

## **Секція 12**

***Метрологія, інформаційно-  
вимірювальні технології  
та вимірювальна техніка***

**Бабак К.С. студентка гр.МВ-09**

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

### КОЛИВАННЯ БАЛКИ, ЩО ВІЛЬНО СПИРАЄТЬСЯ

Визначення частоти вільних коливань має велике значення для правильної експлуатації досліджуваної конструкції. Знаючи частоту власних коливань конструкції, можна вирішити питання про допустимість установки на досліджуваному об'єкті якогось агрегату, що створює при його русі обурює навантаження з певною частотою, або ж з'ясувати, який агрегат з раніше встановлених створює резонанс, і знайти можливі шляхи ліквідації цього явища.

Для дослідження коливань була обрана тонка балка що вільно спирається (рис. 1).

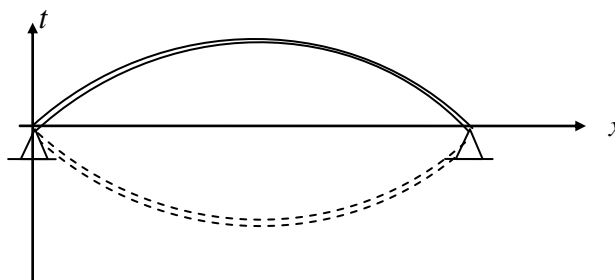


Рисунок 1 – Балка що вільно спирається

Головна відмінність поперечних коливань тонкої балки від поперечних коливань струни в тому, що балка чинить опір вигину [1]. Якщо на неї не діють розподільні зовнішні навантаження ми можемо прийняти, що врахування опору вигину призводить (замість хвильового рівняння) до рівняння четвертого порядку:

$$u_{tt} = \alpha^2 u_{xxxx}, \quad (1)$$

де  $u_{tt}$  – часткова похідна другого порядку за часом;  $u_{xxxx}$  – часткова похідна четвертого порядку за координатою;

$$\alpha^2 = K/\rho,$$

де  $K$  – модуль зсуву (чим більше  $K$ , тим жорсткіше балка, тим вище частота коливань),  $\rho$  – лінійна щільність балки (маса / од. довжини).

Розглянемо малі коливання тонкої балки, кінці якої вільно спираються на дві опори. Говорячи "вільно спираються", ми маємо на увазі, що кінці балки не переміщуються, але нахили балки в крайніх точках можуть змінюватися.

На кінцях балки повинні виконуватися граничні умови:

$$u(0,t) = 0, \quad u(1,t) = 0, \quad u_{xx}(0,t) = 0, \quad u_{xx}(1,t) = 0.$$

Використовуючи теорію тонких балок, можна показати, що згинальний момент в балці пропорційний величині  $u_{xx}$ , а згинальний момент у кінці що вільно спирається має дорівнювати нулю. Отже, зображена на рисунку 1 коливна балка описується наступною змішаною задачею ( $\alpha = 1$ ):

$$(\text{Рівняння часткових похідних}) \quad u_{tt} = -u_{xxxx}, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t < \infty,$$

$$\begin{array}{l}
 \text{(Кінцеві умови)} \\
 \text{(Початкові умови)}
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{l}
 u(0,t) = 0, \\
 u_{xx}(0,t) = 0, \\
 u(1,t) = 0, \\
 u_{xx}(1,t) = 0. \\
 u(x,0) = f(x), \\
 u_t(x,0) = g(x),
 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l}
 0 < t < \infty, \\
 0 \leq x \leq 1.
 \end{array} \quad (2)$$

Для вирішення цієї задачі скористаємося методом поділу змінних. Будемо шукати тільки періодичні рішення, тобто коливання виду (3), що означає, що константу поділу в методі розділення змінних ми взяли негативною.

$$u(x,t) = X(x)[A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)]. \quad (3)$$

Підставимо (3) в рівняння коливань балки і одержимо рівняння для  $X(x)$ , що в загальному вигляді записується як:

$$X(x) = C \cos \sqrt{\omega x} + D \sin \sqrt{\omega x} + Ech \sqrt{\omega x} + Fsh \sqrt{\omega x}.$$

Підставляючи загальне рішення в граничні умови, отримаємо коефіцієнти  $C, D, E, F$ , знайдемо власні частоти балки що вільно спирається  $\omega_n$  і фундаментальні рішення  $u_n$  (задовольняють рівнянню і граничним умовам (2)):

$$\begin{aligned}
 C = E = D = F = 0, \\
 \omega_n = (n\pi)^2, \\
 u_n(x,t) = X_n(x)T_n(t) = [a_n \sin(n\pi)^2 t + b_n \cos(n\pi)^2 t] \sin(n\pi x).
 \end{aligned}$$

Оскільки рівняння і граничні умови лінійні і однорідні, можна стверджувати, що сума (4) також задовольняє рівнянню і граничним умовам:

$$u_n(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \sin(n\pi)^2 t + b_n \cos(n\pi)^2 t] \sin(n\pi x). \quad (4)$$

Підставляючи (4) в початкові умови (2) і скориставшись ортогональністю сімейства функцій  $\{\sin(n\pi x)\}$  на відріжку  $[0,1]$ , знаходимо формули для коефіцієнтів:

$$\begin{aligned}
 a_n &= 2 / (n\pi)^2 \int_0^1 g(x) \sin(n\pi x) dx, \\
 b_n &= 2 \int_0^1 f(x) \sin(n\pi x) dx.
 \end{aligned} \quad (5)$$

Висновок. Таким чином, рішення змішаної задачі має вигляд (4), а коефіцієнти  $a_n$  та  $b_n$  знаходяться за формулами (5).

### Перелік посилань

1. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров [Текст]: учебное пособие для инженеров и специалистов – нематематиков, а также для студентов вузов / С. Фарлоу, Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 384 с.: ил.

**Біліченко Ю.М., к.т.н., доцент, Радочина Н.М. студентка гр. МВ-10**

*(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)*

## **АНАЛІЗ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ МЕМБРАННОГО ТИПУ**

Масове впровадження побутових лічильників газу в Україні розпочалось у 1994 році після прийняття Постанови Кабінету Міністрів України №421 від 17.06.94 р. [1]. Через відсутність на той час власного виробництва, в Україні впроваджувались мембранні лічильники зарубіжних фірм (зокрема, "Премагаз", Словаччина, "Метрікс", Польща, "Самгаз", Італія, "ШлюмбержеІндустрі", Франція).

На протязі 1995-1998р.р. виконано великий обсяг робіт по створенню та освоєнню серійного виробництва вітчизняних побутових лічильників газу. На сьогодні в Україні побутові лічильники газу виробляють двадцять підприємств.

Лічильники газу діляться на турбінні, роторні, мембранні, ультразвукові.

Роторний – це вже застарілий тип лічильника, але на даний момент він не рекомендується до установки, особливо, для комерційного газового обліку в житлово-комунальному секторі. В Україні була схвалена програма по заміні таких лічильників на мембранні. Причин на це було багато. Наприклад, груба помилка вимірювання під час експлуатації. Також до мінусів роторного лічильника відноситься підвищена шумність в процесі роботи і занадто висока чутливість до нечистого газу. Що стосується пожежо- та вибухонебезпеки, то на цьому ґрунті також виникають недоліки.

Мембранний лічильник (діафрагмовий, камерний)– лічильник газу, принцип дії якого заснований на тому, що за допомогою різних рухливих перетворювальних елементів газ розділяють на частки обсягу, а потім проводять їх циклічне підсумовування.

Лічильники газу мембранного типу мають значні переваги в порівнянні з приладами обліку газу, що експлуатуються в Україні:

- висока та довготривала стабільність точності вимірювання, підтверджена багаторічними результатами метрологічних перевірок газових господарств України;
- висока стійкість лічильників до дії факторів зовнішнього середовища, зокрема високих температур, під час експлуатації (20000°С);
- низька чутливість до забрудненого газу перевірена рядом наукових досліджень. За даними науково-дослідної роботи "Дослідження впливу якості газу на метрологічні характеристики побутових лічильників газу", проведеної УкрНДІнжПроект за участю УкрЦСМС на замовлення ДАХК "Укргаз" лічильники визнані стійкими до забруднення газу пилом (функціонували після впорскування в середину більше 160 г пилу);
- надстійка надтонка багатошарова синтетична мембрана, що працює в широкому діапазоні температур з найкращими показниками витривалості до перегинання та збереження форми використовується у виробництві лічильників газу. Мембрана витримує до 25 мільйонів циклів роботи у лічильнику. У нормативних документах на мембранне полотно, яке виготовляють в Україні та застосовують деякі виробники, передбачена можливість роботи тільки до 3,5 мільйонів циклів при плюсовій температурі;
- високий рівень безпеки виробу на протязі всього строку служби (не менше 20-ти років) забезпечується використанням поліуретанових герметиків та спеціалізованих клеїв-герметиків.

Існують три типи мембранних газових лічильників, що відрізняються максимально допустимою витратою газу, яка вимірюється ними. Дані лічильників наведені в табл. 1.

## Технічні характеристики мембранних лічильників

Технічні характеристики	Тип лічильника		
	1,6	2,5	4
Максимальна витрата газу $Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /год	2,5	4,0	6,0
Мінімальна витрата газу $Q_{min}$ , м <sup>3</sup> /год	0,016	0,025	0,04
Похибка лічильників в інтервалі від $Q_{min}$ до $2Q_{max}$	± 3,0 %		
Похибка лічильників в інтервалі від $2Q_{min}$ до $Q_{max}$	± 2,0 %		
Межа чутливості, дм <sup>3</sup> /год	1,0		
Максимальний тиск, бар	0,5		
Робочий інтервал температур, °С	20 - 60		

Побутові лічильники газу є засобами вимірювальної техніки, на які розповсюджується дія Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [2]. Як і інші аналогічні прилади лічильники газу підлягають обов'язковій періодичній повірці.

При повірці порівнюються метрологічні характеристики лічильника (в першу чергу – похибка вимірювання) з еталоном. Також перевіряється опір проходженню газу (падіння тиску), технічний стан лічильника. Рішення про непридатність до подальшої експлуатації може бути прийняте також при значному пошкодженні лакофарбового покриття корпусу лічильника, корозії корпусу.

Порівняння метрологічних характеристик з еталоном проводиться на різних режимах роботи лічильника – при мінімальній витраті газу, при витраті у 20% від максимальної, та при максимальній витраті. На всіх режимах роботи лічильника значення похибки вимірювання не повинно виходити за межі +3...-6% для лічильників, які знаходяться у експлуатації, та +3...-3% для нових лічильників.

Повірка лічильників газу проводиться з періодичністю, визначеною заводом виробником або уповноваженим органом Держспоживстандарту. Відповідно до спільного Наказу Мінпромполітики, НАК «Нафтогаз України» та Держспоживстандарту України №218 від 05.10.2004р. встановлено періодичність повірки лічильників, які належать фізичним особам і застосовуються обліку газу у побуті – мембранного типу через кожні 8 років, роторні лічильники повіряються 1 раз на 5 років. Мірний об'єм мембранного лічильника газу – герметичний, у роторного лічильника газу – не герметичний. Мембранні лічильники володіють низькою швидкістю тертя і обертання деталей, а роторні – великою швидкістю, це обумовлює термін міжповірочного інтервалу.

Висновок. Газові лічильники мембранного типу є найбільш розповсюдженими. В порівнянні з іншими лічильниками, саме цей тип відповідає всім вимогам до побутових лічильників газу. І за своїми технічними та метрологічними характеристиками газові лічильники мембранного типу набагато кращі за лічильники інших типів.

