

# ЗБІРНИК ПРАЦЬ

## IX Міжнародної науково-технічної конференції «ДАТЧИКИ, ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ – 2021», присвяченої пам'яті професора Шарапова В.М.

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

Відповідальний за випуск - к.т.н. Білокінь С.О.

### Редакційна колегія:

**Cristian Barz** - Assoc. Prof., Eng. PhD, Technical University of Cluj-Napoca, North University Center of Baza Mare Technical University of Cluj-Napoca, Baza Mare, Romania

**Mikhailo Pashechko** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Lublin University of Technology, Lublin, Poland

**Аксьонов В.В.** – ЧНДЕКЦ МВС України, Черкаси

**Алпатов А.П.** – д.т.н., професор, член-кор.

НАНУ, ІТМ НАНУ та НКАУ, Дніпро

**Антонюк В.С.** – д.т.н., професор, НТУУ «КПІ», Київ

**Бондаренко М.О.** – д.т.н., доцент, ЧДТУ, Черкаси

**Броварець О.О.** – к.т.н., доцент, ККІБП, Київ

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

**Гогунський В.Д.** – д.т.н., професор, ДУ «ОП», Одеса

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

**Єременко В.С.** – д.т.н., професор, НТУУ «КПІ», 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

**Кучук Г.А.** - д.т.н., професор, НТУ «ХПІ», Харків

**Можаєв О.О.** – д.т.н., професор, ХНУВС, Харків

**Мусієнко М.П.** – д.т.н., професор, ЧНУ

ім. П.Могилы, Миколаїв

**Ропяк Л.Я.** - д.т.н., професор, ІФНТУНГ, Івано-Франківськ

**Рудницький В.М.** – д.т.н., професор, ЧДТУ, Черкаси

**Семенов С.Г.** – д.т.н., професор, НТУ «ХПІ», Харків

**Смірнов О.А.** – д.т.н., професор, ЦНТУ, Кропивницький

**Ситніков В.С.** - д.т.н, професор, ДУ «ОП», Одеса

**Становський О.Л.** – д.т.н, професор, ДУ «ОП», Одеса

**Стрілецький Ю.Й.** - д.т.н., професор, ІФНТУНГ, Івано-Франківськ

**Тимчик Г.С.** – д.т.н., професор, НТУУ «КПІ», Київ

**Халявко В.В.** - ЧНДЕКЦ МВС України, Черкаси

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

**Шостака І.В.** - д.т.н., професор, НАКУ «ХАІ», Харків

### У НОМЕРІ:

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ  
ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ

ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ  
ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДАТЧИКІВ,  
ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ДЛЯ  
РОБОТОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

МІКРО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ  
У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
У ЕКСПЕРТНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА  
ТЕХНІКА ТА СИСТЕМИ  
ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
У МЕДИЧНОМУ ПРИЛАДОБУДУВАННІ

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА  
МАРКЕТИНГ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНІХ  
ТЕХНОЛОГІЙ ЗА СПЕЦІАЛЬНОСТЯМИ  
ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ

### АДРЕСА ОРГКОМІТЕТУ:

Україна, 18006, м. Черкаси, бул.Шевченка, 460,  
ЧДТУ, кафедра ПМКТ  
орґкомітет

МНТК "Датчики, прилади та системи - 2021"

Збірник праць МНТК «Датчики, прилади та системи – 2021», Черкаси – Херсон - Лазурне, вересень 2021.

*Мета конференції:* зустріч науковців в областях точного приладобудування, мікро- та наноелектроніки, наноінженерії, фахівців з проектування та конструювання датчиків, приладів та систем, а також фахівців з проведення експертних досліджень для обміну ідеями, обговорення тенденцій та перспектив розвитку науки, профільних та суміжних галузей, 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 збірник праць конференції є обов'язковим.

# ЗМІСТ

## Секція 1.

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ

<b>Тичков В.В., Гальченко В.Я., Требовацька Р.В., Тичкова Н.Б.</b> Моделювання вихідного сигналу вихрострумowego перетворювача із використання моделі DOOD.....	7
<b>Тичков В.В., Гальченко В.Я., Требовацька Р.В., Тичкова Н.Б.</b> Використання методу TREE для моделювання вихідного сигналу вихрострумowego перетворювача.....	10
<b>Требовацька Р.В., Гальченко В.Я., Тичков В.В.</b> Оцінка точності нейромережових метамоделей накладних рамкових тангенціальних вихрострумowych перетворювачів.....	13

## Секція 2.

### ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ДЛЯ РОБОТОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

<b>Ащепкова Н.С., Лучко А.С.</b> Білатеральне керування маніпулятором.....	19
<b>Barz С., Роп'як Л.Я., Стрілецький Ю.Й., Шовкопляс М.В.</b> Автоматизована система контролю технологічних параметрів процесу електрохімічного хромування.....	22
<b>Єременко В.С., Защепкіна Н.М., Здоренко В.Г., Барилко С.В.</b> Ультразвуковий безконтактний контроль товщини полімерних плівок.....	24
<b>Жуков Ю.Д., Зівенко О.В.</b> Інформаційно-вимірювальний комплекс автономного днопоглиблювального судна.....	27
<b>Кошовий М.Д., Ащепкова Н.С.</b> Дистанційне керування мобільним роботом в екстремальних умовах.....	30
<b>Кошовий М. Д., Малкова Г.В., Муратов В.В., Костенко О. М., Рожнова Т.Г.</b> Волоконно-оптичні датчики тиску.....	33
<b>Pashechko М., Гриджук Я.С., АльТанакчі Ахмед</b> Розширення технологічних можливостей комплексу для вимірювання динамічних навантажень елементів бурильного інструменту.....	36
<b>Pashechko М., Роп'як Л.Я., Стрілецький Ю.Й., Романів М.М.</b> Система автоматичного контролю технологічних параметрів процесу мікродугового окиснення.....	39
<b>Skoryna Ye., Shadkhin V., Andriienko V.</b> Mathematical and information provision of means of control of optical components of medical measuring devices.....	41
<b>Строкань Д.В.</b> Розробка універсальної системи автоматизованого контролю параметрів процесів вирощування сільськогосподарських рослин в умовах закритих ґрунтів.....	44
<b>Таран В.І.</b> «Розумний будинок» – мережева будівля майбутнього.....	46

<b>Тітаренко В.С., Бондаренко Ю.Ю.</b> Дослідження впливу зовнішніх механічних навантажень на зміну електрофізичних характеристик плівкових сенсорних елементів.....	49
<b>Trembovetska R.V., Halchenko V.Ya., Tychkov V.V., Zhilka O.O.</b> The Improvement of the Device for Determination of Full Parameters of Resistance and Conductivity of Electric Circuits.....	53
<b>Trembovetska R.V., Halchenko V.Ya., Tychkov V.V., Tovtopyat V.O.</b> The Improvement of the Block-Modular System of Automation of the Computer-Integrated Production Process.....	56
<b>Туз В.В., Топтун А.В.</b> П'єзоелектричні перетворювачі для ультразвукового контролю водопровідних труб.....	59
<b>Філімонов С.О., Філімонова Н.В., Бачеріков Д.С.</b> Розробка схеми керування гвинтового лінійного п'єзодвигуна для використання в вузлах точного дозування рідини.....	61
<b>Філімонов С.О., Мороз А.С., Філімонова Н.В.</b> Удосконалення метода аналізу ґрунту за допомогою ультразвуку.....	64
<b>Хлівний В.В.</b> Застосування та вдосконалення п'єзоелектричних вимірювальних перетворювачів тиску для гідроабразивних систем.....	67

### *Секція 3.*

## **КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ**

<b>Афанасьєв І.С., Кісель А.Г., Ухіна А.В., Ситніков В.С.</b> Використання однотипних частотно-залежних компонентів у інтелектуальному модулі робототехнічної системи.....	69
<b>Макаренко І.О.</b> Метод інтелектуального контролю механічних характеристик оптичних виробів.....	71
<b>Мичуда З.Р., Журавель І.М., Мичуда Л.З., Єлісєєва Г.С.</b> Рекурентні логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі зі змінною основою.....	73
<b>Ravliuk Y., Tuz V.</b> Engine Control System with Android Device.....	76
<b>Рудницький В.М., Лада Н. В., Лада С. В.</b> Дослідження множин несиметричних двооперандних дворозрядних операцій з подвійним циклом криптоперетворення	78
<b>Тимочко О.І., Павленко М.А., Ларін В.В.</b> Дослідження особливостей обробки відеопотоку в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення.....	81
<b>Філімонов С.О., Яценко С.С., Філімонова Н.В.</b> Розробка програмного забезпечення для розрахунку сили тяги вібропруга.....	84

### *Секція 4.*

## **МІКРО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

<b>Білокінь С.О., Андрієнко О.І., Тичков Д.В.</b> Встановлення оптимального часу мультисондового вимірювання рельєфу діелектричних поверхонь методом атомно-силової мікроскопії.....	87
<b>Demenskyi O.M., Yerochin S.Yu., Krasnov V.A., Shutov S.V.</b> A Modified Method of Formation of p <sup>+</sup> -n <sup>-</sup> Si Led Structures for Terahertz Spectral Range.....	91

## Секція 5.

### ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЕКСПЕРТНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

<b>Бадерко І.В., Ухіна А.В., Ситніков В.С., Ситнікова В.О.</b> Обробка експериментальних медичних даних з застосуванням алгоритму банку однотипних фільтрів у експертних дослідженнях.....	93
<b>Гожий О.О., Пташкін Р.Л.</b> Розробка WEB-орієнтованих інформаційно-аналітичних систем в підрозділах Експертної служби МВС України.....	95
<b>Калугін Д.Ф.</b> Використання інформаційних технологій при проведенні інженерно-технічних експертиз.....	97
<b>Кожевніков В.В., Шаповал Ю.О.</b> Інформаційні технології в судовій експертизі. Вимоги, принципи та особливості впровадження.....	99
<b>Павлов В.В., Пташкін Р.Л.</b> Розробка архітектури баз даних для інформаційно-аналітичних систем підрозділів Експертної служби МВС України.....	102
<b>Пташкін Р.Л., Калініченко Р.А.</b> Використання моделі «Zero Trust» при проектуванні інформаційно-аналітичних систем в підрозділах Експертної служби МВС України.....	104
<b>Тульвінський С.О.</b> Проблематика захисту інформації в територіальних підрозділах Експертної служби МВС України.....	107
<b>Шинкаренко Д.Ю., Пташкін Р.Л., Король К.П.</b> Застосування інформаційно-аналітичних систем для обліку та використання хімічних реактивів і витратних матеріалів.....	109
<b>Шматков Р.П.</b> Можливості дослідження об'єктів в ході проведення товарознавчої експертизи.....	112

## Секція 6.

### ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

<b>Антоненко С.В., Бондаренко М.О.</b> Проблема моніторингу забрудненості атмосферного повітря.....	114
<b>Броварець О.О.</b> Об'єктно-інформаційно-орієнтоване моделювання варіабельності параметрів агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь для реалізації сучасної системи його екологічного моніторингу.....	117
<b>Довгалоук Р.Ю.</b> Вплив невизначеності вимірювання властивостей води на вербальну оцінку її якості.....	119
<b>Tychkov V.V., Pipka M.I., Trembovetska R.V., Halchenko V.Ya.</b> The Improvement of Information and Measuring System of Halogen Control in Drinking Water.....	123
<b>Trembovetska R.V., Halchenko V.Ya., Tychkov V.V., Boychenko V.S.</b> Improvement of Microcontroller Thermobarograph for Premises Microclimate Control	127
<b>Становський О.Л., Швець П.С., Становська І.І.</b> Системи вимірювання стану псевдофізичного об'єкта за допомогою аналогів процесів титрування.....	130

*Секція 7.*

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У МЕДИЧНОМУ  
ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

<b>Trebovetska R.V., Tychkov V.V., Halchenko V.Ya., Dyachyshyn Ye.A.</b> The Improvement of the Bedside Monitor for Control of Vital Physiological Parameters of the Patient.....	132
<b>Монченко О.В.</b> Метод прецизійних ультразвукових вимірювань в офтальмології	134

*Секція 8.*

**ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА МАРКЕТИНГ  
У ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

<b>Шматков Р.П.</b> Визначення розміру збитків від порушення майнових прав інтелектуальної власності.....	136
---	-----

*Секція 9.*

**ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ЗА СПЕЦІАЛЬНОСТЯМИ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ**

<b>Базіло К.В., Фауре Е.В., Бондаренко Ю.Ю.</b> Організація та управління проектною діяльністю в закладі освіти.....	140
<b>Halchenko V.Ya., Trembovetska R.V., Tychkov V.V.</b> Preparation of Masters in the Field of Planning and Modeling of a Computer Experiment for Researching Modern Robotic Systems and Automation.....	149
<b>АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК</b> .....	152

## Секція 1

# МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ

УДК 519.242 + 681.5.08

**Тичков В.В.**, к.т.н., доцент,

доцент кафедри приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
[v.tychkov@chdtu.edu.ua](mailto:v.tychkov@chdtu.edu.ua)

**Гальченко В.Я.**, д.т.н., професор,

професор кафедри приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
[halchvl@gmail.com](mailto:halchvl@gmail.com)

**Требовецька Р.В.**, к.т.н., доцент,

доцент кафедри приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
[r.trembovetska@chdtu.edu.ua](mailto:r.trembovetska@chdtu.edu.ua)

**Тичкова Н.Б.**, аспірантка кафедри приладобудування, мехатроніки і  
комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет

## МОДЕЛЮВАННЯ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ ВИХРОСТРУМОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ІЗ ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ DOOD

**Abstract.** *The prospects of solving the problem of eddy current measurements for the identification of profiles of electrophysical characteristics of flat control objects by the approximation method, which involves the use of a priori information about testing objects by mathematical modeling based on the Dood model. A universal mathematical model of the process of eddy current measurements of multilayer control objects is presented*

**Keywords:** *electrical conductivity, magnetic permeability, surface profile, eddy current transducer, cylindrical symmetrical coil, multilayer flat object, model Dood*

Вихрострумний метод є одним з електромагнітних методів неруйнівного контролю, який застосовується для струмопровідних матеріалів. У дефектоскопії метод вихрових струмів застосовують для індикації та оцінки поверхневих і підповерхневих дефектів, а також використовують для вимірювання товщини покриттів або шарів, визначення електричної провідності і магнітної проникності матеріалу, оцінки технологічних властивостей виробів. Тому визначення просторових розподілів електричної провідності та магнітної проникності в об'ємі багатшарового об'єкта контролю на основі вимірювань накладними вихрострумними перетворювачами є актуальною науково-технічною задачею. Авторами в роботі [1] розглянуто відомі підходи щодо реалізації розв'язку цієї задачі, проаналізовано їх переваги та недоліки і зосереджена основна увага на апроксимаційному підході, що поєднує методи та засоби створення апріорної математичної моделі, яка будується на попередньо отриманих даних щодо об'єкта контролю та фактичних експериментальних результатів вимірювання, отриманих проведенням натурно-модельних випробувань об'єкта контролю.

Враховуючи основні фактори, які є перешкодою застосування оптимізаційних методів розв'язку оберненої задачі, авторами в роботі [1] запропоновано алгоритм розв'язку вимірювальної оберненої задачі. Першим етапом такої задачі є створення «точної» електродинамічної математичної моделі процесу вимірювання накладними вихрострумними перетворювачами плаского об'єкта контролю.

**Мета роботи** - є створення “точної” електродинамічної моделі процесу контролю плаского об’єкта контролю накладними вихрострумовими перетворювачами на основі моделі Dood.

Для створення «точної» електродинамічної моделі використано аналітичну модель Dood [2, 3] із припущенням, що матеріал об’єкту контролю має непереривну зміну електрофізичних параметрів по глибині  $\sigma = \sigma(z)$ ,  $\mu = \mu(z)$ . Для спрощення представлення профілю розподілу параметрів використовується кусково-постійна апроксимація, тобто об’єкт контролю вважається умовно багатозаровим та електрофізичні параметри в кожному  $n$ -му шарі із його  $(k-1)$  шарів приймаються сталими:  $\sigma_n = \sigma(z)$ ,  $\mu_n = \mu(z)$ , де  $n = 1, 2, \dots, k-1$ . При цьому розглядається декілька областей, а саме, область котушки збудження, область між котушкою та об’єктом контролю і безпосередньо область досліджуваного об’єкта контролю. Математична модель будується за наступних припущень [2, 3]: середовища є лінійними, ізотропними та однорідними; струм збудження  $I$  є синусоїдальним, що змінюється з кутовою частотою  $\omega$ . Котушка збудження розглядається як система витків із зовнішнім радіусом  $R_2$  та внутрішнім -  $R_1$ .

Розв’язок диференціальних рівнянь Максвелла при врахуванні граничних умов [2, 3] дає рівняння для векторного потенціалу в будь-якій області  $n$  під котушкою:

$$A^n(r, Z) = \frac{N \cdot I \cdot \mu_0}{2 \cdot (R_2 - R_1) \cdot L_3} \cdot \int_0^\infty \frac{1}{\alpha^3 \cdot V_{22}(k, 1)} \cdot J(R_1, R_2) \cdot J_1(\alpha r) \cdot e^{-\alpha \cdot (L_2 + L_6)} \times \left[ 1 - e^{-\alpha \cdot L_3} \right] \times \\ \times \left\{ \left[ V_{12}(n, 1) \cdot e^{-\alpha_n \cdot Z} \right] + \left[ V_{22}(n, 1) \cdot e^{\alpha_n \cdot Z} \right] \right\} d\alpha$$

де  $L_3$  – товщина котушки, м;

$L_2$  – поступове наближення в зазорі (крок розрахунку), м;

$L_6$  – мінімальний зазор між котушкою і 1-м провідником, м;

$R_1, R_2$  – внутрішній та зовнішній діаметр котушки, м;

$N$  – кількість витків котушки;

$I$  – сила струму збуджувальної котушки, А;

$\mu_0$  – магнітна проникність вільного простору, Гн/м;

$$J(R_1, R_2) = \int_{\alpha R_1}^{\alpha R_2} x \cdot J_1(x) dx;$$

$J_1(x)$  – функція Бесселя першого порядку;

$r, z$  – компоненти магнітного поля в циліндричних координатах;

$\alpha, \alpha_n = \sqrt{\alpha^2 + j\omega \cdot \mu_n \cdot \sigma_n \cdot R^2}$  – безрозмірні величини;

$V_{12}(k, 1), V_{12}(n, 1)$  – матриці перетворення між областю  $k, n$  та областю 1.

Для випадку області 1 (найнижчої області) матриця має вид:

$$V_{12}(1, 1) = V'_{12}(1, 1) = \begin{cases} 0 & \text{якщо } l = 1 \\ 1 & \text{якщо } l = 2 \end{cases}$$

Числове значення величини першої матриці перетворення розраховується:

$$V'_{12}(2, 1) = \left[ \beta_2 + (-1)^l \cdot \beta_1 \right] = t_{12}(2, 1) \text{ де } l = 1, 2,$$

де  $\beta_1, \beta_2, \beta_n = \frac{1}{\mu_n} \cdot \sqrt{\alpha^2 + j \cdot \omega \cdot \mu_0 \cdot \mu_n \cdot \sigma_n \cdot R_5^2} = \frac{\alpha_n}{\mu_n}$ , безрозмірні величини;

$t_{12}(2, 1)$  – елемент перетворення;



$\omega$  - частота збудження, рад/с;  
 $\mu_n$  - магнітна проникність шару з індексом  $n$ , Гн/м;  
 $\sigma_n$  - електрична провідність шару з індексом  $n$ , См/м;  
 $R_5$  - середній радіус котушки, м.

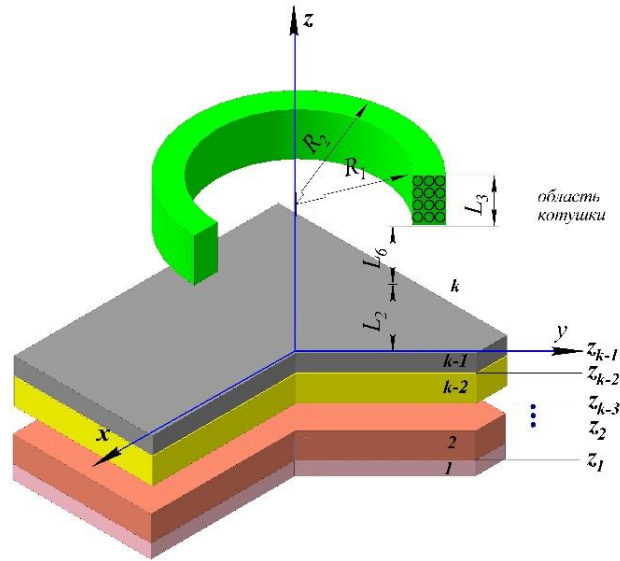


Рисунок – Геометрична модель накладного вихрострумowego перетворювача для контролю багатошарового плоского об'єкта контролю

Визначення числових значень для чотирьох елементів перетворення до наступного шару за виразом:

$$t_{ij}(n, n-1) = \left[ \beta_n + (-1)^{i+j} \cdot \beta_{n-1} \right] \cdot \exp \left[ (-1)^j \cdot \alpha_{n-1} \cdot (z_{n-1} - z_{n-2}) \right],$$

$$V'_{12}(n, 1) = t_{11}(n, n-1) \cdot V'_{12}(n-1, 1) + t_{12}(n, n-1) \cdot V'_{22}(n-1, 1),$$

$$V'_{22}(n, 2) = t_{21}(n, n-1) \cdot V'_{12}(n-1, 1) + t_{22}(n, n-1) \cdot V'_{22}(n-1, 1).$$

Наведена в круговому вимірювальному витку напруга з врахуванням векторного потенціалу обчислюється відповідно до співвідношення:

$$E = j\omega \oint_{s\text{-coil}} \vec{A} dl = j\omega 2\pi A(r, Z).$$

**Висновки.** Створено математичну модель на основі електродинамічної моделі Dodd процесу контролю плоских багатошарових профілів накладними вихрострумowymi перетворювачами, що надалі буде використовуватися для розробки комплексу програм при формуванні масиву даних та становить початковий етап розв'язку вимірювальної задачі. Надалі будуть проведені розрахунки на тестових моделях для простих випадків, коли є відомі аналітичні розв'язки й буде доведено адекватність створеного математичного забезпечення.

### Список літератури

1. Гальченко В. Я., Тичков В. В., Сторчак А. В., Трємбовецька Р. В. Відновлення приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів при вихрострумowych вимірюваннях із наявністю апріорних даних. Формування вибірки для побудови сурогатної моделі // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – С. 35-50. <https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2020.204226>
2. Dodd C. V., Deeds W. E. Calculation of magnetic fields from time-varying currents in the presence of conductor. Technical report contract No. W-7405-eng-26, Oak Ridge National Laboratory; July 1975. 32 p. <https://www.osti.gov/servlets/purl/4178400>
3. Dodd C. V., Cheng C. C., Simpson W. A., Deeds D. A., Smith J. H. The analysis of reflection type coils for eddy-current testing. Technical report contract No. ORNL-TM-4107, Oak Ridge National Laboratory; April 1973. 216 p. <https://www.osti.gov/servlets/purl/4493231>

УДК 519.242 + 681.5.08

**Тичков В.В.**, к.т.н., доцент,

доцент кафедри приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
v.tychkov@chdtu.edu.ua

**Гальченко В.Я.**, д.т.н., професор,

професор кафедри приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
halchvl@gmail.com

**Требовацька Р.В.**, к.т.н., доцент,

доцент кафедри приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

**Тичкова Н.Б.**, аспірантка

### **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ TREE ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ ВИХРОСТРУМОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА**

***Abstract.** An "accurate" electrodynamic mathematical model of the process of control of a flat multilayer object of control by an overhead eddy current converter using the method of decomposition by eigenfunctions of a truncated region is constructed (TREE)*

***Keywords:** electrical conductivity, magnetic permeability, surface profile, eddy current converter, cylindrical symmetrical coil, multilayer flat conductor, method Tree*

Вихрострумний контроль дозволяє вирішувати широкий спектр завдань, пов'язаних з технічною діагностикою матеріалів та виробів, а саме виявлення поверхневих і підповерхневих суцільностей, ефективний для пошуку втомних, кувальних, шліфувальних, штампувальних тріщин, надривів, волосовин, пор, сторонніх включень. Дозволяє вимірювати товщину покриттів, а також товщину окремих шарів багатшарових матеріалів, вимірювати провідність і/або проникність виробів, проводити сортування матеріалів з тих чи інших магнітних властивостей, виявляти залишкові напруги, оцінювати якість хімічної, термічної, механічної обробки та ін.

Використання методу вихрових струмів для виявлення структури багатшарових провідників є актуальним для оцінки стану зразка. Тому важливо побудувати аналітичну модель для котушки розташованої над багатшаровими структурами провідників для подальшого створення комплексу програм її реалізації.

Низка складних задач вихрострумного контролю вирішується із використанням методу розкладання за власними функціями усіченої області (TREE). В цьому методі використовується розділення змінних математичної моделі електромагнітного поля в різних областях і відрізняється від класичного підходу усіченням рішенням, тобто рішення виражається у вигляді ряду коефіцієнти якого визначаються шляхом розв'язку системи лінійних рівнянь, а не інтегралу. Автори [1] відносять цей метод до квазіаналітичного, оскільки з одного боку результативне електромагнітне поле є аналітичним рішенням основних рівнянь Максвелла, а з іншого боку чисельно розраховується повна матриця та дискретні власні значення.

**Мета роботи** – створення математичної моделі на основі методу TREE процесу контролю плоских багатшарових профілів нескінченного розміру накладними вихрострумними перетворювачами.

Розглядався випадок, коли вихрострумний перетворювач (ВСП) розташований над плоским провідним середовищем, що має довільну кількість шарів нумерація яких починається зверху (рис.1). Для розв'язку крайової задачі методом TREE область рішення усікається по координаті  $z$  [1] та розглядається декілька областей: I - ша область  $z > z_2$ , II -

га область  $z_1 < z \leq z_2$  та III – я  $0 \leq z \leq z_1$ . В циліндричній системі координат вісь симетрії котушки збігається із віссю  $z$ , а початкова точка  $O$  розташована на поверхні багат шарової пластини. Тоді загальний розв'язок  $A_i$  буде інтегралом по всьому діапазону  $\lambda_0$  і має вигляд [1, 2]:

$$A_i(r, z) = \int_0^{\infty} \left[ B_i \cdot J_1(\lambda_0 r) + C_i \cdot Y_1(\lambda_0 r) \right] \cdot \left[ D_i \cdot e^{\lambda_i z} + E_i \cdot e^{-\lambda_i z} \right] d\lambda_0,$$

$$\text{де } \lambda_i = \sqrt{\lambda_0^2 - \alpha_i^2} = \sqrt{\lambda_0^2 + j\omega\mu_i\sigma_i};$$

$J_1(\lambda_0 r)$ ,  $Y_1(\lambda_0 r)$  - функція Бесселя першого порядку першого та другого роду;

$\lambda_0$  - константа поділу;

$B_i, C_i, D_i, E_i$  - невизначені коефіцієнти  $A_i$ , вони є функціями константи поділу  $\lambda_0$ ;

$\omega$  - частота збудження, рад/с;

$\mu_i$  - магнітна проникність шару з індексом  $i$ , Гн/м;

$\sigma_i$  - електрична провідність шару з індексом  $i$ , См/м.

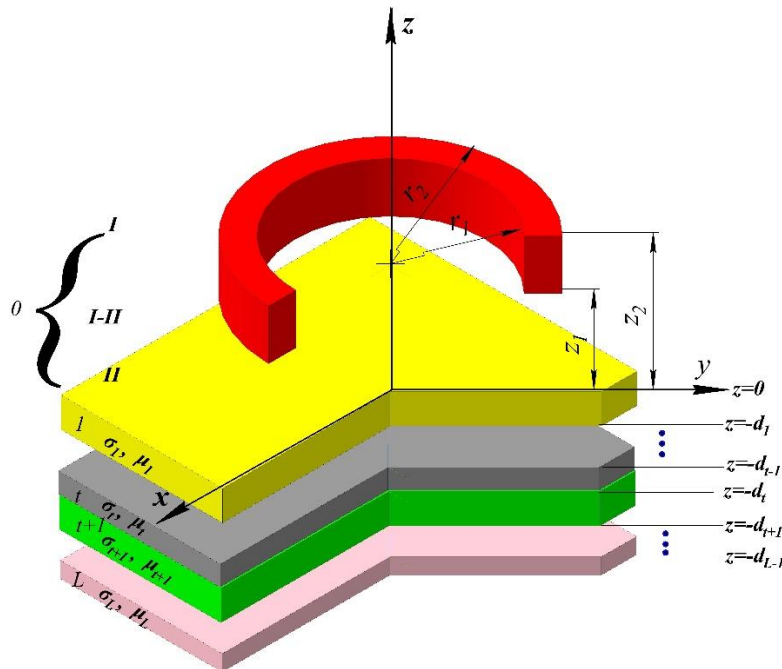


Рисунок – Котушка над багат шаровими плоскими провідниками

Отримане рівняння (1) виведено в передбаченні, що область рішення нескінченна і є незручним для регулювання точності розв'язку та складним для визначення меж інтегрування. Оскільки вихрові струми розподілені в області, що у два рази перевищує радіус котушки, тому область рішення звужується до кінцевого значення, введенням обмеження.

Тоді вираз (1) являє собою суму нескінченного ряду і загальний розв'язок має вигляд [2]:

$$A_i(r, z) = \sum_{j=1}^{\infty} \left[ B_{ij} \cdot J_1(\lambda_{0j} r) + C_{ij} \cdot Y_1(\lambda_{0j} r) \right] \cdot \left[ D_{ij} \cdot e^{\lambda_{ij} z} + E_{ij} \cdot e^{-\lambda_{ij} z} \right],$$

$$\text{де } J_1(\lambda_{0j} \rho) = 0, \quad \lambda_{0j} = \frac{x_i}{\rho}, \quad \rho = r; \quad \lambda_{io} = \sqrt{\lambda_{0j}^2 + j\omega\mu_i\sigma_i}$$

$x_i$  - корені функції Бесселя першого роду та першого порядку;

Враховуючи граничні умови для різних областей та використовуючи матричний метод Ченга, авторами [2] отримано вирази для векторного потенціалу для кожної досліджуваної області. Так вираз (2) описує електромагнітне поле для II області:

$$A_{II}(r, z) = \sum_{j=1}^{\infty} K \cdot \left[ D_{IIj} \cdot e^{\lambda_{0j}z} + E_{IIj} \cdot e^{-\lambda_{0j}z} \right],$$

$$K = \mu_0 \cdot J_c \cdot J_1(\lambda_{0j}r) \cdot \frac{\int_{\lambda_{0j}r_1}^{\lambda_{0j}r_2} x J_1(x) dx}{\left[ \left( \lambda_{0j}\rho \right) \cdot J_0(\lambda_{0j}\rho) \right]^2 \cdot \lambda_{0j}^2};$$

$$J_c - \text{щільність струму котушки, } J_c = \frac{N_d \cdot I}{(r_2 - r_1) \cdot (z_2 - z_1)} = n_d \cdot I;$$

$$D_{IIj} = \left( e^{-\lambda_{0j}z_1} - e^{-\lambda_{0j}z_2} \right), \quad E_{IIj} = R(\lambda_{0j}) \left( e^{-\lambda_{0j}z_1} - e^{-\lambda_{0j}z_2} \right);$$

$$R(\lambda_{0j}) = \frac{(\lambda_{0j}\mu_1 - \lambda_{1j}\mu_0) \cdot T_{11} + (\lambda_{0j}\mu_1 + \lambda_{1j}\mu_0) \cdot T_{21}}{(\lambda_{0j}\mu_1 + \lambda_{1j}\mu_0) \cdot T_{11} + (\lambda_{0j}\mu_1 - \lambda_{1j}\mu_0) \cdot T_{21}};$$

$$T(t, t+1) = \frac{1}{2} \cdot \begin{bmatrix} \left( 1 + \frac{\mu_t}{\mu_{t+1}} \cdot \frac{\lambda_{(t+1)j}}{\lambda_{tj}} \right) \cdot e^{(\lambda_{tj} - \lambda_{(t+1)j}) \cdot d_{t+1}} & \left( 1 - \frac{\mu_t}{\mu_{t+1}} \cdot \frac{\lambda_{(t+1)j}}{\lambda_{tj}} \right) \cdot e^{(\lambda_{tj} + \lambda_{(t+1)j}) \cdot d_{t+1}} \\ \left( 1 - \frac{\mu_t}{\mu_{t+1}} \cdot \frac{\lambda_{(t+1)j}}{\lambda_{tj}} \right) \cdot e^{(-\lambda_{tj} - \lambda_{(t+1)j}) \cdot d_{t+1}} & \left( 1 + \frac{\mu_t}{\mu_{t+1}} \cdot \frac{\lambda_{(t+1)j}}{\lambda_{tj}} \right) \cdot e^{(-\lambda_{tj} + \lambda_{(t+1)j}) \cdot d_{t+1}} \end{bmatrix}.$$

Тоді напруга наведена в круговому вимірювальному витку, враховуючи вектор магнітного поля, обчислюється виразом:

$$E = j\omega \oint_{s\text{-coil}} \vec{A} dl = j\omega 2\pi A(r, Z).$$

**Висновки.** Отже, отримано «точну» електродинамічну модель для напівпростору, що складається L плоских шарів методом TREE. Ця математична модель надалі використовується для створення сурогатної моделі [1, 4] за допомогою штучних нейронних мереж.

### Список літератури

1. Гальченко В. Я., Тичков В. В., Сторчак А. В., Трембовецька Р. В. Відновлення приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів при вихрострумових вимірюваннях із наявністю апіорних даних. Формування вибірки для побудови сурогатної моделі // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – С. 35-50. <https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2020.204226>
2. Sun J. L., Li Z. L., Yuan Y. M. Construction and Verification of Analytical Model for Eddy Current Testing Based on Multi-Layered Conductive Structures // Advanced Materials Research. – 2014. - Vols. 1006-1007. - P. 833-840. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1006-1007.833>
3. Theodoulidis T., Kriezis E. E. Eddy Current Canonical Problems (with Applications to Nondestructive Evaluation); Tech Science Press: Henderson, NV, USA, 2006; 259 p.
4. Гальченко В. Я., Сторчак А. В., Трембовецька Р. В., Тичков В. В. Створення сурогатної моделі для відновлення приповерхневих профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів // Український метрологічний журнал. - 2020. - № 3. – С. 27-35. <https://doi.org/10.24027/2306-7039.3.2020.216824>

УДК 620.179.147:519.853.6

**Трембовецька Р.В.**, к.т.н., доцент,  
доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,  
Черкаський державний технологічний університет  
[r.trembovetska@chdtu.edu.ua](mailto:r.trembovetska@chdtu.edu.ua)

**Гальченко В.Я.**, д.т.н., професор,  
професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,  
[halchyl@gmail.com](mailto:halchyl@gmail.com)

**Тичков В.В.**, к.т.н., доцент,,  
доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,  
Черкаський державний технологічний університет  
[v.tychkov@chdtu.edu.ua](mailto:v.tychkov@chdtu.edu.ua)

## ОЦІНКА ТОЧНОСТІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МЕТАМОДЕЛЕЙ НАКЛАДНИХ РАМКОВИХ ТАНГЕНЦІАЛЬНИХ ВИХРОСТРУМОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

**Abstract.** *In the work, the quality of the obtained metamodel was graphically evaluated using the lines of the distribution level of the model approximation error and the histogram of the distribution of this error and with numerous statistical indicators MAPE,%,  $SS_R$ ,  $MS_R$ . To check the adequacy of the created metamodel, a graphical method for evaluating the residuals was used and the normality of their distribution was checked. The reliability of the obtained conclusions was additionally checked by the statistical Fisher's F-test. In addition, the informativeness of the metamodel was assessed by testing the hypothesis about the significance of the multiple correlation coefficient.*

**Key words:** *tangential eddy current probe, RBF-metamodel, accuracy, mean error of approximation, statistical hypothesis, Fisher's F-test*

Застосування в автоматизованому режимі засобів вихрострумовеого контролю з джерелами збудження, що забезпечують оптимальне електромагнітне поле (ЕМП) щодо створення найкращих умов в сенсі чутливості до виявлення дефектів в об'ємі досліджуваного об'єкту контролю (ОК) та встановлення їх геометричних параметрів, сприяє успішному вирішенню завдань дефектометрії.

Саме на вирішення проблеми створення рухомих накладних вихрострумівих перетворювачів (НВСП) із різноманітними структурами систем збудження (СЗ), що забезпечують однорідний розподіл густини вихрових струмів (ГВС), спрямовані зусилля авторів. Так в опублікованій роботі [1] представлені результати перших спроб оптимального сурогатного синтезу рухомих кругових НВСП, а в роботі [2] здійснено дослідження НВСП з рамковими структурами СЗ в сенсі можливості забезпечення ними заданого однорідного розподілу ГВС в зоні контролю.

Авторами в оглядовій статті [3] та науковцями в роботі [4] проаналізовані сучасні тенденції щодо створення НВСП із різноманітними СЗ, що забезпечують в зоні контролю оптимальне ЕМП зондування. В опублікованих роботах пропонуються СЗ, які створюють однорідне ЕМП збудження для випадків, коли ОК нерухомий. Тоді як схожа, але складніша задача для випадків рухомого ОК не розглядається. Отже наразі є актуальним синтез рухомих НВСП із СЗ, що забезпечують однорідний розподіл ГВС в ОК.

Авторами в низці робіт запропонована та на прикладах продемонстрована універсальна методологія побудови багатовимірних апроксимаційних (сурогатних) моделей НВСП різноманітних структур СЗ [1, 5-8]. В рамках цієї методології в роботі [9] побудовано метамоделі рамкового тангенціального НВСП з об'ємною структурою СЗ та оцінено їх точність деякими вибірковими статистичними показниками.

**Метою роботи** є оцінка метрологічних характеристик створених RBF-метамоделей тангенціального рамкового вихрострумівих перетворювачів.

Для побудови RBF-метамоделі область пошуку за розміром котушки  $a$  розділялася на шість декомпозиційних підобластей:  $I_a$  ( $4 \leq a \leq 6$  мм),  $II_a$  ( $6 < a \leq 8$  мм),  $III_a$  ( $8 < a \leq 10$  мм),  $IV_a$  ( $10 < a \leq 12$  мм),  $V_a$  ( $12 < a \leq 14$  мм),  $VI_a$  ( $14 < a \leq 16$  мм) [9].

В табл. 1 наведено відомості щодо побудови метамodelей для підобласті  $II_a$ . В цій таблиці показано три проміжні рівні адитивної НМ-регресії  $J_1 - J_3$  та для кожного із яких представлено складові НМ, що відібрані для утворення комітету, а також отримані чисельні значення середньої відносної величини модельної похибки (або середньої похибки апроксимації)  $MAPE, \%$ , суми квадратів залишків  $SS_R$ , середнього квадрату залишків  $MS_R$ .

Рівень ANN-регресії	Нейронні мережі, що є складовими комітетів	MAPE, %		SS <sub>R</sub>		MS <sub>R</sub> · 10 <sup>-3</sup>	
		навчання	відтворення	навчання	відтворення	навчання	відтворення
підобласть II <sub>a</sub> (6 < a ≤ 8 мм)							
$\hat{J}_1$	RBF-4-203-1(8)	4.4	4.34	0,277	0,467	0,110	0,114
	RBF-4-206-1(25)						
	RBF-4-210-1(54)						
$\hat{J}_2$	RBF-4-208-1(41)	2.66	2.67	0,114	0,196	0,0465	0,0479
	RBF-4-211-1(63)						
	RBF-4-220-1(108)						
	RBF-4-203-1(11)						
	RBF-4-209-1(49)						
$\hat{J}_3$	RBF-4-200-1(6)	2.14	2.18	0.0745	0.133	0.0298	0.0325
	RBF-4-200-1(7)						
	RBF-4-202-1(17)						
	RBF-4-209-1(51)						
	RBF-4-209-1(54)						

Верифікація створеної метамodelі здійснювалася перевіркою правильності відтворюваності гіперповерхні відгуку у всій області моделювання на значно більшій кількості точок  $N_{відтв.} = 4090$ .

Отже, отримана метамodelь забезпечує відтворення поверхні відгуку із максимальною похибкою  $MAPE = 2,18 \%$ . Крім того, отримана метамodelь оцінювалася як на етапі навчання, так і на етапі відтворення ще за низкою статистичних кількісних показників та деяких якісних [10].

На рис. 1, наведено результати відносної модельної похибки апроксимації поверхні відгуку, що представлено у вигляді ліній рівня та гістограми її розподілу на завершальному етапі  $J_{\Sigma\text{комітет}}$ .

На рис. 2 а наведені статистичні показники ( $SS_R$ ,  $SS_T$ ,  $SS_D$ ,  $variance$ ,  $Std.Dev.$ ), отримані за допомогою універсальної комп'ютерно-інтегрованої системи STATISTICA. Використовуючи їх оцінені адекватність та достовірність отриманої метамodelі для зазначеної підобласті. За допомогою модуля Correlation matrices отримано значення коефіцієнту кореляції та з його використанням оцінюється інформативність метамodelі (рис.2 б).

Діаграма розсіювання значень багатовимірної апроксимаційної функції на етапі відтворення представлена на рис.3 де в заголовку також вказано параметри підібраної прямої регресії.



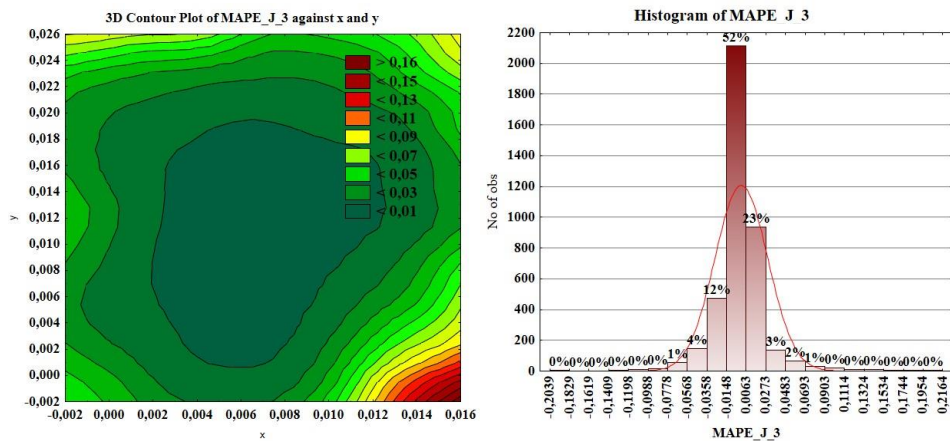


Рис.1. Відносна модельна похибка апроксимації поверхні відгуку для метамоделі  $J_{\Sigma\text{комітет}}$ : а) лінії рівня для підобласті  $6 < a \leq 8$  мм; б) гістограми розподілу цієї похибки

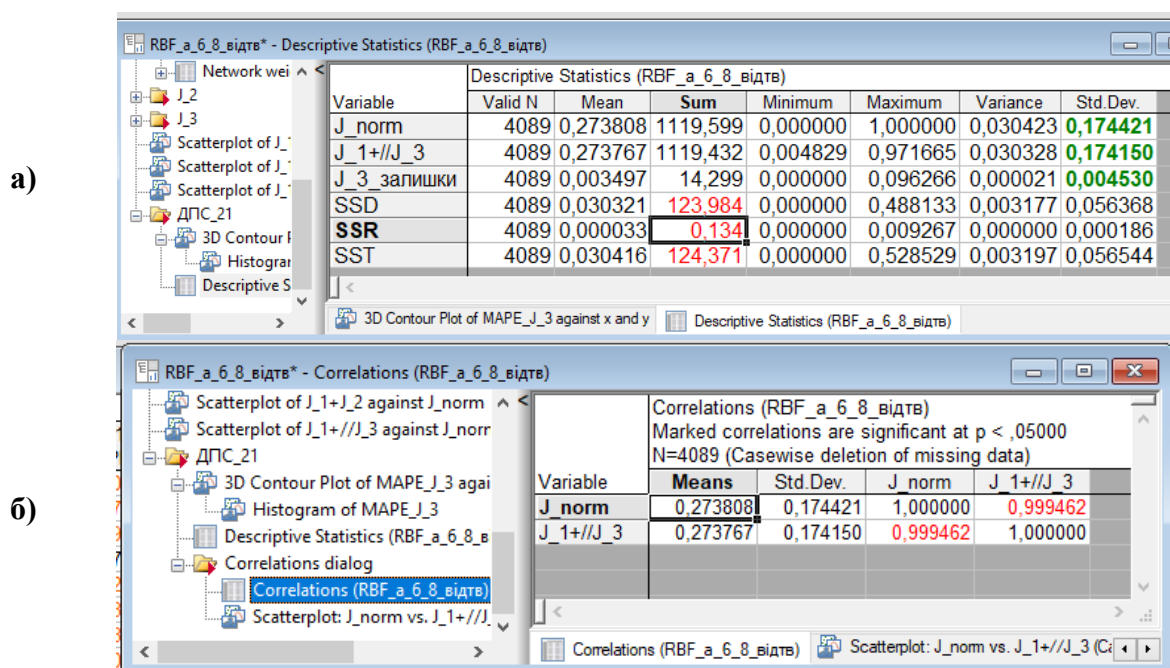


Рис.2. Статистичні показники для оцінки адекватності та інформативності метамоделі для підобласті  $\Pi_a$ .

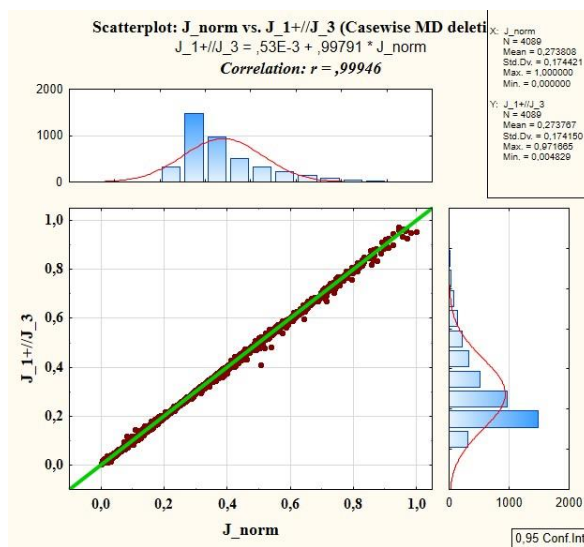


Рис.3 – Діаграма розсіювання значень багатовимірної апроксимаційної функції на етапі відтворення для підобласті  $6 < a \leq 8$  мм

Надалі перевіряється статистична нульова гіпотеза  $H_0$ : функціонального зв'язку між модельними значеннями і номінальними не існує, тобто кутовий коефіцієнт дорівнює нулю.

Для перевірки нульової гіпотези використано статистичний параметричний критерій Фішера:

$$F_{n_D; n_R}^{експ} > F_{\alpha; n_D; n_R}^{крит}, \quad F_{n_D; n_R}^{експ} = \frac{MS_D}{MS_R}, \quad (1)$$

де  $F_{\alpha; n_D; n_R}^{крит}$  - критичне значення критерію Фішера, заздалегідь розраховане значення з певним рівнем значущості  $\alpha$ ;

$MS_D = \frac{SS_D}{n_D}$  - середній квадрат регресії;  $MS_R = \frac{SS_R}{N - n - 1}$  - середній квадрат залишків;  $SS_D$  - сума квадратів регресії;  $SS_R$  - сума квадратів залишків;  $SS_T$  - загальна сума квадратів;  $n_D = n$ ,  $n_R = N - n - 1$  - число степенів свободи,  $N$  - кількість спостережень;  $n$  - кількість заданих незалежних змінних.

Отримана метамодель  $J_{\Sigma \text{ансамбль}}$  для підобласті  $6 \leq a \leq 8$  мм має експериментальне значення показника Фішера  $F_{v_D; v_R}^{експ} = F_{4; 4085}^{експ} = \frac{MS_D}{MS_R} = \frac{0,033}{0,0325 \cdot 10^{-3}} = 932,7$ , а критичне значення цього критерію з рівнем значущості  $\alpha = 5\%$  та числом степенів свободи  $v_R = 4085$ ,  $v_D = 4$  складає  $F_{\alpha; v_D; v_R}^{крит} = F_{0,05; 4; 4085}^{крит} = 2,374$ .

Отже, умова (1) виконується, метамодель адекватна і прогноз результатів по моделі не суперечить дійсності.

Для перевірки адекватності моделі використовується графічний метод оцінки залишків (рис.4 а), який показує, що залишки потрапляють в горизонтальну смугу з центром на осі абсцис, тобто модель є адекватною [11]. При цьому коефіцієнт кореляції між регресійними залишками і змінною дорівнює нулю, що підтверджує гіпотезу про нормальність розподілу залишків.

Для перевірки нормальності розподілу залишків використовується нормальний ймовірнісний графік (Normal probability plots) (рис.4 б) за яким оцінюється близькість розташування залишків до прямої або ж гістограма їх розподілу. Для точної чисельної оцінки застосовуються спеціальні статистичні критерії, наприклад, Колмогорова - Смірнова, хі-квадрат [11].

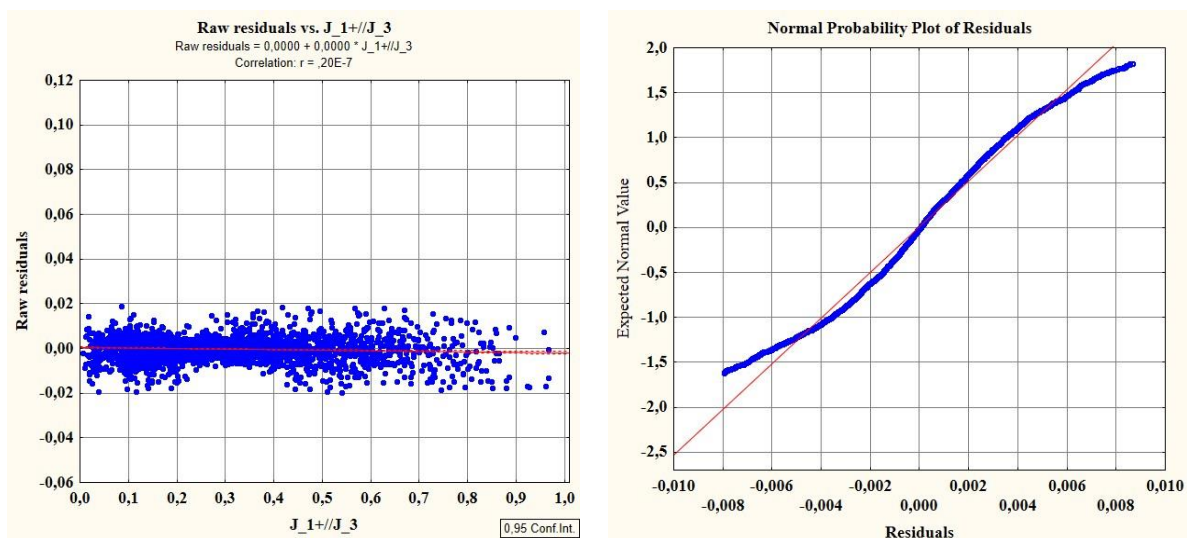


Рис. 4 – Аналіз залишків: а) оцінка відповідності залишків нулю; б) оцінка відповідності залишків нормальному закону



Також для оцінки інформативності використовується модуль Multiple Regression, що дає змогу отримати більшу кількість статистичних показників, результати розрахунку цим модулем зведено в таблицю 2.

Таблиця 2 – Результати регресійного аналізу

Multiple R Коефіцієнт множинної кореляції	0,999462
R <sup>2</sup> Квадрат коефіцієнту множинної кореляції (коефіцієнт детермінації)	0,99892460
Adjusted R <sup>2</sup> Коефіцієнт скорегованої детермінації	0,99892434
Std. Error of estimate Стандартна похибка оцінки є мірою розсіювання спостережних значень відносно регресійної прямої	0,00572
Intercept Оцінка вільного члена рівняння регресії	-0,0002379
Std. Error Стандартна похибка вільного члена регресії b <sub>0</sub>	0,0001667
F Значення F- критерію для перевірки гіпотези b <sub>1</sub> =0	<sup>експ</sup> F <sub>2;4089</sub> = 3796360
df число степенів свободи для F-критерію	1,4
p рівень значущості	0,0000
t(v), p-value значення t-критерію Стьюдента та рівень p	-1,427 0,1536
β стандартизований коефіцієнт	0,999

Оскільки коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,99892$ , тому побудована регресійна модель пояснює 99,89 % розкиду значень змінної відносно середнього.

Перевірку гіпотези про значущість множинного коефіцієнту кореляції  $R^2$  (інформативність моделі) виконано з використанням F-критерію Фішера (1), де

$$F_{v_D; v_R}^{\text{експ}} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{v_R}{v_D} \quad (3)$$

Метамоделі інформативна, оскільки  $R^2 > 0,95$  (табл.2), та значимо достовірна за F-критерієм при рівні значущості 5 %, оскільки умова (1) виконується для експериментального значення  $F_{2;4089}^{\text{експ}} = 3796360$ . Статистична значущість коефіцієнта множинної кореляції однозначно вказує на те, що в отриманій математичній моделі міститься значно більше корисної інформації, ніж в випадкових даних відносно цієї моделі.

Значущість коефіцієнту регресії, а саме вільного члену регресії  $b_0$  перевіряється за допомогою t-критерію Стьюдента. Якщо  $t^{\text{експ}} > t_{a; n-2}^{\text{крит}}$ , то цей коефіцієнт статистично значущий, якщо навпаки то статистично не значущий і до регресійної моделі він не включається. Маємо  $t_{0,05; 4087}^{\text{крит}} = 1,96$ , тобто коефіцієнт  $b_0$  статистично незначущий.

### Висновки.

Отже, якість отриманої метамоделі оцінена графічно за допомогою ліній рівня розподілу модельної похибки апроксимації та гістограми розподілу цієї похибки та за чисельними статистичними показниками  $MAPE, \%$ ,  $SS_R$ ,  $MS_R$ . Для перевірки адекватності

створеної метамоделі використано графічний метод оцінки залишків та перевірено нормальність їх розподілу. Достовірність отриманих висновків додатково перевірено статистичним F-критерієм Фішера. Окрім цього оцінена інформативність метамоделі перевіркою гіпотези про значущість множинного коефіцієнту кореляції.

### Список літератури

1. Nonlinear surrogate synthesis of the surface circular eddy current probes / Halchenko V. Ya., Trembovetska R. V., Tychkov V. V., Storchak A. V. // *Przegląd elektrotechniczny*. – 2019. - № 9. – P. 76-82. <https://doi.org/10.15199/48.2019.09.15>
2. Linear synthesis of frame eddy current probes with a planar excitation system / R. V. Trembovetska, V. Ya. Halchenko, V. V. Tychkov, C. V. Bazilo // *International Scientific Journal «Mathematical Modeling»*. – 2020. - vol. 4. - Issue 3. – P. 86-90. <https://stumejournals.com/journals/mm/2020/3/86.full.pdf>
3. Surface eddy current probes: excitation systems of the optimal electromagnetic field (review) / V.Ya. Halchenko, R.V. Trembovetskaya, V.V. Tychkov // *Devices and Methods of Measurements*. – 2020, vol. 11, no. 2, pp. 91–104. <https://doi.org/10.21122/2220-9506-2020-11-2-91-104>
4. Repelianto A.S., Kasai N. The improvement of flaw detection by the configuration of uniform eddy current probes // *Sensors*. - 2019. - V. 19. - № 2. - Article № 397.
5. Multiparameter hybrid neural network metamodel of eddy current probes with volumetric structure of excitation system / R.V. Trembovetska, V.Y. Halchenko, V.V. Tychkov // *International Scientific Journal «Mathematical Modeling»*. – 2019. - vol. 3. - Issue 4. - P. 113-116. <https://stumejournals.com/journals/mm/2019/4/113>
6. Гальченко В. Я. Линейный синтез несоосных накладных вихретоковых преобразователей [Текст] / В. Я. Гальченко, Р. В. Трёмбовецкая, В. В. Тычков // *International Journal “NDT Days”*. - 2019. – Vol. 2. – Issue. 3. - P. 259-268. <https://www.ndt.net/article/NDTDays2019/papers/JNDTD-v2-n3-a03.pdf>
7. Трёмбовецька Р. В. Оптимальний сурогатний параметричний синтез накладних кругових неспіввісних вихрострумів перетворювачів із рівномірною чутливістю в зоні контролю [Текст] / Р. В. Трёмбовецька, В. Я. Гальченко, В. В. Тичков // *Вісник Херсонського національного технічного університету*. – 2019. – № 2(69). - Частина 2. - С. 118-125. <https://mkmm.org.ua/upload/%D0%92%D1%96%D1%81%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%A5%D0%9D%D0%A2%D0%A3%20%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%202.pdf>
8. Гальченко В. Я. Побудова RBF-метамоделей структур збудження рухомого концентричного вихрострумів перетворювача [Текст] / В. Я. Гальченко, Р. В. Трёмбовецька, В. В. Тичков // *Електротехніка та електромеханіка*. – 2019. – № 2. – С. 28-38. <http://eie.khpi.edu.ua/article/view/2074-272X.2019.2.05/163439>
9. Лінійний сурогатний синтез тангенціальних вихрострумів перетворювачів з об'ємною структурою системи збудження / Р. В. Трёмбовецька, В. Я. Гальченко, В.В. Тичков // *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. - 2021. – № 1.
10. Гальченко В. Я. Застосування нейрокомп'ютинга на етапі побудови метамоделей в процесі оптимального сурогатного синтезу антен [Текст] / В. Я. Гальченко, Р. В. Трёмбовецька, В. В. Тичков // *Вісник НТУУ «КПІ»*. Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2018. – № 74. – с. 60-72. <https://doi.org/10.20535/RADAP.2018.74.60-72>
11. Statistica: Руководство пользователя. StatSoft 2001 <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm>

*Секція 2*

**ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ  
ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ  
ДЛЯ РОБОТОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ**

УДК 629.7.615.3

**Ащепкова Н.С.**, к.т.н., доцент, доцент кафедри механотроніки  
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
e-mail: [ashchepkovanatalya@gmail.com](mailto:ashchepkovanatalya@gmail.com), тел.: 8 (068) 219-64-90

**Лучко А.С.**, аспірант кафедри механотроніки  
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
e-mail: [sramboxandrey@gmail.com](mailto:sramboxandrey@gmail.com), тел.: 8 (066) 193-38-08

**БІЛАТЕРАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРОМ**

***Abstract.** The implementation of feedback allows to take into account the mechanical resistance to movement of the link of the kinematic scheme of the anthropomorphic manipulator, due to external influences or the presence of obstacles in the working area. The effectiveness of the method of bilateral control, ie determining the type and magnitude of the impact of feedback depends on the individual sensitivity of the operator.*

***Key words:** manipulator, remote control, bilateral control.*

**Постановка проблеми.** Дистанційне керування обумовлює використання маніпуляторів (М) для ліквідації наслідків екологічних і техногенних катастроф, для роботи з радіоактивними речовинами, для складання конструкцій у космосі або на морському дні і т.п. Для реалізації дистанційного керування М застосовуються задаючі пристрої у вигляді рукоятки, джойстика або екзоскелета. Для ефективного виконання М технологічних операцій потрібно застосувати білатеральне управління, тобто забезпечити зворотній зв'язок по зусиллям для корегування дій людини-оператора.

