

**СЕКЦІЯ 5**  
**АНАЛІТИЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

УДК 621.397

**НАГРІВАННЯ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ ЗМІННИМ СТРУМОМ ПРИ ЇЇ  
ТЕРМОГРАФІЧНОМУ КОНТРОЛІ**

*Божко К. М.*

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,  
м. Київ, Україна*

Термографія сонячних елементів (СЕ) є одним із основних методів контролю їх дефектів [1]. При цьому для створення теплового поля на поверхні СЕ застосовують нагрівання їх темновим струмом від зовнішнього джерела живлення. Найчастіше використовують нагрівання прямим темновим струмом. Використання методу для сонячних батарей (СБ) з номінальною вихідною напругою 12 В потребує виконання додаткових умов. По-перше, напруга має бути збільшена з 0,6 В до 22 В. Величина струму для окремого СЕ і батареї із послідовним з'єднанням багатьох СЕ є однаковою і сягає величини 12 А. Таким чином, для здійснення умов нагрівання потрібне відповідне регульоване джерело живлення, наприклад, із такими вихідними параметрами: 30 В, 15 А.

Нами запропоновано нагрівати СБ змінним струмом від лінійного автотрансформатора (ЛАТР). Вихідну напругу встановили рівною 26 В, що забезпечило потужність нагріву 100 Вт. Нами досліджено процес нагрівання СБ типу SR-M5033630 виробництва компанії Sunrise. Термограма нагрітої СБ дозволяє виявити місця локального перегріву (мають світле забарвлення на зображенні) над шинами, які послідовно з'єднують 36 СЕ (Рис. 1).

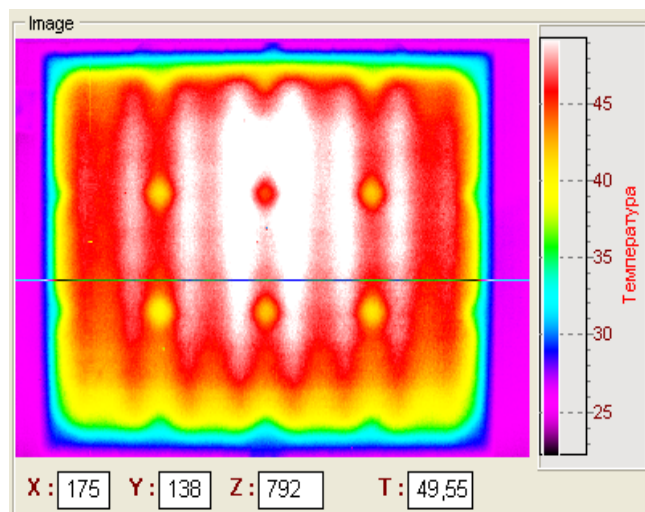


Рис.1. Термограма СБ при нагріванні змінним струмом

В результаті нами доведено, що процес нагрівання змінним струмом має однакову дію із нагріванням прямим постійним струмом, оскільки від'ємна частина синусоїди, яка відповідає зворотному струму, надає лише 3 мВт потужності нагріву і нею можна знехтувати.

#### **Література**

1. Breitenstein O., Warta W., Lagenkamp M. Lock-in Thermography. Basic and Use for Evaluating Electronic Devices and Materials. – Springer Heidelberg Dordrecht London New York. – 2010. – С.256.

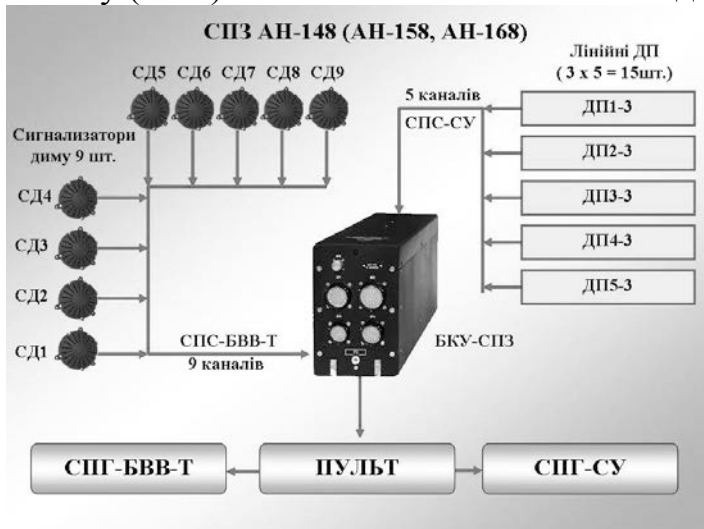
*Ключові слова:* сонячна панель, сонячна батарея, темновий струм.

УДК 629.7.067

### **СИСТЕМА ПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ЛІТАКА АН-148**

*Дашковський О. А., Дремлюга В. Я., Єременко С. І., Міхеєва І. Л., Скіцунов С. В.  
ПрАТ "Всеукраїнський НДІ аналітичного приладобудування" (ПрАТ "Украналіт"),  
м. Київ, Україна*

Вітчизняний пасажирський літак [Ан-148](#) вперше піднявся в небо у [2004](#) р. В [2010](#) р. піднявся в небо [Ан-158](#) - модернізована версія [Ан-148](#). Виробництво [Ан-148](#) розгорнуте в Україні та Росії. Структурна схема системи пожежного захисту (СПЗ) літака Ан-148-100 і його модифікацій представлена на рисунку.



СПЗ забезпечує: виявлення пожежі і перегріву у відсіках гондол двигунів основної силової установки (ОСУ); виявлення пожежі у відсіку допоміжної силової установки (ДСУ); виявлення пожежі і диму в багажно-вантажних відсіках і туалетах (БВВ-Т); гасіння пожежі у відсіках гондол двигунів і ДСУ; гасіння пожежі в підпільних багажно-вантажних відсіках.

