

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-82-23>

УДК 620.179.14

СЕБКО Вадим

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

<https://orcid.org/0000-0002-3561-6281> vadim.sebko@gmail.com

ЗДОРЕНКО Валерій

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

<https://orcid.org/0000-0001-6508-4290> alz123@meta.ua

ЗАЩЕПКИНА Наталія

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

<https://orcid.org/0000-0001-9397-6632> nanic1604@gmail.com

БАРИЛКО Сергій

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

<https://orcid.org/0000-0002-2785-5784>

poo4ta@bigmir.net

ТРИПАРАМЕТРОВИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАНЬ ІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗРАЗКА СТИЧНИХ ВОД КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБНИЦТВ

Досліджено розширення функціональних та технічних можливостей занурюваного вихорострумового перетворювача (ПЗВП), стосовно сумісного трипараметрового інформативного контролю питомої електричної провідності χ , відносної діелектричної проникності ϵ_r та температури t лужних стоків кондитерських виробництв. На основі занурюваного ПЗВП, який включає до себе тільки одну обмотку, яка може здійснювати дві функції: намагнічування зразка та вимірювання параметрів зразка стічних вод, досліджено трипараметровий метод вимірювань фізико-хімічних параметрів лужних стічних вод кондитерських виробництв. При цьому ПЗВП замість осердя використовує стовп рідини, що заповнює круглий наскрізний отвір в результаті занурювання ПЗВП у ємності зі стічною водою, тобто стовп лужної стічної води з відповідної ємності (приймальної камери, відстійники, ємності для усереднювання стоків, біологічних реакторів, стабілізаційних басейнів та ін.), який заповнює отвір занурюваного ПЗВП є одночасно і осердям і зразком стічних вод, параметри якого підлягають вимірюванням. Оскільки, основними критеріями при виборі технології очищення концентрованих стічних вод переробних і харчових виробництв є склад води, за чисельними даними питомої електричної провідності χ , відносної діелектричної проникності ϵ_r та температури t лужних стоків можна визначити нормативні характеристики, на основі яких обирають оптимальний метод очищення стічних вод кондитерських виробництв. Наведено алгоритми вимірювальних і розрахункових процедур спільних вимірювань параметрів ϵ_r , χ і t . Отримано результати вимірювань питомої електричної провідності χ_t , відносної діелектричної проникності ϵ_{rt} та температури t зразка лужних стічних вод кондитерських виробництв.

Ключові слова: кондитерські виробництва, райони населених пунктів, лужні стічні води, виробничі ємності, занурюваний вихорострумовий перетворювач, осердя перетворювача, теорія електричних сигналів та кіл, стовп рідини, вихорострумовий метод, інформаційна надмірність, алгоритми вимірювального контролю.

SEBKO Vadim

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

ZDORENKO Valerii, ZASHCHEPKINA Nataliia, BARYLKO Sergii

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

THREE-PARAMETER METHOD FOR MEASURING INFORMATIONAL PARAMETERS OF WASTEWATER SAMPLE FROM CONFECTIONERY FACTORIES

The expansion of the functional and technical capabilities of the submersible eddy current transducer (SECT) was investigated, regarding the combined three-parameter informative control of the specific electrical conductivity χ , the relative dielectric permittivity ϵ_r and the temperature t of alkaline wastewaters from confectionery industries. Based on the submersible SECT, which includes only one winding that can perform two functions: sample magnetization and measurement of wastewater sample parameters, a three-parameter method for measuring the physicochemical parameters of alkaline wastewaters from confectionery industries was investigated. In this case, instead of the core, the SECT uses a column of liquid that fills a round through-hole as a result of immersing the SECT in a container with wastewater, i.e. a column of alkaline wastewater from a corresponding container (reception chamber, settling tank, container for averaging wastewater, biological reactors, stabilization pools, etc.), which fills the hole of the immersed SECT is both the core and a sample of wastewater whose parameters are subject to measurement. Since the main criteria when choosing a technology for treating concentrated wastewater from processing and food industries is the composition of water, the numerical data of the specific electrical conductivity χ , relative dielectric permittivity ϵ_r and temperature t of alkaline wastewater can be used to determine the regulatory characteristics on the basis of which the optimal method for treating wastewater from confectionery industries is selected. Algorithms for measuring and calculating procedures for joint measurements of the parameters ϵ_r , χ and t are presented. The results of measurements of the specific electrical conductivity χ_t , relative dielectric permittivity ϵ_{rt} and temperature t of a sample of alkaline wastewater from confectionery industries were obtained.

Keywords: confectionery production, populated areas, alkaline wastewater, production tanks, submerged eddy current transducer, transducer core, theory of electrical signals and circuits, liquid column, eddy current method, information redundancy, measurement control algorithms.

