, розроблена модель з [1] набуде вигляду, приведеного на рис. 2, розробленого на основі UML – діаграм [6].

Пропонована методика забезпечить безперервне надходження даних в реальному часі про процес завантаження.

За відсутності мережі Wi-Fi можуть зніматися зайві кошти при користуванні технологією GSM / GPRS. Для уникнення вказаної ситуації в розроблюваному програмному забезпеченні потрібно врахувати можливість вибору мінімального часового проміжку при оновленні даних.

При конвеєрному механізмі завантаження, середній час операції з контейнером становить близько двох хвилин. В залежності від ситуації (якщо потрібно попередньо переставити контейнери, що вже містяться на судні або якась інша нештатна ситуація), час на завантаження може сягати від декількох десятків хвилин, до декількох годин.

З врахуванням вказаних параметрів, користувач сам матиме змогу задавати дискретність оновлення даних на своєму смартфоні, що дозволить ефективно контролювати витрати на оплату мережі GSM / GPRS.

Дана модель взаємодії передбачає використання довільної технології передачі даних, Wi-Fi чи GSM / GPRS. За використання такого підходу знімаються обмеження

на пересування капітана. Здійснювати розробку програмного забезпечення потрібно буде таким чином, щоб воно постійно обирало найшвидший з доступних протоколів передачі даних.

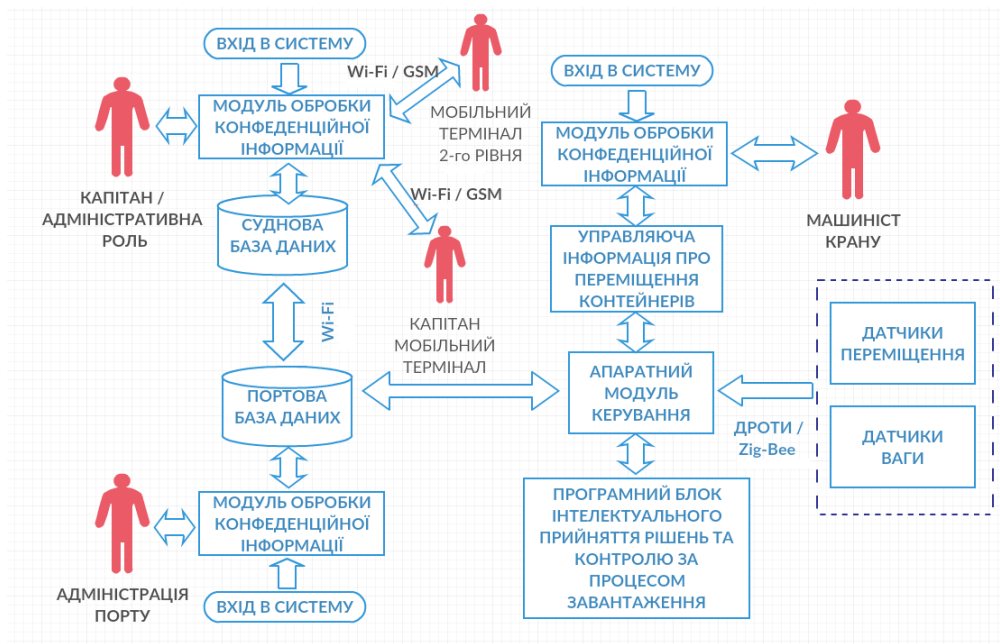


Рис. 2. UML-діаграма комп'ютерної системи контролю завантаження контейнеровозу з врахуванням мобільних пристроїв моніторингу даних

Таким чином, розроблено модель системи мобільного моніторингу за процесом завантаження, що дозволить капітану перебувати в довільній точці порту та дізнаватись кількісний склад розвантажених чи завантажених контейнерів, а також безпосередні їхні маршрутні дані. Це, в свою чергу, дозволить капітану безпосередньо контролювати остійні параметри судна та запобігти утворення крену і диференту судна, зменшити паперовий документообіг, підвищити продуктивність праці, скоротити час на обробку інформації.

Список літератури

1. Накул Ю. О. Розробка інформаційної моделі комп'ютерної системи контролю завантаження контейнеровоза / Ю. О. Накул. // Проблеми інформаційних технологій. – Херсон, 2018. – №23. – С. 13–20.
2. Волкова В.Н. Основы теории систем и системного анализа [Текст]: учебник / В.Н. Волкова, А.А. Денисов, изд. 2. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1997. – 510 с.
3. Згуровський М. З. Основы системного аналізу [Текст] / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова, – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 544 с.
4. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа [Текст] / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
5. Романов В.Н. Системный анализ для инженеров [Текст] / В.Н. Романов. М-во образования РФ, северо-западный государственный заочный технический университет. – изд. 2-е, дополненное. – СПб: СЗГЗТУ. – 2006. – 186 с.
6. Арлоу Д. UML 2 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование, 2-ое издание [Текст] / Джим Арлоу, Айла Нейштадт, – Санкт-Петербург: Символ-Плюс, 2007. – 624 с.

Ukhina H.V.

anyuta.uhina@gmail.com

Bilenko A.A., PhD, associate professor,

anatoliy.bilenko@gmail.com

Sytников V.S., Dr. Sc., professor,

sitnvs@gmail.com

Odessa National Polytechnic University
Shevchenko pr., 1, Odessa, 65044, Ukraine

ADJUSTABLE COMPONENTS OF NPP TECHNOLOGICAL PROCESSES AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

***Abstract.** Transfer function coefficients' effect on the amplitude-frequency characteristic properties, which should be taken into account when adjustable components designing, is considered. On the example of low and high frequencies ranges first order typical digital filters, found are the dependencies between the transfer function's numerator and denominator coefficients and the cutoff frequency, as well as the denominator coefficient's dependence on the ripple index.*

***Key words:** low-level TP ACS, primary signal processing, characteristics correction, characteristics adjustment, separate and complex restructuring, transfer function coefficients, implementation of restructuring.*

According to the regulatory requirements actually in force in Ukraine, each power unit of the nuclear power plant (NPP) does obligatorily include the technological process monitoring and controlling system. At that, modern methods of managing and synthesizing multi-level hierarchical systems using high-performance multiprocessor complexes should be used. In Ukraine the main producer of such complexes is the Scientific-productional enterprise "Radyi".

The soft- and hardware complex for the technological processes automated control system (TP ACS), as a variant of NPP's specialized computer system, provides at the lower level the collection and initial processing of data from metering instruments and their sensors, that serving to generate safety control signals and to inform maintenance personnel about the state of whole systems, their elements, and technological process. Quite often, when designing the TP ACS elements, the problem of correcting and rearranging that system's frequency-dependent components parameters arises. Such systems represent a combination of hard- and software arranged into a complex architecture embodying various interlinking. Such a specialized computer (microprocessor) system performs a large number of tasks, one of which refers to system characteristics control and correction, depending on the operation conditions and changes occurring in the environment, the implemented technological process and the system itself.

When such components designing, required is to solve the problem of analyzing the influence rendered by the data collection-and- processing path components' transfer function coefficients onto the amplitude-frequency response (AFR) characteristics. It should be noted that the frequency response characteristics control is possible both separately and in whole complex. A similar problem is typical for adaptive and adjustable devices, including filters, characterized with the same mathematical description.

This study objective is to analyze the effect of component's transfer function coefficients onto the frequency response properties, in order to simplify the design and control

of soft- and hardware complexes used at the nuclear power plants' automated process control systems.

Here we shall consider the commonly used serial digital filters as a component of pre-processing and filtering path. Well known is that to simplify their adjustment and control the high-order components are built on the basis of first and second order components. Therefore, the analysis of digital filter transfer function coefficients' effect on the filter's characteristics properties has been carried out based on a first-order transfer function of such form

$$H(z) = a_0 \frac{1 \pm z^{-1}}{1 + bz^{-1}}, \quad (1)$$

where "+" in the numerator corresponds to LPF and "-" respectively to HPF

When substituting $z^{-1} = e^{-j\bar{\omega}}$ or, according to Euler's formula, $z^{-1} = \cos \bar{\omega} - j \sin \bar{\omega}$, where $\bar{\omega}$ — rated angular frequency, $\bar{\omega} = 2\pi \frac{f}{f_d}$, $\bar{\omega} \in [0, \pi]$, f, f_d — are respectively the linear frequency and discretisation frequency, then we shall get a complex transfer coefficient, used in basis to obtain both LPF and HPF amplitude-frequency responses.

Low-pass filter

We obtained a formula for the first-order LPF, to determine the transfer function (1) denominator coefficient b as a function depending on the cutoff frequency $\bar{\omega}_c$ and level c ,

$$b = - \left\{ 1 - \frac{2c^2 \sin^2\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right) \left(1 - \frac{\cos\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right)} \sqrt{\frac{1-c^2}{c^2}} \right)}{c^2 - \cos^2\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right)} \right\}. \quad (2)$$

However, such a representation of dependence between the denominator b coefficient and the cutoff frequency $\bar{\omega}_c$ for level c is not satisfactorily good for practical realization. Let us introduce some dummy value ξ so that

$$c = \cos\left(\frac{\xi}{2}\right). \quad (3)$$

In other words, such a dummy value is $\xi = 2 \arccos(c)$.

Then, after substituting (3) into (2), we obtain an expression simpler for introducing to the system

$$b = \frac{\sin\left(\frac{\bar{\omega}_c - \xi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\bar{\omega}_c + \xi}{2}\right)}. \quad (4)$$

High-pass filter

Depending on the cut-off frequency $\bar{\omega}_c$ and the level c , we found a relation that determines the coefficient of HPF transfer function (1) denominator b

$$b = 1 - \frac{2c^2 \cos^2\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right) \left(1 - \frac{\sin\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right)} \sqrt{\frac{1-c^2}{c^2}} \right)}{c^2 - \sin^2\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right)} \quad (5)$$

Applying some relations, we get the expression for coefficient b (5) in the following form

$$b = \frac{\cos\left(\frac{\bar{\omega}_c + \xi}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\bar{\omega}_c - \xi}{2}\right)}. \quad (6)$$

In designing two variances of control implementation can be considered: both individual and complex option.

In case of individual control, the adjustment is carried out separately using the gain coefficient k and separately using the cutoff frequency $\bar{\omega}_c$, i.e. for each value of k and $\bar{\omega}_c$ it is necessary to recalculate the values a_0 and b . In most cases $k = \text{var}$.

When complex control integrating, i.e. when both coefficient k and frequency $\bar{\omega}_c$ are simultaneously adjusted, the coefficient k can take values $k = \text{var}$ as well as $k = \text{const}$. Since the ratio between the transfer function coefficients a_0 and b is rather complicated, these options should be considered separately.

In the case where considered is an option with variable coefficient $k = \text{var}$ the sequence shall be as follows:

- setting a new k_i coefficient value and $\bar{\omega}_{ci}$ cutoff frequency value;
- in accordance with formulas (2, 4) or (5-6), the coefficient b is given as b_i ;

In the case of a constant gain coefficient $k = \text{const}$, the procedure is the same as the above described sequence. However, for the value $k = \text{const}$, the coefficient a_0 is a function of only the coefficient b_i , i.e. $a_0 = F(b_i)$. Here, this dependence can be calculated preliminarily and stored in memory so as not to waste time on its new calculation.

Considered is the design of digital first-order filters' frequency-dependent components with these components description represented using transfer functions characteristic for first-order filters. The considered digital filters frequency response analysis shows that when designing frequency-dependent components with respect to the specified cut-off frequency $\bar{\omega}_c$ and level c , we can surely find the values of numerator a_0 and denominator b coefficients, and as to the normalized filters, we can find the necessary denominator b coefficient.

The carried out research confirmed the possibility of both by-components individual and complex integral frequency response control.

For changing the filter gain, sufficient is to change the numerator a_0 coefficient without changing the denominator b coefficient. Here possible is the linear individual control of gain coefficient by changing the numerator a_0 coefficient, that is typical for adaptive filters.

The carried out analysis allows an essentially simplified solution to the problem of designing and controlling the specialized computer systems frequency-dependent components

with the possibility to correct and rearrange the characteristics of both an individual component and the system as a whole.

References

1. Disadvantages of existing automatic process control system at nuclear power plants and prospects of their development, available at: <http://tesiaes.ru/?p=13030>
2. V.V. Eliseev, "Information and control systems HDM production NPP "Pulse". Status, prospects", Nuclear & radiation safety, no. 4(60), pp. 61-64, 2013.
3. Guide to the calculation and design of ARC-schemes, 1984, 368 p. (in Russian)
4. A.B. Sergienko, Digital signal processing, SPb: Piter, 2006, 751 p. (in Russian)
5. V.P. Tepin, A.V. Tepin, "Programmable digital filters: synthesising laws of transfer function control", YuFU Bulletin. Engineering sciences, no 1, pp. 50-57, 2011.
6. S. Koshita, Y. Kumamoto, M. Abe, M. Kawamata, "Adaptive IIR Band-Pass/Band-Stop Filtering Using High-Order Transfer Function and Frequency Transformation", Interdisciplinary International Sciences, vol. 9, pp. 163-172, 2013.
7. S. Koshita, M. Abe, M. Kawamata, "Variable state-space digital filters using series approximations", Digital Signal Processing, vol. 60, pp. 338-349, 2017
8. H.V. Ukhina, A.A. Bilenko, V.S. Sytnikov, "Improving the efficiency software and hardware complexes in NPP APCS", Nuclear and Radiation Safety, no. 3(71), pp. 70-76, 2016. (in Russian)
9. G. Stoyanov, I. Uzunov and M. Kawamata, "Design of variable iir digital filters using equal subfilters", Proceedings of IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, vol. 1, pp. 141-146, November, 2000.
10. G. Stoyanov and M. Kawamata, I. Uzunov, "Design and realization of variable IIR digital filters as a cascade of identical subfilters", IEICE Trans. Fundamentals, vol. E84-A, No.8, pp. 34-47, August, 2001.
11. H.V. Ukhina, M.P. Saftuk, V.S. Sytnikov, "Development algorithmization of computer systems dynamic components for CAD", Computer systems and technologies in production management and economics. All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of the Chernivtsi Faculty, pp. 120-122, 2014. (in Russian)

Філоненко К.Г., магістрант,
Вислоух С.П., к.т.н., доцент,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
e-mail: kostia4733@gmail.com, тел. 8 (063) 322-54-35

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

***Abstract** Increasing complexity of production systems call for improvement of analysis mechanisms of objects and processes, technological process and predict the consequences of certain actions, development of management decisions at all levels of business management system. Lately simulation model began often used for the tasks solution..*

***Key words:** Simulation, production systems, Petri Networks, positions and transition.*

Імітаційне моделювання на сьогодні широко застосовується як інструмент оптимізації технологічних, логістичних та організаційних процесів в різних галузях. Підвищити ефективність вирішення різноманітного класу задач можливо завдяки широкого застосування систем імітаційного моделювання з графічним введенням структурних схем, об'єктів що моделюються [1].

Підготовка процесу імітації об'єкта включає вибір мети моделі (наприклад, опис того, як механічний цех виготовляє деталі), тип створюваної моделі (наприклад, модель "потокowego" процесу) і передбачуване використання побудованої і перевіреної моделі (наприклад, підготувати оператора або верстату). Таким чином, підготовка має максимально полегшити використання початкової інформації [2].

Основна цінність імітаційного моделювання полягає у використанні методології системного аналізу – дослідженні системи, що аналізується або проектується, за схемою операційного дослідження. Даний метод охоплює низку послідовних етапів: змістовна постановка завдання; створення концептуальної моделі; розроблення алгоритму і програми реалізації імітаційної моделі; перевірка адекватності моделі та оцінка точності результатів моделювання; планування і проведення комп'ютерних експериментів; прийняття рішень на основі отриманих даних [3].

Імітаційне моделювання дає можливість відтворити в часі процес роботи виробничої системи, відтворюючи елементарні операції її функціонування (технологічні, завантажувально-розвантажувальні, транспортні) зі збереженням їх логічної структури і послідовності протікання в часі. Це дозволяє за вихідними даними отримати відомості про стан системи в будь-який момент часу, а також оцінити її вихідні характеристики. Основною перевагою імітаційного моделювання в порівнянні з аналітичним в таких умовах є можливість вирішення більш складних завдань. Імітаційні моделі дозволяють, зокрема, більш точно, ніж при аналітичному моделюванні, врахувати численні випадкові чинники, що характерні, наприклад, для гнучкого багатомономенклатурного виробництва [4].

У випадку отримання незадовільних результатів при порівнянні моделі та реальної системи, необхідно сформулювати ряд гіпотез, за допомогою яких можна визначити причину невідповідності. Гіпотези доцільно формулювати для таких рівнів імітаційної моделі, як опис структури, алгоритми поведінки, параметри вхідних і вихідних даних. Після цього обирається рівень, на якому коригується модель.

Пошук причин невідповідності потрібно розпочинати на рівні вхідних даних, для чого оцінюють чутливість моделі до їхніх змін. Якщо виявилось, що незначна зміна вхідних даних причинає значну зміну вихідних, то необхідно уточнити вхідні дані для моделі та локалізувати блоки моделі, на які найбільше впливають ці вхідні дані. Виявлення причин такої залежності може потребувати зміни структури імітаційної моделі шляхом заміни окремих блоків моделі на більш деталізовані, що, у свою чергу, спричинить зміну внутрішніх параметрів моделі та алгоритмів функціонування [5].

Мережі Петрі є прикладом семантичних мереж, що представлені різновидом орієнтованих дводольних графів і призначених для моделювання динамічних властивостей різних систем (наприклад, послідовностей дій при виконанні деякої роботи). Дводольний граф містить вершини двох типів: позиції (позначаються кружками) і переходи (позначаються планками). Математично мережа Петрі зазвичай формально подають як сукупність множин:

$$N = (P, T, G, W),$$

де $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ – множина всіх позицій (n – кількість позицій);

$T = (t_1, t_2, \dots, t_m)$ – множина переходів (m – кількість переходів);

$G = (G_{p \rightarrow t}, G_{t \rightarrow p})$ – множина дуг мережі;

$W = (w_1, w_2, \dots, w_k)$ – множина вагів дуг (k – кількість дуг) [6].

Мета моделювання виробничих процесів, як правило, полягає в отриманні стійкої схеми, оскільки послідовність виконуваних дій зазвичай повторюється. Важливою процедурною концепцією аналізу ефективності використання створеної імітаційної моделі визначення можливої нестійкої роботи виробничої системи і усунення дефектів [7].

Система імітаційного моделювання початково розроблялася для вирішення завдань з проектування директивних технологічних процесів складання і вибору конструктивно-технологічних і організаційно-технічних рішень виробництва на ранніх етапах проекту, однак закладені в неї можливості дозволяють використовувати її для вирішення завдань виробничого планування та моніторингу стану виробничого процесу, а також процесів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

В результаті застосування мережі Петрі створено імітаційну модель завантаження обладнання автоматизованої дільниці механічної обробки деталі «корпус». Для цього надано графічну модель та розроблено відповідну програму в системі Plant Simulation [8].

Отриманий результат імітаційного моделювання показав, що при використанні мереж Петрі можна скоротити час простою обладнання та раціонально розподілити навантаження між верстатами.

Список літератури:

1. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Захарова З.Х., Железнякова Д.Д. Имитационное моделирование в системе Plant Simulation // Вестник Казанского технологического университета. – Казань: 2017. – № 2. – С. 107-111.
2. Иванова Г.С. Технология программирования: Учебник для вузов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
3. Вислоух С.П., Філоненко К.Г. Імітаційне моделювання виробничих систем засобами Мережі Петрі // Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної

конференції «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво». Чернігів: ЧНТУ – 2017.– С.91.

4. Михеева Т.В. Обзор существующих программных средств имитационного моделирования при исследовании механизмов функционирования и управления производственными системами // Известия Алтайского государственного университета — 2009. № 3. С. 87-90.

5. Костина Н. И. Многоцелевые имитационные системы / Н.И. Костина // Кибернетика и системный анализ. – К.: Знання, 1995. – № 1. – С. 129–145.

6. Котов В.Е. Сети Петри. – М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 160 с.

7. Самсонов О.С., Саутенков М.Е., Шенаев М.О. Имитационное моделирование производственных процессов сборки в мультисистемной программно-информационной среде // Известия Самарского научного центра Российской академии наук —2009. № 4(2). – С. 348-352.

8. Вислоух С.П., Філоненко К.Г. Мережі Петрі як засіб моделювання виробничих систем// Збірник статей «Погляд у майбутнє приладобудування». – К.: НТУУ «КПІ» 2018. – С.251-255.

Секція 3

ДАТЧИКИ ДЛЯ РОБОТОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

УДК 681.513

Броварець О.О., к.т.н., доцент
завідувач кафедри інформаційно-технічних та природничих дисциплін
Київський кооперативний інститут бізнесу і права
e-mail: brovaretsnau@ukr.net, тел. 068 800 47 13

«ТАБЛИЦЯ МЕНДЕЛЄЄВА» ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА - КЛАСИФІКАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ОЛЕКСАНДРА БРОВАРЦЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СУЧАСНИХ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОСЛИННИЦТВА

***Abstract.** In the implementation of modern agricultural technologies, there are no standards, guidelines, recommendations for their use in modern crop production technologies, in particular precision farming technologies. Such an approach, on the one hand, complicates the effective use of them, but on the other hand, it does not make it possible to identify the missing elements and then to effectively develop them in the future. In this regard, they have been classified for the purpose of effective implementation and subsequent development of such systems for the effective implementation of the system of precision farming. This opens new prospects for organic farming using such "smart" agricultural machines.*

***Key words:** information and technical system, operational monitoring, soil, samples, variability, magnitude*

***Анотація.** При реалізації сучасних технологій землеробства відсутні стандарти, настанови, рекомендації щодо їх використання у сучасних технологіях рослинництва, зокрема технологій точного землеробства. Такий підхід з одного боку ускладнює ефективне їх використання, а з іншого не дає можливість виявити відсутні елементи та провести у подальшому ефективну їх розробку. У зв'язку з цим проведено їх класифікацію з метою ефективного впровадження та наступних розробок таких систем для ефективної реалізації системи точного землеробства. Це відкриває нові перспективи до ведення органічного землеробства з використанням таких «розумних» сільськогосподарських машин.*

***Ключові слова:** інформаційно-технічна система, оперативний моніторинг, ґрунт, проби, варіабельність, величина.*

Постановка проблеми. Сьогодні на ринку представлено широкий спектр техніки для реалізації технологій точного землеробства.

Про те не зважаючи на все це, відсутні компанії, які можуть фахово «під ключ» «заточити» увесь наявний арсенал технологій точного землеробства у межах певного агропідприємства.

Як правило кожна компанія, яка «пропагує» точне землеробство, «накриває» свій сегмент, наголошуючи на його важливості. Все це створює перешкоди для ефективного впровадження комплексу технологій точного землеробства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Потрібне розуміння того, що лише комплексний підхід при реалізації точного землеробства дасть можливість отримати очікуваний економічний результат [1-4].

Відсутність стандартів, настанов, приписів, навіть елементарних систем класифікації та методів систематизації елементів точного землеробства провокує/змушує використовувати агропідприємства різного роду технічні системи точного землеробства без розуміння сутті їх виконуваного процесу, без розуміння того що відбувається та доцільності, ефективності і необхідності їх використання при виконанні тієї чи іншої технологічної операції, відповідності цих систем рівню точного землеробства. Часто такий досвід лежить на досвіді менеджера дилерської компанії, яка «пропагує» ту чи іншу технологію. Зрозуміло, що задачею такого менеджера є збільшення продажу таких систем без їх розуміння кінцевої необхідності, ефективності та доцільності їх використання при реалізації технологій точного землеробства [1-4].

Все це створює передумови для одностороннього використання елементів технологій точного землеробства при виконанні технологічних операцій і як наслідок зниження їх ефективності та доцільності використання.

Це створює необхідність класифікувати елементи технологій точного землеробства, що дасть можливість забезпечити увесь комплекс виконання технологічних процесів сільськогосподарського виробництва при реалізації сучасних ефективних технологій рослинництва .

Саме тому пропонується модель для класифікації елементів точного землеробства Олександра Броварця для реалізації сучасних технологій рослинництва, яка за зразком таблиці Менделєєва кожному елементу цих технологій визначить свою комірку для реалізації та їх послідовність, а відповідно дасть розуміння ефективності та необхідності їх використання.

Метою роботи є розробка системи класифікації різних елементів точного землеробства за етапами впровадження та необхідності їх впровадження на кожному з етапів.

Виклад основного змісту дослідження. Для класифікації елементів точного землеробства складена наступна таблиця.

Таблиця.

Класифікаційна модель Олександра Броварця для реалізації технологій точного землеробства

№ п/п	Технологічний процес	№ підкласу	Елементи точного землеробства
1	Агрохімічне обстеження полів	<i>1.1.</i>	<i>Визначення координат місцезнаходження об'єкта з використанням навігаційних систем.</i>
		<i>1.2.</i>	<i>Виділення границь досліджуваного поля для реалізації елементів технологій точного землеробства.</i>
		<i>1.3.</i>	<i>Технічна система локального оперативного моніторингу електропровідних характеристик ґрунтового середовища.</i>

№ п/п	Технологічний процес	№ підкласу	Елементи точного землеробства		
		1.4.	Технічна система локального оперативного моніторингу електромагнітних характеристик ґрунтового середовища.		
		1.5.	Визначення статичної твердості ґрунту по горизонтах оброблюваного шару.		
		1.6.	Визначення динамічної твердості (щільності) по поверхні сільськогосподарських угідь.		
		1.7.	Виділення зон неоднорідності/варіабельності на основі даних про поле.		
		1.8.	Пробовідбірники для відбору зразків ґрунтових проб.		
		1.9.	Агрохімічне обстеження лабораторією.		
		1.10.	Системи технічного зору розміщені на різних агрегатах (наземні, повітряні, космічні).		
		1.11.	Метеостанції для контролю стану агробіологічного стану сільськогосподарських угідь (ґрунту, повітря, погоди).		
		2	Основний обробіток	2.1.	Визначення глибини виконання технологічної операції.
				2.2.	Диференційоване виконання технологічних операцій основного обробітку ґрунту.
				2.3.	Плужний обробіток.
2.4.	Дисковий обробіток.				
2.5.	Технологія No-till.				
2.6.	Технологія Strip-till.				
3.1.	Передпосівна підготовка	3.1.	Основне диференційоване внесення добрив в розкид.		
		3.2.	Основне диференційоване внесення добрив в рядок.		
		3.3.	Основне внесення засобів захисту рослин.		

№ п/п	Технологічний процес	№ підкласу	Елементи точного землеробства
		3.4.	<i>Системи оперативного моніторингу якості виконання технологічних операцій.</i>
4	Сівба	4.1.	<i>Диференційована сівба сільськогосподарських культур в рядок.</i>
		4.2.	<i>Диференційована сівба сільськогосподарських культур в розкид.</i>
		4.3.	<i>Диференційована сівба сільськогосподарських культур по мерзлоталому ґрунту.</i>
		4.4.	<i>Диференційоване внесення мінеральних добрив при сівбі сільськогосподарських культур.</i>
		4.5.	<i>Диференційоване внесення органічних добрив при сівбі сільськогосподарських культур.</i>
5	Вегетація	5.1.	<i>Оперативний моніторинг засобами повітряного базування, дронами.</i>
		5.2.	<i>Оперативний моніторинг засобами супутникового моніторингу.</i>
		5.3.	<i>Диференційоване внесення мікроелементів оприскувачами.</i>
		5.4.	<i>Диференційоване внесення хімічних засобів захисту.</i>
		5.5.	<i>Диференційоване внесення органічних засобів захисту.</i>
6	Збір урожаю	6.1.	<i>Моніторинг урожайності.</i>
		6.2.	<i>Датчик вологості.</i>
		6.3.	<i>Перевантажувачі з вагами.</i>
7.	Програмні засоби та продукти	7.1.	<i>Спеціалізоване програмне забезпечення для роботи із елементами точного землеробства</i>
		7.2.	<i>Софти.</i>
		7.3.	<i>Сайти.</i>

Про те така система в кінцевій своїй меті дасть можливість вибудувати справжню стратегію реалізації технологій точного землеробства, надавши

послідовність та об'єктивно оцінити необхідність та ефективність тих чи інших елементів точного землеробства, як виробникам сільськогосподарської продукції – агропідприємства, так і бізнесу «заточеного» під точне землеробство.

В кінцевій меті будуть прописані чіткі правила та нормативи використання технологій точного землеробства

Висновок. Класифікація методів, підходів та систем точного землеробства та підходів до реалізації систем точного землеробства на основі запропонованого переліку товарів і послуг.

На даний момент відсутній економічний аналіз реалізації тих або інших технологій різного роду компаніями, що є важливою основою реалізації технологій точного землеробства.

Початкове наповнення даної таблиці наведено компаніям, які перебувають «на слуху» при їх реалізації.

У подальшому відбуватиметься розшифрування кожного пункту такої системи та їх уточнення за допомогою досвіду або особистого звернення керівника або уповноваженого даної компанії, яка реалізує елементи точного землеробства.

Така класифікація дасть можливість забезпечити визначення економічної ефективності кожного кроку при реалізації технологій точного землеробства

Список літератури:

1. Ewart G.Y., Baver L.D. Salinity Effects on soil moisture electrical resistance relationships// Soil Scien. Soc. Amer. 1950. v. 15. pp. 56-63.

