https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77-36
УДК 504.064.38

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
alzd123@meta.ua
ЗАЩЕПКІНА 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
sergiibarylko347@gmail.com
ЗАБІЯКА Наталія
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
https://orcid.org/0000-0003-2837-5317
zabijaka.nata93@gmail.com

ТРИПАРАМЕТРОВИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ СТІЧНИХ ВОД ВИРОБНИЦТВА ФРУКТОВИХ СОКІВ

В результаті переробки продовольчої сировини та отримання на виході готової продукції і виробник, і споживач впливають на навколишнє середовище, надаючи тим самим негативний, а часом не поправний вплив. На сьогодні, підприємства харчової та переробної промисловості малої потужності, часто розташовуються в межах міста, саме тому виникає необхідність у дослідженні відповідності показників стічних вод, що скидаються, нормативним документам. При цьому про ефективність природоохоронних заходів, можна судити за результатами реалізації заходів екологічного моніторингу, а також розвитку динаміки екологічної обстановки в районах населених пунктів. В стічних водах виробництва фруктових соків містяться забруднення, які мають органічну основу, а також розбавлені розчини, які включають вуглеводи та білки рослинного походження. Забруднюючі речовини, що містяться в стоках, потрапляючи в штучні і природні водоймища, а також в результаті їх акумуляції в грунті, можуть швидко загнивати і погіршувати санітарний стан. При цьому, існуючи інформативні методи визначення параметрів стану стічних вод є достатньо складними для малих підприємств виробництва фруктових соків та відрізняються високою собівартістю. У зв'язку з цим, для вибору метода очищення, виникає необхідність в створенні нових широкомежових методів спільного вимірювального контролю параметрів стану зразків стічних вод харчових та переробних виробництв.

Для підвищення точності вимірювань питомої електричної провідності χ, відносної діелектричної проникності εr і температури t зразків стічних вод, в роботі досліджено трипараметровий інформативний метод на основі занурюваного параметричного електромагнітного перетворювача ПЗП, який замість осердя застосовує проводійний шар стічних вод. Розроблено алгоритми вимірювальних та розрахункових процедур визначення параметрів стічних вод. Наведено основні співвідношення, які описують реалізацію багатопараметрового електромагнітного метода вимірювального контролю χ, εr і t.

Ключові слова: стічні води, антропогенний вплив, ефективність очищення, водні середовища, вимірювання, забруднюючі речовини, метод контролю, параметри стану, екологічна безпека, якість очищення.

SEBKO Vadim
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»
ZDORENKO Valerii, ZASHCHEPKINA Nataliia, BARYLKO Sergii
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
ZABIIAKA Nataliia
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

A THREE-PARAMETER METHOD FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF THE STATE OF FRUIT JUICE PRODUCTION WASTEWATER

As a result of the processing of food raw materials and the production of the final product, both the producer and the consumer have an impact on the environment, which can be negative and sometimes irreparable. Nowadays, small food and processing businesses are often located within urban areas, so it is necessary to check that the effluents discharged comply with the legal requirements. At the same time, the effectiveness of environmental protection measures can be assessed on the basis of the results of environmental monitoring activities and the development of the environmental situation in the settlement areas. Wastewater from fruit juice production contains contaminants of organic origin, as well as dilute solutions containing carbohydrates and proteins of plant origin. Wastewater pollutants can quickly decompose and deteriorate sanitary conditions when they enter artificial and natural water bodies, as well as as a result of their accumulation in the soil. At the same time, the existing informative methods for determining the parameters of the state of wastewater for small fruit juice production enterprises are quite complicated

and characterised by high costs. In this regard, there is a need to develop new wide-band methods for joint measurement control of the state parameters of wastewater samples from food and processing industries in order to select a treatment method.

In order to improve the accuracy of specific electrical conductivity χ measurements, relative permittivity εr and temperature t of wastewater samples, in this work, a three-parameter informative method based on a submersible parametric electromagnetic transducer SPT, which uses a conductive layer of wastewater instead of a core, is investigated. The algorithms for measuring and calculating procedures for determining the parameters of wastewater are developed. The basic relations describing the implementation of the multi-parameter electromagnetic method of measuring control of χ, εr, and t are presented.