Стаття надійшла до редакції / Received 16.04.2025
Прийнята до друку / Accepted 11.05.2025

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

На сьогодні до найбільш розвинутих галузей сучасної промисловості слід віднести виробництво кондитерських виробів. При створенні очисних споруд на профільних підприємствах необхідно враховувати специфічні особливості стоків кондитерських виробництв, які обумовлені: технологіями виробництва продукції, споживанням води, методами очищення стічних вод, а також технічними можливостями сучасних методів контролю нормативних параметрів зразків стічних вод. У більшості європейських країн, успішний розвиток галузі виробництва кондитерських виробів традиційно пов'язано з напрямками комплексного використання сировини, а також з розробкою та удосконаленням методів та пристроїв інформативного контролю нормативних параметрів зразків стічних вод [1–3]. Кондитерські виробництва на теперішній час існують практично в кожному, навіть невеличкому місті, при цьому показники стічних вод кондитерських виробництв перед скидом їх у міську каналізацію, практично не підлягають контролю відповідними методами стосовно кислотності та лужності, й у більшості випадків не відповідають вимогам щодо запобігання забрудненню навколишнього природного середовища, які застосовують у міжнародній практиці [1–3]. Якщо раніше перед скиданням у міську каналізацію вони проходили практично тільки через механічні фільтри або спеціальні цехові жироловлувачі, то на теперішній час є необхідність стосовно встановлення вискоєфективних очисних систем [4]. Джерелами забруднень стічних вод кондитерських виробництв, є миття підлоги, варильних апаратів, системи трубопроводу, приймальних ємностей, технологічного інвентарю та ін. Зокрема стічні води утворюються в результаті переробки какао-бобів (утворення какао-масла), в процесі охолодження води, уварювання вихідної сировини (від якого з'являється конденсат). Стічні води кондитерських виробництв мають лужне походження, і в них присутні колоїдні розчини різних органічних речовин [4]. Нормативними показниками стічних вод кондитерських виробництв є питома електрична провідність χ , відносна діелектрична проникність ϵ_r , водневий показник pH, температура t і пов'язані з ними характеристики мінералізації ТДС і загальної жорсткості dGH [5].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ І ОГЛЯД ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Таким чином, подальших досліджень потребує проблема, суть якої полягає у зменшенні антропогенного впливу на навколишнє середовище районів населених пунктів, в яких розташовано харчові і переробні виробництва, за рахунок вибору оптимальних методів очищення на основі попереднього визначення методами вимірювального контролю нормативних параметрів зразків стічних вод переробних і харчових виробництв.

На сьогодні найбільш розповсюджені кондуктометричні методи вимірювань фізико-хімічних параметрів зразків рідинних середовищ [6–8]. Під час розроблення вимірювальних схем кондуктометрів [8, 9] доводиться враховувати цілу низку чинників, що впливають на похибки вимірювань питомої електропровідності λ : температурну залежність питомої електропровідності λ , власну ємність осередку з'єднувальних дріотів C_0 , поляризаційні явища на границі розділу електрод - розчин та ін. До недоліків також відносять: тривалий процес підготовки зразків рідин, необхідність у стандартних зразках, стандартних розчинах і паспортних градувальних залежностях, відсутність теоретичних і експериментальних методів, реалізація яких обумовлює отримання абсолютних значень електродного потенціалу [9].

У роботі [10] електропровідність розчинів диметилсульфоксид (ДМСО) + KI, визначали на підставі реалізації методу імпедансної спектроскопії. Метод є досить складним, тому що значення питомої електропровідності χ розчинів доводиться перераховувати, знаючи граничні χ_0 та еквівалентні значення електропровідності $\chi_{\text{в}}$. Зокрема, при реалізації багатопараметрових методів визначення електропровідності, температури і концентрації, під час оцінювання похибок результату вимірювань у роботах [9, 10], доцільно було б дослідити методику оцінювання систематичних похибок непрямих вимірювань функції багатьох змінних.

При цьому, для визначення параметрів зразків стічних вод харчових і переробних виробництв у відповідних підрозділах профільних підприємств застосовують декілька вимірювальних засобів: схеми на основі ємнісних перетворювачів, автоматизовані мости змінного струму, pH-метри, а також методи та відповідні засоби хімічного аналізу [6–10]. Основними перевагами безконтактних вихорострумових пристроїв [11–14] є можливість спільного вимірювання кількох параметрів одночасно, передача результатів вимірювань на відстань за допомогою сучасних інтерфейсів, безвідмовність, надійність й працездатність, висока чутливість – все це надає можливість для подальшого використання вихорострумових пристроїв задля вимірювань нормативних параметрів стоків харчових і переробних виробництв. Таким чином, для підвищення точності визначення нормативних характеристик, виникає необхідність застосування багатопараметрового вихорострумового перетворювача за допомогою якого створюється інформаційна надмірність, що надає змогу визначити відразу декілька параметрів лужних стоків харчових виробництв одночасно.