2 Броварець О. Від безплужного до глобального розумного землеробства / Броварець О.// Техніка і технології АПК. – 2016. – № 10 (85). – С. 28 - 30.

3. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К., Кравчук В.І., Войтюк Д.Г. Техніка для землеробства майбутнього. / В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”. – 2002. – Вип.86. – С. 20-32.

4. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І.Грицишина, С.М.Коваля. – К.: Аграрна наука, 2004. – 398 с.

Кошовий М. Д., д.т.н., професор,
Кошова І.І., аспірант
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
Україна, 61070, м. Харків, вул. Чкалова 17
e-mail: kafedraapi@ukr.net, тел. 8-057-788-43-03,
Костенко О. М., д.т.н., доцент
Полтавська державна аграрна академія
Україна, 36000, м. Полтава, вул. Сковороди 1/3
e-mail: kostenko@pdaa.com.ua,
Рожнова Т.Г., к.т.н., асистент
Харківський національний університет радіоелектроніки
e-mail: tetiana.rozhnova@nure.ua

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ДАТЧИКИ ТИСКУ

***Abstract.** The paper suggest pressure sensors. The sensors will find application in control and diagnostic systems as well as in information measuring systems of various purposes to pressure measuremet.*

***Key words:** pressure sensors, control and diagnostic systems, information measuring systems*

Постановка проблеми. У сучасних інформаційно-вимірювальних системах застосовуються волоконно-оптичні датчики тиску [1,2]. Проектування і розробка таких датчиків пов'язані з проблемою розширення діапазону вимірювання тиску, підвищення їх чутливості, надійності та ремонтоздатності.

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. Волоконно-оптичні датчики з пружними чутливими елементами [1] мають характерні похибки, пов'язані з гістерезисом, пружною післядією, впливом вібрацій, ударів і температури. У волоконно-оптичних датчиках тиску підвищеної точності з пружними чутливими елементами [2] відсутня можливість динамічно налагоджувати діапазон вимірювання тиску. Для волоконно-оптичного перетворювача тиску з динамічно налагоджуваним діапазоном [3] характерні наступні недоліки: обмежений діапазон вимірювання тиску; недостатні чутливість, надійність та ремонтоздатність.

Мета роботи. Пропонуються волоконно-оптичні датчики тиску з динамічно налагоджуваним діапазоном, які забезпечують розширення діапазону вимірювання тиску, підвищення їх чутливості, надійності та ремонтоздатності.

Основні матеріали дослідження. Підвищення чутливості та розширення діапазону вимірювання тиску досягається за рахунок введення у прототипі [3] (n-1) виконаних із п'езоматеріалу ізолюваних прокладок з електричними контактами і блока комутації, що своїм входом під'єднаний до блока обробки інформації, а виходами до електричних контактів ізолюваних прокладок, де n – кількість піддіапазонів вимірювання тиску [4].

Волоконно-оптичний датчик тиску з динамічно налагоджуваним діапазоном (рис.1) працює наступним чином.

Джерело оптичного випромінювання 1 генерує оптичне випромінювання заданої потужності і подає його в світловод 2, який передає оптичне випромінювання до призми повного внутрішнього відбиття 7. Зазор d між мембраною 9 і основою призми 7 може змінюватися під дією тиску $P_{вх}$, що призводить до зміни відбитої частини оптичного випромінювання. Зменшення зазору d призводить до все більшого

проникнення оптичного випромінювання в мембрану 9 і поглинання оптичної енергії. Відбите випромінювання через грань призми 7 передається по оптичному світловоду 4 до приймача оптичного випромінювання 5, який перетворює його в електричний сигнал. Блок обробки інформації 6 перетворює електричний сигнал у значення тиску $P_{вим}$.

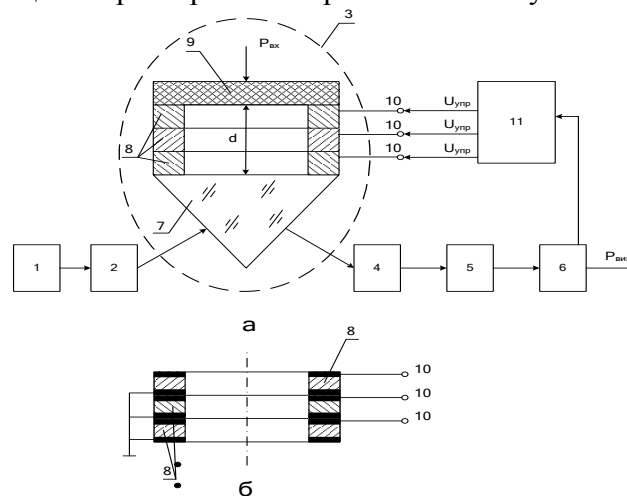


Рис. 1. Волоконно-оптичний датчик тиску:

а – функціональна схема; б – схема з'єднання електричних контактів ізолюваних прокладок; 1- джерело випромінювання, 2,4 – світловоди, 3 – чутливий елемент, 5 – приймач, 6 – блок обробки інформації, 7 – призма повного внутрішнього відбиття. 8 – ізолювані прокладки, 9 – відбиваюча мембрана, 10 – блок комутації

При перевищенні максимально допустимого тиску $P_{вх}$ зазор d між відбиваючою мембраною 9 і призмою 7 вибирається повністю, і чутливий елемент втрачає працездатність, що визначається по величині вихідного сигналу приймача оптичного випромінювання 5.

Для розширення діапазону вимірювання датчика сигнал управління $U_{упр}$ із блока обробки інформації 6 подається на контакти 10 нижньої прокладки 8. При цьому нижня прокладка 8 деформується і збільшується зазор між призмою 7 і мембраною 9.

В подальшому при зміні діапазону вимірювання тиску $P_{вх}$ сигнал управління $U_{упр}$ подається на контакти 10 другої ізолюваної від нижньої прокладки 8. При цьому кількість піддіапазонів вимірювання визначається кількістю n ізолюваних прокладок 8.

Таким чином, управління величиною зазору d між призмою і мембраною дозволяє розширити діапазон вимірювання тиску і збільшувати чутливість датчика.

Для підвищення надійності та ремонтоздатності волоконно-оптичного датчика за рахунок вбудованого контролю додатково вводиться блок порівняння 13, який своїми входами 12 підключений до електричних контактів ізолюваних прокладок 8 і виходу блока 6 обробки інформації [5] (рис.2).

Для оцінки працездатності датчика тиску на блок порівняння 13 поступають сигнали із блока обробки інформації 6 та із електричних контактів 12 прокладок 8. Рівність цих сигналів ($\Delta P_{вим} = 0$) вказує на працездатність каналів вимірювання тиску запропонованим датчиком. Випадок коли $\Delta P_{вим} \neq 0$ вказує на непрацездатність одного із каналів вимірювання.

Таким чином, волоконно-оптичний датчик тиску дозволяє підвищити надійність і ремонтоздатність за рахунок введення вбудованого контролю.

Для оцінки працездатності датчика тиску на блок порівняння 13 поступають сигнали із блока обробки інформації 6 та із електричних контактів 12 прокладок 8. Рівність цих сигналів ($\Delta P_{вим} = 0$) вказує на працездатність каналів вимірювання тиску запропонованим датчиком. Випадок коли $\Delta P_{вим} \neq 0$ вказує на непрацездатність одного із каналів вимірювання.

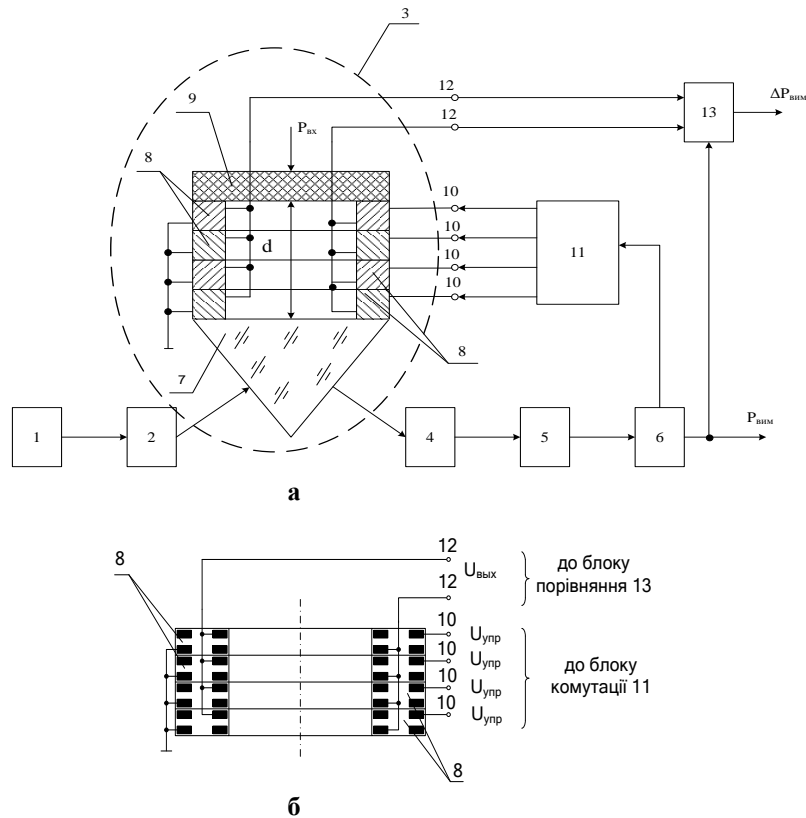


Рис. 2. Волоконно-оптичний датчик з вбудованим контролем:
а - функціональна схема, б - схема з'єднання електричних контактів ізоляованих прокладок

Таким чином, волоконно-оптичний датчик тиску дозволяє підвищити його надійність і ремонтоздатність за рахунок введення вбудованого контролю.

Висновки. Використання запропонованих волоконно-оптичних датчиків тиску дозволяє розширити діапазон вимірювання тиску та підвищити чутливість, надійність і ремонтоздатність.

Список літератури

1. N.D. Koshevoy, V.A. Gordienko, O.N. Koshevoy, T.G. Rozhnova. Comparative analysis of pressure sensors with digital output // Telecommunications and Radio Engineering, 2003, Vol.60, №№3,4, p.p. 154-156. DOI:10.1615/TelecomRadEng.V.60.i34.180.
2. Датчики давления с цифровым выходом: монографія / Н.Д. Кошевой, Е.М. Костенко, И.И. Кошечая, Т.Г. Рожнова. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьков. авиац. ин-т», 2017. – 108 с.
3. Пат. №2456563(13), РФ,МПК G01L 11/02. Волоконно-оптический преобразователь давления с динамически настраиваемым диапазоном / В.И. Бусурин, М.А. Жеглов, Звей Ней Зо, В.В. Коробков (РФ). – №2010122460/28; заявл. 02.06.2010; опубл. 20.07.2012. – 3с.
4. Пат. №119363, Україна, МПК G01L 11/02. Волоконно-оптичний датчик тиску / М.Д. Кошовий, В.А. Дергачов, І. І. Кошова, О.М. Костенко, Т.Г. Рожнова (Україна). – №U201702823; заявл. 27.03.2017; опубл. 25.09.2017, Бюл. №18. – 2с.
5. Пат. №124929, Україна, МПК G01L 11/02. Волоконно-оптичний датчик тиску з динамічно налагоджуваним діапазоном / М.Д. Кошовий, В.А. Дергачов, О.В. Заболотний, О.М. Костенко, І.І. Кошова, (Україна). – №U201711466; заявл. 23.11.2017; опубл. 25.04.2018, Бюл. №8. – 3с.

Кузнецов Ю.Н., д.т.н., профессор
кафедра конструирования станков и машин
Национальный технический университет Украины «КПИ им. И. Сикорского»
e-mail: info@zmok.kiev.ua

Полищук М.Н., к.т.н., доцент
кафедра технической кибернетики
Национальный технический университет Украины «КПИ им. И. Сикорского»
e-mail: borchiv@ukr.net

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ В УКРАИНЕ

***Abstract.** The report presents an analysis of the current level of development of mobile robots, applicable for performing technological operations on surfaces of arbitrary orientation. The problem of creation is described and new directions of synthesis of designs of robots of the specified type are applied in relation to the areas of their operation. Recommendations are given to increase the energy efficiency of mobile robots of arbitrary orientation in the technological space.*

***Key words:** mobile robots, walking machines, robots of vertical movement, climbing robots*

Сущность проблемы создания роботов произвольной ориентации

В условиях вызовов четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0» [1] с ориентацией на искусственный интеллект и полную автоматизацию с применением роботов и робототехнических систем, средств информатизации и коммуникации, до настоящего времени отсутствуют промышленные образцы оборудования для непосредственного выполнения *контактных* технологических операций при одновременном преодолении сил гравитации. Проблема создания мобильных роботов данного типа состоит в синтезе конструкций и их приводов для преодоления дестабилизирующей гравитационной составляющей транспортных и технологических операций в таких областях производственной деятельности как мониторинг промышленных объектов, монтаж и демонтаж строительных конструкций, ремонт и профилактическое обслуживание их компонентов.

Анализ исследований и публикаций

Исследования по созданию роботов произвольной ориентации в пространстве начались относительно недавно — в последнем десятилетии XX века в странах Западной Европы, Японии, США, Кореи, Китая и России, где в системе институтов РАН исследования на протяжении многих лет ведёт Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского [2, 3]. Приведенный ниже анализ структур РПО показывает доминирующее влияние подсистем на энергетическое потребление робота произвольной ориентации, поскольку именно этот фактор определяет мощность, а значит и массу робота, т.е. силу его гравитационного притяжения, подлежащую преодолению.

Структура технических подсистем

В общем случае структура РПО (рис. 1) включает в себя подсистему управления, подсистему удержания на поверхности и перемещения, сенсоры анализа окружающей среды, систему питания и технологическое оснащение. Сенсорная подсистема осуществляет связь робота с топологией технологического пространства. Последнее

может быть представлено прямоугольной Декартовой X, Y, Z или сферической R, β, γ системами координат, точки которых достигаемы исполнительными органами робота радиусом R при углах их изгиба β, γ в зоне сервиса, определяемой углом α . Наибольшее энергопотребление присуще системам удержания и перемещения. Иначе говоря, доминирующее влияние на массу робота оказывает мощность его приводов, и тем самым, определяет величину гравитационной нагрузки, подлежащей преодолению.

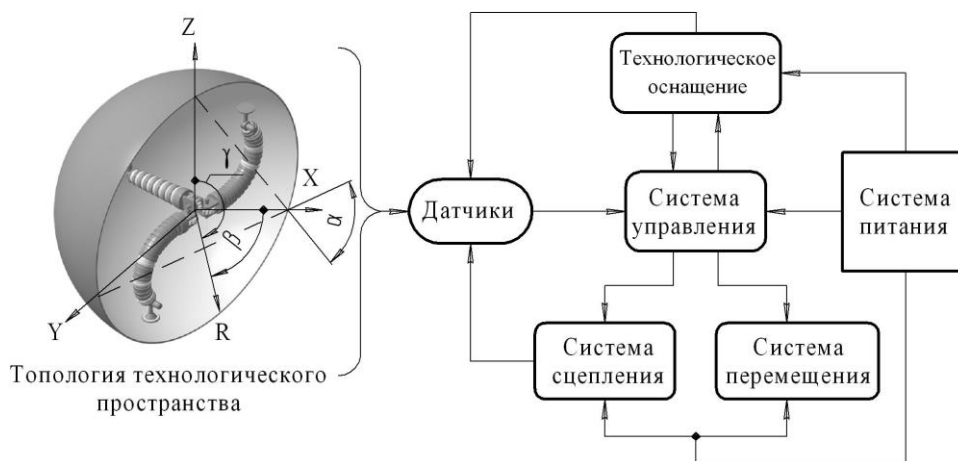


Рис 1. Общая структура подсистем РПО

Целесообразно применение гибридных (комбинированных) приводов [4], которые могут потреблять энергию от того же источника, что и система управления. С целью установления дополнительных резервов повышения энергетической эффективности РПО рассмотрим детальнее технические решения подсистемы сцепления с поверхностью перемещения. Например, механические подсистемы [5, 6] наиболее эффективны при перемещении робота по пористым поверхностям, таким как почва, грубый бетон, деревья (рис. 2), однако потребляют значительную мощность и тем самым увеличивают вес робота, а значит и его гравитационную силу тяжести.

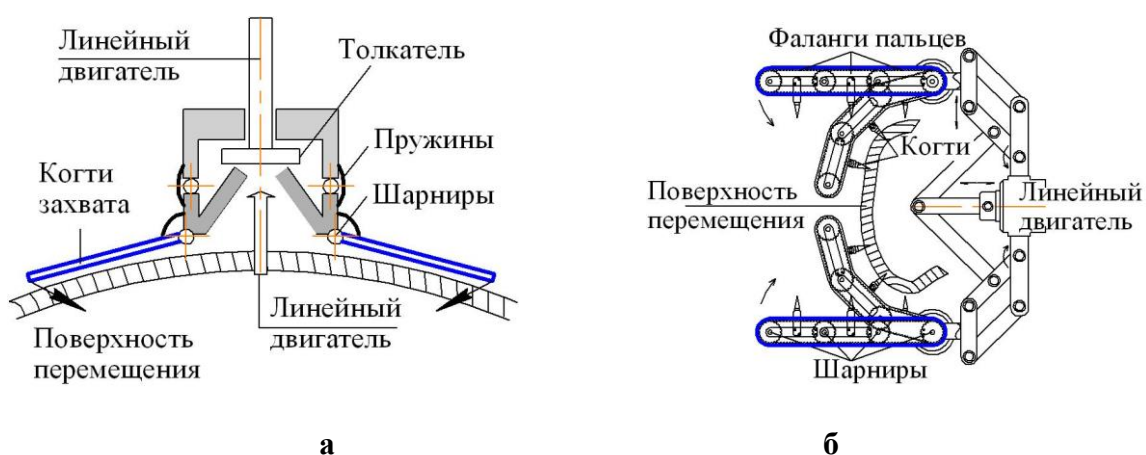


Рис. 2. Приводные системы сцепления с поверхностью перемещения робота
 а – с механическими захватами конструкции Tin Lun Lam [5];
 б – с гибкими захватами конструкция Полищука М.Н. [6]

Наиболее распространенной является подсистема с вакуумной фиксацией вследствие своей универсальности (рис. 3). При этом возможны два варианта реализации указанной подсистемы: непосредственное использование вакуумных присосов [7] и удержание робота за счет создания зоны давления ниже атмосферного между корпусом робота и поверхностью его перемещения [8]. В последнем случае за счет разницы между нагнетаемым компрессором давлением P_1 и давления вакуума P_2 , мобильный робот достаточно надежно удерживается на вертикальной стене, не допуская, однако при этом резких перепадов топологии поверхности перемещения. Поэтому наиболее эффективным техническим решением может быть комбинация механической и вакуумной подсистем с эжектором, объединенных обратной связью по управлению и средствами контроля глубины вакуума [9].

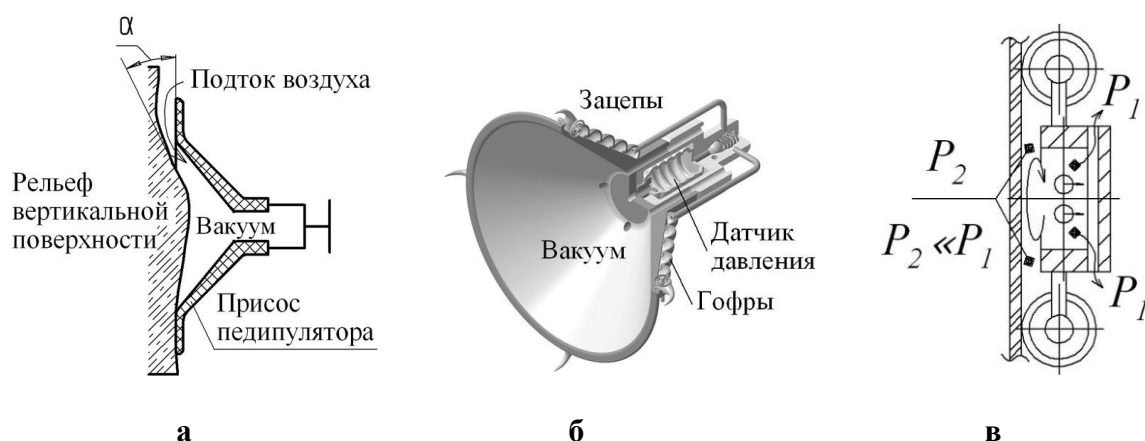


Рис. 3. Пневматические подсистемы сцепления робота
а – с вакуумными присосами; б – вакуумно-механическая;
в – эжекционная турбовихревая

Электромагнитная подсистема [10] удержания РПО на поверхности перемещения отличается высоким быстродействием, относительно низким энергопотреблением, но допускает перемещение робота только по поверхностям, обладающим ферромагнитными свойствами, например, трубопроводы нефтяных и газовых магистралей. Сухая адгезия на основе сцепления микрометрических волокон наиболее эффективна с точки зрения энергосбережения [11], но характеризуется крайне низкой скоростью перемещения робота вследствие медлительности эффекта адгезии.

Перспективные области применения РПО

Сферы применения мобильных роботов определяют тип системы сцепления с поверхностью перемещения, во-первых, и тип трансмиссии робота, во-вторых. Сравнивая в первом приближении объекты обслуживания, указанные в таблице 1, легко убедиться во взаимосвязи характеристик объектов, в части их топологии, физико-механических свойств поверхности перемещения и предполагаемых к выполнению технологических операций с характеристиками самих роботов. Задача уменьшения массы робота может быть решена применением высокопрочных легких материалов конструкций роботов и уменьшением количества приводов по каждой из координатных осей движения за счет интеграции приводов трансмиссии и ориентации робота.

**Области перспективного применения мобильных роботов
произвольной ориентации**

№	Область применения	Объект обслуживания	Системы сцепления	Допустимая трансмиссия
1	Обслуживание высотных зданий		Вакуумные	Колесная, шагающая
2	Ремонт высоковольтных ЛЭП		Механические, электромагнитные	Шагающая
3	Демонтаж или восстановление мостов, виадуков и диагностика сооружений		Механические	Шагающая
4	Диагностика промышленных трубопроводов, чистка, нанесение покрытий		Вакуумные, электромагнитные, на основе адгезии	Колесная, гусеничная, шагающая, червячная
5	Техническое обслуживание парковых и лесных древесных массивов		Механические	Шагающая
6	Деактивация объектов техногенных катастроф		Механические	Колесная, гусеничная шагающая

Альтернативными системами сцепления с поверхностью перемещения могут быть устройства противодействия гравитационной составляющей динамических нагрузок в виде генераторов тяги, точнее подъемной силы, не превышающей, однако силы сцепления робота с поверхностями произвольной ориентации при обслуживании различных промышленных объектов.

Выводы

1. Доминирующее влияние на энергопотребление робота оказывают подсистемы перемещения, поэтому дальнейшим направлением совершенствования мобильных

роботов следует считать интеграцию приводов движения и ориентации роботов в пространстве, как средство уменьшения массы робота, а значит и его гравитационной силы тяжести.

2. Поскольку подсистемы сцепления мобильного робота определяют надежность его удержания на поверхности перемещения, то целесообразна разработка подсистемы противодействия гравитационной динамической нагрузки, независимой от физико-механических свойств объектов обслуживания, например, генераторов реактивной пневматической тяги, противоположной вектору силы тяжести робота.

3. Реализация указанных направлений совершенствования мобильных роботов произвольной ориентации позволит создать новые и достаточно эффективные средства производства для обслуживания промышленных объектов в экстремальных условиях, опасных и даже не приемлемых для пребывания человека.

Список литературы

1. Кузнецов Ю.Н. Вызовы четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0» перед учеными Украины // Вестник ХНТУ, Херсон, №2 (61), 2017.-С.67-75.

2. Черноусько Ф.Л. Мобильные роботы: исследования, разработки, перспективы./Ф.Л. Черноусько Н.Н. Болотник, В.Г. Градецкий. – 2018. Ресурс: <http://www.ras.ru/news/shounews.aspx?id=f5c75bcf-2fa5-40e6-b06/>

3. Градецкий В.Г. Управляемое движение мобильных роботов по произвольно ориентированным в пространстве поверхностям. / В.Г. Градецкий, В.Б. Вешников, С.В. Калиниченко, Л.Н. Кравчук. – М.: Наука, 2001. – 360 с.

4. Кузнецов Ю.М. Робототехнічні системи комплекси фармацевтичного та біотехнологічного виробництв. / Ю.М. Кузнецов, В.Ю. Шибєцький // Навч. пос. під заг. ред. Ю.М. Кузнецова. – К.: ГНОЗІС, 2012. 335 с.

5. Tin Lun Lam. Tree Climbing Robot: Design, Kinematics and Motion Planning / Tin Lun Lam, Yangsheng Xu. – Springer Heidelberg New York – 2012. – p. 37– 46.

6. Заявка № а201710873 на выдачу патенту UA МПК В25J 15/08. Захват крокоучого робота вертикального переміщення / М.М. Поліщук // заявл. 07.11.2017. – К.: Укрпатент, 2018. – 8 с.

7. International Journal of Engineering Research and General Science Volume 2, ISSN 2091-2730. Developments in wall climbing robots: a review. – 2014.– p.36 –37.

8. Patent US 9738337 Int. Cl. B62D 57/024. Climbing robot vehicle / заяв. 28.01.2015; опубл. 22.08.2017.

9. Поліщук М.М. Модернізація вакуумного захвату мобільного крокоучого робота. NTUU "Igor Sikorsky KPI". – Mechanics and Advanced Technologies, No. 2 (80). 2017. – p. 59–64.

10. Patent US 9428231 Int.Cl. B62D 55/00. Climbing vehicle with suspension mechanism / заяв. 12.02.2014; опубл. 30.08.2016.

11. Menon Carlo. Gecko Inspired Surface Climbing Robots / Carlo Menon, Michael Murphy, and Metin Sitti // International Conference on Robotics and Biomimetics. – Shenyang, China, August 22 – 26, 2004. – p. 6.

Секція 4
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕМЕНТИ МІКРОСИСТЕМНОЇ
ТЕХНІКИ

УДК 67.02

Рудь М.П., к.т.н., доцент,
доцент кафедри автомобілів та технології їх експлуатації,
Скорина Є.В.,
аспірант кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,
Андрієнко В.О., к.т.н.,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій управління,
Черкаський державний технологічний університет
e-mail: andrienko22@ukr.net, тел. +38 (0472) 730271

ГІБРИДНА АДИТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ
МІКРОКОМПОНЕНТІВ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ

***Abstract.** A hybrid additive technology for creating microcomponents of optical systems has been proposed in the work. Such technology includes Langmuir-Blodgett methods of surface micromachining by highly concentrated laser beam. It is shown that the use of such a hybrid additive technology makes it possible to obtain microcomponents of optical systems with surface elements of atomic separation.*

***Keywords:** additive technology, optical system, microcomponent, Langmuir-Blodgett Trough*

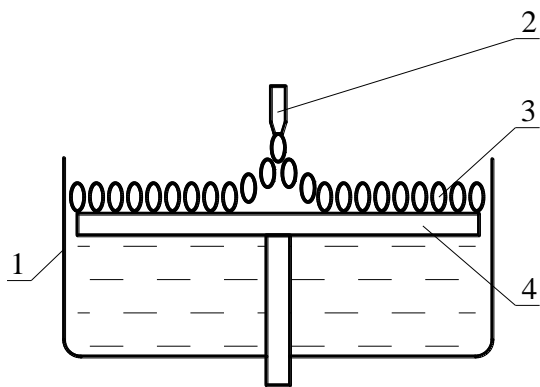
***Аннотація.** В роботі пропонується гібридна адитивна технологія створення мікрокомпонентів оптичних систем. Така технологія включає методи Ленгмюр-Блоджетт поверхневий мікрообробки висококонцентрованим лазерним лучом. Показано, що застосування такої гібридної адитивної технології дозволяє отримувати мікрокомпоненти оптичних систем з поверхневими елементами атомарного розрешення.*

***Ключевые слова:** адитивная технология, оптическая система, микрокомпонент, ванна Легмюр-Блоджетт*

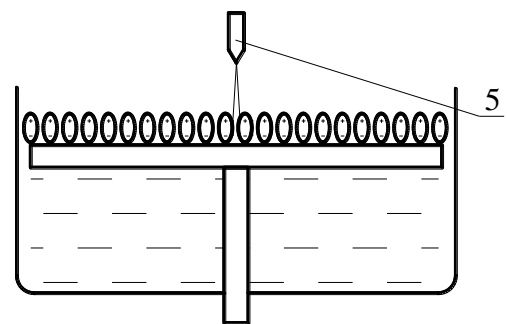
Останнім часом, поширення та розвиток адитивних технологій набуває все ширшого розповсюдження. Серед таких технологій особливе місце займають технології 3D-друку. Частка сегменту, що займають такі пристрої на світовому ринку станом на 2019 рік (за прогнозами провідної світової дослідницької і консалтингової компанії у сфері інформаційних технологій Gartner) становитиме близько 14,6 млрд доларів [1]. Таке поширене застосування технологій 3D-друку пов'язано з їх основними перевагами: широкою номенклатурою пристроїв – від бюджетних (вартістю кілька сотень дол.США) до промислових (вартістю мільйони дол.США), широкий асортимент витратних матеріалів (від металевих порошків до пластикових філаментів та полімерних пластифікаторів), низькою вартістю витратних матеріалів та самих пристроїв, доступністю витратних матеріалів, технологій друку та програмного забезпечення для оцифрування і створення трьохвимірних моделей. Серед усього різноманіття технологій 3D-друку, в останній час широкого розповсюдження

набувають технології 3D-друку із застосуванням фотополімерних матеріалів (плівкових фоторезистів (FF), органічні кислоти (стеаринова, пальмітинова) та інші) [2]. Застосування останніх дозволяє отримувати пошарові тривимірні вироби нано- та мікрометричних розмірів з різними механічними та оптичними характеристиками. Такі вироби можуть бути використані при створенні різноманітних компонентів оптичної техніки з унікальними експлуатаційними та функціональними характеристиками.