### Перелік посилань

1. Постанови Кабінету Міністрів України від 17.06.94 р. №421 «Про Програму виробництва засобів обліку витрачання паливно-енергетичних ресурсів і приладів регулювання систем електро-, водо-, тепло- та газопостачання на промислових підприємствах і в побуті».
2. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» ( Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1998, N 30-31, ст.194 )

Бурлаков А.О. студент гр. МВ-09

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

**ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЧОТИРИПОЛЮСНИКІВ**

Чотириполіусники і ланцюги, що складаються з декількох чотириполіусників, є основою тракту передачі і перетворення сигналів вимірювальної інформації. Теорія чотириполіусників дає можливість єдиним методом аналізувати системи, різноманітні за структурою і принципом дії.

Чотириполіусники називають активними, якщо всередині них містяться джерела енергії, і пасивними, якщо в них немає джерел енергії. Активний чотириполіусник може бути замінений еквівалентним йому пасивним за умови винесення за затиски останнього джерела ЕРС. Розглянемо параметри чотириполіусників при сталих синусоїдних струмах. У випадку несинусоїдних струмів є можливість їх розкладання за допомогою перетворення Фур'є на гармонійні складові. Залежності, що зв'язують між собою вхідні і вихідні напруги  $\dot{U}_1, \dot{U}_2$  та струми  $\dot{I}_1, \dot{I}_2$  чотириполіусників [1]:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A\dot{U}_2 + B\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = C\dot{U}_2 + D\dot{I}_2 \end{cases}$$

Для пасивних чотириполіусників виконується принцип взаємності, який встановлює зв'язок між вхідними і вихідними напругами і струмами, а, відповідно, і між параметрами чотириполіусника:

$$AD - BC = 1. \quad (1)$$

Існують наступні способи визначення параметрів чотириполіусників:

- розрахунковий – застосовується, коли відома схема внутрішніх з'єднань чотириполіусника і всі її параметри;
- дослідний – за допомогою схеми з підключенням амперметра, вольтметра і ватметра.
- заміщення – з використанням Т- або П-схеми.

Розглянемо дослідний метод визначення параметрів чотириполіусників.

Для визначення комплексних вхідних опорів дослідним шляхом складають схему (рис. 1).

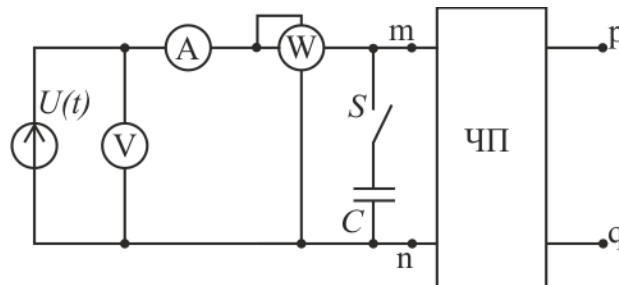


Рисунок 1 – Схема дослідження чотириполіусника

За допомогою такого експериментального ланцюга досліджують три режими роботи чотириполіусника:

1. Живлення з боку затискачів mp і розімкнутої гілки pq з боку навантаження, тобто режим холостого ходу:

$$\dot{I}_2 = 0, \underline{Z}_{1xx} = \frac{\dot{U}_{1x,x}}{\dot{I}_{1x,x}} = \frac{A}{C}.$$

2. Живлення з боку затискачів mn та короткого замикання pq:

$$\dot{U}_2 = 0, \underline{Z}_{1k,3} = \frac{\dot{U}_{1k,3}}{\dot{I}_{1k,3}} = \frac{B}{D}.$$

3) Живлення з боку затискачів pq та короткого замикання mn:

$$\dot{U}_1 = 0, \underline{Z}_{2k,3} = \frac{\dot{U}_{2k,3}}{\dot{I}_{2k,3}} = \frac{B}{A}.$$

Параметри  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  після відповідних перетворень обчислюються за наступними формулами:

$$A = \sqrt{\frac{\underline{Z}_{1x,x} \cdot \underline{Z}_{1k,3}}{(\underline{Z}_{1x,x} - \underline{Z}_{1k,3})\underline{Z}_{2k,3}}}; \quad B = A \cdot \underline{Z}_{2k,3}; \quad C = \frac{A}{\underline{Z}_{1x,x}}; \quad D = \frac{B}{\underline{Z}_{1k,3}}.$$

Параметри  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  є комплексними величинами і залежать від вхідного опору чотириполосника, який у свою чергу залежить від значень напруг та струмів, вимірюваних приладами, підключеними до схеми.

Особливістю цієї системи рівнянь є те, що вона замість точних значень опорів  $\underline{Z}$  містить результати вимірювань із випадковими похибками. Такі системи отримали назву систем умовних рівнянь.

Для оцінки точності невідомих параметрів чотириполосника необхідно враховувати, що вони є результатом непрямих вимірювань [2]. Похибки параметрів зазвичай визначаються як похибки опосередкованих вимірювань, але необхідно враховувати усі складові похибки. Далі виконаємо аналіз цих складових.

У загальному випадку похибка визначення коефіцієнтів чотириполосника обумовлена:

- систематичною похибкою вимірювання початкових параметрів, яка залежить від метрологічних характеристик вимірювальних приладів, зокрема їх класів точності;
- випадковою складовою похибки, що визначається як кількістю виконаних вимірювань, так і впливом випадкових величин неінформативного характеру;
- похибкою невідповідності моделі (методичною похибкою).

В наслідок цього можна зробити висновок, що точність оцінки параметрів чотириполосника залежить від метрологічних характеристик використаних приладів, умов вимірювань, кількості виконаних вимірювань та раціонального вибору моделі об'єкту дослідження.

### Перелік посилань

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. М.: Высшая школа, 1996.– 730с.
2. [Основи метрології та вимірювальної техніки](#) : Підручник у 2-х т. / Дорожовець М.М., Мотало В.П., Стадник Б.І., Василюк В.М., Борек Р., Ковальчик А.; За ред. д-ра техн. наук, проф. Б.Стадника, Основи метрології, Т.1. Публікація: Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005.– 680 с.

Долга О.Ю., асистент, Решетняк О.О. студентка гр.МВ-10

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗГУЩЕНОГО МОЛОКА

Виробництво молочних консервів є однією з найбільших індустріальних галузей молочної промисловості. Консервування молока, вершків та інших молочних продуктів проводять з метою збільшення строку зберігання і розширення асортименту. Виготовлення молочних консервів дозволяє використати всі корисні речовини молока. Це виробництво є практично безвідходним.

До того ж виробни, в яких використовується згущене молоко, є одними із найбільш улюблених ласощів споживача. Тому, цілком природно, що для виробників-кондитерів усе більше значення має якість даного інгредієнта.

Якість згущеного моллока залежить не тільки від хімічного складу і первинних властивостей початкового молока, але і від умов його вироблення і зберігання [1].

В Україні чинні п'ять державних стандартів на згущене молоко та продукти згущені:

- ДСТУ 4274:2003 «Молоко незбиране згущене з цукром. Технічні умови»;
- ДСТУ 6063:2008 «Молоко нежирне згущене з цукром. Технічні умови»;
- ДСТУ 4404:2005 «Молоко згущене стерилізоване в банках. Загальні технічні умови»;
- ДСТУ 4702:2006 «Продукт згущений з олією та цукром. Технічні умови»;
- ДСТУ 4699:2009 «Продукт згущений з соєвим екстрактом та цукром. Технічні умови».

Крім того, виробники можуть виготовляти продукцію за власними технічними умовами, вимоги яких не нижчі від тих, що передбачені державними стандартами.

Якість згущеного молока визначають за такими показниками: органолептична оцінка та фізико-хімічні показники.

Правила відбору проб згущених молочних продуктів для досліджування викладено в ГОСТ 3622 «Молоко і молочні продукти. Правила прийомки, відбору проб та підготовки проб до аналізу».

Основними методами оцінки фізико-хімічних показників є вимірювальний та розрахунковий методи.

Вимірювальний (лабораторний) метод заснований на використанні технічних засобів вимірювань. Він включає такі методи досліджень: фізичні, хімічні, мікробіологічні [2].

З фізико-хімічних показників у згущеному молоці і в згущених вершках визначають масову частку води, сахарози, сухих речовин (у тому числі жиру), кислотність, кількість олова і міді, наявність свинцю. Вимоги до фізико-хімічних показників для молока згущеного з цукром згідно ДСТУ 4274:2003 наведено у табл. 1 [3].

Масова частка вологи і кислотність не повинні бути вищими від норм, які наведені в стандартах, а сахарози, сухих речовин і жиру – нижчими від норм.

Таблиця 1

**Фізико-хімічні показники молока незбираного згущеного з цукром**

Назва показника	Норма	Метод контролю
Масова частка вологи, не більше, %	26,5	ГОСТ 30305.1
Масова частка сахарози, не менше, %	43,5	ГОСТ 29248, ГОСТ 30305.2
Масова частка сухих речовин молока, не менше, %	28,5	ГОСТ 30305.1
в тому числі жиру, не менше, %	8,5	ГОСТ 29247
Кислотність, не більше,	48,0	ГОСТ 30305.3
Кислотність в перерахунку на відсоток вмісту моло-	0,43	ГОСТ 30305.3



чної кислоти, не більше, %		
В'язкість свіжевиробленого продукту (до 2-х місяців зберігання), Па*с	3,0-10,0	ГОСТ 27709
Допустимі розміри кристалів молочного цукру, не більше, мкм	15,0	ДСТУ 4274

На різних підприємствах, на які поставляється згущене молоко для перевірки якості цього продукту використовують такі прилади, як рефрактометр, жиромір та люміноскоп. Рефрактометр використовується для перевірки згущеного молока на масову частку сухих речовин у ньому, та визначення вологи. Жиромір призначений для визначення масової частки жиру у згущеному молоці. Та люміноскоп може виявити неякісне згущене молоко, у яке додали рослинний жир.

На ринку сучасних засобів вимірювальної техніки існують фізико-хімічні аналізатори якості молока та молочних продуктів, які за невеликий проміжок часу перевіряють всі необхідні показники. Але більшість з них не придатна для вимірювання якості згущеного молока з цукром, що зазначається в інструкціях по експлуатації до них. Тому актуальним постає питання про створення універсального фізико-хімічного аналізатора якості згущеного молока з цукром.

За мікробіологічними показниками продукт повинен відповідати вимогам, що наведені в табл. 2.

Таблиця 2

#### Мікробіологічні показники молока незбираного згущеного з цукром

Назва показника	Норма	Метод контролю
Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г продукту, не більше	$2,5 \times 10^4$	Згідно з ГОСТ 9225
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в: споживчій тарі в 1,0 г продукту транспортній тарі в 0,3 г продукту	Не допускаються	ГОСТ 9225
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Сальмонела, в 25 г продукту S. aureus, в 1 г продукту	Не допускаються	Інструкція 1135 ГОСТ 30347

Мікробіологічні показники досліджують лабораторно методом титрування.

Висновки. Перевірка якості згущеного молока є надзвичайно необхідною у нашій державі, тому що воно є товаром масового вжитку, як серед дорослих, так і здебільшого серед дітей. В Україні якість цього продукту контролюється п'ятьма державними стандартами. На підприємствах згущене молоко можна перевірити такими приладами як рефрактометр, жиромір та люміноскоп. Відсутність універсального фізико-хімічного аналізатора ускладнює процес перевірки якості згущеного молока з цукром

#### Перелік посилань

1. Дмитриченко М.И. Экспертиза качества и обнаружение фальсификации продовольственных товаров. – СПб.: Питер, 2003. – 160 с.
2. Инихов Г.С, Брио Н.П. Методы анализа молока и молочных продуктов. - М.: Пищевая промышленность, 1971, – 210 с.
3. ДСТУ 4274:2003. НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ. Консерви молочні. Молоко незбиране згущене з цукром. Технічні умови. Замість ГОСТ 2903-78 - К. : Держспоживстандарт України, 2003- 18 с.