В роботі [15] розглянуто двопараметровий метод вимірювань електричних і температурних параметрів зразка стічних вод пивних stokів. Авторами роботи [15] запропоновано схему включення вихорострумowego перетворювача зі зразком стічних вод, отримано універсальні функції перетворення для визначення питомого електричного опору λ і температури t зразка пивних stokів. До недоліків роботи слід віднести труднощі з визначенням відповідності складу досліджуваного зразка існуючим нормативним документам, також незрозуміло, звідки було зібрано зразки для подальшого контролю нормативних параметрів стічних вод, зокрема, авторами роботи не розглянуто визначення відносної діелектричної проникності ϵ_r лужних пивних stokів. Таким чином, на сьогодні, теорія роботи вихорострумowych пристроїв та методів, за допомогою яких здійснюється реалізація таких вимірювань, є недостатньо розвинутою стосовно спільного визначення багатьох параметрів лужних електролітичних рідин, до яких відносять стічні води харчових і переробних виробництв. Все це пояснюється складністю досліджень електромагнітних процесів під час занурювання вихорострумowego перетворювача в електролітичне лужне середовище.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою роботи є дослідження можливості застосування теорії роботи багатопараметрового вихорострумowego перетворювача для спільних вимірювань відносної діелектричної проникності ϵ_r , питомої електричної провідності χ і температури t стічних вод кондитерських виробництв за рахунок створення інформаційної надмірності.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Навести алгоритми вимірювальних і розрахункових процедур задля спільного визначення відносної діелектричної проникності ϵ_r , питомої електричної провідності χ і температури t зразка стічних вод кондитерських виробництв.
2. Одержати основні співвідношення, які описують безконтактний багатопараметровий вихорострумовой метод спільних вимірювань ϵ_r , χ і t зразка лужних стічних вод кондитерських виробництв.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Безконтактний трипараметровий метод спільних вимірювань інформативних параметрів зразка лужних стічних вод кондитерських виробництв.

На рис. 1 наведено схему занурюваного вихорострумowego перетворювача (ПЗВП), який занурюється у ємність зі зразком лужної стічної води. Схема містить вихорострумовой перетворювач – функціонально позначений у вигляді індуктивності та опору R_n і L_n ; О – осердя ПЗВП; ОС – осцилограф; Г – генератор; ВЧ – вимірювач частоти електромагнітного поля; І – намагнічувальний струм обмотки ПЗВП; С – самопис; R_c – опір самопису; Б – баретер (стабілізатор струму) для підтримання постійного значення струму І та магнітного потоку Φ_2 у осерді ПЗВП; А – вимірювач намагнічувального струму І обмотки ПЗВП; R_0 – зразковий опір; Р567 – компенсуюча ємність; В – вимірювач напруги U; ВФ – вимірювач фазового кута зсуву ϕ .

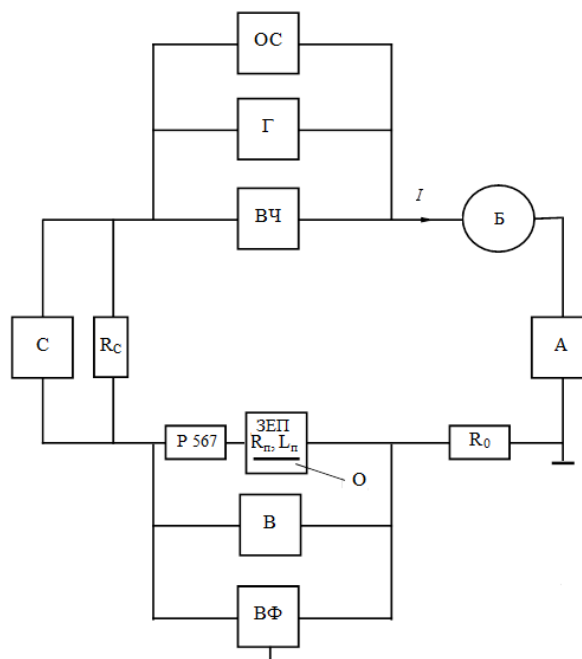


Рис. 1. Схема включення занурюваного ПЗВП при реалізації трипараметрового метода контролю параметрів лужного зразка стічних вод

Сутність запропонованого трипараметрового вихорострумового методу полягає у взаємодії зонduючого електромагнітного поля зі стовпом зразка лужної рідини, що контролюється, з подальшою реєстрацією та аналізом змінення інформативних параметрів осердя ПЗВП. При цьому, нормований магнітний потік у рідині G та індуктивність L пов'язані з питомою електричною провідністю χ_t , відносною діелектричною проникністю ϵ_t та температурою t зразка лужного стока, а також діаметром d_n скляної трубки (який дорівнює діаметру рідини d) та довжиною ПЗВП l_n . ПЗВП містить тільки одну обмотку, зокрема розміри ПЗВП надають можливість занурювання в достатньо великі виробничі ємності. Сутність сумісних трипараметрових вимірювань питомої електричної провідності χ_t , відносної діелектричної проникності ϵ_t і температури t зразка стічних вод, полягає у тому, що спочатку вводять питомі нормовані характеристики ПЗВП: нормовану внутрішню індуктивність L_{nn} та узагальнений параметр x_t . При цьому, роботу трипараметрового ПЗВП, можна описати наступною системою рівнянь:

$$\begin{cases} L_{nn} = F_1(d, x_t) \\ x_t = F_2(d, \chi_t) \\ \chi_t = F_3(d, \epsilon_t, t) \end{cases}, \quad (1)$$

де F_1 , F_2 і F_3 – позначення функціональних залежностей поміж компонентами багатопараметрового сигналу ПЗВП і параметрами зразка стічних вод; d – діаметр стовпчика рідини, що заповнює наскрізний отвір ПЗВП (тобто діаметр осердя ПЗВП або зразка стічних вод, що контролюється); x_t – узагальнений параметр при різних значеннях температури осердя ПЗВП; індекс t – свідчить про те, що виміряна величина залежить від температури.