**Аналіз джерел.** В [1] розроблена система дистанційного керування М с п'ятьма ступенями рухливості, встановленої на рухливе шасі, і застосовуваної як автономний рятувальний робот. Для забезпечення дистанційного керування М у реальному часі, створено інтерактивний інтерфейс шляхом змішаного програмування VC і MATLAB. Спосіб телекерування М за допомогою спеціалізованого мобільного додатку на основі MIT APP INVENTOR 2 представлений в [2]. У статтях [3, 4] запропоновано методи телекерування космічним М при затримках у передачі керуючих сигналів із Землі. Можливі помилкові дії М, породжені неточністю моделі зовнішнього середовища, компенсуються за рахунок запропонованого способу корекції програмної траєкторії. В [5] презентовано пристрій керування у вигляді рукоятки з тактильними датчиками, яка сприймає керівні рухи руки людини-оператора. Загальним недоліком перелічених способів дистанційного керування М є неможливість одержання оператором сигналу зворотного зв'язку по контактних зусиллям між схватом і об'єктом маніпулювання. Такі способи керування не можна застосовувати для маніпулювання крихкими або вибухонебезпечними предметами.

Наведений в [6] екзоскелетон сприймає керівні рухи руки людини-оператора й за допомогою ложементу пов'язаний з оператором. Передача керуючих сигналів до М здійснюється дистанційно за допомогою радіозв'язку. Зворотний зв'язок забезпечений елементом, який порівнює відносні кути обертання ланок пристрою керування з відповідними відносними кутами виконавчої схеми М. Недоліком даного пристрою є відсутність керування пальцями, тобто рухливими елементами схвату М. Ця обставина ставить під сумнів виробничу корисність моделі, оскільки М, який копіює рухи руки

людини-оператора, призначений для надійного стійкого дистанційно керованого переміщення об'єктів при відсутності прямої видимості оператором дій М. У статті [7] підкреслюється, що при виконанні М складальних операцій необхідно використовувати зворотні зв'язки по зусиллям й моментам реакцій механічних зв'язків, що діють на схват М з боку захоплених і переміщуваних їм «зв'язаних» об'єктів.

Таким чином реалізація зворотного зв'язку між дистанційно керованим М й оператором з врахуванням контактних зусиль між схватом і об'єктом маніпулювання є актуальною науково-прикладною задачею.

**Формулювання мети.** Мета дослідження – розробка способу білатерального управління дистанційно керованого маніпулятора.

**Результати досліджень.** Пристрій дистанційного керування у вигляді рукавички, що має тактильні датчики й сприймає рухи долоні й пальців людину запропоновано в [8]. На рис. 1 наведена схема системи дистанційного керування антропоморфним М [8], на якій прийняті позначення: ПК – пристрій керування, АМ – антропоморфний маніпулятор, ОМ – об'єкт маніпулювання, СК – система керування, СВ – система відеоспостереження, ПЗ – програмне забезпечення. Цифрами на рис.3 позначені: 1 – пальці, 2 – зап'ястя, 3 – передпліччя, 4 – плече, 5 – фіксатор-наліпка, 6 – кінематичні пари антропоморфного маніпулятора з виконавчими приводами, 7 – силомоментні датчики, 8 – елементи системи технічного зору або відеокамери. пристрій, що задає, керування складається з (малюнок3) пальців (1), зап'ястя (2), передпліччя (3) і плеча (4). Еластична рукавичка оснащена на пальцях, зап'ясті, лікті, плечі й корпусі оператора фіксаторами-наліпками з датчиками кута (5), під фіксаторами-липучками розташовані чутливі елементи для забезпечення зворотного зв'язку по зусиллям.

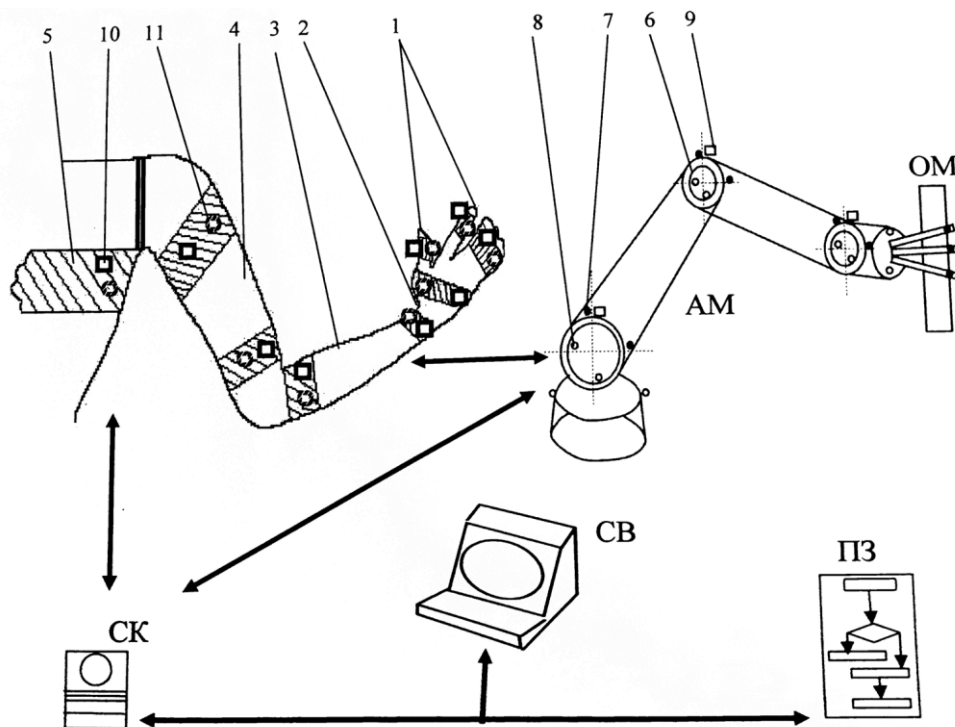


Рис. 1. Пристрій дистанційного керування у вигляді рукавички

Автори аналізують способи білатерального управління (забезпечення зворотного зв'язку по зусиллям) дистанційно керованого маніпулятора, у яких чутливі елементи пропорційно сигналу зворотного зв'язку під фіксаторами-наліпками створюють вібрації, зміну температури або електричний розряд у межах заданого діапазону. Величина сигналу зворотного зв'язку пропорційна різниці рухів керуючого і виконавчого пристрою. Ефективність способу білатерального керування залежить від індивідуальної чутливості оператора. Таким чином, перед застосуванням запропонованого пристрою керування

необхідно проводити випробування для корегування пропорційності впливів зворотного зв'язку і тактильних відчуттів оператора. Це дозволить підвищити швидкість і знизити похибки позиціонування при маніпуляціях надійно захопленим крихким або вибухонебезпечним об'єктом, в умовах відсутності прямого візуального контролю з боку оператора за рухом схвату. Запропонований пристрій забезпечує зменшення часу навчання оператора та можливість здійснення механічних операцій за складністю наближених до функціональних можливостей руки людини.

**Висновки і перспективи** Наявність чутливих елементів під фіксаторами-наліпками забезпечує операторові тактильні відчуття пропорційні контактним зусиллям між схватом і об'єктом маніпулювання. Ефективність способу білатерального керування, тобто визначення виду та величини впливу зворотного зв'язку залежить від індивідуальної чутливості оператора. Реалізація зворотного зв'язку дозволяє врахувати механічний опір переміщенню ланки кінематичної схеми антропоморфного маніпулятора, внаслідок зовнішнього впливу або наявності перешкод у робочій зоні.

### *Список літератури*

1. Sun, H., Zhang, Y., Xue, J. and Wu, Z. (2014), "The remote control system of the manipulator", Proceedings of the 33rd Chinese Control Conference, 28 – 30 July 2014, Nanjing, China, DOI: 10.1109/ChiCC.2014.6896388.

2. Prabhakar, M., Paulraj, V., Kannappan, D. A. K., Dhanraj, J. A. and Ganapathy, D. (2020), "Remote Controlled Pick and Place Robot", International Conference on Robotics, Intelligent Automation and Control Technologies (RIACT 2020), 2 – 3 October 2020, Chennai, India, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 1012, DOI: 10.1088/1757-899X/1012/1/012003.

3. Кулаков Ф.М. Телеуправление космическими роботами / Ф.М. Кулаков // Известия РАН. Теория и системы управления, 2016, № 4, С. 141 – 192, DOI: 10.7868/S0002338816030124.

4. Liu, G., Geng, X., Liu, L., Wang, Y. (2019), "Haptic based teleoperation with master-slave motion mapping and haptic rendering for space exploration", Chinese Journal of Aeronautics, Vol. 32, Issue 3, March 2019, P. 723 – 736, DOI: 10.1016/j.cja.2018.07.009.

5. Юрчик Ф.Д., Быканова А.Ю., Быканов Д.В. Патент RU 2277043С1. Задающее устройство для дистанционного управления манипулятором. Опубл.: 27.05.2006, Бюл.№ 15.

6. Батрашкин А.П., Богданов А.А., Иксанов М.Р., Кутлубаев И.М., Пермяков А.Ф. Патент RU169864U1. Задающее устройство копирующего манипулятора. Опубл.: 04.04.2017, Бюл.№ 10.

7. Кулаков Ф.М. Методы супервизорного телеуправления космическими роботами / Ф.М. Кулаков // Известия РАН. Теория и системы управления, 2018, № 5, С. 147 – 166, DOI: 10.31857/S000233880002854-8.

8. Ащепкова Н.С. Патент UA146657 Пристрій дистанційного керування антропоморфним маніпулятором. Опубл.: 10.03.2021. Бюл.№ 10.

**Barz Cristian**, Assoc. Prof., Eng. PhD,  
Technical University of Cluj-Napoca, North University Center of Baja Mare Technical  
University of Cluj-Napoca, Baja Mare, Romania  
e-mail: cristian.barz@cunbm.utcluj.ro, тел. +40 (407) 21329838

**Роп'як Л.Я.**, д.т.н., доцент,  
професор кафедри комп'ютеризованого машинобудування  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
e-mail: L\_gorjak@ukr.net, тел. +38 (050) 5408007

**Стрілецький Ю.Й.**, д.т.н., доцент,  
професор кафедри інформаційних і телекомунікаційних технологій та систем  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
e-mail: momental@ukr.net, тел. +38 (099) 2007748

**Шовкопляс М.В.**, аспірант кафедри комп'ютеризованого машинобудування  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
e-mail: maks.shovkoplias@gmail.com, тел.+38 (067) 1652324

### **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ХРОМУВАННЯ**

***Abstract.** The thesis presents the results of the developed automated control system for electrochemical chromium plating in a flowing electrolyte. The process of applying chrome coating on the outer and inner surfaces of steel cylindrical parts, as well as wear resistance of coatings has been studied.*

***Key words:** coatings, chromium electroplating, automated control system, technological process, wear testing*

Деталі бурового і нафтогазового обладнання експлуатуються в екстремальних умовах. На них діють високі знакозмінні навантаження в агресивних середовищах із вмістом твердих абразивних частинок за підвищених температур. Це призводить до інтенсивного корозійно-механічного зношування деталей машин.

Для підвищення зносостійкості та корозійної стійкості робочих поверхонь деталей використовують різноманітні зміцнювальні технології. Такі види обробки забезпечують формування поверхневих шарів з високими фізико-механічними показниками. Нанесення покриттів на робочі поверхні сталевих деталей дозволяє раціонально поєднувати властивості матеріалу основи, водночас забезпечуючи заданий рівень зносостійкості поверхні завдяки шару покриття. Тому розроблення та оптимізація технологічних процесів формування зносостійких покриттів для підвищення експлуатаційних характеристик поверхонь деталей машин є актуальною задачею, яка має наукове та практичне значення.

Аналіз літературних джерел і патентів, присвячених електрохімічному хромуванню деталей в спокійному та проточному електролітах показав, що хромування в спокійному електроліті не забезпечує одержання рівномірної товщини покриттів, а формування покриттів у проточному електроліті відбувається за більш високих густин струму [1, 2]. При цьому забезпечується більш рівномірне нанесення шару покриття з малою шорсткістю, а також досягається висока продуктивність нанесення покриття та підвищений вихід хрому за струмом але необхідний постійний контроль параметрів процесу електролізу. У зв'язку з цим виникає необхідність стабільного підтримання технологічних параметрів процесу електрохімічного хромування, забезпечуючи масове співвідношення концентрацій компонентів електроліту, густини струму, швидкості потоку електроліту та його температури для одержання якісних покриттів на деталях циліндричної форми.

Мета дослідження – розробка автоматизованої системи контролю технологічних параметрів процесу електрохімічного хромування деталей в проточному електроліті.

Установка для електрохімічного хромування деталей в проточному електроліті містить змінні електрохімічні комірки, що застосовується для формування покриттів відповідно на зовнішній поверхні штока або на внутрішній поверхні втулки бурового поршневого насоса. Електрохімічну комірку, після монтування в ній деталі, встановлюють через електроізоляційну підставку на столі витяжної шафи, під'єднують за допомогою струмовідводів до джерела живлення, а патрубками – до системи подачі електроліту у кільцеву порожнину між електродами вказаної комірки. Для модернізації установки було розроблено автоматизовану систему контролю параметрів процесу електрохімічного хромування в проточному електроліті. Розроблена автоматизована система дозволяє підтримувати на заданому рівні незалежно один від одного задані рівні технологічних параметрів процесу електрохімічного хромування. При цьому забезпечується регулювання та контроль температури, швидкості потоку електроліту, робочого струму електролізу та співвідношення концентрації компонентів електроліту.

Для дослідження впливу технологічних параметрів процесу електрохімічного хромування в проточному електроліті на експлуатаційні властивості циліндричних деталей було розроблено технологічний процес. Хромове покриття наносили за допомогою модернізованої установки спорядженою системою автоматизованого керування на циліндричні зразки (вали та втулки) зі сталі 40ХН, які поверхнево гартували струмами високої частоти та піддавали шліфуванню. Анодом слугував сплав свинцю з сіркою та оловом. Хромування проводили у стандартному електроліті на основі хромового ангідриду та сірчаної кислоти з нанододатками.

Високих експлуатаційних показників деталей з хромовим покриттям, оцінених за величиною зношування, було досягнуто за регульованих технологічних параметрів процесу: масове співвідношення концентрацій компонентів електроліту; густина струму; швидкість потоку електроліту в електрохімічній комірці; температура електроліту.

Висновок. Зміцнення хромуванням згідно розробленого технологічного процесу з використанням установки, оснащеної автоматизованою системою контролю та керування технологічними параметрами процесу електрохімічного хромування в проточному електроліті забезпечило підвищення їх експлуатаційних показників роботи сталевих деталей.

### *Список літератури*

1. Kagajwala, B., Hall, T.D., Inman, M., Taylor, E.J., Griffin, B., Cushnie, G., Taylor, R., Jaworowski, M., Bonivel, J. Functional Trivalent Chromium Electroplating of Internal Diameters. Products Finishing, 1/2/2013. Digital Edition. <https://www.pfonline.com/articles/functional-trivalent-chromium-electroplating-of-internal-diameters>
2. Ropyak, L., Ostapovych, V. Optimization of process parameters of chrome plating for providing quality indicators of reciprocating pumps parts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2016, 2 (5), pp. 50-62. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.65719

**Єременко В.С.**, д.т.н., професор,  
зав. кафедри інформаційно-вимірювальних технологій,  
НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»,  
e-mail: nau\_307@ukr.net, тел. 067-209-07-69

**Зашепкіна Н.М.**, д.т.н., професор,  
професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій,  
НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»  
e-mail: nanic1604@gmail.com, тел. 098-454-63-57

**Здоренко В.Г.**, д.т.н., професор,  
професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій,  
НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»  
e-mail: alzd123@meta.ua, тел. 067-297-83-26

**Барилко С.В.**, д.т.н., доцент,  
доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій,  
НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»  
e-mail: roo4ta@bigmir.net, тел. 063-206-87-64

## УЛЬТРАЗВУКОВИЙ БЕЗКОНТАКТНИЙ КОНТРОЛЬ ТОВЩИНИ ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВОК

**Abstract.** *The possibility of using the ultrasonic non-contact method for technological control of polymer film thickness is investigated. The amplitude and phase ratios of the ultrasonic wave that passed through the controlled film were obtained. Experimental studies were carried out that proved the possibility of practical application of the ultrasonic non-contact method of controlling the thickness of a polymer film in its production.*

**Key words:** *ultrasonic wave, non-contact control, thickness, polymer film.*

Одним з основних параметрів, які регламентуються при виробництві полімерних плівок, є їх товщина, величина якої визначає як споживчі властивості, так і фізико-механічні характеристики готової продукції. Контроль товщини полімерних плівок безпосередньо у ході технологічного процесу їх виробництва є одним з основних факторів підвищення якості готової продукції та економічної ефективності. Так, застосування безперервного технологічного контролю при виробництві полімерних плівок дозволить знизити відсоток браку за рахунок виключення випуску полімерної плівки, товщина якої виходить за межі регламентованих допусків. При цьому збільшення товщини готової плівки лише на 1 мкм (в межах регламентованого допуску) призводить до додаткових витрат приблизно 10 – 20 євро на тону виготовленої полімерної плівки (при номінальній товщині 60 -70 мкм) [1].

Допуск по товщині для різних плівок складає від  $\pm 10$  до  $\pm 20$  % від її номінального значення. Таке відносно велике поле допусків обумовлене як нестаціонарністю технологічного процесу виробництва плівки, складними залежностями між параметрами формувальних агрегатів та товщиною готової плівки, а також відсутністю у теперішній час достатньо точних, надійних та простих у експлуатації засобів технологічного контролю товщини полімерних плівок безпосередньо у ході їх виробництва. При цьому доцільним є застосування безконтактних методів контролю товщини полімерних плівок, що обумовлено відсутністю механічного контакту перетворювачів безконтактних засобів контролю товщини з поверхнею плівки. Це дозволяє виключити пошкодження її поверхні та похибки, які пов'язані з контактними деформаціями при вимірюванні товщини плівок, а також можливість проводити контроль товщини при великих швидкостях руху плівки при її виробництві.

Для безконтактного технологічного контролю товщини полімерних плівок можуть використовуватися оптичні, радіохвильові, радіоізотопні, ємнісні, пневматичні та



ультразвукові методи та засоби [1,2].

Для технологічного контролю товщини полімерних плівок, як показав проведений аналіз, доцільно застосовувати ультразвукові безконтактні методи [3], які мають низку суттєвих переваг порівняно з іншими безконтактними методами: відносна простота випромінювання та прийому ультразвукових коливань, достатньо висока точність вимірювання, простота настройки та обслуговування апаратури.

Метою дослідження є аналіз можливості застосування ультразвукового безконтактного методу для контролю товщини полімерних плівок безпосередньо у ході технологічного процесу їх виробництва

Для застосування ультразвукового безконтактного методу контролю товщини полімерних плівок, необхідно вирішити низку задач, окрема розглянути особливості розповсюдження ультразвуку в полімерах і отримати аналітичні залежності, які пов'язують амплітудні і фазові співвідношення ультразвукових сигналів з товщиною полімерної плівки та провести їх аналіз.

Проведене дослідження проходження ультразвукового сигналу через контрольовану полімерну плівку, яка подавалась у вигляді плоского шару товщини  $h$ . Проведено дослідження проходження через неї плоскої ультразвукової хвилі при її нормальному падінні. Процес проходження розглядався з урахуванням багаторазового відбиття ультразвукової хвилі на межах шару, використовуючи принцип суперпозиції [4]. Отримані аналітичні залежності, які дозволяють оцінити вплив згасання на коефіцієнти відбиття, проходження і фазовий зсув сигналу, що пройшов через контрольований виріб. Показано, що вибором співвідношення  $h/\lambda_2$ , де  $\lambda_2$  - довжина ультразвукової хвилі в матеріалі полімерної плівки (або відповідним вибором частоти  $f$  ультразвукової хвилі) можливо знизити вплив згасання на амплітудні і фазові співвідношення сигналів один з яких пройшов виріб, а інший відбився від нього. При використанні в якості навколишнього середовища повітря (при цьому відношення акустичних опорів матеріалу полімерної плівки та повітря  $\varepsilon \gg 1$ ) і виконання співвідношення  $\frac{\omega h}{c_2} \ll 1$ , де  $\omega$  - колова частота ультразвукової хвилі,  $c_2$  - швидкість розповсюдження ультразвукової хвилі в матеріалі контрольованої полімерної плівки, (при цьому  $\sin \frac{\omega h}{c_2} \approx \frac{\omega h}{c_2}$ ), вирази для модулю коефіцієнта проходження  $|W|$  та фазового зсуву  $\Delta\varphi$  ультразвукової хвилі, яка пройшла повітря та полімерну плівку, можна подати у наступному вигляді:

$$|W| = \frac{\rho_1 c_1}{\pi \rho_2 f h}, \quad (1)$$

$$\Delta\varphi = -\frac{\omega h}{c_1} + \operatorname{arctg} \frac{\pi \rho_2 f h}{\rho_1 c_1}, \quad (2)$$

де  $h$  - товщина полімерної плівки;

$c_1$  - швидкість розповсюдження ультразвукової хвилі у повітрі;

$\rho_1$  та  $\rho_2$  - об'ємна щільність повітря та матеріалу полімерної плівки відповідно.

Таким чином, згідно виразу (1) модуль коефіцієнта проходження ультразвукової хвилі залежить від акустичного опору повітря та, частоти ультразвукової хвилі, об'ємної щільності матеріалу контрольованої полімерної плівки та її товщини.

Результуючий сигнал на прийомному перетворювачі, представляє собою суперпозицію сигналів, які пройшли контрольовану плівку, багаторазово відбитих від поверхонь перетворювачів і поверхні контрольованої плівки. Аналіз цього процесу показав, що амплітудні і фазові співвідношення сигналу на прийомному перетворювачі залежать від товщини контрольованого виробу, так і від його положення між перетворювачами, тобто для забезпечення необхідної точності вимірювання товщини полімерної плівки необхідна жорстка стабілізація її положення між перетворювачами. Цю вимогу практично неможливо виконати при контролі товщини плівки в реальному технологічному процесі, де мають місце вібрації і зміни натягу контрольованої полімерної плівки, особливо при великих швидкостях руху. Тому необхідно використовувати імпульсний режим. Проведене дослідження проходження імпульсного ультразвукового сигналу через контрольовану полімерну плівку і проведена оцінка амплітудних і фазових спотворень імпульсного сигналу в порівнянні з безперервним сигналом. Показано, що вибором тривалості імпульсного сигналу можливо знизити ці похибки до потрібних значень.

Проведені експериментальні дослідження амплітудного ультразвукового методу контролю товщини ПВХ плівок в діапазоні 120 – 460 мкм показали, що похибка вимірювання не перевищує  $\pm 3\%$ , а вірогідність контролю складає не менше 0,96.

Показана доцільність та перспективність застосування ультразвукового безконтактного методу для оперативного технологічного контролю товщини полімерних плівок безпосередньо у ході технологічного процесу їх виробництва. Перспективами подальшого розвитку є застосування амплітудно-фазових ультразвукових безконтактних методів для виключення впливу зміни об'ємної щільності матеріалу плівки на результат вимірювання та вірогідність контролю товщини.

### Список літератури

1. Смышляев А.Р. Коррекция толщины полимерных пленок в процессе их изготовления / А.Р. Смышляев, Б.В. Бердышев, Ф. Губерман // Полимерные материалы. – 2008. – №1. – С. 26-30.
2. Криночкін Р.В. Пристрій вимірювального контролю товщини металевих і полімерних плівок / Р.В. Криночкін, О.В. Осадчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2010. - №4. – С. 90 – 93.
3. Шкарлет Ю.М. Бесконтактные методы ультразвукового контроля / Шкарлет Ю.М. - М.: Машиностроение, 1974. – 57с.
4. Бреховских Л.М. Акустика слоистых сред / Л.М. Бреховских, О.А. Годин. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. литературы, 1989. – 416 с.

**Жуков Ю.Д.**, д.т.н., професор,

завідувач кафедри морського приладобудування факультету морської інфраструктури  
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова  
e-mail: [Yuriy.zhukov@nuos.edu.ua](mailto:Yuriy.zhukov@nuos.edu.ua), ORCID: 0000-0002-7454-8007

**Зівенко О.В.**, к.т.н., доцент

доцент кафедри морського приладобудування факультету морської інфраструктури  
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова  
e-mail: [oleksii.zivenko@nuos.edu.ua](mailto:oleksii.zivenko@nuos.edu.ua), ORCID 0000-0002-1539-8360

## ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС АВТОНОМНОГО ДНОПОГЛИБЛЮВАЛЬНОГО СУДНА

***Abstract.** Basic concept of the measurement complex for autonomous underwater dredger is given. Selection recommendations for measurement instrumentation are given.*

***Key Words:** autonomous maintenance dredger, underwater dredger, sediment removal, measurement & control system, dredging efficiency.*

Гостра необхідність у днопоглибленні існує на внутрішніх водних шляхах у всьому світі. Про це свідчить зростання загальної кількості дреджерів (або «земснарядів» - суден для виїмки ґрунту з донної поверхні) за останні роки [1]. Актуальним завданням є підвищення ефективності процесу днопоглиблення яке залежить від багатьох факторів. Зокрема, ефективність днопоглиблення напряму залежить від технології (обирається за типом ґрунту та за глибиною поглиблення), архітектури і особливостей земснарядів. Найбільш розповсюдженим типом дреджерів є земснаряди із фрезерним розпушувачем (Trailing Suction Hopper Dredger) середньої та малої потужності за кількістю ґрунту що відбирається.

Підвищення ефективності днопоглиблення може також відбуватися за рахунок використання оптимізованої архітектури та принципів побудови земснарядів. Так у [2] наведено розрахунки, що свідчать про більш високу економічну ефективність підводного дреджеру. Концепція побудови підводного дреджеру виглядає більш цікавою, оскільки має декілька беззаперечних переваг. Наприклад, вища енергоефективність за рахунок оптимізації обводів корпусу та зменшення гідравлічного опору, зменшення впливу збурень – хвиль та вітру, менша довжина пульпопроводу що зумовлює меншу потужність pomp, можливість автономної роботи без екіпажу тощо. Однак, досягнення таких результатів неможливе без системи управління, яка повинна використовувати вимірювальну інформацію від сенсорів та вимірювальних систем, що дають дані про оточення та характеристики об'єкту управління. Метою даної роботи є розробка інформаційно-вимірювального комплексу та рекомендацій щодо підбору вимірювальних засобів для використання на земснаряді.

Автоматизована система повинна забезпечувати достатній рівень стабільності і плавучості протягом усіх операцій, що потребує значний обсяги інформації як про стан обладнання дреджеру (стан засувки, насосів, роботу двигунів), так і про обсяги та розподіл баласту/вантажу, інформацію про просторове положення дреджеру, моменти вигину тощо, оточення та динаміку зміни зазначених параметрів. Оскільки земснаряд повинен бути безпілотним (unmanned), до обладнання виставляються більш жорсткі вимоги щодо надійності та якості роботи. За відсутності команди, будь-який вихід з ладу обладнання, збій у роботі можуть призвести до катастрофи. Проектування систем повинно виконуватися із врахуванням того, що операції заміни будь-якого модулю або вимірювального засобу повинна бути зручною, не вимагати багато часу на обслуговування, налагодження тощо (модульність та зручність). У вказаних умовах підвищення надійності і якості роботи систем досягається комплексування інформації із різних джерел, використанням

відповідних алгоритмів для самодіагностики, аналізу та використанням багаторазового резервування критичних підсистем або елементів систем.

Найбільшу увагу з точки зору складності управління морським рухомих об'єктом такого типу необхідно приділити точному вимірюванню параметрів орієнтації у просторі, вимірюванню крену, диференту для управління плавучістю, ґрунтозабірним механізмом, помпами та рухом об'єкту в цілому. Структуру запропонованого вимірювального комплексу та додаткових опцій автономного підводного дреджера наведено на рис. 1.

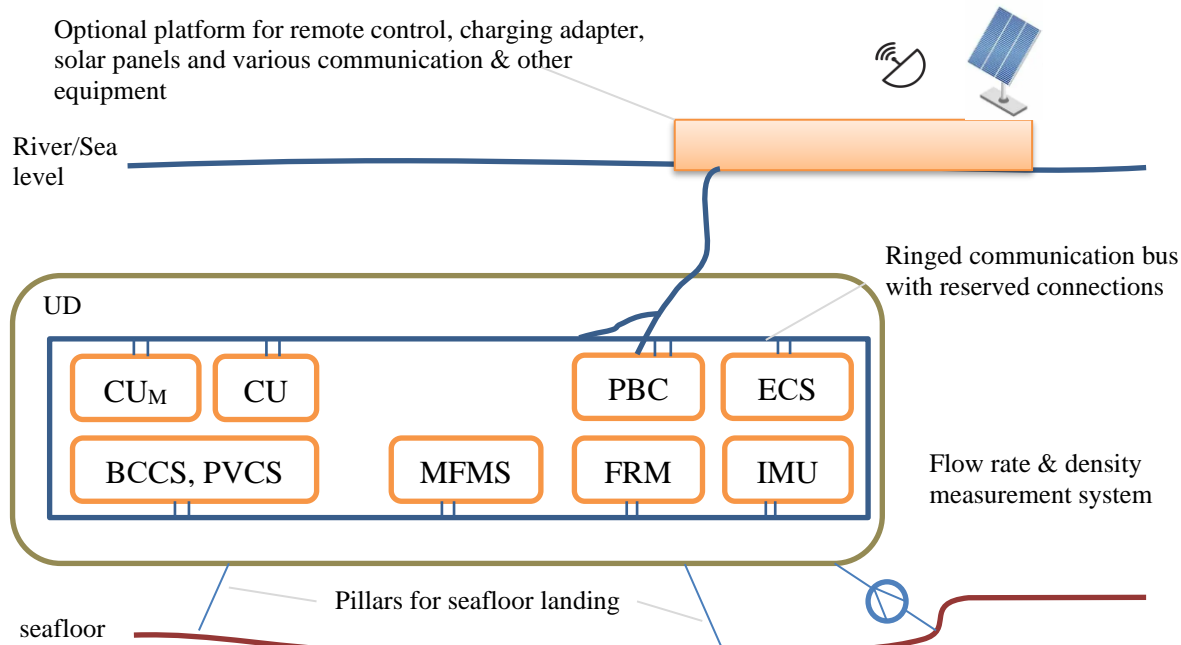


Рисунок 1 – Структура інформаційно-вимірювального комплексу автономного підводного земснаряду

Комплекс містить наступні елементи: головний  $CU_M$  та дублюючий  $CU_R$  контролери управління (Main & Reserve Control Unit), що виконують збір усіх інформативних параметрів та загальне управління дреджером; BCCS, PVCS – підсистема контролю баласту та вантажних танків підводного земснаряду (Ballast & Cargo Control System, Pump & Valves Control System); IMU – модуль безплатформенної інерціальної навігаційної системи (Inertial Measurement Unit); MFMS – підсистема вимірювання параметрів магнітного поля (Magnetic Field Measurement System); FRMS – підсистема вимірювання миттєвої витрати та густини суміші (Flow Rate Measurement System); PBCS – підсистема контролю та управління живленням обладнання дреджера (струм, що споживаються, рівень заряду акумуляторів живлення і т. ін.); ECS – підсистема контролю оточення (Environment Control Subsystem).

Підсистема контролю баласту та вантажних танків безперервно вимірює рівні баласту/вантажу, параметри роботи насосів та/або компресорів, використовується для автоматичного утримання заданого положення судна за рахунок розподілу баласту і вантажу, відповідного управління насосами та засувками. В якості надійних сенсорів для контролю рівнів можуть виступати датчики тиску, ультразвукові або хвильовідні рівнеміри, як, наприклад, у системі КСУ БСД «САДКО-ДОК» для управління доковими операціями [3-5]. Підсистема також використовується для прогнозування часу виконання операцій [6]. Для підвищення інформативності та ефективного управління процесом відбору ґрунту, прогнозування часу завантаження танків використовується витратомір із можливістю вимірювання густини піщано-водної суміші, наприклад [7]. БІНС у комплексі із магнітометричним вимірювачем, приймачами сигналів систем глобального позиціонування GPS/Galileo/Glonass та вимірювачем швидкості руху повинна надавати інформацію про кути крену, диференту, курс, координати, та швидкості зміни цих параметрів. У випадку використання судна забезпечення або платформи може використовуватися гідроакустична

система позиціювання із високою швидкістю обчислення та можливістю відстеження пов'язаного обладнання [8]. Система контролю оточення повинна відслідковувати відстані до оточення, профілювати поверхню дна та зону розробки земснаряду. В якості датчиків системи можуть використовуватися багатопробневі сонари та лідари для підводного використання [9,10], контактні датчики (тензо або кінцеві вимикачі) – зокрема для контролю посадки земснаряду на дно. На думку авторів більш перспективним з точки зору енергоефективності є надання можливості відбору ґрунту із використанням додаткових опор (посадки на дно).

**Висновки.** Наведено загальну структуру інформаційно-вимірювального комплексу підводного земснаряду. Засоби вимірювання та розрахунку комплексуються таким чином, щоб полегшити подальше використання для автономізації земснаряду. Наведені загальні рекомендації щодо вибору вимірювальних засобів, пояснення щодо необхідності контролю окремих параметрів та застосованих методів.

### Список літератури

1. HIS market. International Dredging Directory. January 2021, [URL] Visited 28.08.2021. Available at <https://cdn.ihsmarkit.com/www/pdf/1220/International-Dredging-Directory-2021.pdf>
2. *Hijdra, R.M.J.; Harst, S.V.D.* Design of an Autonomous Underwater Maintenance Dredger: A teaser to the maritime industry. J. Phys. Conf. Ser. 2019, 1357, 012001.
3. Zivenko O. Level measurement principles & sensors / A.V. Zivenko, A.G. Nakonechniy, D.Y. Motorkin // Materialy IX mezinarodni vedecko-practicka conference “Veda a technologie: krok do budoucnosti - 2013”. – Dil. 28. Technicke vedy. Prague - 2013. pp. 85-90.
4. Рівнеміри для рідин MIRA+. Amico Digital. Visited 28.08.2021. Available at <https://digitalamico.com/level-sensor/>.
5. САДКО-Док. Компьютерная система управления и контроля балластной системой дока. ГК АМИКО, 2013, [URL] Visited 28.08.2021. Available at [http://amico.ua/sadco\\_dock.php](http://amico.ua/sadco_dock.php)
6. *A. Topalov, G. Kondratenko, O. Gerasin, O. Kozlov, O. Zivenko* Information system for automatic planning of liquid ballast distribution / Proceedings of the 2nd International Workshop on Information-Communication Technologies & Embedded Systems (ICTES 2020), Mykolaiv, Ukraine, 2020. pp. 191-200.
7. Slurry Density Meter - Non-nuclear density measurement. RHOSONICS, 2021, [URL], Visited 28.08.2021. Available at <https://rhosonics.com/>
8. Subsea Acoustic Navigation. Advanced Navigation, 2021 [URL] Visited 29.08.2021. Available at <https://info.advancednavigation.com/acoustic-usbl>
9. *A. Filisetti, A. Marouchos, A. Martini, T. Martin and S. Collings* Developments and applications of underwater LiDAR systems in support of marine science, OCEANS 2018 MTS/IEEE Charleston, pp. 1-10, doi: 10.1109/OCEANS.2018.8604547.
10. *Lloyd Jones D. et. al.* Using Multibeam and Sidescan Sonar to Monitor Aggregate Dredging. In: Seafloor Mapping along Continental Shelves. Coastal Research Library, vol 13. Springer, doi: 10.1007/978-3-319-25121-9\_9

**Кошовий М.Д.**, д.т.н., професор,  
професор кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості  
Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського  
„Харківський авіаційний інститут”

e-mail: [kafedraapi@ukr.net](mailto:kafedraapi@ukr.net), тел.: 8 (050) 76-90-92

**Ащепкова Н.С.**, к.т.н., доцент, доцент кафедри механотроніки

Дніпровський національний університет ім. О. Гончара

e-mail: [ashchepkovanatalya@gmail.com](mailto:ashchepkovanatalya@gmail.com), тел.: 8 (068) 219-64-90

## ДИСТАНЦІЙНЕ КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ

**Abstract.** *The proposed method allows to reduce the time of information delay, to conduct current analysis of the workspace, to control the interaction of several autonomous mobile robots and to respond quickly to external disturbances.*

**Key words:** *autonomous mobile robot, manipulator, control system.*

**Постановка проблеми.** Розвиток нових технологій дає можливість використання маніпуляторів (М) та автономних мобільних роботів (АМР) для ліквідації наслідків екологічних і техногенних катастроф, для роботи з радіоактивними речовинами, для складання конструкцій у космосі або на морському дні і т.п. Для робіт в екстремальних умовах, як правило, застосовуються дистанційно керовані роботи й М встановлені на керовану рухливу платформу. Якщо робот застосовується для подолання наслідків техногенних та природних катастроф, то умови експлуатації АМР з маніпулятором найчастіше не тільки не відомі апріорно, але й можуть непередбачено змінюватися в широкому діапазоні. Причини невизначеності й нестаціонарності цих умов полягають: 1) у недоліку інформації про властивості зовнішнього середовища; 2) у технічних обмеженнях, природному розкиді й дрейфі параметрів сенсорної й рухової систем робота; 3) у виникненні перешкод і обчислювальних погрішностей у каналах зв'язку й керування. Таким чином, розробка систем дистанційного керування АМР з маніпулятором для робіт в екстремальних умовах є актуальною науково-прикладною задачею.

**Аналіз джерел.** АМР з маніпулятором є складною механічною системою: ланки маніпулятора – перенесені тіла, платформа – несуче тіло [1]. При роботі в екстремальних умовах система керування АМР повинна адаптувати стратегію дій робота до поточного стану робочого простору та зовнішніх збурень. Динаміку та керованість чотириколісного повнопривідного АМР детально досліджено у [2]. Результати математичного моделювання та аналізу динаміки АМР з маніпулятором наведені в [3] демонструють взаємозв'язок каналів керування обумовлений недиагональністю і нестаціонарністю тензору інерції. Алгоритм адаптивного керування АМР з маніпулятором представлено у [4]. Особливості динаміки АМР при відносному русі маніпулятора розглянуто в [5]. У статті [6] вказано, що здатність людини до швидкої орієнтації в робочій обстановці, аналізу навколишнього середовища, ухваленню рішення й вибору алгоритмів виконання технологічних операцій складно реалізувати за допомогою навіть найсучасніших систем з елементами штучного інтелекту.

**Формулювання мети.** Мета дослідження – розробка методу ефективного дистанційного керування АМР з маніпулятором в екстремальних умовах.

**Результати досліджень.** Схема конструкції АМР з маніпулятором наведена на рис.1. Конструкція складається з повнопривідної 4 – колісної платформи АМР, та маніпулятора складеного з кільця, що обертається навколо вертикальної вісі, та стрижневих ланок – руки, з'єднаних ротаційними кінематичними парами п'ятого класу.

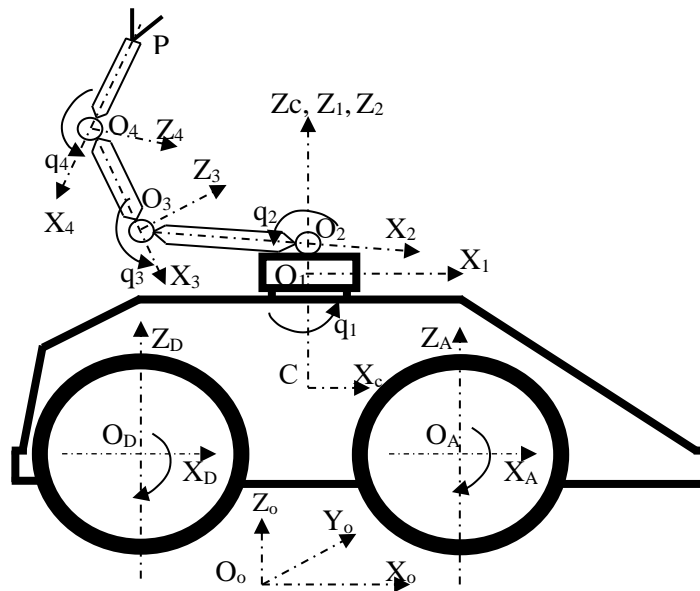


Рис.1 Схема конструкції АМР з маніпулятором

Для збереження функціональності АМР з маніпулятором і успішного виконання ним технологічних операцій по ліквідації наслідків екологічних і техногенних катастроф розробка системи керування передбачає математичне та імітаційне моделювання з врахуванням динамічних особливостей конструкції. Рятувальну місію з використанням М на рухомій платформі можна розділити на три режими руху:

- керований рух платформи по заданому маршруту з „зачекованим” М;
- виконання технологічних операцій М при зупиненій платформі;
- М виконує технологічні операції при керуваному русі платформи.

Для вдалої реалізації режимів руху АМР з маніпулятором в наперед невизначених умовах зовнішнього середовища доцільно застосувати інтелектуальну систему керування, яка містить наступні рівні:

- стратегічний рівень: самоорганізація цілеспрямованої поведінки, визначення мети і самонавчання;
- розвідка: поточний аналіз робочого простору та виявлення перешкод,;
- тактичний рівень: самомоделювання та моделювання робочого простору, синтез траєкторії руху та самопрограмування;
- оперативний рівень: формування керуючих впливів на виконавчі приводи, виконання М технологічних операцій з дотриманням вимог оптимальності, забезпечення зворотного зв’язку.

Для досягнення мети рятувальну місію з використанням М на рухомій платформі розділяють на прості завдання для формалізації й програмування дій робота. Якщо невизначеність умов занадто велика то автоматичну адаптацію важко реалізувати, але людина-оператор за дистанційним спостереженням може аналізувати обстановку у робочому просторі й ухвалювати розв’язки для керування рухами платформи АМР або виконавчими органами М. Таким чином технічна частина системи керування забезпечує розвідку, тактичний й оперативний рівень керування з наданням більш істотної ролі людині в процесі ухвалення стратегій.

При подоланні наслідків техногенних і природних катастроф, проведенні дезактивації й розмінування робочий простір маніпулятора АМР може бути обмежений (наприклад, шириною прорізу). Це обумовлює обмеження множини значень узагальнених координат і меж досяжності схвата, звуження розмірів робочого простору, зменшення кількості припустимих конфігурацій маніпулятора, зниження точності позиціонування. Зневага перерахованими обмеженнями в умовах автономної роботи й дистанційного керування

може привести до втрати функціональності АМР.

Автори пропонують розподілити завдання системи дистанційного керування АМР з маніпулятором в екстремальних умовах за рахунок сумісного застосування декількох механотронних пристроїв. Розглянуто два можливі варіанти реалізації групового керування: сумісне застосування декількох АМР з розподілом функцій або застосування БПЛА для розвідки і корегування дій АМР з маніпулятором. Застосування БПЛА або АМР - спостерігача дозволяє своєчасно виявити перешкоди і корегувати рухи АМР з маніпулятором для збереження функціональності, підвищення живучості конструкції й забезпечення успішності рятувальної місії з використанням М.

Запропоновано метод діалогового дистанційного керування з елементами штучного інтелекту. Система керування видає рекомендації людині-операторові по можливих стратегіях руху АМР, способах дії М і їх числовим характеристикам, виходячи із сформульованого завдання й на підставі поточного аналізу робочого простору. Робот може опротестувувати необережні дії людини-оператора, виконання яких може привести до небезпечних результатів. Робот може запитувати людину про допомогу, якщо йому бракує даних для виконання необхідної операції.

Результати математичного моделювання доводять, що впровадження запропонованого методу дистанційного керування зменшує запізнювання поточної інформації до 0.2 с.

**Висновки і перспективи.** Запропонований метод дозволяє скоротити час запізнювання інформації, проводити поточний аналіз робочого простору, контролювати взаємодію декількох АМР та оперативно реагувати на зовнішні збурення.

### Список літератури

1. Колюбин С. А. Динамика робототехнических систем. Уч. пособие / С. А. Колюбин // – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 117 с.
2. Мартынов Ю. Г. Управление движением мобильных колесных роботов/ Ю. Г. Мартынов // Фундамент. и прикл. матем., – Москва „МГУ”. – Т.11., Вып.8. – 2005. – С.29–80.
3. Ащепкова Н. С. Моделирование динамики автономного мобильного робота с манипулятором/ Н. С. Ащепкова, А. В. Збруцький // Вестник НТУ “ХПИ”. Серия: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ “ХПИ”. –2020. - № 31. – С. 4-14.
4. Ащепкова Н. С. Алгоритм адаптивного керування автономного мобільного робота/ Н. С. Ащепкова // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Science. – VIII (30), Issue: 244. – 2020 December. – С.41–44.
5. Кошовий М. Д. Метод синтезу оптимальних траєкторій схвату маніпулятора автономного мобільного робота / М. Д. Кошовий, Н. С. Ащепкова, // Вісник НТУ “ХПИ”. Серия: Информатика та моделювання. – Харків: НТУ “ХПИ”. – 2021. – № 1 (5). – С. 86-98.
6. Коновалюк С. Н. Роботизированные комплексы двойного назначения/ С. Н. Коновалюк // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму . – Москва. – 2016. – № 1-2 (91-92). – С. 105-108.



**Кошовий М. Д.**, д.т.н., професор, професор кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості

**Малкова Г.В.**, аспірант, (095)6358242

**Муратов В.В.**, аспірант, (093)2048367

Національний аерокосмічний університет ім. М.С.Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

Україна, 61070, м. Харків, вул. Чкалова 17

e-mail: kafedraari@ukr.net, тел. 8-057-788-43-03,

**Костенко О. М.**, д.т.н., професор, проректор з науково-педагогічної роботи

Полтавська державна аграрна академія

Україна, 36000, м. Полтава, вул. Сковороди 1/3, (050)2175176

e-mail: kostenko@pdaa.com.ua

**Рожнова Т.Г.**, к.т.н., ст.викладач

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра автоматизації проектування обчислювальної техніки

e-mail: [tetiana.rozhnova@nure.ua](mailto:tetiana.rozhnova@nure.ua), (096)3220455

## 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 широко застосовуються волоконно-оптичні датчики тиску [1,2]. Проектування і розробка датчиків пов'язані з проблемою підвищення їх надійності та ремонтоздатності, спрощення конструкції та наладки, застосування у вибухонебезпечних середовищах, формування аналогових та цифрових вихідних сигналів.

**Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій.** Відомий опто-волоконний датчик тиску [3], недоліками якого є складність конструкції і недостатня його надійність, обумовлені значною кількістю світловодів та інерційних елементів. Недоліками волоконно-оптичного датчика тиску [4] є складність конструкції, необхідність наладки фіксованого світловоду, світловий вихідний сигнал.

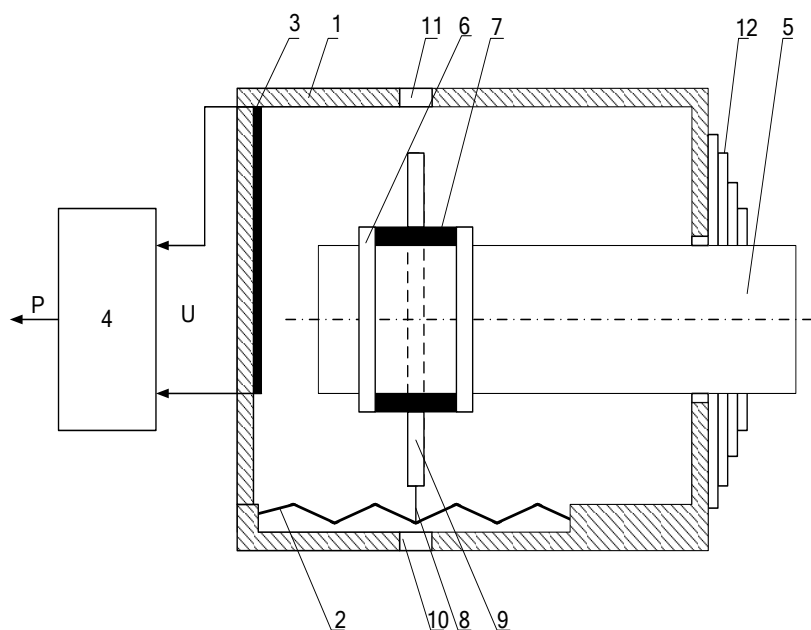
**Мета роботи.** Пропонуються волоконно-оптичні датчики тиску, які забезпечують спрощення конструкції та наладки, підвищення їх надійності та ремонтоздатності, формування аналогових та цифрових вихідних сигналів.

**Основні матеріали дослідження.** Спрощення конструкції і наладки волоконно-оптичного датчика досягається за рахунок виведення із прототипу [4] фіксованого світловоду, установленого із можливістю переміщення і фіксації за допомогою гвинта і гайки, та введення підключеного до реєструючого приладу фоточутливого шару, який нанесений на внутрішній поверхні корпусу [5].

Волоконно-оптичний датчик тиску (рис.1) працює наступним чином.

Тиск, що вимірюється, через отвір 10 в корпусі 1 подається на пружну мембрану 2. Мембрана 2 зв'язана зі штангою 8, яка переміщує хомут фіксації 6 оптичного світловоду 5 і визиває поперечне переміщення рухливого світловоду 5 у направляючому пазу 9. При цьому змінюється інтенсивність світла, що виходить із світловоду 5 і потрапляє на фоточутливий шар 3. Напруга  $U$  із цього шару надходить на реєструючий прилад 4 і перетворюється у значення тиску  $P$ . Інтенсивність світла максимальна у випадку, коли

світловод 5 займає горизонтальне положення, і зменшується при його поперечному зміщенні.



**Рис.1. Волоконно-оптичний датчик тиску:**

- 1 – корпус, 2 – пружна мембрана, 3 - фоточутливий шар, 4 – ресструючий прилад, 5 – рухомий світловод, 6 – хомут фіксації, 7 – перемичка хомута, 8 – штанга, 9 – направляючий паз, 10 – отвір в корпусі для подачі тиску, 11 – отвір для сполучення з атмосферою, 12 – сальник**

Таким чином, інтенсивність світла на виході світловоду 5, а значить і напруга на виході фоточутливого шару 3 залежить від переміщення пружної мембрани 2.

Запропонований волоконно-оптичний датчик тиску дозволяє спростити конструкцію, ліквідувати процес наладки фіксованого світловода та зменшити його масогабаритні характеристики.

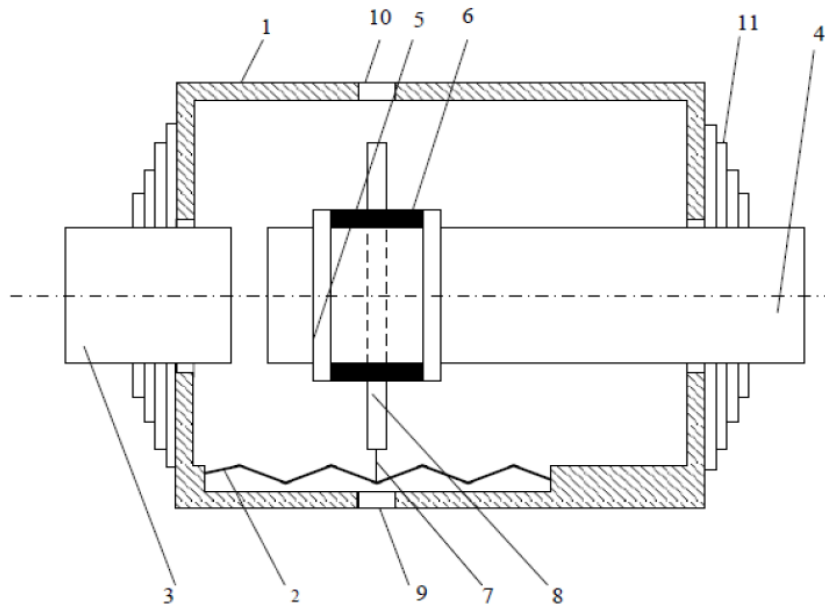
Для подальшого спрощення конструкції, забезпечення її технологічності та можливості роботи у вибухонебезпечних середовищах фіксований світловод в корпусі має укорочену довжину та закріплюється за допомогою сальника (рис.2).

Волоконно-оптичний датчик тиску [6] працює наступним чином.

Тиск, що вимірюється, через отвір 9 в корпусі 1 подається на пружну мембрану 2. Мембрана 2 зв'язана зі штангою 7, яка переміщує хомут фіксації 5 рухомого світловода 4 і викликає поперечне переміщення рухомого світловода 4 у направляючому пазу 8. При цьому змінюється інтенсивність світла, що виходить із світловода 4 і потрапляє на фіксуєчий світловод 3.

Інтенсивність світла максимальна у випадку, коли осі світловодів співпадають, та зменшується при поперечному зміщенні рухомого світловода 4, відносно фіксованого світловода 3. Таким чином, інтенсивність світла на виході фіксованого світловода 3 залежить від переміщення пружної мембрани 2.

Запропонований волоконно-оптичний датчик тиску дозволяє спростити конструкцію та процес його наладки, зменшити масогабаритні характеристики та забезпечити застосування датчика у вибухонебезпечних середовищах у зв'язку із відсутністю електричного струму в корпусі датчика.



**Рис.2. Волоконно-оптичний датчик тиску спрощеної конструкції:**  
**1 – корпус, 2 – пружна мембрана, 3 – фіксований світловод, 4 – рухомий світловод, 5 – хомут фіксації, 6 – перемичка хомути, 7 – штанга, 8 –направляючий паз, 9 – отвір для подачі тиску, 10 – отвір для сполучення з атмосферою, 11 – сальник**

**Висновок.** Використання запропонованих волоконно-оптичних датчиків тиску дозволяє спростити їх конструкцію та наладку, підвищити надійність та ремонтоздатність, забезпечити формування аналогових та цифрових вихідних сигналів та їх роботу у вибухонебезпечних середовищах.

### 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:10.1615TelecomRadEng. V.60.i34.180.
2. Датчики давления с цифровым выходом: монография / Н.Д.Кошевой, Е.М.Костенко, И.И. Кошешая, Т.Г.Рожнова. - Харьков: Нац. аэрокосм.ун-т им. Н.Е.Жуковского "Харьков. авиац. ин-т", 2017. – 108с.
3. Пат. №29600, Україна, МПК G01P 15/02, 15/08. Опто-волоконний датчик /О.А.Манський, В.В.Ушаков, (Україна). - №95073207; заявл. 10.07.1995; опубл. 15.11.2000, Бюл. №6. – 2 с.
4. Пат. №2574227С1, РФ, МПК G01L 11/00. Волоконно-оптический датчик давления /А.И.Цаплин, В.Я.Каюмов (Россия). - №2014145569/28; заявл. 12.11.2014; опубл. 10.02.2016, Бюл. №4. – 7с.
5. Пат. №146402, Україна, МПК G01L 11/00. Волоконно-оптичний датчик тиску /О.М.Костенко, М.Д.Кошовий, В.В.Муратов, В.А.Дергачов, І.І.Кошова (Україна). - №U202006323; заявл. 30.09.2020; опубл. 17.02.2021, Бюл. №7. – 2 с.
6. Пат. №143765, Україна, МПК G01L 11/00. Волоконно-оптичний датчик тиску /О.М.Костенко, М.Д.Кошовий, В.В.Муратов, І.В.Льїна (Україна). - №U202001348; заявл. 28.02.2020; опубл. 10.08.2020, Бюл. №15. – 2 с.

**Pashechko Mykhailo**, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Lublin University of Technology, Lublin, Poland  
e-mail: mpashechko@hotmail.com, тел. (097) 1433925

**Гриджук Я.С.**, д.т.н., доцент,  
професор кафедри технічної механіки  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
e-mail: [jaroslav.gridzhuk@gmail.com](mailto:jaroslav.gridzhuk@gmail.com), тел. (067) 9368170

**АльТанакчі Ахмед**, аспірант кафедри буріння свердловин  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
e-mail: [drill@nung.edu.ua](mailto:drill@nung.edu.ua) (063) 6479239

## РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БУРИЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

**Abstract.** *The issue of expanding the technological capabilities of the complex for measuring the dynamic parameters of the drilling tool is considered. This improvement is possible due to the introduction of sensors in the complexes for recording forces, moments and oscillations in arbitrary sections of the drilling tool in real time.*

**Key words:** *drill string, drill bit, sensor, measurement, load, torque, oscillations.*

Безперервний збір інформації про динамічні параметри бурильної колони - це ефективний інструмент дослідження, оперативного керування й спеціального регулювання для вирішення проблем, що виникають під час буріння. Системи контролю параметрів буріння містить апаратну частину й програмне забезпечення, об'єднані в єдиний комплекс, проте не дають можливості синхронно вимірювати динамічні параметри бурильного інструменту в різних його перерізах.

Тому *метою даної* роботи є розширення технологічних можливостей таких систем шляхом впровадження в них датчиків для реєстрації сил, крутних та згинальних моментів, а також всіх видів коливань у довільних перерізах бурильного інструменту в режимі реального часу.

На даний час контроль динамічних процесів, що відбуваються в бурильному інструменті здійснюється з використанням систем автоматизованого управління (САУ) [1, 2, 3]. Такі системи призначені для збору й обробки інформації, розрахунку оптимальних параметрів буріння, підтримки заданих або розрахованих режимів буріння, оперативного управління процесом буріння, а також для захисту обладнання від перевантажень і запобігання аварій та ускладнень. САУ фірми-виробники виготовляють у вигляді простих пультів моніторингу (від 5 до 6 параметрів буріння), так і складних - для контролю понад 30 механічних, гідравлічних, реологічних і технічних параметрів [4, 5, 6, 7].

У США використовується понад 80 подібних систем, аналогічні є в Німеччині, Норвегії, Канаді, Китаї, Франції та інших країнах. Найбільш популярні на сьогодні САУ: "SDS" (США), "Drill-Au Mation Inc" (США), "Martin-Decker" (Норвегія, США), "Dokhorn" (Німеччина), "Commander" (США), "Humble Oil & Refining" (США, Канада), "Леуза-2" (РФ), "Drilling Office" та "Total Drilling Performance" (США, Франція).

Вказані САУ дозволяють у автоматизованому режимі вирішувати такі задачі, як створення геометричного плану свердловини для визначення геологічних цілей; моделювання сценаріїв розташування свердловин, що дозволяють уникнути їхнього перетину; розробка компоновки бурильного інструменту; моделювання конструкції свердловини; аналіз динамічного напруженого стану бурильної колони з врахуванням механічних властивостей порід; розрахунок втрат тиску бурового розчину, аналіз процесу

промивання; планування і відстеження ходу бурових робіт, вибір запланованих і актуальних даних для аналізу процесу буріння; моделювання викиду газу; проектування цементування; моделювання температурних режимів, тощо.

Розширення технологічних можливостей існуючих САУ, які входять до складу телеметричних систем [6, 7], передусім можливе завдяки спорядженню їх спеціальними автономними давачами, які на основі свердловинних вимірювань дають точну інформацію про динаміку бурильного інструменту та процес буріння [8, 9]. Такі давачі можуть вимірювати поздовжні, поперечні, крутильні коливання, навантаження на долото, крутний момент на долоті, згинальні та крутні моменти в перерізах бурильної колони, тиск і температуру в кільцевому просторі свердловини, а також цілий ряд інших параметрів.

**Висновки.** Такий моніторинг дає можливість оптимізувати параметри режиму буріння, мінімізувати ризики, пов'язані із втомою елементів бурильної колони та запобігти їх передчасному руйнуванню. При цьому їх доцільно об'єднувати у блоки вимірювання, які можуть встановлюватися в різних перерізах бурильної колони.

Створені таким чином комплекси безперервного збору інформації про динамічні параметри бурильного інструменту за прогнозними даними дозволяють: щороку скорочувати термін буріння свердловини на 1,5-2 %; прискорювати їхнє введення в експлуатацію; знизити аварійність під час буріння на 15-20 %.