Для СПЗ літака Ан-148 фахівцями ПрАТ "Украналіт" був розроблений блок контролю і управління системи пожежного захисту БКУ-СПЗ і оптичний сигналізатор диму СД. БКУ-СПЗ під час польоту приймає сигнали від 9-ти СД, які встановлені у багажно-вантажних відсіках і туалетах і від 5-ти каналів лінійних пневматичних датчиків пожежі/перегріву ДП типу 801TRSS (801DRSS) фірми "Meggit" (США), встановлених у відсіках ОСУ і ДСУ. У один канал паралельно включені три ДП. БКУ-СПЗ приймає також сигнали від сигналізаторів стану вогнегасників.

У випадку пожежі БКУ-СПЗ видає та розмножує сигнали про пожежу та дим для системи аварійної сигналізації (САС), системи керування загальнолітаковим обладнанням (СУОСО) і бортового пристрою реєстрування; формує команди керування вогнегасниками; видає в СУОСО сигнали про відмову системи пожежної сигналізації (СПС) силових установок та багажно-вантажних відсіків; передає сигнали в СУОСО та бортову систему технічного обслуговування у вигляді послідовного коду по кодовим лініям зв'язку.

Для гасіння пожежі у відсіках ОСУ і ДСУ встановлюється централізована система пожежогасіння, що складається з двох стаціонарних шестилітрових вогнегасників типу 1-6-3М, трубопроводів, що підводять до розпилювальних форсунок і колекторів.

*Ключові слова:* пожежний захист, літак, сигналізатор диму, датчик пожежі.

УДК 621.3.078

## ПЕРЕНОСНИЙ БАГАТОКОМПОНЕНТНИЙ ГАЗОАНАЛІЗАТОР

*Дев'ятко Г. О., Кучменко В. А., Лацис С. А.*

*ПрАТ "Всеукраїнський НДІ аналітичного приладобудування" (ПрАТ "Украналіт"),  
м. Київ, Україна*

Для визначення складу повітряного середовища і параметрів мікроклімату у приміщеннях свиноферм, ферм великої рогатої худоби, птахоферм та інших приміщень сільськогосподарського призначення з метою підвищення продуктивності виробництва, зменшення матеріальних витрат, а також покращення умов праці обслуговуючого персоналу створено переносний багатокомпонентний газоаналізатор 604 EX14C.

Автоматичний газоаналізатор 604 EX14C забезпечує одночасне вимірювання концентрації аміаку ( $\text{NH}_3$ ), сірководню ( $\text{H}_2\text{S}$ ), оксиду вуглецю ( $\text{CO}$ ), діоксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), а також температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у виробничих приміщеннях тваринницьких ферм.

Структурна побудова газоаналізатора є модульною, яка дозволяє розширювати ряд сполучень різних газів, що одночасно вимірюються, підвищити взаємозамінність модулів і спростити налагодження газоаналізатора.

Газові сенсорні модулі газоаналізатора являють собою конструктивно закінчені елементи приладу, до яких входять первинні електрохімічні перетворювачі (сенсори), схеми забезпечення їх роботи, а також схеми обробки сигналів, що надходять від сенсорів. Аналізоване повітря одночасно поступає в кожен сенсор газоаналізатора в безперервному дифузійному режимі, або подається за допомогою насосу.

Діапазони вимірювань газоаналізатора становлять:

$\text{CO}$  – 0...200 мг/м<sup>3</sup>;  $\text{NH}_3$  – 0...60 мг/м<sup>3</sup>;  $\text{H}_2\text{S}$  – 0...20 мг/м<sup>3</sup>;  $\text{CO}_2$  – 0... 1 об.ч.%

В газоаналізаторі передбачено сенсорні модулі для вимірювання температури, вологості та швидкості руху повітря. Спеціалізований контролер, який обробляє отримані від сенсорних модулів сигнали, має енергонезалежну пам'ять на 2000 вимірів, забезпечує відображення на рідинно-кристалічному цифровому табло приладу значення поточних вимірів концентрації газів, температури, вологості і швидкості руху повітря, роботу вбудованого насосу і зарядного пристрою та зв'язок із зовнішніми пристроями через порт RS232 за відповідним протоколом обміну.

Конструктивно газоаналізатор виконаний у вигляді окремих модулів, блоку газових сенсорів, і блоку живлення, що встановлені в єдиному корпусі.

Газоаналізатор живиться від акумуляторної батареї напругою 6 В та працює в діапазоні робочих температур від плюс 5 °С до плюс 40 °С.

*Ключові слова:* газоаналізатор, сенсор, концентрація, температура, вологість, вимірювання, обробка, аміак, сірководень, оксид вуглецю, діоксин вуглецю.

УДК 535.016

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ВИКОРИСТОВУЮЧІ ЯВИЩЕ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСУ

<sup>1)</sup>Добровольська А. О., <sup>2)</sup>Дорожнинський Г. В., <sup>2)</sup>Маслов В. П.

<sup>1)</sup>Серійний завод "АНТОНОВ", м. Київ, Україна,

<sup>2)</sup>Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова НАН України, м. Київ, Україна

Мастильні матеріали широко використовуються в сучасній технології для зменшення тертя та для охолодження, тому існує потреба контролю їх якості в процесі виробництва і в процесі експлуатації. Аналіз літературних джерел і власних досліджень показав, що в процесі експлуатації моторного мастила має місце приріст його показника заломлення, що в першу чергу пов'язане з його окисленням внаслідок контакту з агресивними середовищами і впливом температурних ударів від нагріву. На зміну показника заломлення моторного мастила істотно впливає потрапляння до його складу продуктів зносу механізму, в якому мастило працювало. Тому, метою роботи було визначити, наскільки сильно впливає тривалість експлуатації моторного мастила на його показник заломлення і чи можна визначити міру зносу механізму, в якому пропрацювало моторне мастило, аналізуючи значення показника заломлення.