Узагальнений параметр x_t , знаходять за формулою [11-14]:

$$x_t = d \sqrt{\mu_0 \cdot \chi_t \cdot \omega}, \quad (2)$$

де μ_0 – магнітна стала, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; ω – циклічна частота.

Знаючи константи фізичних величин та геометричні параметри ПЗВП, а також значення електричних опорів та індуктивностей обмотки R_0 і L_0 ПЗВП на постійному струмі, з урахуванням компенсації заважаючої зовнішньої індуктивності L_e , яку обумовлено проходженням паразитного магнітного потоку Φ_1 понад поверхнею рідини [13, 14], вимірюють напругу U на осерді і намагнічувальний струм I обмотки ПЗВП та значення фазового кута φ поміж струмом I та напругою U на ПЗВП.

Потокозчеплення ψ_0 обмотки ПЗВП до занурювання, визначають за формулою [11-14]:

$$\psi_0 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot W_1^2 \cdot d^2 \cdot \mu_0 \cdot H_0, \quad (3)$$

де W_1 – число витків обмотки ПЗВП, H_0 – напруженість електромагнітного поля [11].

Значення індуктивності L_1 ПЗВП до занурювання, тобто при відсутності осердя, знаходять за формулою [11-14]:

$$L_1 = \frac{\psi_0}{I}. \quad (4)$$

Індуктивність обмотки ПЗВП L_2 при наявності осердя (після занурювання ПЗВП у ємність з лужним стоком), визначають:

$$L_2 = \mu_0 \cdot \frac{\pi \cdot d^2 \cdot W_1^2}{4 \cdot l_n}, \quad (5)$$

де l_n – довжина обмотки ПЗВП.

Потокозчеплення ψ_2 у самому осерді ПЗВП, знаходять за формулою:

$$\psi_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_2} \cdot \sqrt{\left[\frac{U}{I} \sin \varphi - 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_2 \cdot (1 - \kappa) \right]^2 + \left(\frac{U}{I} \cos \varphi - R_2 \right)^2}, \quad (6)$$

де f – частота електромагнітного поля; κ – коефіцієнт заповнення ПЗВП стовпчиком лужних стічних вод; R_2 – опір обмотки ПЗВП при наявності рідини.

Значення фазового кута зсуву φ , знаходять за формулою:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\frac{U}{I} \cos \varphi - R_2}{\frac{U}{I} \sin \varphi - \omega \cdot L_2 \cdot (1 - \kappa)}. \quad (7)$$

Далі, за залежністю $\varphi = F(L_{\text{вт}})$ (див. рис.2), знаходять внутрішню індуктивність $L_{\text{вт}}$ і за залежністю $x_t = F(L_{\text{пн}})$ (див. рис.3), визначають питому нормовану внутрішню індуктивність $L_{\text{пн}}$ ПЗВП.

Питому електричну провідність χ зразка лужних стічних вод, знаходять за формулою:

$$\chi_t = \frac{L_{\text{пн}} \cdot l_n}{L_{\text{вт}} \cdot d^2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f}. \quad (8)$$

Температуру t осердя (стовпчика рідини, який заповнює наскрізний отвір) визначають за формулою:

$$t = \frac{1 + \alpha \cdot t_n}{\alpha} \cdot \left(\frac{L_{\text{пн}} \cdot l_n}{4 \cdot \pi^2 \cdot d^2 \cdot L_{\text{вт}} \cdot f \cdot \chi_1} - 1 \right) + t_n, \quad (9)$$

де α – температурний коефіцієнт опору; t_n – початкова температура, $t_n = 15^\circ\text{C}$; χ_1 – питома електрична провідність зразка при початковій температурі.

Значення відносної діелектричної проникності ε_{rt} зразка лужних стічних вод кондитерських виробництв, знаходять за формулою:

$$\varepsilon_{\text{rt}} = \frac{\omega}{4 \cdot \pi \cdot \chi_t \cdot \varepsilon_0 \cdot 10^{-8}}, \quad (10)$$

де ε_0 – електрична стала, $\varepsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Результати визначення питомої електричної провідності χ_t , відносної діелектричної проникності ε_{rt} та температури t зразка лужних стічних вод кондитерських виробництв наведено в табл.1. У якості контрольних методів вимірювань питомого електричного опору λ' , відносної діелектричної проникності ε_r' та температури t' , були використані відповідно: кондуктометричний метод, міст змінного струму, терморезистивний метод. На основі методики визначення похибок непрямих та сумісних вимірювань [16, 17], отримано чисельні значення похибок γ_χ , $\gamma_{\varepsilon_{\text{rt}}}$, γ_t (див. табл.1).