### Список літератури

1. Цуприков, А.А. Технологии оптимального управления процессом бурения. Коллективная монография: Моделирование развития информационно-телекоммуникационных систем; под ред. А.В. Бабкина. СПб.: изд Синтез Бук, 2009. С. 78-112.
2. Цуприков, А.А. Интеллектуальная система адаптивного управления технологическим процессом бурения нефтегазовых скважин: дисс. на соиск. уч. степени д-ра техн наук: спец. 05.13.06. Краснодар: ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет", 2018. 429 с.
3. Nitin Sharma, Brian Donadieu and Sidney Huval; Baker Hughes. Downhole Optimization Sub Consistently Maximizes and Minimizes Risk in Both Drilling and Well Intervention Operations. Texas, April 12-14, 2011. This conference was sponsored by the American Association of Drilling Engineers. [www.aade.org/app/.../AADE-11-NTCE-60](http://www.aade.org/app/.../AADE-11-NTCE-60).
4. Goke Akinniranye, Hesham Elswaisy, Julio Palacio, Benny Poedjono, Andrea Bautista Gomez, and Roger Goobie. An Integrated Approach to Minimizing Shock and Vibration Damage. This conference was sponsored by the American Association of Drilling Engineers. Houston, Texas, April 10-12, 2007.
5. Schlumberger. Drilling Dynamics. Sensors and Optimization. [www.slb.com/drilling](http://www.slb.com/drilling).
6. Schlumberger. Drillstring Vibrations and Vibration Modeling. [www.slb.com/drillingop](http://www.slb.com/drillingop).
7. Halliburton. Wellplan™ Suite Well Operations Software. [www.halliburton.com](http://www.halliburton.com).
8. Seismic Bits Intellipipe Jars Motors. Ramers Shocks Steering Fishing Tools. Technology Summary 25 February 2003. [www.intelliserv.net](http://www.intelliserv.net).
9. Измерительная аппаратура. Удар, вибрация, акустическая эмиссия, давление, сила. ООО "Глобал Тест". Каталог. [www.globaltest.ru](http://www.globaltest.ru).

**Pashechko Mykhailo**, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Lublin University of Technology, Lublin, Poland,  
e-mail: mpashechko@hotmail.com, тел. (097) 1433925

**Роп'як Л.Я.**, д.т.н., доцент,  
професор кафедри комп'ютеризованого машинобудування  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
e-mail: L\_ropjak@ukr.net, тел. (050) 5408007

**Стрілецький Ю.Й.**, д.т.н., доцент,  
професор кафедри інформаційних і телекомунікаційних технологій та систем  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
e-mail: momental@ukr.net, тел. (099) 2007748

**Романів М.М.**, аспірант кафедри комп'ютеризованого машинобудування  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
e-mail: romaniv2809@ukr.net, тел. (050) 2330848

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ МІКРОДУГОВОГО ОКСИДУВАННЯ

***Abstract.** The thesis presents the results of the developed automated control system for microarc oxidation of aluminum alloys in a flowing electrolyte. The process of oxide coating application on the surfaces of aluminum parts, as well as and the influence of technological parameters of the process on the roughness and wear resistance of coatings.*

***Key words:** aluminum alloys, technological process, plasma electrolytic oxidation, coating, automated control system, wear*

Алюміній, магній, титан та їх сплави широко використовуються у різних галузях промисловості оскільки вказані матеріали мають високу питому міцність, добре піддаються пластичному деформуванню та обробці різанням. Використання легких сплавів, як конструкційних матеріалів, дозволяє суттєво зменшити масу машин та обладнання, але їх низька зносостійкість стримує розширення сфер застосування. Тому стає актуальною проблемою розробка екологічно чистих технологій формування оксидних покриттів для захисту та зміцнення робочих поверхонь деталей машин із легких сплавів.

Аналіз літературних джерел, патентів і нормативних документів показав, що оксидні покриття формують на компактних матеріалах і на нанесених шарах із сплавів «вентильної групи». Дослідники в основному зосереджуються на вивченні впливу хімічного складу легких сплавів, компонентного складу електроліту, його температури та струмових режимів процесу мікродугового оксидування сплавів «вентильної групи» в електроліті [1, 2, 3]. Але недостатньо уваги приділяють розробці автоматизованих систем керування процесами мікродугового оксидування (плазмоелектролітичного оксидування) легких сплавів.

***Метою роботи** є розроблення системи автоматизованого контролю технологічних параметрів процесу мікродугового оксидування алюмінієвих сплавів у електроліті.*

Установка для мікродугового оксидування деталей містить гальванічну ванну з неіржавіючої сталі (електрод) для електроліту, встановлену на електроізоляційних опорах, підвіску для закріплення деталей та підведення до них електричного струму, джерело живлення електричним струмом (змінним/постійним) та систему автоматизованого керування технологічними параметрами процесу мікродугового оксидування алюмінію, яка забезпечує підтримання на заданому рівні напруги, густини струму, співвідношення катодного струму до анодного струму, температури електроліту та його компонентного складу.

Система перемішування та охолодження електроліту забезпечує неперервне омивання електролітом деталі в гальванічній ванні та підтримання заданої температури. Оснащення установки системою витяжної вентиляції забезпечує видалення із поверхні зеркала гальванічної ванни випарів електроліту та газів, утворених під час формування оксидного покриття. Для запобігання ураження електричним струмом служить систему блокування та звукової сигналізації.

Як основу для формування оксидних покриттів використовували зразки із алюмінієвого деформованого сплаву Д16Т (ГОСТ 4784-74). Електролітом слугував водний силікатнолужний електроліт із нанододатками.

Технологічний процес мікродугового оксидування включає підготовка поверхні заготовки (знежирювання), встановлення заготовки на струмовідводі підвіски та занурення в електроліт, формування оксидного покриття заданої товщини, промивання деталі з оксидним покриттям, наповнення оксидного покриття (за потреби), сушіння деталі, контроль товщини оксидного покриття, видалення зовнішнього технологічного шару (за потреби), контроль геометричних розмірів деталі та шорсткості поверхні.

Аналіз складу показав наявність високотемпературної фази  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , яка забезпечує високу твердість робочого шару оксидного покриття. Вміст міді у складі сплаву Д16Т призводить до утворення оксидів міді в оксидному покритті, робочий шар якого має чорний колір.

Випробовування на зношування зразків з оксидними покриттями проводили на машині тертя УМТ-1 під час сухого тертя за схемою диск – палець. Розроблена система автоматизованого керування технологічними параметрами процесу мікродугового оксидування забезпечила одержання покриттів із стабільними фізико-механічними властивостями, а також підвищеною зносостійкістю порівняно із оксидними покриттями, сформованими за традиційною технологією.

**Висновки.** Проведений аналіз способів мікродугового оксидування алюмінієвих сплавів показав перспективність застосування систем автоматизованого керування технологічними параметрами процесу. Використання розробленої систем автоматизованого керування процесом мікродугового оксидування забезпечило формування оксидних покриттів на алюмінієвому сплаві Д16Т із покращеними фізико-механічними властивостями.

### Список літератури

1. Суминов И.В. Микродуговое оксидирование: теория, технология, оборудование / И.В. Суминов, А.В. Эпельфельд, В.Б. Людин и др.; под ред. Т.А. Карасевой. – М.: ЭКОМЕТ, 2005. – 368 с.
2. Гнеденков С.В. Композиционные многофункциональные покрытия на металлах и сплавах, формируемые плазменным электролитическим оксидированием / С.В. Гнеденков, С.Л. Синябрюхов, В.И. Сергиенко. – Владивосток: Дальнаука, 2013. – 460 с.
3. Парфенов Е.В. Электролитно-плазменная обработка: моделирование, диагностика, управление / Е.В. Парфенов, Р.Р. Невьянцева, С.А. Горбатков, А.Л. Ерохин. – М: Машиностроение, 2014. – 380 с.



**Skoryna Yevheniia**, PhD candidate,  
Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies,  
Cherkasy State Technological University, Ukraine  
e-mail: [skevvi2016@gmail.com](mailto:skevvi2016@gmail.com)

**Shadkhin Volodymyr**, PhD,  
mhplus BKK Company health insurance, IT-department, engineer, Germany  
**Andriienko Volodymyr**, PhD, Assoc. Prof.,  
Associate Professor of Department of Computer Sciences and System Analysis,  
Cherkasy State Technological University, Ukraine

## MATHEMATICAL AND INFORMATIONAL SUPPORT OF CONTROL MEANS OF OPTICAL COMPONENTS OF MEDICAL MEASURING DEVICES

**Abstract.** *The paper analyses and selects modern mathematical and informational support for the implementation of the functional part of the computerized control system of optical components of medical measuring devices. Particular attention is paid to information, technical, software and mathematical software as one that needs improvement. The lack of unified methods of comprehensive control in one control-measuring cycle, complexity and duration of the control process, lack of software product that would allow for hybridization of computerized control systems into universal measuring and control systems, high complexity of calculations, which makes it impossible to perform calculations and simulations in real time, are the main disadvantages that limit the high-precision control of optical components of measuring instruments for the medical industry.*

**Keywords:** *means of control, mathematical and informational support, medical measuring device, optical component.*

**Анотація.** *В роботі проаналізоване та обране сучасне математично-інформаційне забезпечення для реалізації функціональної частини комп'ютеризованої системи контролю оптичних компонентів медичних вимірювальних приладів. Особлива увага приділена інформаційному, технічному, програмному та математичному забезпеченню, як такому, що потребує удосконалення. Встановлено, що основними недоліками, що обмежують проведення високоточного контролю оптичних компонентів вимірювальних приладів для медичної галузі є такі: відсутність уніфікованих методик проведення комплексного контролю в одному контрольно-вимірювальному циклі; складність та довготривалість проведення процесу контролю; відсутність програмного продукту, що дозволив би забезпечити гібридизацію комп'ютеризованих систем контролю в універсальні вимірювально-контролюючі комплекси; висока складність розрахунків, що унеможлиблює проводити розрахунки та моделювання в умовах реального часу.*

**Ключові слова:** *засіб контролю, математично-інформаційне забезпечення, медичний вимірювальний прилад, оптичний компонент*

Formulation of the problem. To implement the functional part of the computerized control system (CCS) of the optical components of medical measuring instruments, it is necessary to use the appropriate resources created by the means of mathematical and informational support. As a part of the supply unit of CCS, there are separate supply subsystems, each of which combines a certain type of resources, as well as the conditions of their operation. These subsystems cover a typical set of resources required for the operation of CCS, so their list is universal and almost the same for different CCS [1].



*The purpose of the work* is to analyse and select the most rational set of tools for the implementation of a computerized control system for optical components of medical measuring instruments.

**Mathematical and informational support of means of control of optical components.** The following subsystems such as informational, technical, software, mathematical, ergonomic, technological, organizational and methodical ones belong to the mathematical and informational support of control means of optical components of medical measuring devices [2].

*Informational support* is the most important element of a computerized control system. The reliability and efficiency of the obtained results largely depends on the quality of the developed information support.

For the functional subsystems of such CCS, informational support is a set of informational resources, as well as means of their processing, in particular, structuring and systematization of information about the object of control, including:

- a single system of metrological indicators of the object of control;
- methodical and instructive materials for carrying out control procedure;
- arrays of information obtained as a result of control.

The development and structural construction of informational support largely depends on the tasks of control carried out with its use, the composition of control functions, means of informational conversion, and forms of data presentation and so on. In the process of developing informational support it is necessary to determine the composition of the information needed to solve a set of control tasks, structure of information and rules of formation of indicators, characteristics of information (usefulness, timeliness, reliability, etc.) and ways of its transformation.

The basis of informational support is the information base (IB) – a set of organized information used in the operation of the CCS. In terms of composition and content, it must meet the requirements of those control tasks that are solved on its basis.

The most effective is the organization of CCS on the basis of interconnected results in the form of a database (DB) – an integrated set of data on the basis of which control problems are solved. Automated generation of information about the results of control allows you to quickly update it and eliminates the possibility of duplication of data. The organization of CCS databases should be based on the principle of unity, which provides for the storage in the database of information accumulated by all services, and provides access to all information of different users.

*Hardware* is a set of technical means that ensure the functioning of the CCS, and contains devices that perform standard operations for obtaining and processing data, as well as relevant documentation for setting up, installation and verification of these hardware. In this case, data processing can be performed both outside computer systems and on computers of different classes.

The basis of technical support is a set of technical means – a set of interconnected single management and autonomous technical means of collecting, registering, accumulating, transmitting, processing, outputting and presenting information about the object to be controlled [3].

The set of technical means used for automation and computerization of the process of control of optical measuring instruments consists of separate units [4], each of which is intended for the operation of the corresponding CCS, such as those listed in table 1.

Table 1. Examples of CCS units of optical components of measuring instruments

No	The name of the unit of technical means	Purpose of the component	Computerized control system where the unit is used
1	Optical sensor	Reception of optical information	Photometric equipment
2	Optical switch	Acts as optical cross-connectors that connect multiple input lines	Telemetry equipment
3	Laser fiber spectrometer	Processing and storage of specific wavelengths for their further analysis	Fluorometric equipment
4	Optical splitter	The branching of the laser radiation sent to the optical fiber and the reverse radiation returned from the optical fiber and branched to the optical sensor of the spectrometer	High-precision spectrometer
5	Optical interferometer	Separation of coherent light flux into individual beams with their subsequent interferometry	Optical gyroscope

*Software* is a set of programs for efficient organization of the computational process in CCS. Opportunities for the development of CCS are associated with the use of software products focused on the organization of the control process, solving basic metrology problems and decision-making.

The following requirements apply to CCS software:

- the need to process large amounts of information in a limited time;
- organization of user interaction with information resources in an interactive mode to provide the possibility of analysis, forecasting and control;
- availability of modes of multivariate access of a large number of users to the controlled data;
- the possibility of simultaneous access to user data for joint analysis of information;
- ensuring reliable protection of control modes and received data from unauthorized access, computer viruses, etc.

These requirements are aimed at the use of system applications and related application software products to solve functional control problems.

*Ergonomic support* is a set of interrelated requirements aimed at harmonizing the psychological, anthropometric, physiological characteristics and capabilities of man, on the one hand, and the technical characteristics of controls and parameters of the workplace (lighting, exposure, noise, etc.) on the other.

*Mathematical software* is a set of applied mathematical methods, models and algorithms for information processing in CCS.

Due to the presence and use of interconnected subsystems, the support part not only supports the operation of the functional part, but also combines all functional subsystems into a single multifunctional CCS.

Mathematical support should include a set of mathematical models and methods for solving problems of analysis and synthesis of control functions, evaluation of parameters (formation) of control objects, algorithms for calculating metrological indicators that characterize the qualitative state of the object of study.

The basis of the mathematical support of the system should be the following:

- mathematical models of control systems operation for different modes, models of control processes;
- methods of estimating the parameters of control objects, synthesis of the functional structure of the system, optimization of the composition of equipment for control, synthesis of optimal strategies for the use of CCS;
- algorithms for calculating the initial performance of CCS.

Modelling of the process of functioning of the CCS should be carried out, first of all, in order to study the features of the control process, which is modelled, to obtain its general patterns. Control processes should be investigated on models. In this case, the properties of the control

system (functionality of the system, metrological parameters for different spatial and temporal constraints and some other characteristics) for different variants of the control process should be studied. In addition, it is necessary to study the control process itself in order to find the optimal combination of different metrological control parameters in view of a certain criterion of optimality.

**Conclusions.** Thus, modern mathematical and informational support for the implementation of the functional part of the computerized control system of optical components of medical measuring devices is analysed and selected. Among such support, special attention should be paid to the informational, technical, software and mathematical software. It is established that despite the advantages of these tools, their main disadvantages, which limit the high-precision control of optical components of medical measuring instruments, in particular for the types of software, are:

- information support: lack of unified methods of complex control in one control and measurement cycle;
- technical support: complexity and duration of the control process;
- software: lack of software that would allow for hybridization of computerized control systems into universal measuring and control systems;
- mathematical software: high complexity of calculations, which makes it impossible to perform calculations and simulations in real time.

### References:

1. Doslidzhennia optychnoi poverkhni pislia yii elektronnoi mikroobrobky (Investigation of the optical surface after its electronic micromachining) / Ye.V.Skoryna, I.O.Makarenko, Yu.Iu.Bondarenko, M.O.Bondarenko // Pryladobuduvannia ta metrolohii: suchasni problemy, tendentsii rozvytku: mater. IV Vseukr. nauk.-prakt. konf. (m.Lutsk, 29 – 30 zhovtnia 2020 r.). – Lutsk: Lutskyyi NTU. – 2020. – S. 84–85. [in Ukrainian]
2. Study of ordered oxide patterns got on the dielectric surfaces with the combined electronic technology / Y.I.Kovalenko, M.A.Bondarenko, E.V.Vertsanova, I.V.Iatsenko, V.A.Andrienko, Y.Y.Bondarenko // Physics and technology of thin films and nanosystems: thesis XIV Intern. conf. (Ivano-Frankivsk, May, 20-25, 2013). - Ivano-Frankivsk. – 2013. – pp. 92.
3. Osnovni vymohy do konstruktsii avtomatyzovanykh system kontroliu na bazi atomno-sylovykh mikroskopiv (Basic requirements for the design of automated control systems based on atomic force microscopes) / O.I.Andriienko, S.O.Bilokin, V.O.Andriienko, M.O Bondarenko. // Datchyky, pryklady ta systemy – 2019: tezy dop. VIII Mizhnar. naukovo-tekh. konf., (sel.Lazurne, 16 – 20 veresnia 2019 r.). – Cherkasy. – 2019. – S. 18-20. [in Ukrainian]
4. Avtomatyzovana systema keruvannia zasobamy nanometrychnoho kontroliu (Automated control system for nanometric control) / D.V.Tychkov, M.O.Bondarenko, S.O.Bilokin // Kompleksne zabezpechennia yakosti tekhnolohichnykh protsesiv ta system (KZIIaTPS – 2020): mater. X mizhnar. nauk.-prakt. konf., (m.Chernihiv, 19 – 20 kvitnia 2020 r.). – Chernihiv: ChNTU. – 2020. – T.2. – S. 174-175. [in Ukrainian]

**Строкань Д.В.**, здобувач освітньо-наукового рівня доктор філософії, кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: [strokand@gmail.com](mailto:strokand@gmail.com) тел. 8 (093) 423-88-02

## РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН В УМОВАХ ЗАКРИТИХ ҐРУНТІВ

***Анотація.** В роботі описаний підхід до розробки універсальної системи автоматизованого контролю параметрів процесів вирощування сільськогосподарських рослин в умовах закритих ґрунтів та очікувані переваги розроблюваної системи.*

***Ключові слова:** автоматизований контроль параметрів, сільськогосподарські рослини, оперативний збір та обробка інформації, датчики.*

***Abstract.** The paper describes the approach to the development of a universal system of automated control of the parameters of the processes of growing agricultural plants in closed soils and the expected advantages of the developed system.*

***Key words:** automated control of parameters, agricultural plants, operative collection and processing of information, sensors.*

На сьогодні попит на сільськогосподарську продукцію зростає, зокрема і на продукти рослинного походження, зазначені у групах 01-05 УКТ ЗЕД, завдяки чому виникає актуальне завдання у вирощуванні їх протягом цілого року. В кліматичному поясі України це можливо лише в умовах закритих ґрунтів (у спеціалізованих комплексах, теплицях, оранжереях). Для збільшення ефективності вирощування сільськогосподарських рослин в умовах закритих ґрунтів активно застосовуються різноманітні системи автоматизованого контролю низки параметрів кліматичних умов тепличних господарств або параметрів ґрунтів безпосередньо, а також автоматизовані системи керування процесами вирощування, зокрема, шляхом дозованого внесення добрив тощо.

**Мета роботи:** підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських рослин в умовах закритих ґрунтів шляхом створення універсальної системи автоматизованого контролю параметрів процесів їх вирощування.

Розроблювана система передбачає використання низки датчиків для контролю параметрів кліматичних умов та характеристик ґрунтів, застосування IoT-технологій для збору інформації, оперативний аналіз зібраної інформації, інформаційну систему автоматизованого прийняття рішення щодо відповідності виявлених результатів очікуваним та систему зворотнього зв'язку для внесення коректив у процеси вирощування.

Використовувані в системі датчики для контролю параметрів кліматичних умов та характеристик ґрунтів дозволять:

- здійснювати систему полива з контролем та регулюванням добрив, солей і кислотності як субстрату, так і води;
- здійснювати аналіз та регулювання температури повітря, концентрації газів у ньому;
- забезпечувати контроль рівня освітленості та спектра світла;
- забезпечувати контроль та аналіз стану самих рослин.

В якості основних датчиків для аналізу процесу вирощування рослин в закритих ґрунтах в розроблюваній системі планується використати: датчик температури, датчик вологості, датчик освітленості, спектральний аналізатор світла, вуглекислий датчик, аналізатор газів в повітрі, датчик виміру солей в розчинах та субстрату, датчики кислотності води та ґрунту, анемометр, аналізатор рослини [1].

Аналіз та зберігання інформації з датчиків забезпечуватиме головний сервер, який автоматично вноситиме корективи в систему керування процесами вирощування, крім того, за необхідності керування процесами може забирати на себе оператор.

За рахунок використання IoT-технологій система може працювати цілодобово та автономно [2]. Даний комплекс допоможе автоматизувати процес вирощування, спростити його, збільшити кількість кінцевого продукту та в результаті знизити його собівартість.

**Висновок.** Очікуваними перевагами розроблюваної системи є:

- збільшення врожайності вирощуваної сільськогосподарської продукції без збільшення задіяних площ закритих ґрунтів;
- повна автоматизація процесів вирощування сільськогосподарських рослин в умовах закритих ґрунтів;
- здешевлення собівартості продукції за рахунок підвищення ефективності її вирощування.

### Список використаної літератури

1. 8 Types Of Sensors For Best Greenhouse Remote Monitoring Systems [online] <https://www.renkeer.com/sensors-for-greenhouse-remote-monitoring-systems/>
2. Greenhouse Grower <https://www.greenhousegrower.com/technology/software/>

**Таран В.І.**, завідувач сектору будівельних, земельних досліджень та оціночної діяльності відділу товарознавчих, гемологічних, економічних, будівельних, земельних досліджень та оціночної діяльності Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
вул. Пастерівська, 104, м. Черкаси, 18009, Україна  
e-mail: taranexр@ukr.net, тел. 8 (098) 467-60-78

## «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» – МЕРЕЖЕВА БУДІВЛЯ МАЙБУТНЬОГО

**Abstract.** *Modern buildings must be safe and easy to operate and operate, and consume a minimum of electricity. These requirements can be met by automating and installing an intelligent network of technical equipment. The report is devoted to the study of "smart homes", in particular the networks of the building of the future.*

**Key words:** *building, control system, automation, interface module, smart house.*

Сучасний темп розвитку суспільства надзвичайно високий. «Розумні будинки» мають сьогодні пріоритетне значення в усіх сферах діяльності й визначають розвиток суспільства завтрашнього дня. Мережі будівлі – це найбільший ринок в будівельній галузі, що зростає.

Останнім часом все більша кількість громадян в різних країнах світу переїжджає до міст, що сприяє зростанню попиту на ресурси та послуги в цих міських центрах. За прогнозами ООН, до кінця XXI ст. у містах буде проживати 84% населення [1]. До 2025 року в 34 містах світу кількість населення становитиме понад 10 мільйонів людей. Міста вже споживають 2/3 світової енергії та більшість інших ресурсів.

Збільшення попиту на ресурси міста, включаючи надійність енергії, якість повітря та транспортний потік, вплине на якість життя. Зважаючи на вищезазначене, дедалі актуалізується проблема створення та розвитку «розумних» міст. Формуються та впроваджуються концепції і стратегії Smart Cities в різних країнах світу, у т. ч. і в Україні, реалізуються проекти щодо підготовки фахівців, які можуть бути творцями «розумних» міст (наприклад спецпроект «Галузі майбутнього»).

Є.В. Ромат здебільшого звертає увагу на історичний розвиток будівництва міст, а також наголошує на значній ролі в цьому процесі «розумних будинків» як головних чинників побудови економічно-розвинутих міст [2–4].

Проблемами створення «розумних» міст в останній час цікавляться як зарубіжні, так і українські фахівці. Так, Carol L. Stimmel у своїй праці «Building Smart Cities: Analytics, ICT, and Design Thinking» («Створення розумних міст: аналітика, ІКТ та дизайнерське мислення») пояснює технологію, яка називається дизайнерським мисленням для побудови «розумних» міст. Він розглядає всі складові елементи в контексті інтелектуального розвитку міста та роз'яснює спосіб їх інтегрального використання. Термін «розумне місто» автор визначає, як нове міське середовище, яке розроблено завдяки інформаційним та комунікаційним технологіям [5].

Третяк Я. досліджує «розумні» міста та будинки, як галузі майбутнього. Вона обґрунтовує, чому Smart Cities та Smart Homes є сьогодні однією з найпривабливіших сфер для роботи, а також що потрібно знати, аби стати спеціалістом у цій галузі [1].

**Мета і завдання дослідження:** визначення основних принципів та ознак «розумного будинку», виявлення особливостей та переваг створення Smart Homes, окреслення перспектив їх розвитку у країнах світу та в Україні.

Що робить будівлю «розумною»? Просто додати «розумної» електроніки для технічної експлуатації насправді не достатньо. Будівля стає справді «розумною» лише тоді, коли всі компоненти працюють узгоджено, централізовано та просто. Насправді це стосується всіх видів систем: освітлення, опалення, контролю клімату, вентиляції та техніки для безпеки, а також дверної та віконної техніки. Завдяки автоматизованій мережевій

техніці «розумні будівлі» динамічно адаптуються як до навколишнього середовища, так і до поведінки користувачів.

Для «розумних будівель» електротехнічна галузь постачає численні інноваційні продукти та рішення, які вже перевірені та поширені в новобудовах. Зокрема, є великі успіхи у сфері енергоефективності: споживання енергії в офісній будівлі тепер може бути зменшене до 30% за рахунок автоматизації [6].

У майбутньому будівлі стануть все більш автоматизованими. Вони автоматично регулюють опалення, вентиляцію та мікроклімат. Вони перемикають освітлення на потрібний рівень залежно від зовнішнього рівня освітленості та присутності в приміщенні людей. Вони піднімають або опускають жалюзі, відкривають і закривають вікна та двері. І вони роблять усе це у повній відповідності до потреб користувачів чи мешканців під час їхнього пересування будівлею. А коли люди залишають будівлю, споживання енергії автоматично зменшується до мінімуму, доступ блокується й активується система сигналізації.

Автоматизація будівель – це сукупність обладнання, яке використовується для автоматичного управління, регулювання, контролю та оптимізації в будівлях. Це означає, що всі датчики, сервомеханізми, робочі елементи, споживачі та інші технічні пристрої в будівлі об'єднані у мережу. Система автоматизації будівлі автоматично виконує конкретні функціональні процеси в рамках техніки будівлі відповідно до встановлених параметрів. Таким чином здійснюється ефективне та централізоване управління технічним обладнанням будівель.

Структура автоматизації будівлі відповідно до DIN EN ISO 16484 [2].

**Рівень управління** відповідає за контроль системи й оптимізацію її роботи за допомогою спеціального програмного забезпечення – системи управління будівлею. Програмне забезпечення візуалізує та зберігає інформацію та дані.

**Рівень автоматизації** відповідає за обробку та оцінку зібраної інформації. Команди перемикавання та позиціонування перенаправляються на польовий рівень. Однак вони також можуть бути передані на всі інші рівні рівня команд.

**Польовий рівень** передбачає виконання всіх функцій, вимірювання та передачу даних. Ці дані надходять від датчиків (наприклад, датчиків температури, датчиків якості повітря, датчиків освітленості, датчиків руху, віконних контактів, датчиків швидкості вітру, датчиків опадів) та сервомеханізмів (серводвигунів для клапанів і заслінок, вимикачів та обладнання для регулювання освітлення, приводів для сонячних екранів, вікон та дверей) та інших кнопок та вимикачів.

Для передачі інформації від датчиків чи команд керування позиціонуванням до сервомеханізмів пристрої необхідно підключити до спільної мережі.

Головні завдання, які вирішують системи «розумного будинку»:

- управління світлом (використання датчиків – руху, освітленості, часу) [2];
- управління кліматом (кондиціонер, опалення або зволожувач повітря);
- система безпеки (камери відеоспостереження, датчики руху і об'єму, сенсори температури, вологості і контролю газу);
- сенсорне управління (сенсорні панелі);
- віддалене управління та голосове управління (Bluetooth-гарнітура) [2].

Розглянемо одну із основних систем «розумного будинку» на прикладі «розумної вентиляції»: віконні приводи GEZE інтегровані в будівельні системи KNX. Компанія GEZE – розробник інтелектуальних продуктів, системних рішень та послуг у сфері впровадження цифрових мереж технологічних компонентів будівель [2].

Інтерфейсний модуль GEZE IQ box KNX підходить для впровадження гнучких рішень природної вентиляції в невеликих будівлях. IQ box KNX забезпечує безпосередню інтеграцію віконних приводів серії GEZE IQ windowdrive у системи інженерного обладнання KNX. Це забезпечує взаємодію з іншими компонентами, сумісними з KNX,

такими як кнопки та сенсорика. IQ box KNX простий в установці, може бути гнучко адаптований до будівлі та може поєднуватися з усіма продуктами KNX.

Наприклад, у школах автоматизація будівлі за допомогою IQ box KNX забезпечує вищу якість повітря та енергоефективність завдяки контрольованій автоматичній вентиляції. У разі погіршення якості повітря під час уроків вікна відкриваються автоматично (і знову закриваються). Зворотнє охолодження у нічний час улітку гарантує, що вранці в класах буде прохолодно. Сенсор вимірює внутрішню і зовнішню температуру, відкриває вікна вночі, коли зовнішня температура нижча, і знову їх автоматично закриває, коли температура досягне потрібного рівня [2].

На основі проведеного аналізу Smart Cities в різних країнах світу та узагальнення основних ознак «розумного міста», таких як інтелектуальна транспортна система (спрямована на підвищення безпеки та ефективності транспортного процесу, комфортності для його учасників), «розумний» громадський транспорт (дозволяє контролювати усе, що відбувається в салоні та зовні протягом руху, використовувати геолокацію і передавати інформацію про порушення у відповідні органи), «розумні» вулиці (обладнані датчиками руху, якості повітря, вимірювання шуму, камерами та пунктами зарядки електромобілів, економними LED-лампами), онлайн-платформи уряду та відомств (мінімізують потребу відвідувати держустанови, дозволяють залучити жителів міста до управління), «розумний будинок» – дуже важлива частина Smart City, яка спрямована на підвищення рівня комфортності завдяки використанню системи високотехнологічних пристроїв.

Впровадження автоматизованих мереж «розумного будинку» охоплюють: безпеку (датчики руху, розбиття скла, відкриття вікна або дверей, відеоспостереження, електронні замки і модулі управління воротами, сирени); управління освітленням («розумні» вимикачі, модулі управління шторами та ролетами, контролери для управління світлодіодними світильниками, датчики руху і присутності); управління кліматом (датчики вологості і температури, термостати для підтримки постійної температури або її автоматичного регулювання, терморегулятори для управління потужністю радіаторів опалення) тощо.

### Список літератури

- [1] Третяк Я.В. Галузі майбутнього: «розумні» міста та будинки / Яна Третяк [Online]. Available: <https://mind.ua/publications/20188390-galuzi-majbutnogo-rozumni-mista-ta-budinki>.
- [2] Журнал GEZE [Online]. Available: <https://www.geze.ua/uk>.
- [3] Десять ознак «розумного міста» [Online]. Available: <http://thefuture.news/smart-city>.
- [4] London Smart City: Tackling Challenges With 20 Initiatives [Online]. Available: <https://mobility.here.com/learn/smart-city-initiatives/london-smart-city-tackling-challenges-20-initiatives>.
- [5] Carol L. Stimmel. Building Smart Cities: Analytics, ICT and Design Thinking / L. Stimmel Carol. – CRC Press, 2015. – 323 p.
- [6] Intelligent Decisions with Intel Internet of Things [Online]. Available: <https://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/overview.html>.



**Тігаренко В.С.**, здобувач освітньо-наукового рівня доктор філософії,  
кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: [titarenko9494@gmail.com](mailto:titarenko9494@gmail.com); тел. 8 (093) 052-82-85

**Бондаренко Ю.Ю.**, к.т.н., професор,  
професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: [julybo110976@gmail.com](mailto:julybo110976@gmail.com); тел. 8 (063) 458-85-59

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ МЕХАНІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЗМІНУ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛІВКОВИХ СЕНСОРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

***Abstract.** The article describes the developed test equipment (IMS) for studying the electrophysical characteristics of film sensor elements of electronic devices, which allows to determine with high accuracy such characteristics of these coatings as: electrical conductivity, resistivity and capacitance. And also the results of research of influence of external mechanical loadings on change of electrophysical characteristics of film sensing elements by means of the developed equipment are resulted.*

***Key words:** film sensor elements of electronic devices, electrophysical characteristics, electrical conductivity, resistivity and capacitance, external mechanical, loads test equipment*

На сьогоднішній день на ринку електронної техніки спостерігається різке зростання кількості виробів та їх компонентів, що містять сенсорні контактні елементи. Таке зростання, в першу чергу, пов'язане з безупинним зростанням виробів сфер комунікацій та розваг, як-то: мобільних телефонів, планшетних (а останнім часом і стаціонарних) ПК, гральних консолей, елементів керування та налаштування побутової техніки, автомобілів, мультимедійних пристроїв та інших [1].

Така популярність та розповсюдження пристроїв з сенсорними елементами призводить до поступового розширення їх сфер застосування, як в нормальних умовах (побутове використання), так і в екстремальних та/або аварійних умовах надзвичайних тисків, температур, а, особливо, силових динамічних навантажень.

Так, питанням розробки та дослідження сенсорних елементів електронних пристроїв займається низка провідних вітчизняних та закордонних вчених (Е.А.Джонсон, С.Херст, Б.Бой, У.Вестерман, Дж.Еліас, Е.Д.Вілсон, Дж.Хан, М.Крюгер, Т.А.Кучменко, А.І.Юрін, А.В.Дмитрієв, В.С.Боченков, В.В.Загорський) [2-4] та великих фірм і науково-виробничих об'єднань (HP, Bell Labs, IBM, BellSouth, Apple, Palm Inc., DSI Datotech, Samsung, Microsoft, OVEN, CitySensors) [5, 6].

Але, не вирішеним досі залишається важливе питання дослідження електрофізичних характеристик плівкових сенсорних елементів електронних пристроїв з метою визначення впливу на них негативних механічних навантажень.

**Мета роботи:** дослідження впливу зовнішніх механічних навантажень на зміну електрофізичних характеристик плівкових сенсорних елементів, що дозволятимуть підвищити точність, надійність та чутливість спрацьовування електронних пристроїв, а також розширити діапазон експлуатаційних характеристик цих пристроїв в нормальних та екстремальних умовах оточуючого середовища.

Основним типом матеріалів, що знайшли застосування при виготовленні ємнісних шарів сенсорних елементів електронних пристроїв є тонкоплівкові напівпровідникові матеріали [7]. До таких плівкоутворювачів–напівпровідників відносяться системи з'єднань, що пов'язані подвійними або потрійними зв'язками (полііміди, полібензімідазоли,

полібензоксазоли та інші), а також полімерні комплекси з перенесенням заряду (галогеновані полістирол, полі-а-метилстірол, полівінілнафталін тощо).

При цьому матеріалом, що найчастіше використовується при нанесенні функціональних сенсорних покриттів, є оксид індію та олова (ІТО), перевагами якого є його прозорість до видимого діапазону оптичного електромагнітного випромінювання та висока електропровідність [8].

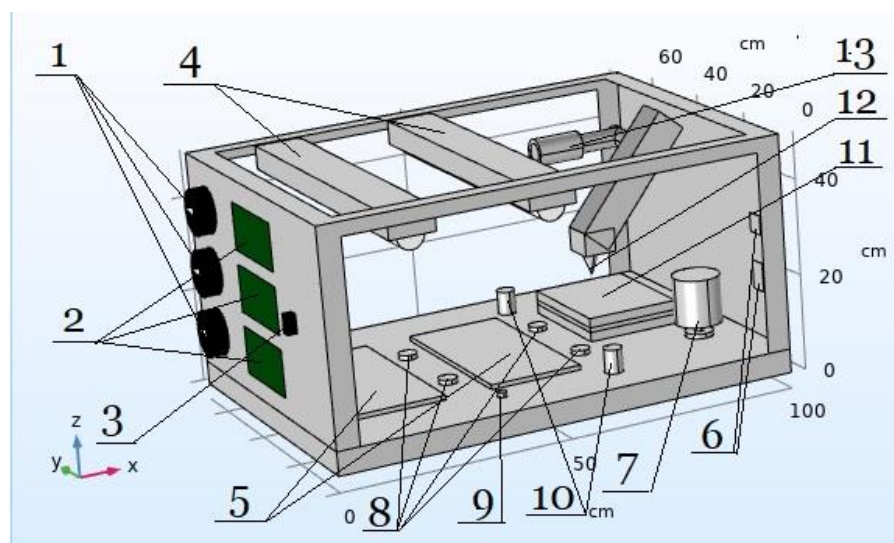
В результаті аналізу літературних джерел [9, 10] для раціонального режиму функціонування сенсорних покриттів електронних пристроїв висуваються певні вимоги, які полягають в необхідності дотримання гарантованої чистоти поверхні, підготовленої до нанесення цих покриттів, а також належному виборі режиму їх нанесення.

Тому, основними факторами, які є необхідними при дотриманні вимог до якості функціонального покриття, є надійне його зчеплення з основою (високі адгезійна та когезійна міцності, які можуть бути досягнуті підбором технологічних режимів нанесення цих покриттів), а також механічна стійкість та міцність до зовнішніх, як статичних, так і динамічних навантажень [9].

Серед електричних характеристик покриття ІТО для плівкових сенсорних елементів слід виділити наступні [11-13]: електрична провідність, питомий опір, електрична ємність.

Для експериментального випробування електричних характеристик плівкових сенсорних покриттів електронних пристроїв було розроблено спеціальний інформаційно-вимірювальний стенд (IMS), де об'єкти дослідження випробовувалися в широкому діапазоні температур, вологості та динамічних механічних навантажень.

Загальний вигляд IMS наведений на рис.1.



**Рис.1. Зовнішній вигляд інформаційно-вимірювального стенду:**

- 1 – ручки регулювання параметрів факторів впливу; 2 – індикатори стану роботи стенду; 3 – кнопка включення-виключення; 4 – кварцові нагрівачі КГ-500; 5 – тримачі для встановлення об'єкту дослідження; 6 – роз'єми для підключення до ПК та до електромережі; 7 – вібродвигун; 8 – ультразвуковий розпилювач вологи; 9 – НВЧ резонатор; 10 – регулятор вологості; 11 – предметний столик; 12 – вимірювальний зонд електричних та механічних характеристик поверхні сенсорного екрану; 13 – п'єзопривід подачі зонду**

Інформаційно-вимірювальний стенд (IMS) дає можливість здійснювати дослідження електричних характеристик в широкому діапазоні значень зовнішніх кліматичних (відносної вологості та температури) і механічних (динамічного навантаження) факторів. При цьому, вимірювані величини знаходяться в діапазоні значень, що повністю перекриває діапазон їх теоретичних (розрахункових) значень.

Розроблене випробувальне обладнання (IMS) для дослідження електрофізичних характеристик плівкових сенсорних елементів електронних пристроїв дозволяє з високою точністю визначати такі характеристики цих покриттів, як: електропровідність, питомий опір та електроємність. При цьому, похибка визначення електропровідності не перевищувала 4,5%, питомого опору – 2,5%, електроємності – 3,5%. Це дозволяє зробити висновки про оперативне та якісне визначення таких електрофізичних характеристик плівкових сенсорних елементів в широкому діапазоні значень механічних (силового динамічного) навантажень, чим скорегувати робочий діапазон значень цих факторів при використанні таких сенсорних покриттів в нормальних та екстремальних умовах експлуатації.

**Висновки.** В результаті досліджень встановлено:

- збільшення механічного навантаження на тонкоплівковий сенсорний елемент з одночасним зменшенням часу взаємодії при незмінній площі контакту веде до експоненціального збільшення потужності та чутливості імпульсу реакції за умови, що таке механічне навантаження не перевищує границю механічної міцності матеріалу сенсорного елемента;
- збільшення механічного навантаження на сенсорний елемент за постійний час та площу контакту, майже не змінює чутливість імпульсу реакції (максимальне збільшення чутливості не перевищує 1,8%);
- вібраційні коливання в діапазоні частот 30...85 Гц при механічних зусиллях порядку 20...150 мН створюють імпульси реакції порядку 12...45 мВ/мкс, що сприймаються, як «лжеспрацьовування» сенсорних елементів;
- збільшення частоти та механічних зусиль вище зазначеного діапазону призводить до руйнування основи сенсорного елемента та відшаровування сенсорної плівки від основи;
- зменшення частоти та механічних зусиль нижче зазначеного діапазону створюють імпульси реакції до 12 мВ/мкс, що не перевищує допустимих значень «білого шуму» (порядку 25...35% від мінімального значення імпульсу реакції).

### Список літератури

1. Тренди в науці та технологіях 2020-2040. Про що свідчить дослідження НАТО. Частина 1 [Online]. Available: <http://opk.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B8-%D0%B2-%D0%BD%D0%B0%D1%83%D1%86%D1%96-%D1%82%D0%B0-%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F%D1%852020-2040-%D0%BF%D1%80%D0%BE-%D1%89%D0%BE/>. Accessed on: October 7, 2018
2. Numerical Simulation of Mechatronic Sensors and Actuators Finite Elements for Computational Multiphysics Kaltenbacher, Manfred 3rd ed. 2015[S.l.] : Springer Berlin Heidelberg, 2015
3. Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2015 Jerome P. Lynch[S.l.] : [s.n.], 2015
4. Smart Sensor Phenomena, Technology, Networks, and Systems Integration 2015 Kara J. Peters[S.l.] : [s.n.], 2015
5. Global Wireless Sensor Network Research Report 2019 to 2026 [Online]. Available: [https://www.itintelligencemarkets.com/request\\_sample.php?id=85](https://www.itintelligencemarkets.com/request_sample.php?id=85). Accessed on November 7, 2018.
6. Cellphone Fingerprint Recognition Sensor Market Witness High Growth And Manufacturing Analysis By 2027|Apple, Synaptics, Fingerprints [Online]. Available: <https://neighborwebsj.com/uncategorized/943676/cellphone-fingerprint-recognition-sensor-market-witness-high-growth-and-manufacturing-analysis-by-2027apple-synaptics-fingerprints/> Accessed on January 6, 2021.
7. Д.В. Дегтяренко, В.С. Микулко, В.Д. Ежов. “Принцип работы сенсорных экранов”, *Актуальные проблемы энергетики*, - С. 446-450, 2016.

8. Л.П. Амосова, М.В. Исаев. “Магнетронное напыление прозрачных электродов ITO из металлической мишени на холодную подложку”, *Журнал технической физики*, том 84, №10, - С. 127, 2014.
9. K.L. Mittal. Adhesion measurement of thin films, *Electrocomponent Science and Technology*, Vol. 3, pp. 21-24, 2007.
10. Polymer-tech. Когезионная прочность. [Online]. Available: [http://polymer-tech.ru/ref/kogezionna9\\_pro2nost5.html#allref](http://polymer-tech.ru/ref/kogezionna9_pro2nost5.html#allref) Accessed on December 20, 2018.
11. PERSISTENCE Merket Search – Thin Film Capacitor Market [Online] Available: <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/thin-film-capacitor-market.asp> Accessed on June 18, 2019.
12. Techinstro – ITO Coated Glass [Online]. Available: <https://www.techinstro.com/ito-coated-glass/> Accessed on July 15, 2019.
13. Hart Materials – The use of nickel based particles in the electronics industry [Online]. Available: <https://www.hartmaterials.com/images/documents/the%20Use%20of%20nickel%20based%20particles%20in%20the%20electronics%20industry.pdf> Accessed on September 5, 2019.

**Trembovetska R.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized  
Technologies

Cherkasy State Technological University

[r.trembovetska@chdtu.edu.ua](mailto:r.trembovetska@chdtu.edu.ua)

**Halchenko V.Ya.**, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies  
Cherkasy State Technological University

[halchvl@gmail.com](mailto:halchvl@gmail.com)

**Tychkov V.V.**, Candidate of Technical Sciences., Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized  
Technologies

Cherkasy State Technological University

[v.tychkov@chdtu.edu.ua](mailto:v.tychkov@chdtu.edu.ua)

**Zhilka O.O.**, bachelor

## **THE IMPROVEMENT OF THE DEVICE FOR DETERMINATION OF FULL PARAMETERS OF RESISTANCE AND CONDUCTIVITY OF ELECTRIC CIRCUITS**

**Abstract.** *In the practice of service centers, it is often necessary to measure the resistance, capacitance and inductance of circuits with concentrated constant values. This is due to the temporary aging of radio components, the absence or damage of their labeling, the need to select the right components and the need to know the parameters of non-standard components. In the production of components, you need to measure their parameters many times and sort by the deviation of the measured parameter. To do this, a variety of devices are used - from multimeters to desktop meters of full parameters of resistance and conductivity of the electrical circuit. The design documentation for the device for determination of full parameters of resistance and conductivity of an electric circuit is developed. An electrical schematic diagram, a printed circuit board and an assembly drawing of the device have been developed.*

**Key words:** *impedance, conductivity, measurement, electrical circuit, printed circuit board*

**Introduction.** The total resistance of the circuit to alternating current is the vector sum of all resistances of the circuit (active, capacitive and inductive). The total resistance of the circuit with purely active elements corresponds to the sum of the active resistances of the circuit. Purely capacitive and inductive circuit supports depend on the total capacitance and inductance of the electrical circuit, respectively. Electrical conductivity (electrical conductivity, conductivity) in DC circuits is a quantity inverse to the electrical resistance. In alternating current circuits, it is known that there is active R, reactive X and impedance Y. By analogy with this, three types of conductivity were introduced: active G, reactive B and complete Y.

Modern desktop laboratory meters provide high accuracy (error up to 0.1% or less) of measurements in the frequency range up to 100 kHz. Unfortunately, most devices have a limited bottom measuring range of capacitive and especially inductive resistance. Meanwhile, when designing modern equipment, it is often necessary to measure small capacitive and inductive resistances of the circuit with a fairly small (less than 1%) error. However, this possibility is absent in the vast majority of meters. Therefore, the improvement of the device for determining the full parameters of resistance and conductivity of the electrical circuit is relevant.

**The purpose of the work** – the improvement of the analog unit of the device for determination of full parameters of resistance and conductivity of an electric circuit due to use of the newest element base.



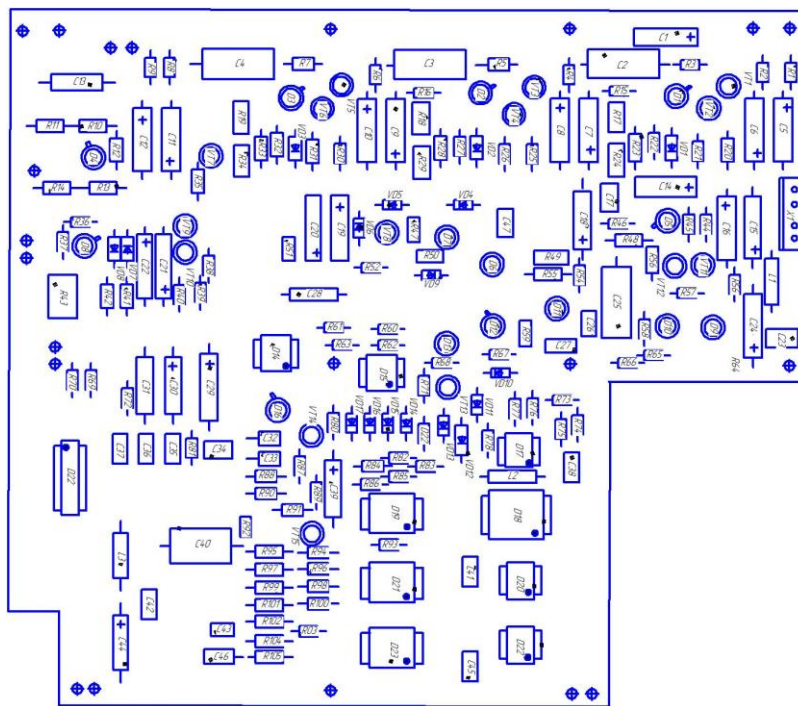
The analog unit consists of the following main components: generator, converter with a scale amplifier, synchronous detector, integrator.

The generator is used to generate a measuring signal with a frequency equal to 1 or 0.1 kHz; for the formation of voltages of the reference frequency with a phase shift of 90 degrees relative to each other, which is necessary for the operation of the synchronous detector; to supply the bias voltage to the measured object. The measuring signal is generated by a specialized digital-to-analog converter, the inputs of the weight resistors of which are connected to the outputs of the ring counter with subsequent filtering of higher harmonics by a 2-circuit RC filter. The generator input receives a voltage with a frequency of 800 kHz from the digital unit. The divider made on the chip divides this frequency by 50 or 500 depending on the control signal "1 kHz".

The work of the integrator is controlled by the controller. The controller is based on a single-chip microcomputer Atmel SAM4 based on the core ARM Cortex-M4.

The power supply is based on the uA7805 chip, RB157 diode bridge, and four Capxon KF capacitors. The uA7805 chip is a voltage stabilizer with a fixed output voltage of 5 V and overcurrent protection. The use of such chips allows to obtain the required voltage of +5V at an input voltage of 6 V to 15 V. When powered by an external source, the use of such chips is advantageous because it does not require high accuracy of the voltage source.

Measurement errors caused by the imperfection of the transducer and the amplifier are eliminated by software.



**Figure - Assembly drawing of the printed circuit board of the analog unit of the advanced device for determination of full parameters of resistance and conductivity of an electric circuit**

As an element based we choose the following elements as:

- CA3140A - BiMOS operational amplifier feature gate protected MOSFET (PMOS) transistors in the input circuit to provide very high input impedance, very low input current, and high speed performance;

- MC14560B adds two 4 – bit numbers in NBCD (natural binary coded decimal) format, resulting in sum and carry outputs in NBCD cod;

- AD741L - high performance monolithic operational amplifier, features maximum offset voltage drift of  $5 \mu\text{V} / ^\circ\text{C}$ , offset voltage of 0.5 mV max, offset current of 5 nA max, bias current of 50 nA max and a CMRR of 90 dB min;

- SN54LS14 - Schmitt-Trigger device contain six independent inverters, perform the Boolean function  $Y = A$  in positive logic;
- SN54LS04 - Military 6-ch, 4.5-V to 5.5-V bipolar inverter;
- SN54LS02 - Military 4-ch, 2-input, 4.5-V to 5.5-V bipolar NOR gate;
- CD4059AM - CMOS Programmable Divide-by-N Counter;
- SN5416 - Military 6-ch, 4.5-V to 5.5-V bipolar inverter with open-collector outputs;
- SN5405 - Hex inverter with open-collector outputs;
- MC14520A - single – package synthesizer with serial interfaces capable of direct usage up to 2.0 GHz;
- SN74HC373 - Octal Transparent D-Type Latches With 3-State Outputs 20-SOIC -40 to 85
- 2SD2689 - Silicon NPN Power Transistor.

### Conclusions

Based on the requirements for the accuracy of measuring the impedance and electrical conductivity of electrical circuits and the use of the latest element base, calculations of stabilization and smoothing filter of the power supply, multivibrator on operational amplifiers were performed. The measurement accuracy was evaluated. Calculations of thermophysical design of the printed circuit board of the base unit in the TFK 4.2 environment were performed [5].

### References

1. ГОСТ 23706-93 (МЭК 51-6-84). Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 6. Особые требования к омметрам (приборам для измерения полного сопротивления) и приборам для измерения активной проводимости.
2. Тичков В. В., Трембовецька Р. В. Теплофізичне конструювання друкованих плат в середовищі ТФК. Навчально-методичний посібник до курсового та дипломного проектування для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування усіх форм навчання. Черкаси: ЧДТУ, 2018. 100 с. <http://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/463>

**Trembovetska R.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized  
Technologies

Cherkasy State Technological University

[r.trembovetska@chdtu.edu.ua](mailto:r.trembovetska@chdtu.edu.ua)

**Halchenko V.Ya.**, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies  
Cherkasy State Technological University

[halchvl@gmail.com](mailto:halchvl@gmail.com)

**Tychkov V.V.**, Candidate of Technical Sciences., Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized  
Technologies

Cherkasy State Technological University

[v.tychkov@chdtu.edu.ua](mailto:v.tychkov@chdtu.edu.ua)

**Tovtopyat V.O.**, magistr

## THE IMPROVEMENT OF THE BLOCK-MODULAR SYSTEM OF AUTOMATION OF THE COMPUTER-INTEGRATED PRODUCTION PROCESS

***Abstract.** Based on the development trends of the modern instrument-making industry, it is possible to outline the main directions that are a priority in the design of equipment (devices, measuring and information-measuring systems): reduction of energy consumption; minimization and unification; increase accuracy and reliability; reducing the cost of the product; application of integrated information complexes and systems; basing of measuring systems and complexes on the basis of computers. Therefore, in order to improve the block-modular system of automation of computer-integrated production process, we will use these points. The design documentation for the output module of the block-module system of automation of the computer-integrated production process is developed. The electric schematic diagram, printed circuit board and its assembly drawing are developed.*

***Key words:** block-modular system, production process, output unit, printed circuit board*

**Introduction.** Nowadays, the industry is developing more and more, new productions and enterprises appear, which use conveyor lines and various automated technological processes. The number of required measurements and the number of control channels also increases, i.e. the number of sensors and actuators increases. At the same time, there is a need for a large number of calculations and increasing the amount of information used.

Therefore, further complication of systems for automation of production processes, integration of measuring and executive devices, increase of possibilities of control, diagnostics of working capacity, and fast readjustment of technological process is necessary. Given all this, the most rational at the present stage is to increase the mathematical apparatus while reducing hardware costs. In addition, the most profitable is the use of electronic computers with constantly evolving software, which also significantly expands the possibilities - it is the storage and accumulation of information about measurements for use in the next stages of the process, it is a significant facilitation of information about the process for the operator,

Therefore, there is a need to develop a system through which it will be possible to connect to electronic computers measuring sensors and actuators, with a large number of them and with minimal hardware costs. It is necessary to ensure the possibility of rapid adjustment and readjustment of the technological process using different types and quantities of measuring sensors and actuators.



**The purpose of the work** – the improvement of the output unit of the block-modular system of automation of the computer-integrated production process due to the use of the latest element base.

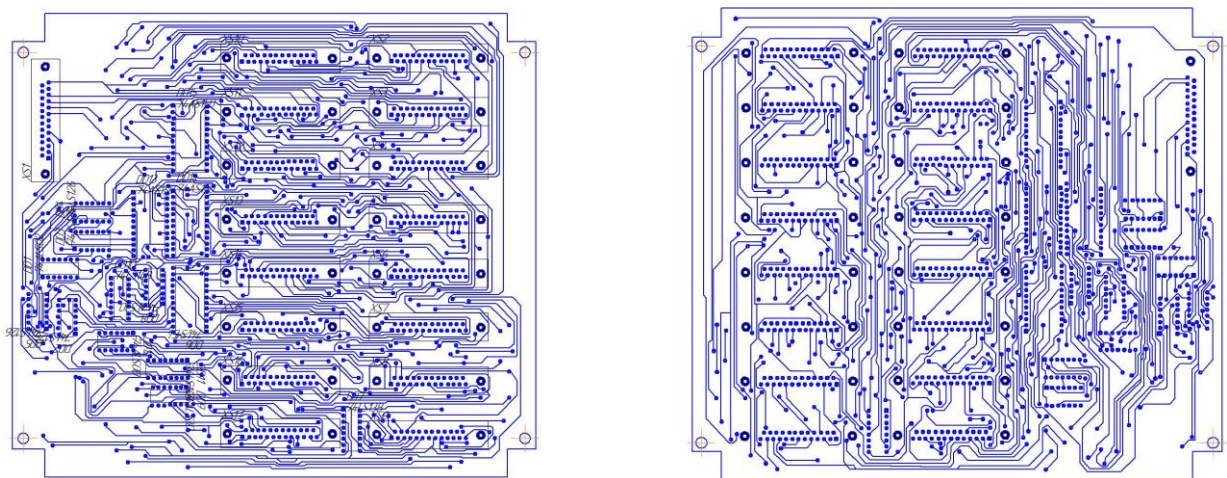
Because the switching unit is introduced into the circuit, we, first, get rid of the long chain of connections, which shortens the path of the signal, and therefore reduces the likelihood of error. Secondly, some elements common to the control units in the second scheme are transferred to the switching unit, which reduces their total number and, consequently, reduces the cost, weight and power consumption. We also have the ability to quickly reconfigure the process, replacing or adding the necessary control units to connect the required number of actuators of almost any type. Even if you do not have the necessary control units in the range, it is possible to make them to order, which will be much cheaper and faster than buying new equipment.

An equally important advantage is the ability to quickly and easily repair the system in case of failure. A suitable diagnostic system will help us to quickly find the place of failure of the system, as each actuator is checked. If the actuator fails, it can be replaced quickly. We can also quickly and easily replace each of the control units if it fails.

Therefore, in order to connect the maximum number of actuators, i.e. 128, it is necessary and optimal to use control units, each of which will be designed to connect 8 actuators, and the control units themselves in this case need 16 pieces, i.e. on the unit switching requires 16 slots or slots to connect the control units, but they can be filled not all, but only as much as necessary for the process.

Taking into account the modern requirements for digital technology, which is mainly the speed and consumption of electricity, and meeting the requirements for devices for coupling with personal computers, we choose the type of element base - TTL.

Among the elements of this class, the most acceptable are integrated circuits - SN74(A)LS - a series of integrated circuits on TTL logic, advanced low-power Schottky, 15 ... 32 ns.



**Figure - Drawing of the printed circuit board of the output module of the advanced block-modular system of automation of the computer-integrated production process**

As an element based we choose the following elements as:

- SN74LS154N - triple 3-input positive-and gates with open-collector outputs,;
- SN74LS138 - 3-line to 8-line high speed decoder / demultiplexer, ideally suited for high speed bipolar memory chip select address decoding;
- SN74LS148N - 8-line to 3-line priority encoder with 3-state outputs;
- SN74S301 - 256-bit high-performance random-access memory;
- SN74LS00 - quadruple 2-input positive-NAND gates, 4-ch, 2-input, 4.75-V to 5.25-V bipolar;
- SN 74ALS30 contains a logic element AND-NOT with eight inputs, signal delay time 7 ns, current consumption 0.4 mA.

- SN74LS02D - quad 2-input positive-NOR gates, 14-SOIC 0 to 70, bipolar, 4-ch, 2-input, 4.75-V to 5.25-V bipolar.

### **Conclusions**

From a technical point of view, almost nothing interferes - the device meets modern requirements for such devices, simple and relatively inexpensive to manufacture, meets all safety standards. The modular architecture of the device will contribute to the demand for it, because the main modules of the device consist of a small number of elements, and it is mostly digital integrated circuits, and therefore the base of the device is generally cheap, auxiliary modules, the buyer according to his needs and in the quantity and types that he will need. Calculations of thermophysical design of the printed circuit board of the base unit in the TFK 4.2 environment were performed [1].

### **References**

Тичков В. В., Трембовецька Р. В. Теплофізичне конструювання друкованих плат в середовищі ТФК. Навчально-методичний посібник до курсового та дипломного проектування для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування усіх форм навчання. Черкаси: ЧДТУ, 2018. 100 с. <http://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/463>.