**Земляний В.С.** студент гр. **МВ-09**

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

## **ВІРТУАЛЬНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ТЕМПЕРАТУРИ**

Основною структурною одиницею інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) є вимірювальний канал (ВК), що представляє собою послідовний ланцюг вимірювальних компонентів або перетворювачів (ВП), сполучених каналами зв'язку. Метрологічні характеристики (МХ) відображають властивості ВК, що роблять визначальний вплив на результат і точність вимірювань. Якщо ІВС випускається і комплектується як єдине ціле, то в нормативному документі МХ ВК, а також методи їх контролю задаються в цілому. Якщо ІВС будується за агрегатним принципом, то тоді регламентуються розрахункові МХ ВК систем по МХ компонентів, що входять до їх складу, або нормують індивідуальні характеристики ВК систем та методи їх експериментального визначення [1].

Для експериментального визначення МХ ВК потрібна побудова моделі ВК. Процес побудови моделі ВК містить наступні етапи:

1. Складання змістовного опису.
2. Побудова моделі ВК.
3. Перевірка адекватності моделі ВК.

Змістовний опис може бути складено у результаті вивчення НД з урахуванням накопиченого досвіду спостережень за функціонуванням аналогічних ВК, або в результаті спостереження процесу і фіксації кількісних характеристик. У змістовний опис входить: постановка завдання, яке визначає мету моделювання; перелік шуканих величин із зазначенням їх практичного призначення і необхідної точності їх визначення; чисельні значення відомих характеристик і параметрів процесу. На підставі аналізу змістовного опису уточнюється номенклатура МХ [2].

Для розробки віртуального лабораторного стенду дослідження ВК температури використовувалось середовище графічного програмування LabVIEW. Запропонований лабораторний стенд (рис. 1) призначений для моделювання процесу визначення МХ ВК при поелементному способі перевірки. Згідно цього способу усі компоненти каналу підлягають контролю окремо, а загальна похибка (невизначеність) ВК оцінюється розрахунковим методом [3]. Поелементна перевірка агрегатних компонентів ВК базується на використанні зразкових багатозначних мір або зразкових засобів вимірювань. Розглянутий стенд передбачає останній варіант. Програмна реалізація дії ВП (термоелектричного перетворювача, нормалізатора, нормалізуючого групового пристрою) забезпечує моделювання реальних градувальних характеристик цих елементів за умов наявності систематичних та випадкових складових похибки.

Дані про температуру нагріву та рівень речовини у печі для подальшого розрахунку вводяться через регулятори типу *Numeric control* та *Dial* відповідно. Передбачений блок для ілюстрації процесу запуску та завантаження системи індикаторами типу *Grad bar*. У програмі при розрахунку часу встановлення температури до кінцевого значення враховуються фізичні властивості речовини залежно від температури нагріву. Для збереження даних передбачений блок запису вибірки даних для подальшої перевірки всіх ВП з моделюванням похибки, що виникає внаслідок роботи приладів та використання аналогових каналів передачі даних. Цей блок дає можливість запису даних у файл формату \*.txt для їхньої подальшої обробки.

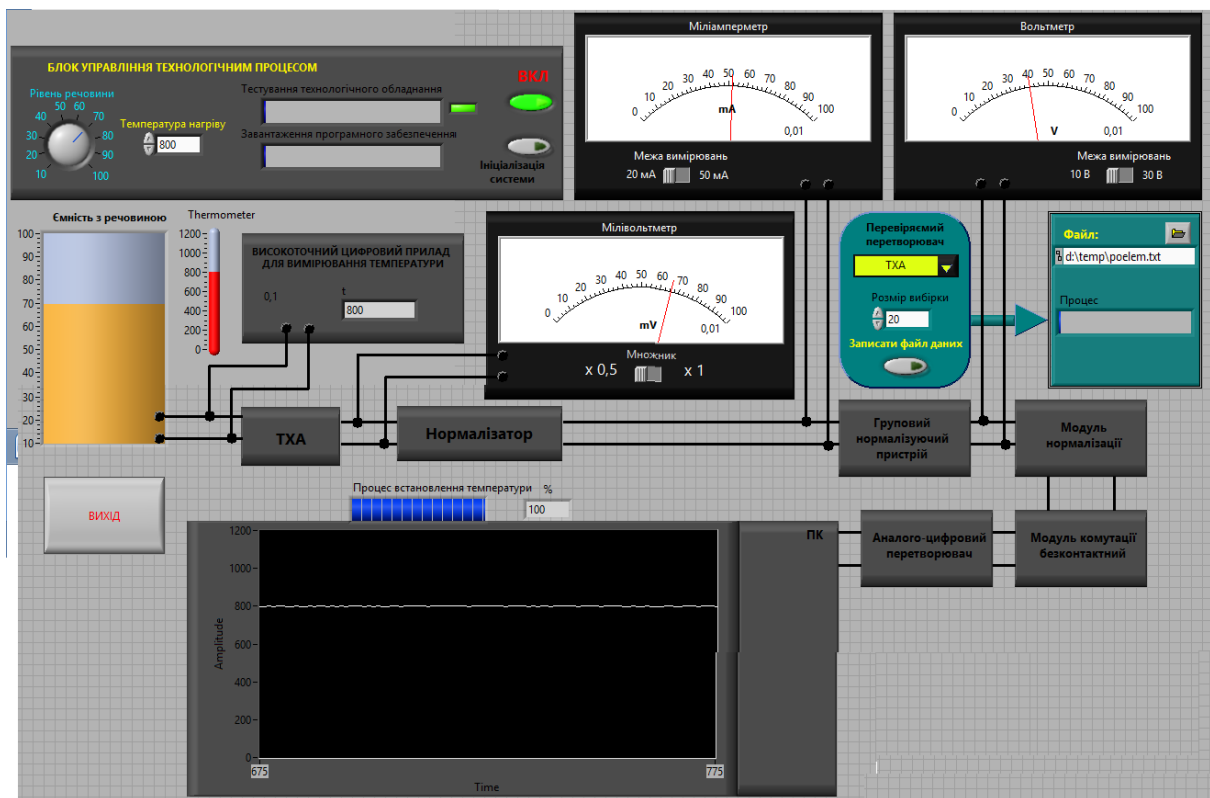


Рисунок 1 – Інтерфейс користувача віртуального лабораторного стенду для поелементної перевірки ВК температури

Запропонований віртуальний лабораторний стенд дозволяє виконувати поелементну перевірку ВК з метою встановлення МХ каналу. Стенд використовує програмні моделі МХ компонентів каналу, що відтворюють реальні властивості засобів вимірювань, яким притаманні адитивна та мультиплікативна складові основної інструментальної похибки, також врахований вплив випадкових похибок із різними типовими законами розподілу. Віртуальний лабораторний стенд використовується у навчальному процесі при виконанні дослідницьких лабораторних робіт з дисциплін «Інформаційно-вимірювальні системи» та «Віртуальні вимірювальні прилади» студентами, які навчаються в магістратурі. Стенд також може бути корисним для науковців та інженерів при вирішенні завдань оцінки точності технічних вимірювань та встановлення МХ засобів вимірювань шляхом експериментальної поелементної перевірки.

### Перелік посилань

1. Чернявский Е.А. и др. Измерительно-вычислительные средства автоматизации производственных процессов: Учебное пособие для вузов/ Чернявский Е.А., Недосекин Д.Д., Алексеев В.В., Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1998. – 272с.
2. Глухова Н.В. Віртуальний лабораторний стенд для дослідження метрологічних характеристик вимірювального каналу методом поелементної перевірки / Н.В. Глухова // Гірничя електромеханіка та автоматика. – 2011. – № 86. – С.63-68.
3. Глухова Н.В. Моделювання та експериментальне дослідження характеристик вимірювальних каналів з використанням віртуальних стендів / Н.В. Глухова, І.В. Коваленко, М.А. Дороніна // Системи обробки інформації. – 2011. – №6(96). – С.84-87.

Іванова Є.Д. ст. гр. МВ-10

Наук. керівник Корсун В.І., д. т. н., проф.,

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

## ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ СКАДОВИХ ПОХИБКИ КАНАЛУ ВИМІРЮВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО КОНТРОЛЮ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В ПРОКАТІ

Механічні властивості термозміцненої арматурної сталі регламентовані ДСТУ 10884-94. У тому числі вони залежать від точності дотримання температурно-швидкісних режимів примусового охолодження. Контроль за відповідністю механічних властивостей заданому класу міцності здійснюється епізодично, шляхом відбору зразків прокату з їх подальшими механічними випробуваннями. Від моменту взяття проб до одержання результатів випробувань проходить багато часу, за який процес термозміцнення може не відповідати заданому режиму або відхилятися від нього.

Важливою технічною задачею стабілізації механічних властивостей термозміцненого прокату є застосування засобів безперервного автоматичного контролю режиму термозміцнення безпосередньо на виході установки примусового охолодження. Це дозволяє оперативно контролювати хід процесу і, якщо необхідно, коригувати його параметри з мінімальною втратою часу.

Вирішення цієї задачі передбачає оснащення термоустановки системою електромагнітного контролю структуроутворення (СКС), яка дозволяє оцінювати механічні властивості готового прокату непрямим методом за товщиною мартенситного кільця в його перерізі у момент завершення примусового охолодження в процесі прокатки [1], [2].

Функціонально СКС складається (рис. 1) з датчика магнітної фази (ДМФ), з намагнічувальної (НО) і зчитувальної (ЗО) обмотки, комутатора (К), вузла гальванічної розв'язки (ВГР), аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) і керуючого обчислювального контролера (КОК).

Прокат, який рухається крізь ДМФ, періодично намагнічується магнітним потоком  $\Phi_m$  НО. Параметри підсистеми намагнічування вибрані так, щоб магнітна індукція в перетині прокату гарантовано перевищувала індукцію насичення сталі даної марки.

СКС оцінює товщину зовнішнього кільцевого магнітного шару в перерізі прокату шляхом контролю величини е.р.с.  $e_m$ , яка індуктується в ЗО ДМФ та пропорційна похідній залишкового магнітного потоку  $\Phi_r$  за часом  $t$ , і залежить від залишкової індукції  $B_r$  та площі намагніченого перетину  $S_m$  [3]

$$e_m = -W_{co} * \frac{d\Phi_r}{dt} = -W_{co} * S_m * \frac{dB_r}{dt},$$

де  $W_{co}$  - кількість витків ЗО.