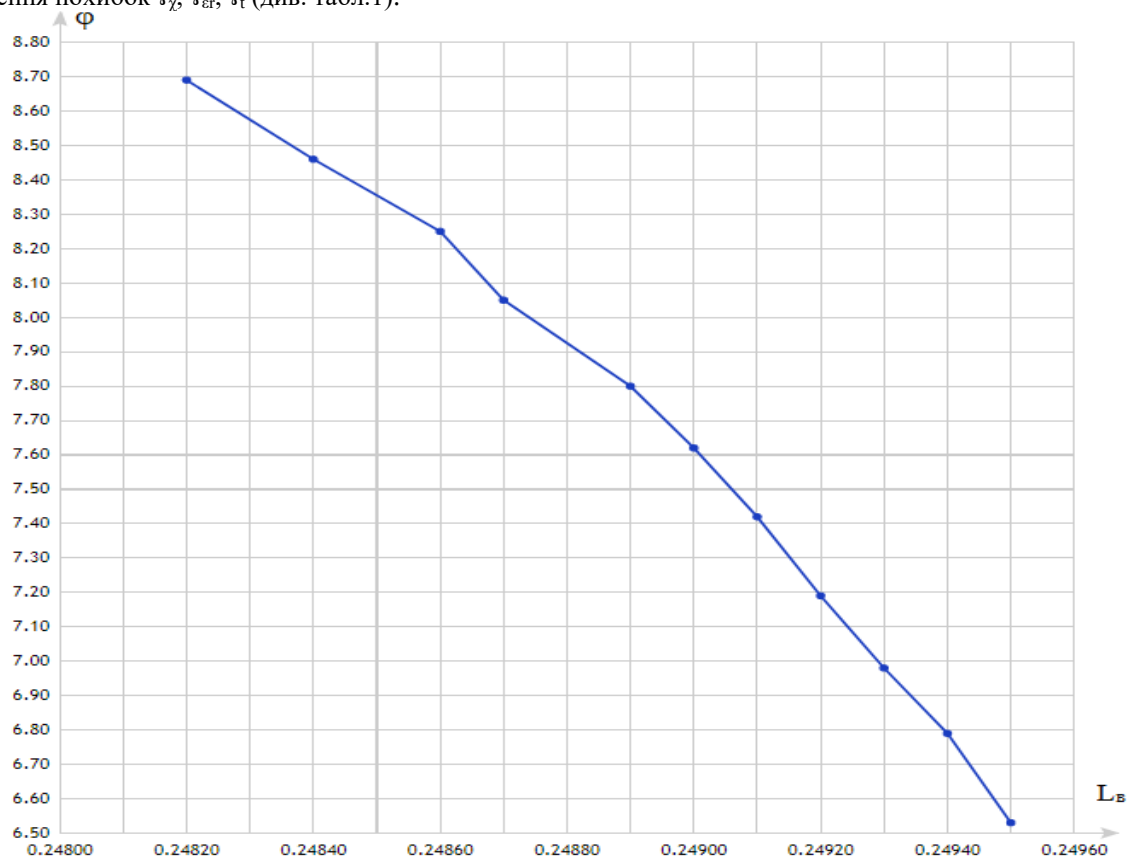


Рис. 2. Залежність фазового кута зсуву φ від внутрішньої індуктивності осердя ПЗВП