Було запропоновано визначити показник заломлення за допомогою явища поверхневого плазмонного резонансу (ППР). Діагностуючі пристрої, працюючі на явищі ППР, мають високу чутливість до малих концентрацій досліджуваних речовин і високу точність вимірів.

Експериментальне дослідження виконано на ППР спектрометрі ПЛАЗМОН-71 розробленому в Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова НАН України. Чутливий елемент цього приладу представляє собою металеву плівку товщиною 48-50 нм в якій збуджуються поверхневі плазмони. Використовуючи цей прилад було проведено вимірювання показника заломлення мастил. В результаті виконання експериментальних робіт було встановлено, що використання сенсорних елементів працюючих на основі явища ППР дозволяє виконувати контроль якості мастил та технічного стану механізмів.

*Ключові слова:* явище поверхневого плазмонного резонансу, показник заломлення, чутливість.

УДК 535.016

## ЗАСТОСУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСУ В ДАТЧИКАХ ЗАДИМЛЕНОСТІ

*Дорожинський Г. В, Маслов В. П.*

*Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова НАН України, м. Київ, Україна*

Питання пожежної безпеки є дуже актуальним у наш час, особливо для авіаційної промисловості. Дотримання пожежної безпеки досягається не тільки виконанням вимог протипожежної безпеки персоналом підприємства, організації чи об'єкту авіаційної промисловості, а й технічним рівнем протипожежної системи до складу якої входять датчики задимленості. Принцип роботи більшості цих датчиків заснований на вимірюванні інтенсивності лазерного променя котрий проходить через зону можливої задимленості. У випадку наявності диму інтенсивність променя зменшується і спрацьовує система сповіщення про пожежу. Така система є недосконалою, так як має низьку чутливість і наявність пилу у повітрі в зоні проходження лазерного променя викликає хибне спрацювання системи сповіщення. Відомі також оптичні датчики задимленості, які вимірюють розсіяння лазерного променя на частках диму і мають більшу чутливість, ніж у датчиках, котрі описані вище. Такі датчики є малогабаритними, швидкодіючими, споживають невелику кількість електричної енергії. До недоліків належить те, що при наявності пилу також дають хибний сигнал, тому що не розрізняють частки пилу і диму.

Тому авторами запропоновано вдосконалити датчик задимленості шляхом використання додатково сенсорного елементу, робота якого заснована на явищі поверхневого плазмонного резонансу (ППР), що дозволить аналізувати зміну показника заломлення досліджуваного середовища з високою точністю.

Експериментальне дослідження виконано на ППР спектрометрі ПЛАЗМОН-71 розробленому в Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова НАН

України. Чутливий елемент цього приладу представляє собою тонку металеву плівку в якій збуджуються поверхневі плазмони.

В результаті виконання експериментальних робіт було встановлено, що додаткове використання сенсорних елементів ППР в датчиках задимленості дозволяє не тільки значно зменшити кількість хибних спрацювань внаслідок запилення зони вимірювання, але й додатково контролювати вміст оксиду вуглецю у повітрі, що дозволить визначати інтенсивність пожежі.

*Ключові слова:* датчик задимленості, датчик диму, сенсор, поверхневий плазмонний резонанс, протипожежна безпека, авіація.

УДК 543.27

## ВИРАЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН

*Івасенко В. М., Корнієнко Д. Г.*

*Національний Технічний Університет України “Київський політехнічний інститут”,  
м. Київ, Україна*

Одним з основних завдань у практиці моніторингу атмосферного повітря та джерел впливу на нього є вимірювання концентрацій шкідливих речовин у повітрі та валових викидів цих речовин в атмосферу з різних трубопроводів, димоходів тощо і порівняння їх з нормативними показниками: гранично допустимими концентраціями (ГДК) та гранично допустимими викидами (ГДВ) даних джерел.

Для проведення цих вимірювань та аналізу відібраних проб повітря використовують різноманітні газоаналізатори, переважна більшість яких дозволяє вимірювати об'ємну концентрацію домішок. У той же час при обчисленні валових викидів шкідливих речовин (г/с, т/рік) слід вміти переводити об'ємні концентрації у масові.

*Масовою* концентрацією домішки у газовій суміші називають відношення маси домішки до об'єму газової суміші (мг/м<sup>3</sup>).

*Об'ємною* концентрацією (об'ємною часткою чи вмістом) газової домішки у газовій суміші називають частину об'єму цієї суміші, яку б займала кількість даної домішки при тій самій температурі і парціальному тиску, що дорівнює загальному тиску газової суміші. Цю величину можна виразити у частках загального об'єму (об'ємна частка), відсотках (‰), проміле (‰) чи мільйонних частках (млн<sup>-1</sup>). У зарубіжних літературах для вимірювання об'ємних концентрацій речовини, особливо газів, використовують одиницю ppm (1 ppm = 1 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>). Так наприклад 1‰=10000 ppm.

Відповідно закону Авогадро, 1 моль будь-якої речовини у газовому стані при нормальних умовах ( температура 00С або 2730К, тиск 101,3 кПа або 760 мм.рт.ст.) займає 22,4 л (1 моль чисельно дорівнює молярній масі газу М, визначеній у грамах).