**Туз В.В.**, к.т.н., доцент,

доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
v.tuz@chdtu.edu.ua

**Топтун А.В.**, Ph.D

викладач кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
annatoptun@ukr.net

## П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ УТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ВОДОПРОВІДНИХ ТРУБ

***Анотація.** В роботі проаналізовані основні методи роботи п'єзоелектричних перетворювачів при ультразвуковому неруйнівному контролі, а також визначений метод для проведення дефектоскопії труб*

***Ключові слова:** п'єзоелектричні перетворювачі, неруйнівний контроль*

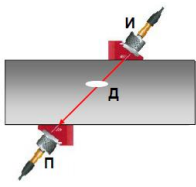
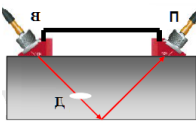
***Abstract.** The main methods of operation of piezoelectric transducers in ultrasonic non-destructive testing are analyzed, as well as a method for defectoscopy of pipes is defined.*

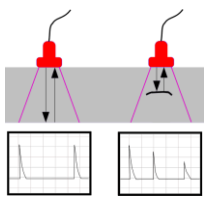
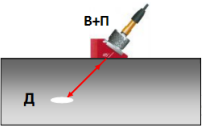
***Keywords:** piezoelectric transducers, non-destructive testing*

В сучасному світі неруйнівний контроль є одним з найбільш розповсюджених методів дефектоскопії. Останнім часом спостерігається проблема частих проривів труб, тому є необхідність визначення найкращого методу для контролю появи в них дефектів. Це забезпечить можливість попередження проривів за рахунок вчасної діагностики їх стану та вчасної заміни новими.

Існують декілька основних методів ультразвукового неруйнівного контролю, основні з них детально описані в таблиці 1.

Таблиця 1 - Основні методи ультразвукового неруйнівного контролю

Метод	Особливості використання	Принцип дії
1	2	3
Тіньовий	використовується для пошуку дефектів тільки при двосторонньому доступі на одній вісі. Зазвичай його застосовують для перевірки цілісності зварних швів. Результат отриманих імпульсів аналізують за амплітудою, тобто якщо амплітуда сигналу зменшується, то це можна робити висновок про наявність дефекту в об'єкті. Чим більше дефект тим менша амплітуда отриманих УЗ коливань.	
Дзеркально-тіньовий	використовується для пошуку дефектів при односторонньому доступі. Аналіз відбувається також за зміною амплітуди, при її зменшенні можна зробити висновок про наявність дефектів. Отриманий сигнал, відбитий від протилежної поверхні, називається донним сигналом	

1	2	4
Резонансний	Для пошуку дефектів резонансним методом ультразвукового контролю необхідно, щоб власна частота об'єкту дослідження була рівна частоті пристрою. Виконання цієї умови забезпечує реєстрацію резонансних коливань, а знаючи акустичних імпеданс матеріалу та частоту випромінюваних УЗ-коливань можна зробити висновок про наявність дефекту	
Луна-імпульсний	використовують для визначення характеру, розміру, а також координат дефекту. Він так само як і дзеркально-тіньовий метод до-зволяє досліджувати об'єкт при односторонньому доступі. Висновок про однорідність можна зробити за такими параметрами: інтенсивності та часу прийому відбитих від дефекту об'єкту	

Оскільки, водопровідні труби зазвичай знаходяться у важко доступних місцях, що є ускладнюючим фактором для пошуку дефектів. Таким чином необхідно, щоб обраний метод відповідав наступним вимогам: доступ з одного боку, можливість використання одного перетворювача (для забезпечення більш низької вартості проведення неруйнівного контролю).

Таким чином, оптимальним є використання п'єзоелектричних перетворювачів для пошуку дефектів трубопровідних трубах і найбільш перспективним є луна-імпульсний метод, який відповідає всім заданим вимогам.

**Висновки.** Проведено аналіз методів ультразвукового неруйнівного контролю, а також обрано оптимальний метод для пошуку дефектів в водопровідних трубах.

### Список використаної літератури

1. Основные методы ультразвукового контроля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.welding.su/library/uks/uks\\_125.html#Тенево́й\\_метод](http://www.welding.su/library/uks/uks_125.html#Тенево́й_метод)
2. Ультразвуковые методы контроля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://studopedia.ru/1\\_89768\\_ultrazvukovie-metodi-kontrolya.html](https://studopedia.ru/1_89768_ultrazvukovie-metodi-kontrolya.html)
3. Ультразвукова дефектоскопія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Ультразвукова\\_дефектоскопія](https://uk.wikipedia.org/wiki/Ультразвукова_дефектоскопія)

**Філімонов С.О., к.т.н., доцент**

доцент кафедри приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: s.filimonov@chdtu.edu.ua

**Філімонова Н.В., к.т.н., доцент**

доцент кафедри проектування харчових виробництв та верстатів нового покоління  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: nv.filimonova2015@gmail.com

**Бачеріков Д.С., Ph.D., аспірант**

кафедра приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: ababka94@gmail.com

## РОЗРОБКА СХЕМИ КЕРУВАННЯ ГВИНТОВОГО ЛІНІЙНОГО П'ЄЗОДВИГУНА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ВУЗЛАХ ТОЧНОГО ДОЗУВАННЯ РІДИНИ

***Abstract.** Thus, in the framework of this work, it is proposed to improve the control scheme of the piezoelectric motor. An overview is made and practical recommendations for the choice of the output power cascade are given. A 3D view of the circuit board of the power output stage circuit for a helical linear piezoelectric motor has been developed.*

***Keywords:** piezoelectric motor, micropump, microcontroller.*

**Вступ.** Для прецизійного дозування, позиціонування або переміщення об'єктів із заданою точністю все частіше в системах управління використовують п'єзоелектричні двигуни або актюатори. Тому останнім часом значну увагу приділяють використанню п'єзоелектричних двигунів для прецизійного дозування рідин в якості мікронасосів, мікропомп, та розпилювачів. Завдяки простоті конструкції та ряду технічних переваг, п'єзоелектричні двигуни забезпечують точний вилив рідини. Це обумовлено широким діапазоном частот обертання і моментів на валу (0.1...1.0 Нм), та великою точністю позиціонування порядку 0.5  $\mu\text{m}$  [1].

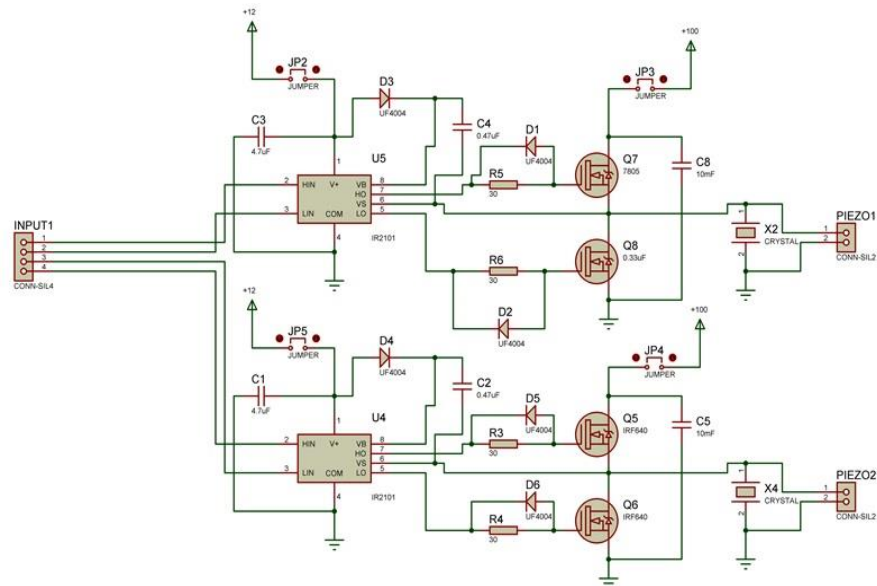
П'єзоелектричні двигуни разом з системою керування є високоефективними в використанні в усіх галузях промисловості, а особливо в сучасній сільгосптехніці та сільгосптехнологіях, що обґрунтовано винятковою їх невибагливістю в умовах роботи та обслуговуванні [2]. Однак, для керування п'єзоелектричним двигуном необхідний спеціалізована схема керування (драйвер) яка використовується для забезпечення стабільної та безвідмовної роботи [3]. В роботі [4] представлено схему керування п'єзоелектричним двигуном, але в якості генератора використовується допоміжна спеціалізована мікросхема-синтезатор AD9833. Окрім цього, при використанні мікросхеми IR2101 необхідно формувати два однакових сигнала, котрі знаходяться в протифазі, а в деяких випадках необхідно ще й створювати затримку між фронтами двох сигналів (dead-time). Таким чином, схема значно ускладнюється.

**Мета роботи** – є підвищення вдосконалення схеми керування п'єзоелектричним двигуном для використання в вузлах дозування рідини.

Нами запропоновано схему керування п'єзодвигуном в основі якої лежить мікроконтролерний блок. В даному блоці використаний мікроконтролер фірми STMicroelectronics STM32F103C8T6. Основною перевагою мікроконтролера STM32F103C8T6 є багатофункціональність, велика кількість вбудованих каналів АЦП, великий обсяг пам'яті, апаратна реалізація протоколу USB, а також низьке енергоспоживання. Однак, найбільшою перевагою цього мікроконтролера є наявність модулю PWM з комплементарним виходом, а також можливістю створювати затримку між

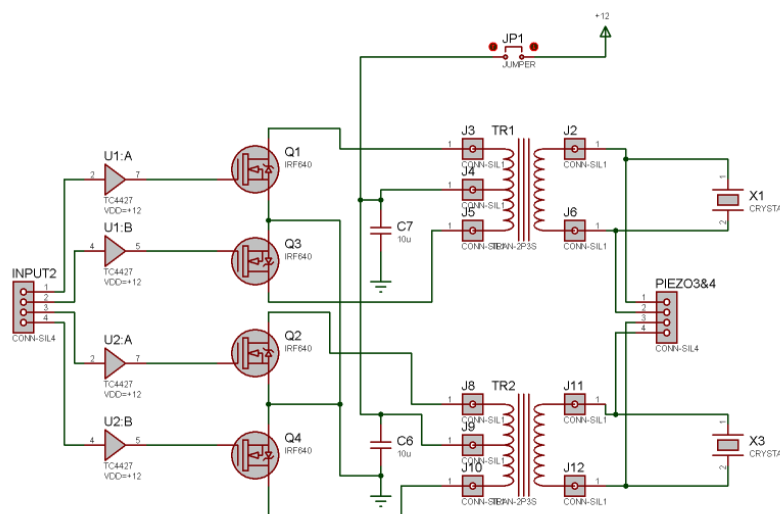
двома сигналами (dead-time). Це дозволяє створювати систему керування на єдиному мікроконтролері.

Для проектування схеми керування гвинтового лінійного п'єзодвигуна на основі біморфних п'єзоелементів використовувався пакет програм Proteus. Для збільшення потужності вихідного сигналу генератора було досліджено два варіанти вихідних каскадів. Перший варіант силової частина вихідного каскаду схема керування гвинтового лінійного п'єзодвигуна, який заснований на напівмостовій схемі MOSFET транзисторів, які керуються спеціалізованим драйвером IR2101 приведена на рис.1. Для керування даною схемою у мікроконтролера застосовується лише модуль PWM з комплементарним виходом. Недоліком даної схеми є створення окремого високовольтного джерела живлення.



**Рис.1. Перший варіант вихідного каскаду на драйвері IR2101 з напівмостовою схемою на транзисторах MOSFET**

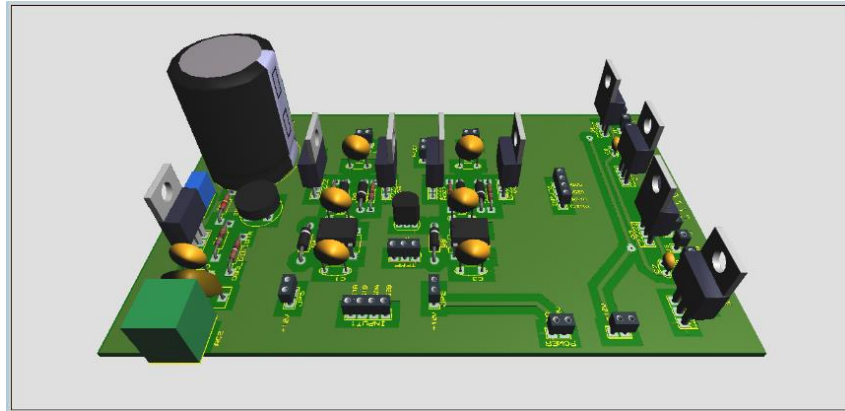
Другий варіант вихідного силового каскаду заснований на вихідному підвищувачому високочастотному трансформаторі (рис. 2). Ця схема дозволяє значно спростити схему керування без втрати електричних характеристик. Для цієї схеми у мікроконтролері застосовується модуль PWM з комплементарним виходом та затримкою по фронтах (dead-time). Окрім цього, для цієї схеми не потрібно створювати високовольтне джерело живлення, яке потрібне для першого варіанту схеми.



**Рис.2. Другий вихідний каскад заснований на вихідному підвищувачому високочастотному трансформаторі**



У практичному виконанні було реалізовано обидва каскади кожного з варіантів на одній друкованій платі. На рис.3 представлена 3D візуалізація друкованої плати схеми силового вихідного каскаду для гвинтового лінійного п'єзодвигуна який використовується в вузлах точного дозування рідини.



**Рис.3. Друкована плата схеми силового вихідного каскаду для гвинтового лінійного п'єзодвигуна**

#### **Висновки.**

Таким чином, в рамках даної роботи запропоновано вдосконалення схеми керування п'єзоелектричним двигуном. Зроблений огляд та вказані практичні рекомендації щодо вибору вихідного силового каскаду. Розроблено 3D вигляд друкованої плати схеми силового вихідного каскаду для гвинтового лінійного п'єзодвигуна.

Використання розробленої схеми керування значною мірою розширить межі застосування п'єзоелектричного двигуна.

#### **Список літератури**

1. Increase the Efficiency of the Linear Piezoelectric Motor / V.Ya. Halchenko, S.A. Filimonov, A.V. Batrachenko, N.V. Filimonova // J. Nano- Electron. Phys. 10 No 4, 04025 (5pp) (2018), doi: 10.21272/jnep.10(4).04025.
2. А.А. Бобцов, В.І. Бойков, С.В. Бистров, В.В. Григо-рьев, П.В. Карєв Виконавчі пристрої і системи для мікропереміщень. - СПб: Університет ИТМО, 2017. - 134 с.
3. Лавриненко В. В. Принципи побудови п'єзоелектричних моторів. Основи теорії і реалізація. Lambert, 2015. 227 с.
4. Створення високоефективного інтелектуального комплексу для розробки і дослідження п'єзоелектричних компонентів в приладобудуванні, медицині і робототехніці / С.А. Філімонов, К.В. Базіло, Ю.Ю. Бондаренко, А.В. Батраченко, Н.В. Філімонова // Вісник Черкаського державного технологічного університету, Черкаси. - 2017. - № 3. - с. 33-43

**Філімонов С.О., к.т.н., доцент**

доцент кафедри приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: s.filimonov@chdtu.edu.ua

**Мороз А.С.,**

магістрант кафедри приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет

**Філімонова Н.В., к.т.н. доцент**

доцент кафедри проектування харчових виробництв та верстатів нового покоління  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: nv.filimonova2015@gmail.com

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДА АНАЛІЗУ ҐРУНТУ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКУ

***Abstract.** Agriculture is one of the most important industries, providing the population with food and raw materials for a number of industries represented in almost all countries.*

*In this work the design of the ultrasonic penetrometer with the gyroscope which controls parallelism of the measuring device to the earth it allows to receive more correct data is presented.*

***Key words:** penetrometer, gyroscope, coordination link, ultrasound system.*

Сільське господарство є однією з найважливіших галузей, що забезпечує населення продовольчими товарами і сировиною для ряду галузей промисловості представленої практично у всіх країнах.

Однією з головних проблем аграрного сектору є ущільнення ґрунту [1]. Основним інструментом для визначення щільності ґрунту є пенетрометр. На сьогоднішній день існують пенетрометри штирьового, електромагнітного та механічного типу [2-4].

Недоліками штирьових та механічних пенетрометрів є необхідність точно контролювати глибину занурення штанги за рахунок плавного і перпендикулярного поглиблення в ґрунт, що збільшує час одного виміру і в цілому всього поля, крім цього, можливе роз'єднання штанги і затискання її в землі, також не виключена можливість попадання в камінь і неправильна інтерпретація отриманих даних, і деякі інші технічні нюанси.

Недоліками електромагнітних є те, що дані дуже сильно залежать від вологості ґрунту. Окрім цього їх необхідно кріпити на автомобіль, використовувати такий пенетрометр автономно не вийде. Крім технічних недоліків, на наш погляд, недоліком сучасного пенетрометра є його вузька, обмежена спеціалізація, спрямована лише на вимірювання щільності ґрунту.

Відома також конструкція пенетрометра на основі ультразвукового метода аналізу ґрунту. В основі роботи ультразвукового пенетрометра лежить, фізичне явище розповсюдження ультразвуку. Для створення та прийняття ультразвукового випромінювання, використовується ультразвуковий п'єзоелектричний випромінювач та приймач. Основним компонентом, який отримує та оброблює дані являється мікроконтролер [5].

Принцип роботи ультразвукового пенетрометра полягає в випромінюванні сигналу  $40.0 \pm 1.0$ кГц та подальшому зчитуванню відбитих сигналів від ґрунту. При відбиванні від різних порід сигнал має деякі явні відмінності, саме це і допомагає визначити породу та щільність вимірюваної середи. Перевагами такого методу є більш ширше дослідження області, що значній мірі економить час на перевірку. Окрім цього пристрій виключає можливість отримання некоректних даних, які притаманні штирьовим типам пенетрометрів



при випадковому попаданні на камінь.

Окрім переваг цьому пристрою притаманний такий недолік. При встановленні пенетрометра не паралельно, та не щільно до ґрунту виникають місця з повітряними прошарками. Для узгодження пристрою з ґрунтом використовується узгоджувальна ланка. Чим менше щільність ґрунту, тим більша повинна бути площа приєднаної коливальної маси, а товщина проміжної ланки повинні бути набагато менше довжини хвилі вимірюваних коливань. На рис. 1 показано некоректне розміщення датчика.

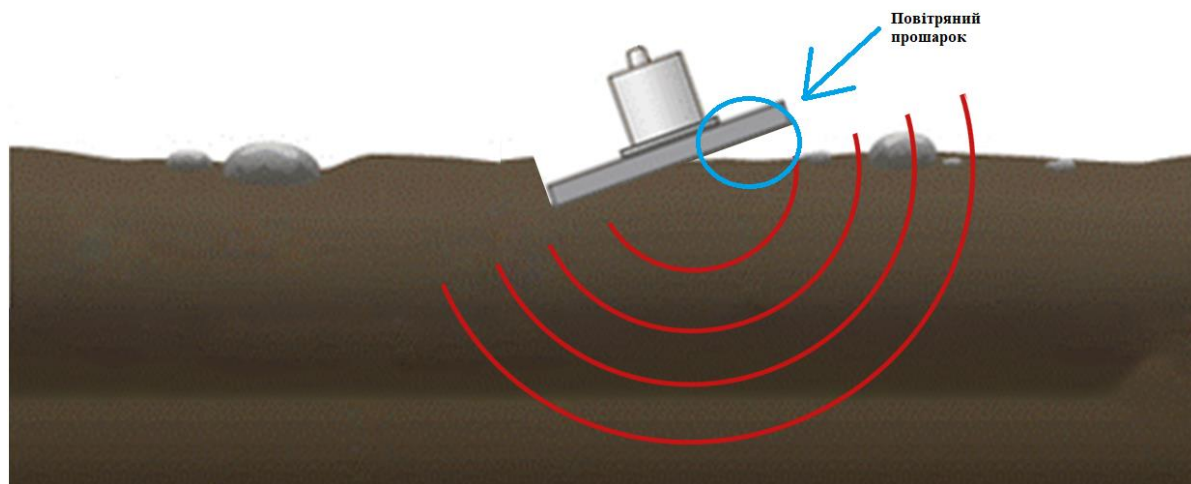


Рис. 1 – Приклад некоректного розміщення датчика.

**Ціль роботи** – вдосконалення методу ультразвукового аналізу щільності ґрунту.

Ультразвукові хвилі перед тим як потрапити в ґрунт, пройдуть через більш розріджене, повітряне середовище, чим ґрунт. Під час проходження через різні середовища, сигнал затухає. І чим більша різниця щільності між середовищами, тим сильніше буде затухати сигнал. Тому для більш рівномірного та коректного розповсюдження сигналу, було прийнято рішення використовувати гіроскоп на корпусі ультразвукового пристрою для вирівнювання паралельності та покращення прилягання сенсору до ґрунту. На рис. 2 представлена вдосконалена конструкція ультразвукового пристрою з гіроскопом.

Принцип роботи вдосконаленого пристрою полягає в наступному. Якщо пристрій покладене не паралельно земні, гіроскоп це відстежить та передасть дані мікроконтролеру, а той в свою чергу дасть сигнал про те що потрібно розмістити пристрій більш паралельно.

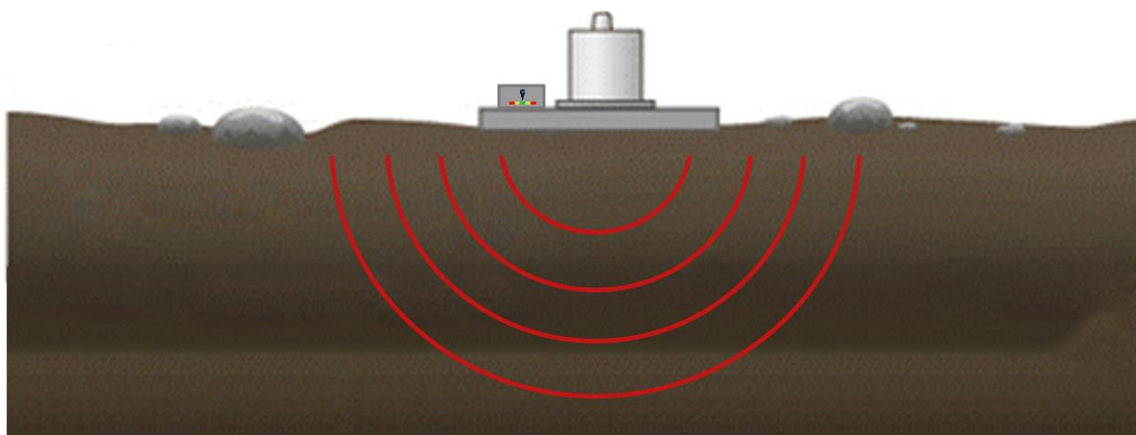


Рис. 2. Зображення датчика з гіроскопом.

Правильне розміщення пристрою, призведе до більш якісних отриманих результатів

про щільність та рихлість землі. Так як гасіння від переходу між середовищами буде незначне. Ще однією з переваг є вимірювання щільності з випусканням ультразвукових хвиль перпендикулярно до ґрунту. Так як при проходженні через різні шари ґрунтів, сигнал буде відбиватися в зворотному напрямку, прямо на приймач, що в подальшому також допоможе більше правильно обраховувати щільність ґрунту.

**Висновок:** Таким чином, в даній роботі представлена конструкція ультразвукового пенетрометра з гіроскопом, який контролює паралельність вимірювального приладу до землі це дозволяє отримувати більш коректні дані.

### Список літератури

1. Технологічні властивості ґрунту:  
<http://traktor-t-16.ru/selskoe-khozyajstvo/118-tekhnologicheskie-svoystva-pochvy>.
2. Сканери ґрунту – точні системи підвищення ефективності землеробства:  
<https://aggeek.net/ru-blog/skanery-pochvy--tochnye-sistemy-povysheniya-effektivnosti-zemledeliya>.
3. Operators Manual Soil Compaction Tester // Farmcomp agroelectronics, Jusslansuora 8, Tuusula
4. Вирішення проблем ущільнення ґрунтів: <http://datafield.com.ua/#penetrometer>
5. Andriy Moroz, Sergiy Filimonov "Development of automatic contactless ultrasound method of soil density analysis" // Black sea science 2021 Odessa, ONAFT 2021 – 528-540ст.

## ЗАСТОСУВАННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТИСКУ ДЛЯ ГІДРОАБРАЗИВНИХ СИСТЕМ

**Abstract.** *The condition of the subject of research is analyzed, the method of application of piezoceramic transducers in hydroabrasive cutting is offered. The main factors influencing the efficiency and quality of hydroabrasive cutting are determined. As a result of the analysis of the state of the object of research, the further direction of research and improvement was selected.*

**Key words:** *piezoceramics, piezoceramic transducers, waterjet cutting, piezoelectric pressure transducers, field of application.*

Технологія гідроабразивного різання (ГАР) займає важливе місце серед методів структури і формоутворення матеріалів і деталей, заснованих на використанні потоків високих енергій. Технологія вивчається і вдосконалюється, зокрема, в останні роки активно досліджувалися різні технологічні можливості методу ГАР, особливості процесу взаємодії гідроабразивного струменя з оброблюваним матеріалом, особливості використання для обробки різних матеріалів та ін.

Головною перевагою технології гідроабразивної обробки полягає в тому, що можна обробляти практично всі види матеріалів. Важливо відзначити, що гідроабразивна різання є альтернативою не тільки механічному, але і лазерному, плазмовому, а також ультразвуковому різанні, а в деяких випадках вона є єдиною можливою [2].

Поряд з багатьма перевагами такого методу обробки, істотним його недоліком є порівняно невисока продуктивність різання. В роботі [1] продемонстровано що важливим практичним результатом моделювання процесу ГАР став висновок про те, що підвищення концентрації абразиву призводить до зниження швидкості гідроабразивного струменя і збільшення числа зіткнень частинок абразиву між собою, що в цілому гальмує динамічний процес ГАР [1].

Одним з методів вдосконалення гідроабразивного різання є примусова зміна властивостей і параметрів ріжучого струменя, що впливає на силову дію на оброблюваний матеріал: збільшення початкової ділянки струменя, зміна характеру впливу струменя на матеріал і ін.

Продуктивність і якість гідроабразивного різання визначаються різними параметрами. До таких факторів впливу відносяться такі:

- тиск, що створюється насосом;
- відстань від форсунки до поверхні матеріалу;
- діаметр отвору форсунки;
- створюваний тиск різання водяного струменя [3].

Також впливає на продуктивність і якість гідроабразивного різання збільшення швидкості різання що приводить до збільшення глибини сліду гідроабразивного струменя на кромці різі. На рисунку 1 наведені фотографії кромки різі в залежності від швидкості різі.

Високоточні отвори з гладким краєм можуть бути вирізані на невеликих швидкостях. Високі швидкості використовуються там, де якість кромки не так важлива.

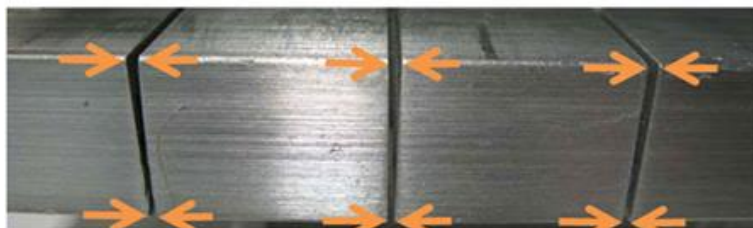
Так само важливу роль в гідроабразивному різанні має вплив швидкості на кут прорізу. Кут прорізу - це різниця між шириною різі у верхній і нижній частині деталі. За

підвищення швидкості різання відношення ширини прорізу в верхній частині до ширини прорізу в нижній частині помітно збільшується.



**Рис. 1 - Збільшення сліду від гідроабразивного струменя при збільшенні швидкості різання**

На рисунку 2 різання відбувалося на швидкостях 660 мм / хв, 335 мм / хв, 246 мм / хв (зліва направо). Всі інші параметри були постійні (тиск 4134 бар, відстань між ріжучими головками матеріалом 1,5 мм, витрата абразиву 600 гр / хв).



**Рис. 2 – Алюміній 20 мм на різних швидкостях різання 660 мм / хв, 335 мм / хв, 246 мм / хв (зліва направо)**

У верхній частині ширина різки однакова і дорівнює 1,12 мм. Різниця між шириною прорізу у верхній і нижній частинах 0,43 мм, 0,33 мм, 0,28 мм (зліва направо). Наведений експеримент свідчить про те, що при зниженні швидкості зменшується і конусність пропила [4].

Ідея роботи полягає у вдосконаленні і застосуванні п'єзоелектричних вимірювальних перетворювачів тиску для вимірювання тиску подачі робочої рідини в системі гідроабразивного різання, встановлення залежностей впливу робочого тиску на ефективність процесу різання (ККД, економічна доцільність), швидкість різання та зношуваність робочого сопла, що дозволить підвищити керованість та ефективність процесу різання.

**Висновки.** Таким чином, з використанням запропонованої ідеї використання п'єзоелектричних вимірювальних перетворювачів тиску є можливим вирішення задач підвищення керованості та ефективності процесу різання в гідроабразивних системах.

### Список літератури

1. Барзов Александр Александрович, Галиновский Андрей Леонидович, Хафизов Максим Васильевич, Колпаков Владимир Иванович Повышение производительности гидроабразивной резки материалов путем выбора рациональных режимов обработки методом акустической эмиссии // Известия вузов. Машиностроение. 2016. №1 (670). (<https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-proizvoditelnosti-gidroabrazivnoy-rezki-materialov-putem-vybora-ratsionalnyh-rezhimov-obrabotki-metodom-akusticheskoy>)
2. Нозирзода Ш.С. Разработка и исследование математической модели установки гидроабразивной резки / Ш.С. Нозирзода// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. –№ 1 (69). –С. 32–43. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.1(69).32-43 (<http://ojs.irgups.ru/index.php/stsam/article/view/103/47>)
3. Uraca. Факторы, влияющие на качество резки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.uraca.com/ru/infocentr/nou-khau/principgidroabrazivnoirezki/> (дата звернення 20.08.2021)
4. Кит-комплект. Гидроабразивная резка. Факторы, влияющие на качество гидроабразивной резки [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://kit-cut.ru/factory\\_vlijajushhie\\_na\\_kachestvo\\_rezki/](https://kit-cut.ru/factory_vlijajushhie_na_kachestvo_rezki/) (дата звернення 21.08.2021)

*Секція 3*  
**КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ**

УДК 004.055

**Афанасьєв І.С.**, аспірант,  
Державний університет «Одеська політехніка»  
**Кісель А.Г.**, к.т.н., доцент,  
Державний університет «Одеська політехніка»  
**Ухіна А.В.**, PhD,  
старший викладач кафедри комп'ютерні системи  
Державний університет «Одеська політехніка»  
**Ситніков В.С.**, д.т.н., професор  
зав. кафедри комп'ютерні системи  
Державний університет «Одеська політехніка»  
e-mail: nekaktotak2@gmail.com, [sitnvs@gmail.com](mailto:sitnvs@gmail.com), тел. 8(067) 456-71-65

**ВИКОРИСТАННЯ ОДНОТИПНИХ ЧАСТОТНО-ЗАЛЕЖНИХ  
КОМПОНЕНТІВ У ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОМУ МОДУЛІ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ  
СИСТЕМИ**

***Abstract** - The paper considers the effect of a cascade connection of the same type of analog and digital frequency-dependent components on the cutoff frequency and the slope of the amplitude-frequency response in the intelligent module of the robotic platform.*

***Keywords:** Industry 4.0, cascade connection of the same type of frequency-dependent components, changes in cutoff frequency in the passband.*

Сучасний розвиток «розумних» систем на основі концепції Індустрія 4.0 затребуване в системах цілеспрямованої поведінки, які враховують особливості управління об'єктом або процесом в умовах швидкозмінних зовнішніх умов.

З такими завданнями стикаються, як в робототехніці, так і при побудові спеціалізованих комп'ютерних систем, де потрібна наявність в складі системи компонент з можливістю перебудови своїх характеристик в залежності від умов функціонування. Прикладом таких систем можуть бути інтелектуальні модулі організаційно-технічних систем і зокрема, рухливих робототехнічних платформ.

Інтелектуальні модулі для прийняття рішення використовують нейронні мережі, однак на попередньому етапі застосовуються однотипні частотно-залежні компоненти, а в тракці попередньої обробки сигналів можуть застосовуватися і однотипні фільтри.

Розглянемо на прикладі однотипних фільтрів можливість їх каскадного з'єднання.

При побудові аналогової частини обробки сигналів датчиків доводиться вирішувати завдання по зміні частоти зрізу, а також підвищення крутизни спаду амплітудно-частотної характеристики (АЧХ). Побудова фільтрів високого порядку складно. Тому в більшості випадках використовують каскадне з'єднання фільтрів низького порядку, наприклад, другого [1].

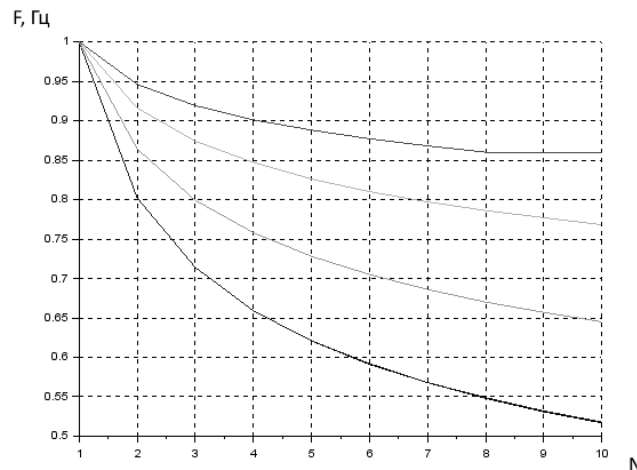
Відомо, що при каскадному з'єднанні передавальні функції перемножуються [2]

$$H(p) = \prod_{i=1}^n H_i(p),$$

де  $H(p)$ ,  $H_i(p)$  - підсумкова та  $i$ -а передавальна характеристика.

При перемножуванні передавальних характеристик їх АЧХ, як би, «стискаються», при цьому частота зрізу зсувається в область низьких частот і збільшується крутизна спаду характеристики.

При дослідженні виконано каскадне з'єднання десяти однотипних базових фільтрів, рисунок 1.



**Рисунок 1. Залежність частот зрізу від кількості каскадного їх з'єднання. Сама нижня для базового фільтру 2 порядку, наступна - 3 порядку, далі - 5 порядку і остання 8 порядку**

Як видно з рисунку 1, чим вище порядок базового фільтру, тим повільніше наростає спад АЧХ. Тому в подальшому розглянемо фільтри другого порядку.

Для фільтра Батерворта другого порядку така залежність добре апроксимується рівнянням виду

$$F = F_0 N^{-0.284} \quad (1)$$

де  $F_0$  – частота зрізу базового фільтру другого порядку,  $F$  – частота зрізу фільтрів при їх  $N$  - каскадному з'єднанні базових фільтрів.

Виходячи з формули (1) можна знайти співвідношення, що дозволяє визначити частоту зрізу базового фільтру по частоті зрізу з'єднання  $F_0$  з з'єднаних  $N$  фільтрів другого порядку  $F_0 = FN^{0.284}$ .

При каскадному з'єднанні фільтрів Чебишева першого роду і еліптичного вид АЧХ ставатиме складніше через наявність рівня коливальності в смузі пропускання.

Частоти зрізу зміщуються в область низьких частот нерівномірно, аналогічно фільтру Батерворта. Однак частота піку не зрушується, тому що всі фільтри каскадного з'єднання однотипні. У смузі пропускання рівень коливальності зростає, що ускладнює проходження сигналу в смузі пропускання. У еліптичного фільтру в смузі подавлення рівень подавлення також зростає. Таким чином, каскадне з'єднання фільтрів Чебишева першого роду і еліптичного не дозволяє підвищити порядок фільтру без істотних спотворень АЧХ в смузі пропускання. Аналогічно було показано у цифрових фільтрів.

На основі отриманих результатів можна відзначити, що для каскадного з'єднання однотипних фільтрів слід використовувати базові фільтри з плоскою АЧХ в смузі пропускання. Такими фільтрами є фільтри Батерворта і Чебишева другого роду, а в рамках частотно-залежних компонентів бажано використовувати аперіодичні ланки без перерегулювання.

### Список литературы

1. Ch. Schuster, A. Wiens, "Performance Analysis of Reconfigurable Bandpass Filters With Continuously Tunable Center Frequency and Bandwidth", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 65, i. 11, 2017, pp. 4572 – 4583.
2. M. Rais-Zadeh, J. Fox, D. Wentzloff, Y. Gianchandani, "Reconfigurable radios: a possible solution to reduce entry costs in wireless phones", Proceedings of the IEEE, vol. 103, 2015, pp. 438–451.



**Макаренко І.О.**, здобувач освітньо-наукового рівня доктор філософії,  
кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
[irinaandrejko12@gmail.com](mailto:irinaandrejko12@gmail.com)

## МЕТОД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧНИХ ВИРОБІВ

***Abstract.** The methods for realization of intellectual control of mechanical characteristics of optical products are considered and analyzed in the work. The possibility of increasing the efficiency of control of mechanical characteristics of optical products due to the use of an artificial neural network, which is trained on the basis of the immune algorithm, is shown.*

***Key words:** mechanical characteristics of optical products, intelligent control, artificial neural networks, fuzzy output models, immune algorithms.*

Актуальність теми обумовлена неабияким використанням оптичних виробів у різних сферах життя людини, зокрема таких як: побутовій, технічній, науковій, вимірювальній, проєкційній, воєнній [1]. Для задоволення всього спектру потреб споживача до оптичних виробів ставляться досить динамічно змінювані вимоги, що залежать від призначення та умов експлуатації оптичних виробів, затребуваних експлуатаційних характеристик тощо.

На даний момент інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) для контролю механічних характеристик оптичних виробів мають певні недоліки, а саме оперативність у прийнятті рішення щодо найоптимальніших методів контролю у відповідності до вимог споживачів та різних задач [2].

Першочергові вимоги, які висувуються до механічних характеристик оптичних виробів, є вимогами щодо забезпечення певних значень модуля пружності, ударної в'язкості скла, міцності скла, високого опору стискання і низької границі міцності при розтягуванні чи згинанні. Для контролю кожної з цих характеристик, зазвичай, використовують різні методи вимірювання та контролю параметрів оптичних виробів.

В даний час для інтелектуального контролю механічних характеристик оптичних виробів використовуються методи штучного інтелекту, при цьому найбільш популярними є штучні нейронні мережі, які в свою чергу мають низку переваг [3], а саме: можливість навчання і адаптації мереж; можливість виявлення закономірностей масивів даних і їх узагальнення; паралельна обробка інформації, що підвищує обчислювальну потужність. До недоліку застосування нейромереж можна віднести недоступність для розуміння людиною накопичених мережею знань.

Останнім часом нейромережі комбінуються з системами нечіткого виведення. Перевагами систем нечіткого виводу є: уявлення знань у вигляді правил, легко доступних для розуміння людиною; не потрібна точна оцінка змінних об'єктів (неповнота і неточність даних). Хоча є і недоліки нечіткого виводу, а саме: неможливість їх навчання та адаптації (параметри функцій приналежності не можна автоматично налаштувати); неможливість паралельної обробки інформації, яка підвищує обчислювальну потужність.

Для навчання параметрів функцій приналежності замість нейромережових алгоритмів навчання можуть використовувати метаевристики [4] і, зокрема, імунні алгоритми. Перевагами імунних алгоритмів для навчання нейромереж є зменшення ймовірності потрапляння в локальний екстремум.

У зв'язку з цим актуальним є створення методу інтелектуального контролю механічних характеристик оптичних виробів, який дозволить усунути зазначені недоліки.

Метою роботи є підвищення ефективності контролю механічних характеристик оптичних виробів за рахунок штучної нейронечіткої мережі, яка навчається на основі імунного алгоритму.

Запропонований метод інтелектуального контролю механічних характеристик оптичних виробів може використовуватися в різних інформаційно-вимірвальних комплексах.

### **Список використаної літератури.**

1. Градієнтні мікроструктури, сформовані біелектронним потоком на теоретичному склі / О.Гречана, Ю.Коваленко, М.Бондаренко // Комплексна безпека технологічних процесів та систем: дипломна робота Міжнар. конф. (Чернігів, 14-16 травня 2019 р.). - Чернігів. - 2019. - V.1. -стор. 115-117.

2. Оптика та офтальмологія в медичному приладобудуванні / Заблоцький В. Ю., Лапченко Ю. С. / Луцьк 2009 / с.3-7.

3. Шиванандам S.N. Вступ до нейронних мереж за допомогою Matlab 6.0 / S.N. Сіванандам, С. Суматі, С. Діпа-Нью-Делі: The McGraw-Hill Comp., Inc., 2006.-660 с.

4. Белуждан С. і Ебрахими Е. (2013). Оптимізація параметрів за допомогою алгоритму оптимізації зозулі нечіткого контролера для контролю рівня рідини. Інженерний журнал, 2013



**Мичуда З.Р.**, д.т.н., професор,  
професор кафедри комп'ютеризованих систем автоматики,  
Національний університет "Львівська політехніка",  
e-mail: z\_mychuda@ukr.net

**Журавель І.М.**, д.т.н., ст.н.с.,  
професор кафедри безпеки інформаційних технологій,  
Національний університет "Львівська політехніка",

**Мичуда Л.З.**, д.т.н., доцент,  
професор кафедри безпеки інформаційних технологій,  
Національний університет "Львівська політехніка",

**Слісєва Г.С.**,  
аспірантка кафедри комп'ютеризованих систем автоматики  
Національний університет "Львівська політехніка",

## РЕКУРЕНТНІ ЛОГАРИФМІЧНІ АНАЛОГО-ЦИФРОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЗІ ЗМІННОЮ ОСНОВОЮ

**Abstract.** *A new principle of constructing recurrent logarithmic ADCs is proposed, which is based on changing the base of the logarithm in the process of transformation. Dependences for source code and estimation of accuracy and speed are defined.*

**Key words:** *recurrent logarithmic ADCs, variable basis, source code, accuracy, speed*

**Постановка проблеми.** Сучасні логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі (ЛАЦП) за точністю та швидкодією не поступаються лінійним АЦП і переважають їх за низкою відомих показників, з яких напевно найважливіший – це можливість оброблення сигналів у логарифмічній арифметиці, що дає змогу набагато прискорити швидкодію систем з ЛАЦП. Річ у тому, що довготривалі операції лінійної арифметики (множення, ділення) у логарифмічній зводяться до швидких операцій (додавання, віднімання) і це особливо важливе для систем реального часу, в яких час оброблення інформації має бути якнайменшим.

Серед усіх класів ЛАЦП найменше вивчені рекурентні, зокрема, недостатньо досліджено вплив основи логарифму на метрологічні параметри перетворювачів, що спричиняє значні труднощі при їх проектуванні та практичній реалізації.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Використання рекурентних алгоритмів у багатьох технічних пристроях і системах дає змогу підвищити точність оброблення інформації та сприяє покращенню швидкодії. У цьому плані цікавими є відомі практичні реалізації різних перетворювачів аналогових сигналів.

Використання рекурентного алгоритму дало змогу підвищити точність і спростити реалізацію ЛАЦП [1]. Для підвищення точності та швидкодії ЛАЦП запропоновано [2] рекурентний метод перетворення. В аналого-цифрових багатофункціональних перетворювачах для відтворення степеневих рядів використовують рекурентні алгоритми [3]. Рекурентний метод логарифмічного аналого-цифрового перетворення було запропоновано в роботі [4]. Декодер зміщення нуля АЦП, що побудований з використанням нейронної мережі, функціонує за рекурентним алгоритмом [5]. Рекурентні формули для розрахунку параметрів лінійних імпульсно-індукційних електромеханічних перетворювачів виведені у роботі [6]. Застосування рекурентних алгоритмів спростило обчислення параметрів перехідних процесів і дало змогу розробити методи визначення квазіусталеного режиму роботи перетворювачів [7]. Рекурентний алгоритм використано для підвищення швидкодії аналого-цифрового перетворення з використанням нейронної

мережі [8]. Підвищення точності первинного вимірювального перетворювача на основі нейронної мережі було досягнуто за рахунок рекурентного алгоритму [9].

**Мета роботи** - дослідження впливу зміни основи логарифму на параметри рекурентних ЛАЦП для спрощення їх проектування та практичної реалізації.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Нами запропоновано новий принцип побудови рекурентних ЛАЦП, в яких основа логарифму змінюється в процесі перетворення. Особливістю таких ЛАЦП є те, що діленням опорної напруги ( $U_0$ ) відтворюється низка еталонних рівнів напруг  $U_1-U_n$ , в яких основа логарифму змінюється за двійковим законом:

$$U_{k_1} = \zeta^{\frac{N_H}{2^1}} U_0; U_{k_2} = \zeta^{\frac{N_H}{2^2}} U_0; U_{k_3} = \zeta^{\frac{N_H}{2^3}} U_0; \dots U_{k_{n-1}} = \zeta^{\frac{N_H}{2^{n-1}}} U_0 \text{ і } U_{k_n} = \zeta^{\frac{N_H}{2^n}} U_0, \quad (1)$$

де  $N_H$  - номінальне значення вихідного коду логарифмічного перетворювача;  $\zeta^{\frac{N_H}{2^i}}$  - змінна основа логарифму, причому задається коефіцієнт  $\zeta < 1$ , а  $i=1,2,3\dots n$ .

У рекурентних ЛАЦП зі змінною основою логарифму перетворення відбувається циклічно. У кожному такті циклу вхідна напруга порівнюється з компенсаційною, яка рівна добутку відповідних еталонних напруг. Перетворення закінчується в момент рівності вхідного та компенсаційного сигналів ( $U_{вх} = U_k$ ). Тоді компенсаційна напруга має значення

$$U_k = U_0 \cdot \prod_{k=1}^m \prod_{i=1}^n \zeta^{a_i \cdot \frac{N_H}{2^{(k-1)n+i}}}, \quad (2)$$

а вихідний код (N) ЛАЦП -

$$N = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n a_i \cdot \frac{N_H}{2^{(k-1)n+i}} \quad (3)$$

де  $a_i = 1$  коли результат порівняння компаратора на  $i$ -такті в  $k$ -циклі рівний логічній „1”;  $a_i = 0$  коли результат порівняння компаратора на  $i$ -такті в  $k$ -циклі рівний логічному „0”.

При цьому похибка перетворення рекурентних ЛАЦП зі змінною основою логарифма

$$\delta \leq \frac{1 - \zeta^{\frac{N_H}{2^n}}}{\zeta^{\frac{N_H}{2^n}}} \cdot 100\%. \quad (4)$$

а час перетворення

$$t_{\Pi} = mT_{\Pi}, \quad (5)$$

де  $m$  - кількість циклів перетворення,  $T_{\Pi}$  - час одного циклу перетворення:

$$T_{\Pi} = nT_r. \quad (6)$$

Старші розряди вихідного коду (N) записуються у лічильник, а молодші – у регістр, причому у лічильнику реєструється кількість повних тактів, а у регістрі - результат перетворення в неповному останньому  $m$ -циклі.

Потрібну точність перетворення задаємо відповідним вибором кількості циклів ( $m$ ) згідно формули

$$m = \frac{N_r}{N_H}, \quad (7)$$

де  $N_r$  - номінальне значення коду бажаної розрядності ( $r$ ),  $N_r = 2^r$ .

Перевагами запропонованого нами принципу побудови рекурентних ЛАЦП зі змінною основою логарифму є те, що бажана точність забезпечується меншою кількістю еталонних величин, що призводить до підвищення швидкодії, спрощення реалізації та

зниження ціни перетворювача. Наприклад, при 8-ми розрядному рекурентному ЛАЦП отримаємо результат перетворення для точності 8 дв.р. за 1 цикл при часі перетворення  $8T_T$ , а для точності 10 дв.р. за 4 цикли при часі перетворення  $32T_T$ .

**Висновки.** Проведені нами дослідження нового принципу побудови рекурентних ЛАЦП показують, що у запропонованих рекурентних ЛАЦП зі змінною основою логарифму можна підвищити точність на 2-4 двійкові розряди порівняно з номінальним значенням, тобто для 8-ми розрядного ЛАЦП можна досягти точності, характерної для 10-12 розрядних ЛАЦП. Подальше підвищення точності відносно номінального значення недоцільне, оскільки значно зростатиме час перетворення.

### Список літератури

1. Patent 232384 Polska. Logarytmiczny przetwornik analogowo-cyfrowy/ Мyszuda Z., 2019, WUP 06/19.
2. Патент 113138 Україна. Логарифмічний аналого-цифровий перетворювач/ Мичуда Л.З., 2016, Бюл. №23.
3. Мичуда Л.З. Функціональні перетворювачі рекурентного типу на комутованих конденсаторах для систем енергообліку. [Текст] / Л.З. Мичуда, З.Р. Мичуда // Вісник НУ «Львівська політехніка»: «Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація.» [зб. наук. праць] – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка» – 2010р. – № 677 – с.98 – 104.
4. Мичуда З.Р. , Ільканич К.І., Мичуда Л.З. Новий метод логарифмічного аналого-цифрового перетворення// Збірник наукових праць “Комп’ютерні технології друкарства”, 2004, № 12, с.220-224.
5. Aigerim Tankimanova, Akshay Kumar Maan, Alex Pappachen James. (2017) Level-shifted neural encoded analog-to-digital converter [conference-paper]/ 24th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS): 5-8 December 2017, Batumi, Georgia. DOI: [10.1109/icecs.2017.8292026](https://doi.org/10.1109/icecs.2017.8292026)
6. В.Ф. Болюх. Исследование линейного импульсно-индукционного электромеханического преобразователя при различных схемах питания индуктора [Текст] / В.Ф. Болюх, А.И. Кочерга, И.С. Шукин // ISSN 2074-272X. Електротехніка і Електромеханіка. – 2018. – №1– с.21 – 28. DOI: [10.20998/2074-272X.2018.1.03](https://doi.org/10.20998/2074-272X.2018.1.03)
7. Ромашко В.Я. Аналіз режимів роботи перетворювачів електронної енергії методом функцій вільного режиму: Дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук за спеціальністю 05.09.12 – напівпровідникові перетворювачі електроенергії. — Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, 2010. Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/806>
8. Brian Watson. Analog to Digital Conversion Using Recurrent Neural Networks.[Text] Patent USA, no. US007345604B2, 2008.
9. О.В. Полярус. Динамічна нейромережева модель первинного перетворювача. [Текст] / О.В. Полярус, А.О. Подорожняк, А.О. Коваль // ISSN 2079-0031 Вестник НТУ "ХПИ". – 2014. – № 35 (1078) – с. 152 – 160.

**Pavliuk Ye.,**

Student Cherkasy State Technological University  
Cherkasy, Ukraine

**Tuz V.,** Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Associate Professor of Cherkasy State Technological University  
Cherkasy, Ukraine

e-mail: [akrow1997@gmail.com](mailto:akrow1997@gmail.com), тел. 8 (068) 816-16-65

## ENGINE CONTROL SYSTEM WITH ANDROID DEVICE

***Abstract.** Description of the process of selecting the model of preparation at the basic level of higher education on the basis of the experience of participation of the Cherkassy State Technological University in the International conference.*

***Key words:** Arduino Uno, L293D, DC, Motor, ground.*

***Анотація.** Опис процесу вибору моделі підготовки на базовому рівні вищої освіти на основі досвіду участі Черкаського державного технологічного університету у Міжнародній конференції.*

***Ключові слова:** Arduino Uno, L293D, DC, двигун, земля.*

**Introduction.** Modern processes of controlling moving objects are so rapid that a person is not physically able to handle them with the required accuracy and speed. Those contributed to the creation of automated control systems for electric drives without personal involvement.

**The goal of the work.** Create a control system that has several advantages, namely: use on all modern production automation; the presence of an element base that allows you to quickly and efficiently design a DC motor control system from an Android device and choose a DC motor with improved technical characteristics.

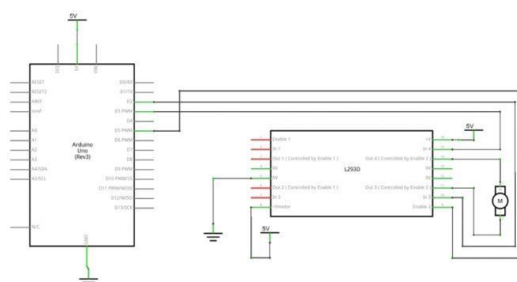
**Materials and methods.** Control of a low-power engine can be quite simple. If the engine is small enough, it can be directly connected to the Arduino ports and changed the signal level, which controls from logic one to zero, so we will control the engine. This project will reveal the basic logic in motor control; however, this is not a standard way to connect engines to the Arduino. You'll need an Arduino Uno board (connected via USB to your computer), a 220-ohm resistor, and a miniature vibrating motor. The vibrating motor has two power wires - one wire is connected to the zero port (GND) of the controller and the other to the selected discrete port of the controller. Connecting a resistor will limit the current and guarantee the integrity and safety of the Arduino, as the board is not designed for direct control of motors without converters.

When the program supplies a logic unit to the port, current will flow through the resistor, through the motor (M), and to the ground. If M is really low power, it will start rotating if it is a standard DC motor; otherwise, it will vibrate if it is a vibratory motor. The resistor is very important for this circuit. Each discrete Arduino port is designed for currents up to only 40 mA, and it is recommended not to exceed 20 mA. The selected value of the resistor 220 Ohm will limit the current to 22 mA, and because M is connected to it in series, the current will be even less. If the total resistance of the motor is higher than 200 ohms, then you can resistor and directly connect the motor to the digital port and GND. Multiple motors can be connected to different digital ports on the controller board. For example, ports 2, 3, and 4 can independently control three different motors. Each discrete port on the Arduino can control a separate engine. But this is not recommended, as it will increase the current flowing through the Arduino. Each DC motor is an inductor. When we remove the current from it, or when we rotate M manually, it will generate a reverse voltage. This may cause the electronic component connected to it to malfunction. To avoid this, it is possible to connect a diode between the discrete port and the 5V power port. When M will give the reverse voltage, the diode will connect it to the plus power supply. However, the

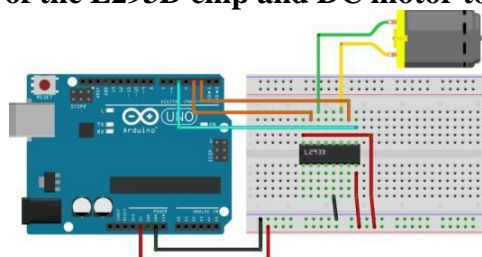
Arduino has a built-in protection diode on each terminal. And we do not need to duplicate it with an external diode.

**Results and discussion.** The authors propose to control the DC motor using the L293D chip.

More powerful motors require a voltage of more than 5 watts. Common 12, 24, and 48-watt motors. In other words, the Arduino was not designed to directly control engines. But it is not necessary to assemble the motor driver manually from individual transistors. Many ready-made chips allow you to control different types of engines. The most common L293D driver is considered. The chip has two H-bridges, so you can control two motors at once. Each bridge is equipped with four protective diodes and protection against overheating. The maximum current that the L293D can transmit to the motor is 1.2A. Operating current - 600mA. Maximum voltage - 36 V. The L293D chip has a DIP housing consisting of 16 pins. Ports En1 and En2 are used to disable or enable bridges. If 0 is supplied to En, the corresponding bridge is completely switched off and the motor stops rotating. These signals will be needed to control the thrust of the engine with a PWM signal.



**Fig. 1. Wiring diagram of the L293D chip and DC motor to the Arduino Uno board**



**Fig. 2. The appearance of the connection L293D chip and DC motor to the Arduino Uno board**

**Conclusions.** Based on the monitoring of existing analogs, the authors rely on the latter option, which has the following advantages: allows you to use the L293D chip (operating in key mode) instead of assembled drivers manually from individual transistors; use of a DC motor instead of a stepper and collectors motor. However, there are features of these engines, as some are more suitable for precise movements, others allow you to easily lift the multicopter into the sky. For each project, you need to carefully choose the right type of engine. This option is used in modern production automation. In some works, they use wheels, forcing the car to move in the right direction. In others, the engines rotate the propellers, creating a vertical thrust for flight. The motors allow the servomotors of the industrial robot manipulator to rotate and move the carriage of the 3D printer.

#### **Literature:**

1. ШИМ Управление Двигателем Постоянного Тока – Регулятор Скорости Двигателя Постоянного Тока <https://i-flashdrive.ru/raznoe/shim-upravlenie-dvigatелеm-postoyannogo-toka-regulyator-skorosti-dvigatelya-postoyannogo-toka.html>  
<http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/6/30/6-30-kl49.pdf>
2. Arduino и использование двигателей. Подключение двигателя постоянного тока и управление им. [http://geekmatic.in.ua/arduino\\_motor\\_control](http://geekmatic.in.ua/arduino_motor_control)
3. Удаленное управление мотором постоянного тока с Arduino <https://arduino-diy.com/arduino-udalennoye-upravleniye-motorom-postoyannogo-Node-js>

**Рудницький В.М.**, д.т.н., професор,  
завідувач кафедри інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії  
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна  
e-mail: rvn\_2008@ukr.net, тел. (096) 999-85-87

**Лада Н. В.**, к.т.н.,  
доцент кафедри інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії  
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна  
e-mail: ladanatali256@gmail.com, тел. (068) 836-39-89

**Лада С. В.**  
Управління ДСНС України у Черкаській області, Черкаси, Україна  
e-mail: Raphaello1986@gmail.com, тел. (068) 334-34-20

## ДОСЛІДЖЕННЯ МНОЖИН НЕСИМЕТРИЧНИХ ДВООПЕРАНДНИХ ДВОРОЗРЯДНИХ ОПЕРАЦІЙ З ПОДВІЙНИМ ЦИКЛОМ КРИПТОПЕРЕТВОРЕННЯ

**Abstract.** *This sequence of mathematical transformations allows us to move from the results of a computational experiment to find pairs of asymmetric double-cycle cryptocurrency operations to mathematical models of these operations, which provided the possibility of their practical application in computer cryptography at the hardware and software levels.*

**Key words:** *cryptographic operation, modifications of operations, mathematical group of operations, module addition, operation models, streaming encryption*

Сучасні потреби якісної роботи таких організацій як ДСНС України вимагають забезпечення захисту великих обсягів конфіденційності інформації з максимальною швидкістю та максимальною надійністю. Одним з високоефективних напрямів захисту інформації є криптографічний захист. Як відомо, сучасні криптосистеми використовують потокове та блокове шифрування. Однією з головних переваг потокового шифрування над блоковим є висока швидкість виконання операцій криптоперетворення, що досягається за рахунок застосування симетричних операцій [1]. Проте застосування асиметричних алгоритмів блокового шифрування має в більшості випадків переваги по надійності та криптостійкості, а значить несиметричні операції криптоперетворення також заслуговують необхідності дослідження. Виходячи з цього, актуальними стають завдання «інтеграції» принципів асиметричного блокового шифрування в потокове на основі несиметричних операцій криптоперетворення.

**Метою доповіді** дослідження множин несиметричних двооперандних дворозрядних криптооперацій з точністю до перестановки для застосування в потокових і блокових шифрах.

Виходячи з того, що одним із шляхів вирішення проблеми підвищення якості криптосистем є збільшення варіативності операцій придатних для криптоперетворення, можемо висунути гіпотезу, що якість потокового шифрування може бути підвищена за рахунок застосування в ньому несиметричних операцій криптоперетворення. В роботі [2] на основі обчислювального експерименту були знайдені пари операцій прямого та коректного оберненого криптоперетворення на основі повного перебору, з яких пар було виділено 20 множин несиметричних операцій.

Проведемо аналіз отриманих множин. При проведенні дослідження виявилось, що множини несиметричних двооперандних операцій можна поділити на 2 групи. До першої групи відносяться 6 множин, які умовно можна назвати множинами несиметричних двооперандних операцій «подвійного циклу криптоперетворення», тобто дана множина містить всі операції як для кодування так і для декодування (Див Табл.1). До другої групи належать 14 множин «потрійного циклу крипто перетворення» [3].