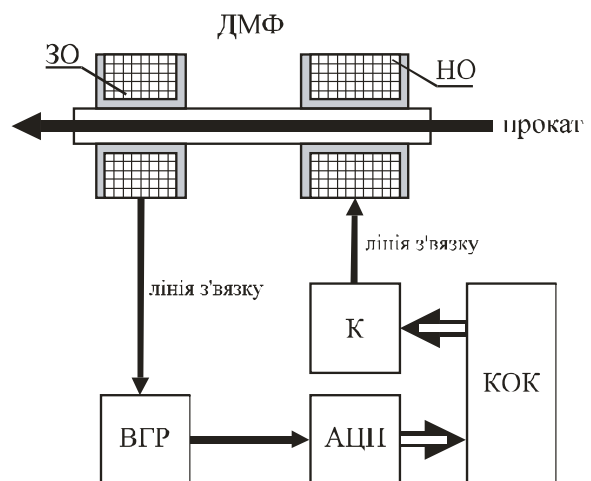


Рисунок 1. Структура СКС

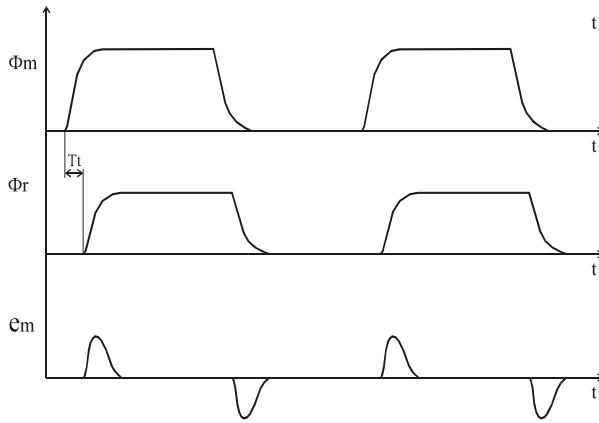


Рисунок 2. Принцип дії СКС

Так як потік  $\Phi_r$  постійний у середині намагніченої ділянки прокату, сигнал  $e_m$  складається з імпульсів різної полярності. Принцип дії СКС пояснює рис. 2. Зрушення за часом  $T_t$  між фронтами сигналів  $\Phi_m$  і  $\Phi_r$  обумовлено транспортним запізнюванням руху прокату крізь ДМФ між НО і ЗО.

Після оцифрування інтегральна величина сигналу  $U_u$  (площа, що обмежена імпульсом) визначається методом трапецій [4]:

$$U_u = \left( \frac{U_{e_m-0}}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} U_{e_m-i} \right) * 1000 / U_{\max} * (n-1), \quad (1)$$

де -  $U_{e_m-i}$  миттєве значення напруги в  $i$ -й момент часу;  $U_{\max}$  - максимальна вхідна напруга АЦП;  $n$  - кількість інтервалів на відрізку інтегрування.

Товщина зовнішнього кільцевого магнітного шару  $\delta$  розраховується за емпіричною формулою:

$$\delta = \frac{\Phi_r * 10^3}{\pi * d * W_{co}} = \frac{U_u * n * 2 * 10^{-4}}{\pi * d * W_{co}}, \quad (2)$$

де  $d$  - діаметр прокату.

У результаті аналізу структури та принципу дії СКС можна виділити наступні джерела похибок [5]:

1. Інструментальна похибка каналу вимірювання обумовлена похибками ВГР та АЦП;
2. Методична похибка обумовлена внутрішнім опором ЗО ДМФ, вхідним опором ВГР і опором лінії зв'язку;
3. Похибка непрямого вимірювання товщини зовнішнього кільцевого магнітного шару обумовлена розрахунками по формулах (1) - (2).

### Перелік посилань

1. Управляемое термическое упрочнение проката / И. Г. Узлов, В. В. Парусов, Р. В. Гвоздев, О. В. Филонов. – К.: Тэхника, 1989. – 118 с.
2. Исследование взаимосвязи показаний системы электромагнитного контроля процесса термоупрочнения с механическими свойствами проката на МС 250-5; Отчет о НИР / Национальный горный университет / НГУ / №ГР 0105U007001. – Днепропетровск, 2005. – 66 с.
3. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. 2-е изд.-М.: Мир, 1985.-520 с., ил.
4. Турчак Л. И. Основы численных методов: Учебн. Пособие.-М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1987.-320 с.
5. Рабинович С. Г. Погрешности измерений. –Л.:Энергия. 1987, -262 с., ил.

**Ковшов Г.Н., д.т.н., проф., Ужеловский А.В., аспирант.**

*(Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепропетровск, Украина)*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАНИЙ АКСЕЛЕРОМЕТРА ОТ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Постановка проблемы.** При бурении скважин на большую глубину важное значение для представления о пространственном положении бурового снаряда, имеет точность показаний датчиков зенитного и азимутального углов. Учет факторов, влияющих на точность показаний этих устройств, имеет важное значение, так как от этого в значительной степени зависят технико-экономические показатели бурения скважин. Одним из таких факторов является температура окружающей среды в которой они работают. Известно, что по мере углубления скважины температура на забое возрастает, примерно, на  $60^{\circ}\text{C}$  каждые 100 метров углубления [ 1 ]. В связи с этим представляется целесообразным исследовать степень влияния на точность работы датчиков, определяющих положение бурового снаряда в пространстве.

**Анализ исследований и публикаций.** Для определения пространственного положения бурового снаряда используются инклинометры [ 2 ].

В [ 2 ] показано, что для повышения точности измерений инклинометрами необходимо учитывать температурную погрешность их показаний, что как следствие, в свою очередь повысит точность траектории бурения скважины.

Фирмы-изготовители в технической характеристике на них указывают допустимую среднюю погрешность показаний в определенном интервале изменения температур. При этом, не указывается в каком именно интервале температур она увеличивается или уменьшается.

В связи с тем, что инклинометры, выпускаемые фирмами имеют различную конструкции, то можно предположить, что они и в разной степени реагируют на изменение температуры окружающей среды, а значит и имеют отличающиеся от других инклинометров характеристики, поэтому важно знать характер этой зависимости.

Наиболее точно учесть погрешность показаний можно сняв экспериментальную тарировочную характеристику инклинометров в лабораторных условиях и затем вносить поправки в получаемые результаты. Однако, это неудобно использовать при автоматизированном управлении бурения скважин.

В [ 3 ] предлагается при автоматизированном управлении проводкой скважины в алгоритм управления ввести дополнительный алгоритм, учитывающий температурную погрешность показаний инклинометра. При этом в дополнительном алгоритме предполагается, что зависимость показаний инклинометра от температуры может быть представлена в виде многочлена  $n$ -й степени. Приведен также пример для случая, когда температурная зависимость носит линейный характер.

**Целью** настоящей работы является исследование характера температурной зависимости показаний инклинометра и определение рационального метода получения уравнения этой зависимости.

**Основной материал.** Представляется целесообразным провести исследование на одном из серийно выпускаемых инклинометров с целью выявления характера его температурной зависимости, и в случае ее нелинейности определить уравнение какой степени наиболее точно ее отразит.

Исследования проводились на стенде, представляющем собой реальную конструкцию инклинометра, расположенного вертикально и помещенного в бурильную трубу

диаметром 40 мм. Изменение температуры окружающей среды осуществлялось от +24 °С до +130 °С. Для получения информации использовался компьютер, аппаратная платформа arduino программа, адаптированная для проведения эксперимента. Результаты измерений, в виде напряжения (мВ) пропорционального значению угла, записывались в таблицу, отражающую зависимость показаний инклинометра от температуры, и затем обрабатывались с использованием прикладной программы Excel.

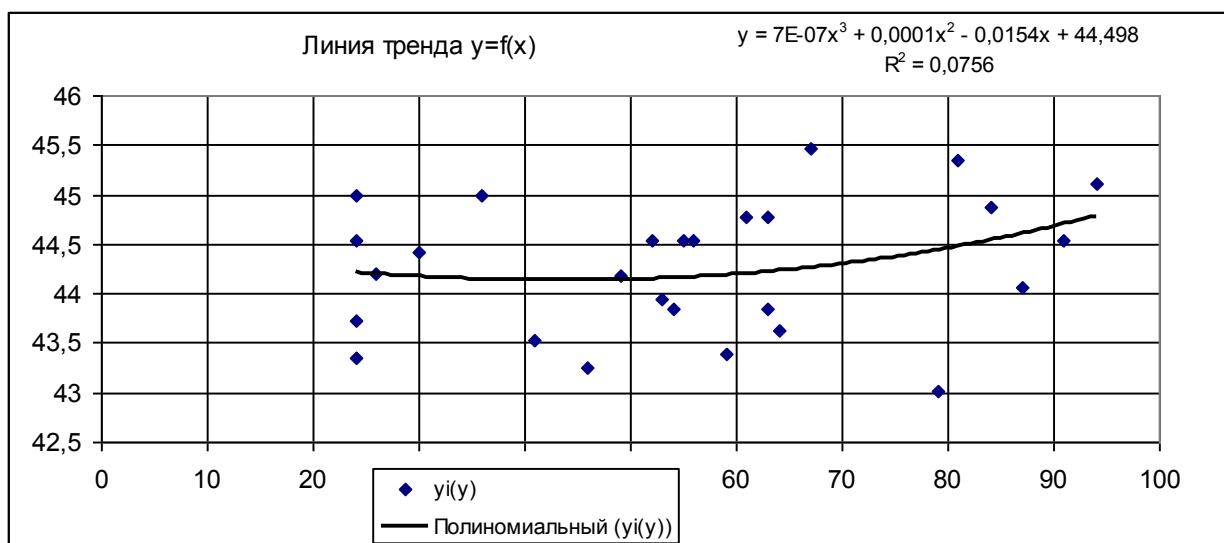
В виду того, что пользоваться табличной функциональной зависимостью показаний датчика от температуры при автоматизированном управлении неудобно, то ниже приводится попытка получения ее аналитической зависимости, то есть в виде формулы. Учитывая возможный разброс получаемых значений важно приблизить (аппроксимировать) реальную таблично заданную функцию зависимости показаний датчика от температуры аппроксимирующей функцией. Классическим является выбор алгебраических и тригонометрических многочленов, что обусловлено принципиальной возможностью приблизить ими непрерывную функцию с любой заданной точностью. Причем на практике используют многочлены по возможности меньшей степени. Это возможно, если функцию на рассматриваемом участке приближать в целом с определенной мерой погрешности. Чаще всего используют среднее квадратичное приближение с мерой погрешности.

Существует много методов определения параметров аппроксимирующей функции. Чаще всего используют метод наименьших квадратов, который сводится к нахождению неизвестных коэффициентов аппроксимирующего многочлена, путем получения минимального значения целевой функции.

Учитывая, что технология подбора аппроксимирующей функции в среде ЭТ (программы Excel) путем построения линий тренда, дает хорошее совпадение результатов в сравнении с указанным выше методом, ниже приведены результаты, аппроксимирующих функций и линий тренда, отражающих экспериментальные зависимости показаний датчиков от температуры многочленами разных степеней и значений достоверности аппроксимации.

Таблица 1

Аппроксимация выходных значений



## Литература

1. Ковшов Г.Н. «Инклинометры (основы теории и проектирования)» / Ковшов Г.Н., Алимбеков Р.И., Шибер А.В. – Уфа : ГИЛЕМ, 1998. – 380 с.
2. Ковшов Г.Н., Коловертнов Г.Ю. «Приборы контроля пространственной ориентации при бурении», УФА 2001. -228 с.
3. Аглиуллин Ю.Ф., Нугаев И.Ф. «Автоматическая система ориентации бурового инструмента// Электроника, автоматика и измерительная техника: межвузовский сборник научных трудов с международным участием. –Уфа: УГАТУ, 2011. - 331 с.



**Кучугура Л.А., студентка гр. МВ-09**

*(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ІМПУЛЬСНИХ ВИМІРЮВАНЬ У ПОШКОДЖЕННІ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ**

В процесі дослідження кабельних ліній виникає необхідність вирішити таку задачу як знаходження місця пошкодження лінії. Порушення електричної міцності ізоляції відбувається за різними причинами. Головними з них є: механічні чи корозійні пошкодження захисних оболонок, що призводить до порушення герметичності та попадання вологи в ізоляцію; заводські вади; вади монтування з'єднувальних та кінцевих муфт кабелів; осушення ізоляції; старіння ізоляції.