Key words: wastewater, anthropogenic impact, treatment efficiency, water environment, measurement, waste substances, control method, state parameters, environmental safety, treatment quality.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Сучасний рівень розвитку суспільства, промислового виробництва, екологічний стан навколишнього середовища висувають підвищені вимоги щодо складу стічних вод харчових та переробних виробництв, які скидаються у водні об'єкти та міські каналізаційні колектори [1, 2]. Вибір раціональних методів очищення висококонцентрованих стічних вод обумовлено переважно різноманіттям складу та високими вимогами, які встановлюються щодо якості очищення стічних вод, а саме до відповідних норм скиду у штучні та природні водойми або каналізаційні колектори. В державах ЄС успішний розвиток переробної та харчової промисловості, традиційно пов'язано з напрямом підвищення екологічної безпеки за рахунок комплексного використання якісної сировини, створення маловідходних технологічних процесів виробництва продуктів харчування, підвищення якості очищення за рахунок впровадження інноваційних методів контролю параметрів стану зразків харчової продукції.

Таким чином, виникає важлива наукова та практична проблема, яка полягає в зменшенні антропогенного впливу на навколишнє природнє середовище районів населених пунктів у яких розміщуються підприємства харчових та переробних виробництв.

Постановка проблеми і огляд останніх досліджень

На сьогодні, виробництво соків одна з галузей плодоовочевої промисловості, що найбільш швидко розвиваються, як у нашій країні, так і за кордоном. При цьому збільшується не тільки кількість соків, що випускаються, але і їх асортимент. Незважаючи на велику різноманітність соків, їх виготовлення складається з проведення ряду однакових операцій, а саме: зберігання сировини, сортування, калібрування, очищення, миття та реалізації методів контролю фізико-хімічних параметрів фруктових соків [3].

Сучасними кондуктометричними методами [4-7], визначають опір R зразків стічних вод (слабких електролітичних рідин) та за величиною опору або електропровідності χ (на основі реалізації методів непрямих вимірювань) знаходять: pH розчинів кислот та лугів, константу дисоціації, концентрацію C, температуру t, діелектричну проникність ε_r, густину досліджуваного розчину ρ.

До переваг кондуктометричних методів слід віднести простоту реалізації, дешевизну методів, можливість дослідження мутних неоднорідних розчинів [4-7]. Слід визначити, що при існуючій різноманітності кондуктометричних методів і пристроїв всі ці методи об'єднує реалізація основних операцій визначення χ в кондуктометричному осередку. При вимірі χ очищеної води, кондуктометричні методи вимірювань часто застосовують у якості еталонних. При істотному зниженні χ розчинів електролітів, а також емульсійних рідин, які утворюються в стічних водах пивоварних виробництв до конструкції кондуктометричного осередку і до електродів виникають досить жорсткі вимоги [4-7]. При цьому, інформативний параметр χ водних розчинів слабких електролітів і емульсійних рідин залежить від температури t і концентрації C різних домішок: сульфатів, хлоридів, азоту, фосфору, молочної, масляної та вугільної кислот (що виникають в результаті загнивання білків) [4-7].

У роботі [8], досліджено електропровідність λ іонів калієвої солі у водному розчині диметилсульфоксиду (ДМСО) у температурному діапазоні [25 – 450°C]. Слід визначити, що отримана в роботі [8] експериментальна залежність λ = f(C) є робочою функцією перетворення тільки для системи ДМСО – H_2O, її не можна вважати універсальною для багатьох типів слабких електролітів (до яких у тому числі відносять і стічні води). При цьому досить важко точно виміряти і підтримувати температуру в зазначеному діапазоні, оскільки терморезистори і термопари мають цілий ряд недоліків, пов'язаних з тим, що такі термоперетворювачі вимірюють в загальних випадках t чутливого елемента, а не об'єкта дослідження, оскільки завжди між чутливим елементом перетворювача і контрольованим зразком існує зазор, заповнений повітрям чи діелектриком [8].

На даний період вихрострумові методи та перетворювачі широко використовуються в багатьох галузях науки та виробництва. Зокрема, для виявлення поверхневих та глибинних дефектів у металевих виробах та конструкціях, для контролю товщин покриттів (металевих та діелектричних), для безконтактного визначення магнітних, електричних та геометричних параметрів деталей, а також міцності, твердості, наявності домінуючих домішок у матеріалах, спотворення структури виробів внаслідок впливу різних видів обробок (механічних, термічних і хімічних) [9-13]. Однак в роботах [9-13], не розглянуто можливість

вимірювального контролю фізико-хімічних параметрів електролітичних рідин.