## Множини несиметричних двооперандних двохрандних операцій «подвійного циклу криптоперетворення»

Множина 1		Множина 2		Множина 3	
$O_{1,20,13,8} \leftrightarrow O_{2,7,14,19}$	$O_{18,21,12,3} \leftrightarrow O_{15,6,9,24}$	$O_{1,7,21,15} \leftrightarrow O_{3,9,13,19}$	$O_{20,2,17,11} \leftrightarrow O_{23,5,8,14}$	$O_{1,16,10,19} \leftrightarrow O_{4,7,13,22}$	$O_{18,8,2,24} \leftrightarrow O_{14,6,12,20}$
$O_{8,1,20,13} \leftrightarrow O_{7,14,19,2}$	$O_{21,12,3,18} \leftrightarrow O_{24,15,6,9}$	$O_{7,1,15,21} \leftrightarrow O_{9,3,19,13}$	$O_{17,11,2,20} \leftrightarrow O_{14,8,23,5}$	$O_{10,1,19,16} \leftrightarrow O_{7,22,4,13}$	$O_{24,2,8,18} \leftrightarrow O_{20,12,6,14}$
$O_{13,8,1,20} \leftrightarrow O_{14,19,2,7}$	$O_{4,23,10,17} \leftrightarrow O_{5,16,11,22}$	$O_{15,21,1,7} \leftrightarrow O_{13,19,9,3}$	$O_{4,16,24,12} \leftrightarrow O_{6,18,10,22}$	$O_{16,19,1,10} \leftrightarrow O_{13,4,22,7}$	$O_{3,23,11,15} \leftrightarrow O_{5,9,21,17}$
$O_{20,13,8,1} \leftrightarrow O_{19,2,7,14}$	$O_{10,17,4,23} \leftrightarrow O_{11,22,5,16}$	$O_{21,15,7,1} \leftrightarrow O_{19,13,3,9}$	$O_{12,24,4,16} \leftrightarrow O_{10,22,18,6}$	$O_{19,10,16,1} \leftrightarrow O_{22,13,7,4}$	$O_{11,3,15,23} \leftrightarrow O_{9,17,5,21}$
$O_{3,18,21,12} \leftrightarrow O_{6,9,24,15}$	$O_{17,4,23,10} \leftrightarrow O_{16,11,22,5}$	$O_{11,17,20,2} \leftrightarrow O_{8,14,5,23}$	$O_{16,4,12,24} \leftrightarrow O_{18,6,22,10}$	$O_{2,18,24,8} \leftrightarrow O_{6,20,14,12}$	$O_{15,11,23,3} \leftrightarrow O_{17,21,9,5}$
$O_{12,3,18,21} \leftrightarrow O_{9,24,15,6}$	$O_{23,10,17,4} \leftrightarrow O_{22,5,16,11}$	$O_{2,20,11,17} \leftrightarrow O_{3,23,14,8}$	$O_{24,12,16,4} \leftrightarrow O_{22,10,6,18}$	$O_{8,24,18,2} \leftrightarrow O_{12,14,20,6}$	$O_{23,15,3,11} \leftrightarrow O_{21,5,17,9}$
Множина 4		Множина 5		Множина 6	
$O_{1,7,19,13} \leftrightarrow O_{3,9,15,21}$	$O_{18,6,24,12} \leftrightarrow O_{16,4,10,22}$	$O_{1,13,7,19} \leftrightarrow O_{4,10,16,22}$	$O_{14,2,8,20} \leftrightarrow O_{18,12,6,24}$	$O_{1,19,13,7} \leftrightarrow O_{2,8,14,20}$	$O_{18,24,12,6} \leftrightarrow O_{15,3,9,21}$
$O_{7,1,13,19} \leftrightarrow O_{9,3,21,15}$	$O_{24,12,18,6} \leftrightarrow O_{22,10,4,16}$	$O_{7,19,1,13} \leftrightarrow O_{10,4,22,16}$	$O_{20,8,2,14} \leftrightarrow O_{24,6,12,18}$	$O_{7,13,19,1} \leftrightarrow O_{8,2,20,14}$	$O_{24,18,6,12} \leftrightarrow O_{21,9,3,15}$
$O_{13,19,7,1} \leftrightarrow O_{15,21,3,9}$	$O_{5,23,17,11} \leftrightarrow O_{2,20,8,14}$	$O_{13,1,19,7} \leftrightarrow O_{16,22,4,10}$	$O_{3,21,9,15} \leftrightarrow O_{5,11,23,17}$	$O_{13,7,1,19} \leftrightarrow O_{14,20,2,8}$	$O_{5,17,11,23} \leftrightarrow O_{4,22,10,16}$
$O_{19,13,1,7} \leftrightarrow O_{21,15,9,3}$	$O_{11,17,23,5} \leftrightarrow O_{8,14,2,20}$	$O_{19,7,13,1} \leftrightarrow O_{22,16,10,4}$	$O_{9,15,3,21} \leftrightarrow O_{11,5,17,23}$	$O_{19,1,7,13} \leftrightarrow O_{20,14,8,2}$	$O_{11,23,5,17} \leftrightarrow O_{10,16,4,22}$
$O_{6,18,12,24} \leftrightarrow O_{4,16,22,10}$	$O_{17,11,5,23} \leftrightarrow O_{14,8,20,2}$	$O_{8,20,14,2} \leftrightarrow O_{12,18,24,6}$	$O_{15,9,21,3} \leftrightarrow O_{17,23,11,5}$	$O_{6,12,24,18} \leftrightarrow O_{3,15,21,9}$	$O_{17,5,23,11} \leftrightarrow O_{16,10,22,4}$
$O_{12,24,6,18} \leftrightarrow O_{10,22,16,4}$	$O_{23,5,11,17} \leftrightarrow O_{20,2,14,8}$	$O_{2,14,20,8} \leftrightarrow O_{6,24,18,12}$	$O_{21,3,15,9} \leftrightarrow O_{23,17,5,11}$	$O_{12,6,18,24} \leftrightarrow O_{9,21,15,3}$	$O_{23,11,17,5} \leftrightarrow O_{22,4,16,10}$

Аналіз даних множин (Табл. 1) показав, що за алгоритмом проведення оберненого крипто перетворення можна утворити три математичні групи несиметричних двооперандних двохрандних операцій. Отже були встановлені нові раніше невідомі взаємозв'язки між однооперандними та двооперандними операціями, що забезпечило синтез нових математичних груп несиметричних двооперандних операцій криптоперетворення.

Дослідимо для прикладу деякі операції четвертої множини. Нехай буду вибрана операція  $O_{1,7,19,13}$ , тоді оберненою операцією буде операція  $O_{3,9,15,21}$ . Для взаємозв'язків прямої і оберненої операції введемо позначення:  $O_{1,7,19,13}^k$  – операція кодування,  $O_{3,9,15,21}^d$  – операція декодування. Розглянемо більш детально операцію  $O_{1,7,19,13}^k$ . Якщо значення першого операнда позначити через  $x$ , а другого операнда через  $k$ , який одночасно є командою вибору перетворення першого операнда, тоді відповідно до табл.1 отримаємо:

$$O_{1,7,19,13}^k = \begin{cases} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 0; k_2 = 0 \\ \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 0; k_2 = 1 \\ \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 1; k_2 = 0 \\ \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 1; k_2 = 1 \end{cases} = \begin{cases} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 0; k_2 = 0 \\ \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 0; k_2 = 1 \\ \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 1; k_2 = 0 \\ \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 1; k_2 = 1 \end{cases} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}$$

Розглянемо операцію декодування:

$$O_{3,9,15,21}^d = \begin{cases} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_1 \oplus x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus k_2 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 0; k_2 = 0 \\ \begin{bmatrix} x_1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus k_2 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 0; k_2 = 1 \\ \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_1 \oplus x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus k_2 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 1; k_2 = 0 \\ \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus k_2 \end{bmatrix}, & \text{якщо } k_1 = 1; k_2 = 1 \end{cases} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus k_2 \end{bmatrix}$$

За результатами взаємоперетворення отримано наступне: Якщо  $O_{1,7,19,13}^k = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}$

- операція кодування, тоді  $O_{3,9,15,21}^d = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus k_2 \end{bmatrix}$  буде операцією декодування. Якщо

вибрана операція буде  $O_{3,9,15,21}$ , тоді оберненою операцією буде операція  $O_{1,7,19,13}$ .

$$O_{1,7,19,13}^d = \begin{cases} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, \text{ якщо } k_1 = 0; k_2 = 0 \\ \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}, \text{ якщо } k_1 = 0; k_2 = 1 \\ \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}, \text{ якщо } k_1 = 1; k_2 = 0 \\ \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \end{bmatrix}, \text{ якщо } k_1 = 1; k_2 = 1 \end{cases} = \begin{cases} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}, \text{ якщо } k_1 = 0; k_2 = 0 \\ \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}, \text{ якщо } k_1 = 0; k_2 = 1 \\ \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}, \text{ якщо } k_1 = 1; k_2 = 0 \\ \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}, \text{ якщо } k_1 = 1; k_2 = 1 \end{cases} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}$$

Якщо  $O_{3,9,15,21}^k = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus k_2 \end{bmatrix}$  - операція кодування, тоді  $O_{1,7,19,13}^d = \begin{bmatrix} x_1 \oplus k_1 \\ x_2 \oplus k_1 \oplus k_2 \end{bmatrix}$  буде

операцією декодування.

Отримані математичні моделі операцій, що досліджуються, забезпечують можливість практичного застосування їх в комп'ютерній криптографії як на апаратному так і програмному рівнях.

**Висновки.** Наведені результати обчислювального експерименту були формалізовані. Наведена методика переходу від табличних до аналітичних моделей несиметричних двооперандних двохранових операцій криптоперетворення дозволяє отримати аналітичні залежності, придатні як для подальших досліджень так і для практичного застосування.

### Список літератури

1. V. Rudnitsky, R. Berdybaev, R. Breus, N. Lada, M. Pustovit. Synthesis of reverse two-bit dual-operated strictly straight cryptographic coding on the basis of another operation. *Сучасні інформаційні системи. Щоквартальний науково-технічний журнал – Х.*: НТУ «ХП» 2019, Т 3, №4 С. 109-114.
2. Lada N., Dzyuba V., Breus R., Lada S. Synthesis of sets of non-symmetric two-operand two-bit crypto operations within the permutation accuracy. *Technology audit and production reserves*, 2020, № 2/2 (52), С. 28-31.
3. Лада Н. В., Лада С. В., Шувалова Л. А., Гушлевський О. В. Дослідження результатів комп'ютерного моделювання несиметричних операцій крипто перетворення. *Сучасна спеціальна техніка*, 2021. №1 с. 48-57



**Тимочко О.І.**, д.т.н., професор,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба  
e-mail: timochko.alex@gmail.com

**Павленко М.А.**, д.т.н., професор,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба  
e-mail: bpgpma@ukr.net,

**Ларін В.В.**, к.т.н., доцент  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба  
вул. Сумская 77/79, м. Харків, 61023, Україна  
e-mail: l\_vv83 @ukr.net

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБРОБКИ ВІДЕОПОТОКУ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ ТА МЕРЕЖАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

***Abstract.** The development of software and hardware components of video information processing in computer systems and special purpose networks, which are determined by the growth of traffic and society's need for modern services, lead to the need for continuous growth and modernization of computer systems and networks. Video information services have recently become the most popular. Problematic features of video information services in computer systems and special purpose networks are: high intensity of video stream; uneven video flow over time; sensitivity to packet delay and loss during transmission is given in this article.*

***Keywords:** efficiency, processing, video information, traffic, service, quality, method, model, intensity.*

Основною складністю при роботі з відео є великі обсяги передаваної відеоінформації і чутливість до її затримок при передачі. Для усунення максимальної надмірності при формуванні відеопослідовності використовується три типи кадрів: I, P і B, які формують групу кадрів [1]. Для типового відеоряду невисокої складності вага кожного P-кадру в потоці приблизно в 3 рази менше ваги I-кадру. Однак при обліку кількості P-кадрів у групі саме вони вносять основний внесок в загальний обсяг відеоданих. Тому необхідно удосконалювати методи кодування для P-кадрів на основі попередньої ідентифікації типу блоків з подальшим формуванням блокових кодових конструкцій.

Аналіз обробки прогнозованих кадрів у стандарті MPEG дозволив виявити недоліки при компресії відеоданих та розробити метод кодування P-кадрів з можливістю вибору типу обробки блоків, де в якості вирішального правила використовується оцінка структурної надлишковості блоку. Таким чином можна додатково управляти бітовою швидкістю відеотрафіка шляхом зміни кількості блоків I- та P-типу.

Метою даної роботи є дослідження різних видів надмірності, яку має відеоінформаційний ресурс з урахуванням особливостей обробки відеопотоку в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення.

Відео формату високої чіткості 25 кадрів за секунду в системі RGB вимагає потоку даних приблизно в 240 Мбіт/с. Тому необхідно застосовувати різні технології компресії. Однак традиційні алгоритми компресії зображень, орієнтовані на окремі кадри, не рятують ситуації. Так, навіть зменшення потоку в 10 разів, не дозволяє в повній мірі адаптуватися під нестационарні характеристики комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення.

Основою всіх алгоритмів компресії є усунення різних видів надмірності відеозображення [2], а саме:

а) структурна надмірність – підсумок особливостей стандарту розкладання зображення в цифровий сигнал. Усунення зі складу цифрового відеосигналу затухаючих

імпульсів рядків та полів, які не відновлюються в декодері по опорних сигналах синхронізації, підвищує швидкість передачі відеоданих приблизно на 25% [3];

б) спектральна надмірність є результатом надмірно високої частоти дискретизації. Зокрема, прийнята ортогональна структура дискретизації відеозображення в загальному випадку не є оптимальною в частотному просторі. Використовуючи інтерполяцію і передискретизацію певним чином обраних груп відліків відеосигналу, можна, в принципі, видозмінити спектральний склад і знизити частоту дискретизації. Така обробка зазвичай незворотня і, як правило, веде до деякого зниження якості відновленого зображення.

Ці два види надмірності враховуються при формуванні відеопослідовності. Переважна більшість алгоритмів компресії відео є алгоритмами з втратою даних, які використовують при компресії перерахованих нижче типів надмірності.

Надмірність за сприйняттям (психофізіологічна) викликана особливістю сприйняття зображення зоровою системою людини, яка нечутлива до дуже високих або дуже низьких просторових частот. Усунення такої надмірності здійснюється спеціальними методами подфільтрації і квантування.

Статистична надмірність заснована на подібності значень сусідніх елементів рядка матриці або кадру. Для її скорочення застосовуються статистичні коди, в основному код Хаффмана або арифметичне кодування.

Часова надмірність (подібність між кадрами) враховує, що на швидкості 25 кадрів за секунду, як правило, сусідні кадри змінюються незначно. Усунення часової надмірності досягається використанням блокової компенсації руху, яка є різновидом кодування з передбаченням.

Просторова надмірність – незначне редагування кольору зображення в сусідніх пікселях. Для скорочення просторової надмірності застосовується кодування з перетворенням і кодування з передбаченням.

Найбільша увага при формуванні обробленого відеопотоку приділяється усуненню просторової та часової надмірності. Два сусідні кадри в більшості випадків відрізняються один від одного незначно (рис. 1). Це дозволяє передавати лише частину інформації про наступний кадр де відбулися зміни (рис. 2) [4-5].



Рисунок 1 – Сусідні кадри з послідовності, розміри блоків 16x16 - 4x4



Рисунок 2 – Міжкадрова різниця

Саме такі кадри (з урахуванням поправки на компенсацію руху) і оброблює кодек. Їх більше 99% в потоці (амплітуди – малі, зображення практично однорідне).

Висновки. Обґрунтовано вибір прогнозованих Р-кадрів для удосконалення методів обробки через їх значний вплив на ступінь компресії відеоінформації. Щодо опорних кадрів обсяг переданих даних у Р-кадрі зменшується в середньому в 2-3 рази. Тому, чим більша кількість Р-кадрів використовується в відеопослідовності, тим сильніша компресія в цілому, але гірша якість зображення. Відповідно, вищим повинен бути рівень контролю за помилками через те, що помилка в одному блоці пошириться на всю групу наступних Р-кадрів. Досліджено недоліки статистичної компресії, заснованої на кодуванні Хаффмана – висока чутливість до помилок, необхідність у буферному накопичуванні, неможливості визначення ступеня компресії до початку кодування, великі затримки при побудові дерева для довгої відеопослідовності.

### Список літератури

1. Development of an advanced method of video information resource compression in navigation and traffic control systems / S. Yevseiev, Ahmed Abdalla, S. Osieivskyi, V. Larin, M. Lytvynenko // EUREKA: Physics and Engineering. – 2020. – No. 5. – P. 31-42. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001405>.

2. Feng Yu, Xinhui Gong, Hanpeng Li, Shihong Wang. (2021), Differential cryptanalysis of image cipher using block-based scrambling and image filtering, Information Sciences Volume 554, April 2021, Pages 145-156. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.12.037>.

3. Conceptual Basis of Cascading Differential Masking Technology / M. Pavlenko, M. Kolmykov, O. Tymochko, S. Khmelevskiy, V. Larin // 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). <https://doi.org/10.1109/dessert50317.2020.9125024>.

4. Feng Yu, Xinhui Gong, Hanpeng Li, Shihong Wang. (2021), Differential cryptanalysis of image cipher using block-based scrambling and image filtering, Information Sciences Volume 554, April 2021, Pages 145-156. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.12.037>.

5. General Approach to Counter Unmanned Aerial Vehicles / V. Tyurin, O. Martyniuk, V. Mirnenko, P. Open'ko, I. Korenivska // 2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD). <https://doi.org/10.1109/apuavd47061.2019.8943859>.

**Філімонов С.О., к.т.н., доцент**

доцент кафедри приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: s.filimonov@chdtu.edu.ua

**Яценко С.С.,**

аспірант кафедри приладобудування, мехатроніки і комп'ютеризованих технологій  
Черкаський державний технологічний університет

**Філімонова Н.В., к.т.н., доцент**

доцент кафедри проектування харчових виробництв та верстатів нового покоління  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: nv.filimonova2015@gmail.com

## РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СИЛИ ТЯГИ ВІБРОПЛУГА

***Abstract.** The principle of land cultivation is analyzed. It has been found that cultivating the land takes a large amount of time and energy.*

*In the course of solving the problem, a program was developed for the processes of calculating and accumulating information as an auxiliary factor in solving the problem of land cultivation.*

***Key words:** vibration technologies, program, programming, automation*

**Вступ.** Сільське господарство є одним з найважливіших галузей економіки, так як від нього залежить продовольча безпека держави. Саме розвиток технологій в цій сфері сприяє ефективному економічному зростанню і збільшенню добробуту громадян і держави в цілому.

Велику кількість сил і часу займає обробка землі, при культивуванні землі нам все ще потрібні великі витрати енергії. Нові види сільгосптехніки використовується для вирішення цієї проблеми, що є однією з головних задач розвитку сучасного машинобудування. Але на цьому шляху існують обмеження продуктивності традиційних машин, коефіцієнт корисної дії яких коливається в межах 0,19-0,38. Необхідно звертатися до нових принципів і технологій, в тому числі і вібраційних для створення машин більшої ефективності[1].

При використанні вібрацій в плугів, експериментально встановлено, що значно зменшується тертя ковзання ґрунтом, що є основною складовою в загальній величині тягового опору. Залипання робочих органів також зменшується. У зв'язку з цим останнім часом з'явилося багато конструкцій плугів з вібруючими робочими органами [2]. Однак, при всіх позитивних ефектах, є свої недоліки, а саме: великі габарити, а також складні експлуатація та виготовлення. В роботі [3] представлений новий тип віброплугу на основі smartpiezoceramics, який має невеликі габаритні розміри, більш високу частоту створення вібрацій, а також простий у виготовленні та експлуатації.

Однією з важливих характеристик плуга є сила яка потрібна для тяги плуга, тобто протидія опору ґрунту. Для визначення сили, необхідної для тяги плуга, основоположник землеробської механіки академік Василь Прохорович Горячкін запропонував формулу, що розкриває закономірності і фізичний зв'язок між основними факторами робочого процесу плуга і загальним опором, що виникає при його роботі. Ці залежності записані в раціональному вигляді, звідси сама формула, названа раціональної [3,4,5]. Однак, цю формулу для обрахунку тяги віброплуга, принцип дія якого оснований на п'єзокерамічному ефекті, використовувати недостатньо. В роботі [6] запропоновано формулу для визначення тяги віброплуга на основі п'єзоефекту, яка базується на формулі Горячкіна В.П. Однак для її розрахунку необхідно використовувати спеціальні програмні засоби та зіткнутися з

великою кількістю інформації яка буде збиратися або відсіюватися з подальшим її апроксимуванням для покращення розуміння проблеми та рішень в процесі визначення тяги віброплуга.

**Мета роботи** – автоматизувати процес розрахунку для покращення, спрощення та накопичення матеріалу роботи з розрахунками та математичними моделями.

Для вирішення проблем пов'язаних автоматизуванням накопиченого матеріалу з метою його спрощення, оброблення та подальшого розвитку, було прийнято рішення розробити програмне забезпечення для процесу розрахунку з можливістю корекції, шляхом введення або заміни даних, а також створити ергономічний дизайн програми для найбільш зручної роботи з нею. В якості мови написання програми було вибрано мову Python, а в якості компілятора PyCharm Community. На момент створення програма отримала назву Comfort formula та використовувала бібліотеку tkinter. Вікно програми Comfort formula зображено на рис. 1.



Рис. 1. Вікно програми Comfort formula

Суть даної програми апроксимування та автоматизування накопиченого матеріалу з метою його спрощення, оброблення та подальшого розвитку.

За допомогою програми можливо проводити розрахунки за формулою Горячкіна В.П. а також розрахувати необхідні фізичні величини, що зменшують силу супротиву в плугу. Дана програма є допоміжним інструментом, що розвивається, в процесі накопичення інформації полегшуючи процеси розрахунку.

Також в програмі Comfort formula створений Help, який відкриває допоміжне вікно що зберігає в собі підказки та формули використані в процесі досліджень та розрахунків. Вікно Help програми Comfort formula зображено на рис. 2.

Рациональна формула В.П. Горячкина  $P_x = f \cdot G + (k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot u^2) \cdot n$

$P_x$  - сили яка необхідна для тяги плуга;  $f$  - коефіцієнт, аналогічний коефіцієнту тертя;  
 $G$  - сила тяжіння плуга,  $N$ ;  $k$  - коефіцієнт питомого опору ґрунту,  $Па$ ;  $a$  та  $b$  - розміри перетину пласта,  $м$ ;  $\varepsilon$  - безрозмірний коефіцієнт, що залежить від форми відвалу і властивостей ґрунту;  $u$  - швидкість,  $м/с$ ;  $n$  - число корпусів плуга. Коефіцієнт корисної дії плуга визначається по формулі:

$$\eta = \frac{(k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2) n}{fG + (k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2) n}$$


---

Визначення коефіцієнтів  $f$ ,  $k$  і  $\varepsilon$  рациональної формули В.П. Горячкина проводяться за формулами:

$f = \frac{P_1}{G}$

$\varepsilon = \frac{n \cdot r - q \cdot m}{n \cdot l - m^2}$

$k = \frac{q \cdot l - m \cdot r}{n \cdot l - m^2}$

---

Розрахункове зусилля на плуг визначається за формулою:

$P_{\text{росч}} = v \cdot P_x$

---

Сила ультразвукового актуатора:

$P_A = (2\pi f)^2 \xi_m \cdot N_m$

---

Коефіцієнт зменшення сили для тяги плуга:

$P_0 = P_x - P_A$

Рис. 2. Допоміжне вікно програми що з'являється при натисканні кнопки Help

**Висновки.** Таким чином, розроблене програмне забезпечення Comfort formula для розрахунку сили тяги плуга та віброплуга дозволяє автоматизувати розрахунки та зменшення затрати часу на них. Розроблена програма має ергономічний дизайн та зручна у використанні.

### Список літератури

1. Булгаков В.М. Дослідження вібраційних процесів при основному обробітку ґрунту / В.М. Булгаков, М.О. Свірень, Р.В. Кісільов, С.Б. Орищенко, І.О. Лісовий // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2015. – Вип. 5, Т. 1 – С. 3 – 13.
2. Вібраційні машини сільськогосподарського виробництва: Монографія. / В.М. Булгаков, М.О. Свірень, І.П. Паламарчук, В.В. Дрига, О.М. Черниш, В.В. Яременко. – Кіровоград: КОД, 2012. – 512 с.
3. Філімонов С.О., Ященко С.С., Батраченко А.В., Філімонова Н.В. Использование smart piezoceramics для обработки почвы в сельском хозяйстве // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2019. - №2.
4. Максимов И.И. практикум по сельскохозяйственным машинам и орудиям чебоксары 2011 – 212с. Рациональная формула В.П. Горячкина для определения тягового сопротивления плуга [Електронний ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/5719257/page/33/> (дата звернення: 02.02.2020).
5. Самородов, В.Б. Развитие классических методов тягового расчета трактора с учетом основных техникоэкономических показателей МТА / В.Б. Самородов, А.Ю. Ребров // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: зб. наук. праць. — Харків : НТУ «ХПІ», 2008. — Тем. вип.: Автомобіле- і тракторобудування, № 58. — С. 11—20.
6. Филимонов С.А., Батраченко А.В., Ященко С.С., Филимонова Н.В. Розрахунок сил, що виникають при створенні вібрацій за допомогою smart piezoceramics, та дослідження їх розподілу у плужному відвалі / // ”Вісник Черкаського державного технологічного університету”. –2020. – №2. – С.21-28.

## Секція 4

# МІКРО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 620.179.118.2

**Білокінь С.О.,** к.т.н.

науковий співробітник кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету  
e-mail: gremoryqq@gmail.com, tel. +38 (0472) 511 571

**Андрієнко О.І.,**

здобувач освітньо-наукового рівня доктора філософії кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету  
andrienko22@ukr.net

**Тичков Д.В.,**

здобувач освітньо-наукового рівня доктора філософії кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

## ВСТАНОВЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЧАСУ МУЛЬТИЗОНДОВОГО ВИМІРЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЇ МІКРОСКОПІЇ

***Abstract.** The paper considers the question of determining the optimal time for measuring the relief of dielectric surfaces by multiprobe atomic force microscopy. It is established that the optimal time for determining the nanorelief for the working measuring scheme "Scanning in contact mode - exit to the starting point - scanning in contactless mode - delay - scanning in contact mode" is 4.7-11.7 minutes, and the use of such a measuring scheme allows you to adjust the electrostatic component of the interaction between the dielectric probes and the surface of the object under study.*

***Keywords:** atomic-force microscopy, probe matrix, instrumental microscope, optimal measurement time*

***Анотація.** В роботі розглядається питання визначення оптимального часу вимірювання рельєфу діелектричних поверхонь методом мультizonдової атомно-силової мікроскопії. Встановлено, що оптимальний час визначення нанорельєфу для робочої вимірювальної схеми «Сканування в контактному режимі – виїзд в початкову точку – сканування в безконтактному режимі – затримка – сканування в контактному режимі» складає 4,7-11,7 хвилин, а використання саме такої вимірювальної схеми дозволяє скорегувати електростатичну складову взаємодії між діелектричними зондами та поверхнею досліджуваного об'єкту.*

***Ключові слова:** атомно-силова мікроскопія, матриця зондів, інструментальний мікроскоп, оптимальний час вимірювання*

Актуальність. В роботі [1] авторами пропонується використання матриці зондів, що створені на єдиній підкладці і мають принципово різне призначення, і використання якої дозволяє досліджувати широкий спектр властивостей матеріалів у точному приладобудуванні в одному циклі вимірювання.

Використання такої матриці зондів дозволить здійснити реалізацію сучасного інструментального мікроскопу на базі атомно-силового мікроскопу (АСМ), що може проводити мікро- та нанообробку (мікроскрайбування; наносвердлування, нанолітографію), вводити мікро- та наноін'єкції в біооб'єкти та біореактори, а також проводити синтез наноструктур (вирощування нанотрубок та інших наноструктур;

реалізація інструментів типу нановеретено та наноекструзія) [2].

В даній роботі проводиться встановлення оптимального часу мультизондового вимірювання рельєфу діелектричних поверхонь методом атомно-силової мікроскопії, що базується на результатах експериментів і є питанням актуальним в завданнях проведення нанометричних досліджень.

Постановка задачі. Мультизондове вимірювання нанорельєфу діелектричних поверхонь методом АСМ полягає у одночасному здійсненні ряду операцій: скануванні, виїзді в початкове положення, позиціонуванні. Прикладом такого мультизондового вимірювання є описане в [3] комплексне діагностування рельєфу поверхонь зі сформованими на них нанорозмірними структурами за наступною схемою: «сканування у контактному режимі – виїзд у початкове положення – сканування у безконтактному режимі». Для встановлення оптимального часу мультизондового вимірювання нанорельєфу діелектричних поверхонь методом АСМ використовувався описаний нижче підхід.

Визначення оптимального часу сканування досліджуваної поверхні. Для вибору оптимального часу сканування досліджувалися наноструктури у вигляді наноконтактів із золота, сформовані на поверхні кремнієвої пластини, а також калібрувальна решітка TGZ1.

Дані матеріали обиралися виходячи із різної мікротвердості поверхні, яка, як було встановлено в роботі [4], впливає на якість отриманих результатів сканування, та, відповідно, на час проведення дослідження.

Сканування досліджуваних зразків здійснювалося за наступних режимів: швидкість горизонтального сканування  $V = 9 \dots 17$  мкм/с; крок сканування  $h = 82$  нм; час затримки при підведенні зонду  $\tau = 6$  мс. Профілограми та порівняльні залежності точності рельєфу зразків різних за мікротвердістю від швидкості сканування наведені на рис.1, 2.

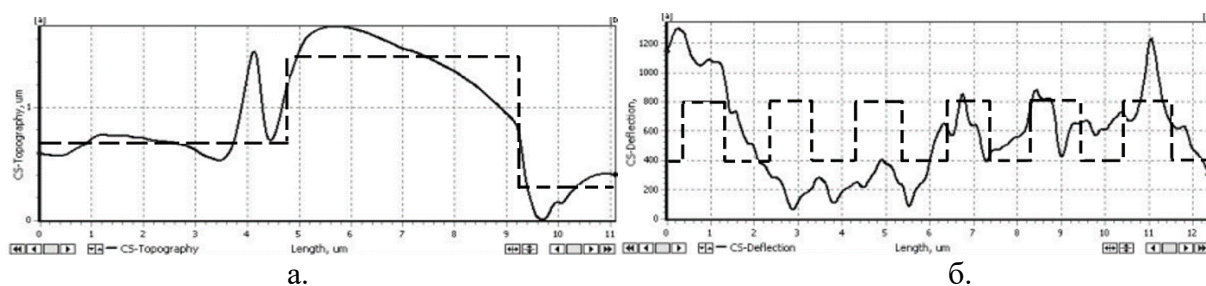


Рис. 1. Профілограма поверхні наноконтактів із золота, сформованих на поверхні кремнієвої пластини (а) та калібрувальної решітки TGZ1 (б) за різних швидкостей горизонтального сканування: а –  $V_{гор} = 9$  мкм/с; б –  $V_{гор} = 17$  мкм/с. Штриховою лінією позначено дійсний профіль поверхні

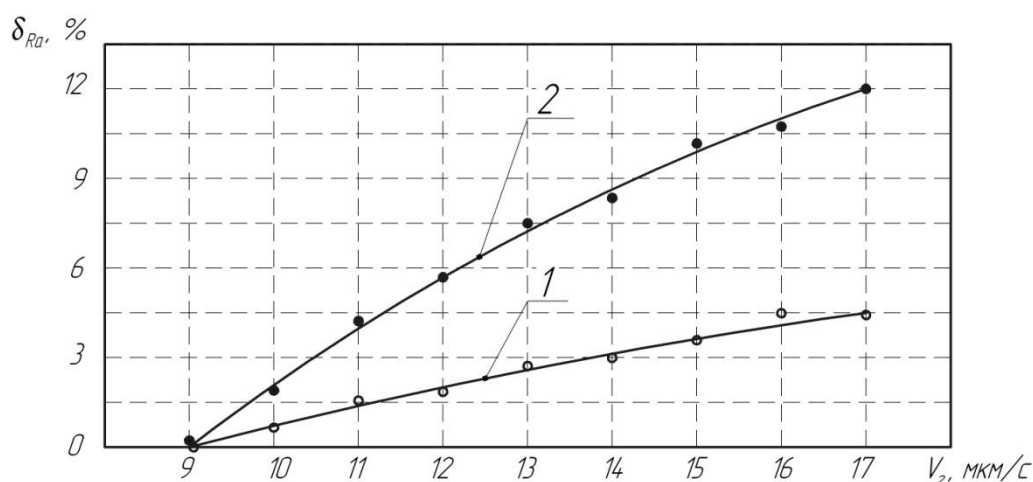


Рис.2. Залежності відхилення величини мікронерівностей нанорозмірних структур відносно їх дійсного значення від швидкості горизонтального сканування зондом АСМ модифікованим вуглецевим покриттям



○, 1 – відповідно, отримані експериментально та апроксимовані дані для калібрувальної решітки TGZ1 ( $\text{SiO}_2$  на кремнієвій підкладинці);

●, 2 – відповідно, отримані експериментально та апроксимовані дані для наноконтактів із Au на кремнієвій підкладинці

Як видно із профілограм поверхонь (рис.1), відхилення профілю сканування від дійсного спостерігається зі збільшенням швидкості сканування. Також слід відмітити «закруглення» прямокутних виступів, як наноконтактів, так і калібрувальної решітки.

В той же час залежності відхилення величини мікронерівностей нанорозмірних структур від швидкості горизонтального сканування зондом АСМ модифікованим вуглецевим покриттям (рис.2) дозволили встановити швидкість горизонтального сканування різних за мікротвердістю поверхонь за умови, що відхилення величини мікронерівностей нанорозмірних структур, сформованих на таких поверхнях не перевищує 5%.

Так, швидкість сканування наноконтактів із Au на кремнієвій підкладинці ( $H = 0,36$  ГПа) не має перевищувати 10,6 мкм/с, що відповідає часу сканування ділянки  $13 \times 13$  мкм рівному 156 с. В той же час максимальна швидкість сканування калібрувальної решітки TGZ1 ( $\text{SiO}_2$  на кремнієвій підкладинці,  $H = 9,63$  ГПа) становить 13,9 мкм/с, що відповідає часу сканування 135 с.

Схожий характер залежностей наведених на рис.2 дозволив, шляхом апроксимації, встановити залежність часу сканування ділянки  $13 \times 13$  мкм поверхонь зі сформованими на них наноструктурами від мікротвердості матеріалів із яких ці наноструктури виготовлені, рис.3.

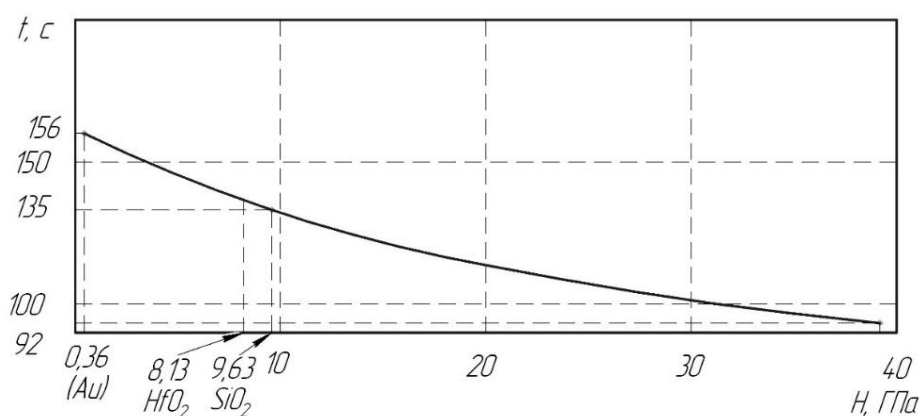


Рис.3. Залежність часу сканування ділянки  $13 \times 13$  мкм поверхні від її мікротвердості

Як видно із залежності наведеної на рис.3, максимальне значення оптимального часу сканування ділянки поверхні становить 156 с (покриття Au), а мінімальне значення – 92 с (що відповідає матеріалу з граничною твердістю  $H = 39$  ГПа).

Визначення оптимального часу багатоциклічного вимірювання рельєфу зі сформованими на них нанорозмірними структурами (наноконтактів з Au на підкладинці з кремнію) проводилося за наступних режимів: швидкість горизонтального сканування  $V = 10,6$  мкм/с; крок сканування  $h = 82$  нм; час затримки при підведенні зонду  $\tau = 6$  мс; час релаксації пружних деформацій  $t = 10^{-5}$  с, навантаженні на зонд  $P = 0,15$  мН.

При цьому, як робоча вимірювальна схема, застосовувалася така: «Сканування в контактному режимі – виїзд в початкову точку (1-5 с) – сканування в безконтактному режимі – затримка (120-180 с) – сканування в контактному режимі». Час сканування в контактному режимі  $t_c = 135$  с; час сканування в безконтактному режимі  $t_n = 115$  с; час витримки  $t_b = 1-5$  с; час затримки  $t_3 = 120-180$  с. Тому загальний час вимірювання за представленою робочою схемою:  $t = 641 \dots 705$  с (відповідно, 10,7-11,7 хв).

**Висновки.** Таким чином, оптимальний час визначення нанорельєфу складає 4,7-11,7 хвилин, що включає в собі сканування для обирання зони дослідження, вимірювання

рельєфу діелектричних поверхонь та подальше сканування ділянки поверхні в безконтактному режимі для корегування електростатичної складової взаємодії між діелектричними зондами та поверхнею досліджуваного об'єкту.

#### Список літератури:

1. Перспективи застосування матриці зондів на єдиній основі для атомно-силового мікроскопу / О.І.Андрієнко, М.О.Бондаренко, Ю.Ю.Бондаренко, В.С.Антонюк // Приладобудування: стан і перспективи: матер. ХІХ Міжнар. наук.-техн. конф., (м.Київ, 13 – 14 травня 2020 р.). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С. 36–37.
2. Перспективи використання методу атомно-силової мікроскопії при комплексному контролі елементів приладів точного приладобудування / В.С.Антонюк, Ю.Ю.Бондаренко, М.О.Бондаренко, С.О.Білокін, В.О.Андрієнко // Перспективні технології та прилади: зб. наук. праць. – м.Луцьк: ЛНТУ. – 2014. – Вип. 5. – С. 5-9.
3. Formation of Wear-Resistant Coatings on Silicon Probes for Atomic Force Microscopy by Thermal Vacuum Evaporation / V.S.Antonyuk, S.O.Bilokin, M.O.Bondarenko, Yu.Yu.Bondarenko, Yu.I.Kovalenko // Journal of superhard materials. – 2015. – Vol.37. – No. 2. – pp.112-119.
4. The investigation of the nanoreliefs of optical elements of measuring instruments, which modified by electron-beam microprocessing / E.Skoryna, V.Medyanyk, M.Bondarenko, I.Bondarenko, S.Bilokin, V.Antoniuk // “Machines. Technologies. Materials 2018”: in Proc. XV Intern. Scien. Congress, (Borovets, 14 – 17 March 2018). – Borovets, Bulgaria. – 2018. – Year II. – Iss. 1 (8). – Vol. 1. – pp. 90-93.

**Demenskiy O. M.**, Junior Researcher  
e-mails: alex86\_new@ukr.net, o\_demenskiy@isp.kiev.ua

**Yerochin S. Yu.**, Researcher

**Krasnov V. A.**, Ph. D., Senior Researcher

**Shutov S. V.**, Ph. D., Senior Researcher

V. E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Laboratory of Materials for Optoelectronics N10-2, Kherson 73008, Ukraine

## **A MODIFIED METHOD OF FORMATION OF $p^+n^-$ Si LED STRUCTURES FOR TERAHERTZ SPECTRAL RANGE**

**Abstract.** *Sub-millimeter wave range emitters are discussed. It is reported that light-emitting diode structures based on  $p^+n^-$  type Si device structures are one of the promising solutions to implement terahertz range emitters. Due to known disadvantages, the practical usage of them is quite limited. To eliminate these disadvantages, a modified technology of formation of  $p^+n^-$  Si structures is proposed. The dependence of the integrated intensity of terahertz electroluminescence on the amplitude of pulsed injection current has been measured for the structures obtained confirming its linear behavior as well as the current lowering.*

**Keywords:** *terahertz emitter, Si LED structure, electroluminescence, pumping current*

Electromagnetic radiation of terahertz range ( $\sim 0.1\text{--}10$  THz) is of considerable interest for creating measuring and diagnostic equipment in medicine, biology, environmental monitoring systems, etc [1].

Currently, the most effective semiconductor sources of such a radiation are quantum-cascade lasers [2], which are characterized by the complexity of technological implementation. This is unacceptable for a wide application in commercial devices.

In the work [3] and others, it was proposed to implement terahertz emitters as a light-emitting diode (LED) based on  $p^+n^-$  type Si device structures with a degenerate  $p^+$ -emitter. Operation of these structures is based on the usage of optical transitions between shallow impurity levels in the LED base, similar to the mechanism considered in [4]. Such terahertz emitters, despite low operating temperatures, are considered to be promising, since they allow direct integration with silicon-based electronics and are manufactured on the basis of the developed technology of Si devices and ICs.

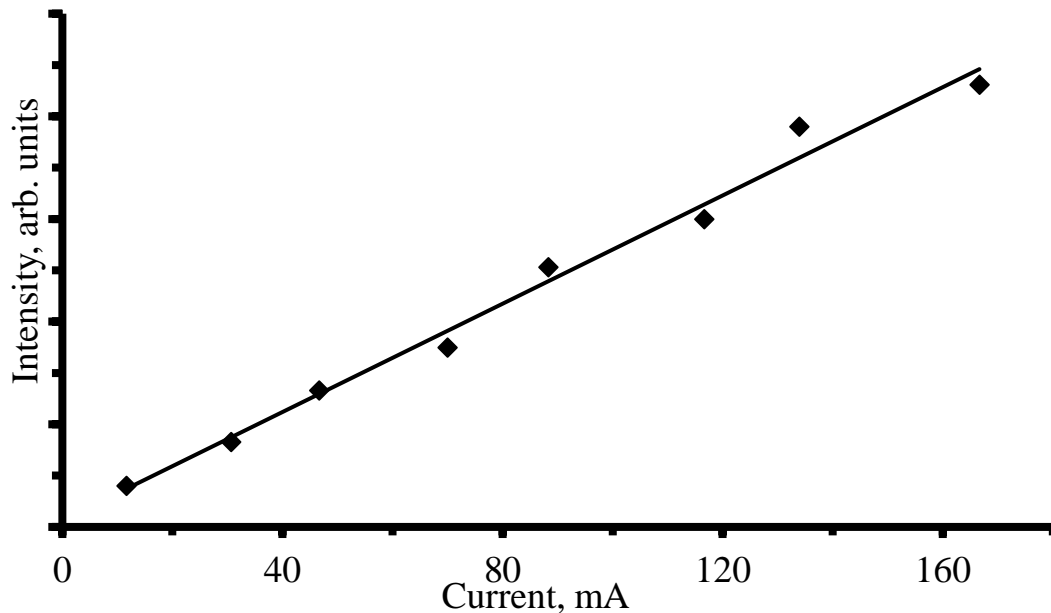
A decrease of the coefficient of hole injection into n-base of  $p^+n^-$  Si LED structure with the operating temperature increase is known to be the disadvantage of such emitters, in particular. It is caused by the defectiveness of the  $p^+n^-$  junction interface due to a high concentration of boron in the  $p^+$ -layer (close to the limit of its solubility in Si) as well as to almost complete coincidence of the physical and "technological" interfaces of the junction.

To eliminate these disadvantages, a modified technology of formation of  $p^+n^-$  Si structures is proposed. The technology implies preliminary CVD growth of the epitaxial Si(B) layer ( $N_A \sim 3 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ) with a thickness of  $\leq 1.5 \mu\text{m}$  on a thinned Si substrate doped with phosphorus (obtained by crucibleless zone melting, resistivity  $\geq 120 \text{ Ohm}\cdot\text{cm}$ ). Then a preliminary diffusion of boron atoms into the  $p^+$ -layer is carried out up to the final concentration of  $\sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ .

The usage of this technology made it possible to reduce the pulsed pumping current of electroluminescence for the LED structures up to the values of  $\leq 160 \text{ mA}$  providing almost linear dependence of the integral terahertz electroluminescence signal on the current (Fig. 1), as well as to increase the electroluminescence observation temperature up to  $\sim 20 \text{ K}$  (stable up to  $\sim 15 \text{ K}$ ) due to the decrease of leakage currents and series resistance of the structures. The emission spectrum of the LED structures had a characteristic shape with a smoothly varying wide background, on which narrow emission lines, corresponding to intracenter optical transitions in

phosphorus donors in Si were imposed [5, 6]. It was shown earlier [3] that the radiation of such structures possessed purely electronic nature. This is important for many practical applications [7].

Thus, our results allow to create technologically simple methods for fabricating of  $p^+n^-$  Si LED structures operating in the terahertz range.



**Fig. 1.** Dependence of the integrated intensity of the terahertz spectral range electroluminescence on the amplitude of pulsed injection current.

#### References:

1. Terahertz Spectroscopy and Imaging, edited by K.-E. Peiponen, J. A. Zeitler, M. Kuwata-Gonokami. *Springer Series in Optical Sciences*, Vol. **171**, 2013.
2. B. S. Williams. Terahertz quantum-cascade lasers. *Nature Photonics*, 2007, Vol. **1**, 517–525.
3. A. O. Zakhar'in, Yu. B. Vasilyev, N. A. Sobolev, V. V. Zabrodskii, S. V. Egorov, A. V. Andrianov. Injection-Induced Terahertz Electroluminescence from Silicon  $p-n$  Structures. *Semiconductors*, 2017, Vol. **51**, No. 5, 604–607.
4. A. O. Zakhar'in, A. V. Andrianov, A. Yu. Egorov, N. N. Zinov'ev. Terahertz photoluminescence from GaAs doped with shallow donors at interband excitation. *Appl. Phys. Lett.*, 2010, Vol. **96**, 211118.
5. C. Jagannath, Z. W. Grabowski, A. K. Ramdas. Linewidths of the electronic excitation spectra of donors in silicon. *Phys. Rev. B*, 1981, Vol. **23**, No. 5, 2082–2098.
6. A. V. Andrianov, J. P. Gupta, J. Kolodzey, V. I. Sankin, A. O. Zakhar'in, Yu. B. Vasilyev. Current injection induced terahertz emission from 4H-SiC  $p-n$  junctions. *Appl. Phys. Lett.*, 2013, Vol. **103**, 221101.
7. M. Hangyo. Development and future prospects of terahertz technology. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2015, Vol. **54**, 120101.

*Секція 5*  
**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЕКСПЕРТНИХ  
ДОСЛІДЖЕННЯХ**

УДК 621.311.22:658.012.001.24

**Бадерко І.В.,**

асистент кафедри комп'ютерні системи  
Державний університет «Одеська політехніка»

**Ухіна А.В., PhD,**

ст. викладач кафедри комп'ютерні системи  
Державний університет «Одеська політехніка»

**Ситніков В.С., д.т.н., професор,**

зав. кафедри комп'ютерні системи  
Державний університет «Одеська політехніка»  
e-mail: [sitnvs@gmail.com](mailto:sitnvs@gmail.com), тел. 8(067) 456-71-65

**Ситнікова В.О., д.м.н., професор,**

професор кафедри нормальної та патологічної клінічної анатомії  
Одеський національний медичний університет

**ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МЕДИЧНИХ ДАНИХ З  
ЗАСТОСУВАННЯМ АЛГОРИТМУ БАНКУ ОДНОТИПНИХ ФІЛЬТРІВ У  
ЕКСПЕРТНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ**

*Abstract* - The paper considers the algorithmization of the cascade connection of the same type of digital filters in the expert system for preliminary filtering of experimental data of medical research.

**Key words:** data preprocessing in medical research, second order filtering algorithm, higher order filtering algorithms.

Інтенсивний розвиток і застосування цифрової обробки активно використовується на етапі попередньої обробки експериментальних даних в медичних дослідженнях з використанням експертних систем. Концепція доказової медицини є основою сучасних медичних досліджень.

У даний час технологія рандомізованих контрольованих випробувань вважається стандартом якості наукових досліджень ефективності лікування. Для цього при обробці експериментальних даних необхідно враховувати умови проведення експерименту або дослідження (клінічні або лабораторні), вплив суб'єктивного фактора дослідника і пацієнта, а також зменшити систематичну помилку, підвищити об'єктивність даних і т.п. Один із шляхів вирішення цього завдання фільтрація експериментальних даних для усунення артефактів і шумів вимірювання у експертних системах. Однак застосування стандартних і жорстких алгоритмів фільтрації ускладнює роботу і призводить до багаторазової обробці вихідних даних на основі введення заданих критеріїв якості обробки, що ускладнює прийняття рішення.

Невизначеність умов фільтрації призводить до задачі інтелектуалізації роботи попередньої обробки експериментальних даних на основі заданих критеріїв. При цьому використовуються адаптивні алгоритми в основному акцентують увагу на подавленні перешкоди без перебудови частотного діапазону і зміни смуги пропускання.

Перебудову властивостей алгоритму легше зробити на алгоритмах низького порядку, а порядок підняти за рахунок використання однопоточних алгоритмів низького порядку. При апаратній реалізації це можливо зробити за рахунок їх каскадного з'єднання. Тобто

розрахував та налаштував фільтр першого порядку, а потім зробити їх каскадне з'єднання [1].

Відомо, що при каскадному з'єднанні передавальні функції фільтрів перемножуються [2]

$$H(p) = \prod_{i=1}^n H_i(p),$$

де  $H(p)$ ,  $H_i(p)$  - підсумкова та  $i$ -а передавальна характеристика.

При перемножуванні передавальних характеристик їх АЧХ, як би, «стискаються» і збільшується крутизна спаду характеристики.

При дослідженні проведено ускладнення алгоритму фільтрації до четвертого порядку на базі основного алгоритму фільтрації першого порядку, як основі банку фільтрів. Слід відмітити, що коефіцієнти чисельника та знаменника однакові, що спрощує їх обчислення та застосування.

Для алгоритму цифрової фільтрації типу Баттерворта  $N$ -ого порядку залежність частоти зрізу добре апроксимується рівнянням

$$F = F_0 N^{-0.27},$$

де  $F_0$  – частота зрізу базового алгоритму цифрової фільтрації першого порядку,  $F$  **Помилка! Закладку не визначено.** – частота зрізу алгоритму фільтрації  $N$  порядку ( $N=1, 2, 3, 4$ ).

Виходячи з цієї формули можна знайти співвідношення, що дозволяє визначити частоту зрізу базового алгоритму фільтрації першого порядку по необхідній частоті  $N$ -го порядку

$$F_0 = FN^{0.27}.$$

На основі критеріїв обробки приймається рішення про ускладнення алгоритму попередньої фільтрації. Визначається частота зрізу базового алгоритму, обчислюються його коефіцієнти та порядок алгоритму.

Тоді можна скласти узагальнений алгоритм  $N$ -го порядку

$$y_n = a_0^i x_n + i a_0^{i-1} a_1 x_{n-1} + \frac{i!}{2^{i-2}} a_0^{i-2} a_1^2 x_{n-2} + i a_0^{i-3} a_1^3 x_{n-3} + a_1^i x_{n-4} - b_1 y_{n-1} - \frac{i!}{2^{i-2}} b_1^2 y_{n-2} - i b_1^3 y_{n-3} - b_1^4 y_{n-4},$$

де  $a_i$  та  $b_1$  – коефіцієнти відповідно чисельника та знаменника першого порядку,  $i$  – порядок алгоритму  $i = 1, 2, 3, 4$ .

Таким чином, для попередньої фільтрації даних експерименту можна запропонувати алгоритм, який на базі алгоритму першого порядку має можливість збільшувати порядок алгоритму фільтрації в залежності від задачі, яка вирішується. При цьому кількість коефіцієнтів обмежена, що спрощує обчислення та застосування цього підходу.

### Список літератури

1. Ch. Schuster, A. Wiens, “Performance Analysis of Reconfigurable Bandpass Filters With Continuously Tunable Center Frequency and Bandwidth”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 65, i. 11, 2017, pp. 4572 – 4583.
2. M. Rais-Zadeh, J. Fox, D. Wentzloff, Y. Gianchandani, “Reconfigurable radios: a possible solution to reduce entry costs in wireless phones”, Proceedings of the IEEE, vol. 103, 2015, pp. 438–451.

**Гожий О.О.**, старший судовий експерт відділу  
комп'ютерно-технічних та телекомунікаційних досліджень  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
e-mail: hozhyi@ndekc.ck.ua, тел. +380977039678

**Пташкін Р.Л.**, заступник завідувача відділу  
комп'ютерно-технічних та телекомунікаційних досліджень  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
e-mail: ndekc.ck@gmail.com, тел. +380937895639

## **РОЗРОБКА WEB-ОРІЄНТОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ В ПІДРОЗДІЛАХ ЕКСПЕРТНОЇ СЛУЖБИ МВС УКРАЇНИ**

***Abstract.** The main target of this paper is analysing of basics requirements for development software for government centres, such as MIA of Ukraine in general and government forensics centres in particular. Authors define basic principles for software design and architecture. These principles are based on separating the application into independent parts and encapsulation each of them. In addition, authors propose use most popular web technologies - nginx as web-server software and php as script-based language. This architecture can separate software to users-side part and server-side part. This is an essential feature for increasing application security level.*

***Keywords:** development, web, application architecture, Open Source, nginx, php*

Сучасний стан розвитку та функціонування структурних одиниць Міністерства внутрішніх справ України (МВС України) в цілому й Експертної служби МВС України зокрема, в тій чи іншій мірі перебуває в активній фазі цифрової трансформації. Поступово в підрозділах МВС України відбуваються процеси щодо затвердження та запровадження інформаційних систем, банків даних, пошукових систем чи систем обліку. Синхронно з процесами інформатизації повсякденної діяльності державних органів здійснюється й сукупність заходів з захисту інформації та систем її обробки.

На сьогодні практично неможливо своєчасно та правильно здійснювати будь-які адміністративні дії, не маючи доступу до різнопланової, актуальної та достовірної інформації, збір і надання якої ґрунтуються на сучасних спеціалізованих базах даних із використанням відповідного програмного забезпечення.

Вивчаючи схожі наукові напрацювання Триуса, Заспи, Кожем'якіна, Аширова [1] та Бугаса й Коваленко [2], а також аналізуючи основні вимоги до методів забезпечення захисту інформації [3] та шляхи їх реалізації [4], було встановлено основну проблематику розробки банків даних та систем обробки інформації як в підрозділах МВС України загалом, так й в Експертній службі МВС України зокрема. Ця проблематика полягає в тому, що Експертна служба МВС України є установою, діяльність якої безпосередньо пов'язана з наданням послуг, що мають велике значення для функціонування суспільства та безпеки населення [3]. Порушення функціонування служби може справити негативний вплив на стан національної безпеки і оборони України. Тобто підрозділи Експертної служби є об'єктами критичної інфраструктури.

Саме з огляду на вищезазначене, до програмних засобів, що використовуються в Експертній службі МВС України для зберігання та опрацювання інформації, висуваються особливі вимоги – програмне забезпечення повинно мати як алгоритми криптографічного захисту інформації, так й систему захисту від витоку інформації. Окрім того, такі програмні засоби не повинні містити в своїй структурі елементів, що розробляються сторонніми організаціями без дотримання таких вимог.

Формуючи вимоги до технологій розробки з урахуванням специфіки майбутнього додатку варто звернути особливу увагу на відкриті технології (Open Source). Вихідний код таких програм доступний для перегляду та вивчення, що дозволяє переконатися у відсутності вразливостей і неприйнятних функцій (наприклад прихованого спостереження

чи збору даних). З огляду на сучасні шаблони та методи програмування, що описані в роботах [4], [5] та [6], найбільш ефективним буде застосування web-технологій для проектування додатку.

Web-підхід фактично розділяє програмне забезпечення на дві функціонально різні частини – frontend та backend. Такий розділ дозволяє знизити системну складність, підвищити надійність і адаптивність (гнучкість) кінцевої програми [5].

Тобто функціонування системи буде забезпечуватись web-сервером, клієнтові для роботи необхідно буде лише web-браузер для відображення графічного інтерфейсу (frontend).

В свою чергу web-сервер буде отримувати запити від клієнта та передаватиме їх безпосередньо програмному засобу (backend) для подальшого опрацювання. Програмний засіб може бути реалізований на тій чи іншій мові програмування й фактично не залежить від типу web-серверу. В обов'язки backend входить лише опрацювання запиту, за необхідністю взаємодія з базою даних та, як результат – формування відповіді.

В якості web-серверу фактично можна використати «nginx» – програмний засіб з відкритим вихідним кодом, основна функціональність котрого дозволяє реалізувати швидкий та надійний HTTP-сервер. Наразі наявні версії як для сімейства Unix-подібних операційних систем так й для Microsoft Windows [6].

Основна перевага «nginx» полягає в тому, що конфігурація HTTP-сервера дозволяє визначати віртуальні веб-сервери, які фізично знаходяться й обслуговуються одним сервером. Для віртуального сервера можливо задати адреси і порти, на яких будуть прийматися з'єднання, а також доменні імена з використанням масок чи регулярних виразів.

Для реалізації безпосередньо програмного засобу (backend) найоптимальніше використовувати «php» – скриптову мову програмування, котра була створена для генерації даних (frontend) на стороні web-серверу [5] та являється проєктом з відкритим вихідним кодом. Функціонально «php» інтерпретується web-сервером у html-код, який передається на сторону клієнта. На відміну від скриптових мов, користувач не бачить «php»-коду, що є суттєвою перевагою з точки зору безпеки.

Даною роботою здійснено аналіз основних вимог до розробки банків даних та систем обробки інформації в як підрозділах МВС України загалом, так й в Експертній службі МВС України зокрема. Окрім того визначено та сформульовано базові принципи та вимоги до майбутньої архітектури додатків, як до засобів, що матимуть застосування в об'єктах критичної інфраструктури. Також розглянуто основні переваги web-технологій та виділено її ключові засоби – web-сервер для опрацювання запитів та скриптова мова «php» для створення серверної сторони додатку.

### Список літератури

- [1] Ю. В. Триус, Г. О. Заспа, О. С. Кожем'якін, і А. В. Аширова, «Інформаційно-аналітична система підтримки освітньої діяльності структурних підрозділів закладів вищої освіти», Вісник ЧДТУ, вип. 4, с. 27-38, 2021;
- [2] Н.В. Бугас, О.О.Коваленко, "Інформаційна система як умова ефективних управлінських рішень", Ефективна економіка, № 12, 2016. [Online]. Available: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=5313>;
- [3] Проєкт Стратегії кібербезпеки України на 2021–2025 роки. [Online]. Available: [https://www.rnbo.gov.ua/files/2021/STRATEGIYA%20KYBERBEZPEKI/proekt%20strategii\\_kyberbezpeki\\_Ukr.pdf](https://www.rnbo.gov.ua/files/2021/STRATEGIYA%20KYBERBEZPEKI/proekt%20strategii_kyberbezpeki_Ukr.pdf);
- [4] Д. Джонсон, Д. Деоган, Д. Савано, Безопасно by design. СПб.: Питер, 2021. ISBN 978-5-4461-1507-5;
- [5] M. Zandstra, PHP 8 Objects, Patterns, and Practice: Mastering OO Enhancements, Design Patterns, and Essential Development Tools. Brighton, UK: Apress, 2021. ISBN: 978-1-4842-6790-5;
- [6] Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влссидес, Паттерны объектно-ориентированного проектирования. СПб.: Питер, 2020. ISBN 978-5-4461-1595-2.