За допомогою імпульсного методу можна виміряти повну довжину кабельної лінії, визначити відстань до місця пошкодження, що має перехідний опір менше 200 Ом, а також відстань до розривів (розтяжок) жил кабелю [1].

Принцип імпульсного методу полягає в тому, що в пошкоджену кабельну лінію посилаються імпульси напруги (зондуючі імпульси), які, поширюючись по лінії, частково відбиваються від неоднорідностей хвилевого опору і повертаються до місця, звідки вони були послані.

За таким методом працює прилад ИКЛ-5, призначений для швидкого визначення точності імпульсних вимірювань в пошкоджених кабельних лініях і точного знаходження міста пошкодження кабелю.

Імпульсний метод заснований на вимірюванні інтервалу часу  $t_x$ , мкс, між моментом подачі імпульсу і приходом його відображення, що визначається по формулі [2]:

$$t_x = n \cdot c,$$

де  $n$  – кількість масштабних відміток на екрані приладу ИКЛ-5,  $c$  – ціна поділки масштабної відмітки, що дорівнює 2 мкс.

Відстань  $l_x$  від початку лінії до місця пошкодження знаходять, прийнявши швидкість поширення  $v$  імпульсу по кабелю рівній 160 м/мкс, за формулою:

$$l_x = t_x \cdot v / 2 = 2 \cdot n \cdot v / 2 = n \cdot v.$$

На відміну від петлевого і ємнісного методів за основу приймаються не довжина лінії, перетину її ділянок та інші фактори, що вносять похибки, а безпосередньо по екрану відлічується відстань до місця пошкодження (оскільки швидкість поширення імпульсу змінюється незначно), це дає значну перевагу у точності виміру. Також перевагою є можливість вимірювання при будь-якому складному характері ушкодження (з дотриманням умови, що перехідний опір у місці пошкодження не перевищує 200 Ом). Завдяки цьому забезпечується зручність, простота і швидкість вимірювань.

### **Перелік посилань**

1. ДЗО Как определить место повреждения в силовом кабеле. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1980.– 72 с., ил. – (Б-ка электромонтера; Вып. 497).
2. Шалыт Г.М. Прожигание изоляции силовых кабельных линий передачи импульсными методами. М.: Энергия, 1968.– 152с

**Негрійко М.В.** студентка гр.МВ-09

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

## ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ОПРОМІНЕННЯ ВІД МОБІЛЬНИХ ТЕЛЕФОНІВ

В даний час доведено, що електромагнітні хвилі стимулюють зміни на клітинному рівні, викликають порушення генного порядку, сприяють появі хворих клітин і хвороботворних пухлин. Електромагнітні поля також можуть викликати втрату пам'яті у тварин. Наприклад, ембріони курчат опромінені електромагнітними хвилями ставали втричі більш сприйнятливими до раку.

Вчені встановили, що мобільний зв'язок, як і будь-яке інше джерело шкідливого електромагнітного випромінювання (комп'ютер, телевізор, мікрохвильова піч або радіотелефон), є біологічно активним, тобто впливає на здоров'я людини. Причому, на думку медиків, цей вплив має "негативну спрямованість". Але, на відміну від інших приладів, мобільний телефон в момент роботи перебуває в безпосередній близькості від мозку і очей. Крім того, серед технічних засобів (наприклад, комп'ютер, телевізор або радіотелефон) немає таких, які могли б зрівнятися зі шкодою мобільного телефону за рівнем впливу на людину електромагнітного випромінювання. Електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону, що генерується трубкою, поглинається тканинами голови, зокрема, тканинами мозку, сітківкою ока, структурами зорового, вестибулярного і слухового аналізаторів, причому випромінювання діє як безпосередньо на окремі органи і структури, так і опосередковано, через провідник, на нервову систему. Вчені довели, що проникаючи в тканини, електромагнітні хвилі, викликають їх нагрівання. З часом це несприятливо позначається на функціонуванні всього організму, зокрема, на роботі нервової, серцево-судинної, а також ендокринної систем.

Рівні електромагнітного випромінювання, створювані об'єктами системи мобільного зв'язку, нормуються в Україні відповідно до Гігієнічних нормативів ГН 2.1.8./2.2.4.019-94 «Тимчасові допустимі рівні (ТДР) впливу електромагнітних випромінювань, створюваних системами мобільного радіозв'язку» (табл. 1) [1].

Таблиця 1

Категорія опромінення	Величина ТДРЕМВ	Примітка
Опромінення населення, яке мешкає на прилеглий території, від антен базових станцій.	ЩПЕГЗ=10 мкВт/м <sup>2</sup> (Щільність потоку енергії граничного значення)	
Опромінення користувачів радіотелефонів	ЩПЕГДР=100 мкВт/см <sup>2</sup> (Щільність потоку енергії гранично допустимого рівня)	Умови вимірювання: Вимірювання ЩПЕ слід проводити на відстані від джерела ЕМВ, відповідного розташуванню голови людини, що піддається опроміненню.

В Україні гранично-допустимий рівень електромагнітних променів (ЕМП), які працюють в імпульсному режимі, тимчасово, до розробки індивідуальних нормативів, складають 2,5 мкВт/см<sup>2</sup> або 3В/м (ці значення нормуються при тривалому використанні мобільного телефону). Ці дані вказуються в паспортних даних мобільного телефону, у

вигляді коефіцієнта питомого поглинання енергії SAR. Цікаво відзначити, що SAR досі офіційно не прийнятий в Україні в якості дозвільної санітарної норми для використання мобільних телефонів. Більш того, українські вчені мають власну думку щодо оцінки ступеня випромінювання мобільних телефонів. Так, за українськими санітарними нормами, жоден мобільний не придатний для застосування людиною, якщо притискати трубку до вуха. Рівень випромінювання в цьому випадку надто високий - в сотні разів вище санітарних норм, розроблених ще в СРСР. В одиницях СВ SAR визначається в ватах на 1 кг (Вт/кг). До недавнього часу верхньою межею коефіцієнта SAR у Європі вважалася величина 2 Вт/кг.

Загальноприйнята наступна градація величин SAR для мобільних телефонів:

Таблиця 2

Дуже низька опромінювальна здатність	SAR < 0.2 Вт/кг
Низька опромінювальна здатність	SAR от 0.2 до 0.5 Вт/кг
Середня опромінювальна здатність	SAR от 0.5 до 1.0 Вт/кг
Висока опромінювальна здатність	SAR > 1.0 Вт/кг

Дані про випромінювання при короткочасному впливі в паспортних даних не вказуються. Найвища доза випромінювання-при з'єднанні мобільного телефону з базою, під час виклику. Для того що б зменшити вплив випромінювань на організм людини необхідно використовувати відбивач, навушники(але не bluetooth, так як доза випромінювання збільшується в 2-3 рази). Мобільний телефон не повинен, знаходитися поблизу життєво важливих органів.

Для вимірювання опромінення використовується прилад ПЗ-33, призначений для контролю рівня електромагнітного поля на відповідність вимогам норм з електромагнітної безпеки. Прилад вимірює щільність потоку енергії електромагнітного поля в діапазоні частот від 0,3 до 4,0 ГГц.

Також використовують вимірювач електромагнітного поля АТТ-8509 забезпечений двома 3-осьовими датчиками, що дозволяє вимірювати параметри електромагнітних полів в широкому діапазоні частот від 100 кГц до 3 ГГц. Вимірювач електромагнітного поля АТТ-8509 призначений для моніторингу електромагнітних полів, що виникають від таких джерел як мобільні телефони, телевізійні антени, радіостанції, пристрої безпроводного зв'язку, медичне обладнання, мікрохвильові прилади, зварювальне обладнання, телебачення, комп'ютери, промислове обладнання, лабораторні установки та багатьох інших .

На сьогоднішній день, вплив який чиниться мобільними телефонами на здоров'я людини, вивчено дуже поверхнево. Можна буде з упевненістю говорити, що дана область вивчена, лише через кілька десятків років, коли змінитися хоча б одне покоління, прожив з мобільним зв'язком і буде хоч якийсь досвід. До цього не можна робити будь-які твердження із сто відсотковою впевненістю. Але недооцінювати небезпеку також не слід.

### Перелік посилань

1. Гігієнічних нормативів ГН 2.1.8./2.2.4.019-94 «Тимчасові допустимі рівні (ТДР) впливу електромагнітних випромінювань, створюваних системами мобільного радіозв'язку».
2. Вимірювач рівня електромагнітного опромінення. ПЗ-33 [http://www.eurolab.ru/izmeritel\\_p333](http://www.eurolab.ru/izmeritel_p333)
3. Електромагнітне поле та його вплив на здоров'я людини. [http://markiz.ucoz.ru/publ/ehlektromagnitnoe\\_pole\\_i\\_ego\\_vlijanie\\_na\\_zdorove\\_cheloveka\\_n\\_achalo/15-1-0-107](http://markiz.ucoz.ru/publ/ehlektromagnitnoe_pole_i_ego_vlijanie_na_zdorove_cheloveka_n_achalo/15-1-0-107)

**Омеліч Є.В.** студентка гр. **МВ-09**

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

### СПОСТЕРЕЖУВАНІСТЬ І ВИБІР КІЛЬКОСТІ РОЗМІЩЕНЬ ДЛЯ СИСТЕМИ З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Складною проблемою при зборі інформації і управлінні є обробка сигналів, одержуваних від датчиків або надісланих у виконавчі ланцюги регулюючих сигналів. Мета цієї обробки — підвищення точності, зниження рівня завад, більш ефективне використання апаратури і каналів зв'язку.

Для систем з розподіленими параметрами характерна залежність станів, управлінь та виходів від просторових координат. Природною моделлю в цьому випадку є рівняння з частковими похідними.

Розглянемо задачу керування нагрівом довгого тонкого стрижня. Процес нагріву уздовж осі  $z$  задається рівнянням [1]

$$\frac{\partial x(z, t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 x(z, t)}{\partial z^2} + u(z, t) \quad (1)$$

з граничними умовами

$$\frac{\partial x}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial x}{\partial z} \Big|_{z=1} = 0. \quad (3)$$

Нехай вимірювання вихідних координат здійснюється за допомогою термопар, розташованих в  $l$  фіксованих точках:

$$y_i = x(z_i^*, t), \quad i = 1, 2, \dots, l.$$

Стає завдання вибору оптимальної кількості та розташування окремих термопар для забезпечення спостережуваності системи. Почнемо з випадку одного вимірювання. Рішення задачі (1) - (3) має вигляд:

$$x(z, t) = a_0(t) + \sqrt{2} \sum_{n=1}^N a_n(t) \cos n\pi z,$$

$$u(z, t) = b_0(t) + \sqrt{2} \sum_{n=1}^N b_n(t) \cos n\pi z.$$

При цьому рівняння виходу має вигляд:

$$y_i(t) = a_0(t) + \sqrt{2} \sum_{n=1}^N a_n(t) \cos n\pi z_i^*, \quad i = 1, 2, \dots, l.$$

Введемо  $N+1$ -мірні вектори  $w$  і  $v$  і  $(N+1) \times (N+1)$ -матрицю  $A$ :

$$w = \begin{bmatrix} a_0(t) \\ a_1(t) \\ \vdots \\ \vdots \\ a_N(t) \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & -\pi^2 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & -4\pi^2 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & -N^2\pi^2 \end{bmatrix}, v = \begin{bmatrix} b_0(t) \\ b_1(t) \\ \vdots \\ \vdots \\ b_N(t) \end{bmatrix}.$$

Запишемо систему у вигляді:

$$\begin{aligned} w &= Aw + v, \\ y &= Cw, \end{aligned}$$

де  $w$  і  $v$  –  $N+1$ -мірні вектори коефіцієнтів  $a_n$  і  $b_n$  відповідно,  $A$  – матриця  $(N+1) \times (N+1)$ .