Користуючись законом Авогадро, отримуємо рівняння перерахунку об'ємних концентрацій в масові :

$$C_{мг / м^3} = \frac{C_{ppm} \cdot Mг / моль}{22,4л / моль}.$$

Наприклад 1ppm CO дорівнює:

$$C_{CO} = \frac{1ppm \cdot 28г / моль}{22,4л / моль} = 1,25мг / м^3.$$

Перераховані способи вираження концентрації газів. Наведений приклад переведення об'ємної концентрації у масову.

*Ключові слова:* масова концентрація, об'ємна концентрація, вимірювання.

УДК 543.681.2

### ЗАСТОСУВАННЯ СВІТОДІОДУ АЛ 307 ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПАРІВ АМІАКА

*Ковтун В. С., Яценко Я. О.*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
м. Київ, Україна*

В наш час, а саме в результаті розвитку промисловості виникла потреба в контролі багатьох хімічних речовин. Тому дуже перспективним був винахід, який відноситься до складових, що утворюють плівки для створення покриття на скляні вироби.

Зробили чутливу плівку, що включає в себе поліфенілсілоксан і розчинник. Відрізняється від інших вона тим, що їй властиво міняти колір (довжину хвилі пропускання), а так само збільшення адгезії і гідрофобності (свідоцтво № 1593130 13.03.89 р.). За допомогою макету для вимірювання зміни кольору вимірюють випромінену здатність в області зорового сприйняття (380-780 нм). Основною перевагою цих приладів є висока швидкість вимірювання.

Було проведено дослідження плівки в широкому спектрі випромінювання. Тому було вирішено створити установку для визначення спектру поглинання. Макет складається із мініатюрної лампочки ( Н19 - 04501 ) конденсору, кювети з досліджуваної плівкою і набором світлофільтрів, фотоприймача (типу ФЕУ-62). Але для створення малогабаритного приладу для визначення концентрації парів аміаку фотоприймач ФЕУ-62 має великі габарити. Нами проведено ряд експериментів зі світлодіодами( АЛ 307 Б-М, АЛ 307 В-М, АЛ 307 Д-М, АЛ 307 О-М), які при оберненому включенні виконують функції світлоприймачів. Аналогічні до ФЕУ-62 результати були показані майже всіма світлоприймачами, але найкращі результати були отримані при використанні світлодіоду АЛ 307 Б-М. Враховуючі його габарити 7,1x5 мм, його застосуванні при створенні малогабаритного приладу перспективніше.

Використання світлоприймача АЛ 307 Б-М з попереднім підсилювачем і

використанням аналогово-цифрового перетворювача (АЦП), дозволяє отримати цифровий сигнал пропорційний концентрації парів аміаку безпосередньо світлоприймачем.

*Ключові слова:* тонкоплівковий чутливий елемент, пари аміаку, світодіод АЛ 307 Б-М.

УДК 543.271.3

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОДІЮЧОГО ПОЛУМ'ЯНО – ІОНІЗАЦІЙНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРУ

<sup>1)</sup>Жужа А. В., <sup>1)</sup>Приміський В. Ф., <sup>2)</sup>Шаталов М. Г.

<sup>1)</sup> Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, <sup>2)</sup>ТОВ «Автокооприлад», м. Київ, Україна

Дія полум'яно - іонізаційного газоаналізатора (ПІД) заснована на ефекті іонізації молекул органічних сполук вуглеводнів у викидах автомобілів в полум'ї водню.

Для отримання найбільш якісного результату по вимірюванню концентрації вуглеводнів швидкодіючим полум'яно - іонізаційним газоаналізатором у викидах автомобілю необхідно вирішити технічну задачу, а саме – необхідно отримати відстань між колектором, що збирає іонізовані молекули при спалюванні сполук вуглеводнів у чистому водні та пальником, за допомогою якого горить полум'я. Складність полягає у тому, щоб обрати оптимальну відстань між пальником та колектором іонів вуглеводнів, оскільки при низькому розташуванні колектора, якість зіпсується перегрівом колектору, як наслідок знижується чутливість ПІД. При великій відстані, колектор не отримає всю кількість іонів, тому не буде необхідного результату по кількості вуглеводнів у пробі викидів автомобілю. Проведено експеримент по вдосконаленню відстані розташування колектора над пальником ПІД та виявлено точку максимальної ефективної відстані. На рис.1 наведено графік залежності вихідного сигналу від розташування колектора.

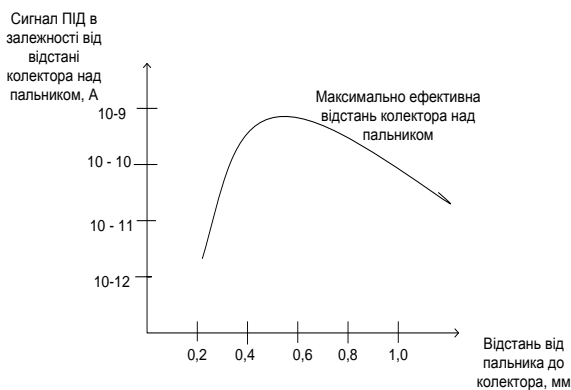


Рис. 1. Графік залежності вихідного сигналу від відстані колектора над пальником



*Ключові слова:* швидкодіючий ПД, колектор, пальник.