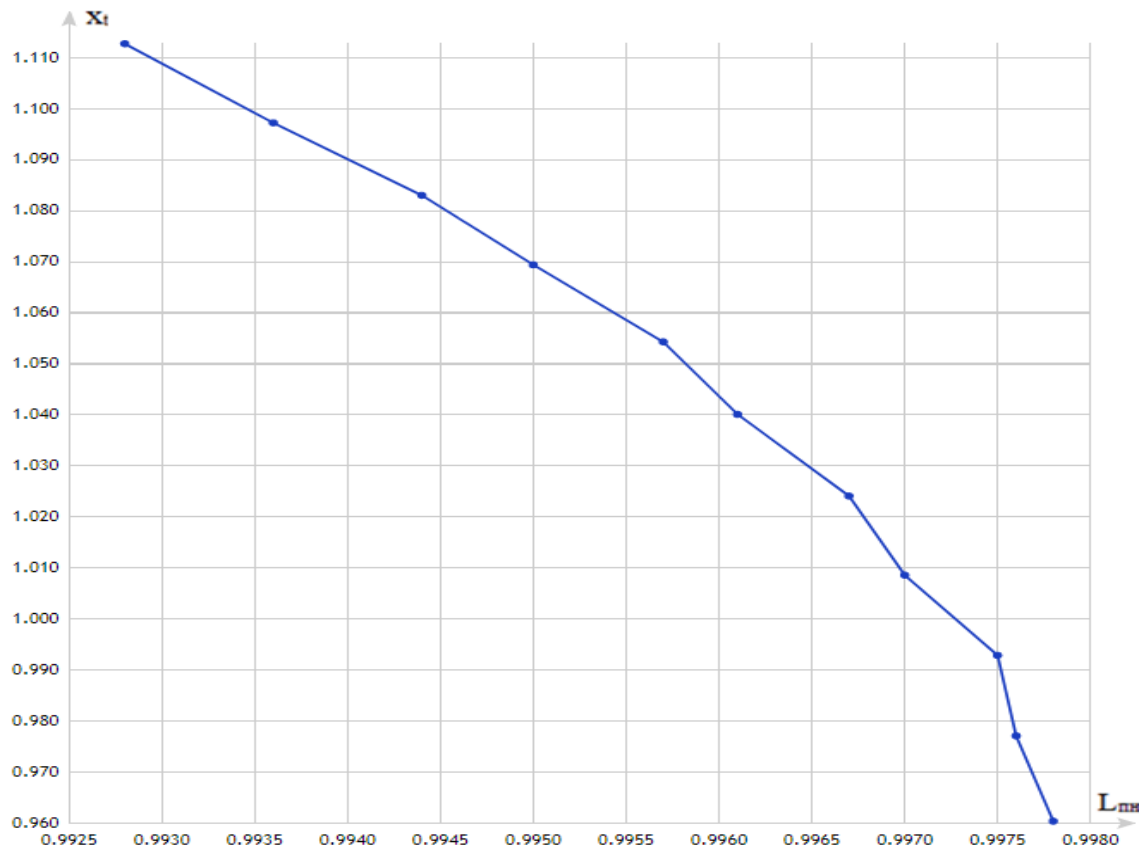


Рис. 3. Залежність узагальненого параметра від нормованої індуктивності L_{mn} ПЗВП

Табл.1 Результати визначення відносної діелектричної проникності ϵ_r , питомої електричної провідності χ і температури t лужних стічних вод кондитерських виробництв $t_0 = 15^\circ\text{C}$; $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ } 1/^\circ\text{C}$; $f = 19 \text{ МГц}$; $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$; $t = [15 \dots 33^\circ\text{C}]$.

t' , $^\circ\text{C}$	t , $^\circ\text{C}$	γ_b , %	ϵ'_r	ϵ_r	γ_{br} , %	$\chi \cdot 10^{-1}$, См/м	$\chi \cdot 10^{-1}$, См/м	γ_{χ} , %
15	15,10	0,67	50,01	50,90	1,78	14,56	15,08	3,45
17	17,02	0,12	49,13	49,76	1,28	15,27	15,60	2,12
19	18,95	-0,26	45,61	45,98	0,81	16,05	15,72	-2,05
21	21,06	0,26	40,07	40,29	0,55	16,21	16,44	1,42
23	23,03	0,13	38,39	38,57	0,47	16,39	16,61	1,34
25	24,97	-0,12	32,20	32,06	-0,43	16,95	16,75	-1,18
27	27,02	0,07	29,65	29,54	-0,37	17,48	17,33	-0,85
29	29,01	0,05	29,01	28,92	-0,31	17,73	17,86	0,73
31	30,98	-0,06	27,19	27,26	0,26	18,42	18,52	0,56
33	33,02	0,06	26,39	26,44	0,19	19,16	19,08	-0,42

Таким чином, розглянуто розширення функціональних та технічних можливостей занурюваного вихорострумового перетворювача (ПЗВП) стосовно сумісного трипараметрового контролю питомої електричної провідності χ , відносної діелектричної проникності ϵ_r та температури t зразка лужного стока кондитерського виробництва.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Наведені в статті результати, надають змогу визначити коло завдань для розв'язання важливої науково-практичної проблеми, суть якої полягає у зменшенні антропогенного впливу на навколишнє середовище районів населених пунктів, в яких розташовано харчові і переробні виробництва, за рахунок вибору оптимальних методів очищення на основі попереднього визначення методами вимірювального контролю нормативних параметрів зразків стічних вод переробних і харчових виробництв.

У рамках розв'язання цієї проблеми, запропоновано трипараметровий вихорострумовий метод спільних вимірювань питомої електричної провідності χ , відносної діелектричної проникності ϵ_r та температури t лужних стоків кондитерського виробництва, реалізація якого здійснюється на основі занурюваного вихорострумового перетворювача (ПЗВП). Внаслідок занурювання ПЗВП у виробничі ємності

на підприємстві, отвір ПЗВП заповнюється стічною водою, тобто у даному випадку стовп стічної води з виробничої ємності, який заповнює отвір ПЗВП, є одночасно і осердям і зразком стічних вод, характеристики якого підлягають вимірюванням. Досліджено можливість застосування теорії роботи занурюваного вихорострумowego перетворювача стосовно спільних вимірювань відносної діелектричної проникності ϵ_r , питомої електричної провідності χ і температури t лужних стічних вод кондитерських виробництв. Наведено алгоритми вимірювальних і розрахункових процедур задля спільного визначення відносної діелектричної проникності ϵ_r , питомої електричної провідності χ і температури t зразка стічних вод. Одержано основні співвідношення, які описують безконтактний багатопараметровий вихорострумовой метод спільних вимірювань параметрів ϵ_r , χ і t зразка лужних стічних вод кондитерських виробництв. Науковою новизною статті є розширення функціональних та технічних можливостей занурюваного вихорострумowego перетворювача стосовно сумісних трипараметрових вимірювань питомої електричної провідності χ , відносної діелектричної проникності ϵ_r та температури t зразка лужних стоків кондитерських виробництв задля вирішення питань пов'язаних з подальшим вибором оптимального методу очищення лужних стічних вод.

Практичне значення статті полягає в тому, що запропонований трипараметровий вихорострумовой метод надає змогу визначати нормативні параметри значних об'ємів лужних стічних вод харчових виробництв за рахунок реалізації інформативного метода на основі ПЗВП, який містить вимірювальну обмотку та може занурюватися в достатньо великі виробничі ємності.