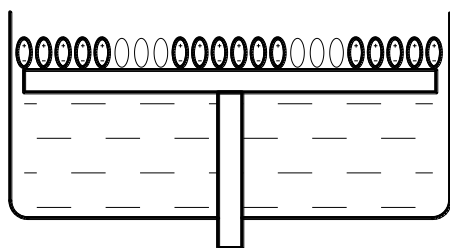
З іншого боку, при формуванні багат шарових виробів методом Легмюр-Блоджет [3] не дозволяє сформувати на них складні рельєфи та поверхні складної форми. Для цього виникає необхідність у створенні гібридної адитивної технології створення мікрокомпонентів оптичних пристроїв та систем із застосуванням методів Легмюр-Блоджет та поверхневої мікрообробка висококонцентрованим лазерним променем, рис.1.



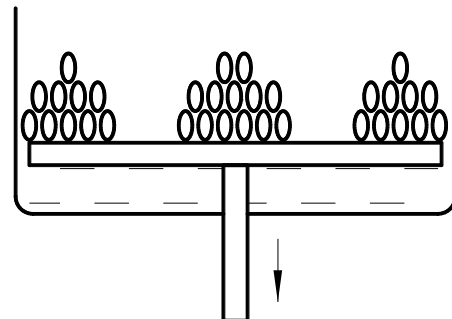
Формування шару органічного оптичного матеріалу на поверхні розчинника



Опромінення окремих молекул органічного матеріалу лазерним променем



Видалення розряджених молекул органічним розчинником



Опускання підкладки із осадженим матеріалом для нанесення наступного шару

Рис.1. Технологічна послідовність реалізації комбінованої адитивної технології створення мікрокомпонентів оптичних пристроїв та систем:

- 1 – ванна Легмюр-Блоджет з рідким розчинником; 2 – сопло для нанесення на поверхню розчинника матеріалу (на основі органічної кислоти) з якого формується оптичний мікрокомпонент; 3 – мономолекулярний шар матеріалу, що формує оптичні мікрокомпоненти; 4 – підкладка, на яку пошарово наноситься оптична плівка; 5 – лазерний випромінювач

Принцип роботи пристрою за схемою представленою на рис.1 полягає в наступному.

Із сопла у ванну Легмюр-Блоджет, що заповнено розчинником (як правило, на водяній основі) наноситься певна кількість органічного матеріалу, з якого в

подальшому формується оптичний мікрокомпонент. Потрапляючи в розчинник, молекула такого матеріалу руйнується утворюючи позитивно та негативно заряджені «хвости». Це дозволяє вирівняти усі молекули моношару оптичного покриття в одному напрямку (як правило, позитивний «хвіст» направлено в сторону протилежну від розчинника).

Подальший вибірковий вплив лазерного випромінювання на окремі молекули, призводить до нейтралізації її заряду, що, в свою чергу, веде до повного її розчинення, утворюючи «отвори» в мономолекулярному шарі. Опускаючи підкладинку на товщину нанесеного шару в розчинник, звільняють поверхню для формування на ній наступного мономолекулярного шару.

Технологічний процес повторюється. Після завершення пошарового формування оптичного мікрокомпоненту на підкладинці, останню виймають з розчинника, промивають дистильованою водою, сушать у вакуумі за кімнатної температури. Сформований таким чином мікрокомпонент оптичної системи матиме високоточну та хімічно чисту ювенільну поверхню з гарантованими фізико-механічними та оптичними характеристиками.

Подальші наукові дослідження в напрямку запропонованої технології передбачає відпрацювання експерименту з отримання багатшарових оптичних компонентів мікрометричного розміру за запропонованою в роботі технологічною схемою.

Висновки. Таким чином, в роботі показані перспективи і необхідність розробки і застосування гібридної адитивної технології створення мікрокомпонентів оптичних систем, що включає методи Ленгмюр-Блоджет та поверхневої мікрообробки висококонцентрованим лазерним променем.

Список літератури

1. 3D Printer Market Sales Will Exceed \$14.6 billion in 2019 [Online]. Available: <http://blogs.gartner.com/pete-basiliere/2015/09/29/3dprinter-market-sales-will-exceed-14-6-billion-in-2019/>. Accessed on: Sept. 02, 2018.
2. Г. О. Андрощук, "Аддитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку", *Наука, технології, інновації*, №1, с. 68 – 77, 2017.
3. G. V. Melnikova, G. K. Zhavnerko, and S. A. Chizhik, "Structure and mechanical properties of ultrafiltration membranes modified with Langmuir–Blodgett films", *Petroleum Chemistry*, V. 55, Is. 5, pp. 406 – 421, 2016.

Петренко С.Ф., д.т.н., професор,
e-mail: tyl1@naverex.kiev.ua, тел. 8 (067) 918-32-68
Омелян А.В., аспірант,
e-mail: 31master91@gmail.com, тел. 8 (066) 300-62-67
Мале науково-виробниче підприємство ТОВ «Лілея»

МІКРОМАНІПУЛЯТОР НА БАЗІ ЛІНІЙНИХ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ

***Abstract.** A new manipulator is consider based on linear piezoelectric motors and guides, which are the elements of these motor. The improved control system of piezoelectric motors was proposed, that provided smooth and quiet motion of the manipulator. The manipulator was made using 3D printing technology.*

***Key words:** nanomanipulator, micromanipulator, piezoelectric motor, linear piezoelectric motor, linear guides, control system, microtechnology, nanotechnology, cell biotechnology.*

Маніпулятор - це невід'ємний інструмент в медикобіологічній техніці, наприклад для виконання мікрооперацій на клітинному рівні, мембранні технології, технології для штучного запліднення і т.д. Також, такі маніпулятори можуть широко використовуватися і в інших областях, наприклад в електронній промисловості, хімічній і т.д. [1].

В останні 40 років моторизовані мікроманіпулятори будувалися за стандартною схемою конвертації обертального руху двигуна (крокового, або постійного струму) в поступальний рух лінійної каретки, наприклад мікроманіпулятори PSF-3, PSF-3 IVF [2]. Ця досить складна схема висувала жорсткі вимоги до вузлів конвертації обертального руху в поступальний. Такі схеми достатньо складні і практично не піддаються подальшій мініатюризації і здешевленню. Ці схеми мають обмежений діапазон по швидкості і лінійному переміщенню.

Запропонований мікроманіпулятор виконаний за принципово новою схемою з безпосереднім сполученням п'єзоелектричного актюатора з прецизійною стандартною направляючою, яка була елементом самого двигуна. Направляюча була виконана на базі трьох лінійних підшипників LM3U. Це значно зменшило розмір маніпулятора та розширило його діапазон переміщення. Мікроманіпулятор був вільним від мертвого ходу і гістерезису.

Мікроманіпулятор представляв собою три лінійних двигуна, які були з'єднані між собою за допомогою перехідних кронштейнів. Дві нижні координати були X та Y, а верхня – Z (рис.1). Двигуни були оснащені лінійними енкодерами з рівнем роздільної здатності 2 мкм. Кожна координата була встановлена безпосередньо на направляючу або основу відповідного двигуна. Таким чином, основою маніпулятора була основа нижнього двигуна (координата X), другий двигун (координата Y) був встановлений на направляючу першого двигуна. А третій двигун (координата Z) був встановлений на направляючу другого двигуна. Робочою платформою маніпулятора була направляюча третього двигуна – координата Z. Така компоновка забезпечила значне зменшення масо-габаритних параметрів (маса 180г), жорсткість конструкції та стабільність руху в мікропросторі.

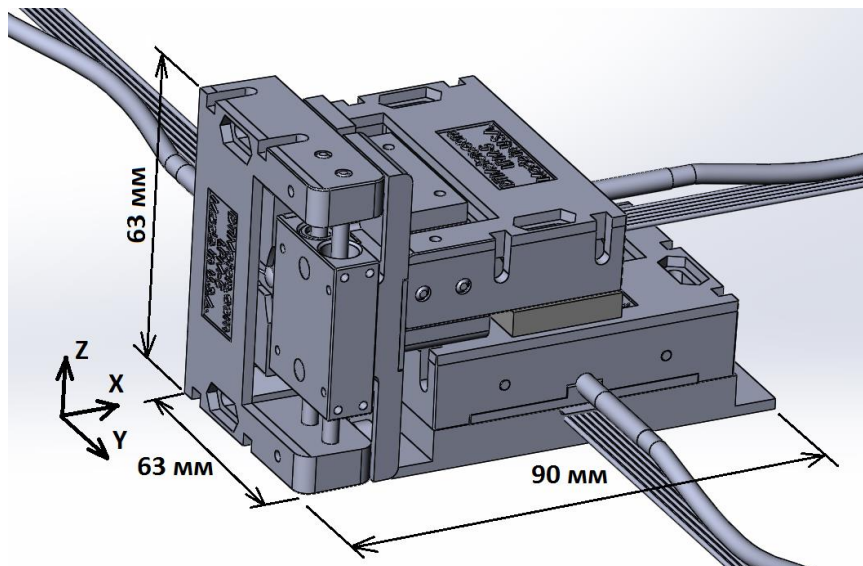


Рис.1. Запропонований мікроманіпулятор на основі двигунів LPM-5, виготовлений за 3D технологією

Мікроманіпулятор був реалізований на базі п'єзоелектричних двигунів LPM-5-E фірми DTI [3]. Всі корпусні елементи мікроманіпулятора були виготовлені з використанням технології 3D друку.

Система керування мікроманіпулятором забезпечувала стабільність швидкості руху [4], високу точність позиціонування та можливість програмованого руху в мікропросторі з точністю 2 мкм. Мікроманіпулятор був вільний від вібрацій та з практично нульовим рівнем дрейфу.

Така конструкція мікроманіпулятора підтвердила можливість його використання як в клітинних технологіях, так і в якості мікроробота для різних використань в промисловості.

Незначний розмір і вага дозволять його розміщувати в важкодоступних місцях, наприклад, по кілька штук на мікроскопічному столі, що може знайти широке використання серед вчених і фахівців, що працюють в галузі мікротехнологій.

Список літератури

- 1.Петренко С.Ф. Пьезоэлектрический двигатель в приборостроении / С.Ф. Петренко. — Корнійчук, 2002.— с. 96.
- 2.Piezo Technologies [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. — Електронні дані. — Київ: Piezo Technologies, 1992 - 2018. — Режим доступу: www.piezotech.com.ua (дата звернення 1.05.2018) — Назва з екрана.
3. Digital International Technology [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. — Електронні дані. — USA: Digital International Technology, 2017. — Режим доступу: www.dtimotors.com (дата звернення 1.05.2018) — Назва з екрана.
4. Петренко С. Ф., Омелян А. В., Антонюк В. С., Новаковський О. Г “Система керування п'єзоелектричним двигуном” / Вісник НТУУ “КПІ”. Серія Приладобудування. — 2018. — Вип. 55, с.5-10.

Секція 5

НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

UDC 539.2

Suslov A., PhD,

Director of the ODO 'Microtestmachines', Gomel, Belarus

Bondarenko M., PhD, Assoc. Prof.,

Assoc. Prof. of the department of instrumentation, mechatronics and computer technologies

Andrienko O.,

Post-grad. Stud. of the department of instrumentation, mechatronics and computer technologies

Cherkasy State Technological University

e-mail: maxxiium23@gmail.com, tel. +38 (0472) 730260

PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT OF MULTIINSTRUMENTAL ATOMIC-FORCE MICROSCOPY UNDER NANOMETRIC RESEARCHES OF COMPONENTS OF MICROSYSTEM EQUIPMENT

Abstract. *The paper shows the prospects for the creation and development of multi-instrument measuring instruments of atomic force microscopy, which can be used to conduct complex nanometric studies of components of microsystem equipment. A computer simulation of the design of a multi-probe chip based on electron-thermal separation of a massive piezochip base material into separate domain-dissipative zones that are mechanically and energetically independent from one another is proposed and carried out.*

Keywords: *multi-instrument measuring instruments, atomic-force microscopy, microsystem equipment*

Анотація. *В роботі показано перспективу створення та розвитку мультиінструментальних вимірювальних засобів методу атомно-силової мікроскопії, що можуть бути використані для проведення комплексних нанометричних досліджень компонентів мікросистемної техніки. Запропоновано та проведено комп'ютерне моделювання конструкції мультизондового чипу, в основі якої лежить електронно-термічне розділення масивного матеріалу основи пьезочипу на окремі доменно-дисипативні зони, що механічно та енергетично незалежні одна від одної.*

Ключові слова: *мультиінструментальні вимірювальні засоби, атомно-силова мікроскопія, мікросистемна техніка*

Recent trends in the development of various highly intelligent branches of technique and technology (micro-, nanoelectronics, microelectromechanics, functional medicine, aerospace technologies, robotics, etc.) are devoted to the active creation and application of components of microsystem equipment (MSE) in products manufactured by them [1]. This is due to a significant increase in the performance and functionality of such components. The main advantages of these products also include their miniaturization (the dimensions of individual components reach hundredths of a micrometer), the versatility of application, the resistance to environmental conditions (sometimes chemically and biologically active and aggressive), and their relatively low cost.

At the same time, the method of atomic-force microscopy (AFM) has proved itself to carry out nanometric studies of the relief and physical properties of the surfaces of MSE components [2]. The latest achievements of the developers of the hardware and

methodological base of the AFM method make it possible to produce with it a number of unique studies and tests, not limited to the mechanical characteristics and topology of the surface of materials [3].

This suggests the possible use of AFM for complex nanometric studies of MSE components in a single work cycle. On the other hand, the use of a series of removable probes in such studies raises a number of difficulties and problems: rapid failure of both the measuring instrument and the AFM instrument in the measuring module part; the impossibility of unambiguous determination and positioning of the probe in the research area after the replacement of the measuring instrument; dynamic changes in the measured surface properties (especially for photo-, electron-, bioactive materials), which entail relaxation changes in the surface layer of the material at the nanometric level (thermal drift of atoms, mechanical and electrical microdeformation, etc.) [4].

Therefore, the authors of the article attempted to develop multi-instrumental tools as a measuring instrument for nanometric measurements by the AFM method. The main problem faced by developers of such tools is the complexity of their technological implementation, as well as a little-studied mathematical apparatus for separating signals coming from different probes simultaneously. This problem is aggravated if the probes measure different, mutually independent variables in a dynamic measurement mode.

As a solution to this problem, the developers of the AFM nano-instrument are offered to divide the piezochip base, which serves as the generator of the measuring signal for separate domain-dissipative zones [5], with further formation of separate sensitive sensors (cantilevers with measuring probes), Fig.1.

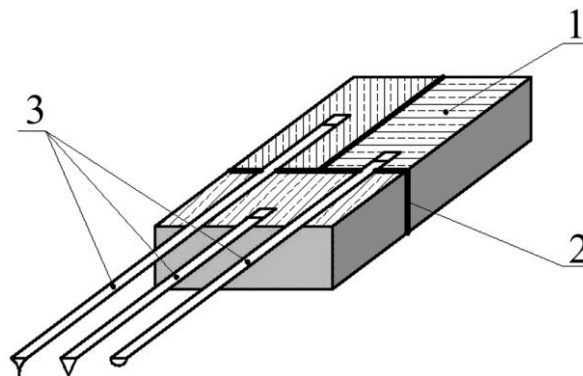


Fig. 1. Model of multi-probe chip AFM:
1 – base (piezochip); 2 – zone of domain separation of a piezochip; 3 – cantilevers with sensitive elements (probes) at the free ends

A feature of this design is the possibility of flexible regulation of the length of the cantilever, which will provide the necessary level of rigidity of the latter, as it will expand the value range of the measured values.

So, the computer simulation of the multi-probe chip, shown in Fig. 1, in CAE system COMSOL Multiphysics allowed to draw conclusions about the possibility of using such a chip in nanometric studies of MCT components. Further study of the obtained models and the implementation of such a piezochip will allow us to establish rational ranges of measured values, as well as operating parameters of the measuring system itself in carrying out complex studies.

Conclusions. The prospects for the creation and development of multi-instrumental measuring instruments for the realization of complex nanometric studies of MSE components are shown.

References:

1. N. Maluf, *An Introduction to Microelectromechanical Systems Engineering*. London, UK: Artech House, 2004.
2. A. A. Suslov, y S. A. Chyzhyk, "Skanyruishchye zondovye mykroskopy (obzor)" (Scanning probe microscopes (review)), *Materyaly, Tekhnolohyy, Instrumenty*, T.2, #3, s. 78 – 89, 1997.
3. V. S. Antoniuk, H. S. Tymchyk, O. V. Vertsanova, Yu. Iu. Bondarenko, S. O. Bilokin, and M. O. Bondarenko, *Mikroskopiia v nanotekhnolohiiakh (Microscopy in nanotechnology)*: monohrafiia. Kyiv: NTUU «KPI», pp. 258, 2014.
4. F. Giessibl, "Advances in Atomic Force Microscopy", *Reviews of Modern Physics*, vol. 75, iss. 3. pp. 949-983, 2003.
5. M. O. Bondarenko, "Vyvchennia umov formuvannia vporiadkovanykh domenno-dysypatyvnykh struktur v p'yezoelektrychnii keramitsi metodom kombinovanoi elektronnoi mikrobrobky" (Study of the conditions for the formation of ordered domain-dissipative structures in piezoelectric ceramics by the method of combined electronic microtreatment), na *II Vseukr. konf. molodykh vchenykh "Suchasne materialoznavstvo: materialy ta tekhnolohii SMMT-2011"*, Kyiv, s. 11, 2011.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 378.096

Затока С.А., старший викладач, Ніколаєва В.А., студентка
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
e-mail: zavertaluk@ukr.net, тел.(050) 858-97-62

КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА ОЦІНКИ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИФРОВОГО ВОЛЬТМЕТРУ

***Abstract.** The method of estimating metrological characteristics or verification of digital voltmeters is considered. The method of sequential analysis is used in three modes: reinforced, normal and weakened control. The advantage of the method is to achieve a small risk value for the customer to 0.005 and to maintain the consistency of the reliability of the control*

***Key words:** sequential analysis, enhanced monitoring, normal control, weakened control, acceptance number, rejection number, risk of the verifier, customer risk*

Наприкінці 90-х років минулого століття виникла потреба і можливість використання комп'ютерних технологій в навчальному процесі. Старе обладнання та не можливість його оновлення для забезпечення проведення лабораторних робіт з різних навчальних дисциплін при підготовці спеціалістів-метрологів, зумовили розробку циклів комп'ютерних лабораторних робіт на кафедрі Інформаційно-вимірювальної техніки. В якості прикладу розглянемо цикл лабораторних робіт з дисципліни «Випробування і сертифікація засобів вимірювальної техніки».

Особливістю визначення метрологічних характеристик і повірки приладів з цифровим виходом є необхідність врахування похибки квантування.

Відомі два метода визначення метрологічних характеристик (повірки) приладів з цифровим виходом – фіксованого об'єму вибірки і послідовного аналізу. Оскільки, зазвичай, прагнуть зменшити об'єм вибірки при збереженні високої достовірності повірки, вибираємо метод послідовного аналізу. В основі метода послідовного аналізу лежить метод Вальда – послідовне обчислення при кожному спостереженні відношення ймовірностей (відношення правдоподібності) [1]. Так як ймовірність елементарної події «успіх» і «невдача» в кожному спостереженні похибки складають повну групу несумісних подій. Приймається, що кожна з цих двох ймовірностей є постійною величиною, а реалізація похибок незалежні один від одної.

При вказаних припущеннях розподіл ймовірностей подій «успіх» і «невдача» в серії з n спостережень є біноміальним. Були виведені вирази для приймального числа «С» і бракувального числа «R» при біноміальному розподілі, які найбільш часто використовуються при контролі технічного стану виробів, на основі послідовного критерію ймовірностей.

Таким чином, замість того, щоб послідовно контролювати значення відношень ймовірностей, при кожному спостереженні, краще порівнювати число «невдач» X з значеннями C і R . В цьому і є суть метода послідовного аналізу: при $X \leq C$ випробувальний ЦВ признається придатним, а при $X \geq R$ – бракується, а при $C < X < R$ зветься зоною байдужості.

Приймальне і бракувальне числа є функціями параметрів α – помилка 1-го роду, β – помилка 2-го роду, P_0 - верхня границя зони фіктивного бракування, P_1 - нижня границя зони невиявленого браку і числа спостережень N .

Метод послідовного аналізу реалізують, як правило в двох режимах: посиленого контролю (ПК) і нормального контролю (НК).

Моделювання на великій ЕОМ дозволило встановити такі вихідні дані для цифрових вольтметрів:

- для режиму ПК: $\alpha = 0,0098$, $\beta = 0,01$; $P_0 = 0,01$; $P_1 = 0,18$; $N = 44$,
- для режиму НК: $\alpha = 0,048$, $\beta = 0,075$; $P_0 = 0,05$; $P_1 = 0,20$; $N = 40$.

Яким би методом не контролювались МХ ЦВ, як правило приходять до одного з наступних результатів: оцінюють дійсне значення контрольованої МХ і порівнюють з відповідними границями допустимих значень або дійсне значення МХ не обчислюється а оцінюють знаходження його в границях або поза їх допустимих значень.

В методі ПК і НК використано метод контролю по якісним ознакам (значення МХ не обчислюється а оцінюють знаходження його в границях або поза їх допустимих значень) і по кількісним ознакам (оцінюють дійсне значення контрольованої МХ і порівнюють з відповідними границями допустимих значень).

Цей метод і було використано в роботі. Робота створювались в середовищі LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench).

Загальний вигляд робочого столу наведено на рис.1.

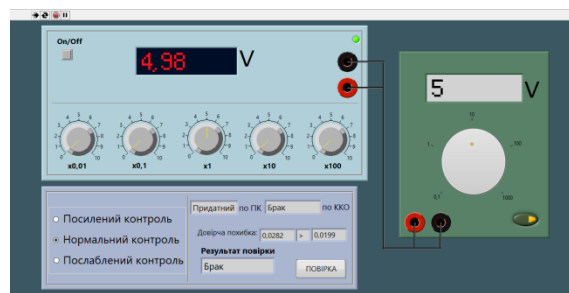


Рис. 1. Загальний вигляд робочого столу

На робочому столі знаходяться: модель випробувального вольтметра, калібратор постійного струму, кнопки вибору режиму роботи – посилений контроль, нормальний контроль, ослаблений контроль, вікна відображення результатів оцінки метрологічних характеристик в режимах оцінки по якісному і кількісному контролю.

В роботі реалізовано наступний алгоритм:

- вибір випробувальної точки діапазону вимірювання;
- обчислення допустимих похибок випробувального вольтметра і калібраторів;
- вибір режиму повірки;
- обчислення коефіцієнту контрольного допуску γ з урахуванням параметрів α і β ;
- подача вхідного сигналу методом сканування по алгоритму

$$A_i = A_0 + q(1,1-9,1(N-1)),$$

де A_i - вихідний сигнал калібратора; A_0 – номінальне значення вихідного сигналу в точці; q – сходинка квантування; N – кількість вимірювань в залежності від режиму роботи;

- зчитування вихідного сигналу V_i і обчислення поточної абсолютної похибки $\Delta_i = V_i - A_i$;

а також суми $\sum \Delta_i$ і $\sum \Delta_i^2$ поточних значень похибки і перевірка нерівності $|\Delta_i| \leq |\Delta_k|$;

- створюється лічильник числа X_i – кількості випадків невиконання останньої нерівності;

- в кожній точці цей показник порівнюють з приймальним числом і бракувальним числом R_i .

Якщо в поточному спостереженні значення X_i не змінилося, його порівнюють з C_i , якщо збільшилось на одиницю, його порівнюють з R_i .

Процес до пускового контролю в точці закінчується при виконанні умов $R_i \leq X_i \leq C_i$.

По завершенню послідовного контролю в режимах УК і НК здійснюється контроль по кількісній ознаці. Обчислюється середнє значення абсолютної похибки в точці середнє квадратичне значення. При виконанні нерівності $|\Delta_i| \leq |\Delta_k|$ - прилад отримує проміжну позитивну оцінку. Результати допускового і кількісного контролю порівнюють. При суперечливих результатах, наприклад «Придатний по допусковому контролю» і «Непридатний по кількісному контролю», повторюються вимірювання в даній точці, і ці данні є остаточними.

Режим ослабленого контролю – трьохступеневий – найпростіший. На вхід цифрового вольтметра подається аналоговий сигнал. Три значення якого розраховується за формулою $A_i = A_0 + q(0.5i-1)$, де $i = 1,2,3$. В кожному з трьох спостережень перевіряється нерівність $|\Delta_i| \leq |\Delta_k|$, в якому контрольний допуск відповідає режиму НК. Якщо, хоч в одному з спостережень нерівність не виконується, здійснюється перехід в режим НК.

Прилад відповідає технічним вимогам, якщо приймається рішення «Придатний по ДК» і «Придатний по КК».

Головною перевагою такого метода оцінки метрологічних характеристик, або перевірки цифрового приладу є можливість досягнення параметру $\beta = 0,005$, тобто ризик замовника складає всього 0,5 %.

Висновки. Використання комп'ютерних технологій в навчальному процесі дозволяє:

- вивчити студентом методику і набути навичок експериментального визначення метрологічних характеристик або перевірки вимірювальних приладів з цифровим виходом;

- виконати лабораторну роботу дистанційно при необхідності;

- підвищити активність вивчення дисципліни за рахунок індивідуальної роботи;

- створити єдиний освітній простір – можливість використання даних матеріалів при підготовці спеціалістів суміжних спеціальностей.

Список літератури

1. В.Л.Владимиров, С.А.Андрусак, Е.И.Ясеницкий. Методы и алгоритмы автоматизированной поверки средств измерений электрических величин с кодовым выходом. Москва: Изд-во стандартов, 1989. 145 с.

Філімонов С.О., к.т.н., доцент
Черкаський державний технологічний університет
бул. Шевченка 460, Черкаси, 18006, Україна
s.filimonov@chdtu.edu.ua

Стрельніков Є.Ю., магістрант
Нагорний Д.Ю., магістрант
Черкаський державний технологічний університет
бул. Шевченка 460, Черкаси, 18006, Україна

ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ВІРТУАЛЬНОГО ФОНОКАРДІОГРАФА

***Abstract.** The principle of operation of the phonocardiograph is analyzed. It has been found that the low-frequency oscillations generated by the heart in the process of operation have much greater energy than high-frequency oscillations, with uniform amplification of the whole spectrum of low-frequency frequencies, fluctuations will be recorded in the form of large amplitudes, while high-frequency oscillations will be barely noticeable, and most noises will not be registered at all. The influence of the network interruption on the results of processing is also determined. Software for data processing of the virtual phonocardiograph is developed.*

***Key words:** virtual device, phonocardiograph, digital filter.*

Вступ. Фонокардіографія – метод реєстрації звукових явищ, що виникають у серці при його діяльності. Вона є суттєвим доповненням до аускультатії серця, тому що дозволяє реєструвати звуки, які не сприймаються людським вухом[1].

Слуховий аналізатор людини здатний сприймати звукові коливання в широкому діапазоні – від 16 до 20000 Гц, але сприйняття їх неоднакове. Краще уловлюються звуки з частотою коливання близько 2000 Гц. Низькочастотні коливання сприймаються набагато гірше. Тому при аускультатії серця практично не вислуховуються звуки з малою частотою коливання: III і IV тони, низькочастотні компоненти I і II тонів, низькочастотні шуми.

При фонокардіографії звукові коливання, що у серці, реєструються у вигляді кривої – фонокардіограмми (ФКГ) за допомогою апарату – фонокардіографа. Він складається з мікрофона, підсилювача, системи частотних фільтрів і реєструючого пристрою.

Мікрофон сприймає звукові коливання і перетворює їх в електричні сигнали. Останні посилюються і передаються на систему частотних фільтрів, які дозволяють окремо реєструвати звукові коливання певної частоти: низько-, середньо-і високочастотні. Далі коливання певної частоти передаються в реєструючий пристрій, де вони записуються у вигляді кривої на папері.

Слід зауважити, що одним з недоліків стаціонарного фонокардіографа являється мережева завада 50 Гц.

Мета роботи – вдосконалення роботи віртуального фонокардіографа та зменшення його собівартості.

Нами запропонований віртуальний фонокардіограф, заснований на пакеті програм Labview.

Для роботи віртуального фонокардіографа необхідний персональний комп'ютер. Отримані результати з мікрофону підсилюються та передаються в комп'ютер за

допомогою звукової карти. У програмному середовищі Labview проходить фільтрація та аналіз отриманих даних.