УДК 543.27

## БАГАТОКОМПОНЕНТНИЙ ГАЗОВИЙ АНАЛІЗ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТРИЦІ АДСОРБЦІЙНИХ СЕНСОРІВ

*Козубовський В. Р., Федак М. В.*

*Ужгородський Національний Університет, м. Ужгород, Україна,*

Однією з основних задач в області газового аналізу є розробка методик та приладів для оцінки, ідентифікації складу повітря в житлових та виробничих приміщеннях. За допомогою мультисенсорного масиву можливо вирішувати дану задачу з високим рівнем чутливості та селективності. Обробка результатів вимірювань окремих хімічних сенсорів і ряду незалежних датчиків може надати інформацію, необхідну для зменшення статистичних помилок і поліпшити як селективність, так і чутливість хімічних сенсорів або вимірювальних приладів.

Основна ідея полягає у використанні багатьох метал-оксидних датчиків різних типів і при різних режимах роботи нагрівника з можливістю застосування аналогії з обробкою даних живими організмами. Кожен метал-оксидний датчик легований по різному, в результаті чого оксид металу стає більш специфічним для конкретного виду газу. Відгук матриці датчиків відбувається у вигляді зміни провідності. Комбінація датчиків може визначати хімічні речовини, загальноприйняті для офісів, такі як клеї, розчинники, очищувачі для стекол, і алкоголь. За допомогою такої експериментальної комбінації датчиків може бути досягнута висока точність ідентифікації. Поєднання різних типів хімічних датчиків дозволяє поєднати їх відповідні діапазони виявлення, і таким чином забезпечити більш якісне детектування за допомогою простіших, менш селективних датчиків.

Активні матричні пристрої видають складні сигнали, які повинні бути оброблені, щоб виділити бажаний компонент інформації про хімічну речовину. Природно і ефективно об'єднувати сигнали такої системи за допомогою нейронної мережі, і використовувати аналітичні методи, які наслідують аналогічну біологічну систему типу нейрон. Нейронні методи виконують прості математичні операції у високо паралельних модах і придатні для масштабованої обробки недорогими мікроконтролерами. Слід зазначити, що швидкодія такої системи обмежується практично лише часом відгуку хімічних сенсорів, що відповідає одиницям секунд.

Обробка сигналів мультисенсорного датчика за допомогою нейронної мережі дає можливість значно підвищити селективність і чутливість датчика. Мультисенсорні датчики з такою системою обробки інформації можуть знайти широке застосування для контролю якості повітряного середовища, в харчовій промисловості для контролю якості продуктів харчування, для створення

мультисенсорних пожежних сповіщувачів, які використовують в якості аварійного сигналу зміну складу повітряного середовища.

*Ключові слова:* метал-оксидний сенсор, мультисенсорний масив, нейронна мережа.

УДК 543.082.08

## ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТОКСИЧНЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ МУСОРОСЖИГАЮЩИМ ЗАВОДОМ

*Максименко Ю. Н.*

*ЧАО «Всеукраинский НИИ аналитического приборостроения» (ЧАО «Укрналит»),  
г. Киев, Украина*

Стандартная система контроля выбросов токсичных газов предприятиями, сжигающими органическое топливо (котлоагрегаты теплоэлектростанций (ТЭС)), состоит из: многокомпонентного газоанализатора (МК ГА); устройства сбора и передачи информации об измеряемых газах (УСОИ); компьютера [1].

Компьютер выполняет функции запоминания полученной усредненной информации о концентрации всех измеряемых газов с привязкой ко времени измерений и предоставления ее в виде таблиц, графиков, диаграмм.

УСОИ принимает информацию о концентрации четырех токсичных газов ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ) в аналоговом виде, преобразует ее в цифровой код и передает в компьютер в формате RS-485 по кабелю витая пара пятой категории.

В состав МК ГА входит зонд газоотборный, линия транспортирования пробы, блок пробоподготовки (БПП), блок измерительный (БИ).

Зонд газоотборный, помещенный в газоход, служит для отбора газовой пробы из газохода и предварительной очистки ее от пыли, после чего проба подается линией транспортирования в БПП. В БПП происходит окончательная очистка пробы от пыли, а также многокаскадное удаление воды из пробы до точки росы  $+2^\circ\text{C}$ . В БИ инфракрасного (ИК) ГА происходит измерение изменения оптических ИК сигналов, прошедших через интерференционные фильтры и газовую кювету при наличии в ней анализируемой газовой пробы. В результате на четырех аналоговых выходах БИ появляются сигналы пропорциональные концентрациям четырех токсичных газов, которые передаются на УСОИ.

Отличительные особенности работы котлоагрегатов мусоросжигающих заводов (МСЗ) от котлоагрегатов ТЭС состоят в следующем:

- температура внутри котлов МСЗ существенно ниже, чем котлов ТЭС;
- в качестве органического топлива чаще всего используется природный газ, изредка – мазут. Угольная пыль в качестве топлива не используется;
- состав газовых компонент, кроме стандартных продуктов сжигания вышеупомянутого органического топлива, существенно изменяется в

- связи с неконтролируемыми сжигаемыми материалами в котлах МСЗ;
- пыль, выбрасываемая МСЗ, имеет иной химический, фракционный и физический состав.

Данные особенности сформировали определенные требования к построению структуры системы контроля выбросов МСЗ, что и приведено в работе.

**Литература:**

1. Довготелес Г.А., Максименко Ю.Н., Попутников А.Б. Контроль выбросов вредных газов котлов ТЭС// Энергетика и электрофикация.-2005.-№5.-с.48-49.

*Ключевые слова:* экология, системы контроля выбросов токсичных газов.

УДК 621.307.13

ПОХИБКА БІСПЕКТРАЛЬНОГО ТЕЛЕВІЗІЙНОГО ПІРОМЕТРА ВІД  
НЕРІВНОМІРНОСТІ ЧУТЛИВОСТІ СВІТЛО-ЕЛЕКТРИЧНОГО  
ПЕРЕТВОРЮВАЧА

*Маркін М. О.*

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",  
м. Київ, Україна*

Телевізійні пірометри, які забезпечують виборку тисяч точок в реальному масштабі часу з найвищим на сьогодні просторовим розрізненням, є адекватним засобом контролю динамічних температурних полів складної форми.