У роботі [14] досліджено двопараметровий інформативний метод сумісного вимірювального контролю питомої електричної провідності χ та температури t зразків пивних стоків кислого походження на основі електромагнітного перетворювача ЕП.

Обмеженнями методу, описаного у роботі [14], є складний алгоритм вимірювальних процедур, і навіть виникнення методичних похибок пов'язані з неточністю опису функцій перетворення. Таким чином, на сьогодні не розроблено прості алгоритми вимірювальних і розрахункових процедур сумісного визначення фізико-хімічних параметрів зразків стічних вод, не наведено данні стосовно контролю параметрів стічних вод занурюваними перетворювачами, які дозволяють контролювати стічні води в великих відстійниках та резервуарах. Слід визначити, що оскільки, основними критеріями при виборі технології очищення стічних вод промислових підприємств є склад води, а саме наявність у ній тих або інших забруднювачів, за чисельними даними питомого електричного опору λ, відносної діелектричної проникності ε_r та температури t кислих пивних стоків у відповідності зі встановленими нормативними методиками можна визначити сухий залишок Х, загальну лужність Ф та кислотність К, загальну твердість Т і водневий показник pH та інші фізико-механічні характеристики зразків стічних вод, які вказані у стандартах на стічні води, все це надає змогу для подальшого вибору сучасних методів очищення стічних вод переробних та харчових виробництв.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є розширення функціональних та технічних можливостей електромагнітного перетворювача стосовно сумісного багатопараметрового вимірювального контролю питомого електричного опору λ, відносної діелектричної проникності ε_r і температури t кислих стоків, задля рішення питань пов’язаних з подальшим вибором методу очищення стічних вод.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

а). Дослідити теорію роботи ПЗП зі зразком кислих стічних вод.

б). Розробити алгоритми вимірювальних та розрахункових процедур визначення параметрів стану стічних вод.

в). Навести основні співвідношення, які описують реалізацію багатопараметрового електромагнітного метода контролю параметрів стану стічних вод.

Виклад основного матеріалу

Методика інформативного трипараметрового вимірювального контролю питомого електричного опору λ, відносної діелектричної проникності ε_r, температури t кислих стічних вод, полягає у тому, що спочатку, вводять питомі нормовані характеристики ПЗП: нормовану внутрішню індуктивність $L_{ін}$, нормований електричний опір $R_{ін}$ та узагальнений параметр x, які містять інформацію щодо параметрів кислих зразків стічних вод та геометричних параметрах ПЗП. Сутність запропонованого у даній статті методу, полягає у взаємодії зондуючого електромагнітного поля зі стовпом рідини, що контролюється, з подальшою реєстрацією та аналізом змінення фізико-хімічних параметрів осердя ПЗП.

Роботу трипараметрового ПЗП, можна описати наступною системою рівнянь [10-14]:

$$\begin{cases} L_{ін} = F_1(d, x) \\ x = F_2(d, \chi) \\ \lambda = F_3(d, \varepsilon_r, t) \end{cases}, \quad (1)$$

де F_1, F_2 та F_3 – позначення функціональних залежностей, d – діаметр осердя ПЗП; x– узагальнений параметр осердя ПЗП; χ – питома електрична провідність осердя осердя ПЗП; ε_r – відносна діелектрична проникність осердя ПЗП; t – температура осердя ПЗП.

При цьому, нормований магнітний потік у рідині G та індуктивність L пов’язані з питомим електричним опором λ, відносною діелектричною проникністю ε_r і температурою t кислих стоків, а також діаметром $d_п$ отвору (який дорівнює діаметру рідини d) та довжиною ПЗП $l_п$.

Узагальнений параметр x_t при різних значеннях температури рідини, знаходять за формулою:

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

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

З урахуванням результатів робіт [11-14], знаючи константи фізичних величин та геометричні параметри ПЗП, а також значення електричних опорів та індуктивностей обмотки на постійному струмі R та L_0, з урахуванням компенсації зовнішньої індуктивності L_e, яку обумовлено проходженням паразитного магнітного потоку Φ_1 понад поверхнею рідини (за допомогою компенсуючої ємності Р5025), вимірюють напругу U на осерді та струм I і значення фазового кута φ поміж струмом I та цією ж напругою.

Потокозчеплення ψ_0 обмотки ПЗП до занурювання, визначають за формулою [11-13]:

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

де W_1 – число витків обмотки ПЗП; d – діаметр обмотки; H_0 – напруженість магнітного поля.