Оскільки низькочастотні коливання, які генеруються серцем в процесі роботи, мають значно більшу енергію, ніж високочастотні коливання, при рівномірному посиленні всього спектра частот низькочастотні - коливання будуть зареєстровані у вигляді великої амплітуди, в той час, як високочастотні коливання будуть ледь помітні, а більшість шумів взагалі не будуть зареєстровані.

Для усунення цієї проблеми в ФКГ застосовуються електричні фільтри.

Високочастотні фільтри пропускають тільки високочастотні коливання, низькочастотні фільтри - відповідно низькочастотні коливання. Комбінація високих і низьких тонів-фільтрів створює смуговий фільтр, який виділяє певну смугу спектра частот, обрізаючи, як високочастотні, так і низькочастотні частоти. Застосування смугових фільтрів дає можливість реєструвати сигнали малої амплітуди.

Дуже цінну інформацію дають високочастотні - фільтри Маасу-Вебера (використовується в австрійських і німецьких фонокардіографію) і Маннхеймера (в шведському апараті "мінограф") [2,3].

Зазвичай в фонокардіографії передбачена реєстрація 5 звукових каналів: перший - аускультативний (А), широкосмуговий, що дозволяє записати звуки серця приблизно так, як вони сприймаються людським вухом; другий - низькочастотний (Н), що пропускає звуки з частотою близько 35 Гц; третій-перший середньочастотний (С1) - від 35 до 70 Гц; четвертий - другий середньочастотний. (С2) - від 70 до 140 Гц; п'ятий - високочастотний, який записує звуки переважно з частотою понад 140 Гц (максимум близько 250 Гц) [4].

Окрім зазначених вище проблем існує проблема за мережевою завадою (50 Гц), котра вкрай негативно впливає на весь результат. Для усунення цієї проблеми необхідно використовувати режекторний фільтр налаштований для усунення 50 Гц.

На рис. 1 представлена внутрішня блок-схема розробленої програми в Labview.

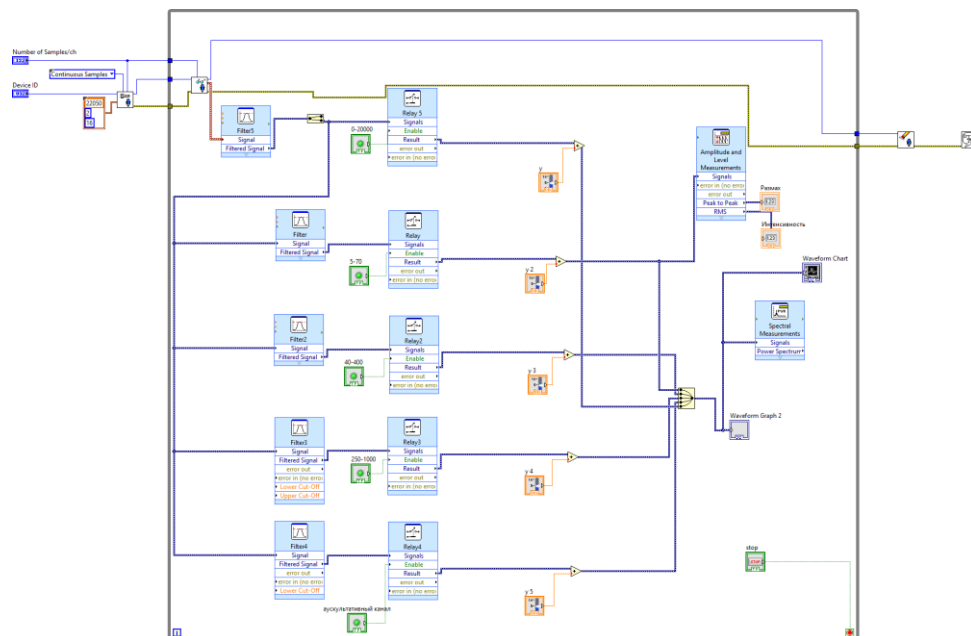


Рис. 1. – Внутрішня блок-схема розробленої програми в Labview

На рис. 2 представлена лицева панель розробленої програми.

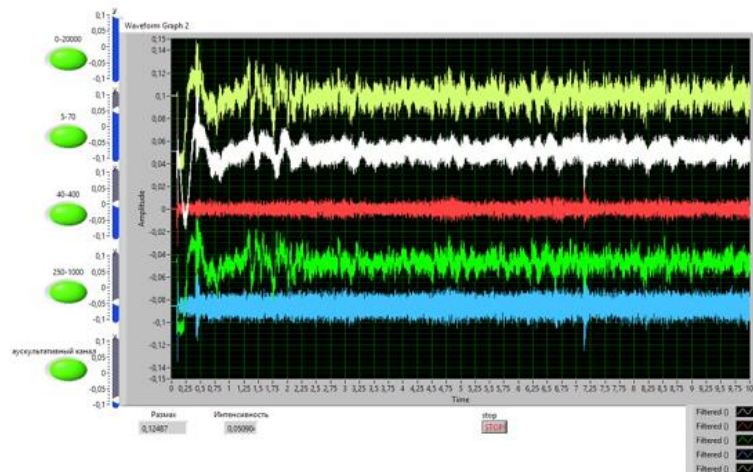


Рис. 2. – Лицьова панель розробленої програми в Labview

Висновки. Використання режекторного фільтра на частоті мережевої завади значно покращило результати обробки даних.

Крім цього, використання віртуального фонокардіографа значно здешевить його собівартість.

Список літератури

1. Минкин Р.Б., Павлов Д.Ю. Электрокардиография и фоноардиография. – Л.: Медицина, 1980. – 198 с.
2. Потапов И.А., Потапов А.И., Махов В.Е. Приборы медицинской диагностики на базе решений фирмы National Instruments. Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments: Сборник трудов// Международная научно-практическая конференция. Москва 18-19 ноября 2005г. – М.: Изд-во РУДН, 2005. С.122-127.
3. А.И. Потапов, Б.В. Самойлов, И.А. Потапов Технические и аппаратно-программируемые средства медицины: Науч. И учеб.-метод. справ. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2005. – 451 с.
4. Махов В.Е., Потапов А.И. Использование решений фирмы National Instruments в медицинском приборостроении. Неразрушающий контроль и диагностика окружающей среды, материалов и промышленных изделий: Межвуз. сб./СЗТУ. – СПб., 2005. – Вып.11. – С.220-225.

Секція 7

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ТА ІННОВАЦІЇ У ПРОЕКТУВАННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДАТЧИКІВ ТА ПРИЛАДІВ

УДК 620.179.1

Бондаренко Ю.Ю., к.т.н., доцент

Топтун А.В., аспірант

Черкаський державний технологічний університет

ул. Шевченко, 460, Черкаси, 18006, Україна

Anna_lapochka@bigmir.net, julybo110976@gmail.com

ВЫБОР КОНТАКТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

***Abstract:** Various liquids have been analyzed that can be used to improve acoustic contact with a fairly rough surface of a living tree. The basic requirements that are imposed on liquids for their application for such purposes are singled out.. As a result of the analysis, a list of liquids suitable for improving the quality of passage of ultrasonic vibrations through the environment was obtained.*

***Key words:** ultrasound, contact liquids, living tree*

Ультразвуковой контроль имеет широкое распространение в различных отраслях науки и техники. Одним из направлений его применения является поиск дефектов в различных материалах, а также проведение оценки качества таких работ как, например, пайка, склейка или сварка. Ультразвуковой контроль является одним из основных элементов контроля качества важнейших элементов трубопроводов атомных реакторов, авиационных двигателей.

В последнее время становится все более актуальной проблема обрушения деревьев, в первую очередь в связи с необходимостью ликвидации негативных последствий этих обвалов. Уязвимость дерева перед различными внешними воздействиями, такими как: сильный ветер, ураган или метель, - обуславливает, в первую очередь, наличие дефектов внутри ствола. Наличие и актуальность проблемы обрушения деревьев во время стихийных бедствий привело авторов к идее использования ультразвукового контроля для оценки целостности зеленых насаждений с целью предотвращения неконтролируемых последствий их природного разрушения.

Обычно для создания ультразвуковых колебаний наиболее часто используют магнитострикционные и пьезоэлектрические датчики.

Первые основываются на явлении магнитострикции [2]. Принцип работы магнитострикционного датчика состоит в том, что при размещении в переменном магнитном поле ферритового стержня, его размеры будут изменяться. В результате чего вокруг стержня будут образовываться ультразвуковые колебания.

Получение ультразвука во втором случае основывается на обратном пьезоэффекте [3]. В этом случае под воздействием приложенного к пьезоэлементу электрического тока, пьезоэлемент начинает совершать колебательные движения в ультразвуковом диапазоне частот.

При использовании магнестрикционного датчика для исследования внутреннего строения живого дерева ферритовый стержень вбивается в небольшие отверстия в коре на глубину около 2-3 см. Главным преимуществом этого метода является плотный контакт датчика с поверхностью дерева, что обеспечит прохождение ультразвука от источника к объекту исследования с наименьшими потерями. К недостаткам использования магнестрикционных датчиков надо отнести необходимость повреждения дерева.

Главным преимуществом использование пьезоэлектрических датчиков является возможность получения точных результатов, не повреждая структуры дерева. Однако при использовании датчика на основе пьезоэлементов между датчиком и корой дерева образуется воздушное пространство, которое будет зависеть от шероховатости самой древесины, что является существенной проблемой. Отсутствие плотного контакта между датчиком и поверхностью приведет к потерям полезного излучения, поскольку значительная часть ультразвука в таком случае будет поглощаться воздухом. Потери, которые неизбежно возникнут в таком случае, могут стать причиной получения не достоверных результатов исследования. Для решения этой проблемы предложено использовать специальный уплотнитель и контактные жидкости.

Целью данной публикации является анализ та выбор жидкостей для обеспечения качественного ультразвукового контакта датчика с корой дерева при проведении ультразвуковых исследований целостности зеленых насаждений.

Анализ жидкостей начнем с определения основных характеристик, которыми они должны обладать, ввиду того, что воздух имеет большое акустическое сопротивление и необходимо максимально обеспечить устранение воздушного зазора.

К наиболее часто используемым в ультразвуковом неразрушающем контроле жидкостям относятся [1]:

- вода;
- акустический гель;
- различные масла;
- клейстер.

Требования, предъявляемые к контактным жидкостям для проведения исследований на живом дереве, можно сформулировать следующим образом:

1. Жидкость должна обладать высокой вязкостью, поскольку исследования необходимо проводить на живом дереве, а, следовательно, в вертикальной плоскости, излишняя жидкотекучесть будет неуместна.

2. В составе жидкости не должно быть едких веществ, которые могли бы повредить дерево.

3. Жидкость должна легко удаляться с поверхности дерева, чтобы не привлекать насекомых.

4. Жидкость должна быть применима в широком диапазоне температур, чтобы ее использование не было ограничено временем года.

5. Жидкость должна обладать хорошими акустическими свойствами.

Исходя из этих требований и проведенного анализа, основные достоинства и недостатки разных контактных жидкостей были собраны и представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы, максимально соответствует всем предъявленным требованиям акустический гель. В связи с чем, именно он планируется для использования в практических экспериментах по исследованию целостности зеленых насаждений.

Таблица 1. Достоинства и недостатки контактных жидкостей

Жидкость	Достоинства	Недостатки
Вода	Хорошо проводит ультразвук и позволяет получать достоверную информацию	Имеет низкую вязкость и плотность, поэтому быстро стекает с вертикальной поверхности
	Легко удаляется с поверхности коры дерева.	Замерзает при низких температурах
	Не повреждает исследуемую поверхность	Может использоваться только для деревьев с относительно гладкой поверхностью коры
Акустический гель	Имеет высокую пропускную способность для ультразвуковых колебаний	Дорогостоящий
	Не повреждает кору деревьев	
	Легко удаляется с поверхности	
	Имеет широкий диапазон температур	
	Имеет высокую плотность и вязкость, что не дает ему стекать с вертикальной поверхности	
	Не имеет запаха	
Масло	Имеет высокую пропускную способность для ультразвуковых колебаний	Плохо удаляется с поверхности дерева и с одежды исследователя
	Имеет широкий диапазон температур	Имеет неприятный запах.
	Имеет высокую плотность и вязкость, что не дает ему стекать с вертикальной поверхности	В его состав могут входить различные едкие вещества, способные повредить структуру коры дерева
Клейстер	Имеет высокую пропускную способность для ультразвуковых колебаний	Плохо удаляется с поверхности дерева и с одежды исследователя. Для удаления необходимо использование химических растворителей, которые могут повредить дерево
	Плотно прилегает к поверхности	Имеет неприятный запах.
	Имеет широкий диапазон температур	В его состав могут входить различные едкие вещества, способные повредить структуру коры дерева

Список литературы

1. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник - Мн.: Современная школа, 2005. - 608 с.
2. Магнитострикция. (Wikipedia: Остання дата звернення червень 2018 року): <https://ru.wikipedia.org/wiki/Магнитострикция>
3. Пьезоэлектричество/(Wikipedia: Остання дата звернення червень 2018 року) <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пьезоэлектричество>

Бондаренко Ю.Ю., к.т.н., доцент

Топка І.О., магістрант

Черкаський державний технологічний університет

ул. Шевченко, 460, Черкаси, 18006, Україна

julybo110976@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН У БІОПОЛІ ЛЮДИНИ МЕТОДОМ ГАЗОРОЗРЯДНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

***Abstract.** History of development and possibility of method of gas-unloading visualization in diagnostic of the physiological and psychological state of man under act of different factors considered in this article.*

***Key words:** gas-discharge imaging, physiological and psychological state, luminescence parameters, computer processing*

Метод газорозрядної візуалізації (ГРВ) - це комп'ютерна реєстрація та аналіз газорозрядного світіння будь-яких біологічних об'єктів, поміщених в електромагнітне поле високої напруженості.

Ще у 1777 році професор Георг Ліхтенберг, вивчаючи розряди на покритій порошком поверхні ізолятора, виявив характерне віялоподібне світіння. Майже через століття це світіння було зафіксовано на фотопластині та отримало назву «фігур Ліхтенберга». Згодом наприкінці ХІХ століття Нардкевич-Йодко Я.О. виявив світіння рук людини в полі високовольтного генератора і навчився фіксувати це світіння на фотопластинці. Подальший розвиток візуалізації світіння від об'єктів в електромагнітних полях отримала завдяки працям Ніколи Тесли та католицького священика Ланделя де Моруа. Однак складність використання тоді апаратури для отримання електрографічних знімків та її об'єктивна небезпека перешкождали поширенню методу.

Подальший розвиток цього методу дослідження належить подружжю Кірліан, винахідникам які незалежно від колег виявили і досліджували це явище в 1930-1940 роках, і відтоді метод «високовольтного фотографування» здобув популярність. З того часу у всьому світі іншою назвою методу газорозрядної візуалізації є «ефект Кірліан».

Розвиток методу газорозрядної візуалізації спонукав відомого вченого Короткова К.Г. розробити прилад, який дозволяє на основі отриманого газорозрядного світіння шляхом математичної обробки робити висновки щодо фізіологічного та психологічного стану людини. Завдяки його роботі з'явилася можливість застосовувати апаратуру ГРВ в якості медичного діагностичного обладнання.

Метою даного дослідження було встановлення впливу фізіологічного та психологічного навантаження на людину за допомогою методу ГРВ.

Принцип реалізації методу ГРВ (рис. 1) полягає в тому, що на прозорий електрод блоку електронно-оптичного (БЕО) і поміщений на нього досліджуваний об'єкт від генератора частоти, який керується персональним комп'ютером, подаються електричні імпульси. При високій напруженості електромагнітного поля в газовому середовищі простору контакту об'єкту і прозорого електроду розвивається коронний газовий розряд, параметри якого визначаються властивостями об'єкту.

Прилад для газорозрядної візуалізації дозволяє реєструвати у вигляді цифрових зображень і кількісно оцінювати світіння, що виникає поблизу поверхні об'єкта. При цьому досліджується стимульована електромагнітним полем і газовим розрядом емісія

фотонів, електронів та інших частинок біологічного об'єкта. Основна діагностична інформація отримується з характеристик світіння, яке є просторово розподіленою групою ділянок різної яскравості (рис. 2).

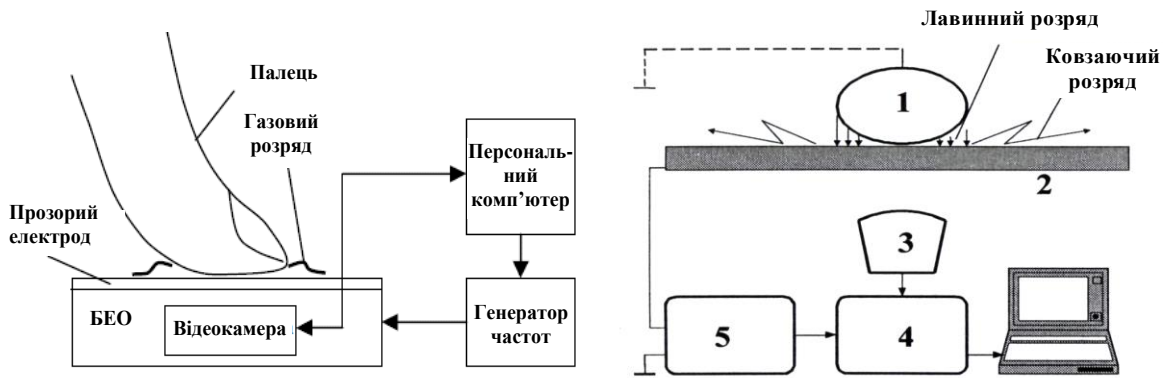


Рис. 1. Принцип реалізації методу газорозрядної візуалізації:
 1 - об'єкт дослідження; 2 - прозорий електрод; 3 - оптична система (відеокамера);
 4 – відеоконвертер (відеокарта); 5 - електронний блок (генератор)

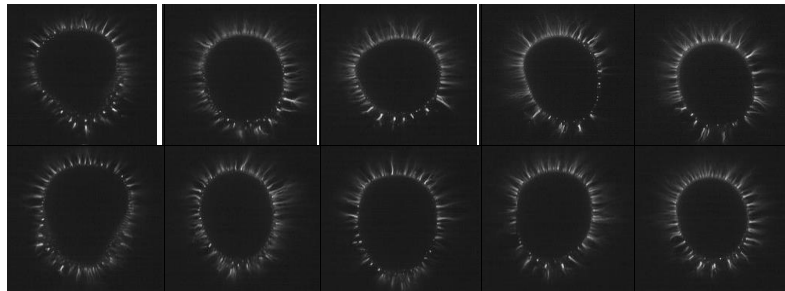


Рис. 2. Зафіксоване у електромагнітному полі високої напруженості світіння пальців рук досліджуваного об'єкту

Секторна діагностика заснована на діагностичній таблиці, яка пов'язує характеристики світіння окремих зон пальців рук з функціональним станом органів і систем організму, та ґрунтується на ідеях традиційної китайської медицини, системі меридіан та акупунктурних точок. Яскравість світіння газового розряду дає уявлення про стан здоров'я в цілому, а діагностичну інформацію за окремими органами і системами несуть периметр (P) і площа світіння (S).

На рис. 3 представлені діаграми, отримані в результаті проведених досліджень. Об'єктом дослідження став молодий хлопець, 17 років, студент 1 курсу ФІТІС. Досліджувався не лише поточний стан об'єкту, але й робився висновок щодо динаміки змін стану об'єкту в часі, тобто вплив психологічного та фізичного навантаження під час навчання.

Результати обробки дають нам підставу припускати, що об'єкт дослідження за характеристиками світіння відноситься до типу Ib, тобто йому характерні проблеми на психосоматичному рівні або його турбує душевний дискомфорт. Оскільки яскравість світіння знаходиться на прикордонному з нормою рівні, то це свідчить про порушення психологічного стану, а оскільки характеристика світіння не змінюється з часом, можна зробити висновок, що об'єкт відноситься до холеричного типу характеру і перебуває в постійному збудженому стані.

Аналіз і порівняння діаграм периметра і площі світіння показує, що об'єкт має також хронічні проблеми з респіраторною системою (в результаті співбесіди об'єкт

підтвердив наявність хронічного алергічного риніту), а також проблеми з шлунково-кишковим трактом, які посилюються в часі в зв'язку з погіршенням режиму харчування (з початку навчання об'єкт проживає окремо від батьків, веде власне господарство та порушує режим харчування та відпочинку).

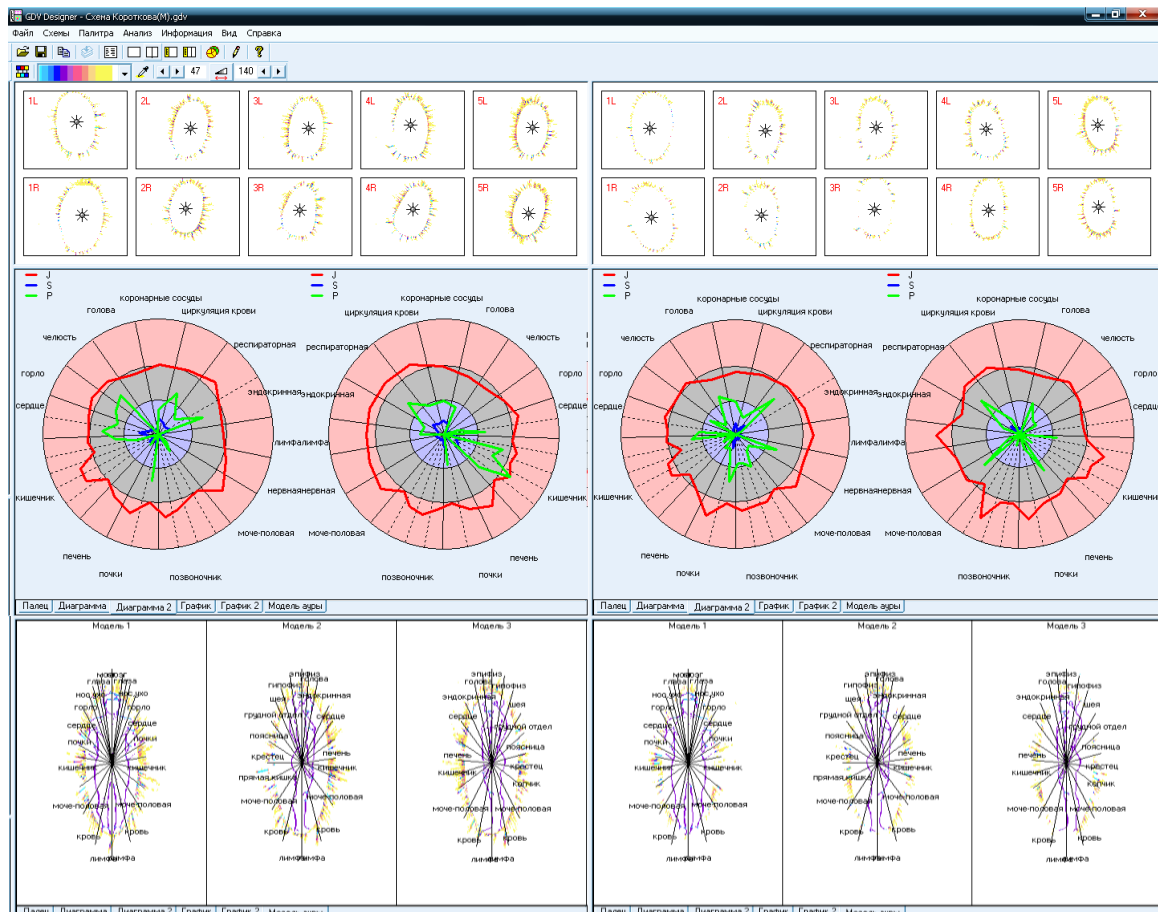


Рис. 3. Порівняння результатів досліджень в програмі обробки: зліва – листопад 2012 року; справа – квітень 2013 року

Крім того, розміщення основних контурів периметра і площі світіння в межах малого кола діаграми свідчить про пригнобленість функцій більшості органів організму, що підтверджується також на цілісній діаграмі розривами в енергетичному полі.

Подальші дослідження будуть спрямовані на виявлення змін у фізіологічному стані людини під дією таких шкідливих факторів, як алкоголь та тютюн, а також інших чинників.

Список літератури:

1. Коротков К.Г. Основы ГРВ биоэлектрографии. – СПб.: СПбГИТМО (ТУ) 2001.- 360 с.
2. Коротков К.Г. Принципы анализа ГРВ биоэлектрографии. — СПб.: «Реноме», 2007. - 286 с.
3. Практические основы метода газоразрядной визуализации. / Коротков К.Г., Крыжановский Э.В., Муромцев д.И., Бабицкий М.А., Борисова М.В., Яновская Е.Е.,

Шапин А.В., Исаева Е.В./ под. ред. к.т.н. Муромцева ДИ.— СПб: СПб ГУ ИТМО, 2007. — 128 с.

4. Шадури М.И., Чичинадзе Г.К. О применении биоэнергографии в медицине. // Georgian Engineering . News . 1999.№2. - С .109.

5. Андреева Н.Г., Васильев К.Б. ГРВ, как метод диагностики психофизиологических состояний в системе целостного движения. // «Наука, Информация, Сознание» Тезисы V межд. конгресса по биоэлектрографии. - СПб.: 2004. - С.179.

6. Булатова Т.Е., Попова Т.В., Тарасова М.Н., Иванова Л.И., Иванова И.А. Мониторинг психофизиологического состояния обучающихся с использованием метода ГРВ. // «Наука, Информация, Сознание». Тезисы V межд. кон-гресса по биоэлектрографии. - СПб.: 2007. - С. 35.

7. Бесєдіна Н.П. Дослідження впливу фізичного та психологічного навантаження на людину за допомогою методу газорозрядної візуалізації // Тези Днів студентської науки ЧДТУ 2012-2013 рр. / М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. — Черкаси : ЧДТУ, 2013. — с. 37 – 39.

8. Особливості комп'ютерної інтерпретації результатів дослідження фізіологічного стану людини методом газорозрядної візуалізації / В.С. Антонюк, К.Маслюк, Ю.Ю. Бондаренко, Н.П. Бесєдіна // Вісник КПІ: Приладобудування, 2013.

9. Данилова Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. - М.: МГУ, 1992. - 192 с.

10. Патент України на корисну модель по заявці № U 2014 00153 від 10.01.2014 р. Спосіб експрес-оцінки стану біологічного об'єкта МПК G03B41/00 / Антонюк В.С., Бондаренко Ю.Ю., Маслюк К.А., Бесєдіна Н.П.

V.Ya. Halchenko, D.S., Professor,
halchvl@gmail.com

R.V. Trembovetska, Ph.D., Associate Professor,
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

V.V. Tychkov, Ph.D., Associate Professor,
v.tychkov@chdtu.edu.ua

S.O. Hordeev, Master Degree Student,
arizona520@ukr.net

Cherkasy State Technological University,
Blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

INVESTIGATION OF THE AUTO-COLLIMATION SYSTEM OF THE OPTICAL PARTS CONTROL DEVICE

Abstract. *To control parts and components in instrument engineering, measuring instruments of various types are used: mechanical, pneumatic, electrical, optical, optical-mechanical, optoelectronic, electronic.*

Optical instruments have become very widespread, which is explained by their versatility and high accuracy.

The research subject in this paper is the angle error meter, designed to measure the errors of the angles of ground (single) prisms.

The device is designed in accordance with the traditional solutions for the layout of devices of this class. The proposed device has a simplified optical scheme, which reduces the effect of various errors, and also greatly simplifies the adjustment and operation of the device. The research need is caused by the need for the device, which would have the ability to measure the errors of angles in polished prisms, with the requirements put forward: simple design, cheap manufacturing, angle measurement in a wide range for ease of maintenance, repair and alignment.

Keywords: *angle error meter, autocollimation system*

The most difficult and responsible element of the angle error meter is the autocollimator. Increased requirements in the design are put forward specifically to this product. The design of the autocollimator should provide a satisfactory visibility of the autocollimation image of the grid stroke. Contrast and brightness in individual cases should be such that the autocollimation grid image is obtained from the mirror clearly, in rooms with different levels of illumination.

The essence of autocollimation consists in combining in one device a collimator and a telescope. Autocollimator is used to accurately set flat reflecting surfaces perpendicular to its optical axis.

Autocollimator is a telescope with a special eyepiece, which is called autocollimation. Autocollimator is used to control the plane-parallelism and wedge-shaped glass and light filters, prism angles, lens shape control, and to measure compensator errors in geodetic and other optical instruments. In combination with a flat mirror or a multi-faceted prism, the autocollimator can be used to control the straightness of the guides, the flatness of the marking plates, the mutual angular positioning of the axes and planes of products in the device, etc. To solve problems related to angular measurements, one- and two-coordinate autocollimators are used. For simultaneous control of the object's rotations both for collimating angles and for the angle of twisting, three-coordinate optical-electronic autocollimation systems using tetrahedral reflectors are effective.

The basis for measuring angles by optical methods is the laws of geometric optics: the law of rectilinear light propagation and the law of light reflection.

The law of rectilinear propagation of light consists in the fact that light between two points in a homogeneous medium propagates along a straight line connecting these points.

The **aim** of this work is to develop an autocollimation system for measuring the error of the

optical parts angles.