В роботі враховані особливості телевізійних засобів вимірювання, пов'язані з тим, що значення еквівалентної довжини хвилі ( $E_{\text{кДХ}}$ ) приладу можуть виявитися різними для різних ділянок світло-електричного перетворювача (СЕП). В телевізійній пірометрії, де зображення об'єкту може займати значну частину мішені СЕП, це може привести до додаткових похибок вимірювання температури. Вплив нерівномірності чутливості СЕП на формування сигналу можна визначити наступним чином.

Нехай пікселом  $a$  формується сигнал  $A_a$

$$A_a = \frac{A_a(\lambda_1, T)}{A_a(\lambda_2, T)} = \frac{K_a(\lambda_1)L(\lambda_1, T)}{K_a(\lambda_2)L(\lambda_2, T)}, \quad (1)$$

де  $K_a$  – коефіцієнт нахилу світлосигнальної характеристики.

Пікселом  $b$  внаслідок нерівномірності може бути сформований дещо інший сигнал  $A_b$

$$A_b = \frac{A_b(\lambda_1, T)}{A_b(\lambda_2, T)} = \frac{K_b(\lambda_1)L(\lambda_1, T)}{K_b(\lambda_2)L(\lambda_2, T)}, \quad (2)$$

де  $K_b$  – коефіцієнта нахилу світлосигнальної характеристики.

Прологарифмувавши формули (1) та (2) отримаємо наступні вирази для визначення ЕкДХ, які враховують особливості груп пікселів  $a$  та  $b$

$$\lambda_{ек(a)} = \frac{C_2}{T \left[ \ln A_a - \ln \frac{K_a(\lambda_1)}{K_a(\lambda_2)} \right]}; \quad (3)$$

$$\lambda_{ек(b)} = \frac{C_2}{T \left[ \ln A_b - \ln \frac{K_b(\lambda_1)}{K_b(\lambda_2)} \right]}. \quad (4)$$

Отже, ЕкДХ для різних груп піксел може бути неоднаковою за рахунок відмінності значень коефіцієнта нахилу світлосигнальної характеристики ПЗЗ матриці. Тому необхідно визначати ЕкДХ для кожного пікселя окремо, або хоча б мінімум для груп піксел.

*Ключові слова:* телевізійний пірометр, похибка.

УДК 621 307 13

## ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ С ПОМОЩЬЮ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

*Маркина О.Н.*

*Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина*

Во всем мире идет стремительное развитие микро и нанотехнологий в научном, техническом и прикладном плане. Повышение уровня измерений в перспективных наукоемких технологиях достигается в результате проведения фундаментальных теоретических и экспериментальных исследований, направленных на создание и внедрение методов и высокоточных средств измерений.

Предлагаемый способ измерения шероховатости поверхности может быть использован на приборостроительных предприятиях, в частности, для контроля оптических деталей.

Предложенный способ достигается тем, что способ измерения шероховатости поверхности, в котором контролируемую поверхность, освещают лазерным лучом в видимой области спектра. Затем сравнивают зеркальную и диффузную составляющие отраженного под углом, равным углу падения, излучения которое отличается тем, что изображение отраженного излучения фиксируется телевизионной камерой и подается на дисплей компьютера (ноутбука, планшета и т. д.). Затем на компьютерном изображении определяется градиент яркости и сравнивается с аналогичными показателями для эталонных поверхностей с известными значениями шероховатости.

Положительный эффект предлагаемого способа заключается в том, что отсутствуют механические вращения блоков измерительной системы, система ограничена минимальным количеством устройств, а именно только камерой и компьютером (ноутбук или планшет).

Предложенный способ имеет:

- возможность оперативного, мобильного контроля, который проводит оператор в условиях производства;
- реализация способа значительно дешевле, чем известных способов;
- при необходимости информация, полученная в результате измерения, может быть задокументирована.

#### **Литература**

1. Маркіна О.М. Визначення геометричних розмірів мікрооб'єктів за допомогою телевізійних вимірювальних систем / М.О. Маркін, Ю.А. Агінський // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування, – 2013. – Вип. 46. – С. 64-70.

*Ключевые слова:* измерение шероховатости поверхности, телевизионная информационно-измерительная система.

УДК 681.5.017

## ГАЗОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗАТОР АЗОТОВОДНЕВОЇ СУМІШІ

*Матіко Г. Ф., Крих Г. Б., Парілович Г. Є.*

*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*

Одним із найважливіших продуктів хімічної промисловості є аміак. Його використовують для виробництва азотних добрив, вибухових речовин, полімерів, нітратної кислоти тощо. Основною сировиною для виробництва аміаку є природний газ, альтернативою є метод глибокого охолодження коксового газу.

Виробництво синтетичного аміаку складається з трьох основних технологічних стадій: отримання азотоводневої суміші, очищення її від домішок та синтез аміаку. Відхилення складу азотоводневої суміші від оптимального стехіометричного співвідношення призводить до зменшення виходу синтезованого аміаку.

Отже, однією з основних умов підвищення ефективності промислового виробництва аміаку є можливість отримання достовірної інформації про склад азотоводневої суміші.

Вирішити вказані задачі контролю можна за допомогою газодинамічних дросельних аналізаторів, які характеризують високою надійністю, простотою конструктивної реалізації, низькими затратами на виготовлення і експлуатацію, широким діапазоном застосування.