Перспективи подальших досліджень полягають в удосконаленні методів очищення концентрованих стічних вод переробних і харчових виробництв на основі отримання попередньої вимірювальної інформації стосовно складу стічних вод, за рахунок реалізації сучасних методів неруйнівного вимірювального контролю.

Література

1. European Commission, European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BAT) in the Food, Drink and Milk Industries, Seville, EIPPCB, 2006. Available from <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
2. T. Delreux, S. Happaerts, Environmental Policy and Politics in the European Union, Palgrave Macmillan, 2016.
3. Урбоекологія: підручник для студентів вищих навчальних закладів / В.П. Кучерявий. Львів, Видавництво «Новий Світ-2000», 2021. 460 с.
4. Байрачний В. Б. Дослідження впливу місць зберігання твердих кондитерських відходів на прилеглі екосистеми / Байрачний В. Б., Адашевський О. В. // Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. – 2024. – Вип. 136, ч. 1. – С. 266-273.
5. Петрук В.Г. Природоохоронні технології. Методи очищення стічних вод / В.Г. Петрук, Л.І. Северин, І.В. Васильківський, І.І. Безвозюк. В:ВНТУ, 2014. 254 с.
6. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підруч. / Г. І. Гринь, В. І. Мохонько, О. В. Суворін та ін. Севастополь: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. 420 с.
7. Походило Є.В., Плахтій Н.Л., Мартинович Н.В. Інваріантні кондуктометричні вимірювальні перетворювачі. Національний університет "Львівська політехніка". *Вимірювальна техніка та метрологія*. Львів, 2010. С. 83–87.
8. Брицун В.М., Останіна Н.В. Особливості кондуктометричного контролю якості дистильованої води для фармакопейних потреб. *Фармакологія та лікарська токсикологія*. Київ. ДУ «Інститут фармакології та токсикології НАМН України», 2018. № 2 (58). С.97–103.
9. Shilajyan H. A. Electrical conductivity of potassium salt dimethylsulfoxide-water systems at different temperatures, Proceedings of the YEREVAN STATE UNIVERSITY (Armenia), Chemistry and Biology 1 (2013). P/ 3–6.
10. Plowas, J. Swiergiel, J. Jadzyn, Electrical conductivity in dimethyl sulfoxide + potassium iodide solutions at different concentrations and temperatures. Journal of Chemical & Engineering Data, 59 (2014) P. 2360-2366, DOI: [10.1021/je4010678](https://doi.org/10.1021/je4010678).
11. Бабак В.П., Маєвський С.М., Щербак Л.М. Основи побудови систем аналізу сигналів у неруйнівному контролі: навч. посіб. Київ: Либідь, 1993. 194 с.
12. Обшта А. Ф., Стащук М. Г., Горопацький В. Г. Математична модель оцінки взаємовпливу робочих середовищ, конструкцій та елементів давачів при фізико-хімічних вимірюваннях. *Вісник НУ "Львівська політехніка" Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика*. Львів, 2004. № 522. С.186 – 192.
13. Обшта А. Ф. Проблема модифікації діагностичної моделі на основі розв'язку оберненої задачі з використанням вимірюваних даних. НАН України. *Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова*. Київ, 2004. Вип. 27. С. 63 – 67.
14. Тетерко А.Я. Метод формування інформаційного сигналу та підвищення точності

вихрострумове контролю питомої електричної провідності матеріалу із виключенням впливу зазору / А.Я. Тетерко, Г.Г. Луценко, В.І. Гутник, О.А. Тетерко // Відбір і обробка інформації. Львів, 2016. – Вип. 43 (119). – С.5–11.

14. Pyrozhenko Ye.V., Sebko V.V., Zdorenko V.G., Zashchepkina N.M., Markina O.M. Informative testing method of beer sewage samples for mini-breweries. *Journal of Materials Science and Engineering* 1 (106) (2020). P. 28-41.

15. Багмет О.Л., Себко В.П., Себко В.В. Математичні методи багатопараметрового контролю: навч. посіб. Харків: НТУ "ХПІ", 2011. 68 с.

16. Кондратов В.Т. Порівняльний аналіз похибок надлишкових і прямих методів вимірювань температури при лінійній функції перетворення вимірювального каналу / В.Т. Кондратов, Г.О. Корогод // Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення 2015: тези І Всеукраїнської науково-технічної конференції, м. Житомир, 17-18 квітня 2015 р. – Житомир: ЖДТУ, 2015. – С. 69 – 70.