Значення індуктивності L_1 ПЗП до занурювання, тобто при відсутності осердя, знаходять за формулою [9, 10]:

$$\frac{\psi_0}{I} = L_1 \tag{4}$$

Індуктивність обмотки ПЗП L_2 при наявності осердя (після занурювання ПЗП у ємність з рідиною), визначають:

$$L_2 = \mu_0 \frac{\pi \cdot d^2 \cdot W_1^2}{4 \cdot l_п} \quad , \tag{5}$$

де $l_п$ – довжина перетворювача.

Потокозчеплення ψ_2 у самому осерді ПЗП, знаходять за формулою [9, 10]:

$$\left|\psi_{2н}\right| = \frac{1}{\omega L} \sqrt{\left(\frac{U_п}{I}\sin\varphi_I - \omega L\left(1-\eta\right)\right)^2 + \left(\frac{U_п}{I}\cos\varphi_I - R\right)^2} \quad . \tag{6}$$

Значення фазового кута зсуву φ_2 поміж магнітними потоками Φ_0 і Φ_2 зразка кислого стока, знаходять за формулою:

$$\left|tg\varphi_2\right| = \frac{\frac{U_п}{I}\cos\varphi_I - R}{\frac{U_п}{I}\sin\varphi_I - \omega L\left(\frac{U_п}{I}\sin\varphi_I - \omega L\left(1-\eta\right)\right)} \quad . \tag{7}$$

За градуювальною залежністю $\varphi_{2t} = f(L_в)$ (див. табл.1), знаходять внутрішню індуктивність $L_в$ і за залежністю $x = f(L_{нв})$ (при відомому x див. табл.1), визначають нормовану внутрішню індуктивність $L_{вн.}$ Нормована внутрішня індуктивність $L_{вн}$ та узагальнений магнітний параметр x містять інформацію щодо питомої електричної провідності χ_t, температури t і відносної діелектричної проникності ε_r зразка кислого стока.

Таблиця №1

Залежність фазового кута зсуву φ_{2t} від внутрішньої індуктивності зразка стічних вод $L_в$

x_t	φ_{2t}, град	$L_{пн}$	$L_в \cdot 10^{-7}$, Гн
0,9604	6,53	0,9978	0,2495
0,9771	6,79	0,9976	0,2494
0,9929	6,98	0,9975	0,2493
1,0086	7,19	0,9970	0,2492
1,0241	7,42	0,9967	0,2491
1,0401	7,62	0,9961	0,2490
1,0543	7,8	0,9957	0,2489
1,0694	8,05	0,9950	0,2487
1,0830	8,25	0,9944	0,2486
1,0972	8,46	0,9936	0,2484
1,1127	8,69	0,9928	0,2482

Питому електричну провідність χ зразка кислого стока, знаходять за формулою:

$$\chi_t = \frac{L_{внt} \cdot l}{L_{вt} \cdot d_п^{\,2} \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f_t} \quad . \tag{8}$$

Температуру t стовпчика води, який заповнює наскрізний отвір, визначають:

$$t = \frac{1+\alpha \cdot t_1}{\alpha}\left(\frac{L_{вн} \cdot l}{4\pi^2 \cdot d_п^{\,2} \cdot L_{вт} \cdot f_t \cdot \chi_1} - 1\right) + t_1 \quad . \tag{9}$$

Значення відносної діелектричної проникності ε_{rt}, знаходять з виразу:

$$\varepsilon_r = \frac{\omega}{4 \cdot \pi \cdot \chi \cdot \varepsilon_0 \cdot 10^{-8}} \quad . \tag{10}$$