Матриця вимірювань  $C = l \times (N+1)$  визначається виразом:

$$C = \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} \cos \pi z_1^* & \sqrt{2} \cos 2\pi z_1^* & \dots & \sqrt{2} \cos N\pi z_1^* \\ 1 & \sqrt{2} \cos \pi z_2^* & \sqrt{2} \cos 2\pi z_2^* & \dots & \sqrt{2} \cos N\pi z_2^* \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \sqrt{2} \cos \pi z_i^* & \sqrt{2} \cos 2\pi z_i^* & \dots & \sqrt{2} \cos N\pi z_i^* \end{bmatrix}$$

Умова наближеної спостережуваності для  $N$  мод полягає в тому, що матриця

$$L_0 = [C^T \mid A^T C^T \mid \dots \mid (A^T)^N C^T]$$

має ранг  $N+1$ . У випадку одного датчика, розташованого в точці  $z_i^*$ , матриця спостережуваності приймає вигляд:

$$L_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ \sqrt{2} \cos \pi z_1^* & -\pi^2 \sqrt{2} \cos \pi z_1^* & \dots & (-1)^N \pi^{2N} \sqrt{2} \cos \pi z_1^* \\ \sqrt{2} \cos 2\pi z_1^* & -4\pi^2 \sqrt{2} \cos 2\pi z_1^* & \dots & (-1)^N (4\pi^2)^N \sqrt{2} \cos 2\pi z_1^* \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sqrt{2} \cos N\pi z_1^* & -N^2 \pi^2 \sqrt{2} \cos N\pi z_1^* & \dots & (-1)^N (N^2 \pi^2)^N \sqrt{2} \cos N\pi z_1^* \end{bmatrix}$$

**Висновки.** При нагріванні стрижня з одним датчиком температури спостережуваність буде забезпечуватися в тих випадках, коли точка вимірювання не збігається ні з одним із нулів власних функцій.

Для планування оптимального розташування вимірювань необхідний більш складний аналіз, так як є нескінченна безліч конфігурацій вимірювальної системи, що гарантують спостережуваність.

В нелінійних задачах спостережуваність встановити надзвичайно складно, тому всі наявні результати пов'язані з лінеаризацією і отриманням відповідних локальних умов, спостережуваності або ж з дослідженням спостережуваності іншим, яким-небудь більш складним чином з вихідною постановкою лінійної системи.

### Перелік посилань

1. Рей У.Х. Методы управления технологическими процессами. [Текст]: Монография / А.М. Шафир ; под. ред. к.т.н. С.А. Малой. – М.: Мир, 1983. – 368 с.

Рудейко А.М. студентка гр. МВ-09

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

## АНАЛІЗ ІМПУЛЬСНИХ СКЛАДОВИХ ЗАВАД ЗА ДОПОМОГОЮ ВІКОННОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є

В сьогоденному розвитку метрології значну увагу приділено цифровій обробці виміральної інформації [1, 2]. Перетворення сигналів з часової у частотну область широко використовується при обробці сигналів в каналах інформаційно-вимірвальних систем. Цифрова обробка сигналу забезпечує ефективне представлення, спрощує обробку та аналіз даних вимірювань, дозволяє провести ідентифікацію завад, знизити вплив на інформаційний сигнал систематичних та випадкових складових похибки.

Існує багато різноманітних методів цифрової обробки сигналу. Одним із відомих і розповсюджених методів цифрової обробки сигналу є віконне перетворення Фур'є (ВПФ). ВПФ надає інформацію щодо частоти в обмеженому часовому інтервалі для ситуацій, коли частотні компоненти сигналу змінюються необмежено у часі тоді, коли звичайне перетворення Фур'є надає інформацію, яка усереднена на всьому часовому інтервалі існування сигналу.

Віконне перетворення Фур'є задається формулою:

$$F[t, \tau] = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)W(\tau - t)e^{-i\omega\tau} d\tau ,$$

де  $f(\tau)$  – сигнал,  $W(\tau - t)$  – віконна функція.

Зазвичай в якості віконної функції використовується вікно Хемінга, вікно Ханна або вікно Кайзера. Формули для прямого та зворотного ВПФ у дискретній формі мають вигляд:

$$X_{ВПФ}[m, n] = \sum_{k=0}^{L-1} x[k]g[k - m]e^{-\frac{j2\pi nk}{L}} ,$$

$$x[n] = \sum_m \sum_n X_{ВПФ}[m, n]g[k - m]e^{\frac{j2\pi nk}{L}} ,$$

де  $x[k]$  – сигнал,  $g[k]$  – функція  $L$ -точкового вікна.

Віконне перетворення Фур'є, на відміну від звичайного перетворення Фур'є, вже є функцією від часу, частоти і амплітуди. Тобто воно дозволяє отримувати характеристику розподілу частоти сигналу (з амплітудою) у часі. Між розрішенням ВПФ за частотою та за часом існує принцип невизначеності. Тобто, вузьке вікно забезпечує добре розрішення у часовій області, але погане – у частотній, та навпаки. Часто ВПФ представляють у вигляді спектрограми – залежності інтенсивності амплітуди ВПФ від часу. Для дослідження властивостей віконного перетворення Фур'є використаємо віртуальний прилад (ВП) розроблений у програмному середовищі LabView. Побудуємо 512-точковий вхідний сигнал, який складається з трьох сигналів: 1) синусоїда з частотою 75 Гц, дискретизована з частотою 512 Гц; 2) сигнал з лінійною частотною модуляцією, частота якого зменшується від 200 до 120 Гц; 3) імпульсний сигнал з амплітудою 2, який з'являється на 500-й мілісекунді та розташований на 256 відліку. Блок-діаграма для реалізації віконного перетворення Фур'є у середовищі графічного програмування LabView зображена на рисунку 1.

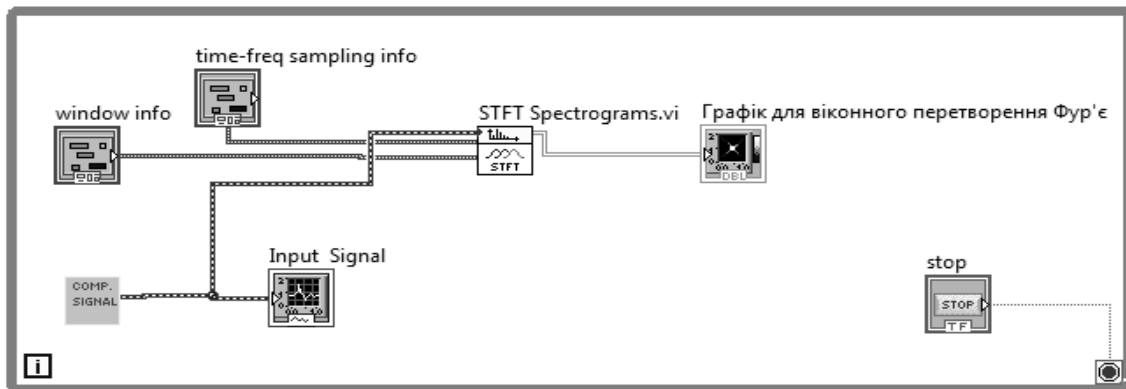


Рисунок 1 – Блок-діаграма віконного перетворення Фур'є

Для побудови такого віртуального інструмента необхідно згенерувати складний вхідний сигнал, який складається з синусоїди, сигналу з лінійною частотною модуляцією та імпульсний сигнал. Для організації віконного перетворення скористаємося інструментом Functions/ Signal Processing/ Spectral/ STFT. Також використовуємо вхід «Window», який вказує, який тип вікна використовується. Для даної програми застосовано вікно Хеннінга.

На графіку віконного перетворення Фур'є можна розпізнати присутність короткочасного імпульсу, що свідчить про наявність у складі інформативного сигналу імпульсної завади. Змінюючи ширину часового вікна отримуємо спектрограми з часовими вікнами різної ширини. При ширині часового вікна 16 можна побачити імпульс у момент часу, який відповідає 500 мс, тому що характеристики вікна відносно локалізовані у часі. Для цього вікна отримано добре розрешення у часовій області, але розрешення у частотній області настільки низьке, що частотні складові синусоїдного сигналу та сигналу з лінійною частотною модуляцією практично не відрізняються.

Це обумовлено принципом невизначеності Гейзенберга. В його основі лежить той факт, що неможливо точно сказати, яка частота присутня у сигналі в даний момент часу (можна говорити тільки про діапазон частот). У зв'язку з цим виникає проблема роздільної здатності. Роздільну здатність віконного перетворення Фур'є можна регулювати за допомогою ширини вікна. Отже, збільшення ширини частотно-часового вікна призводить до покращення розрешення за частотою та погіршення розрешення у часі. А з покращенням розрешення за часом виявляється складніше визначити момент виникнення імпульсу.

Висновок. Віконне перетворення Фур'є забезпечує отримання характеристик розподілу частоти та амплітуди сигналу у часі, дозволяє виявити періодичні та імпульсні складові сигналу вимірювальної інформації складної форми.

### Перелік посилань

1. Глухова Н.В., Коваленко І.В. Дослідження динамічних властивостей вимірювальних перетворювачів з використанням мікросистеми збору даних m-DAQ/OEM // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 1, С. 121-126.
2. Глухова Н.В. Применение методов фликкер-шумовой спектроскопии для обработки сигналов измерительной информации // Электротехнические и компьютерные системы. – 2012. – №06(82). С. 14-20.

**Тарасенко В.Г., к.т.н., доцент, Хведзевич А.В. студентка гр.МВ-10**

*(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)*

## **ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ПАЛИВА В РЕЗЕРВУАРАХ НА АЗС**

Рівнеміри й датчики рівня призначені для виміру рівня рідин з різними характеристиками. Область застосування датчиків дуже широка: вони використовуються в резервуарах і баках, трубопроводах, траншеях і надають інформацію про їх наповнення; застосовуються в якості кінцевих вимикачів для сигналізації про переповнення. В основі роботи лежать відомі фізичні принципи: різна щільність середовищ, відбиття від поверхні, різниця діелектричної проникності і т.п.

Для вимірювання рівня рідини застосовують поплавкові, буйкові, гідростатичні, ультразвукові, акустичні, ємнісні і радіоізотопні прилади [1].

Поплавкові рівнеміри. У поплавкових рівнемірах мається плаваючий на поверхні рідини поплавець, в результаті чого вимірюваний рівень перетворюється в переміщення поплавця. Ними можна вимірювати рівень рідини у відкритих ємностях.

Буйкові рівнеміри. У буйкових рівнемірах застосовується нерухомий занурений в рідину буйок, на який з боку рідини діє виштовхувальна сила. Кількість витісненої рідини залежить від глибини занурення буйка, тобто від рівня в ємності.

Гідростатичні рівнеміри. Гідростатичний спосіб вимірювання рівня заснований на тому, що в рідині існує гідростатичний тиск, пропорційний глибині, тобто відстані від поверхні рідини. Тому використовуються прилади для вимірювання тиску або перепаду тисків.