The angular error meter works as follows: the beam from the light source passing through the prism of AP-90 refracts, illuminates the cut cross in the opaque layer of metal at the place of gluing with the grid, passes through the lens, then tangentially to the reference (controlled) prism, reflected from the flat mirror and through the lens, creates an autocollimation image on the grid, seen through the eyepiece.

The determination of the error in the prism angle is that autocollimation from the reference and controlled prisms are compared.

The sign of the error is determined in the direction of images movement of the autocollimation mark. If, with a smaller angle between the face of the prism and the mirror, the images of the autocollimation mark converge, the sign of the deviation of the angle -, if it diverge, then +.

As a result of the review of literature sources and patent search, an analysis of the principles of work, advantages and disadvantages of measuring instruments was made [1-6]. It can be concluded that none of the proposed schemes satisfy the technical specification for the instrument being developed. Compliance with the requirements for simplicity of construction, low cost of manufacture, versatility of measuring angles for simplicity in maintenance, repair and alignment are not observed. The measurement of the angles errors is made in polished prisms.

The device of the traditional scheme most effectively answers these requirements: an autocollimator is a flat mirror.

At the first stage, we adjust the autocollimator along the tangent to the ground surface of the reference prism. In the second stage, we replace the reference prism with the prism being tested, and then comparing the autocollimation, we perform the calculation.

Analyzing the advantages and disadvantages of the three variants of autocollimators, we can conclude that the most suitable type of autocollimator is the Abbey autocollimator, this type of tube gives the best illumination of the image of the autocollimation mark, obtained from a mirror of small dimensions.

Conclusions. Constructive dimensional calculations of the optical parts of the autocollimation system and the nodes of the angle error meter, such as a biconvex lens in the K-108 gluing composition, an isosceles prism with one reflecting edge of the beam deflection angle of 90° and a light diameter of 3.5 mm, a glass plane-parallel plate with a applied measuring scale, a mirror with an external reflecting surface, a symmetrical eyepiece with a focal length of 17 mm, a diopter scale and an ocular thread. An autocollimation system with the following parameters has been developed: the magnification is 8.3, the field of view is 3° , the division rate is $1'$, the parallax of the grid is 0.06 mm.

Literature

1. Latiev S.M. Construction of precise optical instruments. - St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2015. - 560 p.
2. Optical measurements / A.N. Andreev, E.V. Gavrilov, G.G. Ishanin et al.: Textbook. allowance. - Moscow: University Book; Logos, 2008. - 416 p.
3. Karpov A.I., Semenova M.P. Measurement of constructive and optical parameters and study of the quality of surfaces of optical parts and systems. Tutorial. Kazan: Publishing house of Kazan. state. tech. University, 2002. 88 p.
4. Optical measurements / A.N. Andreev et al.: a tutorial. - Moscow: University Book; Logos, 2008. - 416 p.
5. Krynin L.I. Basics of designing designs of lenses. - SPb.: SPbGUITMO, 2006. - 254 p.
6. Malamed E.R. Design of optical space-based instruments. - SPb.: SPbGITMO, 2002. - 291 p.

Глушко Т.М.,
магістр кафедри виробництва приладів
Вислоух С.П., к.т.н., доцент,
доцент кафедри виробництва приладів
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
e-mail: kafedravp1@gmail.com, tel. +38 (044) 204-94-75

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ МЕТОДІВ ТА ПРИЛАДНИХ ЗАСОБІВ ЛІКУВАННЯ ХВОРОБ ЗОРОВОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ

***Abstract.** In this work an estimation of accuracy of methods and devices of treatment of illnesses of the visual system of a human is carried out. It is shown that modern hardware and software methods and tools are suitable for effective treatment of the most common diseases of the disease, namely: amblyocoron (accuracy of treatment - up to 80%) and the effect of helium-neon laser (accuracy of treatment - 90-100%).*

***Keywords:** visual system of a human, methods and means of treatment, accuracy*

***Аннотация.** В работе проведена оценка точности методов и приборных средств лечения болезней зрительной системы человека. Показано, что для эффективного лечения наиболее распространенных болезней зрения подходят современные аппаратные и программные методы и средства, а именно: амблиокор (точность проведения лечения - до 80%) и воздействие гелий-неоновым лазером (точность проведения лечения - 90 - 100%).*

***Ключевые слова:** зрительная система человека, методы и средства лечения, точность.*

Для профілактики та лікування різних захворювань очей, пов'язаних із зоровим навантаженням, порушенням координації роботи м'язів і оптичними порушеннями, в сучасній офтальмології активно застосовуються приладні методи лікування [1].

Такі методи дозволяють зміцнити зір, а в багатьох випадках поліпшити його без хірургічного втручання. При деяких захворюваннях приладне лікування – єдиний спосіб поліпшити зір. Особливо ефективним є застосування апаратів для лікування дитячих очних захворювань, пов'язаних з порушенням координації та роботи м'язового апарату ока.

Проте, дослідження методів та приладних засобів, що проводилися рядом вчених – фахівців в галузі офтальмології доводить відсутність однозначної оцінки точності методів та засобів лікування хвороб зорової системи людини [2 – 4].

Тому, авторами за мету ставився аналіз найпоширеніших методів та приладних засобів лікування зору та визначення їх точності при окремих видах лікування очних хвороб. При цьому оцінка точності проводилася для наступних засобів та методів.

Амбліокор – це відео-комп'ютерний аутотренінг, в основу якого покладена умовно-рефлекторна технологія, що дозволяє відновити контроль з боку нервової системи за процесами, що протікають зоровому аналізаторі. Метою даного методу є розвиток природної здатності мозку компенсувати («відредагувати») нечітке зображення, що отримується на сітківці. Використовується для: лікування амбліопії, розвитку бінокулярного зору, лікуванні усіх форм порушення рефракції ока – далекозорості, короткозорості, астигматизму, а також для реабілітація після рефракційної хірургії (лазерної та оперативної).

Синоптофор – це один з основних приладів для терапевтичного лікування біокулярного зору при косоокості, визначенні об'єктивного кута косоокості по горизонталі, тренування рухливості очей. Принцип роботи синоптофора заснований на поділі полів зору. Одному оку видно, наприклад, овал, а іншому – курча, і дитина намагається помістити курча в овал, для чого поєднує осі очей, тренуючи тим самим очні м'язи. Подібними тренуваннями косоокість часто виліковується без операції. Показання до застосування: порушення біокулярного зору, співдружнн косоокість, астенопія на ґрунті слабких фузіонних резервів.

Гелій-неонова лазерна терапія має стимулюючу дію на структури ока, в основу якого покладена дія променя світла низької інтенсивності. Лазерний промінь здійснює свій вплив на молекулярному, клітинному, тканинному і органному рівні, має стимулюючу дію, сприяє підвищенню захисної активності клітин пігментного епітелію сітківки, попереджає розвиток дегенеративних змін в центральній нервовій системі, поліпшує кровообіг і обмін речовин в оці, підсилює регенераторну здатність епітеліальних клітин рогівки, активізує місцевий імунітет, знімає спазм циліарного м'яза. Безпосереднє опромінення елементів очного яблука проводиться розфокусованим променем гелій-неонового лазера (довжина хвилі 0,63 мкм), впливаючи відбитим променем на нервово-рецепторний апарат зорового аналізатора. Активним елементом гелій-неонових лазерів є суміш інертних газів – гелію та неону. Застосовується при: амбліопії, спазмі акомодатії при аметропіях, астенопічному синдромі, захворюваннях зорового нерва (атрофії), а також компенсованій глаукомі, епітеліально-ендотеліальній дистрофії рогової оболонки, травматичних пошкодженнях та запальних захворюваннях рогової оболонки, передній та задній увеїти різного генезу поза стадії загострення, макулодистрофії («суха» форма), патології очей – хронічні блефарити, халязіон, ячмінь в стадії формування, патології слъзозвідведених шляхів поза стадією загострення, епісклерітах, склерітах.

Амбліопанорама – це метод, що заснований на формування панорамних фігурних полів, що осліплюють і призначений для лікування амбліопії функціонального недорозвинення сітківки, починаючи з раннього дитячого віку. Використовується для лікування амбліопії будь-якого ступеня та порушення фовеолярної фіксації.

Програмно-комп'ютерне лікування. Під час лікування відбувається активне локальне і загальне роздратування сітківки яскравими колірними динамічними стимулами. В основу вправ покладено методи розвитку сприйняття зорового образу, координованої роботи обох очей, розвитку м'язових резервів очей. Програмне лікування виконано у вигляді гри (наприклад, вправи «Тир», «Погоня», «Eye» – це ігри, що сприяють розвитку правильної фіксації, підвищенню гостроти зору) для більш активної участі пацієнта в процесі лікування. Показання до застосування: амбліопія будь-якого ступеня, порушення біокулярного зору, спазм акомодатії, співдружнн косоокість, початкова пресбіопія, астенопія.

Лінзи Франеля дозволяють підвищити точність вимірювання суб'єктивного кута косоокості, забезпечують зручність діагностики. Мікропризмові елементи Франеля використовуються в сучасній хірургії косоокості для дозованого хірургічного втручання, а також для оцінки результатів хірургічного втручання.

Використання вищезазначених методів і засобів дозволяє з високою точністю проводити лікування наступних захворювань очей.

Амбліопія – зниження зору, яке виникає через те, що один з очей не задіяний в процесі зору. Найчастіше це виникає при надмірній далекозорості, короткозорості, астигматизмі, косоокості. Основне завдання при лікуванні амбліопії – активізувати

нервові клітини ока та зорового аналізатора і змусити їх працювати. Для лікування амбліопії найбільш ефективним є застосування: амбліокор (75 – 80%), програмно-комп'ютерне лікування (30 – 40%), гелій-неоновий лазер (до 100%), амбліопанорама (55 – 65%).

Астенопія – це навантаження на зір, пов'язане з підвищеними зоровими навантаженнями, що проявляється у головних болях, нестійкій гостроті зору, зниженні працездатності, дратівливості. Стан астенопії необхідно вчасно діагностувати та проводити, в залежності від причин, що її викликали, адекватне лікування. Для лікування астенопії застосовуються: амбліокор (65 – 75%), програмно-комп'ютерне лікування (45 – 50%), гелій-неоновий лазер (до 90%).

Косоокість – проявляється відхиленням від точки фіксації одного з очей. Крім косметичного недоліку, досить важкого в психологічному відношенні, косоокість супроводжується серйозним розладом бінокулярних функцій очей. Косоокість часто виникає при порушенні рефракції (оптичної сили) ока, особливо при високій далекозорості та астигматизмі.

Бінокулярний зір – це вища зорова функція, що формується при правильному положенні очей і стійкою (центральною) фіксацією. Бінокулярний зір передбачає об'єднану діяльність обох очей, що забезпечує більш складне, повноцінне зорове сприйняття форми та яскравості об'єкта, дає більш точну оцінку просторового виміру, об'ємність предметів, ступінь їх абсолютної та відносної віддаленості. Наявність косоокості ускладнює процес формування бінокулярного зору.

Для лікування косоокості та відновлення бінокулярного зору застосовуються: амбліокор (65 – 75%), синоптофор (до 100%), програмно-комп'ютерне лікування (55 – 60%), лінзи Франеля (30 – 45%).

Спазм акомодативний. Зорова робота вимагає напруження внутрішніх м'язів очей, що відповідальні за зміну фокусування ока на предмети, які розглядаються (акомодатію). Тривала зорова робота на близькій відстані, особливо з дрібними предметами, іноді призводить до стійкого спазму акомодативних м'язів, що проявляється в погіршенні зору вдалину та стомлюваності під час зорових навантажень. Для лікування спазму акомодативного застосовуються: програмно-комп'ютерне лікування (80 – 85%), гелій-неоновий лазер (до 95%), лінзи Франеля (55 – 60%).

Висновки. Таким чином, в даному дослідженні проведена оцінка точності методів та приладних засобів лікування хвороб зорової системи людини. Показано, що для ефективного лікування найрозповсюдженіших хвороб зору підходять сучасні апаратні та програмні методи і засоби, а саме: амбліокор (до 80%) та вплив гелій-неонового лазера (90 – 100%). Подальші дослідження, що планується проводити колективом авторів будуть присвячені удосконаленню цих методів лікування очних хвороб людини.

Список літератури:

1. Клинические лекции по офтальмологии: Учеб. Пособие / Е. А. Егоров, С. Н. Басинский. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 288 с.
2. Principles and Practice of Ophthalmology / A.M.Albert, F.A.Jakobiec. – 2nd ed. – Philadelphia: W.B. Saunders Co., 2000. – 1284 p.
3. Ophthalmology Principles and Concepts. – 8th ed. / Ed. by F.W. Newell – Philadelphia: Mosby, 1996. – 596 p.
4. The Wills Eye Manual: Office 2-nd Emergency Room Diagnosis and Treatment of Eye Diseases. - 2nd ed. – Philadelphia: Lippincott Company, 1994. – 489 p.

Заблоцький В.Ю., к.т.н., доцент,
завідувач кафедри електроніки та телекомунікацій,
Приступа С.О. к.т.н., асистент, **Мороз С.А.** к.т.н., доцент
Луцький національний технічний університет
e-mail: zavalur@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ НА БАЗІ ЕЛЕМЕНТІВ ПЕЛЬТЬЄ

***Abstract.** The article deals with issues of verification and features of calibration of temperature measuring devices in the range from -500C to +100 0C. It is found that the greatest complexity are the verification procedures at low temperature points of the range. In order to eliminate such problems, the phenomenon of Peltier is investigated. The processes of allocation and absorption of heat at the contact point of two different conductors are investigated depending on the direction of current flow. The analysis showed that in order to eliminate the above-mentioned shortcomings of the traditional verification procedure, in the given temperature range, it is necessary to use Peltier elements, which enable to realize both negative and positive temperatures in one thermostat, without using precise, complex and expensive equipment and materials.*

***Key words:** temperature, current, Peltier element, thermostat, equipment, materials.*

Постановка проблеми. Відомо, що діапазон температур $-50^{\circ}\text{C} \dots +100^{\circ}\text{C}$ є найбільш широко використовуваним для значної кількості побутових та промислових засобів вимірювання температури. Отже, забезпечення верифікації засобів вимірювання температури в такому діапазоні з урахуванням низькотемпературних точок з метою стабілізації показів вимірювань та підвищення точності вимірювання є актуальною науково-практичною задачею.

Ефект Пельтьє полягає в наступному: при пропусканні струму через контакт двох різнорідних матеріалів на додаток до Джоульовського тепла в контакті виділяється або поглинається тепло, кількість якого є пропорційним заряду, що пройшов через контакт:

$$Q_n = \pm pIt. \quad (1)$$

Коефіцієнт пропорційності p називається коефіцієнтом Пельтьє.

Якщо контакт нагрівається, то ефект Пельтьє називають позитивним, якщо охолоджується - негативним.

Особливістю перебігу даного процесу є те, що під час градування або верифікації засобів вимірювання температури технічно складно реалізувати низькотемпературні точки діапазону. Як правило, верифікацію первинних вимірювальних перетворювачів температури проводять в двох різних засобах реалізації температурних точок [1, 2, 3, 4]:

- при низьких температурах: в криостатах із застосуванням реперних точок кипіння зріджених газів (зокрема, гелію, водню, кисню, азоту...), що потребує значних затрат часу й матеріальних ресурсів; в холодильних агрегатах компресорного, а чи адсорбційного типу, що вимагає застосування прецизійного, громіздкого та дорогого механічного обладнання, а головним чином, неприязних доквіллю хладагентів (зокрема, фреону тощо) ;

- за середніх та високих температур найчастіше в: парових, масляних або ж олов'яних термостатах; реперних точках плавлення чи затвердіння чистих металів,

використання яких є досить складне, дороге, а навіть і шкідливе для здоров'я працюючих;

- в інших, простіших випадках – просто в термостатованих електропечах.

Окрім згаданого вище, така процедура верифікації чи градування має в собі ще й негативні методичні аспекти, що пов'язані з неадекватністю термодинамічних характеристик джерел створення низьких та високих температур, оскільки об'єкти верифікації необхідно переносити між, щонайменше двома, джерелами температур. Отже, з точки зору коректності метрологічного експерименту, важливо було б верифікувати первинні термоперетворювачі в одному температурному джерелі у всьому діапазоні вимірюваних температур без перенесення їх з одних термодинамічних умов в інші.

Явище Пельтьє пов'язано з будовою матеріалів, що утворюють контакт. Як відомо, остаточно за протікання струму відповідають електрони, що містяться на найвищому енергетичному рівні матеріалу (або ж електрони з найвищої орбіти). В кожному разі електрон на орбіті має певну енергію, що залежить від його відстані від ядра. Чим вища орбіта - тим вища енергія електронів. Таким чином, якщо електрон переходить з вищої орбіти на нижчу, то має місце вивільнення енергії. Це явище використовується, зокрема в світлодіодах і діодних лазерах, де енергія, що віддається окремими електронами, виступає в постаті квантів світла – випромінювання з певною частотою. В свою чергу, щоб електрон перейшов з нижчої орбіти на вищу, йому необхідно надати відповідну кількість енергії.

Аналогічно, відбувається з електронами, що відповідають за явище Пельтьє. Припустимо, що маємо два різнойменних провідники, вільні електрони яких знаходяться на різних орбітах і, відповідно, мають різну енергію, що є наслідком властивостей використовуваних матеріалів. Якщо ж через місце контакту таких двох матеріалів пропустити постійний струм, то електрони рухатимуться в одному напрямку, а в залежності від напрямку струму, в місці контакту буде або виділятися, або поглинатися тепло.

Згідно закону збереження енергії, тепло не зникає незворотно. Поглинуте тепло, яке є формою енергії не зникає, а лише, будучи поглинутим в одному місці, - виділяється в іншому.

Також існує проблема поглинання великих кількостей тепла в місці одного окремого взятого контакту, оскільки такий контакт є малоефективним. Щоб досягнути значної ефективності аналізованого процесу, слід застосувати й більшу кількість таких контактів.

З кількох причин групу контактів слід з'єднувати послідовно.

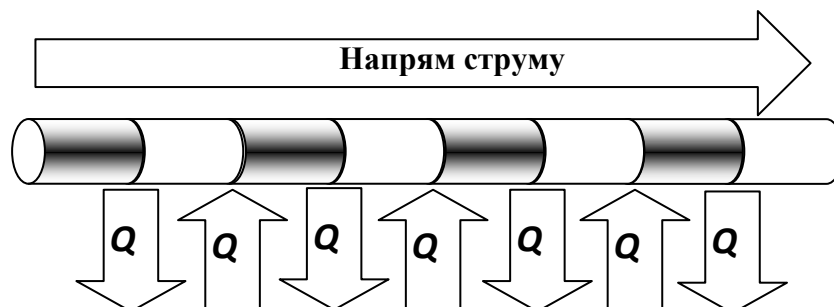


Рис. 1. Схема руху тепла, що проходить через групу контактів

Як ілюструє рис. 1, зразу ж видно, що в такому наборі контактів через кожне одне місце відбувається поглинання тепла, а через кожне інше – його виділення. Аналіз рис. 1 підтверджує думку, що немає нічого зайвого, а отже, закон збереження енергії

виконується – тепло не зникає і не виникає нізвідки. З метою прикладного застосування такого набору, місця контактів слід розташувати згідно принципу, поданого на рис. 2. Тоді одна сторона комплекту поглинатиме, а інша – віддаватиме тепло.

Так, рис. 2 ілюструє принцип дії модуля Пельтьє та підтверджує, що зовсім не йдеться про елемент, який поглинає тепло, а лишень про елемент, який це тепло транспортує.

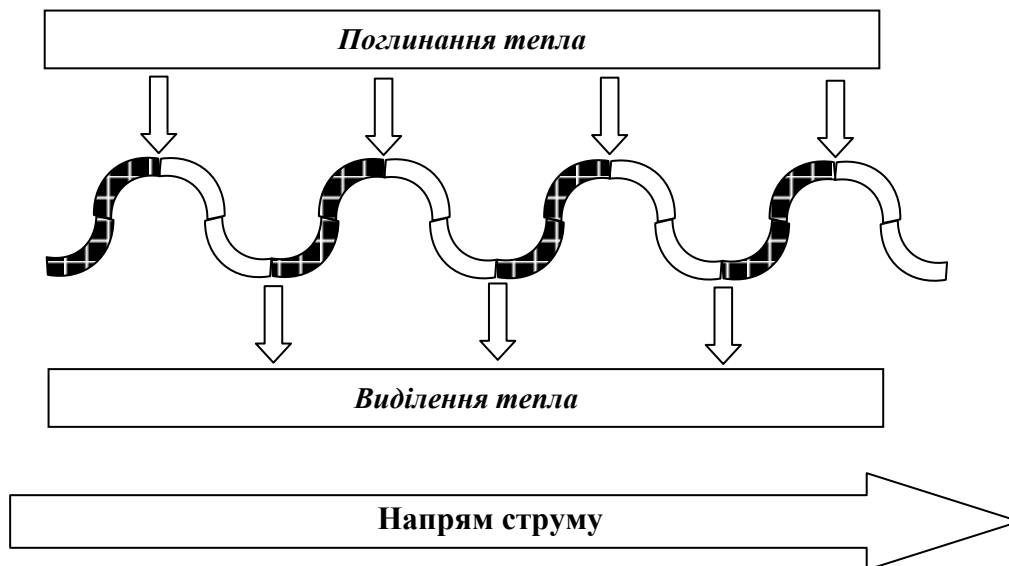


Рис. 2. Принцип розташування місць контактів в елементі Пельтьє

Слід мати на увазі, що, з точки зору електроніки, елементи розташовані послідовно, але з точки зору теплотехніки – паралельно, що й дозволяє збільшити можливості теплоперенесення.

Висновки. Проведений аналіз показав, що найдоцільніше, з метою усунення згаданих вище недоліків традиційної процедури верифікації, у діапазоні температур від -70 до 100 °С, використовувати елементи Пельтьє [5, 6], які дають можливість реалізувати в одному термостаті як від’ємні так і додатні температури, не використовуючи при цьому прецизійного, складного і дорогого обладнання та матеріалів.

Список літератури

1. Уайт Г. К. Экспериментальная техника в физике низких температур: Справочное руководство: Пер. с англ. - М.: Физматгиз, 1961.
2. Справочник по физико-техническим основам глубокого охлаждения / М. П. Малков, И. Б. Данилов, А. Г. Зельдович, А. Б. Фрадков / Под ред. М. П. Малкова. - М.: Энергия, 1973.
3. Преображенский В. П. Теплотехнические измерения и приборы: Учеб. пособие. - М.: Энергия, 1978.
4. Роуз-Инс А. Техника низкотемпературного эксперимента. Использование жидкого гелия в лабораторной практике: Пер. с англ. - М.: Мир, 1966.
5. Malek Z., Strajblova J. Konstrukce referencniho spoje termoclanku pro velmi presna mereni teploty. // Cs. Cas. fys., №18, 1968, s. 95.
6. Roth H., Walz H. Nullpunkt-Thermostat fur Thermoelemente // Siemens-Zeitschrift, v. 41, №6, s. 539.

Куницька Л.Г., к.т.н., доцент

Заїка Я.С., магістрант

Заїка М.В., магістрант

Черкаський державний технологічний університет

бул. Шевченка 460, Черкаси, 18006, Україна

l.kunyska@chdtu.edu.ua

ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЕФЕКТОСКОПУ НА ОСНОВІ ВИХРОСТРУМОВОГО МЕТОДА

Abstract. *The main parameters characterizing the technical condition of the metal constructions are the presence or absence of defects. Critical for decision-making, here is the information about the type of defects - cracks are dangerous because of the possibility of growth, while volume defects with permissible dimensions aren't so dangerous.*

At the current stage of scientific development the main task is not only the identification of objects, but also to determine their type and size, to evaluate the remaining life of these objects and evaluate the technical condition of metal. Most methods give only information about the defect presence, and not its type and size. Therefore, an acute problem is the development of a new technology that will help obtain all the necessary information about the defects of the railroad during their operation.

Key words: *Flaw detector, non-destructive testing, inductive sensor, material degradation, railroad.*

Вступ. Прилади й засоби неруйнівного контролю, знаходять широке застосування в різних напрямках життєдіяльності людини, у промисловості, медицині, мистецтві – практично скрізь, де потрібна інформація про стан і властивості матеріалів або об'єктів.

Контроль продукції й технічна діагностика об'єктів дозволяють оцінити якість виробленої продукції, одержати об'єктивну інформацію про реальний технічний стан досліджуваного об'єкта. Традиційні методи вихрострумowego неруйнівного контролю з використанням гармонічного сигналу збудження зазвичай полягає в аналізі таких інформативних параметрів, як амплітуда і початкова фаза прийнятих сигналів [1].

Існуючі методи і засоби неруйнівного контролю не завжди задовольняють повною мірою сучасним вимогам щодо точності та достовірності оцінки стану залізничного полотна, часто відсутній комплексний підхід, що включає оцінку стану металу за його фізико-механічними характеристиками, які пов'язані з залишковим ресурсом та з виявлення прийнятною ймовірністю найбільш характерних дефектів, що розвиваються в процесі експлуатації. У зв'язку з цим, розробка нових більш ефективних методів і засобів для оцінки стадій деградації металу залізничного полотна і виявлення найбільш характерних та небезпечних дефектів в процесі експлуатації є актуальним завданням [2]. Одним із кроків по вирішенню даних задач є розробка сучасної системи вихрострумової дефектоскопії.

Існують різні технічні рішення що до вирішення поставленої задачі, наприклад ультразвукові дефектоскопи, але вони мають ряд недоліків, таких як: низький динамічний діапазон, відсутність компенсації початкового сигналу з акустичного сенсора по фазі та амплітуді, низьку термостабільність, завадостійкість, точність вимірювання та чутливість приладу[3].

Тому було вирішено вдосконалити відомі прилади та перетворити їх в систему, шляхом введення нових виконавчих вузлів.

На рис. 1 представлена вдосконалена структурна схема дефектоскопу на основі вихрострумowego метода. Дефектоскоп на основі вихрострумowego метода складається з наступних вузлів: задаючий генератор 1, перший синтезатор частоти 2, другий синтезатор частоти 3, перший фільтр нижніх частот 4, другий фільтр нижніх частот 5, перетворювач напруги 6, вихрострумований перетворювач 7, попередній підсилювач 8, диференційний підсилювач 9, основний підсилювач 10, ЦАП 11, мікроконтролер 12, бездротовий передавач WIFI (2.4 ГГц) 13.

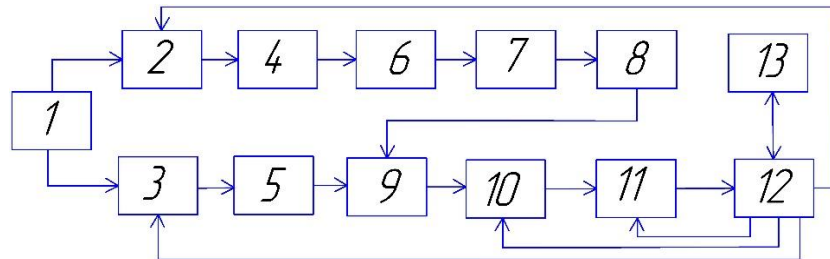


Рис. 1. Структурна схема дефектоскопу на основі вихрострумowego метода

Дефектоскоп на основі вихрострумowego метода працює наступним чином: за допомогою мікроконтролеру 12 формується команда керування першим синтезатором частоти 2, який генерує аналоговий сигнал відповідної частоти і через перший фільтр нижніх частот 4, сформований сигнал потрапляє на вхід перетворювача напруги 6. Після відповідного перетворення сигнал потрапляє на вихрострумований перетворювач 7, який взаємодіє з об'єктом контролю. Після взаємодії з об'єктом контролю вимірюваний сигнал потрапляє на вхід попереднього підсилювача 8. Після підсилення отриманий сигнал надходить на вхід диференційного підсилювача 9. На другий вхід диференційного підсилювача 9 через другий фільтр нижніх частот 5 подається сигнал з другого синтезатора частоти 3, який створює необхідний за рівнем, фазою та частотою сигнал, відповідно до команди мікроконтролера 12 і якщо об'єкт контролю бездефектний на виході диференційного підсилювача ми отримуємо нульовий сигнал. Після проходження сигналів з вихрострумowego перетворювача та системи компенсації через диференційний підсилювач 9, він потрапляє на основний підсилювач 10, й після підсилення оцифровується за допомогою ЦАП 11, який керується мікроконтролером 12 та надходить до мікроконтролера 12, де відбувається первина обробка отриманої інформації яка далі передається для подальшого опрацювання до персонального комп'ютера через бездротовий передавач WIFI 13.

Висновок: Реалізація вдосконаленого дефектоскопу на основі вихрострумowego метода дозволить вирішувати широке коло задач, а саме: дозволить створити компенсацію початкового сигналу з індуктивного сенсора по фазі та амплітуді, підвищити динамічний діапазон, термостабільність, завадостійкість, точність вимірювання та чутливість приладу, а також створити передачу даних в реальному часі.

Список літератури

1. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов: ГОСТ 18353-79. – [Чинний від 1980-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 12 с.
2. Белокур И.П. Дефектоскопия материалов и изделий / И.П. Белокур, В.А. Коваленко // К.: Техника, 1989. – 192 с.
3. Марков А. А. Ультразвуковая дефектоскопия рельсов / Марков А. А., Шпагин Д. А // Изд. 2-е, исправл. и доп. - СПб.: Образование - Культура, 2013, 283с.