Авторами запропонована модель газодинамічного дросельного аналізатора азотоводневої суміші з діапазоном вимірювання 0÷30% об. N<sub>2</sub> в H<sub>2</sub>, який

побудований на мостовій дросельній схемі із протилежно включеними ламінарними та турбулентними дроселями та дифманометром у вихідній діагоналі. Розраховані оптимальні конструктивні параметри дросельних подільників, що забезпечують максимальну чутливість вимірювання та рівновагу мостової схеми на початку діапазону вимірювання.

Встановлено, що максимальна зміна вихідного сигналу мостової вимірювальної схеми на ламінарно-турбулентному та турбулентно-ламінарному подільниках при  $P_{вх} = 200\text{кПа}$ ,  $P_{вих} = 110\text{кПа}$  та  $T = 313\text{К}$  для газової суміші “ $\text{N}_2 + \text{H}_2$ ”, становить  $\Delta P = 10244 \text{ Па}$ , що є вдвічі вищою, аніж при застосуванні одного з цих подільників.

На основі вказаної моделі для отриманих конструктивних параметрів дроселів та фізичних властивостей азотоводневої суміші визначена розрахункова градувальна характеристика аналізатора. Проаналізовано вплив неінформативних параметрів на вихідний сигнал аналізатора та встановлено, що для усунення їх впливу у схемі аналізатора слід забезпечити стабілізацію тиску живлення та температури газової суміші.

*Ключові слова:* аміак, азотоводнева суміш, газодинамічний аналізатор, мостова схема, чутливість.

УДК 621. 752. 4

## ВОЛОГІСТЬ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Медяний Л. П.*

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,  
м. Київ, Україна*

Залежно від стану тканини і оточуючих умов можливе як поглинання, так і віддавання вологи.

Здійснено експериментальне визначення спектрограм відбитого випромінювання різних типів тканин при рівноважній вологості відповідній відносній вологості повітря (Рис.1).

Вимірювання проводилось на спектрофотометрі Hitachi за допомогою спеціальної приставки з фотометричною кулею. Аналіз спектрограм дозволяє зробити висновок, що випромінювання з довжиною хвилі 1,92 мкм поглинається приблизно на 15 % при збільшенні вологості тканини на 20 %. Отримані результати дозволяють проектувати прецизійні вимірювачі вологості тканин.

Вимірювання здійснюють на двох довжинах хвиль. Один потік випромінювання повинен мати «аналітичну» довжину хвилі 1,92 мкм відповідній максимуму поглинання води, другий потік випромінювання –

«опорну» довжину хвилі нечутливу до води але близьку до аналітичної, наприклад 1,7 мкм (Рис.1).

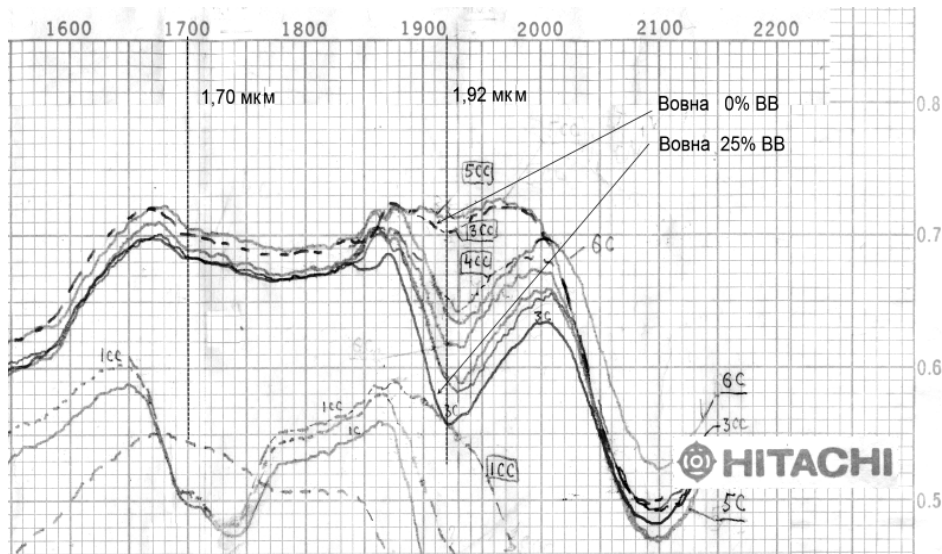


Рис. 1. Спектрограми відбиття випромінювання тканин в залежності від їх вологості

*Ключові слова:* вологість, випромінювання, поглинання.

УДК 543.27.08

### ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ м. КИЄВА

*Міхеєва І. Л., Грабар В. Я., Мазира Л. Д., Вальцев В. О.*

*ПрАТ "Всеукраїнський НДІ аналітичного приладобудування" (ПрАТ "Украналіт"),  
м. Київ, Україна*

На протязі 2005-2008 років за дорученням Управління охорони навколишнього природного середовища (УОНПС) ПрАТ "Украналіт" розробив та ввів у експлуатацію першу чергу сучасної автоматизованої системи контролю атмосферного повітря м. Києва, яка включає два стаціонарні пости спостереження за станом атмосферного повітря "АТМОСФЕРА-10", чотири газоаналітичні комплекси "ГАК-Атмосфера", в яких встановлені автоматичні газоаналізатори для вимірювання концентрацій найбільш поширених забрудників (CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>), один автотрасовий газоаналізатор 305EX 01M для вимірювання концентрацій CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> в повітрі вздовж автомагістралей, два екологічні комплекси ЕК-2 для контролю газових викидів ТЕЦ-5, чотири екологічні комплекси ЕК-1 (встановлені у 2000 році) для контролю газових викидів сміттєспалювального заводу "Енергія".