Ємнісні рівнеміри. Робота таких рівнемірів заснована на розходженні діелектричної проникності рідин і повітря. Ємність конденсатора залежить від рівня рідини, так як при його зміні від нуля до максимуму діелектрична проникність буде змінюватися від діелектричної проникності повітря до діелектричної проникності рідини.

Радіоізотопні рівнеміри. Такі рівнеміри застосовують для виміру рівня рідин і сипучих матеріалів в закритих ємностях. Їх дія заснована на поглинанні  $\gamma$ -променів при проходженні через шар речовини.

Ультразвукові та акустичні рівнеміри. Дія рівнемірів цього типу засноване на вимірі часу проходження імпульсу ультразвуку від випромінювача до поверхні рідини і назад. При прийомі відбитого імпульсу випромінювач стає датчиком. Якщо випромінювач розташований над рідиною, рівнемір називається акустичним; якщо всередині рідини - ультразвуковим.

Об'єм нафти і нафтопродуктів визначається у стаціонарних резервуарах, транспортних мірах повної місткості та технологічних трубопроводах, відградуєваних відповідно до вимог чинних нормативних документів Держстандарту [2].

Резервуари повинні бути відградуєвані згідно з відповідними нормативними документами. На кожному резервуарі повинна бути зазначена базова висота (висотний трафарет) – відстань від днища резервуара до верхнього зрізу кромки вимірювального люка.

Базова висота і нерівності днища вертикального резервуара, нахил корпусу горизонтального резервуара контролюються метрологічною службою. Результати вимірювань параметрів вертикального резервуара оформлюються протоколом.

Рівень нафти і нафтопродукту в резервуарах повинен вимірюватися металевими рулетками з лотом, метроштоками або стаціонарними рівнемірами, які забезпечують вимірювання з установленою нормою точності [3].

При обліково-розрахункових операціях забороняється користуватися засобами вимірювання рівня, які не пройшли повірку або метрологічну атестацію в органах Держста-



ндарту згідно з ДСТУ 2708 або ДСТУ 3215.

Метрологічні характеристики засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), що використовуються на АЗС для вимірювання рівня нафтопродуктів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

### Метрологічна характеристика ЗВТ

ЗВТ	Стандарт, ТУ	Границі вимірювань	Похибка
Рулетка з лотом	ГОСТ 7502	0 - 10 м, 0 - 20 м	2 і 3-й клас точності
Метрошкоки	ТУ У 22904204 - 002 - 96	0 - 2000 мм 0 - 4300 мм	±1 мм ±2 мм
Рівнеміри	ГОСТ 28725	0 - 12 м, 0 - 20 м	± 5 мм ± 10 мм

ЗВТ призначені для вимірювання рівня нафтопродуктів повинні бути виконані з урахуванням вимог пожежної безпеки АЗС згідно норм НПБ111-98. Автоматичні прилади повинні забезпечувати подачу звукових і світлових сигналів при досягненні критичних рівнів рідини в резервуарах та автоматичне відключення виконавчих механізмів.

Одним з прикладів сучасного ЗВТ для вимірювання рівня палива в резервуарі на АЗС може бути рівнемір ПМП-118-А108.

Його основні технічні та метрологічні параметри наведено в табл. 2.

Таблиця 2

### Технічні та метрологічні параметри рівнеміра ПМП-118-А108

Технічні параметри	Значення
Максимальна довжина (висота вимірювання рівня), мм	6000
Похибка вимірювання рівня, мм	±5
Діапазон температур, що вимірюється термодавачем, °С	-50...+99
Похибка вимірювання температури, °С	±0,5 (-20...+99); ±2 (-50... - 20)
Обчислення об'єму рідини в резервуарі	мається
Обчислення відносного заповнення резервуара (%)	мається
Автоматичний розрахунок градууювальної таблиці для горизонтальних циліндричних резервуарів з плоскими днищами	мається

Висновки. Існує велика кількість різноманітних способів вимірювання рівня рідин. Але більшість з них не придатна до вимірювання полива в резервуарах на АЗС. Це пов'язано перш за все з агресивним середовищем вимірювальної рідини, вимогами вихоро- та пожежної безпеки. Тому ЗВТ для АЗС повинні відповідати вимогам діючих нормативних документів. Рівнемір ПМП-118-А108 багатофункціональний засіб, що відповідає всім цим вимогам і має достатній рівень точності.

### Перелік посилань

1. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: підруч. для вищ. навч. закл. / Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець та ін. - Львів : Бескид Біг, 2008. - 615 с. : іл.
2. Інструкція про порядок приймання, транспортування, зберігання, відпуску та обліку нафти і нафтопродуктів на підприємствах і організаціях України. Наказ Мінпаливенерго України, Держспоживстандарту України 20.05.2008 № 281/155.
3. ГОСТ 28725-90 Приборы для измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Издательство стандартов. - 1991. - 12 с.

**Туманова Д.Ю., студентка гр. МВ-09**

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

## МЕТОДИ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ АПАРАТУ УЗД

Поразки мітрального клапана, що стенозують, змінюють його рух діастолі і легко можуть бути розпізнані за допомогою модальної для М-коду і двовимірної ехокардіографії. Патологія мітрального клапана, що супроводжується мітральною недостатністю, часто малопоміжна, і діагностувати її складніше. Проте у великій кількості випадків мітральної недостатності все-таки можна виявити її анатомічні причини за допомогою ехокардіографії [1].

Доплерівське дослідження грає дуже важливу роль в діагностиці мітральної недостатності будь-якої міри вираженості. Кращий метод пошуку мітральної регургіації – кольорове доплерівське сканування, оскільки воно володіє високою чутливістю, і його проведення не вимагає багато часу.

Кольорове доплерівське сканування дає інформацію про мітральну регургіацію в реальному масштабі часу. Для реєстрації мітральної недостатності і визначення міри її вираженості метод кольорового сканування по чутливості наближається до рентгеноконтрастної вентрикулографії.

Для оцінки міри тягара мітральної недостатності можна застосовувати двовимірні і доплерівські методи обчислення об'єму регургітивної крові.

При мітральній недостатності об'єм крові, який поступає з лівого шлуночку в аорту, менше об'єму, що поступає в шлуночок в діастолу. Різниця між значеннями ударного об'єму, обчисленими планіметричним (кінцева діастола мінус об'єм кінцевої систоли) і доплерівським (твір лінійного інтеграла швидкості кровотоку у виносачому тракті лівого шлуночку і площі виносачого тракту) способами, дорівнює об'єму регургітивної крові за кожен сердечний цикл. Проте ці обчислення дають велику помилку, оскільки планіметричні виміри занижують, а доплерівські – завищують значення ударного об'єму.

Формула розрахунку фракції регургітивного об'єму для оцінки рівня мітральної недостатності [2] (розрахунок фракції регургітивного об'єму ( $RF$ ) при мітральній недостатності) знаходиться с урахуванням наступних чинників: позиції в вимірі та довжині струменя регургіації і її площі, які розглянемо далі більш докладно.

Позиції і виміри:

1. Апікальна 2-камерна позиція. (Двокамерна позиція. Апікальний доступ: верхівка лівого шлуночку, мітральний клапан, відсутність структур правих відділів серця).
2. Апікальна 4-камерна позиція. (Чотирикамерна позиція. Апікальний доступ: Верхівка лівого шлуночку, міжшлункова перегородка, мітральний, тристулковий клапани).
3. Розкриття аортального клапана в модальному для М-коду режимі парастернально.
4. Аортальний кровотік з апікального доступу в постійно-хвилевому режимі.

Кількісна двовимірна ЕХОКГ (апикальний доступ) — набагато точніший метод оцінки фракції викиду ЛЖ. Після вибору стереометричної моделі ЛЖ, виробляють обчислення об'ємів ЛЖ, засноване на планіметричних вимірах по тому або іншому алгоритму. Як правило, використовують алгоритм Сімпсона (Simpson J.s., 1989), який також називають методом дисків.

При доплерівському дослідженні нормального мітрального клапана виявляється, що швидкість кровотоку через нього можна змалювати графічно буквою М. Іншими словами, кровотік має максимальну швидкість в ранню діастолу, потім майже припиняється і знов прискорюється під час передсердної систоли. Направити ультразвуковий промінь паралельно кровотоку через мітральний клапан удається найчастіше з апікального

доступу, який і використовують для доплерівського дослідження мітрального клапана. У нормі максимальна швидкість трансмітрального кровотоку ледве менша за 1 м/с.

Важкість недостатності лівого передсердно-шлуночкового клапана оцінюється по довжині струменя регургіації і її площі:

1. легка – довжина струменя до 1.5см і площі до 20%
2. помірна – довжина до 2.9 см, площа до 40%
3. середня – довжина до 4.4см, площа до 40%
4. важка – довжина більше 4.5 см, площа більше 40%.

#### **Розрахункові параметри:**

1. Площа отвору аортального клапана (*AVA*) — по діаметру його розкриття. (Відображує міру розкриття стулок аортального клапана в період скорочення шлуночків (систоли), під час викиду крові з лівого шлуночку в аорту. Межі норми: не менше 2.1 см<sup>2</sup>)

2. Фракція регургітивного об'єму (*RF*):

а) ударний об'єм (*Svp*) по Simpson

б) доплерівське обчислення ударного об'єму (*Svd*)

$$Svd = AVA \cdot VTI,$$

де *VTI* — інтеграл лінійної швидкості кровотоку через аортальний клапан [Інтеграл лінійної швидкості (*VTI*)] = [Час кровотоку (*ET*)] x [Середня швидкість кровотоку (*Vmean*)];

в) Розрахунок фракції регургітивного об'єму

$$RF = (Svp - Svd) / Svp.$$

Непрямими показниками міри тяжкості мітральної недостатності можуть служити розміри лівого передсердя і шлуночку. Крім того, підвищується тиск в легеневій артерії, який можна оцінити, вимірявши швидкість струменя трікуспідальної регургіації.

Слід мати на увазі, що при дослідженні дилатированного лівого передсердя відбувається втрата чутливості кольорового сканування на великій глибині, і можна недооцінити вираженість мітральної регургіації. Ширина струменя, що формується, на рівні клапана і розбіжність її на передсердній стороні клапана також дозволяють судити про міру мітральної регургіації [1].

Як правило, якщо за допомогою кольорового сканування мітральна регургіація не виявлена, то інші доплерівські методи для її пошуків вже не застосовуються. Проте при поганій візуалізації серця і кольорове сканування може виявитися недостатньо чутливим. У випадках, коли трансторакальна ехокардіографія технічно важка, а точне знання міри мітральної регургіації необхідне, показано проведення чрескишкохідної ехокардіографії.

#### **Перелік посилань**

1. Л.Д. Линденбрaten, И.П. Королюк "Медицинская радиология" М.: "Медицина", 2000.-640 с.
2. Митьков В.В. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике. – М., 1996.-1503 с.

Чорний С.І. старший викладач, Рись О.Г, Руденко А.О. студентки гр. МВ-10  
(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

## ФОРМУВАННЯ ПОХИБОК ФУНКЦІОНАЛЬНОЮ СХЕМОЮ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Відомі методичні підходи для оцінки похибок вимірювання. Вони наведені в книзі [1]. При вимірюванні температури різними технічними засобами [2], також можливе їх використання. Однак для ряду розроблених пристроїв, наприклад, пристрою для вимірювання температури електрообладнання [3] вони безпосередньо використовуватись не можуть.

В даній роботі поставлена задача аналізу формування похибок і розробка методики їх оцінки для узагальнюючої функціональної схеми вимірювання температури електрообладнання.