Новаковський О.Г., аспірант,
Антонюк В.С., д.т.н., професор,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Київ, Україна, vp@rpi.ua

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОСТНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ

***Abstract.** In the paper, the plane of linear guides is investigated. During the experiment, permissible deformations in the design of piezoelectric drives with a large range of displacements.*

***Key words:** linear guide planes, piezoelectric drive, deformations*

Одним из перспективнейших направлений мехатроники является разработка систем позиционирования с применением линейных приводов на базе пьезоэлектрических двигателей в крупногабаритных конструкциях с большим диапазоном перемещений. Линейные приводы позволяют обеспечить высокую точность перемещения и позиционирования рабочего инструмента в количестве степеней свободы кратному количеству используемых линейных приводов, но в комплексных системах погрешности сборки приводят к плоскостным деформациям конструкции линейного пьезоэлектрического привода.

В свою очередь подобные приводы являются очень чувствительными к плоскостным деформациям контактной площадки пьезоэлектрического резонатора по всей длине рабочего хода привода. Таким образом, для корректной работы данного типа приводов требуется обеспечить необходимую и достаточную плоскостность контактной площадки пьезоэлектрического резонатора. Соответственно, необходимо определить допустимые деформации в конструкции линейных пьезоэлектрических приводов с большим диапазоном перемещений.

Для экспериментальных исследований плоскостности контактной площадки линейных пьезоэлектрических приводов создана экспериментальная установка.

Принцип действия установки, принципиальная схема которой представлена на рисунке следующий: к корпусу пьезоэлектрического двигателя линейного привода (1) присоединен микатор ИИПМ (2), перемещающийся вдоль плоскости перемещения и измеряющий плоскостность направляющей линейного привода (3).

Измерения производятся следующим образом: с блока питания на пьезоэлектрический резонатор через драйвера подаётся импульс, с фиксированными параметрами, в результате воздействия которого каретка, с закрепленным на ней микатором перемещается вдоль линейной направляющей на заданную величину.

При этом измеряется деформация поверхности направляющей вдоль оси, перпендикулярной плоскости перемещения линейного двигателя.

В ходе эксперимента были проведены исследования деформаций поверхности алюминиевой конструкционной пластины линейного пьезоэлектрического привода с большим диапазоном перемещений вдоль оси Z вблизи каретки линейного двигателя, а также деформация поверхности конструкционной пластины на ее периферии.

Измерения деформаций конструкционной пластины проводились при помощи микатора ИИПМ в фиксированных точках, расположенных вдоль оси Y от друга, начиная от крайнего левого положения.

В результате экспериментальных исследований установлено, что деформация конструкционной пластины линейного пьезоэлектрического привода с большим диапазоном перемещений в области контактной площадки находится в пределах 25 мкм, без потери работоспособности.

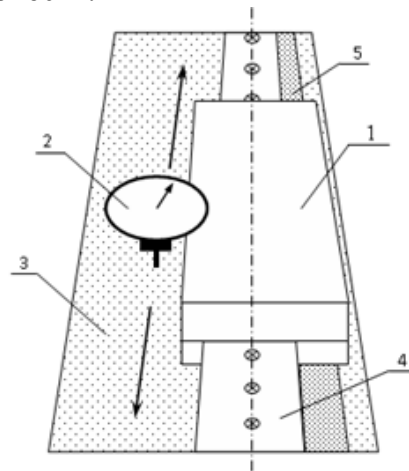


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки:

1 – пьезоэлектрический двигатель; 2 – микатор 02 ИПМ; 3 – конструкционная направляющая; 4 – рельса; 5 – контактная площадка резонатора

При этом, деформация алюминиевой пластины вне зоны контактной площадки не влияет на работоспособность линейного пьезоэлектрического двигателя и может достигать больших значений.

Выводы. В результате проведенного эксперимента установлено, что причиной нестабильной работы пьезоэлектрических двигателей в конструкции направляющих линейных пьезоэлектрических приводов с большим диапазоном перемещений могут выступать микродеформации линейных направляющих пьезоэлектрического привода.

Определено, что деформация конструкционной пластины линейного пьезоэлектрического привода с большим диапазоном перемещений в области контактной площадки может находиться в допустимых пределах, без потери работоспособности. Деформации конструкционной пластины вне контактной площадки на работоспособность системы линейного перемещения данного типа не влияют.

Список літератури

1. Новаковский А.Г. Применения пьезоэлектрических актуаторов в микроманипуляторах / А.Г. Новаковский, В.С. Антонюк, С.Ф. Петренко // Вісник Черкаського державного технологічного університету: Серія технічні науки – Черкаси.: ЧДТУ., 2017. Вип.№4 С.5-10.
2. Антонюк В.С. Підвищення точності позиціонування лінійних направляючих мікроманіпуляційних систем з п'єзоелектричним двигуном / В.С.Антонюк, А.В. Белова, С.Ф. Петренко // Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць Харків: НТУ “ХПІ”, 2008. – Вип.2 (17)- С. 12 - 20.
3. Антонюк В.С., Белова А.В., Петренко С.Ф. Позиціонування лінійних п'єзоелектричних мікроманіпуляційних систем // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: збірник наукових праць 2009. Вып 7 - С. 13 – 25.
4. Патент № 126137Україна МПК 7 G01B 11/00 Новаковський А.Г., Антонюк В.С., Петренко С.Ф. Спосіб контролю лінійних прецизійних напрямних // Заявка № u 2017 12617 від 19.12.2017 р., Опубл. бюл. № 11/2018.

Скицюк В.І., к.т.н., старший науковий співробітник,
Клочко Т.Р., к.т.н., старший науковий співробітник
кафедра виробництва приладів
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
E-mail: t.klochko@kpi.ua; тел. (044) 204 83 02

ІНТЕГРОВАНІЙ ВИМІРЮВАЧ ТВЕРДОСТІ МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ

***Abstract.** Production of details of high-precision devices is a very actual technological operation at instrument making, which requires high precision, performance. In the process of typical production of precision instrumentation parts of CNC-machines is used. At this work the principles of integrative measurement detail's hardness by pressure and deformation of technological object are offered.*

***Key words:** integrative measurement, hardness, technological objects, CNC-machines.*

Актуальною проблемою сучасної обробки матеріалів точних деталей є необхідність дотримання високої точності виконавчої системи верстата і стійкості різального інструмента [1, 2]. Наразі у підґрунті забезпечення точності виготовлення геометрії деталі, на яку впливає стійкість різального інструмента, є твердість речовини деталі, яку оброблюють, та жорсткість обробної системи верстата. Для того, щоб забезпечити відповідний рівень точності як у одиничному, а особливо у серійному виробництві, необхідно забезпечувати постійний контроль твердості матеріалу деталі.

Наразі існує низка технічних засобів, що вимірюють параметри твердості матеріалу деталі [3, 4, 5]. Проте важливою є точність визначення параметрів тиску та деформацій об'єктів, а також інтервалу часу, впродовж якого відбувається вимірювання цих величин.

Так, наприклад, відомий вимірювач тиску та деформацій об'єкта [6], за яким вимірюють параметри світла, що пройшло крізь світловод. Це вимірювання забезпечує визначення кількості пройденого світла за кривизною світловода, який сприймає деформації об'єкта контролю. Проте існує неточність визначення параметрів деформацій об'єкта внаслідок нестабільності інтенсивності світла, а також наявності сторонніх перешкод, які важко піддаються врахуванню.

Окрім того, існують прилади, які застосовують автоелектронну емісію, що виникає між чутливим і вимірювальним елементами, в якості параметра, за яким здійснюють квантування при перетворюванні переміщення в електричний сигнал [7]. Проте ці принципи дії не забезпечує надійність та високу точність вимірювання деформації поверхні об'єкта під час виготовлення деталі в умовах автоматизованого виробництва, оскільки існує дрейф амплітуди сигналу, який виникає між чутливим та вимірювальним елементами, внаслідок особливостей конструкції та впливу температурних змін на електромагнітні елементи схеми.

Тому метою роботи є створення принципу дії інтегрованого вимірювача твердості матеріалу деталі за параметрами вимірювання тиску та деформацій об'єкта технологічного процесу.

Основним принципом роботи такого вимірювача є реєстрація та аналіз параметрів фізичних процесів, які виникають при торканні до об'єкту контролю. Звідкіля на підставі аналізу плинної величини ємності визначають величину площі торкання об'єкту контролю з калібрувальною пластиною, величину сили тиску та величину деформації поверхні об'єкта контролю, початок та закінчення процесу тиску,

а також визначають розподіл градієнту тиску по поверхні об'єкту. Отже, застосовано методику визначення плинної ємності, яка утворюється при контакті поверхні об'єкта з гальванічною калібрувальною пластиною.

Загальний принцип виводиться з формули (1)

$$S_n = \frac{Cd}{\varepsilon_0 \varepsilon},$$

де d - товщина діелектричної пластинки,

ε_0 - абсолютна діелектрична стала,

ε - діелектричний коефіцієнт діелектричної пластинки.

Оскільки параметри $d, \varepsilon_0, \varepsilon$ нам відомі, то площа торкання S_n поверхні об'єкта, наприклад, деталі та різального інструмента, прямо пропорційна ємності C . При цьому з регістра вимірювача інформація надходить до блоку обробки інформації у вигляді сигналу визначеної частоти. Таким чином, на вході автоматизованого блоку обробки інформації маємо наступні сигнали для обробки: величину площі торкання, величину сили тиску, початок та закінчення тиску, як різницю запізнення між сигналом площі та силою тиску.

Висновки

Отже, запропонований принцип дії інтегрованого вимірювача забезпечує вимірювання твердості вимірювання тиску та деформацій поверхонь прецизійних об'єктів. Водночас, це забезпечує підвищення точності визначення деформації поверхні деталі або технологічного обладнання і, як наслідок, значне підвищення ефективності роботи автоматизованої системи технологічного процесу обробки, наприклад, пластичних матеріалів.

Подальшим напрямком роботи є розвиток теоретичних принципів роботи вимірювача для застосування в умовах автоматизованого виробництва на CNC верстатах.

Список літератури

1. Скицюк В.І., Ключко Т.Р., Булик М.О., Печонка М.М., Тимчик Г.С. Моделювання керованого руху індентора при вимірюванні твердості матеріалу деталі // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2018. - Вип. 55(1). – С. 85-92.
2. E. J. A. Armarego, R. H. Brown. The machining of metals. Prentice-Hall, (1969), Technology & Engineering, 437 pages.
3. Скицюк В.И., Ключко Т.Р. Интегрированный оптоэлектромагнитный датчик для контроля технологического объекта // 11-я Международная научно-техническая конференция «Quantum Electronics» (QE'2017), 13–17 ноября 2017 года, Белорусский госуд. университет, Минск, Беларусь
4. J Kopač, M Bahor. Interaction of the technological history of a workpiece material and the machining parameters on the desired quality of the surface roughness of a product. Journal of Materials Processing Technology, 1999 - Elsevier
5. B Liščić. System for process analysis and hardness prediction when quenching axially-symmetrical workpieces of any shape in liquid quenchants. Materials Science Forum, 2010 - Trans Tech Publ.
6. Патент РФ 2322649 МПК (2006.01) G01D 5/353, опубл. 20.04.2008.
7. Заявка РСТ: LV 01/00002 (03.05.2001), опубл. WO 02/42800 (30.05.2002), повідомлення № РД0017927 про передачу прав РФ, опубл. 20.03.2007).

УДК 539.1.043

Т.В.Терлецький, к.т.н, доцент, А.А. Ткачук к.т.н, ст. викладач,
Й.Р. Селепина, к.т.н, доцент, О.Л. Кайдик, к.т.н, доцент
Луцький національний технічний університет
e-mail: et@lntu.edu.ua

ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ ЧИННИКІВ ФІЗІОТЕРАПЕВТИЧНИХ АПАРАТІВ НА ВІДНОВЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ МЕТАБОЛІЗМУ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ

***Abstract.** The article presents the results of the analysis of the influence of physical factors of physiotherapeutic devices on the human body, which are used to restore the metabolic processes. It is established that biophysical resources form the technological process of transformation of biochemical raw materials, and the cellular resource is a kind of battery of energy. Microvibrational resource is formed due to contractile activity of muscle cells. At full peace and relaxation, the microvibrational background reflects the state of the organism's resources. The deficit of biological microvibrations is local in nature. After analyzing the therapeutic methods based on physical properties and phenomena allocated two fundamentally different methods of compensating for the deficit of biological microvibration are identified.*

***Key words:** body resources, cell, metabolism, biochemical reserves, catabolism, methods of physiotherapy, human body.*

Процеси метаболізму в організмі відбуваються тільки при контактній взаємодії біологічних субстанцій. Тому наявність механічних функцій клітин і біологічних молекул є необхідною умовою для більшості біологічних і особливо імунологічних реакцій.

Виходячи з вище зазначеного, виникла необхідність в аналізі існуючих фізичних чинників електронних фізіотерапевтичних апаратів, які у більшій мірі відповідають природному процесу.

Обмін речовин і енергії – основа процесів життєдіяльності організму. У всіх організмів, від найпримітивніших до найскладнішого – людського організму, обмін речовин і енергії – основа життя. В організмі людини відбувається безперервний процес творення, утворення з простіших речовин складних. Робота органів супроводжується безперервним оновленням їх клітин: одні гинуть, інші їх замінюють. Зростання та оновлення клітин організму можливі тільки в тому разі, якщо до нього безперервно надходять кисень і поживні речовини за допомогою відповідних ресурсів організму.

Загалом розрізняють [1, 3, 6] три види ресурсів організму: біохімічні, біофізичні та кліткові, що забезпечують нормальну діяльність організму на клітинному рівні.

Клітинні ресурси характеризують кількість здорових функціональних клітин та енергоресурси, які містяться в них [6]. Виконуючи функцію, клітини витрачають енергоресурси і при певних умовах їх поповнюють. Функціональна активність клітин супроводжується виділенням продуктів метаболізму в міжклітинний простір, звідки вони повинні бути виведені через венозну і лімфатичну мережу судин. На процес заповнення клітинами енергоресурсів поширюється фундаментальний закон близькодії [3, 7]: будь-яка взаємодія матерії (наприклад, речовин і клітин) відбувається лише при безпосередньому контакті один з одним.

Сучасні терапевтичні методи ґрунтуються на використанні наступних фізичних явищ: електричний струм, магнітне поле, світловий потік, вібраційні та звукові коливання.

Вибір методу фізіотерапії залежить від загального стану організму, специфіку патологічного процесу, його клінічні прояви, стадії і фази розвитку захворювання, статі, віку та нервово-психічного стану.

Лікування струмом є одним з розповсюджених типів сучасної апаратної фізіотерапії, який розвивається і вдосконалюється разом з розвитком радіоелектроніки, експериментальної та клінічної медицини. Він передбачає використання постійного електричного струму (гальванізація, електрофорез), та імпульсного постійного і змінного струму.

Тканини людини являють собою складний біоелектричний ланцюг із своєрідних провідників. Тканинна рідина, клітинні включення, які багаті солями, білкові молекули, колоїдні частки, що несуть на собі електричні заряди, забезпечують електропровідність тканин. Всі змінні електричні коливання, особливо вище 500 кГц, мають велику проникну здатність, оскільки ємкісний опір тканин втрачає своє значення. Змінні електричні коливання не викликають електролізу під електродами. Вони не викликають зміни іонної концентрації всередині клітинних структур, на відміну від постійного струму. В той же час змінні коливання поглинаються тканинами і це супроводжується утворенням ендогенного тепла. При коливальних рухах заряджені частки зіштовхуються між собою, в результаті виникаючого тертя утворюється тепло.

Узагальнюючи вище сказане зроблено наступні висновки:

–фізіологічний механізм дії електротерапії пов'язаний зі збудженням та скороченням м'язових клітин під дією імпульсів електричного струму, що викликає мікрівібрації тканин в цільовій області;

–мікрівібрації виникають за рахунок активного витрачання накопичених м'язовими клітинами ресурсів, тому електротерапія не є ресурсною допомогою.

На початку 21 століття в медичній практиці з'явився новий вид терапії, який застосовують для глибокого мікромасажу на клітковому рівні методом фонування організму акустичними і мікрівібраційними коливаннями. Мета фонування – відновлення дефіциту біологічної мікрівібрації тканин в проблемній чи пов'язаній з нею області організму.

Фізична властивість віброакустичної дії полягає у її здатності покращити наскрізний кровотік і лімфотік. В основі цього явища лежить два фізичних ефекти: перший – зниження судинного опору руху крові при впливі мікрівібрації визначеної звукової частоти (кожному діаметру судини відповідає своя оптимальна частота), другий – ефект гідродинамічного насоса у венах. Він виникає завдяки наявності клапанів, які під впливом мікрівібрації забезпечують не хаотичний, а спрямований рух крові.

В результаті дослідження механізму периферичного кровообігу, було встановлено [1], що м'язові волокна тремтять зі звуковою частотою. Від такого тремтіння у венах утворюється з однієї сторони розрідження, а з іншої тиск – своєрідний гідродинамічний насос, який і забезпечує прискорений відтік крові.

Таким чином, якщо мікрівібрація – це фізичний фактор, який лежить в основі роботи кровообігу організму і служить для зниження периферичного опору капілярної сітки та підсилення венозного відтоку, то, якщо внаслідок якихось причин м'язові волокна перестають тремтіти, то доцільно застосувати зовнішню мікрівібрацію до відновлення нормального кровообігу.

Враховуючи великий розкид механічних властивостей молекул, клітин, судин і тканин, бажаним є вплив мікрівібраціями з неперервною зміцнювальною частотою і амплітудою, причому акустичний діапазон з інфразвуковою модуляцією краще корелює з механічними властивостями елементів тканини, ніж інші частоти.

Мікрівібрація утворюється за рахунок скорочувальної активності м'язових клітин. Цей чинник є незамінним ресурсом всіх живих організмів. При фізичному навантаженні мікрівібрація тканин значно посилюється, адекватно збільшуючи приплив крові і відтік продуктів метаболізму. Під час стресу в організмі збільшується м'язовий тонус і пропорційно збільшується мікрівібраційний фон. Мікрівібраційний фон підтримується в тканинах всі 24 год на добу і зникає тільки у випадку смерті мозку. При повному спокої і розслабленні мікрівібраційний фон характеризується нормою і патологією та відображає стан ресурсів організму. Дефіцит біологічних мікрівібрацій, як правило, носить локальний характер. Тотальним він стає з віком, а також трапляється при хронічній втомі, переохолодженні, перевтомі від інтенсивних і тривалих навантажень, після тривалого стресу.

Проаналізувавши терапевтичні методи, що ґрунтуються на фізичних властивостях та явищах, виділено два принципово різних принципи компенсації дефіциту біологічної мікрівібрації:

- за рахунок збудження м'язів електричним струмом (електротерапія);
- за рахунок зовнішнього джерела мікрівібрації (фонотерапія).

Перший метод не можна віднести до ресурсної підтримки організму, і його можливості обмежені, оскільки витрачається енергія м'язових клітин. Крім того, застосування електротерапії може викликати пошкодження м'язових та нервових клітин, і її не можна застосовувати до пацієнтів, які не переносять дію електричного струму.

До ресурсної підтримки відноситься лише та, яка надається за рахунок зовнішнього джерела енергії. Існує можливість компенсації дефіциту і навіть збагачення тканин біологічними мікрівібраціями шляхом прямої їх передачі від джерела через контакт з тілом пацієнта. Мікрівібрації віброакустичного діапазону проникають на глибину до 10 см, що задовольняє потреби навіть у лікуванні внутрішніх органів. Саме цей метод дає можливість в лікуванні цілої низки захворювань і носить природній характер ресурсної підтримки.

Список літератури

1. Аринчин Н. И. Периферические «сердца» человека. – Минск: Наука и техника, 1988.
2. Аринчин Н. И., Борисевич Г. Ф. Микронасосная деятельность скелетных мышц при их растяжении. – Минск: Наука и техника, 1986.
3. Иммунология и старение: сборник монографий / под ред. Т. Макинодана, Э. Юниса. – М.: Мир, 1980.
4. Морман Д., Хеллер Л. Физиология сердечнососудистой системы. – СПб.: Питер, 2000.
5. Стеценко Г.С., Пенішкевич Я.І., Гриценко В.І. Медична техніка. – Луцьк: Надтир'я, 2002.
6. Федоров В.А., Ковеленов А.Ю., Логинов Г.Н., Рябчук Ф.Н. Ресурсы организма. Новый подход к выявлению причин возникновения заболеваний и методам их лечения. – СПб.: СпецЛит, 2012.
7. Физические факторы и здоровье человека: труды V Всероссийского съезда физиотерапевтов и куротологов. – М.: МОРАГ-Экспо, 2002.

V.V. Tychkov, Ph.D., Associate Professor,
v.tychkov@chdtu.edu.ua

R.V. Trembovetska, Ph.D., Associate Professor,
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

V.Ya. Halchenko, D.S., Professor,
halchyl@gmail.com

S.N. Titarenko, Master Degree Student,
Cherkasy State Technological University,
Blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

CONTENT STUDY OF DISSOLVED IRON IN UNDERGROUND WATERS

***Abstract.** Iron is the fourth most abundant element in the earth's crust. In water, it occurs mainly in two- and trivalent states. To supply consumers' water, distribution networks use both cast iron and steel pipes. Various iron salts are used as coagulating agents in the drinking water preparation. Iron enters the water during the dissolution of rocks by groundwater. Increased iron content is observed in bog waters, in which it is in the form of complexes with salts of humic acids, so-called organic iron. Saturated iron is the groundwater in the Jurassic clay strata. In clays there is a lot of pyrite FeS, and iron from it relatively easily passes into water. Bacterial iron is a product of the vital activity of iron bacteria (iron is in their shell). Significant amounts of iron enter the reservoirs with sewage from the enterprises of metallurgical, metalworking, textile, paint and varnish industry and agricultural wastewater. The concentration of iron in water depends on the pH and the oxygen content of the water. Iron in the sumps and wells can be found in both oxidized and reduced form, but when water is sediment it is always oxidized and may precipitate.*

***Key words:** total measurement uncertainty, sampling validation, ionometric analysis, oxidation-reduction potential, swing method, empirical approach.*

Introduction. Iron is an essential element in human nutrition. It is contained in a number of biologically important proteins, for example, in hemoglobin and cytochromes, as well as in many redox enzymes. Estimates of the minimum daily requirement for iron range from 7 to 14 mg, depending on age and gender; in pregnant women, the need may exceed 15 mg per day. The average daily requirement is 10 mg.

The individual iron need (depending on age, gender and physiological state) regulates the iron amount absorbed from the diet; it varies from 1 to 20 %. Most people absorbed about 10 % of the ingested iron. Mandatory losses (with feces, urine and sweat) are 1 mg per day. From 60 to 70 % of the absorbed iron is used to produce hemoglobin; 5 % is utilized in the production of myoglobin; the rest of the amount is deposited primarily in the liver, bone marrow and spleen. The ingestion of large iron amounts causes a condition known as hematochromatosis, when tissue damage develops as a result of iron accumulation. This condition rarely develops as a result of simply overloading the iron diet. However, it was recorded with prolonged use of acidic products, cooked in iron ware.

Different types of iron show different properties in different ways and, in most cases, it is possible to determine in appearance what iron predominates in water. Pure water after a period of time forms has red-brown sediment. This is the presence of ferrous iron. If the water has a yellowish-brown color and sediment forms on settling, then this is trivalent iron. Rainbow film on the water surface and jelly-like mass inside the tubes has bacterial iron. And if the water is colored, but the sediment does not form, then this is colloidal iron.

Most often in the water there is a combination of several or all types of iron. Analysis of water for iron is necessary for a variety of water types - surface natural water, near-surface and deep underground water. However, due to the lack of approved methods [1-4] for determining the amount of organic, colloidal or bacterial iron in water, it is difficult to select a method or complex of methods for water treatment.

The **purpose** of the work is to monitor the groundwater quality for their operative monitoring and to check whether the measurement uncertainty in the monitoring process is growing in time. For the research plan, an empirical approach was chosen that made it possible to obtain estimates of the heterogeneity of a subterranean reservoir (variance between target wells and time dispersion) and measurement uncertainty, with separate components from sampling and analysis.

Water samples from an underground reservoir for chemical analysis were selected from ten wells during monitoring. When planning operational monitoring, it was decided to select samples from one well twice a year. The operational monitoring objective was to detect deterioration in water quality by 20 % with a probability of 95 %. As the target parameter, it was decided to use the concentration of dissolved iron, which can be a sensitive indicator of the oxygen presence in the aquifer (the iron concentration decreases with increasing oxygen content), and as an additional parameter - the oxidation-reduction potential. The oxygen content, pH, electrical conductivity and redox potential were used as current indicators of sample collection stability, and sodium, calcium and chloride content as general parameters of groundwater quality. The sample stream was pumped through a flow measuring system that included sequentially installed flow cells with ionometric sensors [4, 5].

Conclusions. In this paper, the total uncertainty in the measurement of dissolved iron in groundwater is determined for the validation of the sampling and subsequent monitoring of the uncertainty of selection during the measurement. If it is necessary to reduce the uncertainty in the measurement of the dissolved iron concentration, the monitoring density can be increased, and to measure the redox potential by ionometric method, it is necessary to reduce the measurement uncertainty in the flow using the flow-injection method.

Literature

1. Trufanov A. I. Formation of ferruginous groundwaters / A. I. Trufanov. M.: Nauka, 1982. - 133 p. (In Russia)
2. Kharitonov Yu. Ya., Jabarov D. N., Grigor'eva V. Yu. Analytical chemistry. Quantitative analysis, physical and chemical methods of analysis. Workshop. - Moscow: GEOTAR-Media, 2012. - 389 p. (In Russia)
3. Otto M. Modern methods of analytical chemistry. 3rd edition. - Moscow: Technosphere, 2008. - 544 p. (In Russia)
4. Cammann K. Working with Ion-Selective Electrodes. Chemical Laboratory Practice. - Springer Berlin Heidelberg, 2012.
5. Tychkov V. V. Methods for Improving Primary Transducers Quality in the Systems of Automatic Process Water Control. – As a manuscript. The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.05 – computer systems and components. – Cherkasy State Technological University, Cherkasy, 2017. 23 p. URL:<https://chdtu.edu.ua/svr/povidomlennya-pro-zakhyst-disertatsij/item/8488-povidomlennia-pro-zakhyst-dysertatsii-tychkova-volodymyra-volodymyrovycha-za-spetsialnistiu-05-13-05-komp-iuterni-systemy-ta-komponenty>
5. Tychkov V. V., Halchenko V. Ya., Trembovetskaya R. V. Technical and technological bases for achieving environmental safety of sustainable development / V. V. Tychkov, V. Ya. Halchenko, R. V. Trembovetskaya / Global Partnership for Local Sustainable Development: Modern Trends and Best Practices: collective monograph / edited by L. Petkova, O. Berezina – Czestochowa : Polonia University in Czestochowa, 2018. – in print.

V.V. Tychkov, Ph.D., associate professor,

v.tychkov@chdtu.edu.ua

V.Ya. Halchenko, D.S., Professor,

halchvl@gmail.com

R.V. Trembovetska, Ph.D., associate professor,

r.trembovetska@chdtu.edu.ua

A.Yu. Rubanet, master degree student,

aleksandr-rubanec@rambler.ru

Cherkassy State Technological University,

Blvd. Shevchenko 460, Cherkasy, 18006, Ukraine,

LEAD CONTENT INVESTIGATION IN THE UPPER SOIL LAYER

Abstract. *The natural lead contents in soils are inherited from the parent rocks. However, due to widespread pollution of the environment with lead, most of the soils seem to be enriched with this element, especially their upper layers. In the literature there [1-3] is a large amount of data on the lead content in the soil, but it is sometimes difficult to separate data characterizing the background lead levels in soils from data associated with contamination of the surface (upper) soils layer. The fate of anthropogenic lead additives in soils has attracted a lot of attention recently, since for humans and animals this element is dangerous when coming from two sources - through the food chain and by inhaling dust. A continuous increase in the lead amount in the surface soils layer, both arable and uncultivated, has been established in various terrestrial ecosystems. The lead accumulation in the surface soils layer exposed to pollution from various sources has already led in a number of places to concentrations reaching 2 % per dry matter of the soil. The lead levels in which it becomes toxic to plants are not easy to assess, ranging from 100 to 500 mg/kg. Since lead enters the soil in the form of diverse and complex compounds, its reactions can vary greatly from place to place. Indeed, on the issue of whether lead is mobile or stable in soil when it enters the pollutants, opinions diverge.*

Key words: *upper soil layer, total measurement uncertainty, robust dispersion analysis, inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy, double sampling method, empirical approach.*

Introduction. Soil micro flora is able to accumulate lead at a high rate, proportional to the content of this element in the soil.

Recently, lead concentrations in soils have been growing steadily and could significantly inhibit microbiological processes. Similar effects should apparently be expected mainly in soils with a low cation-exchange capacity. However, with prolonged contamination, they can also appear in soils with a high level of cation exchange capacity. The methylation processes of some lead compounds can be both biological and purely chemical.

In soil, most of the lead is in the form of solid compounds. In acidic soils, there is a part of lead (up to 70 %) that can be exchanged for other ions. In neutral soils, the fractions associated with Fe and Mn oxides and organic matter predominate. In slightly alkaline and alkaline conditions, lead is distributed between the carbonate, organic and residual fractions.