Калугін Д. Ф.,

завідувач сектору вибухотехнічних та пожежотехнічних досліджень  
Волинського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України  
Електронна адреса: [kalugin\\_dima@ukr.net](mailto:kalugin_dima@ukr.net)

## ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ ЕКСПЕРТИЗ

***Abstract.** The concept of forensic examination and the essence of engineering and technical expertise as one of the types of expert research are considered. The types and subspecies of engineering and technical expertise are systematized depending on the subject of research and the set of methods and tools used. The specifics of the use of information technologies in the structure of some types of engineering and technical expertise are revealed.*

***Key words:** forensic examination, engineering and technical expertise, auto technical expertise, information technologies, software.*

В сучасних умовах, пов'язаних з цифровою трансформацією більшості процесів, що відбуваються в правовому просторі України, актуальність впровадження і використання інформаційних технологій у експертній практиці пов'язана, з одного боку, з необхідністю вдосконалення організаційно-правового забезпечення доступу осіб, що призначають експертизи, до інформації про експертів та експертні установи, а з іншого, із потребою оптимізації, та раціоналізації експертних досліджень за допомогою застосування сучасних методів і інструментів дослідження.

Об'єктом дослідження інженерно-технічних експертиз є різного роду інженерні конструкції, споруди, верстати, транспортні механізми і апарати, засоби сигналізації та комунікації, прилади управління механізмами, вимірювальні прилади і пристосування, інструменти, готові промислові вироби, технічна документація тощо. Таким чином, судова інженерно-технічна експертиза спрямована на визначення стану механізмів і придатності їх для виконання конкретних технічних операцій; виявлення технічних причин дефектів механізмів і часу їх виникнення; встановлення причин, обставин розслідуваної події та визначення тяжкості її матеріально-технічних наслідків; виявлення технічних причин порушення технологічного процесу; встановлення відповідності кваліфікації працівника характеру виконуваної ним роботи; вирішення питання про можливість виконання певних дій у заданих технічних умовах; виявлення технічних недоліків у роботі підприємства з метою розробки заходів щодо їх усунення. [1].

В даному випадку експерт, який проводить такі експертизи, повинен бути компетентний в одній або декількох областях: електроенергетиці і теплоенергетиці, будівництві, проектуванню, робототехніці і т. д. З огляду на видові різноманіття предмета експертного дослідження, в структурі інженерно-технічної експертизи виділяють окремі види, існування яких обумовлено специфічним предметом вивчення і застосування методів: відео-технічна, комп'ютерно-технічної, авто-технічна, пожежно-технічна, електротехнічна та інші підвиди інженерно-технічних експертиз. В такому випадку типи використаних інформаційних технологій залежать від сукупності конкретно поставлених перед експертом питань в рамках підвиду інженерно-технічної експертизи.

Наприклад, в рамках будівельно-технічної експертизи застосування сучасних технологій сприяє як автоматизація деякої частини рутинних процесів, що здійснюються в структурі судово-експертного дослідження, так і оптимізації роботи експерта з точки зору його інформаційного супроводу, тобто в контексті пошуку, обробки і видачі необхідної інформації. Так, в рамках кримінального судочинства застосовуються такі програмні комплекси, як «МОНОМАХ-САПР», «Ліра-САПР», SCAD, здатні оцінити причини обвалення будівель і споруд. Програма AutoCAD, застосовується з точки зору побудови графічних моделей будівельних площ у випадках коли потрібно відтворити картину аварії, що відбулася. У сукупності комп'ютерне забезпечення дозволяє ефективно виявляти причини які відбулися при руйнуванні в будівництві, виявлених нещасних випадків і наявності причинно-наслідкового

зв'язку між фактом події нещасного випадку (заподіяння шкоди, загибелі людини) і наявними порушеннями будівельних норм.

В рамках комп'ютерно-технічної експертизи відбувається отримання достовірної інформації про злочини, пов'язані з використанням комп'ютерних технологій та інформації. В даному випадку експертами можуть застосовуватися такі технологічні рішення, як програмне забезпечення «AccessData FTK Imager» (version 4.5.0.3), «X-Ways Forensics 20.2 SR-4 x64», «AccessData® Forensic Toolkit® 7.0.0.164», що використовується для швидкого і безпечного вилучення цікавих даних з мобільних телефонів, накопичувачів на жорстких магнітних дисках, смартфонів, навігаторів і т. д. [2].

Виконання авто-технічної експертизи базується на використанні можливостей комп'ютерних програм «PC-Rect», «PhotoModeler Pro» які дозволяють відображати всі об'єкти, зображені на фотознімку, зверху (сліди гальмування, осипання скла та уламків, розташування транспортних засобів та інших учасників та об'єктів, що мають відношення до ДТП), з дотриманням при цьому всіх пропорцій відстаней і розмірів як у повздовжньому, так і в поперечному напрямках. Демонстраційні (симуляційні) програми, що відображають у двомірному (2D) або тримірному (3D) форматі рух і взаємодію учасників ДТП – «SMAC», «CARAT», «V-SIM», «PC-Crash» [3].

Проте для таких підвидів інженерно-технічної експертизи, як пожежно-технічна та електротехнічна сучасні інформаційні засоби та програмні інструменти відсутні, що ускладнює процес та збільшує час виконання досліджень.

Слід зазначити, що за кордоном такі інформаційні засоби активно використовують. Наприклад, для виконання пожежно-технічної та електротехнічної експертизи поширення отримав інформаційний комплекс «Експотех», з одного боку він акумулює дані та аналізує матеріали справи та відомості, необхідні експерту при підготовці експертного висновку, а з іншого представляє собою блок інженерних розрахунків, що автоматизує роботу експерта в частині виконання інженерних розрахунків при проведенні експертизи. Інформаційний блок даної системи систематизує інформацію технічного характеру, що обумовлює оцінку причин, властивостей і наслідків того, що сталося на пожежі, і тим самим, включає в себе такі розділи, як «Причини пожежі», «Динаміка пожежі», «Об'єкти пожежі», «Наслідки пожежі. Експертні дослідження». Блок інженерних розрахунків систематизує методику, необхідну для оцінки нагрівання речовин, масоперенесення при пожежі, аварійних процесів в електроустановках і т. д. В рамках даного блоку можна розрахувати температурний стрижень при нагріванні, коефіцієнти тепловіддачі і кутові коефіцієнти. Тим самим вказаний програмний комплекс сприяє визначенню електротехнічних і пожежонебезпечних характеристик, динаміки задимлення приміщень і способу евакуації, що є істотними параметрами при виконанні пожежно-технічної та електротехнічної експертизи. Таким чином, можна прийти до висновку, що сукупність застосованих у рамках судової інженерно-технічної експертизи інформаційних засобів і програмних інструментів досить об'ємна, залежить від предмета проведеного експертного дослідження і списку поставлених питань. В даному випадку, виходячи із сучасного стану експертної практики, вкрай актуальними є розробка, впровадження та використання подібних сучасних інформаційних засобів та програмних інструментів в сфері пожежно-технічних та електротехнічних досліджень.

Впровадження зазначеної вище системи сучасних інформаційних технологій, разом із паралельним підвищенням кваліфікації та рівня професійної компетентності експертів дозволить значно підвищити якість складних інженерно-технічних експертиз та оптимізувати терміни їх проведення.

#### Список література:

1. Інженерно-технічна експертиза - [https://pidru4niki.com/74917/pravo/inzhenerno-tehnichna\\_ekspertiza](https://pidru4niki.com/74917/pravo/inzhenerno-tehnichna_ekspertiza).
2. Злочини у сфері використання електронно-обчислювальних машин (комп'ютерів), систем та комп'ютерних мереж і мереж електров'язку. Науково-практичний посібник. / Б.Б Теплицький та ін. ; Київ, 2019, 168 с. ISBN 978-966-437-550-1.
3. Туренко А. М., Клименко В. І., Сараєв О. В., Данець С. В. «Автотехнічна експертиза дослідження обставин ДТП» Харків ХНАДУ 2013 р.

**Кожевніков В.В.,**

завідувач відділу криміналістичних видів досліджень,  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України,  
e-mail: [v\\_v\\_kog@ukr.net](mailto:v_v_kog@ukr.net), тел. 8 (0472) 39-36-29

**Шаповал Ю.О.,**

судовий експерт сектору дактилоскопічних обліків відділу криміналістичних видів  
досліджень,  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України,  
e-mail: [chechel12@mail.ru](mailto:chechel12@mail.ru) тел. 8 (0472) 39-36-48

## **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУДОВІЙ ЕКСПЕРТИЗІ. ВИМОГИ, ПРИНЦИПИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ**

***Abstract.** This article reveals the possibility of introducing information technology in forensic science. The basic principles and features of implementation, as well as requirements for the creation of automated expert jobs are identified. On the example of the directions of forensic types of examinations, automated identification systems are presented, which can be used during examinations.*

***Keywords:** automation, expert, system, module, examination, accounting, identification.*

В умовах сьогодення, в роботі спеціалістів різних сфер визначальною є роль техніки, телекомунікаційних засобів і технологій.

Як додатковий інструментарій і розширення можливостей досліджень різноманітних об'єктів і речових доказів з метою отримання доказової інформації в інтересах розслідування, сучасні цифрові та інноваційні технології, їх впровадження і використання стосуються і галузі судово-експертної діяльності. Перспективними вказані технології представляються і для криміналістики, у т.ч. під час проведення судових експертиз [1].

Одним з найважливіших компонентів, що складає основу професійного успіху будь-якого працівника, у тому числі й судових експертів є автоматизоване робоче місце (АРМ).

Серед безлічі визначень поняття «автоматизоване робоче місце», цей термін має на увазі набір інструментів і засобів, які дозволяють користувачеві автоматизувати складні процеси пошуку, обробки і передачі великих обсягів інформації в різних сферах діяльності сучасної людини.

Діяльність експертів за різними напрямками досліджень вимагають застосуванню широкого спектра технологічних ресурсів, а також значних за обсягом інформаційних банків даних з різним наповненням, тому доцільним та актуальним є створення та розробка автоматизованих робочих місць – комплексів засобів (апаратних, програмних, методичних тощо), які автоматизують процес вирішення експертних завдань, в тому числі проведення різних видів експертиз.

До основних цілей впровадження автоматизованих робочих місць в діяльність спеціалістів відносяться:

- автоматизація трудомістких процесів обробки, зберігання та передачі інформації;
- скорочення часу, необхідного для прийняття рішень та підвищення продуктивності праці.

Формування автоматизованого робочого місця повинно проводитися відповідно до принципів відкритості, модульності, системності, керованості, сумісності аналітичного і графічного представлення інформації.

Використання загальнодоступних та спеціалізованих рішень, широке розповсюдження протоколів і інтерфейсів забезпечить успішну інтеграцію створюваних продуктів як між ними, так і з уже функціонуючими інформаційними системами.

Не можна не враховувати, що принцип відкритості нерозривно пов'язаний з поняттям модульності.

Модульність в широкому сенсі слова являє собою поділ цілого на складні частини з метою структурування логічної структури об'єкта. Сутність модульності побудови автоматизованого робочого місця полягає в організації функціонування системи, що складається з самостійних модулів, що дають можливість їх незалежної роботи і модифікації. У разі збоїв в дії одного з модулів функціонування автоматизованого робочого місця в цілому не припиняється.

Принцип системності полягає у впорядкуванні діяльності, в наявності зв'язків між частинами, що дозволяють стверджувати про створення цілісної системи.

Впорядкованість її функціонування неможлива без дотримання принципу керованості, що включає в себе вимоги чіткої організації контролю в даній системі, відстеження переходу від од ного етапу до іншого.

Сенс принципу сумісності аналітичного і графічного представлення інформації зводиться до можливості візуальної оцінки результатів при обробці інформації засобами автоматизованого робочого місця.

Графічне представлення інформації полегшує її сприйняття, сприяє чіткому баченню структури проблеми, стимулює прийняття нестандартних рішень. Графічне представлення статистичних даних забезпечує порівняльну оцінку показників, що цікавлять користувача, а також дає можливість простежити перебіг процесів в динаміці. Об'єднання всіх підсистем, які функціонують в складі автоматизованого робочого місця має проходити в руслі єдиної методології, єдиних принципів взаємодії і управління.

Функціонування АРМів, які використовуються судовими експертами повинно мати певні особливості.

По-перше, це забезпечення захисту накопиченої інформації.

Очевидно, що специфіка судово-експертної діяльності, передбачає перш за все, створення належного захисту від несанкціонованого доступу, а також надійного захисту інформаційного наповнення системи. Це пов'язано як із дотриманням законодавства у сфері захисту персональних даних, так і цікавістю певного кола осіб до інформаційних ресурсів правоохоронних органів.

По-друге, це конвертування інформації між різними інформаційними системами. Це дасть можливість зберегти інформацію при переході і однієї системи і іншу. Прикладом є автоматизовані дактилоскопічні ідентифікаційні системи (АДІС) де є можливість ковертації банків даних із системи «Сонда» (виробник Росія) в систему «Дакто-2000» (виробник Білорусь).

На прикладі криміналістичного напрямку експертних досліджень підрозділів Експертної служби МВС можливо стверджувати, що завдяки розвитку технологій існує ряд автоматизованих комплексів, які дозволяють вирішувати певні експертні задачі, поставлених перед експертами.

За дактилоскопічним напрямком надійним помічником є вищезгадані дактилоскопічні ідентифікаційні системи (АДІС). Архітектура цих систем містить ряд модулів, які утворюють вже готову АРМ «Експерт». Це дозволяє на екрані монітора спостерігати результат ідентифікації сліду пальця руки та відповідний відбиток на дактилокарті.

За напрямком дослідження зброї експерти використовують автоматизовану балістичну ідентифікаційну систему (АБІС) з дослідження куль та гільз «BalScan».

Автоматизована ідентифікаційна система з дослідження та обліку слідів трасологічного походження «TrasoScan» та автоматизована ідентифікаційна система з дослідження робочих частин знарядь зламу «ToolScan» дозволяють використовувати інформацію при проведенні трасологічних експертиз слідів взуття та слідів знарядь зламу [2].

Автоматизований відеоспектральний компаратор дослідницького рівня FOSTER+FREEMAN VSC8000, який експерти використовують для технічного дослідження паперових документів та грошових купюр дозволяє використовувати як внутрішні бази даних документів та банкнот, так і створювати власні бази даних, які в подальшому можливо використовувати при проведенні технічних експертиз документів.

Таким чином, використання даних інформаційних технологій при проведенні судових експертиз дозволяють значно підвищити ефективність вирішення поставлених перед експертом задач в судово-експертній діяльності шляхом значного зменшення часу виконання експертиз, можливістю зробити висновок більш точним та надійним [3].

Варто зазначити, що використання інформаційних технологій жодним чином не зменшують роль експерта при проведенні досліджень, проте значно полегшують роботу фахівця. Дана допомога носить більш пошуковий, технічний характер, а вже саме експерт обирає методику дослідження і інтерпретує результати.

### Список літератури

1. Александренко О.В., Женунтій В.І. Інновації та цифрові технології в криміналістиці та судовій експертизі: сучасні можливості та проблеми застосування: матеріали міжнар. «круглого столу» (Харків, 12 груд. 2019 р.). Харків : Право, 2019. С.10-14. ISBN 978-966-937-842-2.

2. Ковальова О. В. Діджиталізація як один з напрямів удосконалення судово-експертної діяльності. Актуальні питання судової експертології, криміналістики та кримінального процесу : мат. міжн. наук.-практ. конф. (м. Київ, 5.11.2019 р.). К.: КНДІСЕ Мінюста України, 2019. С. 265–271.

3. Іващенко А.В. Проблеми розвитку наукових досліджень у галузі судової експертизи. Київ: 1997.

**Павлов В.В.**, судовий експерт відділу  
комп'ютерно-технічних та телекомунікаційних досліджень  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
e-mail: pavlov@ndekc.ck.ua, тел. +380634026591

**Пташкін Р.Л.**, заступник завідувача відділу  
комп'ютерно-технічних та телекомунікаційних досліджень  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
e-mail: ndekc.ck@gmail.com, тел. +380937895639

### **РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ ПІДРОЗДІЛІВ ЕКСПЕРТНОЇ СЛУЖБИ МВС УКРАЇНИ**

***Abstract.** The main target of this paper is highlighting the basics principles and algorithms of building database structures. Main task in database creating is data segmentation and analysing. Separating data by types allow group it and create basic data elements for further using most correctly. For normal functioning the structure of database must be normalized, integral, consistent, atomic and logical.*

*Authors propose to use two basics principles of data connection – many to many and one to many. These principles are sufficient for building efficient data base architecture which will be normalized, integral, consistent, atomic and logical. This structure ensures that the data will be in a consistent state before and after any transaction.*

**Keywords:** development, database, database architecture, data science, SQL

В сучасності комп'ютери використовуються повсюдно: неможливо знайти підприємство або установу, які не б застосовували їх для вирішення виробничих або управлінських завдань. Але насправді важливі не комп'ютери, а інформаційні системи, які на них працюють. А в центрі будь-якої інформаційної системи знаходяться дані. Логічно ж зв'язана сукупність будь-яких даних фактично є базою даних. Об'єднання великої кількості даних в єдину базу дає змогу для формування безлічі варіації групування інформації, її пошуку та опрацювання.

Головною перевагою баз даних є швидкість внесення та використання потрібної інформації. Завдяки спеціальним алгоритмам, які використовуються для баз даних, можна легко знаходити необхідні дані всього за декілька секунд. Також в базі даних існує певний взаємозв'язок інформації: зміна в одному рядку може спричинити зміни в інших рядках — це допомагає працювати з інформацією простіше і швидше.

В контексті баз даних варто окреслити поняття системи керування базами даних, як комплексу програмних засобів, необхідних для створення структури нової бази, її наповнення, редагування вмісту і відображення інформації [1, 2]. Найбільш поширеними СКБД є MySQL, PostgreSQL, Oracle, Microsoft SQL Server.

Зазвичай інформація, що зберігається в базах даних, розміщується в кількох таблицях, кожна з яких містить відомості про один об'єкт. Такий спосіб організації даних є зручним та логічним, й в той же час дозволяє уникнути дублювання інформації. Тому проектування бази даних варто починати з детального вивчення майбутніх даних, адже вони є тією основою, заради якої створюється майбутній програмний засіб.

Першочергово необхідно провести сегментацію даних, їх структурування, виявлення ключових ланок та формування схем зв'язків одних даних з іншими. Схеми зв'язків повинні забезпечувати цілісність та узгодженість інформації, мати елементи її ідентифікації. В якості першого рівня сегментації доцільно здійснювати розділення всіх даних на дві підмножини – абсолютні дані та описові дані.

Описові дані – це певний клас відомостей, котрий притаманний абсолютним даним [2]. Наприклад, для експертного провадження описовими даними будуть відомості про

напрямок та ініціатора дослідження, судового експерта, тощо. Тобто дані, котрі можливо винести в окремі довідники й для опису абсолютних даних використовувати лише ідентифікатор запису в цих довідниках.

Абсолютними даними будемо вважати такі відомості, котрі є унікальними для кожного запису [2]. Наприклад, для експертного провадження абсолютним буде вхідний та вихідний номери, номер кримінального провадження, тощо.

Зв'язок між абсолютними та описовими даними варто реалізовувати за допомогою таблиць зв'язків та зовнішніх ключів (foreign key). Такий підхід дозволить без зайвих зусиль присвоювати кожному елементу абсолютних даних по декілька елементів описових даних за принципом «багато – до – багатьох». Таблиця зв'язків буде містити лише два ідентифікатори – ідентифікатор абсолютного запису та ідентифікатор описового запису [3]. Пара цих ідентифікаторів буде унікальною й слугуватиме первинним ключем таблиці зв'язків.

Однак метод організації зв'язку між абсолютними даними та описовими з використанням таблиць зв'язків не завжди є доцільним, оскільки в деяких випадках абсолютні дані не можуть мати декілька елементів описових даних одного типу (наприклад дослідження може мати лише один регіон реєстрації чи тільки один вид складності). В такому випадку доцільно зв'язувати описові та абсолютні напрями, без використання таблиць зв'язків, за принципом «один – до – багатьох» [4].

Подальша сегментація полягає в розділенні описових даних за їх видами та організація необхідних логічних зв'язків з абсолютними даними. Логічним є групування за видами деяких описових даних в довідники.

Поєднуючи вищезазначені методи організації даних та зв'язків між ними, можливо сформулювати таку структуру бази даних, котра вміщуватиме в собі інформацію про експертні провадження та їх атрибути. Для нормального функціонування структура бази даних повинна бути нормалізованою, цілісною, узгодженою, атомарною та логічною. Лише така структура гарантує, що дані будуть перебувати в узгодженому, несуперечливому стані до початку будь-якої транзакції (модифікації даних) та по її завершенню. Принцип узгодженості можливо гарантувати лише інваріантивністю бази даних – будь-які дані, внесені в базу, повинні задовольняти всі визначені правила, враховуючи обмеження, каскади, тригери та будь-яку їхню комбінацію.

Враховуючи викладене, можна зазначити, що розробка інформаційно-аналітичних систем суттєво полегшить виконання завдань, що стоять перед підрозділами Експертної служби МВС України. Однак на сьогодні існуючі інформаційні системи не є досить розвиненими та сучасними для того, щоб всебічно забезпечити наявні робочі потреби працівників. Тому для якісного задоволення інформаційних потреб підрозділів Експертної служби МВС України необхідні подальші наукові дослідження та розробка новітніх інформаційно-аналітичних з врахуванням методів та парадигм побудови архітектури баз даних, що розглянуті в даній роботі.

### Список літератури

- [7] Л. Кэмпбелл, Ч. Мейджорс, Базы данных. Инжиниринг надежности. СПб.: Питер, 2020. ISBN 978-5-4461-1310-1;
- [8] Б. Новиков, Е. Горшкова, Н. Графеева, Основы технологий баз данных: учебное пособие. Москва: ДМК Пресс, 2020. ISBN 978-5-97060-841-8;
- [9] Г. Шениг, PostgreSQL 11. Мастерство разработки. Пер. с англ. А. А. Слинкина. Москва: ДМК Пресс, 2019. ISBN: 978-5-97060-671-1;
- [10] Н. Dombrovskaya, В. Novikov, А. Bailliekova, PostgreSQL Query Optimization: The Ultimate Guide to Building Efficient Queries. Chicago, IL, USA: Apress, 2021. ISBN: 978-1-4842-6884-1.

**Пташкін Р.Л.**, заступник завідувача відділу  
комп'ютерно-технічних та телекомунікаційних досліджень  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
e-mail: ndekc.ck@gmail.com, тел. +380937895639

**Калініченко Р.А.**, головний судовий експерт відділу  
комп'ютерно-технічних та телекомунікаційних досліджень  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
e-mail: kalinichenko@ndekc.ck.ua, тел. +380632278220

**ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ «ZERO TRUST» ПРИ ПРОЕКТУВАННІ  
ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ В ПІДРОЗДІЛАХ ЕКСПЕРТНОЇ  
СЛУЖБИ МВС УКРАЇНИ**

***Abstract.** This article discusses about using Zero Trust model for developing web applications. Using ZeroTrust model is basic requirement for providing reliable protection web applications. High security level is the main target in development applications for government forensics centres. ZeroTrust define basic principles for cyber security and talked about main aspects for its realisations.*

*Main idea consists in strict separation access levels for users inside the application. If users don't need any rights, it's must be immediately denied. Also, for high security level we must regularly scan logs for detection hidden threats.*

***Keywords:** Security, ZeroTrust, development, web, programming*

Майже всі державні органи України сьогодні перебувають в активній стадії цифрової трансформації. Аналогічні зміни відбуваються й в підрозділах Експертної служби МВС України – поступово в діяльність впроваджуються різні системи обліку, моніторингу, аналітики, тощо. Це явище є неминучим, оскільки зберігання інформації в цифровому вигляді дозволяє зручніше та ефективніше здійснювати її опрацювання. Наявність цифрових баз даних дозволяє проводити статистичний аналіз будь-яких відомостей з метою виконання подальших коригуючих дій – це зручно, ефективно, а головне швидко та інформативно.

Загалом, інформаційно-аналітична система – це комп'ютерна система, яка дозволяє створювати та отримувати інформацію, здійснювати її обробку та аналіз. Її основними завданнями є ефективно зберігання, обробка та аналіз даних. Фактично інформаційно-аналітична система дає можливість підприємству (організації) здійснювати інтеграцію та координацію внутрішніх бізнес-процесів.

Інформаційно-аналітичні системи є особливим класом інформаційних систем, що призначені для аналітичної обробки даних, а не для автоматизації повсякденної діяльності організації. Інформаційно-аналітичні системи об'єднують, аналізують і зберігають інформаційні дані як єдине ціле. Сховища даних, що входять до складу інформаційно-аналітичних систем, забезпечують перетворення чималого об'єму деталізованих даних в узагальнену вивірену інформацію, яка придатна для прийняття обґрунтованих рішень.

Опираючись на роботи [11] та [12], можна стверджувати, що найзручнішою технологією для створення систем збереження даних, їх автоматизованої класифікації та формування аналітичної інформації – є web. Створення додатку з використанням web-технологій нівелює вимоги до програмного чи апаратного забезпечення кінцевого



користувача, по аналогії з web-ресурсами – для повноцінної роботи достатньо програми для перегляду web-сторінок, тобто браузера.

Проте застосування web-технологій для створення інформаційних систем вимагає реалізації надійної системи захисту інформації. Вже не рідкістю є новини стосовного того, що web-ресурси піддаються численним атакам та як результат мільйони паролів, адрес електронної пошти та інших персональних даних стають загальнодоступними.

Аналізуючи концепції розробки сучасних систем обробки інформації [13], побудованих на основі web-технологій, можна виділити декілька основних парадигм, дотримання котрих закладе потужний фундамент забезпеченню кіберзахисту кінцевої системи. Але наразі зупинимось на одній з ключових парадигм – дотримання моделі безпеки «Zero Trust» [14].

«Zero Trust» – це модель безпеки розроблена в 2010 році. З того часу модель стала найбільш популярною концепцією в сфері кібербезпеки. А регулярні кіберінциденти, що стали причиною масового витоку даних, тільки підтверджують необхідність приділяти більше уваги кібербезпеці, де дотримання моделі «Zero Trust» може виявитися єдиним правильним шляхом.

Фактично модель «Zero Trust» визначає повну відсутність довіри будь-кому – навіть користувачам всередині «дозволеного периметру». Модель зазначає, що кожен користувач або пристрій повинні підтверджувати свої дані кожного разу, коли вони запитують доступ до будь-якого ресурсу всередині або за межами мережі.

Загалом же концепція «Zero Trust» еволюціонувала в цілісний підхід до кібербезпеки, що фактично включає в себе кілька технологій та процесів. Мета моделі «Zero Trust» – захистити мережу від сучасних загроз в сфері кібербезпеки та витоку даних, при цьому досягнувши відповідності з законодавчими нормативами щодо захисту та безпеки інформації.

З практичної точки зору модель «Zero Trust» основана на трьох базових принципах.

Перший базовий принцип концепції – автентифікація й перевірка всіх прав доступу до всіх ресурсів. Кожен раз, коли користувач звертається до будь-якого ресурсу, необхідно провести повторну автентифікацію й авторизацію цього користувача. Кожна спроба доступу до мережі повинна розглядатись як загроза до тих пір, поки не доведено протилежне, незалежно від моделі зберігання даних й походження підключення.

Модель найменших привілеїв – це друга базова парадигма безпеки, яка обмежує права доступу кожного користувача до того рівня, який необхідний йому для виконання поставлених обов'язків. Максимально обмежуючи доступ кожному користувачеві, фактично реалізовується система запобігання отриманню зловмисником доступу до інших даних використовуючи компрометацію одного аккаунту. Тобто використання рольової моделі контролю доступу дає змогу досягти найменших привілеїв користувачів з чітким розмежуванням їх доступу до даних.

Третьою базовою парадигмою принципу «Zero Trust» є контроль та верифікація абсолютно всіх дій. Необхідно застосовувати логування кожного мережевого виклику, доступу до файлу або поштового повідомлення з метою подальшого аналізу та виявлення шкідливої активності. Зазвичай для дотримання цього принципу використовують системи автоматизованої аналітики. Дана парадигма має на меті своєчасне виявлення загроз, як от брут-форс атак, активності шкідливого програмного забезпечення чи факти доступу до експлойтів.

Стратегія «Zero Trust» гарантує істотний рівень захисту проти витоків даних і сучасних кіберзагроз. Фактично зловмисникам для проникнення в мережу потрібні лише час та мотивація. Фактично від сучасних кіберзагроз не врятовують будь-які мережеві екрани

чи політики паролів, навіть комплекси з захисту інформації не зупиняють зловмисників. В сучасності для реалізації належного рівня кіберзахисту необхідно вибудувати внутрішні бар'єри і відслідковувати все що відбувається, аби завчасно виявити дії зловмисників.

Модель «Zero Trust» є перспективним напрямком розвитку безпеки інформації. Використання вищезазначеного принципу при побудові архітектури інформаційної системи фактично гарантує суттєве зменшення кількості кіберінцидентів разом з можливістю гнучкого керування захистом в залежності від рівня доступу користувача.

### Список літератури

- [11] Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влссидес, Паттерны объектно-ориентированного проектирования. СПб.: Питер, 2020. ISBN 978-5-4461-1595-2;
- [12] M. Zandstra, PHP 8 Objects, Patterns, and Practice: Mastering OO Enhancements, Design Patterns, and Essential Development Tools. Brighton, UK: Apress, 2021. ISBN: 978-1-4842-6790-5;
- [13] Д. Джонсон, Д. Деоган, Д. Савано, Безопасно by design. СПб.: Питер, 2021. ISBN 978-5-4461-1507-5;
- [14] J. Garbis, J. Chapman, Zero Trust Security: An Enterprise Guide. Boston, MA, USA: Apress. ISBN-13: 978-1-4842-6701-1.

Тулвiнський С.О., провідний iнженер з комп'ютерних систем  
вiддiлу забезпечення дiяльностi центру  
Черкаський науково-дослiдний експертно-кримiналістичний центр МВС України  
e-mail: tulvinskyi@ndekc.ck.ua, тел. +380938590640

## ПРОБЛЕМАТИКА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛАХ ЕКСПЕРТНОЇ СЛУЖБИ МВС УКРАЇНИ

***Abstract.** This paper talk about main problems of information security. Modern security systems are not perfect and usually don't have any reaction to masked attacks. Most significant problem is time response attacks - attackers mask viruses as separate defects of working usually used software. That's why we must build new modern algorithms for detections new types of attacks and can't use old style software for secure modern infrastructures.*

*Authors shows main problems in modern infrastructures and determine main principles of detection cyberattacks to local network or their separate elements. Modern problem of cybersecurity is detection attack and distinguish it's from some abnormal, but safety situation.*

***Keywords:** cyber security, data security, information defence, antiviruses, networks*

Найважливішим атрибутом сьогодення є глобальна інформаційна інтеграція, заснована на побудові комп'ютерних мереж масштабу підприємства і їх об'єднання в єдине ціле за допомогою глобальної мережі «Інтернет». Складність логічної і фізичної організації сучасних мереж призводить до об'єктивних труднощів при вирішенні питань управління та захисту мереж. В процесі експлуатації комп'ютерних мереж адміністраторам доводиться вирішувати дві головні завдання – діагностувати роботу мережі і підключених до неї серверів, робочих станцій та відповідного програмного забезпечення; захищати інформаційні ресурси мережі від несанкціонованої діяльності хакерів, вірусів, мережевих сканерів, тощо. А також забезпечувати конфіденційність цілісність і доступність цих мереж [1].

При вирішенні завдань, пов'язаних з діагностикою та захистом мережевих ресурсів, головним питанням є оперативне виявлення такого стану мережі чи її окремих ресурсів, котрий може призвести до втрати повної або часткової її працездатності, знищення, спотворення чи витоку інформації. Такий стан мережевих ресурсів може бути наслідком як відмов працездатності окремих її елементів, збоїв випадкового характеру, або ж результатом діяльності зловмисників та, як результат, отримання ними несанкціонованого доступу до мережевих ресурсів, чи навіть проникнення до мережі автоматизованих систем (вірусів) [1,2]. Раннє виявлення аномального функціонування мережі зазвичай дає змогу своєчасно усунути його причину й нівелювати наслідки атак чи збоїв.

Фактично для виявлення збоїв, направлених чи автоматичних атак використовується достатньо широкий спектр спеціалізованих програмних та програмно-апаратних комплексів. Так, при діагностиці стану мережі застосовуються аналізатори мережевих протоколів, системи тестування навантаження, системи моніторингу мережі [2]. Потенціальні ж проблеми захисту інформаційних ресурсів варто вирішувати вже зовсім іншим спектром програмних засобів – мережевих екранів, антивірусів, систем виявлення атак, систем контролю цілісності, криптографічних засобів захисту.

Аналізуючи сучасні засоби виявлення мережевих загроз встановлено, що їх методи аналізу та виявлення загалом базуються на відомих і раніше задокументованих типів атак чи методів їх здійснення [3]. Фактично ж сучасні засоби не в змозі виявити модифікації існуючих загроз або ж їх нові типи загалом [2,3,4]. Тобто застосування антивірусного програмного забезпечення, що базується на аналізі файлів чи трафіку, загалом є малоєфективним засобом при вирішенні питань виявлення вторгнень з використанням нових методів чи симбіозом вже існуючих. Таким чином, на сьогоднішній день дуже

актуальним завданням є пошук ефективних методів виявлення аномалій в роботі мережі, що зазвичай є наслідком технічних збоїв або, як правило, несанкціонованих дій зловмисників – атак.

Атакою на інформаційну систему визначають навмисні дії зловмисника, що використовують вразливості наявної системи й призводять до порушення доступності, цілісності і конфіденційності оброблюваної інформації [4].

Напрямок наукових досліджень в галузі інформаційної безпеки та виявлення кібератак є досить молодим, адже перші роботи, присвячені даній проблемі, були опубліковані в кінці 90-х років минулого століття, а бурхливого розвитку напрямку набув в останнє десятиліття.

Найактуальніші дослідження в області інформаційної безпеки ведуться фактично лише закордонними комерційними організаціями. Підхід, що лежить в основі цих досліджень, базується на пошуку методів аналізу, котрі б дозволили виявляти аномальні стани інформаційних ресурсів. Ці стани можуть бути як результатами збоїв в роботі апаратного чи програмного забезпечення, так й наслідками атак зловмисників. Теоретично такий підхід дозволяє виявляти як відомі, так і нові типи вірусів чи методів проникнення.

Ефективність системи виявлення загалом залежить від ефективності та точності апарату, котрий має змогу динамічно визначити поняття й властивості «нормального» стану функціонування мережі та зафіксувати й класифікувати відхилення від цього стану. Особливу важливість на поточний момент становить проблема виявлення аномальних станів, що мають розподілений у часі характер. Саме такі види атак, зазвичай є наслідками кропіткої роботи зловмисників щодо маскування атак з метою їх хибної ідентифікації, як нормального відхилення в функціонуванні «надійних» мережевих елементів чи засобів [4].

В якості висновку – сьогоднішній день з метою виявлення мережевих атак досить широко використовуються системи виявлення вторгнень, робота яких базується на використанні різних моделей аналізу загального стану мережі, від окремих її елементів до ключових структур. Проведені дослідження показали, що на сучасному етапі з метою виявлення та належної реакції на гібридні мережеві атаки досить ефективно можуть використовуватись лише моделі побудовані на основі адаптивного аналізу нормального стану мережі та такого ж аналізу відхилень від нормального стану. Подібні системи мають або доповнити, або ж повністю замінити існуючі інструментальні засоби захисту, оскільки фактично мають здатність до адаптованого навчання як при аналізі статичних станів так й при аналізі мережного трафіку.

### Список літератури

1. М. Коллинз. Защита сетей. Подход на основе анализа данных. Москва.: ДМК Пресс, 2020. ISBN 978-5-97060-649-0;
2. С. Энсон. Реагирование на компьютерные инциденты. Москва: ДМК Пресс, 2021. ISBN 978-5-97060-484-7;
3. Б. Смит. IT как оружие: Какие опасности таит в себе развитие высоких технологий. Москва: Альпина Паблицер, 2021. ISBN 978-5-9614-4;
4. Э. Хоффман. Безопасность веб-приложений. — СПб.: Питер, 2021. ISBN 978-5-4461-1786-4.

**Шинкаренко Д.Ю.**, головний судовий експерт сектору  
фізико-хімічних досліджень відділу досліджень матеріалів, речовин і виробів  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
e-mail: dimashyn91@gmail.com, тел. 8 (063) 560-97-12

**Пташкін Р.Л.**, заступник завідувача відділу  
комп'ютерно-технічних та телекомунікаційних досліджень  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
e-mail: ndekc.ck@gmail.com, тел. 8 (093) 789-56-39

**Король К.П.**, завідувач сектору дослідження наркотичних засобів, психотропних речовин,  
їх аналогів та прекурсорів відділу досліджень матеріалів, речовин і виробів  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
e-mail: bertolar@ukr.net, тел. 8 (093) 951-72-29

## ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБЛІКУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ХІМІЧНИХ РЕАКТИВІВ І ВИТРАТНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Abstract.** *This paper talk about some problems of recording, saving and processing information about reactants and consumables in government forensic centers. The main problem consists in current regulatory documents. Its documents said, that we must keep regular records of using reactants and consumables. Each stage of using must be recorded in special journals. This method of saving information does not allow to perform any analytics or statistics from available data.*

*Workers of Cherkasy forensic center create own program, that's allow to save information about reactants and consumables and each stage of it using – from buying to destroying. This program allows make any statistics and analytics in real time or in moment of past time.*

**Key words:** *accounting of consumes, statistics, data processing, analytics systems*

Механізм обліку та використання хімічних реактивів і витратних матеріалів одноразового та багаторазового використання є одним із важливих питань, що забезпечують діяльність Експертної служби МВС України. Головною його метою в першу чергу є впорядкування процесу вхідного контролю хімічних реактивів і витратних матеріалів, узяття їх на облік, цільове використання під час проведення експертних досліджень із наступним їх зняттям з обліку (списанням).

Впродовж багатьох років для контролювання реактивів і матеріалів, в експертній практиці застосовується письмове документування даних у відповідних паперових журналах, а також використання програм для роботи з таблицями, на кшталт Microsoft Office Excel. Однак, вказані методи обліку та моніторингу не відрізняються легкістю, зручністю, ефективністю чи інформативністю. В зв'язку з вищевикладеним достатньо актуальним є питання пошуку та апробації більш оптимальних шляхів вирішення проблемних питань.

Враховуючи активну стадію цифрової трансформації, в якій перебувають державні органи України, включаючи підрозділи Експертної служби МВС, не дивно, що все частіше для обліку та використання хімічних реактивів і витратних матеріалів використовуються різні інформаційно-аналітичні системи – комп'ютерні системи, які дозволяють створювати та отримувати інформацію, здійснювати її обробку та аналіз. Вказані системи об'єднують, аналізують і зберігають інформаційні дані як єдине ціле. Сховища даних, що входять до їх

складу, забезпечують перетворення чималого об'єму деталізованих даних в узагальнену вивірену інформацію, яка придатна для прийняття обґрунтованих рішень.

Беручи до уваги вимоги наказу [1] в Черкаському НДЕКЦ МВУС України було сформовано основні вимоги та парадигми стосовно розробки власного програмного забезпечення, котре б своїми функціональними можливостями як повністю виконувало вимоги вищезазначеного наказу, так й задовольняло потреби й враховувало особливості функціонування підрозділу. Основними вимогами до такого програмного продукту є: клієнтська кросплатформність системи, можливість використання системи в будь-якому з підрозділів Експертної служби МВС України, можливість структурованого збереження відомостей про реактиви та витратні матеріали, здатність формування звітності та аналітичних даних за кількісними показниками в реальному часі чи на момент часу в минулому, порівняння між собою статистичних даних за різні періоди.

Окрім того, варто врахувати й той факт, що дані, котрі опрацьовуються в підрозділах Експертної служби МВС України, в більшості випадків містять інформацію з обмеженим доступом. Тобто витік такої інформації може справити негативний вплив на життєво важливі інтереси людини і громадянина, суспільства та держави в цілому [2]. З огляду на це, при розробці варто дотримуватись й суворих правил з забезпечення кіберзахисту як окремо інформаційно-аналітичної системи, так й мережі серед якої вона функціонуватиме [3].

Враховуючи вищезазначені вимоги, нормативно-правові акти рекомендації з захисту даних [2, 3] в Черкаському НДЕКЦ МВС України розроблено та впроваджено в експлуатацію інформаційно-аналітичну систему, котра своїми функціональними можливостями дозволяє здійснювати збереження, опрацювання та облік відомостей стосовно реактивів чи розхідних матеріалів, як в окремому підрозділі так й загалом в Експертній службі МВС України.

Реалізована система складається із трьох блоків: інформаційного, аналітичного та довідникового. Кожен блок включає в себе декілька підсистем, котрі розділені таким чином, або в повній мірі відповідати вимогами наказу [1] та успішно реалізовувати можливість керування даними та їх властивостями, зв'язування даних в групи за певними критеріями чи властивостями, фільтрацію (пошук) даних за будь-яким з параметрів. Такий підхід дає можливість не тільки проводити пошук по даних, а й формувати досить точні статистичні відомості, як в реальному часі, так й в порівнянні з періодами в минулому.

Також зауважимо, що знову ж таки з метою відповідності наказу [1] та можливості перенесення інформації з цифрового виду в вид «паперовий», система дозволяє формувати версії для друку будь-яких елементів інформаційного блоку. Тобто, за необхідності, електронні версії журналів можуть бути роздруковані та приведені у відповідність до чинних нормативних документів з діловодства.

Розглядаючи різні аспекти функціонування системи, варто виділити її кросплатформність – фактично система однаково функціонує на будь-якому апаратному забезпеченні під керуванням будь-якої операційної системи. Мінімальні вимоги – наявність web-браузеру та підтримка протоколу https.

Можливості формування аналітичних та статистичних даних в реальному часі фактично значно полегшують не тільки завдання обліку реактивів чи матеріалів, а й дозволяють здійснювати своєчасні управлінські рішення стосовно як списання чи знищення зіпсованих одиниць обліку, так й їх поповнення. А функції формування статистичних показників в динаміці дозволяють проаналізувати тенденції використання того чи іншого реактиву чи матеріалу, та фактично здійснити прогнозування [4] аналогічних показників в майбутньому та виявити їх кореляцію з іншими показниками діяльності підрозділу.

Підбиваючи підсумки, можна стверджувати, що в Черкаському НДЕКЦ МВС України наявний позитивний досвід з використання інформаційно-аналітичних систем, що вкотре демонструє їх ефективність, необхідність, а головне – актуальність. Адже саме за допомогою інформаційно-аналітичних систем можливо здійснювати своєчасні, точні та вірні управлінські рішення, котрі фактично, в своїй сукупності, будуть коригувати роботу підрозділу за певним напрямком його діяльності.

### Список літератури

- [1] Порядок обліку, використання та зняття з обліку хімічних реактивів і витратних матеріалів одноразового використання під час проведення експертних досліджень в підрозділах Експертної служби МВС за напрямком досліджень матеріалів, речовин і виробів: наказ Експертної служби МВС №45-ЕС-Н від 24.12.2019;
- [2] Проект Стратегії кібербезпеки України на 2021–2025 роки. [Online]. Available: [https://www.rnbo.gov.ua/files/2021/STRATEGIYA%20KYBERBEZPEKI/proekt%20strategii\\_kyberbezpeki\\_Ukr.pdf](https://www.rnbo.gov.ua/files/2021/STRATEGIYA%20KYBERBEZPEKI/proekt%20strategii_kyberbezpeki_Ukr.pdf);
- [3] J. Garbis, J. Chapman, Zero Trust Security: An Enterprise Guide. Boston, MA, USA: Apress. ISBN-13: 978-1-4842-6701-1;
- [4] Д. Грас, Data Science. Наука о данных с нуля: 2-е изд. СПб: БХВ-Петербург, 2021. ISBN: 978-5-9775-6731-2.

**Шматков Р.П.**

заступник завідувача відділу товарознавчих, гемологічних, економічних, будівельних, земельних досліджень та оціночної діяльності Черкаського НДЕКЦ МВС  
Email: [intramentalitet@ukr.net](mailto:intramentalitet@ukr.net), моб тел.: 063-810-03-63

## МОЖЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ В ХОДІ ПРОВЕДЕННЯ ТОВАРОЗНАВЧОЇ ЕКСПЕРТИЗИ

***Abstract.** This report considers the tasks and difficulties that arise during the conduct of commodity examinations and ways to solve them.*

***Key words.** commodity examinations, examination of equipment, objects of research.*

З розвитком товарознавчої експертизи розширюється спектр правовідносин та об'єктів, які досліджуються в ході її проведення.

До 2005 року об'єктами дослідження судово-товарознавчої експертизи були як правило лише споживчі товари до кола яких відносяться предмети побуту, а саме: будівельні, меблеві, ювелірні, косметичні, галантерейні, канцелярські товари, одяг, взуття, побутова техніка, фото-, радіо- та відеоапаратура і матеріали, обчислювальна техніка та інше. З 2005 року до сфери товарознавчої експертизи були включені такі об'єкти дослідження як машини, обладнання і сировина та визначено основні задачі і наведено орієнтовний перелік запитань, що ставляться експерту на вирішення.

Якщо проаналізувати розвиток в часі переліку задач та запитань від товарознавчої експертизи споживчих товарів до товарознавчої експертизи в сучасному вигляді можливо помітити, що зараз акцент завдань змістився в основному до питань вартісної оцінки об'єктів. Тобто панівна кількість питань в експертизах зводиться до визначення експертом вартості того чи іншого об'єкту на певну дату в минулому чи на поточний час.

Проте, все-таки, на вирішення експерту ставляться окрім оціночних питань, ще й питання порівняльного характеру на кшталт:

- Чи виготовлено виріб ААА, виготовлений в підприємстві БББ відповідно до технічних умов (ДСТУ, принципової схеми, технічної документації)?

Модель цього питання в різних варіаціях може бути використана до широкого кола машин, обладнання, сировини та в рамках цивільного, господарського і кримінального провадження.

Прикладом вирішення експертної задачі по наведеній моделі запитання може служити цивільна справа об'єктом позову в якій є правовідносини з приводу придбання покупцем неякісної продукції виробника, а саме дверних блоків. По суті справи, на думку покупця зазначені дверні блоки не відповідали вимогам ДСТУ, виробник стверджував протилежне. На вирішення товарознавчої експертизи було поставлено запитання в наступній редакції: «Чи відповідно до ДСТУ виготовлено дверні блоки надані на експертизу?».

Для відповіді на поставлене питання експерту потрібно ознайомитись з технологією виробництва дверних блоків даного виду, змістом відповідних ДСТУ котрі встановлюють відповідні допуски та обмеження щодо технічних характеристик готового виробу. Виходячи з цього перед експертом виникає дві задачі, перша, це – «де ознайомитись з технологією виробництва», друга – «визначити певний ДСТУ і як отримати його офіційний текст».

Обидві задачі можуть бути вирішені експертом самостійно в ході пошуку та ознайомлення з довідковою технічною літературою по поставлених запитаннях. З технологією виробництва можливо ознайомитись як безпосередньо на самому виробництві, по можливості, так і в результаті вивчення довідкової літератури.

Другим прикладом вирішення експертної задачі по наведеній моделі запитання може служити кримінальна справа в ході якої призначалась товарознавча експертиза обладнання. В постанові про призначення експертизи перед експертом було поставлено питання в наступній редакції: «Чи відповідають технічні параметри та комплектація станка рильовочно-різального,



станка просікально-рільовочного, даним технічної документації, наданої ТОВ «Петромаш-Сервіс».

Суть справи зводилась до того, що дані станки, призначені для виготовлення гофротари, були вироблені підприємством «Петромаш-Сервіс» за індивідуальними кресленнями на замовлення підприємства ХХХ в 2009 році. В подальшому зазначені станки вибули з володіння підприємства ХХХ та через деякий час були виявлені у виробничих цехах іншої фірми ЗЗЗ яка займалась аналогічним виробництвом.

Власник фірми ХХХ заявив, що виявлене обладнання є його власністю та на обґрунтування своїх заяв надав технічні паспорти та договори на виготовлення обладнання заключені з підприємством «Петромаш-Сервіс».

В ході огляду зазначеного обладнання було встановлено, що воно дійсно відноситься до рільовочно-різального та призначено для виготовлення гофротари, має певні розмірні характеристики валів і рільовочно-різальних ножів. Дані технічні характеристики були визначені в ході слідчого огляду в присутності обох сторін. Після завершення даного огляду протокол з іншими матеріалами кримінальної справи був направлений експерту для проведення товарознавчої експертизи.

В ході проведення експертизи порівнювались технічні характеристики та лінійні розміри вузлів та агрегатів вилучених і оглянутих станків з технічними характеристиками і лінійними розмірами зазначеними в наданій технічній документації.

В результаті проведення порівняльного аналізу було встановлено, що вилучені рільовочно-різальні станки не відповідають нормам технічної документації наданої на експертизу.

Третім прикладом може послужити така кримінальна справа. Одна з сторін звинувачувала іншу в незаконності використання такого технічного рішення як «Електродуговий випарник металів та сплавів для нанесення покриттів в вакуумі». Дане технічне рішення на час проведення експертизи мало статус комерційної таємниці та було використано колишнім працівником даної фірми поза договірними відносинами з власником фірми.

Експерту надано на дослідження блок електро-механічного керування, що був виготовлений колишнім працівником та технічна документація з комплектом принципів схем блоку керування. Для виконання поставлено наступне запитання: «Чи виготовлено блок керування НПВ «Покров» відповідно до технічної документації ПП «ЛІАД?»».

Схема проведення дослідження аналогічна тій, що використовувалась при наданні відповіді на поставлене запитання в попередньому прикладі. Тобто в даному випадку також проводилось порівняння реального пристрою з комплектом наданих схем.

Висновком з розглянутих відомостей може бути теза котра наголошує, що об'єктами дослідження товарознавчої експертизи можуть бути найрізноманітніші об'єкти які дуже умовно відносяться до звичайних споживчих товарів в класичному їх розумінні. Проте саме розширення меж об'єктів товарознавчої експертизи дозволило проводити їх дослідження на рівні з іншими споживчими товарами.

### Список літератури:

1. Про затвердження Інструкції про призначення та проведення судових експертиз та Науково-методичних рекомендацій з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень: наказ Міністерства юстиції України від 8 жовтня 1998 р. № 53/5 (у редакції наказу Міністерства юстиції України 26.12.2012.№1950/5) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/>

2.Кримінальний процесуальний кодекс України: Закон України від 13.04.2012 № 4651-VI. [Електронний ресурс]. ]. — Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/>

## Секція 6

# ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

УДК 504.3.054

**Антоненко С.В.,**

здобувач освітньо-наукового рівня доктора філософії кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

e-mail: [gremoryqq@gmail.com](mailto:gremoryqq@gmail.com)

**Бондаренко М.О.,** д.т.н., доцент,

завідувач кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

e-mail: [maxxium23@gmail.com](mailto:maxxium23@gmail.com), tel. +38 (0472) 511 571

## ПРОБЛЕМА МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕНOSTІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

***Abstract.** The paper considers the important task of monitoring air pollution by harmful impurities arising from human anthropogenic impact. The idea of creating an intelligent information-analytical monitoring system is proposed, the main purpose of which is to determine and statistically analyze data on the concentration of harmful impurities in the air obtained from mobile measuring devices in real time, as well as forecasting air pollution in the short and medium term.*

***Keywords:** monitoring, intellectualized information-analytical system, pollution, atmospheric air*

***Анотація.** В роботі розглядається важливе завдання проведення моніторингу забруднення атмосферного повітря шкідливими домішками, що виникають внаслідок антропогенного впливу людини. Пропонується ідея створення інтелектуалізованої інформаційно-аналітичної системи моніторингу, основне призначення якої полягає у визначенні та статистичному аналізі даних про концентрацію шкідливих домішок в атмосферному повітрі, отриманих з мобільних вимірювальних пристроїв в режимі реального часу, а також прогнозування забрудненості повітря в короткочасовій та середньочасовій перспективі.*

***Ключові слова:** моніторинг, інтелектуалізована інформаційно-аналітична система, забрудненість, атмосферне повітря*

Постановка задачі. Важливим питанням сьогодення є питання екологічного стану атмосферного повітря. Особливо гострим це питання є для мешканців великих промислових міст та мегаполісів. Як показано в [1, 2] першочерговими забруднювачами атмосфери міст є викиди з хімічних підприємств, теплоцентралей та вихлопи автомобілів. Основними ж забруднюючими речовинами, що отруюють повітря є [3, 4]: тверді частинки попелу та сажі (PM<sub>2.5</sub> та PM<sub>10</sub>), оксиду сірки (SO<sub>x</sub>), оксиду азоту (NO<sub>x</sub>), оксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>), формальдегід (H<sub>2</sub>CO), вуглеводні складу CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, а також надзвичайно небезпечні сполуки C<sub>20</sub>H<sub>12</sub> та V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, що виділяються з продуктами згорання автомобільного палива.

Зменшення таких небезпечних викидів можливе через введення обмежень на викиди в повітря шкідливих домішок підприємств, шляхом обов'язкового впровадження очисних фільтрів та екологічного збору з таких підприємств, а також перехід на інші види технологій та палива (наприклад, поступова заміна автотранспортних засобів, що використовують двигуни внутрішнього згорання та засоби з електроприводами). З іншого боку, оперативний контроль за станом забрудненості повітря дозволить відповідним адміністративним

органам вводити ряд профілактичних заходів, щодо мінімізації шкідливого впливу на біологічні організми та інфраструктуру міста. Тому, питання моніторингу забрудненості атмосферного повітря є одним з першочергових завдань дослідження та підтримання безпечного рівня екології міста.

**Метою** роботи є необхідні умови розроблення та впровадження інтелектуалізованої інформаційно-аналітичної системи моніторингу забрудненості атмосферного повітря (на прикладі міста Черкаси) шляхом оперативного визначення його рівня забрудненості за допомогою мобільних вимірювальних пристроїв, які здійснюють переміщення за визначеними маршрутами з певною періодичністю.

**Аналіз проблематики питання.** Аналізуючи забрудненість атмосферного повітря лише за короткочасний період (з 9 по 14 серпня 2021 року) по місту Черкаси було встановлено граничне перевищення окремих шкідливих речовин в промислових зонах та в районі центральних магістралей міста. Так, результати аналізу проб атмосферного повітря за цей період показали [5], що перевищення граничної норми аміаку склало (табл. 1): у 24,25 рази; діоксиду азоту – у 20,75 разів, пилу – у 10,5 рази, тоді, як формальдегіду – в 1983 рази!

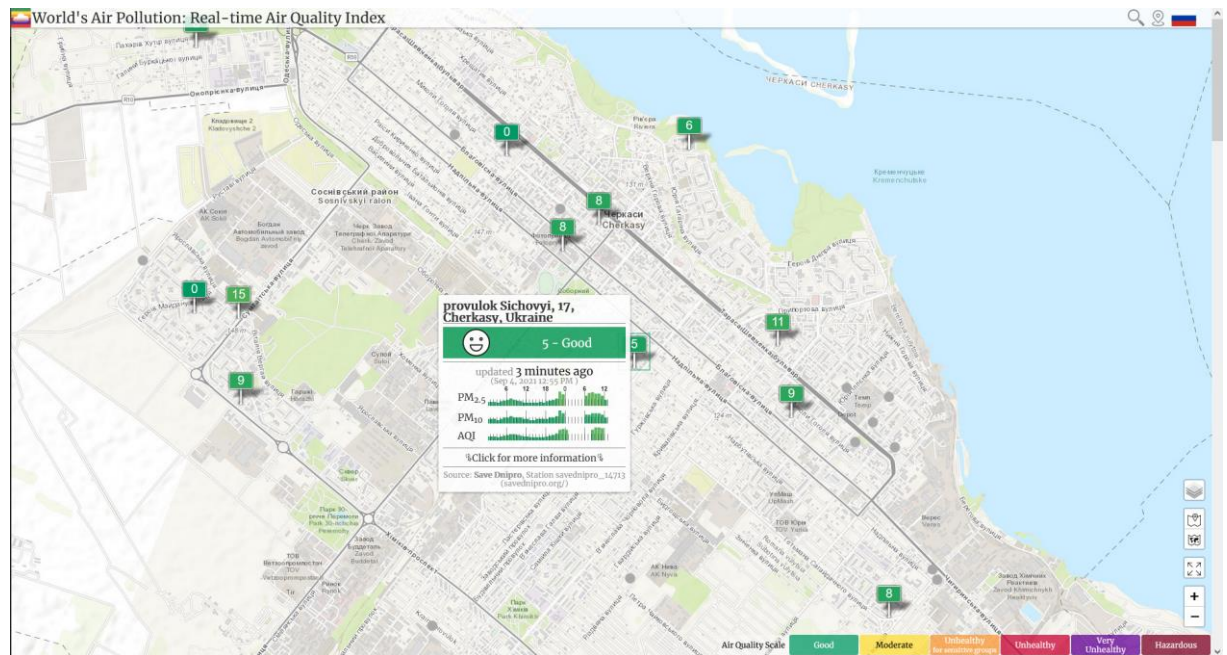
Таблиця 1. Значення середніх концентрацій забруднюючих речовин у кратності ГДК с.д. по м.Черкаси в період з 9 по 14 серпня 2021 року.

Дата вимірювання	Шкідлива речовина (домішка в атмосферному повітрі)						
	Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Оксид азоту	Аміак	Формальдегідд
9.08.2021	1,1	0,3	0,3	0,8	0,6	1,1	9,4
10.08.2021	1,7	0,3	0,4	0,8	0,5	1,4	8,3
11.08.2021	1,7	0,3	0,3	0,8	0,4	0,8	10,1
12.08.2021	1,9	0,3	0,3	0,6	0,3	0,8	2,9
13.08.2021	1,7	0,3	0,4	0,7	0,3	0,7	2,4
14.08.2021	1,4	0,2	0,4	1,3	0,4	1,0	2,6
Середнє значення	<b>1,58</b>	<b>0,28</b>	0,35	<b>0,83</b>	<b>0,42</b>	<b>0,97</b>	<b>5,95</b>
ГДК с.д. мг/м <sup>3</sup>	0,15	0,05	3,0	0,04	0,06	0,04	0,003
Перевищення норми ГДК, разів	<b>10,5</b>	5,6	0,12	<b>20,75</b>	7	<b>24,25</b>	<b>1983</b>

*Примітка.* Концентрація у кратності ГДК – це відношення середньодобової концентрації речовини у повітрі до її гранично-допустимої концентрації.

**Вирішення поставленої задачі.** Розроблювана колективом авторів система моніторингу містить сенсори CO<sub>2</sub>, газоаналізатори, температурний та датчик вологості. Згідно всесвітньої системи моніторингу waqi.info, в місті Черкаси знаходяться близько 12 пристроїв моніторингу, які мають лише піломіри, що вимірюють насиченість повітря частками розміром 2,5-10 мкг/м<sup>3</sup> [6]. Ця система не може вимірювати рівень забрудненості повітря аміаком, діоксидом вуглецю та іншими хімічними сполуками, що є великим її мінусом. Також проблемою є стаціонарність вимірювань, через невелику кількість точок виміру на карті міста маємо низьку щільність вимірювань, рис. 1.

Тому, авторами роботи розроблювалася інтелектуалізована інформаційно-аналітична система моніторингу, основне призначення якої полягає у визначенні та статистичному аналізі даних про концентрацію шкідливих домішок в атмосферному повітрі. В основі такої системи знаходиться система мобільних вимірювальних пристроїв, які дозволяють проводити вимірювання в режимі реального часу з можливістю подальшого прогнозування забрудненості повітря в короткочасовій та середньочасовій перспективі.



**Рис. 1. Карта розподілу забрудненості повітря пиловими частками із зазначенням розташування пристроїв виміру на карті міста**

**Висновки.** Таким чином, розроблена система дозволить оперативно вимірювати рівень  $\text{CO}_2$  по всьому місту, графічно відображати виміряні значення у вигляді графіків, прогнозувати стрибки забруднюваності в майбутньому та попереджувати про це громадян та адміністрацію міста. Блок мобільних вимірюючих датчиків, що може бути встановлений на громадському транспорті, буде передавати вимірну інформацію про стан повітря на сервер, де інформація обробляється та відображається через сайт. Враховуючи циклічний рух міського транспорту, можна отримати виміряні дані з заданим інтервалом зі всього міста та побудувати на базі отриманих значень карту розподілу забруднення атмосферного повітря міста по районам з достатньою точністю. В той же час, зрівнюючи отримані дані з аналогічними за попередній рік система дозволить спрогнозувати майбутній рівень забрудненості повітря.