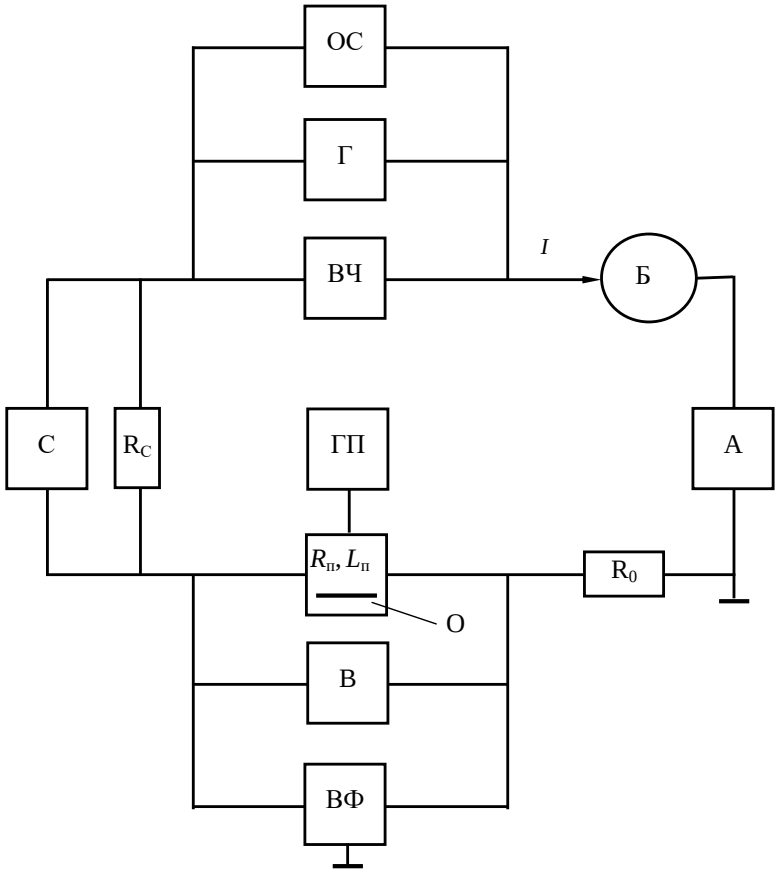

Рис. 1. Схема ПЗП для сумісного вимірювального трипараметрового контролю зразка стічних вод виробництва фруктових соків

На рис.1 наведено схему ПЗП, який занурюється у ємність зі стічною водою. Схема містить електромагнітний ПЗП; Г – генератор; ВЧ – вимірювач частоти електромагнітного поля; ОС – осцилограф; Б – баретер (стабілізатор струму) для підтримання постійного значення струму ПЗП та магнітного потока у осерді (стовпчику рідини, що заповнює наскрізний отвір ПЗП); А – вимірювач струму обмотки І; Р5025 – компенсуюча ємність; О – осердя ПЗП у вигляді послідовно увімкнутих індуктивності та опору перетворювача $R_п$ і $L_п$; $R_о$ – зразковий опір; В – вимірювач напруги $U_п$; ВФ – вимірювач фазового кута зсуву; С – самопис; $R_с$ – опір самопису; ГП – гріючий пристрій для змінення температури осердя.

До переваг наведеної схеми ПЗП слід віднести те, що ПЗП містить одну обмотку, яка виконує одночасно три функції: вимірювальну, намагнічувальну та функцію нагрівання зразка (для імітації виробничих процесів).

В табл.2, наведено результати визначення компонентів сигналів трипараметрового ПЗП.

Таким чином, у статті досліджено можливість застосування теорії роботи занурюваного вихрострумового перетворювача ПЗП до вимірювального трипараметрового контролю параметрів стану стічних вод виробництва фруктових соків.

Таблиця №2

Результати визначення компонентів сигналів трипараметрового ПЗП та зразка стічних вод
f = 19,8 МГц; t= [16 ... 33°С], I = 60,1 мА; E_0 =298·мВ; E_1 = 15,40·мВ

t, °С	$E_{2t}\cdot10^{-3}$, °В	$E_{\Sigma t}\cdot10^{-3}$, °В	φ_0	A_t	G_t	ε_{rt}	φ_{2b} град	$\chi_t\cdot10^{-1}$, См/м
16,27	299,51	305,04	-5,8403	0,9257	0,9906	72,59	-6,0798	15,01
17,11	299,02	305,9	-6,0304	0,9383	0,9899	71,78	-6,2840	15,70
18,33	298,88	305,53	-6,2191	0,9565	0,9893	71,03	-6,4824	16,05
20,59	298,29	304,51	-6,4126	0,9715	0,9886	69,29	-6,6831	16,74
21,10	298,16	303,93	-6,3980	0,9700	0,9882	68,14	-6,7063	16,09
23,44	297,25	302,94	-6,6955	0,9938	0,9876	67,64	-6,9850	17,63
26,31	297,49	301,74	-6,8922	1,0080	0,9869	65,96	-7,1812	17,95
30,09	297,77	200,44	-7,0795	1,0225	0,9862	60,31	-7,3834	18,70
31,76	296,52	300,23	-7,2744	1,0366	0,9854	56,82	-7,5829	19,16
33,01	296,23	299,89	-7,4671	1,0505	0,9846	51,99	-7,7816	19,69