Solid lead compounds in soils are in interaction with the soil solution through which the element enters the plants, as well as the intrasoil migration and the transformation of its compounds. The nature of the binding of lead in solid constituents obviously determines its

concentration in the solution, which should thus reflect the properties of the compounds in which lead is found.

If the soil firmly binds lead, it protects its soil and drinking water, plant products from contamination. But then the soil itself gradually becomes more and more infected and at some point the organic matter of the soil may break down with the release of lead into the soil solution. As a result, such soil will be unsuitable for agricultural use.

Contamination of soil cover with excessive concentrations of lead leads to adverse environmental consequences.

The **aim** of the work is to estimate the uncertainty in the measurement and its components from sampling and analysis of the lead content in the upper soil layer for each target within one site using a common sampling scheme. For the research plan, an empirical approach was chosen using the double sampling method, which allowed estimating a balanced plan for each of several targets. The large discrepancy between the concentration values for some repeated samples indicates a high level of sampling uncertainty.

Samples of the upper soil layer (nominal depth from 0 to 150 mm) were selected by hand drill (diameter 25 mm). The selection points were distributed on a regular grid in 25 m increments and, therefore, each of them should represent an area of 25 m × 25 m. The coordinates of the sampling points were determined with the help of a tested roulette and a compass. Several samples (i.e. 10 % of the total) were selected twice according to a balanced plan at the randomly chosen points. Repeated samples were taken at a distance of 2.5 m from the first sample in a randomly chosen direction. Thus, the uncertainty of the sampling scheme, the uncertainty of the location of the target object (uncertainty in determining the coordinates of the selection points), as well as the influence of the small-scale uncertainty of the measured concentration within the given object were taken into account. To assess the analytical bias in the lead concentration range, several certified standard soil samples were analyzed.

Conclusions

In this paper, in accordance with the method of "relative contribution to the total variance", the results of the calculation show the relative contribution to the total variance (standard deviation (total)), which is made by the variance "between target objects", the sampling dispersion (within the sample), and the variance analysis (inside the sample). In our research, the dispersion "between target objects" (more than 60 % of the total variance) obviously prevails, although it is less than the ideal threshold of 80 %. In addition, in the sample dispersion, sampling (more than 30 % of the total dispersion) prevails over chemical analysis (about 0.25 % of the total variance). The dispersion of sampling (i.e., inside the object) in this case was the main factor (about 99 %) of the uncertainty in the measurement process.

References

1. Zhovinsky E.Ya. Geochemistry of heavy metals in soils of Ukraine / E.Ya. Zhovinsky, I.V. Kuraev. - K.: Naukova dumka, 2002. - 213 p.
2. Price A. Analytical atomic absorption spectrophotometry / A. Price. - M.: "The World", 1976. - 343 p.
3. Alekseev Yu.V. Heavy metals in soils and plants / Yu.V. Alekseev. L.: Agropromizdat. Leningrad Branch, 1987. - 142 p.

V.V. Tychkov, Ph.D., Associate Professor,
v.tychkov@chdtu.edu.ua

R.V. Trembovetska, Ph.D., Associate Professor,
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

V.Ya. Halchenko, D.S., Professor,
halchvl@gmail.com

Ostroushko Ya.P., Master Degree Student,
Cherkasy State Technological University,
Blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

STUDY OF VITAMIN A IN INFANT NUTRITION

Abstract. *The best porridges for initial feeding are gluten-free cereals - buckwheat, corn or rice. Porridges for the first complementary meal are divided on the most different bases, therefore parents can choose the best and the products most suitable for the child:*

Dairy and dairy-free. Dairy-free products are an ideal option for initial feeding, as it does not contain sugar, fructose and other additives. Dairy-free cereals are fed to children with lactase deficiency or suffering from infectious diseases of the intestine. Gluten and gluten-free. Buckwheat, rice cereal or corn porridge are the best options. Gluten products are products for the second, and even third, complementary foods. Mono-composite or poly-compound (consisting of several cereals). For initial acquaintance of the child with adult dishes only simple, one-grained porridges will approach. After the children's stomachs are mastered with each groat separately, you can enter and multicomponent porridges.

With and without additives. Of course, for the first feeding is better suited "clean" porridge, which includes no different impurities - fruit pieces, fragrant vanilla, honey, nuts, etc. Requiring cooking and soluble. Instant porridges are cooked instantly, do not require long heat treatment, so they are considered to be the most modern form of infant food of industrial production. To porridges, you can conditionally include such products as: velling - a cereal-milk mixture, reminiscent of a very liquid gruel, can be given to a baby who does not take a good diet; soluble biscuits - hard slices are easily dissolved in milk, and the resulting mixture resembles a mild cereal in consistency; porridge-muesli - in the product there are fruit additives, pieces of biscuits, which will help a 9-month-old child to master the ability to chew food.

Key words: *vitamin A (retinol), baby food, liquid chromatography, ultraviolet detector*

The composition of each cereal is unique, therefore, experts on infant nutrition have developed their own recommendations, which take into account the order of introduction of cereals, portions and other important nuances.

Buckwheat. This is the best option for initial feeding. In its composition a lot of vitamins, macro- and microelements, fiber, various protein substances. A huge plus - in the croup is missing gluten.

Rice. Also refers to gluten-free products, but in this croup a lot of carbohydrates, vitamin compounds. The product is perfectly digested.

Corn. Highly nutritious cereal, good for the digestive system, is best for a child suffering from bloating and problems with bowel movement.

Oatmeal. It is not among the best for first food because of the gluten content. You can begin to get acquainted with this product from the age of 8 months. Oatmeal is rich in antioxidants, phosphoric and calcium compounds, which contribute to the development of bones and muscles.

Mannaya. The most "childish" of all cereals has recently fallen into disgrace with specialists. Its main disadvantage is a large amount of gluten. It should be introduced from the year onwards, the baby will appreciate the pleasant taste and easy digestion

Vitamin A exists in two main types: in the form of itself, called retinol, and in the form of provitamin carotene. The first of these is present in animal food, and the second is in plant foods. Retinol is immediately absorbed by the body, and carotene requires pre-processing in the intestine to become retinol and be assimilated by the body. Since this element plays a role in the growth of cells, it is simply indispensable for children with their constantly growing and developing organism. It is extremely important that he enter the body of a child for the successful growth and development of the musculoskeletal system.

The **aim** of the work is to assess the uncertainties in the measurement and its components from sampling and analysis. Estimates were obtained on samples of one type of baby cereal containing vitamin A, taken from several different batches according to the double sampling scheme from each batch.

Under vitamin A is the name of the whole three bioorganic compounds. They are all part of the retinoid group. It actively dissolves in fats, which allows it to concentrate in the body, in particular, in the liver. If, for some reason, he ceases to enter the body, the hepatic depot is able to fill his deficiency for at least a year. And when this element enters the body, it first comes to the liver, which replenishes the spent supplies, sending then the rest to travel in the blood.

In addition, retinol is necessary for the production of visual pigment and blood components, and is also responsible for the health of the skin and bones. In the zone of his responsibility are also all the mucous membranes in the human body, and even hair, teeth and gums. Children from four months to four years are enough 0.6 mg. Up to seven years, this dose increases to 0.7 mg. From seven to ten years the daily norm is 0.8 mg, and in children from ten to thirteen years it grows up to 0.9 mg.

To evaluate the random component of the uncertainty of sampling, an empirical approach was chosen using the double sampling method. The validation was carried out on one type of baby cereal containing fruits and ground grains. When sampling for quality control, different types of baby cereal were tested (all of them contained fruits and ground grains) to assess whether an evaluation of the measurement uncertainty obtained during validation could be extended to different types of baby cereal containing fruit and ground grains.

Conclusions. If the weight of the test sample is about 50 g, the concentration of retinol (vitamin A) in a dry baby cereal containing ground grain and fruit should be presented with an expanded measurement uncertainty, i.e. in the form $C \pm 20\%$ of the measured value (with a confidence probability of 95 %). For the analysis of dry baby cereal containing ground grains and fruits, we recommend selecting a relatively large test sample weighing up to about 50 g. Since the uncertainty of the analysis (for a sample weighing up to 50 g) exceeded the laboratory uncertainty of the analysis uncertainty, with even greater mass.

Literature

1. Horse I.Ya. Modern ideas about the basic food substances, their structure and physiological role in the nutrition of the child: In the book. Guidelines for baby food. - M., MIA, 2004.
2. Lipatov N.N. Principles of designing the composition and improving the technology of multicomponent food products. - M.: Pish. Prom-st, 2002. - 368 p.
3. Borovik T. E., Ladodo KS, Roslavtseva E. O. and others. Modern views on the organization of feeding children with food allergy / Questions of pediatric dieticians. 2003, vol. 1, №. 1, p. 79 – 82.
4. Guidance on child nutrition / Pod. edited by VA. Tutelian, I.Ya. Horse. - M.: 2004. - 47 p.

Шадхін В.Ю., к.т.н., доцент

Mahle GmbH, Німеччина

e-mail: shadxin@mail.ru; тел.: +38 (063) 3180101

Люта М.В., старший викладач

Київський Національний університет технологій та дизайну

АНАЛІЗ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ ДИЗЕЛЬНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

***Abstract.** The article deals with the problem of exceeding the norms of emissions of harmful gases by diesel cars in the application of imperfect software. The structure of software of controller of engine management of modern car is considered and analysed. The aforementioned conditions under which VW and Audi control software provided false information about the level of emissions of harmful gases. Conclusions and recommendations for the control of the development of testing systems for emissions of harmful substances into the air have been made.*

***Keywords:** Diagnostics, self-testing, testing systems for emissions of harmful substances into the air, software engine controller, emissions of harmful substances by automobiles*

Афера концерну Volkswagen (нім. VW-Abgasskandal) була розкрита в вересні 2015 року, коли з'ясувалося, що більше 11 мільйонів дизельних автомобілів по всьому світу були оснащені програмним забезпеченням, яке під час проведення тестів в десятки разів занижувало кількість шкідливих газів, зокрема, NO_x (оксидів азоту), що викидаються в повітря [1].

При тестуванні за профілем NEDC включалися режими і пристрої, неактивні при звичайному використанні [2]. Компанія визнала факт заниження рівня викидів при продажах автомобілів в США і Європі.

Таке програмне забезпечення було встановлено на автомобілях з дизельними двигунами TDI (Turbocharged Direct Injection) серій EA 188, 189 і 288, вироблених в 2008-2015 роках, зокрема на моделях Golf (6-е покоління), Passat (7 -е покоління), Tiguan, Jetta, Beetle і Audi A3.

За різними оцінками, загальна кількість автомобілів з даної недокументованою особливістю може досягати 5 або 11 мільйонів.

Перевищення норм викидів для цих автомобілів були виявлені дослідницькою групою з Університету Західної Вірджинії, яка вимірювала склад вихлопних газів під час водіння автомобіля за допомогою мобільних пристроїв PEMS (Portable Emissions Measurement System) [3].

Штраф за порушення правил, встановлених ЕРА, досягає: 37 500 доларів за машину, тобто в цілому більше 18 млрд. доларів [4-6].

Розглянемо структуру програмного забезпечення контролера управління двигуном сучасного автомобіля.

Перший рівень - програмне забезпечення функцій управління (наприклад реалізація впорскування палива).

Другий рівень - програмне забезпечення функції електронного резервування основних сигналів управління при відмові керуючих систем.

Третій рівень - бортова самодіагностика і реєстрація несправностей в основних електричних і електронних вузлах і блоках автомобіля.

Четвертий рівень - діагностика і самотестування в тих системах управління двигуном, несправність в роботі яких може привести до збільшення викидів автомобільних шкідливих речовин у відпрацьованих газах в навколишнє середовище.

Діагностика і самотестування в системах OBD-II здійснюється підпрограмою четвертого рівня, яка називається підпрограма DE (Diagnostic Executive - виконавець діагностики). Ця підпрограма за допомогою спеціальних пристроїв, які проводять моніторинг окремих параметрів, які називаються тест або аналізатор (emission monitor EMM), контролює до семи різних систем автомобіля, несправність в роботі яких може привести до збільшення токсичності викидів.

Підпрограма DE виконується в фоновому режимі, коли контролер керування не зайнятий виконанням основних функцій управління. Всі наведені міні програм здійснюють постійний контроль бортового обладнання автоматично.

Кожна міні-програма може тестувати під час руху автомобіля тільки один раз, тобто під час циклу «ключ запалювання включено - двигун працює - ключ вимкнений» при виконанні певних умов.

Критерієм початку тестування можуть бути: час після запуску двигуна, частота обертання колінчастого вала двигуна, швидкість автомобіля, положення дросельної заслінки і тощо.

Залежно від типу контролера управління ССМ може контролювати наступні пристрої:

- датчик масової витрати повітря;
- датчик температури охолоджуючої рідини;
- датчик температури всмоктуваного повітря;
- датчик положення дросельної заслінки;
- датчик положення колінчастого вала;
- датчик положення розподільного валу

За допомогою мережі EMM підпрограма DE контролює підсистеми автомобіля, несправність яких може збільшити кількість що викидаються в навколишнє середовище токсичних речовин. Пристрої моніторингу EM

Пристрої тестування (монітори) EMM контролюють:

- каталітичний нейтралізатор;
- датчики кисню, встановлені до і після нейтралізатора відпрацьованих газів;
- пропуски займання палива;
- дозування палива в системі;
- систему уловлювання парів палива;
- систему рециркуляції відпрацьованих газів;
- систему подачі повітря у випускний колектор.

Як виявилося, програма, якою оснащувалися автомобілі VW і Audi, передбачала включення системи контролю за викидами на повну потужність тільки під час перевірки машини. А при звичайній експлуатації автомобіля, коли вміст шкідливих речовин у вихлопах набагато вище, ця система відключалася. В результаті, викид шкідливих речовин автомобілями перевищував встановлену норму майже в 40 разів.

В цілому в результаті "дизельного скандалу" автоконцерн Volkswagen відкликав понад 1,5 мільйона автомобілів VW в Німеччині. Були також відкликані 2,5 млн транспортних засобів інших марок, що належать концерну Volkswagen, в Німеччині і майже 11 мільйонів по всьому світу.

Висновки. Таким чином, потрібен більш жорсткий контроль в подальшому під час розробки систем тестування викидів шкідливих речовин в повітря, які працюють

саме на четвертому рівні. А контроль за розробкою та тестуванням таких систем має підвищити ступінь відповідальності автовиробників за викидами шкідливих газів в навколишнє середовище.

Список літератури

1. Artikel 19 der Verordnung (EU) Nr. 168/2013 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 15. Januar 2013 über die Genehmigung und Marktüberwachung von zwei- oder dreirädrigen und vierrädrigen Fahrzeugen, ABl.: L 60/52 vom 2. März 2013 (Art. 19 32013R0168 – Verbot von Abschaltvorrichtungen)
2. J. E. Jonson et al.: Impact of excess NOx emissions from diesel cars on air quality, public health and eutrophication in Europe. In: Environmental Research Letters. Band 12, 2017
3. WVU Researchers Help Bust Volkswagen for Pollution Violations. // wvpublic.org, September 21, 2015
4. Volkswagen could face US\$18B in penalties, as U.S. accuses automaker of cheating clean air standards. // financialpost.com, September 18, 2015
5. Guillaume P. Chossière et al.: Public health impacts of excess NOx emissions from Volkswagen diesel passenger vehicles in Germany. In: Environmental Research Letters. Band 12, 2017,
6. Jake Edge. Inside the Volkswagen emissions cheating (32nd Chaos Communication Congress January 6, 2016).

Секція 8
ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА МАРКЕТИНГ У
ПРИЛАДОБУДУВАННІ

UDC 658

Bondarenko M., PhD, Assoc. Prof.,
Assoc. Prof. of the department of instrumentation, mechatronics and computer technologies
Medyanyk V.,
Post-grad. Stud. of the department of instrumentation, mechatronics and computer technologies
Bilokin S., PhD,
Senior Lecturer of the Department of Physics
Cherkasy State Technological University
e-mail: maxxium23@gmail.com, tel. +38 (0472) 730260

**INDICATORS FOR EVALUATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF
METROLOGICAL EQUIPMENT OF THE ATOMIC-FORCE
MICROSCOPY IN THE STAGE OF DESIGN**

***Abstract.** The paper presents an approach for estimating and calculating the economic efficiency of metrological equipment of atomic-force microscopy, which is created to control devices of micro- and nanoelectronics at the stage of their design. It is estimated that the creation of a modern metrological laboratory using the atomic force microscopy method in the conditions of the modern Ukrainian economy will make it possible to reach profit only after 32-38 months by reduction the time of control with a simultaneous decrease in the proportion of products which are not satisfying the requirements of modern micro and nanoelectronic devices.*

***Keywords:** economic indicators, metrology, atomic-force microscopy*

***Анотація.** В роботі наведено підхід для оцінки і розрахунку економічної ефективності метрологічного обладнання атомно-силової мікроскопії, яке створюється для контролю пристроїв мікро- та наноелектроніки на стадії їх проектування. Підраховано, що створення сучасної метрологічної лабораторії із застосуванням методу атомно-силової мікроскопії в умовах сучасної української економіки дозволить вийти на прибуток лише через 32-38 місяців за рахунок зменшення часу контролю з одночасним зменшенням частки виробів, що не задовольняють вимогам сучасного виробництва пристроїв мікро- та наноелектроніки.*

***Ключові слова:** економічні показники, метрологія, атомно-силова мікроскопія*

The current level of requirements for the control of products of microelectromechanical systems and optoelectronics of nanometric dimensions causes an intensive transition to the search for new methods for implementing approaches and methods of control. To such methods, first of all, methods based on the principles of probe microscopy, namely, methods of atomic force microscopy (AFM) [1, 2].

A prerequisite for the implementation of such a control method is the creation of special metrology equipment for AFM, which has its own design features in comparison with existing equipment [3].

The purpose of this task is to determine the criteria, when designing metrological equipment for AFM, for the economic effectiveness of such a control method when it is used in the production of micro- and nanoelectronic devices (microelectromechanical systems, optoelectronic devices, micro- transducers, etc.).

As a criterion, an indicator is proposed that corresponds to the ratio of the reduced costs to the annual output that successfully passed the control phase by the AFM method, and which can be calculated using expression:

$$e = C / (P \cdot n), \quad (1)$$

where C – annual costs for the implementation of metrological equipment of AFM, UAH; P – annual productivity of control by AFM method, pcs.; n – number of products that have successfully passed control by the AFM method, pcs.

Evaluation of the effectiveness of activities related to the manufacture and implementation of AFM equipment is primarily related to social, economic, environmental and other factors in the state. At the same time, the economic effect by the conditions for the creation and use of the AFM method should reflect as much as possible all stages of the cycle "science - production - use".

The economic effect (e_y) by years of such an calculated period can be determined using expression:

$$e_y = R - C, \quad (2)$$

where R – price estimate of the results of activities to create and implement the AFM method for the calculated period; C – price estimate of costs for activities for the creation and implementation of AFM equipment for the calculated period.

When calculating the economic effect, the calendar year should also be taken into account which precedes the beginning of the release or use of equipment to control products.

Thus, must be considered different time (by years) expenses for the implementation of activity for create and implement metrological equipment to the calculating year. For this it is necessary to use the coefficient of adduction to the calculated year α_y , which can be found from expression:

$$\alpha_y = (1 + E_n)^{t_p - t}, \quad (3)$$

where E_n – the standard of adduction in different costs, numerically equal to the norm of the efficiency of capital investments; t_p – calculating year; t – year, the costs of which are shown to the calculation year.

As the initial year of the calculated period, the year of commencement of financing of works is adopted for the creation of metrological equipment. The final year of the calculated period is determined by the end of the period of use of the equipment (taking into account the obsolescence).

A price evaluate of the results of using the AFM method can be performed using expression:

$$P_t = C_t \cdot N_t \cdot P_t, \quad (4)$$

where C_t – an increase in the price of a unit of production, when it passes AFM control during a summer period t ; N_t – volume of use of the AFM method over a summer period t ; P_t – the productivity of the AFM method over a summer period t .

The estimate of costs for the use of metrological equipment is calculated using the formula:

$$R_t = R_t' + K_t - V_t, \quad (5)$$

where R_t – expenses for all types of resources for the creation and implementation of AFM equipment, as well as its operation over a summer period t ; R_t' – current costs of using equipment for the summer period t (without depreciation charges for renovation); K_t – one-off

costs when using the AFM method for a summer period t ; V_t – the residual value of fixed assets that fall outside the summer period t as a result of the introduction of the AFM method.

Thus, using the criteria (3-5), it is possible to calculate (2) the overall economic effect on the creation and use of AFM equipment.

As an example, we will cite some of costs for the creation of a modern laboratory for monitoring elements of micro- and nanoelectronics (microelectromechanical systems of the navigation gyroscope), Fig. 1.

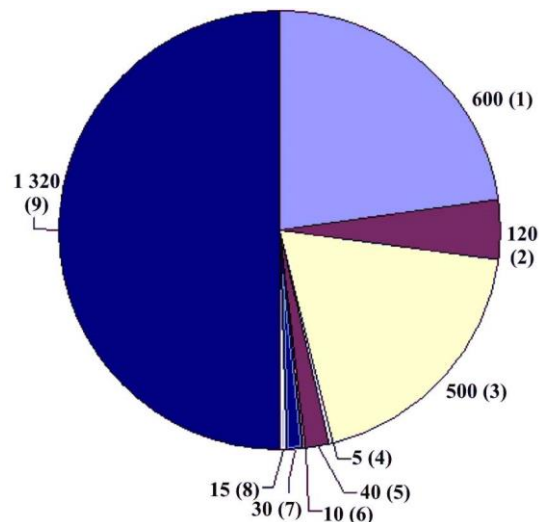


Fig. 1. Expenditures on the modern laboratory of control of elements of micro and nanoelectronics by the AFM method (ths. Euro): 1 – equipment; 2 – salary; 3 – materials; 4 – electricity and other energy sources; 5 – conducting scientific researches; 6 – tools; 7 – services of other organizations and firms; 8 – rent of premises and office equipment; 9 – Other expenses.

Conclusions. The presented approach is recommended for the estimation and calculation of the economic efficiency of the AFM metrological equipment, which is created for monitoring devices of micro- and nanoelectronics (microelectromechanical systems, optoelectronic devices, micro-perverting etc.) at the stage of their design. It is estimated that the creation of a modern metrology laboratory using the AFM method in the conditions of the Ukrainian economy will allow to reach profit in about 32-38 months by the reduction the time of control with a simultaneous decrease in the proportion of products which are not satisfying the requirements of modern micro and nanoelectronic devices.

Literature

1. *Metody ta zasoby mikroskopii (Methods and means of microscopy): monohrafiia* / V.S.Antoniuk, H.S.Tymchyk, Yu.Iu.Bondarenko, P.V.Petlovanyi, S.O.Bilokin, M.O.Bondarenko // K.: NTUU «KPI», 2013. – 336 s.
2. *Mikroskopiia v nanotekhnolohiiakh (Microscopy in nanotechnology): monohrafiia* / V.S.Antoniuk, H.S.Tymchyk, O.V.Vertsanova, Yu.Iu.Bondarenko, S.O.Bilokin, M.O.Bondarenko // K.: NTUU «KPI», 2014. – 258 s.
3. *Bondarenko M.O. Avtomatizovaniy kompleks dlya nanometricnih doslidzhen' (Automated complex for nanometric research)* / M.O.Bondarenko, YU.YU.Bondarenko // Fizika, elektronika, elektrotehnika (FEE-2016): nauk.-tekhn. konf., 18-22 kvitnya 2016 r: tezi dop. – Sumi: SumDU, 2016. – S. 200.

Koghut M., PhD candidate, Part-time Lecturer.,
John Makokha.,
Kent Business School, University of Kent, Canterbury,
CT2 7FS, United Kingdom
e-mail: m.koghut@kent.ac.uk, tel. +44 745 5099-616

MODELLING DECENTRALISED COLLABORATION BETWEEN ENGINEERING TEAMS: A BLOCKCHAIN-BASED SOLUTION

Abstract. *In the work suggests an alternative model for managing global engineering projects, based on the concept of decentralised monitoring in the management of these projects. To do this, the project develops a computer model of management, which is facilitated by smart-contracts based on blockchain technology for asynchronous decentralised interaction between engineering teams using the Delphi method and the Backfeed algorithm. It is shown that, unlike the traditional model of management of distributed engineering teams, in the proposed model, the motivation for participation is based on an autonomous and impartial distribution of economic benefits, as well as the share of ownership in the project.*

Keywords: *management model, global engineering project, blockchain, smart contract, asynchronous decentralised cooperation*

Аннотация. *В работе предложена альтернативная модель управления глобальными инженерными проектами, основанная на концепции децентрализованного мониторинга при управлении этими проектами. Для этого в проекте разрабатывается компьютерная модель управления, которой способствуют смарт-контракты на базе технологии блокчейн для асинхронной децентрализованной взаимодействия между инженерными командами путем использования метода Delphi и алгоритма Backfeed. Показано, что в отличие от традиционной модели управления распределенными инженерными командами, в предложенной модели мотивация к участию базируется на автономном и беспристрастном распределении экономических выгод, а также доли собственности в проекте.*

Ключевые слова: *модель управления, глобальный инженерный проект, блокчейн, смарт-контракт, асинхронное децентрализованное сотрудничество*

Instrumentation and device engineering projects imply the collaboration of multiple, and often geographically distributed teams. Indeed, Luo and Wood (2017) in their analysis of US patents from 1975 to 2011 have identified that successful technological inventions generally required larger teams and more distant collaboration.

The traditional model of managing multi-team projects is based on centralised monitoring, where one central authority such as project manager is in charge of monitoring and assessing the value of the contribution of each individual or teams. Such governance model is deemed problematic due to practical constraints (e.g. distant locations, communication and travel costs, diverse cultural backgrounds etc.), possible biases (e.g. subjectivity, politics, corruption issues), and most importantly difficulties in the allocation of rewards and the final project ownership (e.g. intellectual property rights).

Given these important practical issues, the aim of our project is to develop and test an alternative governance model based on the concept of distributed monitoring for managing

projects involving individual contributors or teams in the context of instrumentation and device engineering.

The proposed governance model is based on the combination of the Delphi method (Landeta et al., 2011; Linstone and Turoff, 2011) and the Backfeed social protocol (Davidson et al., 2016) that is executed on blockchain infrastructure. The Delphi method is known as a rigorous means for technological forecasting and aiding in decision-making based on opinions of experts that are anonymous to each other (Linstone and Turoff, 2011, 1975). The consensus of the chosen experts on particular issue is achieved through a number of rounds using a series of questionnaires. The Backfeed protocol is based on a decentralised cooperation between distributed agents, where a peer-to-peer evaluation system is employed to determine the perceived value of each contribution without any form of centralised coordination (Davidson et al., 2016).

Participating engineers and scientists evaluate the contribution of others, who will be rewarded with economic tokens according to the value they bring to the focal project as well as allocated their ownership score that indicates their ownership of the final project (i.e. share in final project). The ownership score can be increased by making a contribution that is perceived by peers (experts) as valuable and beneficial to the project, and by making a useful evaluation of others' contribution, where the evaluation is in line with the project's value system. As such, each participant is judged not only by their contribution but also by their evaluations of the contributions made by others (Davidson et al., 2016).

In order to mitigate bias in the process, the proposed governance model will be executed on blockchain-based infrastructure. Blockchain is an Internet-based technology that can be described as a digital distributed ledger consisting of interrelated blocks of highly encrypted information that represents a record of the transactions that occur within a network (Iansiti and Lakhani, 2017; Swan, 2015).

This technology, through its autonomous capabilities, can facilitate substantial improvements in contracting, enforcement, and compliance amongst partners by embedding so called smart contracts – contracts whose terms are recorded in a computer code and which can be automatically executed by the system when certain pre-defined conditions are met (Swan, 2015; Walport, 2016).

Smart contracts enable trusted transactions and agreements to be carried out amongst disparate, anonymous agents without the need for a central authority, legal system, or external enforcement mechanism, allowing increased reliability and quality of information exchange between parties to a deal (Deloitte, 2016).

Such autonomous capabilities of blockchain technology (i.e. smart contracts) is decisive in ensuring fully independent and unbiased calculations related to allocation of rewards and project ownership.

Drawing on the Delphi method and Backfeed algorithm, and autonomous capabilities of blockchain-based smart contracts, this project develops a computer-mediated governance model facilitated by blockchain-based smart contracts for asynchronous decentralised collaborations between engineering teams.

In contrast to the traditional model of managing distributed engineering teams, in the proposed model the motivation to participate and contribute is based on unbiased distribution of economic tokens and ownership shares facilitated by autonomous technology. The contribution of this project is twofold.

First, its methodological contribution stems from the integration of the anonymity condition and consensus mechanism of the Delphi method into the Backfeed algorithm, whereby mitigating possible bias issues and explicitly emphasising consensus-oriented collaborations.

Second, its practical contribution offers an initial foundation for decentralised collaborative practices amongst large, geographically distributed and diverse engineering teams or individual engineers.