#### **Список літератури:**

1. Найбрудніші міста України (2018): URL: <https://www.scientificamerican.com/article/the-worst-climate-pollution-is-carbon-dioxide>. (date of access: 15.08.2021).
2. Gorova A. Methodology for Integral Assessment of Physical Population Health / Gorova A., Klimkina I., Buchavy Y. // 21st ISEE Conference «Environment, Food and Global Health», 25–29.08.2009, Dublin, Ireland. – PS3.1.4.
2. Modelling of Piezoelectric Transducers for Environmental Monitoring / C. Bazilo et al. Environmental Engineering, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania, 27–28 April 2017. 2017. URL: <https://doi.org/10.3846/enviro.2017.008>
3. The Worst Climate Pollution Is Carbon Dioxide / G.Vaidyanathan, 2021. URL: <https://www.scientificamerican.com/article/the-worst-climate-pollution-is-carbon-dioxide>. (date of access: 15.08.2021).
4. List of causes of death by rate: Difference between revisions / 28 November 2020. URL: <https://web.archive.org/web/20191011100229/http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf> (date of access: 29.08.2021).
5. World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index// 18 серпня 2021. URL: <https://waqi.info/#/c/49.432/32.063/14z> (date of access: 29.08.2021).

Броварець О.О., к.т.н., доц.

Завідувач кафедри інформаційно-технічних та природничих дисципоін

Київський кооперативний інститут бізнесу і права, Київ

e-mail: [brovaretsnau@ukr.net](mailto:brovaretsnau@ukr.net), тел.. 8 (068) 800-47-13

## ОБ'ЄКТНО-ІНФОРМАЦІЙНО-ОРІЄНТОВАНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ ПАРАМЕТРІВ АГРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ЙОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

**Анотація.** Дані отримані/виміряні про величину параметрів варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь необхідно систематизувати, для чого необхідно їх розбити на певні проміжки з метою визначення зон неоднорідності. Рівномірне розбиття на проміжки зазначених параметрів не завжди дає можливість вірно оцінити величину їх варіабельності, а відповідно і вірно вибрати методику їх подальшої обробки та представлення.

З цією метою представлено методику їх розбиття: об'єктно-інформаційно-орієнтоване моделювання варіабельності параметрів агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь для реалізації сучасної системи його екологічного моніторингу.

**Ключові слова:** об'єктно-інформаційно-орієнтоване моделювання, варіабельність, агробіологічний стан, ґрундове середовище, екологічний моніторинг.

**Abstract.** The data obtained / measured on the value of the parameters of variability of the agrobiological state of the soil environment of agricultural lands must be systematized, for which it is necessary to divide them into certain intervals in order to determine the zones of heterogeneity. Uniform division into intervals of these parameters does not always make it possible to correctly estimate the magnitude of their variability, and accordingly correctly choose the method of their further processing and presentation.

parameters of agrobiological condition of the soil environment of agricultural lands for the implementation of a modern system of its ecological monitoring.

**Keywords:** object-information-oriented modeling, variability, agrobiological condition, soil environment, ecological monitoring.

І. Методика обробки варіаційних рядів методом математичної статистики.

Нехай поле має прямокутну форму й розміри. Тоді площу будемо визначати за формулою  $S$  :

$$S = D \times Ш, \quad (1)$$

де  $D$  - довжина, м;

$Ш$  - ширина, м.

Припустимо що площа моніторингу з використанням інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь відбувається згідно умови  $D > Ш$  .

Ширина робочої поверхні інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, складає  $Ш_{ІТС\_ЛОМ\_АБСУ}$  (ширина захвату агробіологічного поля сільськогосподарських угідь при моніторингу агробіологічних параметрів сільськогосподарських угідь – вимірюванні параметрів електропровідності).



Нехай інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь рухається вздовж поля, тобто  $[Ш] = \text{метри}$ ,  $[Д] = \text{метри}$ ,  $[Ш_{ITC\_ЛОМ\_АБСУ}] = \text{метри}$ .

Вважаємо, що швидкість руху інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь постійна і дорівнює  $V, \text{м/с}$ .

Кількість вимірювань інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь в 1 с складає  $n$  вимірювань. Одиниці вимірювань  $[n] = \text{с}^{-1}$ .

$$N_{зат} = n \cdot \frac{Ш}{V} \cdot \left\{ \left[ \frac{Д}{Ш_{ITC\_ЛОМ\_АБСУ}} \right] + 1 \right\}, \text{вимірювань} \quad (2)$$

### Список використаної літератури:

1. Броварець О. Розумні машини для розумних господарів. / О. Броварець // Зерно. – 2016. – № 9 (81). – С. 262-266.
2. Броварець О. Від безплужного до глобального розумного землеробства / Броварець О. // Техніка і технології АПК. – 2016. – № 9 (84). – С. 19 - 23.
3. Броварець О. Від безплужного до глобального розумного землеробства / Броварець О. // Техніка і технології АПК. – 2016. – № 10 (85). – С. 28 - 30.
13. Улезько А.В. Информационное обеспечение адаптивного управления в аграрных формированиях /А.В. Улезько, Я.И. Денисов, А.А. Тютюников. – Воронеж: изд-во «Истоки», 2008. – 106 с.
4. 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.
5. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І.Грицишина, С.М.Коваля. – К.: Аграрна наука, 2004. – 398 с.

Довгалюк Р.Ю., аспірант  
 Національний технічний університет України  
 "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"  
 e-mail: [ruslanadovhaliuk@gmail.com](mailto:ruslanadovhaliuk@gmail.com), тел. 0966981256

## ВПЛИВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ НА ВЕРБАЛЬНУ ОЦІНКУ ЇЇ ЯКОСТІ

**Abstract.** *The paper proposes technologies to take into account the uncertainty of measuring water properties by constructing a scale with a fuzzy linguistic variable for individual indicators of water quality and on its basis to obtain fuzzy estimates of water quality indicators to established verbal categories. A method for combining fuzzy verbal assessments of individual water quality indicators in determining the general categories of water quality by group quality indicators has been developed.*

**Key words:** *measurement uncertainty, unit indicators of water quality, group indicators of water quality, verbal assessment.*

Проблема оцінювання якості води є актуальною, а так як існує тенденція до зменшення її кількості на планеті, моніторинг якості води стає дуже важливим. Якість води (властивості і склад) задається різними показниками. По тому, що характеризують показники, вони можуть бути: 1) загальними і специфічними; 2) фізичними, хімічними та біологічними; 3) одиничними, груповими та комплексними.

Для інтегральної оцінки якості води розроблено низку методик, які враховують взаємний вплив всіх визначених у воді компонентів через розрахунки показників забруднення води. За методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод виділяється 5 класів і 7 категорій: дуже чисті; чисті; помірно забруднені; забруднені; брудні; дуже брудні; надзвичайно брудні. У відповідності з цими класами і категоріями при застосуванні одиничних показників якості вирішується задача віднесення якості води до відповідної вербальної категорії за одним компонентом, що впливає на якість води. При цьому використовується встановлена шкала з чіткою лінгвістичною змінною (ЛЗ). При використанні групових показників якості води вирішується задача віднесення якості води до відповідної вербальної категорії за декількома компонентами.

Так як в основі оцінювання якості води знаходиться вимірювання її властивостей – то доцільним є аналіз впливу невизначеності вимірювання її властивостей на вербальні оцінки якості води. Вирішенню цієї задачі присвячена дана робота.

Першим етапом процедури метричної класифікації є формування шкали квазіпорядку, де на числовій вісі, що відповідає області значень вимірюваної величини, визначають границі впорядкованих класів еквівалентності [1]. Кількість класів еквівалентності шкали визначаємо за інформаційним критерієм з застосуванням ентропійного значення похибки [2]. За цим підходом кількість розрізняваних градацій шкали визначається за границями діапазону вимірювання  $X_1$ ,  $X_2$ , та ентропійним інтервалом невизначеності  $d$ .

$$N = (X_2 - X_1) / d = (X_2 - X_1) / (4,133\sigma) \quad (1)$$

де  $\sigma$  - середнє квадратичне відхилення, що визначається за інструментальною складовою невизначеності.

Розрахуємо число градацій для конкретних прикладів, зокрема для вмісту БСК<sub>5</sub> та NH<sub>4</sub><sup>+</sup> у воді. За формулою (1) і документами [3], [5] отримуємо:  $N_{БСК_5} = 4,20 \approx 4$ ;  $N_{NH_4^+} = 4,20 \approx 4$ . Тобто 4 терми множини відповідають класам якості води і умові розрізнення термів. IV і V клас якості вод об'єднаємо в один клас, так як за теперішнього

рівня точності вимірювання вмісту сполук у поверхневих водах ці градації є нерозрізненими.

Другим етапом є урахування невизначеності отриманих числових даних, що може бути виконано при формуванні функцій приналежності терм-множини нечіткої ЛЗ шкали квазіпорядку.

Шкали показників вмісту різних компонентів у воді пов'язані з процедурою, що використовується при їх вимірюванні. Так вимірювання біохімічного споживання кисню виконується за «МВВ 081/12-0014-01 Поверхневі води. Методика виконання вимірювань біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>)» – документом, який встановлює методику виконання вимірювань (МВВ) біохімічного споживання кисню за 5 діб інкубації (БСК<sub>5</sub>) поверхневих вод суші титрометричним методом [3]. За цим методом лінгвістичні характеристики терм-множини шкали «БСК<sub>5</sub> в поверхневих водах в мг/дм<sup>3</sup>» наступні:  $T_1$  – «I клас – дуже чисті» (менше 1,0),  $T_2$  – «II клас – чисті» (1,0-2,1),  $T_3$  – «III клас – забруднені» (2,2-7,0),  $T_4$  – «IV клас – брудні» (7,1-12,0).

Зважаючи на відносну похибку вимірювання БСК<sub>5</sub>, встановлену як границю довірчого інтервалу з ймовірністю  $P=0,95$ , що становить 30% (від 1-10 мг/дм<sup>3</sup>) і 25% (від 10-100 мг/дм<sup>3</sup>), було побудовано шкалу для нечіткої лінгвістичної змінної з використанням трапецієподібних і трикутних функцій приналежності окремих термів [4]:

$$\mu_{T_1} BSK_5 = \begin{cases} 1, \text{ для } 0 \leq x \leq 0,7 \\ (1,3-x)/0,6 \text{ для } 0,7 < x \leq 1,3 \\ 0 \text{ в інших випадках,} \end{cases} \quad \mu_{T_2} BSK_5 = \begin{cases} (x-0,7)/0,6, \text{ для } 0,7 < x \leq 1,3 \\ 1, \text{ для } 1,3 < x \leq 1,47 \\ (2,73-x)/1,26 \text{ для } 1,47 < x \leq 2,73 \\ 0 \text{ в інших випадках} \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{T_3} BSK_5 = \begin{cases} (x-1,47)/1,26, \text{ для } 1,47 < x \leq 2,73 \\ 1, \text{ для } 2,73 < x \leq 4,9 \\ (8,9-x)/4,0 \text{ для } 4,9 < x \leq 8,9 \\ 0 \text{ в інших випадках} \end{cases} \quad \mu_{T_4} BSK_5 = \begin{cases} (x-4,9)/4,0, \text{ для } 4,9 < x \leq 8,9 \\ 1, \text{ для } 8,9 < x \leq 15,00 \\ 0 \text{ в інших випадках} \end{cases}$$

Вибір форми функції приналежності обумовлений тим, що при прямокутній формі функції приналежності виконується умова розділення одиниці.

Для визначення категорії якості води за встановленою у (2) шкали з нечіткою ЛЗ результат вимірювання БСК<sub>5</sub> подається як singleton [4]. За перерізом результату вимірювання зі шкалою (2) отримуємо: для  $x=1,4 \text{ мг/дм}^3 \rightarrow T_2 \text{ чиста}$ ;  $x=2,1 \text{ мг/дм}^3 \rightarrow T_2 \text{ чиста}|0,5$ ;  $T_3 \text{ забруднена}|0,5$ . Таким чином може бути визначена вербальна категорія якості води за одиничним показником якості з урахуванням невизначеності.

Для побудови групових показників якості води використовується процедура об'єднання одиничних показників якості. Побудуємо шкалу для нечіткої ЛЗ вмісту  $NH_4^+$ .

У відповідності до методики [5] утворені наступні лінгвістичні характеристики терм-множини шкали «вміст  $NH_4^+$  в поверхневих водах в мг/дм<sup>3</sup>»:

- $T_1$  – «I клас – дуже чисті» (менше 0,1),
- $T_2$  – «II клас – чисті» (0,10–0,30),
- $T_3$  – «III клас – забруднені» (0,31–1,0),
- $T_4$  – «IV клас – брудні» (1,01–2,50) та отримано:



$$\mu_{T_1} NH_4^+ = \begin{cases} 1, & \text{для } 0 \leq x \leq 0,06 \\ (0,14 - x) / 0,08 & \text{для } 0,06 < x \leq 0,14 \\ 0 & \text{в інших випадках,} \end{cases} \quad \mu_{T_2} NH_4^+ = \begin{cases} (x - 0,06) / 0,08, & \text{для } 0,06 < x \leq 0,14 \\ 1, & \text{для } 0,14 < x \leq 0,18 \\ (0,42 - x) / 0,24 & \text{для } 0,18 < x \leq 0,42 \\ 0 & \text{в інших випадках} \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{T_3} NH_4^+ = \begin{cases} (x - 0,18) / 0,24, & \text{для } 0,18 < x \leq 0,42 \\ 1, & \text{для } 0,42 < x \leq 0,6 \\ (1,4 - x) / 0,8 & \text{для } 0,6 < x \leq 1,4 \\ 0 & \text{в інших випадках} \end{cases} \quad \mu_{T_4} NH_4^+ = \begin{cases} (x - 0,6) / 0,8, & \text{для } 0,6 < x \leq 1,4 \\ 1, & \text{для } 1,4 < x \leq 3,5 \\ 0 & \text{в інших випадках} \end{cases}$$

При побудові групових показників необхідне об'єднання одиничних показників на основі метричної і вербальної уніфікації. При проведенні метричної уніфікації необхідно значення всіх показників поділити на нормоване значення, а саме на кінець діапазону. В уніфікованій шкалі границя  $X_{\max}$  буде дорівнювати 1. А проміжкові значення для наведених вище шкал наступні:

- для БСК<sub>5</sub>:  $T_1$  – «дуже чисті» (0,083),  $T_2$  – «чисті» (0,175),  $T_3$  – «забруднені» (0,58),  $T_4$  – «брудні» (1).

- для  $NH_4^+$ :  $T_1$  – «дуже чисті» (0,04),  $T_2$  – «чисті» (0,12),  $T_3$  – «забруднені» (0,4),  $T_4$  – «брудні» (1).

Так як значення границь показників вмісту речовин не збігаються, перехід на числову уніфіковану шкалу неможливий, тому запропоновано проводити їх об'єднання за умов тільки вербальної уніфікації. Для демонстрації об'єднання використаємо результати досліджень отриманих для р.Південний Буг (табл.1).

Таблиця 1 – Результат вимірювання БСК<sub>5</sub> та  $NH_4^+$  за перерізом зі шкалою (2), (3)

БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Результат вимірювання	3,4	1,52	3,92	3,2	3,5	2,8
	Терм-множини шкали	$T_3 1$	$T_2 0,98;$ $T_3 0,02$	$T_3 1$	$T_3 1$	$T_3 1$	$T_3 1$
$NH_4^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	Результат вимірювання	0,27	0,40	0,33	0,38	0,20	0,31
	Терм-множини шкали	$T_2 0,63;$ $T_3 0,37$	$T_2 0,08;$ $T_3 0,92$	$T_2 0,38;$ $T_3 0,62$	$T_2 0,17;$ $T_3 0,83$	$T_2 1$	$T_2 0,46;$ $T_3 0,54$

Об'єднання за показниками має вигляд:

- за БСК<sub>5</sub>  $T_2$  чиста|0,16;  $T_3$  забруднена|0,84;

- за  $NH_4^+$   $T_2$  чиста|0,45;  $T_3$  забруднена|0,55.

За груповим показником об'єднана функція приналежності має остаточний вид:

$T_2$  чиста|0,37;  $T_3$  забруднена 0,63.

**Висновки.** В роботі запропоновано технології врахування невизначеності вимірювання властивостей води шляхом побудови шкали з нечіткою лінгвістичною

змінною для одиничних показників якості води і на її основі отримання нечітких оцінок приналежності показників якості води встановленим вербальним категоріям.

Розроблено спосіб об'єднання нечітких вербальних оцінок одиничних показників якості води при визначенні загальних категорій якості води за груповими показниками якості.

### Список літератури

1. Яремчук Н.А., Семенюк Р.С. Способи урахування невизначеності при побудові лінгвістичних шкал. Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія–2020) : зб. доп. XII міжнар. наук.–техн. конф. 6–8 жовтня 2020 р. – Х.: ННЦ Інститут метрології, 2020. – С. 77-81.
2. Новицкий П. В., Зограф И. А. Оценка погрешностей результатов измерений. Ленинград : Энергоатомиздат, 1985. 248 с.
3. МВВ 081/12-0014-01, Методика виконання вимірювань біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>). – Київ: 2002.
4. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / пер. с англ. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 798 с.
5. МВВ №081/12-0106-03, Методика виконання вимірювань масової концентрації амоній-іонів фотоколориметричним методом з реактивом Неслера. – Київ: – 2003.

**Tychkov V.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized  
Technologies,  
Cherkasy State Technological University,  
[v.tychkov@chdtu.edu.ua](mailto:v.tychkov@chdtu.edu.ua)

**Pipka M.I.**, bachelor,  
**Trembovetska R.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized  
Technologies,  
Cherkasy State Technological University,  
[r.trembovetska@chdtu.edu.ua](mailto:r.trembovetska@chdtu.edu.ua),

**Halchenko V.Ya.**, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies,  
Cherkasy State Technological University,  
[halchvl@gmail.com](mailto:halchvl@gmail.com)

## THE IMPROVEMENT OF INFORMATION AND MEASURING SYSTEM OF HALOGEN CONTROL IN DRINKING WATER

**Abstract.** *Consideration of currently used methods for determining the most important indicators of natural water quality, such as the content of chlorides, fluorides, iodides, bromides, petroleum products, phenols, anionic surfactants, heavy metals, inorganic nitrogen and phosphorus compounds and the like showed that the whole set of methodological tasks for determining these indicators can be solved in flow analysis using three detection methods: photometry, fluorometry and ionometry. When improving the measuring unit, it is envisaged that it is universal in purpose: both for autonomous devices for equipping analytical laboratories, and for the module of the individual channel of automated multi-channel systems of continuous information and measuring control. Ion-selective electrodes were used as the basis of the measuring unit in the flow-injection analysis of the composition of drinking water for the content of chlorides and fluorides. Statistical processing of measurement results with their visualization and interpretation using Schuhart charts was performed.*

**Key words:** *drinking water, chlorides, fluorides, ion-selective electrodes, flow injection analysis, uncertainty, Schuhart charts*

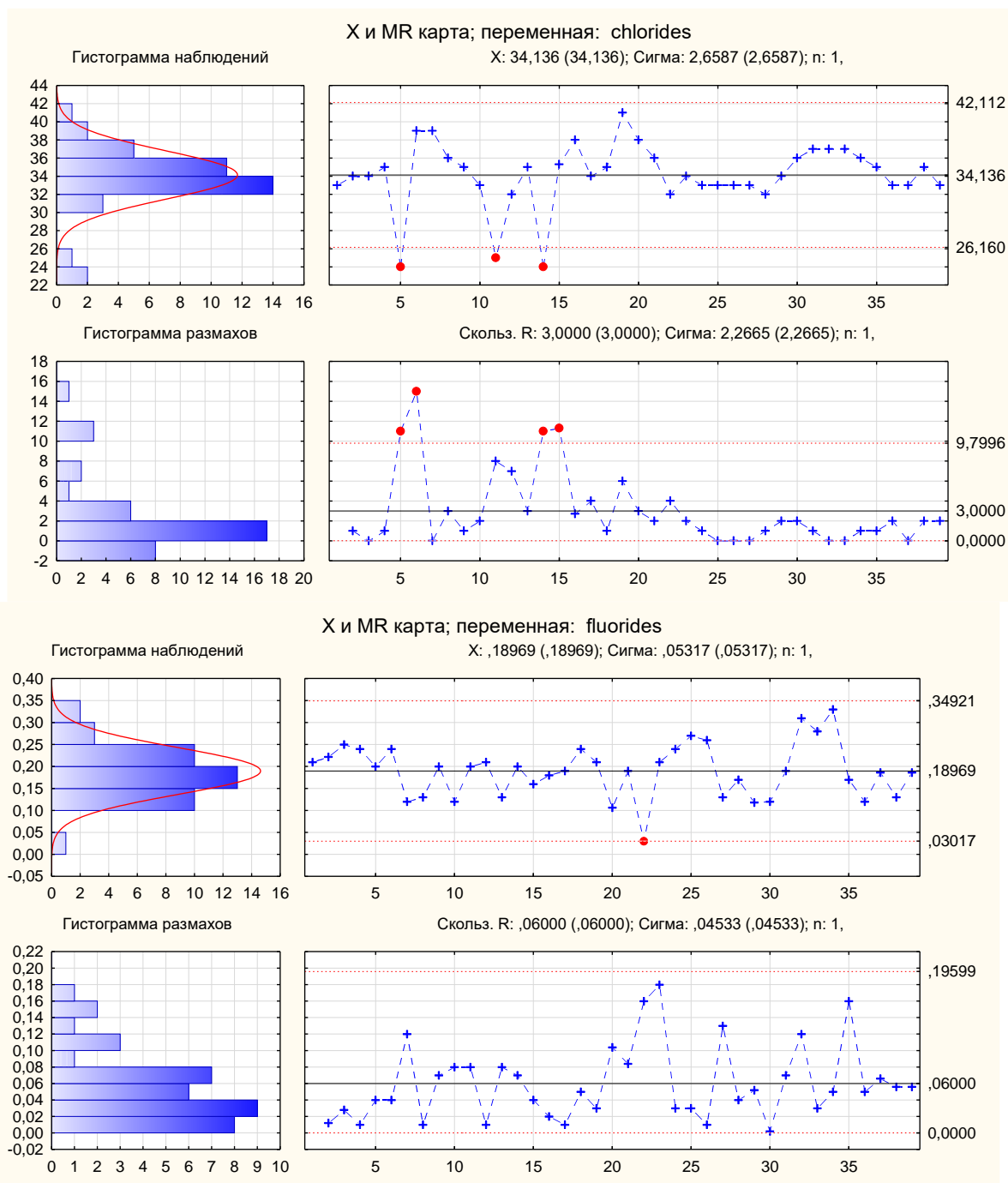
**Introduction.** Analytical quality control of natural water, as well as water in various technological processes that use it as a working environment, such as thermal and nuclear energy, and, finally, quality control of drinking water and the composition of water discharges of industrial enterprises, still, as a rule, are based on the results of laboratory analyzes of periodically selected samples. The disadvantages of this scheme of organization of analytical control are quite obvious, especially in cases where the composition of the controlled environment may change over time. The most significant of them is a significant lag in time in obtaining information about the controlled object from real time and, accordingly, a lag in time in making a decision to interfere in the controlled process in order to prevent undesirable developments, that is, the performance of routine analysis is much less than automated analysis. There is a need to find alternative solutions in the organization of eco-analytical and technological control and in the creation of methods and tools of analytical control, adequate to modern information technology. The improvement of the information-measuring system of halogen control in drinking water can be organized in various ways, various design and circuit solutions can be used and the main units of such a system will be the liquid supply unit to the analyzer, the analyzer unit (sensor) and the measurement unit.

**The purpose of work** - improvement of the measuring unit of the information-measuring system of control of chlorides and fluorides in drinking water with the use of flow-injection analysis.

Measurements were performed using an advanced information and measurement system [1]. To increase the accuracy of fluoride control, a buffer solution was used [2], which increased the accuracy of the analysis to 0.1%. Calibration and graduation of the measuring unit, uncertainty assessment was performed according to the recommendations [1, 2].

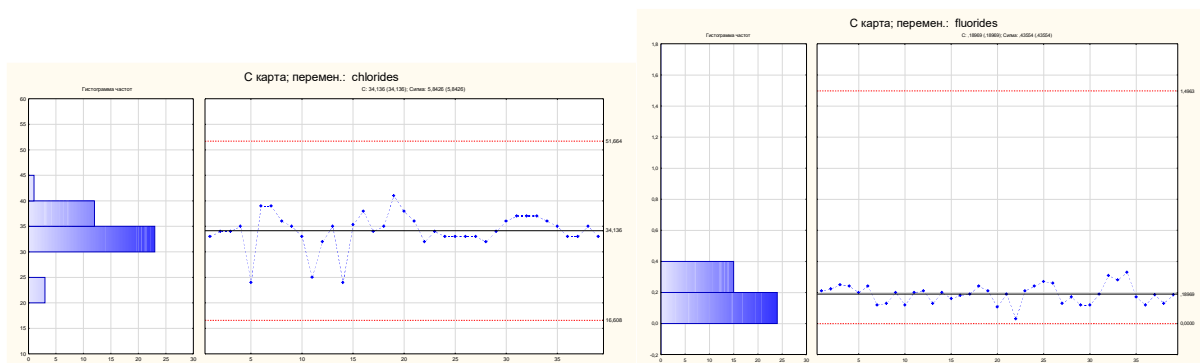
Quantitative data are observations obtained by measuring the concentration of chlorides and fluorides found in natural water. The quality control of drinking water in a statistically controlled state was checked using Shugart control charts [3] for continuous variables (Fig. 1).

Quality control charts - charts of measured values - each measurement is consistently displayed on the graph. Moving Range (MR) - the difference between two consecutive values of X (red highlighted points that go beyond the measurement).



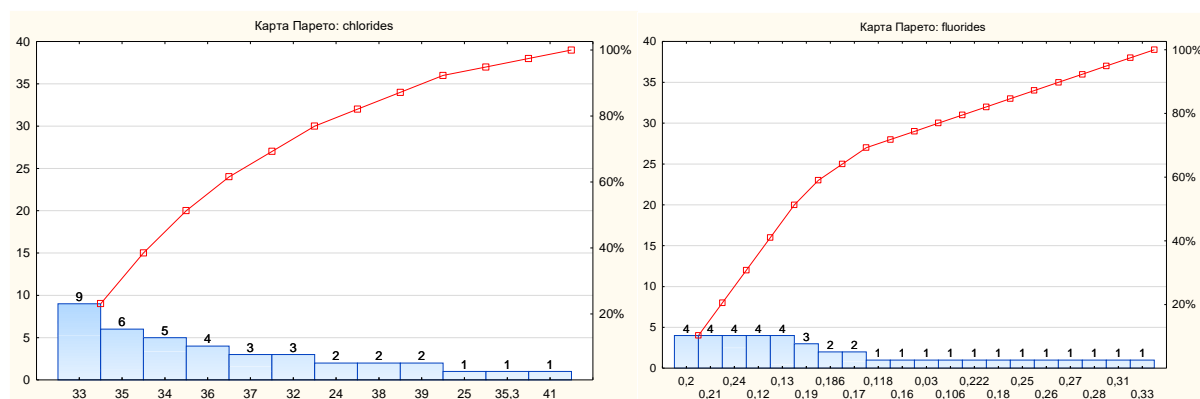
**Fig.1 - Control X and MR charts**

The C-chart (Fig. 2) shows the number of outputs of the content of measuring elements in the water beyond the normative limits. On the charts, there is no output of chloride and fluoride measurements beyond the control limits. You can also monitor all drinking water quality parameters separately. However, if the number of measuring concentrations of elements is large (calculated in the order of hundreds), such control is very difficult to perform. In this case, you can use multidimensional quality control charts, which allow you to monitor differences in relation to the regulatory value of several indicators simultaneously.



**Fig. 2 - C charts**

In practice, it turns out that the uniform distribution of quality violations at different stages of measurement is quite rare. Rather, the cause of most problems is the presence of only a few values that go beyond the measurement. Pareto control charts (Fig. 3) are histograms, which show the distribution of losses from the deterioration of drinking water by certain categories (temperature, complex composition, mutual oxidation or reduction of elements in the water, etc.). Usually the categories - the causes of quality loss - are given in descending order of importance (in frequency). The Pareto chart helps to determine what to focus on improving the quality of drinking water (re-analysis may indicate poor water treatment). Pareto chart - a kind of bar chart, which is used to visualize the factors considered in descending order (increase) of their significance. The graph (cumulative curve) indicates the establishment of the most important reasons (factors by category) of the most significant outcomes outside the measurement (where it is necessary to solve the problem of improving drinking water quality, i.e. in which month you need to re-analyze and conduct a more detailed measurement procedure and find possible violation of the technical and environmental situation).



**Fig. 3 - Pareto charts**

**Conclusions.** The information-measuring system of control of chlorides and fluorides in drinking water with the following technical characteristics is improved: measuring range  $\pm 3000$  mV; ion concentration measurement range - from  $3 \cdot 10^{-3}$  to  $5 \cdot 10^{-6}$  mg / l; EMF measurement error not more than  $\pm 1$  mV; temperature measurement error -  $\pm 0.5$  °C. Analysis performance up

to 500 measurements per hour. Productivity depends on the frequency of drinking water intake and the speed of the sample through the capillaries of the system. The range of measurement of concentrations can be expanded by introducing methods of standard additives and dilution of standard solutions. In terms of accuracy, reliability, performance characteristics: measuring range, low power consumption, the information-measuring system exceeds its analogue.

### References

1. Tychkov V.V., Trembovetskaya R.V., Kisil T.Yu., Bondarenko Yu.Yu. Using Ion-selective Electrodes in Environmental Monitoring // 10th Intern. Conf. “Environmental Engineering”: 10th ICEE. - Selected papers. - April 27–28, 2017. Vilnius, Lithuania. - P. 1 - 8. <https://doi.org/10.3846/enviro.2017.052>
2. Tychkov V.V., Halchenko V.Ya., Trembovetskaya R.V. Technical and technological bases for achieving environmental safety of sustainable development / Global Partnership for Local Sustainable Development: Modern Trends and Best Practices: monograph / [ed. by L. O Petkova, O. Yu. Berezina, Andrzej Kryński] - Czestochowa, 2018. - P. 160-171. <https://doi.org/10.23856/W1708>
3. ДСТУ ISO 8258-2001 Статистичний контроль. Контрольні карти Шухарта (ISO 8258:1991, IDT)

**Trembovetska R.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized  
Technologies,

Cherkasy State Technological University,

[r.trembovetska@chdtu.edu.ua](mailto:r.trembovetska@chdtu.edu.ua),

**Halchenko V.Ya.**, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies,  
Cherkasy State Technological University,

[halchvl@gmail.com](mailto:halchvl@gmail.com)

**Tychkov V.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized  
Technologies,

Cherkasy State Technological University,

[v.tychkov@chdtu.edu.ua](mailto:v.tychkov@chdtu.edu.ua)

**Boychenko V.S.**, bachelor

## IMPROVEMENT OF MICROCONTROLLER THERMOBAROGRAPH FOR PREMISES MICROCLIMATE CONTROL

**Abstract.** *The microclimate of the premises consists of many parameters, but the priority ones are: temperature; humidity; purity; air freshness and atmospheric pressure. All these parameters of the premises microclimate can not only be measured, but also regulated by climatic technology. The works of research premises are analyzed. Based on the requirements for maintaining the parameters of the microclimate and the peculiarities of storage of raw materials, an algorithm for optimal control of the microclimate control system of the premises has been developed. The newest element base which can be used for reception of parameters of air environment of the premises, the analysis of the received parameters and management of devices of management of parameters of microclimate is shown. All these actions are necessary to ensure the optimal parameters of the microclimate of the premises. Design documentation for a microcontroller thermobarograph has been developed. An electrical schematic diagram, a printed circuit board and an assembly drawing of the device have been developed.*

**Key words:** *temperature, atmospheric pressure, microcontroller, thermobarograph, measurements, microclimate control, printed circuit board*

**Introduction.** The microclimate of the premises significantly affects the state of the human body, its efficiency during the working day. Indicators of temperature, relative humidity, air velocity, thermal radiation of heated surfaces characterize the climate of the premises environment of the production premises. Various devices are used to measure the parameters of the microclimate: mercury and alcohol thermometers (to measure temperature), psychrometers (to determine the relative humidity), anemometers and catathermometers (to determine the speed of air movement). The results of research show that in production conditions all meteorological factors affect a person at the same time. Therefore, it is important to identify their total impact on the employee. One of the ways to assess the total impact of meteorological factors is a method of accounting for effective and equivalent-effective temperatures and pressures [1-4]. The effective temperature indicator includes the effect of temperature, atmospheric pressure and humidity on a person in the workplace. Therefore, the improvement of the microcontroller thermobarograph designed for simultaneous registration of atmospheric pressure and temperature is relevant.

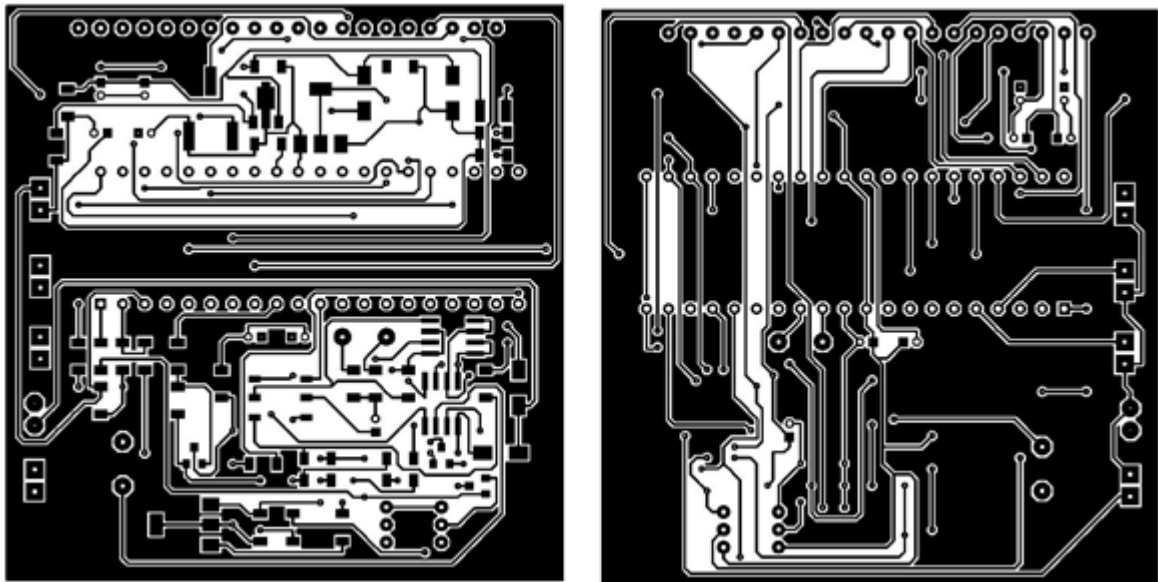
**The purpose of the work** - improvement of the microcontroller thermobarograph for control of a microclimate in premises due to use of the newest element base.

The microcontroller thermobarograph for control of a microclimate in premises carries out simultaneous measurement of atmospheric pressure and temperature, it facilitates measurements during control of a microclimate in premises.

The main advantages of this device are: autonomy of the device, ie power is provided by the rechargeable battery; simple control over parameters on the liquid crystal display; the case is made of impact-resistant plastic, which in production gives the device resistance to external factors; simultaneous measurement of atmospheric pressure and temperature.

The microcontroller thermobarograph for control of a microclimate in premises consists of: the microcontroller, the power supply unit; voltage regulator 5 V; two battery charge controllers; two temperature sensors; pressure sensor; voltage regulator 3.3 V; real-time schemes; liquid crystal display.

After switching on the device, the power supply through voltage regulators 5 V provides a stable voltage for operation for all circuit elements. With the help of battery control circuits, the device can notify the user of its low charge. The microcontroller collects information from temperature sensors, pressure sensor, real-time circuit and displays all collected data on the liquid crystal display.



**Figure - Printed circuit board of the advanced thermobarograph**

As an element based we choose the following elements as:

- ATmega32 - a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture;
- Maxim DS18S20 - digital thermometer provides 9-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points;
- HopeRF HP03S - pressure module includes a piezo-resistive pressure sensor and an ADC interface;
- GDM12864b - 128X64 dots graphic LCD module;
- M41T81 - a low power Serial RTC with a built-in 32.768 KHz oscillator (external crystal controlled)
- LM317 - an adjustable 3-terminal positive voltage regulator capable of supplying in excess of 1.5A over an output voltage range of 1.2V to 37V.

### **Conclusions**

Based on the requirements for energy efficiency of the thermobarograph and the use of the latest element base, calculations of the power supply stabilization unit, power consumption of the whole device taking into account the consumption currents of the chips selected for the project.



The accuracy of measuring the temperature and pressure sensor is calculated, the error curve of the temperature sensor is constructed. The absolute error of the temperature measurement result does not exceed  $\pm 0.2$  °C, and the relative error does not exceed  $\pm 0.74\%$ . The absolute error of the pressure measurement result does not exceed  $\pm 1.5$  mm Hg, and the relative error does not exceed  $\pm 0.67\%$ . Calculations of thermophysical design of the printed circuit board of the base unit in the TFK 4.2 environment were performed [5].

#### List of references.

3. Корбан В. Х. Методи гідрометеорологічних вимірювань: конспект лекцій. (метеорологічні вимірювання). Одеса: «Тэс». - 2009. – 400 с.
4. Паламарчук Л.В., Шевченко О.Г. Метеорологічні прилади та вимірювання. – К.: Видавництво «Інтерконтиненталь-Україна», 2012. – 123 с.
5. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
6. Тичков В. В., Гальченко В. Я., Трембовецька Р. В., Базіло К. В. Автоматизація виробничих процесів. Технічні засоби автоматизації. Навчально-методичний посібник до практичних робіт для здобувачів освітнього ступенів «бакалавр» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» та 18 «Виробництво та технології» усіх форм навчання. Черкаси: ЧДТУ, 2020. – 322 с. <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/1536>
7. Тичков В. В., Трембовецька Р. В. Теплофізичне конструювання друкованих плат в середовищі ТFK. Навчально-методичний посібник до курсового та дипломного проектування для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування усіх форм навчання. Черкаси: ЧДТУ, 2018. 100 с. <http://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/463>

**Становський О.Л.**, д.т.н., професор,  
завідувач кафедри нафтогазового та хімічного машинобудування  
Державний університет «Одеська політехніка»  
e-mail: ostanovskyi@gmail.com, тел. 8(093) 3749-54-88

**Швець П.С.**, к.т.н, доцент,  
доцент кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту  
Державний університет «Одеська політехніка»  
e-mail: sps.090594@gmail.com, тел. 8(096) 611-68-90

**Становська І.І.**, д.т.н., доцент,  
професор кафедри вищої математики та моделювання систем  
Державний університет «Одеська політехніка»  
e-mail: stanovskairaida@gmail.com, тел. 8(093) 064-57-49

### СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ СТАНУ ПСЕВДОФІЗИЧНОГО ОБ'ЄКТА ЗА ДОПОМОГОЮ АНАЛОГІВ ПРОЦЕСІВ ТИТРУВАННЯ

**Abstract.** *The approach allows to include in the list of input parameters which are included in the considered objects – devices, processes, substances, etc., various characteristics of the last, – actually physical, economic, organizational, ecological, etc. This involves new approaches that allow indirect measurement at the subconscious level and at high speed. Analogue titration allows the measurement to "not touch" the object directly, and the final result is obtained by processing all intermediate results. In such way that it is possible to estimate such parameters that are not subject to classical measurement at all is given in this article.*

**Key words:** *measurement systems, pseudo-physical object, titration, physical quantity, indirect characteristic.*

Вимірювання – це визначення розміру деякої величини експериментальним шляхом. В багатьох застосуваннях людської діяльності виникає потреба експериментально оцінити (а отже, – тим або іншим чином виміряти) деякі величини, які можуть бути віднесені до фізичних в загальноприйнятому сенсі або псевдофізичних. Як відомо, фізичні величини – це характеристики властивостей фізичного об'єкту (фізичної системи, явища або процесу) притаманна у якісному відношенні багатьом фізичним об'єктам, а в кількісному відношенні індивідуальна для кожного об'єкта [1].

«Класичне» вимірювання фізичних величин – це сукупність операцій щодо використання спеціальних технічних засобів з метою одержання значення вимірювальної величини у формі, зручній для подальшого використання. Для цього у технічному засобі зберігається одиниця фізичної величини і відбувається процес порівняння її з цією одиницею. У процесі вимірювання відбувається сприйняття і відображення фізичної величини, а також присвоєння їй певного числового значення.

Для реалізації процесу вимірювання фізичних величин необхідно дотримуватись ряду умов.

1. Вимірювальна фізична величина повинна бути однозначно визначена. Не можуть бути виміряні такі неоднозначні величини, як, наприклад, відношення до чогось, інтелігентність, що не мають загальноприйнятого визначення.

2. Фізична величина, що підлягає вимірюванню, повинна мати одиницю вимірювання, встановлену загальною угодою.

3. Технічний засіб повинен зберігати і без труднощів відтворювати одиницю фізичної величини.

За загальними способами одержання результатів вимірювання бувають прямі,

опосередковані, сумісні, сукупні [1]. Останні три способи дозволяють при вимірюванні «не торкатися» безпосередньо об'єкта, а кінцевий результат отримувати шляхом обробки усіх проміжних результатів. Саме такими способами вдається кількісно оцінювати такі параметри, які взагалі класичному вимірюванню не підлягають.

Такий підхід дозволяє перейти від опосередкованого вимірювання фізичних величин до опосередкованого оцінювання інших по суті величин. Підхід дозволяє залучати до переліку вхідних параметрів, які входять до об'єктів, що розглядаються, – пристроїв, процесів, речовин, тощо, різнорідні характеристики останніх, – власне фізичні, економічні, організаційні, екологічні, тощо. Для такого залучення потрібні нові підходи, які дозволяють виконувати опосередковане вимірювання на підсвідомому рівні та з великою швидкістю. Прикладом такого вимірювання є використання прийомів, притаманних процесам титрування, відомим з аналітичної та фармацевтичної хімії [2].

Як відомо, титрометричний аналіз – це сукупність методів кількісного аналізу, в основі яких вимірювання об'єму розчину реактиву відомої концентрації, що витрачається на реакцію з розчином речовини, концентрація якої визначається (аналіту).

Суть метода полягає в послідовному додаванні до суміші малих доз деякого реагенту відомої концентрації (титранта) із відомими властивостями та фіксації кількості доданого реагенту, яка призводить до кількісної зміни в суміші після додавання чергової малої дози. Знаючи характеристики реагенту (в хімії – це склад, концентрації, температуру, тощо) можна при певних умовах достатньо точно обчислити (а отже, виміряти) характеристики початкової суміші, що й є основним завданням титрування.

Концентрацію аналіту можна розрахувати за формулою:

$$C_a = C_t V_t M / V_a$$

де  $C_a$  – концентрація аналіту;  $C_t$  – концентрація титруючої речовини;  $V_t$  – кількість титранту;  $M$  – мольне співвідношення між аналітом та реагентом;  $V_a$  – кількість аналіту.

Перенесемо такий підхід на завдання вимірювання механічних характеристик тієї або іншої системи. Наприклад, закріпивши жорстко один кінець деякого стрижня можна додавати за деякою відомою схемою на інший кінець останнього малі дози навантаження до тих пір, доки в стрижні не відбудеться кількісна зміна його стану (наприклад, він зламається). Фіксуючи факт руйнування та фінальне навантаження яке до нього призвело, отримаємо необхідні дані для розрахунку міцнісних характеристик матеріалу стрижня. Інший приклад – процес управління складним технічним об'єктом, наприклад, літаком, або організаційно-технічним, наприклад, проектом або програмою.

### Список літератури

1. Оборський Г.О. та ін. Вимірювання фізичних величин: навчальний посібник / Г.О. Оборський, П.Т. Слободяник, В.Л. Костенко, С.Г. Антощук; за ред. проф. Г.О. Оборського. – Одеса: Астропринт, 2012. – 400 с.
2. Болотов В. В. Аналітична хімія / Болотов В. В., Свечніков О. М., Колісник С. В. та ін. – Харків: НФаУ Оригінал, 2004. – 479 с.

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У МЕДИЧНОМУ ПРИЛАДОБУДУВАННІ

UDC 615.47

**Trebovetska R.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of Instrumentation, Mechatronics and Computer Technology  
Cherkasy State Technological University  
[r.trebovetska@chdtu.edu.ua](mailto:r.trebovetska@chdtu.edu.ua)

**Tychkov V.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of Instrumentation, Mechatronics and Computer Technology  
Cherkasy State Technological University  
[v.tychkov@chdtu.edu.ua](mailto:v.tychkov@chdtu.edu.ua)

**Halchenko V.Ya.**, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies  
Cherkasy State Technological University  
[halchvl@gmail.com](mailto:halchvl@gmail.com)

**Dyachyshyn Ye.A.**, bachelor

### THE IMPROVEMENT OF THE BEDSIDE MONITOR FOR CONTROL OF VITAL PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE PATIENT

**Abstract.** *The bedside monitor is a modern high-tech device, without which not a single intensive care unit of an inpatient and intensive care unit of a hospital can do today. All the increased requirements for patient care and safety, for the quality of diagnostics of diseases, for control over the conduct of medical procedures, make the bedside monitor an indispensable medical equipment in modern hospitals. The bedside monitor occupies its niche in the Ukrainian medical equipment market. Today, many manufacturers offer consumers a large selection of bedside monitors, which differ in their capabilities and equipment, size, screen diagonal, and price. Improvement of the base unit of the bedside monitor with the help of a modern element base makes it possible to increase the technical and metrological indicators of the control of vital physiological parameters of a patient and ease of maintenance.*

**Key words:** *bedside monitor, base unit, printed circuit board, termophysical design*

**Introduction.** At all times, doctors used different methods of treatment, but all had one goal - human health. Our lives very often depend on doctors. Until a few centuries ago, medicine was powerless to treat many diseases and there were no special devices to help doctors detect the disease in the early stages of its development. Nowadays, it has become much easier to control treatment processes thanks to new technologies. After a special examination, we can detect the disease in its early stages and begin treatment in time. Many hospitals are already equipped with modern equipment, which has gained popularity and has become indispensable in resuscitation. The bedside monitor [1-2] has become an indispensable assistant for all patients. The bedside monitor is a high-tech device that monitors the patient's condition, and in case of deterioration of the patient's condition, doctors, thanks to this monitor, will be able to provide the necessary assistance in a timely manner. The bedside monitor is needed not only in the intensive care unit, but also in any modern ward, as well as high-quality medical clothing. In the ward, a monitor can help determine how effectively a patient is being treated. Thanks to the monitor, we can monitor the cardiovascular and respiratory systems.

**The purpose of work** – the improvement of the basic block of the bedside monitor for control of vital physiological parameters of the patient due to use of the newest element base.

The resuscitation monitor is intended for control of vital physiological parameters of the patient: the electrocardiogram; the heart rate; the non-invasive and invasive blood pressure; the body temperature; the respiratory rate; the saturation of oxygen in the blood; the photoplethysmogram observation; the observation of capnogram; the measurements of CO<sub>2</sub> content in exhaled air.

The base unit includes: the module "CS" for coupling with the central station; the "VIDEO" module for pairing with external video monitors; the color TFT display; the inverter for display backlight lamps; the thermal printer; the capnograph; the blood pressure module; the CPU board; the invasive pressure module; the module of oxygen saturation in the blood.

As an element based we choose the following elements as:

UC3843BD1G - a high performance fixed frequency current mode controller, designed for Off-Line and DC-DC converter applications offering the designer a cost-effective solution with minimal external components;

MAX8546EUB - voltage-mode pulse-width-modulated step-down DC-DC controller, have a wide 2.7V to 28V input range, and do not need any additional bias voltage;

PIC16F628 - FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontroller, have enhanced core features, eight-level deep stack, and multiple internal and external interrupt sources;

AD8541 - single rail-to-rail input and output single-supply amplifier featuring very low supply current and 1 MHz bandwidth, guaranteed to operate from a 2.7 V single supply as well as a 5 V supply, provide 1 MHz bandwidth at a low current consumption of 45 mA per amplifier;

LM339 - Quad Single Supply Comparator, designed for use in level detection, low-level sensing and memory applications in consumer automotive and industrial electronic applications;

HCF4013BE and HCF4013BM - two-stroke D-flip-flops, a monolithic integrated circuit fabricated in metal oxide semiconductor technology available in PDIP14 and SO14 packages;

MAX1640 and MAX1641 - step-down pulse-width-modulation controller use an external P-channel MOSFET switch and an optional, external N-channel MOSFET synchronous rectifier for increased efficiency, CMOS, adjustable-output, switch-mode current sources operate from a + 5.5 V to + 26 V input, and are ideal for microprocessor-controlled battery chargers;

LM809M3-2.63/NOPB - microprocessor supervisory circuits provide a simple solution to monitor the power supplies in microprocessor and digital systems and provide a reset during power-up, power-down, and brown-out conditions.

### **Conclusions**

When choosing a bedside monitor, it is important not just to compare the cost of different systems, but be sure to correlate the price, functionality and quality of equipment. Calculations of the coupling of elements with the nodes of the electrical schematic diagram of the base unit, developed assembly drawing of the printed circuit board of the base unit and the drawing of the printed circuit board indicating the technical requirements for thickness and width of printed conductors, distance between conductors.

Calculations of thermophysical design of the printed circuit board of the base unit in the environment TFK 4.2 were performed [3].

### **References**

1. <https://radfarm.com.ua/diagnostika/monitori-paciyenta>
2. [https://heaco.ua/catalog/patient\\_monitors/monitor\\_patsienta\\_heaco\\_g3l.html](https://heaco.ua/catalog/patient_monitors/monitor_patsienta_heaco_g3l.html)
3. Тичков В. В., Трембовецька Р. В. Теплофізичне конструювання друкованих плат в середовищі ТФК. Навчально-методичний посібник до курсового та дипломного проектування для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування усіх форм навчання. Черкаси: ЧДТУ, 2018. 100 с. <http://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/463>

Монченко О.В., к.т.н., доцент,  
Доцент кафедри біокібернетики та аерокосмічної медицини  
Національний авіаційний університет  
e-mail: [monchenko\\_olena@ukr.net](mailto:monchenko_olena@ukr.net), тел. 097-474-04-11

## МЕТОД ПРЕЦИЗІЙНИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИМІРЮВАНЬ В ОФТАЛЬМОЛОГІЇ

**Abstract.** *The research is devoted to ultrasound diagnostics in ophthalmology. A new method in ophthalmic ultrasonic measurements is proposed, which is based on the analysis of the phase characteristic of the ultrasonic signal.*

*The methodology of ultrasonic signal processing is analyzed. A mathematical explanation of the new method. It is established that the proposed method makes it possible to measure the thickness of the thin layers of the eye and to detect foreign inclusions.*

**Key words:** *eye, ultrasonic signal, Hilbert transform, amplitude characteristic, phase characteristic.*

Вимірювання товщини шарів ока є обов'язковим етапом діагностики перед проведенням хірургічних операцій в офтальмології та оцінки їх результату у віддаленому післяопераційному періоді. Особливо важливо мати точні дані пахіметрії [1] для вибору того чи іншого типу лазерної корекції, профілактики розвитку захворювань та для хірургічних втручань.

Особливості структурної будови ока здатні викликати значне розсіювання ультразвукової енергії. Це розсіювання перешкоджає надійному виявленню відбитого луна-імпульсу, що обмежує можливості ультразвукового вимірювання товщини шарів ока.

Метою досліджень є розробка нового способу офтальмологічного ультразвукового вимірювання товщини шарів ока на основі використання фазової характеристики (ФХ) сигналу [2].

У зв'язку зі складною багатошаровою будовою очного яблука виникає необхідність вимірювання товщини кожного його тканинного шару. Для вирішення цієї задачі користуються ультразвуковим діагностичним методом, суть якого полягає в тому, що на об'єкт діагностики (людське око) направляється ультразвуковий зонduючий сигнал частотою приблизно 8-12 МГц, після відбиття від границі шарів сигнал повертається.

Луна-імпульсний ультразвуковий метод передбачає визначення часу затримки, необхідного на поширення ультразвуку зонduючого радіоімпульсного сигналу через око. Час затримки однозначно пов'язаний з товщиною шару ока  $\tau = 2h/c$ , де  $c$  - швидкість проходження ультразвукової хвилі в товщині шару ока. Як правило, значення часу проходження сигналу оцінюють за часовим положенням обвідних зонduючого і донного ультразвукових сигналів, які визначаються за допомогою амплітудних детекторів. Недоліком даного способу вимірювання часу затримки є наявність похибки, яка пов'язана з кінцевими тривалістю радіоімпульсного сигналу та швидкістю наростання/спаду його обвідної. В результаті дії випадкових чинників виміряне значення часу затримки може мати похибку.

Відомі методи опрацювання сигналів ультразвукових вимірювань ґрунтуються на застосуванні амплітудних характеристик сигналів.

Було запропоновано новий прецизійний спосіб вимірювання  $\tau$ . Його суть полягає у формуванні акустичного зонduючого сигналу, введенні його в шари ока, прийманні сигналу після його поширення в оці, визначенні фазових характеристик зонduючого і відбитого сигналів, обчисленні товщини об'єкту за часом затримки сигналу та відомою швидкістю поширення сигналу, який відрізняється тим, що для формування акустичного зонduючого сигналу використовують фазоманіпульований радіоімпульсний сигнал, а затримка

поширення сигналу вимірюється як різниця часових положень стрибків ФХ зондуючого та відбитого сигналів. ФХ реалізується за допомогою перетворення Гільберта.

Перетворення Гільберта (ПГ) – це лінійне інтегральне перетворення, яке ставить у відповідність функції іншу функцію в тій самій області. Завдяки ПГ з'являється можливість відокремити амплітудні і фазові характеристики, а також визначити фазові характеристики ультразвукових офтальмологічних сигналів і оцінити їх інтегральні зміни не тільки на всьому інтервалі дослідження, але й локально і в межах одного періоду несучого сигналу. Ці дані є необхідними для реалізації запропонованого методу, який базується на аналізі ФХ.

ПГ дозволяє визначити фазову характеристику сигналу (ФХС) через дійсний сигнал  $u(t)$ , у відповідність якому поставлений комплекснозначний сигнал [2]:

$$\dot{z}(t) = u(t) + iu_n(t), \quad (1)$$

де  $u(t) \in L_p(-\infty, \infty)$  або  $u(t) \in L_p(0, 2\pi)$ ,  $p = 1, 2$  - математична модель сигналу, а її перетворенням Гільберта є дійсна функція

$$u_n(t) = H[u(t)].$$

Тоді

$$\dot{z}(t) = |\dot{z}(t)| \exp(i \arg z(t)) = A(t) \exp(i\Phi(t)) \quad (2)$$

Неперервний дійсний сигнал  $u(t)$  має наступні дійсні неперервні характеристики:

а) амплітудну характеристику

$$A(t) = \sqrt{u^2(t) + u_n^2(t)}; \quad (3)$$

б) фазову характеристику

$$\Phi(t) = \text{Arg}\dot{z}(t) = \arctg \frac{u_n(t)}{u(t)} + K(u(t), u_n(t)) + 2\pi L[u(t), u_n(t)], \quad (4)$$

де  $K$  - оператор, що усуває стрибки фази в точках переходу через границі інтервалів в межах періоду:

$$K(u(t), u_n(t)) = \frac{\pi}{2} \{2 - \text{sign}(u_n(t)) [1 + \text{sign}(u(t))]\},$$

$L(t)$  - оператор, що усуває стрибки фази в точках переходу через границі інтервалів за межами періоду.

На точність вимірювання даного методу найбільший вплив мають частота дискретизації АЦП, фізико-механічні властивості ока, особливості аналізованої ФХ сигналу, механічні і природні чинники та відношення с/ш.

**Висновок.** В даній роботі було проаналізовано ультразвукову діагностику в офтальмології. Запропоновано новий спосіб в офтальмологічних ультразвукових вимірюваннях, який ґрунтується на аналізі фазової характеристики ультразвукового сигналу.

Проаналізовано методологію опрацювання ультразвукових сигналів. Проведене математичне пояснення нового способу. Встановлено, що запропонований метод дає можливість вимірювати товщину тонких шарів ока та виявляти інородці включення.

#### Список використаних джерел:

1. Анатомія ока. Методи дослідження в офтальмології: навч. посібник для студентів мед. фак.-тів / Н. Г. Завгородня, Л. Е. Саржевська, О. М. Івахненко [та ін]. – Запоріжжя, 2017. – 76 с.
2. Фазовий метод ультразвукової лунаїмпульсної товщинометрії виробів з конструкційних матеріалів: Монографія /Ю.В. Куц, О.В. Монченко, І.М. Бистра, та ін. / – Київ, 2019. – 191 с.



## Секція 8

# ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА МАРКЕТИНГ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 343.9

**Шматков Р.П.** заступник завідувача відділу товарознавчих, гемологічних, економічних, будівельних, земельних досліджень та оціночної діяльності Черкаського НДЕКЦ МВС

Email: [intramentalitet@ukr.net](mailto:intramentalitet@ukr.net), моб тел.: 063-810-03-63

### ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРУ ЗБИТКІВ ВІД ПОРУШЕННЯ МАЙНОВИХ ПРАВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

***Abstract.** This report examines the typical challenges and difficulties that arise during the examination of intellectual property in terms of determining the amount of damages from infringement.*

***Key words.** economic losses, intellectual property, misuse, method.*

У сучасному світовому інноваційному підприємстві та в Україні зокрема на жаль має місце таке негативне явище, як контрафакція продукції. Воно тягне за собою суттєві економічні втрати підприємств будь-якої форми власності. Це явище потребує, як правило, втручання держави в особі спеціалізованих органів та глибокого вивчення з метою запобігання дедалі більших руйнівних втрат та загальної превенції в цьому напрямі.

Одним із ключових елементів феномену контрафакції є таке поняття, як «втрата економічної вигоди», яке тісно пов'язане із «збитками», «моральною» та «майновою шкодою». Їх наявність та розмір впливає на ступінь кримінальної чи цивільної відповідальності при порушенні майнових прав інтелектуальної власності на ті чи інші об'єкти права інтелектуальної власності.

Контрафактна продукція, як правило, виготовляється та вводиться в цивільний обіг із порушенням майнових прав інтелектуальної власності. Це, наприклад, незаконне використання чужої торгівельної марки, фірмового найменування, промислового зразка, об'єктів авторського права та суміжних прав, винаходу чи корисної моделі.

У подоланні контрафакції економічною та правовою проблемою є визначення розміру «майнової шкоди», «втраченої вигоди», «збитків» від порушення майнових прав інтелектуальної власності. У даній доповіді частково буде висвітлено визначення понять «збиток» та «майнова шкода» за законодавством України.

Складною є оцінка, пов'язана з визначенням розміру збитків від порушення майнових прав, втраченої вигоди через неправомірне використання комерційного найменування, торговельної марки, використання програмних продуктів. Дискусійними є правові та економічні підходи до визначення та трактування понять «збитки», «майнова шкода», «втрачена вигода» стосовно порушення майнових прав інтелектуальної власності, що ускладнює роботу фахівців у цій сфері.