Так, пристрій для вимірювання температури електрообладнання [3] може бути представлений наступною узагальнюючою схемою (рис.1).

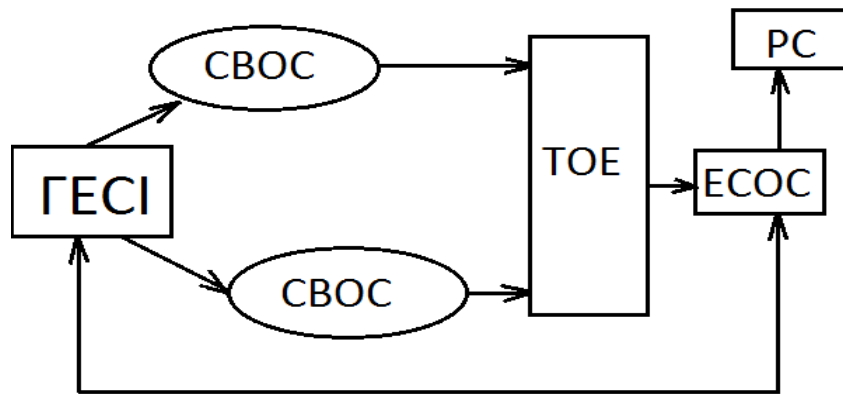


Рисунок 1 - Узагальнююча функціональна схема вимірювання температури:  
ГЕСІ – генератор електричних та світлових імпульсів; СВОС – світловодно-оптичні системи; ТОЕ – термооптичні елементи; ЕСОС – електронна схема обробки сигналів;  
РС – реєстратор сигналів

Функціональні зв'язки та елементи схеми мають наступні особливості. ГЕСУ включає електронні елементи і формує електронні та світлові імпульси. Світлові імпульси через СВОС попадають на ТОЕ. Після чого обробляються ЕСОС та подаються на РС.

Вимірювальним сигналам відповідають загальновідомі похибки вимірювань [1]:

- адитивна ( $\Delta_a$ ) – абсолютна похибка, яка не залежить від значення вимірюваної величини  $\Delta_a = \Delta_0$ . Результат вимірювання  $x = X + \Delta_0$ , де  $X$  – результат спостережень. Адитивні похибки характерні для електронних приладів. В нашому випадку вони будуть присутні в ГЕСІ, ЕСОС, РС;

- мультиплікативна ( $\Delta_m$ ) – абсолютна похибка, яка залежить від значення вимірюваної величини.  $\Delta_m = \delta_s \cdot X$ , де  $\delta_s$  – коефіцієнт пропорційності. Мультиплікативна похибка зумовлена похибками перетворення вимірювальних перетворювачів. Вимірювальні перетворювачі мають місце в СВОС та ТОЕ;

- похибка квантування  $\Delta_{кв} = x_{кв} - X = n_x \cdot q - X$ , де  $x_{кв}$  – квантовий рівень, якому відповідає номер  $n_x$  – крок квантування. Похибка квантування присутня в ГЕСІ та ЕСОС.

Поєднання в одному пристрої електронних кіл та оптичних елементів вимагає звернення загальної похибки до одних одиниць розрахунку. Автори вважають доцільним в якості такого показника взяти відносну похибку.

Тоді приймаючи гіпотезу невідомості розподілу похибок і відсутності кореляційних зв'язків між ними довірчі межі результату вимірювання [4]:

$$\delta = \kappa(p) \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}, \quad (1)$$

де  $\kappa(p)$  – коефіцієнт, який при довірчій ймовірності, наприклад  $P = 0.95$ , приймається рівним 1.1;  $\delta_i$  –  $i$ -та відносна складова похибки.

Аналіз функціональної схеми пристрою для вимірювання температури, приведеної на рис. 1, визначає, що в практиці вимірювань може поставати задача визначення результуючої сумарної похибки з урахуванням кореляційних зв'язків між її складовими. Тоді результуюча похибка може визначатися за формулою:

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2 + 2 \sum_{i \neq j} r_{ij} \delta_i \delta_j}, \quad (2)$$

де  $r_{ij}$  – коефіцієнт кореляції між  $i$ -ю та  $j$ -ю складовими похибки.

Формули (1), (2) можуть бути використані, як для електронних так і волоконно-оптичних складових пристроїв для вимірювання температури електрообладнання.

Висновки. При визначенні похибок вище приведених функціональних схем необхідно врахувати електричні і світловодно-оптичні системи. Розрахунок узагальнюючих похибок доцільно робити у відносних одиницях. Подальші дослідження доцільно проводити шляхом конкретизації формул для розрахунку відносних складових похибок.

### Перелік посилань

1. Дорожовець М. Оцінювання результатів вимірювань: Навч. посіб. /М. Дорожовець. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007.- 624 с.
2. Луцик Я.Т. Вимірювання температури: Теорія та практика/ Я.Т.Луцик, О.П.Гук, О.У. Лах, Б.І. Стадник. - Львів: Видавництво «Бескир Біт», 2006.— 560с.
3. Патент 61488, Україна; МПК G01J5/10;G01K7/16.Пристрій для вимірювання температури електрообладнання/С.І.Чорний, А.С.Довгань, В.В.Пікалова(Україна)-6с. Опубл.15.06.2006; Бюл. №-6.
4. Брянский Л.Н. Краткий справочник метролога. Справочник/ Л.Н.Брянский, А.С.Дойников. -М.Издательство стандартов, 1991.-79с.

Шнурко К.І. студентка гр.МВ-09

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

## ОЦІНКА ЯКОСТІ КОРОВ'ЯЧОГО МОЛОКА

Коров'яче молоко – продукт секреції молочної залози корови. Молоко містить масу корисних мікроелементів, вітамінів, білка. У першу чергу це вітаміни: А, С, РР, групи В: В1, В2, В3, В6, В12, В9, вітаміни Е, D і Н. Приголомшливий набір мікро- і макроелементів: кальцій, фосфор, сірка, магній, калій, натрій, хлор, залізо, цинк, йод, мідь, марганець, селен, фтор, хром, молібден. У коров'ячому молоці є лактоза, яка просто необхідна для роботи головних органів життєдіяльності людини: печінки, серця, нирок [1].

Вимоги до якості незбираного коров'ячого молока встановлені в ДСТУ 3662-97. Молоко коров'яче незбиране. Вимоги при закупівлі. Цей стандарт поширюється на незбиране сире товарне молоко під час закупівлі у молочних ферм, колективних сільськогосподарських підприємств, приватних і фермерських господарств незалежно від форми власності та видів діяльності, підприємствами з переробки молока, підприємствами-покупцями молока та приватними підприємцями і призначене до переробки на молочні продукти. Вимоги цього стандарту є обов'язковими.

Молоко повинно бути натуральним незбираним, чистим, без сторонніх, не властивих свіжому молоку присмаків і запахів. За зовнішнім виглядом та консистенцією молоко повинно бути однорідною рідиною від білого до ясно-жовтого кольору, без осаду та згустків [2].

За фізико-хімічними показниками молоко повинно відповідати вимогам наведеним у табл. 1 [2].

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники молока питного

Показник	Норма
Масова частка жиру, %	Від 1,0 до 6,0 включно
Масова частка білка, %, не менше ніж:	
- нежирного	3,00
- з масовою часткою жиру від 1,00% до 2,45%	2,90
- з масовою часткою жиру від 2,50% до 4,55%	2,80
Титрована кислотність, °Т, не більше ніж:	
- пастеризованого, пряженого	21
- ультрапастеризованого, стерилізованого	20
Густина, кг/м <sup>3</sup> , не менше ніж:	
- нежирного	1030
- з масовою часткою жиру від 1,00% до 2,45%	1028
- з масовою часткою жиру від 2,50% до 4,55%	1027
- з масовою часткою жиру від 4,60% до 6,00%	1023
Група чистоти, не нижче ніж	I

Контроль якості молока можна здійснювати за допомогою ультразвукового аналізатора якості молока «Лактан 1-4» – це новий вдосконалений аналізатор якості молока, що забезпечує високу продуктивність і зручність при проведенні аналізу. Він володіє можливістю визначення масової частки білка, жиру, доданої води, і щільності точки замерзання в пробі цілісного свіжого молока, консервованого, пастеризованого, знежиреного, відновленого молока та молока тривалого зберігання. Технічні характеристики ультразвукового аналізатора якості молока «Лактан 1-4» представлені в табл. 2 [3].

## Технічні характеристики

Найменування характеристики	Масова частка білка, %	Масова частка жиру, %		Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Масова частка доданої води, %	Точка замерзання
		0 ÷ 5	5 ÷ 10			
Діапазон вимірювання	1,5 ÷ 3,5	0 ÷ 10		1000 ÷ 1040	80 ÷ 1200	0 ÷ -0,52
Межі допустимих значень систематичної складової основної абсолютної похибки, %	±0,1	±0,05	±0,1	±0,3	±1	±0,01
Межі допускаються значень СКО випадкової складової похибки, %	±0,03	±0,02	±0,03	±0,2	±0,3	±0,003

Виміряти масову частку білка можна рефрактометричним методом. Цей метод заснований на встановленні різниці показників заломлення променя світла після проходження його через молоко і одержаної з нього безбілкової сироватки (для осадження білків використовують розчин хлориду кальцію і нагрівання проби).

Масову частку білків у молоці даним методом визначають на рефрактометрі РФ-464. Для вимірювання в 3 флакона наливають по 5 см<sup>3</sup> молока, додають по 6 крапель розчину хлориду кальцію. Флакони закривають пробками, перемішують шляхом перевертання флаконів і поміщають у водяну баню на 10 хвилин, витягують флакони і руйнують білковий згусток шляхом енергійного струшування флаконів.

Флакони вміщують у центрифугу і центрифугують не менше 10 хвилин. Утворену прозору сироватку відбирають піпеткою і наносять на вимірювальну призму рефрактометра 1-2 краплі.

Спостерігаючи в окуляр рефрактометра, спеціальним коректором прибирають забарвленість межі світла і тіні.

За шкалою «Білок» проводять не менше трьох спостережень. Потім сироватку з призми рефрактометра видаляють, поміщають на вимірювальну призму дві краплі досліджуваного молока і за шкалою «Білок» проводять не менше п'яти спостережень, так як різкість межі світла і тіні у молока гірше, ніж у сироватки.

Масову частку білка в молоці X<sub>1</sub> (%) обчислюють за формулою:

$$X_1 = X_2 - X_3,$$

де X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> - середнє арифметичне значення результатів спостереження за шкалою «Білок» для молока (%) і для сироватки (%) відповідно [4].

Висновки. Молоко характеризується наступними фізико-хімічними показниками: масова частка жиру, масова частка білка, титрована кислотність, густина. По зміні фізико-хімічних властивостей можна судити про якість молока. Для оцінки якості молока використовують спеціальні аналізатори якості молока.

### Перелік посилань

1. ДСТУ 3662-97. Молоко коров'яче незбиране. Вимоги при закупівлі.
2. Титов С.С. Товарознавство споживчих товарів. Теоретичні основи: Підручник для вузів. М.: Видавництво НОРМА, 2003. С. 150.
3. Науково-виробниче об'єднання «Техноком» [Електронний ресурс]: ультразвуковий аналізатор якості молока «Лактан 1-4». – Режим доступу: <http://www.tehno.com/product.phtml?uid=B00120033926>.
4. Обладнання для ветеринарії «Биоблок» [Електронний ресурс]: методи визначення білка, 2009. - [http://biobloc.ru/metody\\_opredeleniya\\_belka](http://biobloc.ru/metody_opredeleniya_belka).