References

1. Davidson, S., De Filippi, P., Potts, J., 2016. Disrupting governance: the new institutional economics of distributed ledger technology. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2811995>
2. Deloitte, 2016. Deloitte CIS supports the first Russian blockchain letter of credit transaction [WWW Document]. Deloitte Russia. URL <https://www2.deloitte.com/ru/en/pages/about-deloitte/press-releases/2016/deloitte-cis-supports-first-russian-blockchain-letter-of-credit-transaction.html> (accessed 8.27.18).
3. Iansiti, M., Lakhani, K.R., 2017. The truth about blockchain. *Harvard Business Review* 95, 118–127.
4. Landeta, J., Barrutia, J., Lertxundi, A., 2011. Hybrid Delphi: A methodology to facilitate contribution from experts in professional contexts. *Technological Forecasting and Social Change* 78, 1629–1641. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.03.009>
5. Linstone, H.A., Turoff, M., 2011. Delphi: A brief look backward and forward. *Technological Forecasting and Social Change* 78, 1712–1719. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.09.011>
6. Linstone, H.A., Turoff, M., 1975. *The Delphi method: techniques and applications*. Addison-Wesley, London;Reading, Mass;
7. Luo, J., Wood, K.L., 2017. The growing complexity in invention process. *Res. Eng. Design* 28, 421–435. <https://doi.org/10.1007/s00163-017-0266-3>
8. Swan, M., 2015. *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. O'Reilly, Sebastopol, CA.
9. Walport, M., 2016. *Distributed ledger technology: Beyond block chain* (No. GS/16/1). UK Government Office of Science.

Секція 9

ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРИТЕРІЇВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗА СПЕЦІАЛЬНОСТЯМИ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ

UDC 378.147

C. Bazilo, *PhD, Associate professor*
Yu. Bondarenko, *PhD, Associate professor*
Cherkasy State Technological University
Shevchenko Str., 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

ENGLISH AS A MEDIUM OF INSTRUCTION IN BIOMEDICAL ENGINEERING

Abstract. *English has become the lingua franca of academic exchange. English as a Medium of Instruction has become an important development in creating a truly international university. The authors describe their experience in preparation of graduate students in Biomedical Engineering on the basis of the Academic Teaching Excellence Course delivered by the British Council in Ukraine.*

Key words: *Biomedical Engineering, Academic Teaching Excellence, English as a Medium of Instruction.*

Context

The British Council is a British organisation specialising in international cultural and educational opportunities. It works in over 100 countries promoting a wider knowledge of the United Kingdom and the English language, encouraging cultural, scientific, technological and educational co-operation.

The authors describe their experience in preparation of graduate students of non-philological specialties, for instance, Masters of Science in Biomedical Engineering (M.Sc. in BME) on the basis of the Academic Teaching Excellence: English as a Medium of Instruction Course delivered by the British Council in Ukraine.

Materials and methods

According to the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) biomedical engineer is ideally trained to work at the intersection of science, medicine and mathematics to solve biological and medical problems. Biomedical engineers must integrate biology and medicine with engineering to solve problems related to living systems. Thus, biomedical engineers are required to have a solid foundation in a more traditional engineering discipline, such as electrical, mechanical, or chemical engineering, and increasingly, materials science. Most undergraduate biomedical engineering programs require students to take a core curriculum of traditional engineering courses. However, biomedical engineers are expected to integrate their engineering skills with their understanding of the complexity of biological systems in order to improve medical practice. Thus, biomedical engineers – whether in formal BME (biomedical engineering) or in traditional engineering degree programs – must all be trained in the life sciences as well [1].

English has become the lingua franca of academic exchange. Lecturers in all subject areas are facing a new reality: seminars and lectures with a highly diverse and international student body that requires instruction through English. English as a Medium of Instruction (EMI) has become an important development in creating a truly international university [2].

There are three typical ways of delivering a lecture:

– Reading style (is not recommended. The lecturer reads aloud, only occasionally stopping to look at the audience).

– Conversational style (the conversational style suits the lecturer who knows the topic well and is a confident and interesting speaker. The lecturer gives the lecture as if having a one-sided conversation with the class. These lectures are usually prepared as a series of notes with support materials such as PowerPoint presentations. Students may be invited to answer and even ask questions from time to time. Conversational lecturers tend to use less formal language with many features of spoken English).

– Rhetorical style (the rhetorical style of lecturing includes rhetorical questions, i.e., questions to which the lecturer does not expect a response. Rhetorical questions may be used as a type of heading, and are immediately answered by the lecturer. Rhetorical questions may put a question into the listeners' minds to set them thinking, or may come in the middle of the lecture to hold the listeners' attention) [3].

Of the various linguistic devices, the question is among the most useful for stimulating human interaction. Additionally, the question has long been recognized as an important interactional device employed by lecturers to activate and facilitate teaching and learning processes [4].

Here is a checklist to use as you plan a lecture:

- show a lecture outline (put a brief outline of headings);
- provide and refer to lecture outlines, give out handouts, etc.;
- define new terms;
- explain technical terms as they arise;
- repeat key terms (explain the same thing in more than one way);
- give clear explanations (the wider the range of examples chose to explain topics in lectures, the more likely it is that students will understand);
- announce lecture topics a week ahead;
- make connections between the lecture and the text book;
- link with the topic previously covered in class;
- check audibility (speak at a measured pace and use pauses. Pauses give the listener time for mental processing. This is not the same as speaking in an artificially slow voice);
- summarise the main points of what you are saying either orally, or with visuals;
- thesis card (for example, a professor asks every student to hand in a “thesis card” at the end of each lecture. On this card the students summarise the main point of the lecture in one or two sentences) [3].

According to the British Council recommendations a good lecturer invites questions from participants and gives sufficient time for formulation, checks comprehension on a regular basis, uses topic-specific vocabulary (technical language) and appropriate visual aids, emphasises important points via repetition or signposting, uses appropriate body language and gestures as well as humour, jokes or anecdotes which relate to the topic of the lecture.

Discourse markers, asking the right questions and reducing tutor talk time, encouraging student participation, using visual aids to enhance linguistic comprehension, effective feedback are used in authors' practice.

E-learning, podcasts, animations and quizzes, crosswords and puzzles, which relate to the topic of the seminar, the Marshmallow Challenge (teamwork, group activity) can also be used not only to increase the effectiveness of the education process but also to relieve the students' nervous tension.

Next suggestions from students were received: to use interesting methods on a regular basis; to use more visual aids; to use more jokes.

Conclusions

This work was made within the framework of the English for Universities project initiated by the British Council in Ukraine.

References

1. Designing a Career in Biomedical Engineering.
URL: <https://www.embs.org/career-guide/en/mobile.html>
2. Academic Teaching Excellence leaflet.
URL: https://www.britishcouncil.it/sites/default/files/ate_leaflet.pdf
3. Reinders H., Lewis M., and Kirkness A. Good Teacher – Better Teacher. Perceptia Press, 2010.
4. Chang Y.-Y. The use of questions by professors in lectures given in English: Influences of disciplinary cultures. *English for Specific Purposes*, 31 (2012), 103–116.

Кісіль Т.Ю., к.т.н., доцент

e-mail: kisiltetyana@ukr.net, тел.80677429136

Куницька Л.Г., к.т.н., доцент

кафедра приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій
Черкаського державного технологічного університету,
б-р Шевченка, 460, Черкаси, 18006, Україна

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ВИКЛАДАЧА НА ПРОЦЕС СПРИЙНЯТТЯ УЧБОВОГО МАТЕРІАЛУ СТУДЕНТАМИ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

***Abstract.** The work is devoted to the study of the influence of the teacher on the process of perception of educational material by students of technical specialties. The survey and testing in three groups were conducted. The influence of the teacher's personality on the students interest in the discipline is studied. The main indicators of productive pedagogical interaction are revealed. The obtained graphs indicate that the modern teacher is the one who develops himself and encourages his students to do so.*

***Key words:** higher education, student, teacher, discipline, development, pedagogical interaction*

Вступ. Як відомо, вища освіта забезпечує фундаментальну наукову, професійну та практичну підготовку здобуття громадянами освітньо-кваліфікаційних рівнів відповідно до їх покликань, інтересів і здібностей, удосконалення наукової та професійної підготовки і підвищення їх кваліфікації [1]. І викладач відіграє ключову роль в цьому процесі. Тема образу сучасного викладача в усі часи була важлива. Кожне покоління студентів має своє уявлення про те, яким повинен бути їхній викладач. В усі часи місія того, хто навчає, була надзвичайно важлива. Здавна педагоги були тим рушієм, який спонукає суспільство рухатися. Їхня професія є одним із трьох стовпів, які разом із медиками та священиками тримають світ. Ще років двадцять-тридцять тому вважали, що викладач знає все. Тепер думка щодо того змінилася, адже ми дійшли слушного висновку – усього знати неможливо, ніхто не знає всього і не повинен до цього прагнути, але ми повинні працювати в тому напрямку, який обрали. Оскільки світ дуже стрімко розвивається, ніщо не стоїть на місці, то ніхто не має права застигнути в саморозвитку і пізнанні нового. Це стосується і викладачів. Отож, сучасний викладач – це той, хто розвиває себе й до цього спонукає своїх студентів [2].

Метою роботи є вивчення впливу викладача на процес сприйняття учбового матеріалу студентами технічних спеціальностей вищого навчального закладу.

Більшість студентів вважають, що інтерес до предмету навчання визначає особистість викладача. Наші дослідження, проведені серед студентів підтверджують факт того, що знання викладачем свого предмета не означає наявності вміння «подати». Так само, як і те, що ставлення до навчального предмету безпосередньо пов'язане з особистістю викладача, який здійснює педагогічну взаємодію. Студентами у числі основних показників продуктивної педагогічної взаємодії були названі: встановлення контакту, що розташовує до себе; здатність зацікавити в своєму предметі, зацікавленість викладача в студентах, інтересах їх діяльності; рівень взаєморозуміння; наявність мотивації до навчання. В якості основного показника педагогічної взаємодії називається готовність студента продовжити саморозвиток після лекції, прагнення вчитися далі.

Показниками негативної взаємодії вони вважають: придушення особистості студента; «неуспішність» навчання; нездатність налагодити контакт зі студентами; скрутне спілкування; «сухе» читання лекцій; невміння зацікавити студентів у своєму предметі; низький рівень кваліфікації викладача.

Не варто недооцінювати важливість невербальної частини виступу викладача. Цікаво, що близько 60% інформації кожен з нас споживає саме з невербальних джерел. Якщо словами можна ввести когось в оману, то жести на підсвідомому рівні будуть прочитані аудиторією правильно. Зовнішній вигляд лектора, відстань до нього, тембр голосу, манера розповіді, міміка та інтонація відносяться до невербаліки.

Реалізація констатуючої частини дослідження передбачала проведення анкетування, опитування, тестування. Вони були націлені на виявлення особливостей соціальної перцепції в освітньому процесі, особливостей її змістовних і структурних складових, специфіки сприйняття та педагогічної взаємодії у різних груп. На рисунку 1 приведені результати тестування.

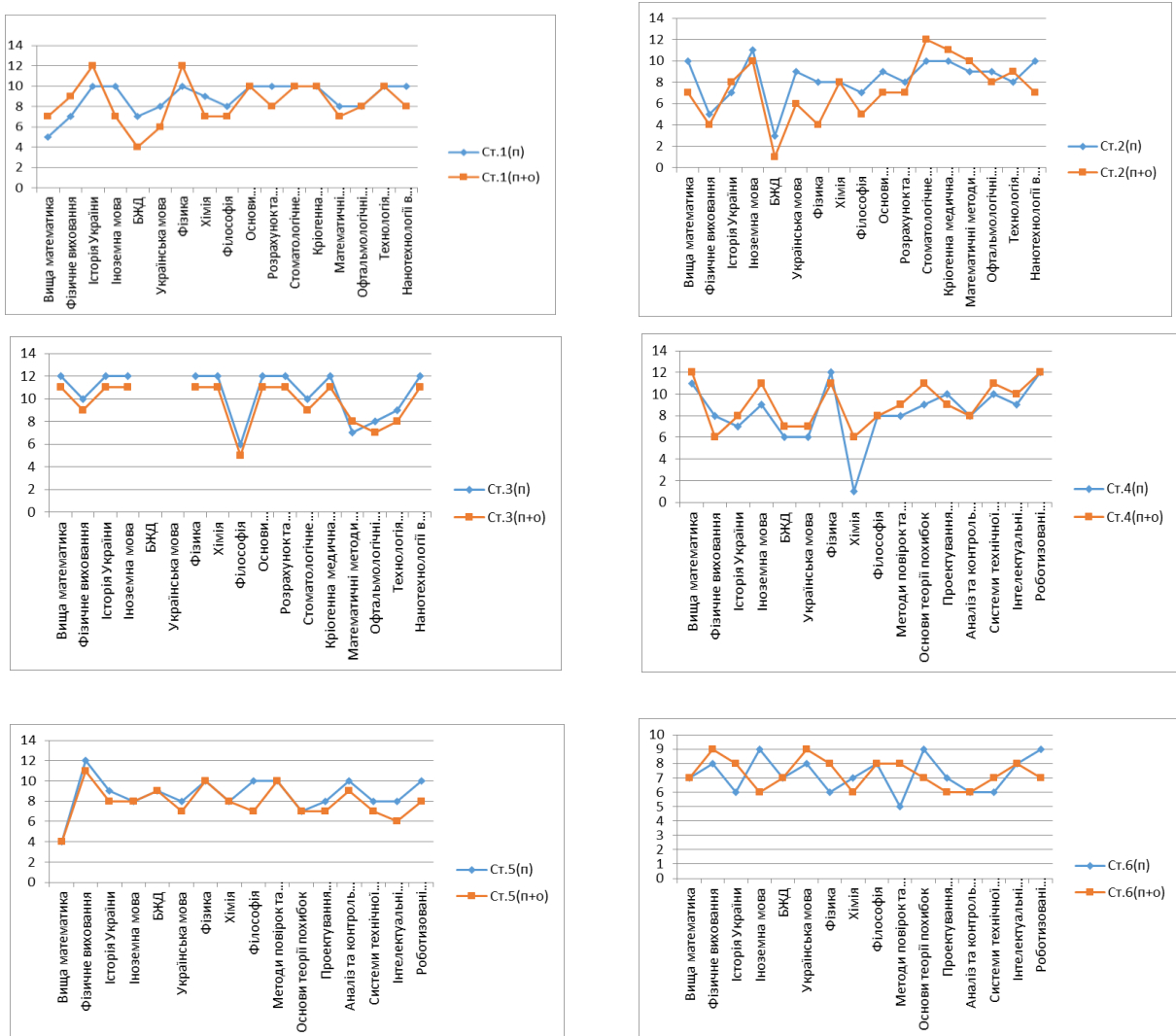


Рис. 1. Результати тестування:

синя крива – оцінювання рівня зацікавленості в кожному конкретному предметі;
червона крива - оцінювання того ж самого предмету, але з урахуванням особистості викладача, що безпосередньо викладав цю дисципліну

В дослідженні приймали участь три групи студентів кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету, а саме М-072, П-071 та М-070. Першим завданням було оцінити рівень зацікавленості в конкретному предметі за 12-бальною шкалою (на рис.1 - крива синього кольору). Друге завдання полягало в оцінюванні того ж самого предмету, але з урахуванням особи викладача, що безпосередньо викладав цю дисципліну (на рис.1 - крива червоного кольору) також за 12-бальною шкалою.

Висновки. Отже, як видно з графіків на рисунку особистість викладача істотно вплинула на зацікавленість студентами дисциплінами – як в позитивному, так і в негативному напрямках. Студенти цінують професіоналізм викладача, його вміння вивести слухачів за межі підручника-посібника, створити інтерес до свого предмета, зацікавити реальною справою, спільними діями, у яких вони могли б бути нарівні [3]. Викладачі повинні цікавитися новинами у своїй дисципліні, вміти викладати свій предмет зрозуміло і доступно, бути готовими допомогти студентові, коли йому щось не вдається, і спонукати до більшого тих студентів, у яких бачать потенціал.

Список літератури

1. Тлумачний словник сучасної української мови [Електронний ресурс] / – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://sum.in.ua/s/pochatkivesj>
2. І. Мартин «Сучасний викладач – не лише лектор: аналіз думок студентів на тему, важливу в усі часи» - Тижневик «Аудиторія», 2017
3. Тринус О.В. Саморозвиток педагогічної майстерності молодого вчителя: історичний аспект: посібник / Олена Тринус. – К., 2015. – 108 с.

V.V. Tychkov, Ph.D., Associate Professor,
v.tychkov@chdtu.edu.ua

R.V. Trembovetska, Ph.D., Associate Professor,
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

V.Ya. Halchenko, D.S., Professor,
halchyl@gmail.com

L.H. Kunytska, Ph. D., Associate Professor,
l_kunytska@ukr.net

Cherkasy State Technological University,
Blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine,

MASTERS PREPARATION IN THE FIELD OF THE TECHNICAL DOCUMENTATION NORMOCONTROL AND METROLOGICAL EXAMINATION

***Abstract.** The level of product quality is laid at the earliest stages of the instrumentation design, mechatronics and information-measuring equipment, therefore the product quality is inextricably linked with the technical documentation quality (design, technological, regulatory and technical). In the process of its development, the final stage is normocontrol, when it is still possible to make the necessary changes, corrections, improvements without expensive and long process of technical documentation changing. Hence the importance of the correct organization and methods of conducting normocontrol is also clear. Normocontrol is aimed at compliance in the products developed standards and standards requirements, the correctness of the technical documents implementation, achieving a high unification level.*

As a result of the masters preparation in specialty 152 "Metrology and Information-Measuring Technology", students will become familiar with the requirements of normative and technical documents in products of instrument design, mechatronics and information-measuring equipment, requirements for drawing up, registration and control of technical documentation, changes and classifications, with knowledge of unification methods and ways to ensure a high level of unification, as well as its metrological examination.

***Key words:** normocontrol, metrological examination, technical documentation, design documentation, technological documentation.*

Introduction. Technical documents (design, technological, regulatory and technical) must meet a number of requirements, the most important of which are:

- requirements for design, determining its rationality, the elements connection, the materials choice correctness.

- requirements for technology, which determine the ability to use the most progressive and economical technological processes and equipment for designing products;

- requirements for design, defining the clarity and visibility of the image in the drawing of all the information necessary for the design of a part or product;

- requirements for metrological documentation examination that determines the correctness of the establishment of the optimal controlled parameters nomenclature, the establishment of technically and economically justified standards for the measurements accuracy, the application of standards, verification of product's adaptability, requirements for measuring instruments, measurement techniques, selection of means and methods of measurement, measurement requirements for technical and economic indicators, verification of compliance with terminology, names and designations of physical quantities and their

units, checking the rationality of the established nomenclature of the measured parameters, establishing the completeness and requirements for measuring instruments, establishing the completeness and requirements for measurement techniques, the choice of measuring instruments and their metrological characteristics.

To develop the technical documentation in the process of design meeting the above requirements, you need a constant, well-organized control - both design and technological, and normalization (standard control) [1]. The purpose of normative control is full compliance with the requirements of existing standards in technical documents, wide use in products when designing standard and unified elements. Normative control is mandatory for all organizations of enterprises that carry out design work, regardless of their departmental subordination.

Normative control of design documentation [2] is subject to: text documents (explanatory note, instructions, technical description and conditions, etc.), drawings, specifications, lists of items and their lists, technical projects sheets and other design documentation.

Normative control of technological documentation [3] is subject to: technological process maps, compliance with technological standards, drawings, material cutting maps, calculations for the standardization of materials, process instructions and other technological documentation.

Metrological examination of design and technological documentation [4] is carried out at the development stages in order to ensure the effectiveness of measurements in the control of products. Metrological examination is the analysis and evaluation of technical solutions for the choice of parameters to be measured, the establishment of accuracy standards and the provision of methods and means for measuring the processes of development and manufacture, testing, operation and repair of products.

The aim of the paper is to prepare master's students to solve regulatory and legal problems in the development, manufacture, testing, operation and repair of instrumentation, mechatronics and information-measuring equipment to ensure their unity and the required accuracy of measurements, as a result of which they gain knowledge and skills on the main issues of work with technical documentation of metrological content.

Standard control is one of the final stages in the development of technical documentation, the importance of which is constantly growing with the development of standardization. As one of the means of implementation and compliance with standards, normative control disciplines the designer and the technologist, accustoms them to strict implementation of the established rules for the development and execution of technical documentation.

The instructions of the normocontroller are mandatory. His decision can only be canceled by the chief engineer of the enterprise or the director. Technical documentation that does not have the signature of a standard controller is not accepted for further work.

The main sections of training masters in the field of standard control and metrological examination of technical documentation include:

- general information about the normative control (goals, objectives and content of normative control, normative control as the final stage of the development of technical documentation, the legal side of the organization and conduct of normative control, objects of normative control, planning of work on normative control, the division of the normocontroller, its connection with other divisions of the organization and the sequence of the conduct of normative control, the main provisions of the regulatory control system, passive and active normocontrol, duties, rights and responsibilities of normocontroller;

requirements normocontroller; training normocontroller; design comments and suggestions normocontroller; checking for changes in the documentation);

- the quality of technical documentation and the effectiveness of normative control (assessment of the quality of technical documentation, the concept of "defect", "error", "error" in assessing the quality of technical documentation, the classification of errors, the causes of errors, a system of defect-free work, increasing efficiency and intensification of normative control, preventive work normative control, economic efficiency of normative control, specific features of standard control);

- ensuring constructive continuity and verification of design documentation (the stage of design documentation development, the main types of quality control drawings, the order of drawings checking, constructive continuity checking: the accounting applicability system, the development procedure, filling and application card maintenance, the development order of classification tables, accounting for the applicability of parts and assembly units borrowed from third-party organizations (enterprises), a centralized accounting of the applicability of patent and legal requirements unifications for design development, the increase in the level of constructive continuity, the verification of compliance with standards in the design documentation, the order and content of work in the verification of design documentation, the order and content of verification of assembly product drawings, checking the assembly units drawings; parts drawings);

- standard control of design documentation (types and completeness of design documentation, maintenance of work on standard design documentation control, control over compliance with standards in design documentation, typical design errors, common causes of design errors, general rules for working out parts drawings, procedure for making changes to drawings and message content, technological standard control of design documentation, prediction of errors and their prevention, verification report adjust it to the design discipline and product documentation);

- normative control of technological documentation (completeness of technological documentation, order of normative control of technological documentation, forms of technological norm monitoring, accounting of applicability of technological equipment, technological map, technological instruction, maintenance of work on normative control of technological documentation, causes of technological errors, processing of comments and proposals for working out technological documentation);

- the methodological foundations of metrological examination (ME) of technical documentation (goals, tasks and functions of metrological examination as an integral element of the metrological support system, scientific and technical foundations of metrological examination: physical quantities and units of measurement, methods and means of measurement, measurement accuracy and presentation of measurement result, and multiple measurements, metrological characteristics of measuring instruments, influencing factors).

- carrying out of metrological examination (main types of normative documentation and corresponding objects of analysis at ME; sequence of ME; ME of technical documentation for measuring instruments; ME of design and working design documentation; technological and operational documentation; checking the contents of working test procedures; the procedure for preparation for tests and measuring instruments, programs and techniques for preliminary and acceptance tests, the contents of standard test procedures, ME norms of the accuracy methods for monitoring parameters, measurement techniques, the correctness of the choice of measuring instruments, terms, names and designations of physical quantities and their units, design and implementation of the results of metrological examination of technical documentation).

Conclusions. In this paper, the main provisions on normocontrol are given, which, being aimed at maximizing the use of previously developed, standardized and standard elements, products and their components in newly developed documentation, helps reduce the number of technical documents and thereby reduces the volume of design work. The results of normalization control characterize the degree of application of scientific and technical documentation in the production activities of the enterprise and provide an opportunity to verify the implementation of existing standards, technical conditions and metrological examination.

Therefore, normative control and metrological examination of technical documentation should be regarded as an effective tool for achieving the goals and objectives of standardization, unification and high quality of instrumentation, mechatronics and information-measuring equipment.

References

1. DSTU 3321:2003. DESIGN DOCUMENTATION SYSTEM. Terms and definitions of fundamental conceptions.
2. GOST 2.111:2013. UNIFIED SYSTEM FOR DESIGN DOCUMENTATION. Normocontrol
3. DSTU GOST 3.1116:2014, IDT. UNIFIED SYSTEM OF TECHNOLOGICAL DOCUMENTATION. Normocontrol.
4. DSTU-N RMG 63:2013. STATE SYSTEM FOR ENSURING THE UNIFORMITY OF MEASUREMENTS. Ensuring the effect of measurements by the control of technological processes. Metrological examination of technical documents.

АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК

Andrienko O.	Cherkasy State Technological University, Ukraine	80
Bilenko A.A.	Odessa National Polytechnic University, Ukraine	55
Bilokin S.	Cherkasy State Technological University, Ukraine	122
Bondarenko M.	Cherkasy State Technological University, Ukraine	80, 122
Hordeev S.O.	Cherkasy State Technological University, Ukraine	96
Koghut Maksym	Kent Business School, University of Kent, Canterbury, United Kingdom	125
Makokha John	Kent Business School, University of Kent, Canterbury, United Kingdom	125
Medyanyk V.	Cherkasy State Technological University, Ukraine	122
Ostroushko Ya.P.	Cherkasy State Technological University, Ukraine	117
Rubanets O.Yu.	Cherkasy State Technological University, Ukraine	115
Suslov A.	ODO 'Microtestmachines', Gomel, Belarus	80
Sytnikov V.S.	Odessa National Polytechnic University, Ukraine	55
Titarenko S.N.	Cherkasy State Technological University, Ukraine	113
Tychkov D.V.	Cherkasy State Technological University, Ukraine	38
Ukhina H.V.	Odessa National Polytechnic University, Ukraine	55
Андрієнко В.О.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	75
Антонюк В.С.	Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського", Україна	106
Багрій М.О.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	7
Базіло К.В.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	32, 38, 128
Бережний К.Ю.	Національний університет «Одеська морська академія», Україна	18

Бондаренко Ю.Ю.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	89,92, 128
Броварець О.О.	Київський кооперативний інститут бізнесу і права, Україна	62
Вислоух С.П.	Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського”, Україна	47, 59, 98
Волошко О.В.	Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського”, Україна	47
Гавриш О.С.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	7
Гальченко В.Я.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	40, 96, 113, 115, 117, 134
Глушко Т.М.	Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського”, Україна	98
Заблоцький В.Ю.	Луцький національний технічний університет, Україна	101
Заїка М.В.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	104
Заїка Я.С.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	104
Затока С.А.	Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського”, Україна	83
Кайдик О.Л.	Луцький національний технічний університет, Україна	110
Кісіль Т.Ю.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	13, 131
Клочко Т.Р.	Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського”, Україна	108
Корецька О.О.	Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна	9
Костенко О.М.	Полтавська державна аграрна академія, Україна	67
Костюк С.І.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	7
Кошова І.І.	Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Україна	67
Кошовий М.Д.	Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Україна	67

Крайник Я.М.	Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна	50
Кузнецов Ю.Н.	Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського”, Україна	70
Куницька Л.Г.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	13, 104, 131, 134
Люта М.В.	Київський Національний університет технологій та дизайну, Україна	119
Мащенко В.А.	Рівненський державний гуманітарний університет, Україна	16
Мороз С.А.	Луцький національний технічний університет, Україна	101
Мусієнко М.П.	Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна	9
Нагорний Д.Ю.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	86
Накул Ю.О.	Національний університет «Одеська морська академія», Україна	52
Натура А.Р.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	36
Ніколаєва В.А.	Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського”, Україна	83
Нікольський В.В.	Національний університет «Одеська морська академія», Україна	18
Новаковський А.Г.	Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського”, Україна	106
Новаковський О.Г.	Мале науково-виробниче підприємство ТОВ «Лілея», Україна	22
Обруч Ю.Ю.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	7
Омелян А.В.	Мале науково-виробниче підприємство ТОВ «Лілея», Україна	22, 78
Оріховський Р.О.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	25
Осадчук В.С.	Вінницький національний технічний університет, Україна	26
Осадчук Н.І.	Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова, Україна	29
Осадчук О.В.	Вінницький національний технічний університет, Україна	26, 29

Осадчук Я.О.	Вінницький національний технічний університет, Україна	26
Перов В.О.	Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна	50
Петренко С.Ф.	Мале науково-виробниче підприємство ТОВ «Лілея», Україна	22, 78
Петрищев О.М.	Державне підприємство "Київський державний науково-дослідний інститут гідропріладів"	32
Полищук М.Н.	Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського", Україна	70
Приступа С.О.	Луцький національний технічний університет, Україна	101
Протасов С.Ю.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	36
Рожнова Т.Г.	Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна	67
Рудь М.П.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	75
Селепина Й.Р.	Луцький національний технічний університет, Україна	110
Ситник О.О.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	25
Скицюк В.І.	Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського", Україна	108
Скорина Є.В.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	75
Сторчак А.В.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	40
Стрельніков Є.Ю.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	86
Терлецький Т.В.	Луцький національний технічний університет, Україна	110
Тичков В.В.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	38, 40, 96, 113, 115, 117, 134
Ткачук А.А.	Луцький національний технічний університет, Україна	110
Топка І.О.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	92
Топтун А.В.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	89

Трембовецька Р.В.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	40, 96, 113, 115, 117, 134
Філімонов С.О.	Черкаський державний технологічний університет, Україна	86
Філоненко К.Г.	Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського”, Україна	59
Шадхін В.Ю.	Mahle GmbH, Німеччина	119