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В рамках дослідження важливої наукової і практичної проблеми, яка полягає у зменшенні антропогенного впливу на навколишнє природнє середовище районів населених пунктів у яких розміщуються підприємства виробництва фруктових соків, досліджено розширення функціональних та технічних можливостей електромагнітного перетворювача при реалізації інформативного методу сумісного багатопараметрового контролю питомого електричного опору λ, відносної діелектричної проникності ε_r і температури t зразків кислих стоків. Задача розв'язується шляхом застосування занурюваного параметричного електромагнітного перетворювача (ПЗП), який замість осердя використовує стовп рідини, що заповнює круглий наскрізний отвір ПЗП в результаті занурювання. Таким чином, внаслідок занурювання ПЗП у різноманітні виробничі ємності з нагрітою водою, отвір ПЗП заповнюється стовпом рідини, яка має певну температуру, тобто у даному випадку стовп рідини з виробничої ємності, який заповнює радіальний отвір ПЗП є одночасно і осердям і зразком стічних вод, характеристики якого підлягають вимірюванням. Розроблено алгоритми вимірювальних та розрахункових процедур визначення параметрів стічних вод при реалізації трипараметрового методу на основі ПЗП. Наведено основні співвідношення, які описують реалізацію трипараметрового електромагнітного метода. Отримано результати вимірювального контролю питомого електричного опору λ, відносної діелектричної проникності ε_r і температури t кислого зразка стічних вод виробництва фруктових соків.

Література

1. International Organization for Standardization (ISO). ISO 22000: 2005: Food Safety Management Systems – Requirements for anyorganization in the food chain, ISO, Geneva, 2005.
2. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. (ISO 14001:2015, IDT). [Чинний від 2015-12-21]. Київ, 2016. 37 с. (Вимоги та настанови щодо застосування).
3. Тележенко Л.М. Вплив попередньої обробки плодів та додатків на окиснювальні властивості соків з м'якоттю / Л.М. Тележенко, І.В. Пилипенко // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 22.– Одеса, 2001.– С. 51–55.
4. Мідик І.М. Оцінка якості продукції овочівництва за електричними характеристиками. Технологічний аудит та резерви виробництва. Харків. № 3/2(29), 2016. С. 30–35.
5. Брицун В. М., Останіна Н. В. Особливості кондуктометричного контролю якості дистильованої води для фармакопейних потреб. Фармакологія та лікарська токсикологія, № 2 (58)/2018. С. 97–103.
6. Міхалєва М. С. Результати експериментальних досліджень модельних водних розчинів новим електричним імпедансним методом // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія Автоматика, вимірювання та керування, 2010. № 665. С. 169–173.
7. Яцишин А.В., Попов О.О., Артемчук В.О. Методи вимірювання параметрів навколишнього природного середовища. Харків. Вісник НТУ "ХПІ», 2014. №40 (1083). С. 130–137.
8. Plowas I., Swiergiel J., Jadzyn J. Electrical conductivity in dimethyl sulfoxide + potassium iodide solutions at different concentrations and temperatures, Journal of Chemical & Engineering Data 59/8 (2014), p. 2360-2366.
9. Хандецький В.С., Бабак В.П. Обробка сигналів. Київ: «Либідь», 1999. 495 с.
10. Середюк О.Є., Барна О.Б., Криницький О.С. Електричний, магнітний та електромагнітний види неруйнівного контролю в нафтовій галузі: навчальний посібник. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. 348с.
11. Тетерко А.Я. Фазовий спосіб вихрострумового контролю із відлаштуванням від нелінійного впливу зазору / А. Я. Тетерко, В. М. Учанін, В. І. Гутник, О. А. Тетерко // Матер. 17 Міжнар. наук.-техн.

конф. “Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів”. Львів: Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка НАН України, 2012. С. 23–24.

12. Тетерко А.Я. Метод формування інформаційного сигналу та підвищення точності вихорострумового 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.

13. Маєвський С.М. Фазовимірювальні системи неруйнівного контролю [Електронний ресурс]: навчальний посібник. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 3,46 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 288 с.