References

1. European Commission, European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BAT) in the Food, Drink and Milk Industries, Seville, EIPPCB, 2006. Available from <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
2. T. Delreux, S. Happaerts, Environmental Policy and Politics in the European Union, Palgrave Macmillan, 2016.
3. Urboekologiya: pidruchnyk dlya studentiv vyshhyx navchal'nyx zakladiv / V.P. Kucheryav'y. L'viv, Vy'davny'ctvo «Novy'j Svit-2000», 2021. 460 p.
4. Bajrachny'j V. B. Doslidzhennya vplyvu mitsch' zberigannya tverdy'x kondy'ters'ky'x vidxodiv na pry'legli ekosy'stemy' / Bajrachny'j V. B., Adashevs'ky'j O. V. // Tavrijs'ky'j naukovy'j visny'k. Seriya: Sil's'kogospodars'ki nauky' / Xersons'ky'j derzhavny'j agrarno-ekonomichny'j universy'tet. – 2024. – Vy'p. 136, ch. 1. – P. 266-273.
5. Petruk V.G. Pry'rodooxoronnii tekhnologiyi. Metody' ochy'shennya stichny'x vod / V.G. Petruk, L.I. Severy'n, I.V. Vasy'l'kivs'ky'j, I.I. Bezvozyuk. V:VNTU, 2014. 254 p.
6. Metody' vy'miryuvannya parametriv navkoly'shn'ogo seredovy'shha: pidruch. / G. I. Gry'n', V. I. Moxon'ko, O. V. Suvorin ta in. Syevyerodonecz'k : vy'd-vo SNU im. V. Dalya, 2019. 420 p.
7. Poxody'lo Ye.V., Plaxtij N.L., Marty'novy'ch N.V. Invariantni konduktometry'chni vy'miryval'ni peretvoryuvachi. Nacional'ny'j universy'tet "L'vivs'ka politexnika". Vy'miryval'na tekhnika ta metrologiya. L'viv, 2010. P. 83–87.
8. Bry'czun V.M., Ostanina N.V. Osobly'vosti konduktometry'chnogo kontrolyu yakosti dy'sty'l'ovanoyi vody' dlya farmakopejny'x potreb. Farmakologiya ta likars'ka toksy'kologiya. Ky'yiv. DU «Insty'tut farmakologiyi ta toksy'kologiyi NAMS of Ukraine», 2018. № 2 (58). P.97–103.
9. Shilajyan H. A. Electrical conductivity of potassium salt dimethylsulfoxide-water systems at different temperatures, Proceedings of the YEREVAN STATE UNIVERSITY (Armenia), Chemistry and Biology 1 (2013). P. 3–6.
- a. Plowas, J. Swiergiel, J. Jadzyn, Electrical conductivity in dimethyl sulfoxide + potassium iodide solutions at different concentrations and temperatures. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 59 (2014) P. 2360-2366, DOI: [10.1021/je4010678](https://doi.org/10.1021/je4010678).
10. Babak V.P., Mayevs'ky'j S.M., Shherbak L.M. Osnovy' pobudovy' sy'stem analizu sy'gnaliv u nerujnivnomu kontroli: navch. posib. Ky'yiv: Ly'bid', 1993.194 p.
11. Obshta A. F., Stashuk M. G., Goropacz'ky'j V. G. Matematy'chna model' ocinky' vzayemovplyvu robochy'x seredovy'shh, konstrukcij ta elementiv davachiv pry' fizy'ko-ximichny'x vy'miryuvannyax. Visny'k NU "L'vivs'ka politexnika" Komp'yuterni sy'stemy' proektuvannya. Teoriya i prakty'ka. L'viv, 2004. № 522. S.186 – 19.
12. Obshta A. F. Problema mody'fikaciyi diagnosty'chnoyi modeli na osnovi rozv'yazku obremenoyi zadachi z vy'kory'stannjam vy'miryany'x dany'x. NAS Ukrainy' .Zbirny'k naukovy'x prac'. Insty'tut problem modelyuvannya v energety'ci im. G.Ye. Puxova. Ky'yiv, 2004. Vy'p. 27. P. 63 – 67.
13. Teterko A.Ya. Metod formuvannya informacijnogo sy'gnalu ta pidvy'shennya tochnosti vy'xrostrumovogo kontrolyu py'tomoyi elektry'chnoyi providnosti materialu iz vy'klyuchennyam vplyvu zazoru / A.Ya. Teterko, G.G. Lucenko, V.I. Gutny'k, O.A. Teterko // Vidbir i obrobka informaciyi. L'viv, 2016. – Vy'p. 43 (119). – P.5–11.
14. Pyrozhenko Ye.V., Sebko V.V., Zdorenko V.G., Zashchepkina N.M., Markina O.M. Informative testing method of beer sewage samples for mini-breweries. *Journal of Materials Science and Engineering* 1 (106) (2020). P. 28-41.
15. Bagmet O.L., Sebko V.P., Sebko V.V. Matematy'chni metody' bagatoparametrovogo kontrolyu: navch. posib. Xarkiv: NTU "XPI", 2011. 68 p.
16. Kondratov V.T. Porivnyal'ny'j analiz poxy'bok nadly'shkovy'x i pryamy'x metodiv vy'miryuvan' temperatury' pry' linijnij funkciyi peretvorennja vy'miryval'nogo kanalu / V.T. Kondratov, G.O. Korogod // Komp'yuterni tekhnologiyi: innovaciyi, problemy', rishennja 2015: tezy' I Vseukrayins'koyi naukovy'x tekhnichny'x konferenciyi, m. Zhy'tomy'r, 17-18 kvitnya 2015 r. – Zhy'tomy'r: ZhDTU, 2015. – P. 69 – 70.