Передусім варто мати на увазі та враховувати, що об'єкти права інтелектуальної власності (далі – ОПВ) мають різну природу походження. Так, права інтелектуальної власності складаються з особистих немайнових прав та майнових прав, зміст яких визначається Цивільним кодексом України та іншими законами залежно від конкретного об'єкту (п. 2 ст. 418 ЦК України) [1]. Під майновими правами розуміють права, які пов'язані з використанням ОПВ, а також із тими матеріальними (майновими) вимогами, які виникають між учасниками правовідносин стосовно використання ОПВ (наприклад, право авторів і винахідників на винагороду) (ст. 424, ст. 426 ЦК України) [1]. Ці права на ОПВ можуть переходити до інших



осіб у спосіб, передбачений законом. Зміст зазначених прав щодо конкретних ОПІВ розкривається у відповідних главах ЦК України та спеціальному законодавстві. Загальний перелік майнових прав інтелектуальної власності на ОПІВ закріплено у ст. 424 ЦК України [1].

За творцем об'єкта права інтелектуальної власності закріплено право на використання створеного ним ОПІВ та отримання максимального результату від використання його корисних властивостей (пп.1-4 п.1 ст.424 ЦК України)[1]. Такий результат може надавати творцеві відповідну матеріальну користь, що окрім правової, є і економічною складовою ОПІВ. Також потрібно зазначити, що майнові права інтелектуальної власності не обмежуються тільки використанням та наданням дозволу на використання ОПІВ, а й передбачають виключне право суб'єкта права інтелектуальної власності перешкоджати неправомірному використанню цього об'єкта (пп. 3 п. 1 ст. 424 ЦК України) [1]. Під неправомірним використанням слід розуміти будь-яке використання ОПІВ як у межах договору, так і поза договором, що порушує майнові права суб'єктів права інтелектуальної власності.

Використання ОПІВ у господарській діяльності оцінюється отриманим економічним результатом – доходом, а за виключенням компенсаційних витрат – прибутком. У кожній з ланок використання ОПІВ у діяльності суб'єкта господарювання існує індивідуальний набір витрат, що компенсується доходом, котрий повинен перевищувати витрати. Прибуток за вирахуванням податку є чистим прибутком, який розподіляється самостійно суб'єктом господарювання за призначенням, зокрема і на винагороду творцю ОПІВ.

Власник несе витрати щодо створення ОПІВ та його комерціалізації з метою отримання прибутку, а особа, що неправомірно використовує ОПІВ, несе витрати лише на відтворення матеріального носія ОПІВ та відповідно менші витрати на його комерціалізацію. Відповідні стадії створення певного винаходу чи корисної моделі відсутні, оскільки непотрібні такі етапи, як науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, а також непотрібне експериментальне виробництво, тому що ОПІВ вже створений і готовий до тиражування. В такій ситуації прибутки суб'єкта господарювання при легітимному використанні ОПІВ суттєво зменшуються.

На загальних підставах: «збитки» – це непередбачені витрати, втрата майна і грошей, недоотримана вигода; шкода, завдана діями одного господарського суб'єкта іншим суб'єктам або довіллю, людям. – розрізняють: «збитки майнові» – втрата майна юридичними і фізичними особами внаслідок заподіяння шкоди чи невиконання взятих на себе зобов'язань і «моральні» – ущемлення прав, образа честі й гідності, підрив репутації, заподіяні протиправними діями інших осіб; «прибуток» — додаткова вартості, що є різницею між ціною продажу товару і витратами капіталу на її виробництво.

Найчастіше поняття «дохід» порівнюють з поняттям «збитки» в протиставленні останніх. У цивільному праві є норми, пов'язані з поняттями «дохід» та «збитки» (ст. 22 ЦК України) [1]. Вони і визначають різницю між ними: 1) збитками є витрати, які особа зробила у зв'язку зі знищенням або пошкодженням речі; 2) збитками є витрати, які особа зробила або мусить зробити для відновлення свого порушеного права (реальні збитки); 3) збитками є доходи, які особа могла б реально одержати за звичайних обставин, якби її право не було порушене (упущена вигода). Усе це віднесено до «відшкодування майнової шкоди».

Керуючись зазначеними позиціями, в позовних вимогах найчастіше посилаються на ст. 1166 ЦК України «Загальні підстави відповідальності за завдану майнову шкоду», а саме: «Майнова шкода, завдана неправомірними рішеннями, діями чи бездіяльністю особистим немайновим правам фізичної або юридичної особи, а також шкода, завдана майну фізичної або юридичної особи, відшкодовується в повному обсязі особою, яка її завдала» [1]. У цій статті очевидна різниця: 1) майнова шкода, завдана немайновим правам; 2) майнова, шкода завдана майну. В правовому аспекті частіше використовується така дефініція, як «відшкодування майнової шкоди». Її пов'язують з «майновою шкодою, завданою майну», а збитки пов'язуються з «доходом» (упущеною вигодою). За таким правовим тлумаченням за основу прийнято вираз «майнова шкода, завдана майну», замість «майнова шкода, завдана немайновим правам». Проте це є перекручуванням, оскільки неправомірним використанням

ОПВ не наноситься шкода безпосередньо майну власника ОПВ при створенні, наприклад, контрафактної продукції. Така необґрунтована правова позиція призводить на практиці до необґрунтованого використання ціни власника за відповідний період, помноженої на кількість створеної контрафактної продукції, що призводить до помилкового висновку, пов'язаного із завищенням розміру заподіяних збитків, у яких враховується вартість майна власника ОПВ або створеної контрафактної продукції за умови її знищення або крадіжки.

Упущена вигода – це доходи, які особа могла б реально одержати за звичайних обставин, якби її право не було порушене. Йдеться не про реальні витрати особи, які вона зробила або зробить, а про ті доходи, яких вона недоотримає внаслідок порушення її цивільного права. Господарський кодекс України визначає схожі правила відшкодування збитків, використовуючи при цьому дещо інші терміни. Так, за ст. 225 ГК України «упущена вигода» називається «втраченою вигодою». Під нею розуміється неодержаний прибуток, на який сторона, яка зазнала збитків, мала право розраховувати у разі належного виконання зобов'язання другою стороною [2].

Розглядаючи питання про відповідальність за порушення права інтелектуальної власності, зауважимо, що у п. 3 постанови Пленуму Вищого господарського суду України від 17 жовтня 2012 р. № 12 «Про деякі питання практики вирішення спорів, пов'язаних із захистом прав інтелектуальної власності» зазначено, що відповідальність за порушення права інтелектуальної власності у вигляді відшкодування шкоди, завданої суб'єктові, може наставати лише за одночасної наявності таких умов: 1) факту протиправної поведінки відповідача (зокрема, недодержання умов авторського, ліцензійного договорів, використання об'єкта права інтелектуальної власності без дозволу правовласника); 2) шкоди, завданої суб'єктові права інтелектуальної власності; 3) причинно-наслідкового зв'язку між протиправною поведінкою особи та завданою шкодою; 4) вини особи, яка заподіяла шкоду. Доказування наявності перших трьох умов покладається на позивача. При цьому судом застосовується презумпція вини особи, яка завдала шкоду: така особа вважається винною, поки не буде доведено інше [3].

Відповідно, в нашому випадку, стосовно ОПВ, потрібна наявність таких елементів складу цивільного правопорушення, як: 1) незаконність використання ОПВ; 2) наявність втрати економічної вигоди у вигляді збитків; 3) причинний зв'язок між протиправною поведінкою та завданими збитками, що означає, що збитки мають бути наслідком саме даного порушення, пов'язаного з неправомірним використанням ОПВ; 4) вина наявного суб'єкта господарювання з нелегітимним використанням ОПВ. Разом із тим, встановлення причинного зв'язку між протиправною поведінкою особи, яка завдала шкоду, та збитками потерпілої сторони є важливим елементом доказування наявності реальних збитків. Розмір збитків повинен бути підтверджений обґрунтованим розрахунком, а також відповідними доказами, які є в бухгалтерському обліку та в інших документах. Тобто, втрачена економічна вигода розглядається як безумовний і реальний прибуток для власника ОПВ. Таким чином, незважаючи на те що неодержаний прибуток – це результат, якого ще немає, вимоги про відшкодування збитків у вигляді втраченої економічної вигоди теж повинні бути належним чином обґрунтовані, підтверджені конкретними підрахунками і доказами на підкріплення реальної можливості отримання потерпілою стороною відповідного прибутку (а не доходу) у разі, якби на ринку не було суб'єкта господарювання з нелегітимним використанням ОПВ.

У ст. 22 ЦК України зазначено, якщо особа, яка порушила право, одержала у зв'язку з цим доходи, то розмір упущеної вигоди, що має відшкодуватися особі, право якої порушено, не може бути меншим, ніж розмір доходів, одержаних особою, яка порушила право (ч. 3 ст. 22 ЦК) [1]. Тут ЦК України потребує з огляду на позицію ОПВ уточнення її економічної складової стосовно саме прибутку, а не доходу.

Отже, якщо порушник прав власника ОПВ отримав прибуток унаслідок свого правопорушення, розмір упущеної вигоди, що має бути відшкодована потерпілій стороні як понесені збитки, не може бути меншим, ніж прибуток, отриманий порушником прав ОПВ. Ця норма сприяє захисту порушених прав власника ОПВ і не дає винній стороні можливості збагатитися унаслідок порушення прав власника ОПВ.

Як правило, поняття «дохід» та «збитки» прирівнюють до використання аналогії, що частіше призводить до перекручення реальної ситуації щодо визначення розміру «відшкодування майнової шкоди». Такий підхід не має повної доказової бази і не стимулює отримання об'єктивної інформації про порушення прав при неправомірному використанні ОПВ та призводить до сумнівних висновків, зазвичай суб'єктивного характеру, що ставить у скрутне становище суди та правоохоронні органи.

До тепер немає офіційно затверджених методик визначення розміру втрати економічної вигоди як збитку. Практикуючі фахівці використовують для розрахунку збитків, неотриманої вигоди положення п. 50 Постанови Пленуму Вищого господарського суду України від 17 жовтня 2012 р. № 12 [3] та положення п. 26 Національного стандарту України № 4 «Оцінка майнових прав інтелектуальної власності» [4] в сукупності з ст.22 Цивільного кодексу [1].

Підсумовуючи, зазначимо складність розглянутої проблеми, яка потребує теоретичного дослідження та обговорення методик, спрямованих на визначення розміру завданих збитків при неправомірному використанні ОПВ з урахуванням їх особливостей, оцінки правової ситуації та практики вирішення в суді.

### Список літератури:

1. Цивільний кодекс України від 16 січня 2003 року № 435-IV (ВВР України, 2003, №№ 40-44, ст.356) із змінами і доповненнями станом на 10.10.2013.
2. Господарський кодекс України від 16 січня 2003 року № 436-IV (ВВР України, 2003, № 18, № 19-20, № 21-22, ст.144) із змінами і доповненнями станом на 24.10.2013.
3. Постанова пленуму вищого господарського суду України від 17 жовтня 2012 року № 12 «Про деякі питання практики вирішення спорів, пов'язаних із захистом прав інтелектуальної власності».
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 3 жовтня 2007 року № 1185 про затвердження Національного стандарту № 4 «Оцінка майнових прав інтелектуальної власності».

## Секція 9

# ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗА СПЕЦІАЛЬНОСТЯМИ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ

УДК 378.147

**Базіло К.В.**, д.т.н., доцент,  
професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: b\_constantine@ukr.net

**Фауре Е.В.**, д.т.н., професор,  
проректор з науково-дослідної роботи та міжнародних зв'язків,  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: faureemil@gmail.com

**Бондаренко Ю.Ю.**, к.т.н., професор,  
професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,  
Черкаський державний технологічний університет  
e-mail: julybo110976@gmail.com

## ОРГАНІЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ В ЗАКЛАДІ ОСВІТИ

**Анотація.** *В роботі розглянуто особливості організації проєктної діяльності закладу вищої освіти на прикладі відділу проєктів і програм Черкаського державного технологічного університету, який орієнтований на створення сучасного динамічного дослідницько-інноваційного середовища задля успішної реалізації творчого потенціалу учасників освітнього процесу. Подано практичний досвід використання проєктної технології.*

**Ключові слова:** *проєктна діяльність, проєктна технологія, заклад освіти.*

**Abstract.** *The paper discusses the features of the organization of project activities of a higher educational institution on the example of the Department of Projects and Programs of Cherkasy State Technological University, which is focused on creating a modern dynamic research and innovation environment for the successful implementation of the creative potential of participants in the educational process. Practical experience of using project technology is given.*

**Keywords:** *project activity, project technology, educational institution.*

**Вступ.** На сучасному етапі поглиблення євроінтеграції в Україні, поступовому включенню до єдиного європейського освітнього простору відбуваються постійні інноваційні процеси в системі вітчизняної освіти. Без переходу до використання нових інноваційних технологій навчання вітчизняна система освіти не може розвиватися [1].

Орієнтація на європейський рівень освіти вимагає від освітньої діяльності розширення педагогічних горизонтів: використання новітніх форм і методів навчання, інтеграції знань, формування у здобувачів освіти уміння використовувати знання на практиці, застосовувати їх у подальшому житті [2].

Проєктні технології, до впровадження яких активно закликають науково-педагогічний персонал закладів вищої освіти, спрямовані на стимулювання інтересу у здобувачів освіти до нових знань, до розвитку через вирішення проблем і використання цих знань у конкретній практичній діяльності [3].

Проєктно-технологічна діяльність передбачає використання викладачем сукупності дослідницьких, пошукових, творчих за своєю суттю методів, прийомів, засобів.

Саме таке тлумачення проєкту відкриває широкі можливості для його використання в освітньому процесі [4].

Мета роботи полягає у визначенні змісту та значення проєктної діяльності закладу вищої освіти.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- розкрити особливості проєктної діяльності;
- розглянути організацію проєктної діяльності в Черкаському державному технологічному університеті;
- навести практичний досвід використання проєктної технології.

**Проєктна діяльність.** Проєктна діяльність охоплює сьогодні всі ланки функціонування підприємств та структур різних рівнів та сфер діяльності. Зокрема, у відділах маркетингу проєктна діяльність реалізовується через проєкти маркетингових досліджень, рекламних акцій, виведення на ринок нових продуктів, завоювання нових ринків збуту; у дослідно-конструкторських підрозділах – через проєкти розробки нових продуктів, технологій; у виробничих підрозділах – через проєкти освоєння випуску нової продукції, технічного переозброєння, впровадження нових технологій; у підрозділах, пов'язаних із збутом готової продукції, – через проєкти побудови торговельно-збутової мережі тощо [5]. Але проєкти можуть розроблятися і впроваджуватися не тільки на виробничих підприємствах та в бізнесі. В останні роки проєктна діяльність активно проваджується в освітньому процесі закладів вищої освіти, трансформувались в інноваційну технологію навчання [6].

Метод проєктів був відомий ще у 20-ті роки ХХ сторіччя. На основі концепції прагматизму американського педагога Дж. Дьюї (1859-1952), який запропонував будувати навчальний процес на активній основі, спираючись на цілеспрямовану діяльність здобувачів освіти з урахуванням їх особистої зацікавленості в цих знаннях [3].

Зважаючи на це, виникла низка визначень для понять «проєкт» та «проєктна діяльність». Наприклад, у загальноосвітній школі під проєктом розуміють спеціально організований вчителем і самостійно виконуваний учнями комплекс дій, що завершується результатом, створенням творчого продукту [4].

У більш загальному визначенні «проєкт» – це робота, яку виконують протягом певного проміжку часу та спрямовують на опрацювання конкретної теми й розв'язання проблеми.

Кожен проєкт потребує інтегрованих знань та вмінь. За своєю формою, змістом та організаційною структурою проєкти можуть бути різними, а саме: пошуковими, творчими, інформативними; реальними, надуманими; індивідуальними, парними, груповими тощо [2].

Проєкт, як особлива форма навчальної діяльності здобувачів освіти, має добре організовану покрокову власну структуру. Під час виконання завдань тренувального та творчого характеру, що пов'язані між собою для формування проєкту як кінцевого результату навчальної діяльності, здобувачі освіти досягають справжнього відчуття творчого успіху та самореалізації [7].

Появу понять «проєкт» і «проєктна діяльність» в українській педагогічній науці та освітній практиці зумовили потреби змін у розбудові національної системи освіти та її інтеграції у міжнародний і європейський освітній простір.

У науковій літературі загальне поняття проєкту розглядають як обмежену в часі цілеспрямовану зміну окремої системи із встановленими вимогами до якості результатів і можливими обмеженнями витрат засобів і ресурсів та специфічною організацією діяльності для досягнення цілей [8].

Проєкт, як форма організації навчально-виховного процесу, яка в зарубіжній педагогічній практиці є альтернативою традиційній класно-урочній системі, основою для широкого впровадження дистанційного навчання і переходу у навчанні від пасивного слухання та сприймання до активної діяльності учнів, реалізації ними колаборативних проєктів (колаборація – спільна праця кількох людей, під час якої відбувається обмін знаннями, досвідом, хоча не виключена наявність певної конкуренції для досягнення очікуваного результату). Отже, проєктування може стати засобом соціального й

інтелектуально-творчого саморозвитку суб'єктів освіти (учнів, учителів, батьків) та засобом формування проєктних компетенцій [9].

Проєктна діяльність у педагогічному аспекті включає в себе низку умовних етапів: *пошуковий* (визначення теми проєкту, пошук і аналіз проблеми, постановка мети проєкту); *аналітичний* (збирання і вивчення інформації, аналіз наявної інформації, пошук оптимального способу досягнення мети проєкту, побудова алгоритму діяльності, складання плану реалізації проєкту: покрокове планування робіт, аналіз ресурсів); *практичний* (виконання запланованих технологічних операцій, поточний контроль якості, внесення змін у роботу); *презентаційний* (підготовка презентаційних матеріалів, презентація проєкту, вивчення можливостей використання результатів проєкту) та *контрольний* (аналіз результатів виконання проєкту, оцінка якості виконання проєкту), що в загальних рисах відповідає класифікації етапів: перший етап – актуалізація знань, прояв зацікавлення до теми, визначення мети вивчення конкретного матеріалу, другий етап – осмислення нової інформації, критичне читання та письмо, третій етап – роздуми або рефлексія, формування власної думки стосовно навчального матеріалу, четвертий етап – узагальнення й оцінка власної діяльності [3].

Згідно з класифікацією за Є.С. Полат [6] за діяльністю, яка є домінуючою у проєкті, навчальні проєкти бувають: дослідницькі, творчі, ігрові, інформаційні, телекомунікаційні, практико-орієнтовані (навчально-методичні).

Таким чином, проєктна технологія є однією з інноваційних технологій навчання і виховання, яка поєднує теоретичні знання та їх практичне застосування для розв'язання конкретних життєвих чи професійних проблем [10].

Результатами впровадження проєктних технологій у діяльність ЗВО є творча співпраця викладачів та здобувачів вищої освіти, в результаті якої відбувається:

- творча самореалізація як викладача, так і здобувачів освіти;
- задоволення потреби в самовдосконаленні та саморозвитку кожної особистості;
- зміна авторитарного стилю спілкування на демократичний;
- досягнення високих творчих результатів під час вивчення конкретної дисципліни [1].

Дослідницькі проєкти передбачають розв'язання комплексного завдання, що охоплює організаційну, методичну, практичну, педагогічну, дослідницьку діяльність групи чи колективу фахівців, спрямовану на одержання інтегративного освітнього результату. Вони потребують чіткої структури, обґрунтування актуальності теми, предмета дослідження для всіх учасників, визначення проблеми, мети. Цей тип навчальних проєктів передбачає висунення гіпотези, її перевірку, обговорення та аналіз результатів, їх оформлення [11].

#### **Відділ проєктів і програм Черкаського державного технологічного університету.**

Відділ проєктів і програм (далі – ВПП) є структурним підрозділом Черкаського державного технологічного університету (далі – ЧДТУ), який здійснює організацію і координацію проєктної діяльності в ЧДТУ [12].

ВПП підпорядковується ректору ЧДТУ, а в порядку оперативного управління – проректору з науково-дослідної роботи та міжнародних зв'язків. Безпосереднє управління ВПП здійснює його керівник.

У своїй діяльності ВПП керується Кодексом законів про працю України, Законами України «Про вищу освіту», «Про наукову-технічну діяльність», іншими нормативно-правовими актами, що регулюють діяльність закладів вищої освіти України та їх проєктно-конструкторських підрозділів, Статутом та іншими нормативними документами діяльності ЧДТУ, наказами та розпорядженнями ректора та розпорядженнями проректора з науково-дослідної роботи та міжнародних зв'язків.

Мета роботи ВПП полягає в створенні сучасного динамічного дослідницько-інноваційного середовища задля успішної реалізації творчого потенціалу ЧДТУ; практичного впровадження результатів наукових і творчих досягнень студентів, аспірантів, докторантів, наукових, педагогічних і науково-педагогічних працівників шляхом розробки

освітніх, дослідницьких, інноваційних проєктів; забезпечення їх фінансування за рахунок зовнішніх джерел і грантової діяльності; участі у національних і міжнародних конкурсах проєктів і програмах.

Згідно з [12] основними завданнями ВПП є:

- організація і координація проєктної діяльності в ЧДТУ; виявлення творчих ініціатив і надання комплексної допомоги в їх просуванні шляхом розробки і реалізації проєктів;
- залучення здобувачів вищої освіти різних освітніх та освітньо-наукових рівнів, докторантів, наукових, педагогічних і науково-педагогічних працівників до участі в міжнародних, всеукраїнських і регіональних конкурсах проєктів на отримання стипендій, премій, грантів;
- здійснення адміністративної, організаційно-методичної, інформаційної, консультаційної підтримки в процесі розробки та реалізації освітніх, дослідницьких та інноваційних проєктів ЧДТУ;
- організація участі ЧДТУ в регіональних, загальноукраїнських і міжнародних освітніх, наукових та інноваційних проєктах і програмах;
- сприяння практичному застосуванню результатів дослідницької та інноваційної діяльності та їх комерціалізації;
- пошук проєктних пропозицій, грантів, фондів з фінансування проєктів для наукових, педагогічних, науково-педагогічних працівників і студентів;
- організація інформаційно-комунікаційного середовища на базі ЧДТУ щодо проєктної діяльності з метою інформування наукових, педагогічних і науково-педагогічних працівників і студентів про проєктні пропозиції, гранти, фонди тощо;
- здійснення взаємодії ЧДТУ з організаціями, підприємствами, установами, регіональними органами державної влади і місцевого самоврядування; регіональними, вітчизняними та міжнародними фондами й програмами;
- обслуговування та підтримка інформаційних систем ЧДТУ, програмного забезпечення загального, наукового та навчального призначення;
- технічний супровід і регулярна інформаційна підтримка сайту ЧДТУ, висвітлення найактуальніших подій, анонсів щодо актуальних програм і конкурсів.

Основна діяльність ВПП спрямована на:

- пошук зовнішніх джерел фінансування для реалізації проєктів ЧДТУ;
- сприяння практичному застосуванню та комерціалізації продуктів і послуг, створених у процесі реалізації проєктів;
- організацію співпраці з закордонними закладами вищої освіти на основі двосторонніх і багатосторонніх угод, підвищення ефективності такої співпраці;
- сприяння налагодженню прямих контактів між виконавцями проєктів та представниками виробничої і соціальної сфер;
- співпрацю з міжнародними, національними, регіональними фондами і програмами, органами державної влади та місцевого самоврядування;
- надання методичних рекомендацій та організаційний супровід у процесі розробки і реалізації проєктів.

### **Практичний досвід використання проєктної технології**

Станом на вересень 2021 року за сприяння та підтримки відділу проєктів і програм в ЧДТУ виконувалася низка проєктів різного спрямування.

#### ***Проєктна співпраця з Noosphere Engineering School***

Noosphere Engineering School – це спільний проєкт громадської організації «Асоціація Ноосфера» і провідних університетів України. У рамках проєкту топ-менеджери Noosphere діляться зі здобувачами вищої освіти знаннями і практичним досвідом, а викладачі і професорський склад університетів – науковими, емпіричними, теоретичними рішеннями. Такий синтез теорії і практики дозволяє створювати і реалізовувати інноваційні ідеї. Це центр досліджень і проєктної діяльності, синергія зусиль експертів, здобувачів освіти та ентузіастів, катализатор проривних інновацій на стику науки і бізнесу.

Головна мета Noosphere Engineering School – це здійснення системної взаємодії практиків-дослідників зі здобувачами освіти та викладачами. У школі не тільки проводиться навчання прийомом і способам вирішення завдань, а й надаються нові можливості для майбутніх підприємців, вчених, винахідників. Об'єднуючи теорію і практику створюється платформа для розкриття творчого потенціалу здобувачів освіти та молодих фахівців, залучаючи при цьому молоде покоління в процес проектування майбутнього [13].

Місія проєкту – створення екосистеми сучасного інженерного співтовариства і розвиток deeptech напрямку. Формування майданчику, де здобувачі вищої освіти освітніх та освітньо-наукового рівні, молоді вчені будуть реалізовувати свої задумки, втілювати теоретичні знання на практиці, обмінюватися думками і проєктувати інноваційні продукти [14].

Конкретним прикладом практичної реалізації проєктної співпраці ЧДТУ з Noosphere Engineering School можна навести підготовку команди Millennium Falcon від Noosphere Engineering School при Черкаському державному технологічному університеті, у складі студентів ЧДТУ та учнів Черкаської гімназії № 9, що взяла участь у змаганнях Ukraine Rocketry Challenge 2021, які проходили у місті Дніпро 20-21 червня 2021 року.

Метою таких змагань було відправити ракету в політ на певну висоту з корисним навантаженням у вигляді сирих курячих яєць і забезпечити приземлення без будь-яких ушкоджень за певний проміжок часу.

Цього року ракети від команд мали бути копією справжньої ракети Firefly Alfa. Firefly Alfa — це ракета-носій малого класу, яка розробляється компанією Firefly Aerospace Макса Полякова, призначена для запуску малих супутників, зокрема CubeSat.

Команду з Черкас представляли студенти Черкаського державного технологічного університету Максим Манько і Ольга Басараб та учні Черкаської гімназії №9 Анастасія Мельцова і Богдан Середенко. У ролі менторів виступили учитель гімназії Богдан Ховряк та викладач ЧДТУ, технічний спеціаліст Noosphere Engineering School у місті Черкаси Сергій Рудницький.

#### ***Проектна участь у конкурсах Vernadsky Challenge***

Засновник та організатор конкурсу – громадська організація «Асоціація Ноосфера».

Місія конкурсу:

- сприяти розвитку інноваційного підприємництва, зокрема, але не виключно, у сфері конструювання, інженерії та венчурного бізнесу;
- сприяти розвитку талановитих підприємців та менеджерів, їхній максимальній самореалізації;
- сприяти підвищенню конкурентоспроможності українського бізнесу на європейському та світовому ринках.

Основними цілями конкурсу є:

- виявити кращих фахівців у сфері конструювання, інженерії та написання програм керування;
- формувати спільноту висококваліфікованих кадрів в інженерно-технічній сфері;
- підтримувати і розвивати традиції проведення професійних конкурсів технічних спеціальностей;
- формувати інноваційні методи взаємодії фахівців підприємств ракетно-космічної, медичної, автомобільної, авіаційної, оборонної та інших видів/напрямків промисловості, професійних технічних навчальних закладів;
- створити майданчик взаємодії між підприємствами та фахівцями, які підтвердили рівень професійної майстерності [15].

Конкретним прикладом проєктної участі у конкурсах Vernadsky Challenge стали проєкти подані молодими науковцями ЧДТУ у 2017 році.

У фінал конкурсу інженерних стартапів Vernadsky Challenge 2017, що проходив 22 квітня 2017 року у Національному центрі аерокосмічної освіти молоді ім. А. М. Макарова



(м Дніпро, Україна) з 230 поданих проєктів було відібрано 10, при чому 2 з них були проєкти від ЧДТУ:

1. Розробка технології та пристроїв адитивного виробництва індивідуальних хірургічних імплантатів та протезів з біосумісних полімерних матеріалів (Розробник - Максим Рудь, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Технології та обладнання машинобудівних виробництв»)

2. MUSIC-Med (Mobile Ultrasonic Surgical Instrument for Civil-military Medicine) Мобільний ультразвуковий хірургічний інструмент для військової та цивільної медицини (Розробники: Костянтин Базіло, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих та інформаційних технологій у приладобудуванні, Василь Заїка, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комп'ютеризованих та інформаційних технологій у приладобудуванні, Леонід Федорук, експерт проєкту з медичних питань, лікар-хірург третьої Черкаської лікарні швидкої медичної допомоги, Юлія Петрушко, асистент проєкту, магістрант кафедри комп'ютеризованих та інформаційних технологій у приладобудуванні)

Експертна комісія високо оцінила інноваційність двох проєктів, поданих командами ЧДТУ, і відібрала їх для участі в фіналі. Крім презентації суддям, фіналісти представляли свій проєкт глядачам конкурсу. Для цього була організована експозона зі спеціально обладнаними стендами.

### ***Проєктна участь у конкурсах YEP!***

Місія YEP! – створення екосистеми молодіжного підприємництва в Східній Європі, яка надає можливості молоді для персонального та професійного розвитку [16].

YEP Starter – програма з підприємництва, у якій команда за 3 місяці за допомогою менторів із бізнесу створює власний стартап. Фінальною стадією участі у стартапі є представлення розробленого проєкту на конкурсі «Батл ВНЗ», що є одним з ключових заходів Innovation Market. Міжнародний Форум «Innovation Market» (МФІМ) – це місце зустрічі інноваторів, вітчизняних та іноземних інвесторів і бізнесменів, представників влади для об'єднання зусиль з розвитку інноваційного ринку України. Форум проводиться під патронатом Кабінету Міністрів України) [17].

Мета конкурсу: надання можливості командам ВНЗ України продемонструвати свою здатність у вирішенні реальних виробничих або організаційних завдань у змагальному форматі.

Результатом проєктної участі у конкурсах YEP стала можливість проведення 3-х стратегічних та проєктних сесій щодо планування та втілення проєкту в життя та перетворення його на прибутковий бізнес на честь заняття призового місця в конкурсі стартапів проєкту MUSIC-Med , що проводився на Міжнародному Форумі інновацій «Innovation Market - 2018».

У вересні 2020 стартував пілотний проєкт “Підприємницький університет”, у межах якого в українських вишах викладатимуть курс “Інноваційне підприємництво та управління стартап проєктами”. Його запроваджує Стартап-інкубатор YEP! спільно з Міністерством освіти і науки, Міністерством цифрової трансформації, Дія. Бізнес та Українським фондом стартапів.

Під час курсу студенти створюють власні стартап проєкти та подають їх на участь у конкурсі стартапів. Найкращі команди отримують індивідуальну менторську підтримку від YEP, Дія. Бізнес, Українського фонду стартапів та інших партнерів проєкту [18].

Розвиток стартап культури в українських університетах та підприємницьких навичок у здобувачів освіти і викладачів є критично важливою складовою створенням ефективної екосистеми розвитку інноваційного підприємництва в Україні.

Особливо актуальною дисципліна «Інноваційне підприємництво та управління стартап проєктами» є для студентів економічних та інженерних спеціальностей, для яких важливими навичками є робота над власними проєктами. Проходження цього курсу значно

розширює можливості студентів для професійного розвитку, а також дає опцію створення власного підприємства ще під час навчання в університеті.

Черкаський державний технологічний університет приєднався до програми «Інноваційне підприємництво та управління стартап проектами» [19].

### ***Проектна участь у конкурсах MBioS Challenge***

MBioS Challenge – конкурс біомедичних стартапів, організований платформою Innovation House і компанією Borsch Ventures за підтримки Ради з розвитку інновацій при Кабінеті Міністрів України, Міністерства охорони здоров'я України, Американської торговельної палати в Україні, Axon Partners, UkrMedCert [20].

Мета конкурсу MBioS Challenge: розвиток української інноваційної екосистеми, підтримка вітчизняних науковців, винахідників та підприємців у галузі медицини, біології та охорони здоров'я. Презентація українських розробок вітчизняним та іноземним бізнес-ангелам і венчурним інвесторам. Надання можливості українським стартапам отримати експертизу, фінансування своїх проектів та вихід на глобальні ринки.

Результатом проектною участі у 2018 році у конкурсі MBioS Challenge стала перемога проекту MUSIC-Med Мобільний ультразвуковий хірургічний інструмент для військової та цивільної медицини в одній з п'яти категорій, а саме серед стартапів на рівні ідеї.

Наш проект став одним з 12 фіналістів, яких обрали попередньо із 97 поданих проектів.

Кожен проект мав три хвилини, щоб розповісти про себе і сподобатися журі. Переможця обирали за результатами публічних пітчінгів.

Серед стартапів на рівні ідеї найкращими стали мобільний ультразвуковий хірургічний інструмент MUSIC-Med, який розробили науковці із Черкас, і проект біонічного протеза руки Esper Bionics із Києва.

На стадії прототипу найліпшими стали проект абсорбційної вуглецевої пов'язки для лікування ран і опіків, сервіс Helsi.me, що допомагає пацієнтам записатися до лікаря, і Latrax, який пропонує лікувати епілепсію електростимуляцією блукаючого нерва.

Проекти на рівні ідеї та прототипу боролися за можливість пройти акселерацію від компанії Borsch Ventures, тобто отримати знання з фінансів, маркетингу та інших необхідних для стартапу напрямків.

Призом для проекту-переможця на стадії комерціалізації стане поїздка в один зі світових R&D-центрів, де створюють медичні інновації. І цей приз дістався стартапу QROK MEDICAL, який розробив систему навігації для лікарень. Система дає змогу стежити за місцем розташування пацієнта, контролювати його температуру, активність. Її вже використовують в одеській клініці Into-Sana.

### ***Конкурс проектів наукових робіт та науково-технічних (експериментальних) розробок молодих вчених***

Метою проведення конкурсу є забезпечення підтримки молодих вчених, створення ними дослідницьких груп для вирішення актуальних проблемних питань, формування творчого покоління молодих науковців у різних галузях науки, конкурентоздатних на міжнародному ринку праці, закріплення талановитих молодих вчених у науковій сфері та розбудова молодими вченими наукової кар'єри [21].

### ***MEET UP! Німецько-українські зустрічі молоді***

Автори роботи були співавторами проекту Amusing Science, який було реалізовано в рамках програми MEET UP!

Метою програми «MEET UP! Німецько-українські зустрічі молоді» є інтенсифікувати відносини з Україною й надати підтримку молодим людям з Німеччини та України з активною позицією за демократичні цінності та порозуміння між народами [22].

Проект «Забавна наука: науковці з Німеччини та України у прагненні до інноваційних шляхів інтеграції з наукою та технологіями» («Amusing Science: Naturwissenschaftler aus Deutschland und der Ukraine engagieren sich für innovativen Umgang mit Wissenschaft und Technik») був реалізований в ЧДТУ відповідно до договору від 28.01.2019 №

32.5.1С12.0049.0 за програмою фінансування: MEET UP! Німецько-українські молодіжні зустрічі 2019.

Головною його метою була демонстрація доступності та цікавості наукових знань для молоді та пошук інноваційних шляхів інтеграції науки та технологій, індивідуальний всебічний розвиток учасників, яка реалізовувалася на базі ЧДТУ та Технічного університету Берліна шляхом реалізації низки науково-просвітницьких та освітніх заходів.

**Висновки.** У роботі показано, що проектна технологія є однією з прогресивних і інноваційних технологій навчання. Розкрито особливості проектної діяльності закладу освіти, розглянуто організацію проектної діяльності в Черкаському державному технологічному університеті на прикладі відділу проектів і програм, наведено практичний досвід використання проектної технології.

### Список використаних джерел

1. Шацька З. Я. Впровадження проектних технологій в діяльність ВНЗ: переваги та недоліки / З. Я. Шацька // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну : матеріали V міжнар. наук.-практ. конф. "Ефективність організаційно-економічного механізму інноваційного розвитку вищої освіти України", 2 жовтня 2015 р. – 2015. – Спец. вип. : Серія "Економічні науки". – С. 374-383.
2. Сухомлин В.Ф. Проектна діяльність як ефективний засіб розвитку творчих здібностей учнів / В.Ф. Сухомлин // Таврійський вісник освіти. – 2014. – № 1(45). – Ч. II. – С. 135-141.
3. Косович О.В. Проектна діяльність як одна з форм інноваційних методичних технологій навчання / О.В. Косович // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія «Педагогіка, соціальна робота». – 2011. – Вип. 22. – С. 76-78.
4. Ящук С. М. Проектна діяльність та її місце у професійній підготовці магістрів технологічної освіти / С. М. Ящук // Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Сер. : Педагогічні науки. – 2012. – Вип. 21. – С. 67-72.
5. Батенко Л.П., Загородніх О.А., Ліщинська В.В. Управління проектами: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2003. – 231 с.
6. Полат Е.С. Метод проектов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/„Метод\\_проектів”\\_Стаття\\_автор\\_Полат\\_Е.С.](https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/„Метод_проектів”_Стаття_автор_Полат_Е.С.)
7. Нехорошева А.В. З досвіду роботи з проектної методики / А.В. Нехорошева // ИЯШ. – 2002. – № 1. – С. 18-21.
8. Литвиненко Г., Клясен Н. Управління проектами: сутність та особливості застосування в освіті / Г. Литвиненко, Н. Клясен // Рідна школа. – 2017. – №11-12. – С. 39-43.
9. Кремень В. Г. Філософсько-освітня діяльність: інноваційні аспекти / В. Г. Кремень // Становлення і розвиток науково-педагогічних шкіл: проблеми, досвід, перспективи: зб. наук. праць. / за ред. В. Кременя та Т. Левовицького. – Житомир, Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2012. – С. 10–26.
10. Козак Л. В. Застосування проектних технологій у підготовці майбутніх викладачів дошкільної педагогіки і психології / Л. В. Козак // Педагогічний процес: теорія і практика: Збірник наук. праць. – 2013. – Вип. 1. – С. 54-64.
11. Касьянова О. Проектна діяльність як засіб розвитку управлінської культури викладача ВНЗ у системі післядипломного навчання / О. Касьянова // Витоки педагогічної майстерності. – 2015. – Вип. 15. – С. 113-117.
12. Положення про Відділ проектів і програм Черкаського державного технологічного університету.
13. Noosphere Engineering School. О школе. URL: <https://noosphereengineering.com/about>
14. Noosphere Engineering School. URL: <https://maxpolyakov.space/ru/noosphere-engineering-school/>
15. Положення про проведення Громадською організацією «Асоціація Ноосфера» конкурсу «Vernadsky Challenge». URL:

[https://vernadskychallenge.com/assets/files/Положення\\_про\\_Vernadsky\\_Challenge.pdf](https://vernadskychallenge.com/assets/files/Положення_про_Vernadsky_Challenge.pdf)

16. YEP! URL: <http://www.yepworld.org/ua/about/>

17. <https://mon.gov.ua/ua/news/usi-novivni-povidomlennya-2017-09-19-4-5-listopada-vidbudetsya-trening-dlya-konkursu-«batl-vnz»-v-mezhax-forumu-innovation-market>

18. В українських університетах з'явиться курс з інноваційного підприємництва. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/v-ukrayinskih-universitetah-zyavitsya-kurs-z-innovacijnogo-pidpriyemnictva-doluchitisya-do-pilotnogo-proyektu-mozhna-do-15-serpnya>

19. Черкаський державний технологічний університет приєднався до програми «Інноваційне підприємництво та управління стартап проектами». URL: <https://chdtu.edu.ua/news/item/14640-chdtu-pryiednavsia-do-prohramy-innovatsiine-pidpriyemnytstvo-ta-upravlinnia-startap-proektamy>

20. Фінал конкурсу біомедицинських стартапов MBioS Challenge 2018. URL: <https://www.startup.org.ua/2018/04/mbios-challenge-2018.html>

21. Про затвердження Положення про проведення Міністерством освіти і науки України Конкурсу проектів наукових робіт та науково-технічних (експериментальних) розробок молодих вчених. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0015-16#Text>

22. MEET UP! Німецько-українські зустрічі молоді. URL: <https://www.stiftung-evz.de/rus/podderzhka-proektov/vystuplenie-za-prava-cheloveka/meet-up.html>

**Halchenko V.Ya.**, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies  
Cherkasy State Technological University  
[halchyl@gmail.com](mailto:halchyl@gmail.com)

**Trembovetska R.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized  
Technologies  
Cherkasy State Technological University  
[r.trembovetska@chdtu.edu.ua](mailto:r.trembovetska@chdtu.edu.ua)

**Tychkov V.V.**, Candidate of Technical Sciences., Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized  
Technologies  
Cherkasy State Technological University  
[v.tychkov@chdtu.edu.ua](mailto:v.tychkov@chdtu.edu.ua)

### **PREPARATION OF MASTERS IN THE FIELD OF PLANNING AND MODELING OF A COMPUTER EXPERIMENT FOR RESEARCHING MODERN ROBOTIC SYSTEMS AND AUTOMATION**

**Abstract.** *The program for studying the selective academic discipline "Planning and modeling of a computer experiment" of the professional training cycle is compiled in accordance with the educational and professional training program for the second master's educational level of the branch of knowledge 15 "Automation and Instrumentation", specialty 151 "Automation and Computer-Integrated Technologies" under the educational program "Robotic Systems and Automation" and "Computer-Integrated Technological Processes and Production". The subject of discipline study are basic concepts and definitions for planning and modeling a computer experiment. The aim of teaching the discipline is to form the competencies of applicants for higher education in the form of a set of knowledge, skills and abilities in the field of planning, modeling and analysis of the results of computer experiments to ensure a comprehensive study of modern robotic systems and automation and computer-integrated technological processes and production. The curriculum of the discipline consists of the following informative modules: introduction to planning and modeling a computer experiment, factors, choosing a model, full factorial experiment, fractional factorial experiment, conducting a computer experiment, processing the results of a computer experiment, making a decision after building a computer model.*

**Key words:** *automation and instrumentation, planning, modeling, computer experiment, eddy current control*

**Introduction.** Under the planning and modeling of a computer experiment, we accept the entire procedure for choosing the number and conditions of experiments (measurements) necessary and sufficient to solve the problem with the required metrological characteristics. Studies of modern robotic systems and automation of both measurement and control require - minimizing the total number of experiments, developing algorithms for optimal conditions and planning mathematical models of the research object.

**The purpose of work** - training of applicants for higher education in the field of planning and modeling a computer experiment in the branch of knowledge 15 "Automation and Instrumentation", specialty 151 "Automation and Computer-Integrated Technologies" under the educational program "Robotic Systems and Automation" and "Computer-Integrated Technological Processes and Production".

The aim of studying the discipline is to master the basic concepts and terms used in the construction of the methodology, the technical implementation of experiments and in the processing of experimental data; to apply the methods of the theory of similarity to construct the

optimal technique and the design of the experiment; to apply approaches to the formation of the methodology of specific experiments, to use the possibilities of technical implementation of experiments and methods of statistical data processing using computer technology and applied software for experimental research; use the features of experimental conditions to build an optimal methodology for conducting experiments in order to ensure maximum information content of research; systematize the data of experimental and scientific research.

General competences of learning outcomes:

- the ability to conduct research at an appropriate level, possession of specialized conceptual knowledge at the level of modern achievements of science and technology;
- the skills in the use of information and communication technologies;
- the knowledge and understanding of the subject area and understanding of professional activities.

Professional competence of learning outcomes:

- the ability to automate complex technological objects and complexes, create cyber-physical systems based on intelligent control methods and digital technologies using databases, knowledge bases, artificial intelligence methods, robotic and intelligent mechatronic devices;
- the ability to design and implement highly reliable automation systems and their application software for the implementation of control and information processing functions, to protect intellectual property rights for new design and engineering solutions;
- the ability to apply modeling and optimization methods [1-3] to research and improve the efficiency of systems and processes for managing complex technological and organizational-technical objects;
- the ability to apply specialized software and digital technologies to solve complex tasks and problems of automation and computer-integrated technologies;
- the ability to identify the scientific nature of problems in the professional sphere, plan and carry out relevant scientific and applied research;
- the ability to apply problem-oriented methods of analysis, synthesis and optimization of automation systems, cyber-physical production, control processes of technological complexes;
- the ability to use modern software packages, integrated environments, intelligent and virtual technologies in design, optimal calculations and object research.

Normative content of master's training, formulated in terms of learning outcomes:

- the ability to plan, design and carry out scientific research at the stage of setting the problem, prior to critical assessment and consideration of the results and obtained data, including the ability to choose the required research technique and methodology;
- the ability to develop physical, mathematical and information models of the studied objects, systems, physical processes and phenomena in the professional sphere, to develop methods and organize experiments with the analysis of the results;
- the ability to apply professional knowledge and practical skills to create new and in the maintenance of existing computer-integrated systems and their components;
- the willingness to apply the skills necessary to conduct an experiment in scientific research using special automation equipment and computer-integrated technologies.

Examples of the implementation of general and professional competencies are the use of building designs of computer experimental plans for the study of modern robotic systems and automation of non-destructive testing with eddy current probes [4-9].

### **Conclusions**

In this paper, the main provisions are given about the planning and modeling of a computer experiment. General and professional competencies of learning outcomes are given. In terms of learning outcomes the normative content of training masters in the educational program "Robotic systems and automation" and "Computer-integrated technological processes and production" are formulated.

The results of the use of the construction of computer designs of the experiment for the study of modern robotic systems and automation of non-destructive testing by eddy-current probes are suggested.

## References

1. Гальченко В. Я. Линейные задачи оптимизации. MathCAD - практикум: Учебное пособие / В. Я. Гальченко, Р. В. Трёмбовецкая. — Черкассы: ФЛП Третьяков А.Н., 2016. — 116 с.
2. Гальченко В. Я. Нелинейные задачи оптимизации. MathCAD - практикум: Учебное пособие / В. Я. Гальченко, Р. В. Трёмбовецкая. — Черкассы: ФЛП Третьяков А.Н., 2017. — 167 с.
3. Гальченко В. Я. MathCAD: математические методы и инструментальные средства оптимизации: Учебное пособие / В. Я. Гальченко, Р. В. Трёмбовецкая. — Черкассы: ЧП Гордиенко Е.И., 2018. — 516 с.
4. Гальченко В. Я., Трёмбовецька Р. В., Тичков В. В. Застосування нейрокомп'ютинга на етапі побудови метамоделей в процесі оптимального сурогатного синтезу антен // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2018. – № 74. – С. 60-72.
5. Гальченко В. Я., Трёмбовецька Р. В., Тичков В. В., Сторчак А. В. Побудова ефективних багатовимірних комп'ютерних планів експерименту // Information Technologies in Education, Science and Technology" (ITEST-2020): V International Scientific-Practical Conference, Cherkasy, May 21-23, 2020. – Cherkasy: ChSTU, 2020. – С. 116-121.
6. Halchenko V. Ya., Trembovetska R. V., Tychkov V. V., Storchak A. V. The Construction of Effective Multidimensional Computer Designs of Experiments Based on a Quasi-random Additive Recursive Rd – sequence // Applied Computer Systems. - 2020. - vol. 25. - no. 1. - P. 70-76.
7. Trembovetska R. V., Halchenko V. Ya., Tychkov V. V., Bazilo C. V. Linear synthesis of frame eddy current probes with a planar excitation system // International Scientific Journal "Mathematical Modeling". - 2020. - vol. 4. - Issue 3. - P. 86-90.
8. Гальченко В. Я., Трёмбовецька Р. В., Тичков В. В. Синтез вихрострумових перетворювачів з об'ємною структурою системи збудження, що реалізує однорідну чутливість в зоні контролю // Технічна електродинаміка. – 2021. – № 3. - С. 10 – 18.
9. Свідоцтво 102018 Україна про реєстрацію авторського права на твір «Комп'ютерна програма «Програма створення багатовимірного комп'ютерного однорідного плану експерименту на основі R-последовательностей»» [Текст] / Гальченко В.Я., Трёмбовецька Р.В., Тичков В.В. (Україна); заявник та власник Гальченко В.Я., Трёмбовецька Р.В., Тичков В.В. - №103492; заявл.24.12.20; зареєстровано 25.01.21 в Державному реєстрі свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір; опубл. 31.03.2021, Бюл. «Авторське право і суміжні права», № 63, 2021, С. 192.

# АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК

<i>Andriienko Volodymyr</i>	<i>PhD, Assoc. Prof., Cherkasy State Technological University</i>	<b>41</b>
<i>Barz Cristian</i>	<i>Assoc. Prof., Eng. PhD, Technical University of Cluj-Napoca, North University Center of Baja Mare Technical University of Cluj-Napoca, Baja Mare, Romania</i>	<b>22</b>
<i>Boychenko V.S.</i>	<i>Bachelor, Cherkasy State Technological University</i>	<b>127</b>
<i>Demenskyi O. M.</i>	<i>Junior Researcher, V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Ukraine</i>	<b>91</b>
<i>Dyachyshyn Ye.A.</i>	<i>Bachelor, Cherkasy State Technological University</i>	<b>132</b>
<i>Krasnov V.A.</i>	<i>Ph.D., Senior Researcher, V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Ukraine</i>	<b>91</b>
<i>Pashechko Mykhailo</i>	<i>Doctor of Technical Sciences, Professor, Lublin University of Technology, Lublin, Poland</i>	<b>36, 39</b>
<i>Pavliuk Ye.S.</i>	<i>Student, Cherkasy State Technological University</i>	<b>76</b>
<i>Pipka M.I.</i>	<i>Bachelor, Cherkasy State Technological University</i>	<b>123</b>
<i>Shadkhin Volodymyr</i>	<i>PhD, mhplus BKK Company health insurance, IT-department, engineer, Germany</i>	<b>41</b>
<i>Shutov S.V.</i>	<i>Ph. D., Senior Researcher, V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Ukraine</i>	<b>91</b>
<i>Skoryna Yevheniia</i>	<i>PhD candidate, Cherkasy State Technological University</i>	<b>41</b>
<i>Tovtopyat V.O.</i>	<i>Magistr, Cherkasy State Technological University</i>	<b>56</b>
<i>Zhilka O.O.</i>	<i>Bachelor, Cherkasy State Technological University</i>	<b>53</b>
<i>Yerochin S.Yu.</i>	<i>Researcher, V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Ukraine</i>	<b>91</b>
<i>АльТанакчі Ахмед</i>	<i>аспірант, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу</i>	<b>36</b>
<i>Андрієнко О.І.</i>	<i>здобувач освітньо-наукового рівня доктора філософії, Черкаський державний технологічний університет</i>	<b>87</b>
<i>Антоненко С.В.</i>	<i>здобувач освітньо-наукового рівня доктора філософії, Черкаський державний технологічний університет</i>	<b>114</b>
<i>Афанасьєв І.С.</i>	<i>аспірант, Державний університет «Одеська політехніка»</i>	<b>69</b>
<i>Ащєнкова Н.С.</i>	<i>к.т.н., доцент, Дніпровський національний університет ім. О. Гончара</i>	<b>19, 30</b>



<b>Базіло К.В.</b>	<i>д.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет</i>	<b>140</b>
<b>Бадерко І.В.</b>	<i>асистент, Одеський національний медичний університет</i>	<b>93</b>
<b>Барилко С.В.</b>	<i>д.т.н., доцент, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського ”</i>	<b>24</b>
<b>Бачеріков Д.С.</b>	<i>аспірант, Черкаський державний технологічний університет</i>	<b>61</b>
<b>Білокін С.О.</b>	<i>к.т.н. докторант, Черкаський державний технологічний університет</i>	<b>87</b>
<b>Бондаренко М.О.</b>	<i>д.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет</i>	<b>114</b>
<b>Бондаренко Ю.Ю.</b>	<i>к.т.н., професор, Черкаський державний технологічний університет</i>	<b>49, 140</b>
<b>Броварець О.О.</b>	<i>к.т.н., доцент, Київський кооперативний інститут бізнесу і права</i>	<b>117</b>
<b>Гальченко В.Я.</b>	<i>д.т.н., професор, Черкаський державний технологічний університет</i>	<b>7, 10, 13</b>
<b>Halchenko V.Ya.</b>	<i>Doctor of Technical Sciences, Professor, Cherkasy State Technological University</i>	<b>53, 56, 123, 127, 132, 149</b>
<b>Гожий О.О.</b>	<i>старший судовий експерт відділу комп'ютерно-технічних та телекомунікаційних досліджень Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України</i>	<b>95</b>
<b>Гриджук Я.С.</b>	<i>д.т.н., доцент, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу</i>	<b>36</b>
<b>Довгалюк Р.Ю.</b>	<i>аспірант, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського ”</i>	<b>119</b>
<b>Єлісєєва Г.С.</b>	<i>аспірантка, Національний університет “Львівська політехніка”</i>	<b>73</b>
<b>Єременко В.С.</b>	<i>д.т.н., професор, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського ”</i>	<b>24</b>
<b>Жуков Ю.Д.</b>	<i>д.т.н., професор, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова</i>	<b>27</b>
<b>Журавель І.М.</b>	<i>д.т.н., старший науковий співробітник, Національний університет “Львівська політехніка”</i>	<b>73</b>
<b>Защепкіна Н.М.</b>	<i>д.т.н., професор, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського ”</i>	<b>24</b>

<b>Здоренко В.Г.</b>	<i>д.т.н., професор, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського ”</i>	<b>24</b>
<b>Зівенко О.В.</b>	<i>к.т.н., доцент, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова</i>	<b>27</b>
<b>Калініченко Р.А.</b>	<i>головний судовий експерт відділу комп'ютерно-технічних та телекомунікаційних досліджень Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України</i>	<b>104</b>
<b>Калугін Д. Ф.</b>	<i>завідувач сектору вибухотехнічних та пожежотехнічних досліджень Волинського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України</i>	<b>97</b>
<b>Кісель А.Г.</b>	<i>к.т.н., доцент, Державний університет «Одеська політехніка»</i>	<b>69</b>
<b>Кожевніков В.В.</b>	<i>завідувач відділу криміналістичних видів досліджень, Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України</i>	<b>99</b>
<b>Король К.П.</b>	<i>завідувач сектору дослідження наркотичних засобів, психотропних речовин, їх аналогів та прекурсорів відділу досліджень матеріалів, речовин і виробів, Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України</i>	<b>109</b>
<b>Костенко О.М.</b>	<i>д.т.н., професор, Полтавська державна аграрна академія</i>	<b>33</b>
<b>Кошовий М.Д.</b>	<i>д.т.н., професор, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського „Харківський авіаційний інститут”</i>	<b>30, 33</b>
<b>Лада Н.В.</b>	<i>к.т.н, Черкаський державний технологічний університет</i>	<b>78</b>
<b>Лада С.В.</b>	<i>Управління ДСНС України у Черкаській області</i>	<b>78</b>
<b>Ларін В.В.</b>	<i>к.т.н., доцент, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба</i>	<b>81</b>
<b>Лучко А.С.</b>	<i>аспірант, Дніпровський національний університет ім. О. Гончара</i>	<b>19</b>
<b>Макаренко І.О.</b>	<i>здобувач освітньо-наукового рівня доктор філософії, Черкаський державний технологічний університет</i>	<b>71</b>
<b>Малкова Г.В.</b>	<i>аспірант, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»</i>	<b>33</b>
<b>Мичуда З.Р.</b>	<i>д.т.н., професор, Національний університет “Львівська політехніка”</i>	<b>73</b>

<b>Мичуда Л.З.</b>	д.т.н., доцент, Національний університет “Львівська політехніка”	73
<b>Монченко О.В.</b>	к.т.н., доцент, Національний авіаційний університет	134
<b>Мороз А.С.</b>	магістрант, Черкаський державний технологічний університет	64
<b>Муратов В.В.</b>	аспірант, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»	33
<b>Павленко М.А.</b>	д.т.н., професор, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба	81
<b>Павлов В.В.</b>	судовий експерт відділу комп'ютерно- технічних та телекомунікаційних досліджень Черкаський науково-дослідний експертно- криміналістичний центр МВС України	102
<b>Пташкін Р.Л.</b>	заступник завідувача відділу комп'ютерно- технічних та телекомунікаційних досліджень Черкаський науково-дослідний експертно- криміналістичний центр МВС України	95, 102, 104, 109
<b>Рожнова Т.Г.</b>	к.т.н., старший викладач, Харківський національний університет радіоелектроніки	33
<b>Романів М.М.</b>	аспірант, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу	39
<b>Роп'як Л.Я.</b>	д.т.н., доцент, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу	22, 39
<b>Рудницький В.М.</b>	д.т.н., професор, Черкаський державний технологічний університет	78
<b>Ситніков В.С.</b>	д.т.н., професор, Державний університет «Одеська політехніка»	69, 93
<b>Ситнікова В.О.</b>	д.м.н., професор, Одеський національний медичний університет	93
<b>Становська І.І.</b>	д.т.н., доцент, Державний університет «Одеська політехніка»	130
<b>Становський О.Л.</b>	д.т.н., професор, Державний університет «Одеська політехніка»	130
<b>Стрілецький Ю.Й.</b>	д.т.н., доцент, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу	22, 39
<b>Строкань Д.В.</b>	здобувач освітньо-наукового рівня доктор філософії, Черкаський державний технологічний університет	44

<b>Таран В.І.</b>	завідувач сектору будівельних, земельних досліджень та оціночної діяльності відділу товарознавчих, гемологічних, економічних, будівельних, земельних досліджень та оціночної діяльності Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України	<b>46</b>
<b>Титаренко В.С.</b>	здобувач освітньо-наукового рівня доктора філософії, Черкаський державний технологічний університет	<b>49</b>
<b>Тимочко О.І.</b>	д.т.н., професор, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба	<b>81</b>
<b>Тичков Д.В.</b>	здобувач освітньо-наукового рівня доктора філософії, Черкаський державний технологічний університет	<b>87</b>
<b>Тичков В.В.</b>	к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет	<b>7, 10, 13</b>
<b>Tychkov V.V.</b>	PhD, Associate Professor, Cherkasy State Technological University	<b>53, 56, 123, 127, 132, 149</b>
<b>Тичкова Н.Б.</b>	здобувач освітньо-наукового рівня доктора філософії, Черкаський державний технологічний університет	<b>7, 10</b>
<b>Топтун А.В.</b>	PhD, Черкаський державний технологічний університет	<b>59</b>
<b>Трембовецька Р.В.</b>	к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет	<b>7, 10, 13</b>
<b>Trembovetska R.V.</b>	PhD, Associate Professor, Cherkasy State Technological University	<b>53, 56, 123, 127, 132, 149</b>
<b>Туз В.В.</b>	к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет	<b>59</b>
<b>Tuz V.</b>	PhD, Associate Professor, Cherkasy State Technological University	<b>76</b>
<b>Тульвінський С.О.</b>	провідний інженер з комп'ютерних систем відділу забезпечення діяльності центру Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України	<b>107</b>
<b>Ухіна Г.В.</b>	PhD, ст. викладач, Державний університет «Одеська політехніка»	<b>69, 93</b>
<b>Фауре Е.В.</b>	д.т.н., професор, Черкаський державний технологічний університет	<b>140</b>
<b>Філімонов С.О.</b>	к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет	<b>61, 64, 84</b>
<b>Філімонова Н.В.</b>	к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет	<b>61, 64, 84</b>

<b>Хлівний В.В.</b>	аспірант, Черкаський державний технологічний університет	67
<b>Шаповал Ю.О.</b>	судовий експерт сектору дактилоскопічних обліків відділу криміналістичних видів досліджень, Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України	99
<b>Швець П.С.</b>	к.т.н, доцент, Державний університет «Одеська політехніка»	130
<b>Шинкаренко Д.Ю.</b>	головний судовий експерт сектору фізико-хімічних досліджень відділу досліджень матеріалів, речовин і виробів, Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України	109
<b>Шматков Р.П.</b>	заступник завідувача відділу товарознавчих, гемологічних, економічних, будівельних, земельних досліджень та оціночної діяльності Черкаського НДЕКЦ МВС	112, 136
<b>Шовкопляс М.В.</b>	аспірант, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу	22
<b>Яценко С.С.</b>	аспірант, Черкаський державний технологічний університет	84