14. Пироженко Є.В. Себко В.В., Здоренко В.Г. Бабенко В.М., Горбунова О.В. Сумісний вимірювальний контроль фізико-хімічних параметрів зразка пивних стоків. Інтегровані технології та енергозбереження. Харків: НТУ ″ХПІ″, 2020. №4. С. 34 – 47.

References

1. International Organization for Standardization (ISO). ISO 22000: 2005: Food Safety Management Systems – Requirements for anyorganization in the food chain, ISO, Geneva, 2005.

2. DSTU ISO 14001:2015. Systemy ekolohichnoho upravlinnia. (ISO 14001:2015, IDT). [Chynnyi vid 2015-12-21]. Kyiv, 2016. 37 s. (Vymohy ta nastanovy shchodo zastosuvannia).

3. Telezhenko L.M. Vplyv poperednoi obrobky plodiv ta dodatkiv na okysniuvalni vlastyvosti sokiv z miakottiu / L.M. Telezhenko, I.V. Pylypenko // ODAKhT. Nauk. pratsi. Vyp. 22.– Odesa, 2001.– P. 51–55.

4. Midyk I.M. Otsinka yakosti produktsii ovochivnytstva za elektrychnymy kharakterystykamy. Tekhnolohichnyi audyt ta rezervy vyrobnytstva. Kharkiv. № 3/2(29), 2016. P. 30–35.

5. Brytsun V. M., Ostanina N. V. Osoblyvosti konduktometrychnoho kontroliu yakosti dystylovanoi vody dlia farmakopeinykh potreb. Farmakolohiia ta likarska toksykolohiia, № 2 (58)/2018. P. 97–103.

6. Mikhalieva M. S. Rezultaty eksperymentalnykh doslidzhen modelnykh vodnykh rozchyniv novym elektrychnym impedansnym metodom // Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika». Seriia Avtomatyka, vymiriuvannia ta keruvannia, 2010. № 665. P. 169–173.

7. Iatsyshyn A.V., Popov O.O., Artemchuk V.O. Metody vymiriuvannia parametriv navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha. Kharkiv. Visnyk NTU “KhPI», 2014. №40 (1083). P. 130–137.

8. Plowas I., Swiergiel J., Jadzyn J. Electrical conductivity in dimethyl sulfoxide + potassium iodide solutions at different concentrations and temperatures, Journal of Chemical & Engineering Data 59/8 (2014), p. 2360-2366.

9. Khandetskyi V.S., Babak V.P. Obrobka syhnaliv. Kyiv: «Lybid», 1999. 495 p.

10. Serediuk O.Ie., Barna O.B., Krynytskyi O.S. Elektrychnyi, mahnitnyi ta elektromahnitnyi vydy neruinivnoho kontroliu v naftovii haluzi: navchalnyi posibnyk. Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2017. 348 p.

11. Teterko A.Ia. Fazovyi sposib vykhrostrumovoho kontroliu iz vidlashtuvanniam vid neliniinoho vplyvu zazoru / A. Ya. Teterko, V. M. Uchanin, V. I. Hutnyk, O. A. Teterko // Mater. 17 Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. “Elektromahnitni ta akustychni metody neruinivnoho kontroliu materialiv ta vyrobiv”. Lviv: Fiz.-mekh. in-t im. H. V. Karpenka NAN Ukrainy, 2012. S. 23–24.

12. Teterko A.Ia. Metod formuvannia informatsiinoho syhnalu ta pidvyshchennia tochnosti vykhorostrumovoho kontroliu pytomoi elektrychnoi providnosti materialu iz vykliuchenniam vplyvu zazoru / A. Ya. Teterko, H. H. Lutsenko, V .I. Hutnyk, O. A. Teterko // Vidbir i obrobka informatsii. Lviv, 2016. Vyp. 43 (119). P.5–11.

13. Maievskyi S.M. Fazovymiriuvalni systemy neruinivnoho kontroliu [Elektronnyi resurs]: navchalnyi posibnyk. KPI im. Ihoria Sikorskoho. Elektronni tekstovi dani (1 fail: 3,46 Mbait). Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2018. 288 p.

14. Pyrozhenko Ye.V. Sebko V.V., Zdorenko V.H. Babenko V.M., Horbunova O.V. Sumisnyi vymiriuvalnyi kontrol fizyko-khimichnykh parametriv zrazka pyvnykh stokiv. Intehrovani tekhnolohii ta enerhozberezhennia. Kharkiv: NTU “KhPI”, 2020. №4. P. 34 – 47.