Система працювала в автоматичному режимі більше двох років, інформація про стан атмосферного повітря безперервно передавалась бездротовими

каналами зв'язку на сервер УОНПС. У 2009 році у зв'язку з відсутністю фінансування експлуатація системи тимчасово призупинена.

В рамках заходів з охорони навколишнього природного середовища міста Києва у 2013 році розпочалось відновлення функціонування зазначеної системи. Так, на сміттєспалювальному заводі "Енергія" встановлені та введені в експлуатацію сучасні екологічні комплекси ЕК-2 на заміну ЕК-1, що відпрацювали. Комплекси ЕК-2 дозволяють вимірювати концентрації СО, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> у газових викидах заводу, що розташований поблизу Харківського масиву міста. Відновлено функціонування газоаналітичного комплексу "ГАС-Атмосфера", встановленого в посту спостереження за станом атмосферного повітря мережі екологічного моніторингу Центральної геофізичної обсерваторії на Бесарабській площі міста.

Розроблено нове програмне забезпечення (ПЗ), яке дозволяє у безперервному режимі за заданим алгоритмом опитувати контрольно-вимірювальне обладнання на вказаних об'єктах, збирати, передавати бездротовими каналами, накопичувати, обробляти та зберігати на сервері центру моніторингу інформацію про стан довкілля міста. На даний час передача інформації від об'єктів моніторингу ведеться у тестовому режимі.

Розроблено також ПЗ користувача, яке призначене для встановлення на віддалений комп'ютер і дозволяє візуалізувати одержану інформацію у вигляді таблиць, графіків, робити розрахунки. На даний час іде тестування ПЗ.

*Ключові слова:* газоаналізатор, екологічний комплекс, концентрація, атмосферне повітря, передача інформації, забруднення.

УДК 621.397

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФЕКТІВ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ

*Пахалюк Р. І., Кулик Н. В.*

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Енергетична ситуація в усьому світі ідентична - запаси нафти і газу практично вичерпані, і це тільки питання часу. Тому перед людством ставиться завдання широкомасштабного впровадження новітніх технологій, ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів та максимального використання нетрадиційних відновлюваних джерел енергії. Перетворення сонячної енергії в електричну є найбільш перспективним напрямком відновлюваної енергії, яка бурхливо розвивається на сьогоднішній день, адже сонце є основним джерелом енергії, яке людина має в своєму розпорядженні і цей резервуар невичерпний.

Ефективність перетворення енергії сонячними елементами (СЕ) безпосередньо пов'язано з концентрацією дефектів. Присутність дефектів



призводить до погіршення експлуатаційних характеристик, що підштовхує до створення нових та удосконалення уже існуючих методів контролю дефектів.

На сьогодні існує величезна кількість методів контролю дефектів, найбільш поширеними методами є: скануюча зондова мікроскопія, рентгенівський метод, спектроскопічна еліпсометрія, фотолюмінесцентна спектроскопія, метод термографії, а також методи по виявленню та дослідженню електрично-активних дефектів (ЕАД), що володіють електро-люмінесценцією при прямих зміщеннях на р-п- переходах. Незважаючи на величезну кількість методів контролю дефектів СЕ, слід зазначити, що ЕАД при обернених зміщеннях на р-п- переходах, дослідженні недостатньо і потребують подальшого дослідження та вивчення.

Нами було запропоновано використовувати телевізійний засіб вимірювання (ТЗВ) для більш детального дослідження та вивчення дефектів, що мають електро-люмінесцентну природу. ТЗВ вирішують завдання вимірювання геометричних розмірів, кутів переміщень, координат та інших параметрів об'єктів великих і малих розмірів з точністю не менше, а часом і більше в порівнянні з точністю традиційних оптико - електронних приладів. Сучасні ТЗВ дозволяють одночасно забезпечити високі серед всіх інформаційно - вимірювальних засобів показники максимального формату вибірки, мінімального часу її формування та роздільної здатності, а обов'язкова наявність у складі ТЗВ комп'ютера дозволяє досить гнучко використовувати велику кількість методів формування, обробки і аналізу зображення для поліпшення точностних показників. Саме тому ТЗВ може бути покладена в основу ефективного методу контролю дефектів сонячних панелей.

*Ключові слова:* сонячна панель, електро-люмінесцентні дефекти, телевізійний засіб вимірювання.

УДК 621.397

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОЛЯ ЯСКРАВОСТІ ЗОНИ РОЗПЛАВУ

*Порєв В. А., Рудик Т. О., Суліма О. В.*

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,  
м. Київ, Україна*

Проблема визначення дійсної температури зони розплаву (ЗР) методом аналізу ефективної яскравості випромінювання розглядалась в [1], де крім власного випромінювання поверхні ЗР, враховувалось лише випромінювання електроду, відбите від поверхні ЗР.

Головна відмінність даного дослідження полягає в тому, що результуюче поле яскравості ЗР розглядається як сума багатократного перевідбиття випромінювання двох джерел — електроду і поверхні ЗР. Розглянемо елемент поверхні електроду з площею  $dS_d$  і яскравістю  $L_d$  (рис.1).

Освітленість елемента зони  $dS_k$  за рахунок випромінювання електроду

$$E_k = L_d \int_{S_d} \frac{\cos \alpha_{dk} \cos \alpha_{kd}}{r_{dk}^2} dS_d . \quad (1)$$

Складова яскравості випромінювання, відбитого поверхнею елемента  $dS_k$

$$L_k = \rho_k L_0 \int_{S_0} \frac{\cos \alpha_{dk} \cos \alpha_{kd}}{\pi r_{dk}^2} dS_0 . \quad (2)$$

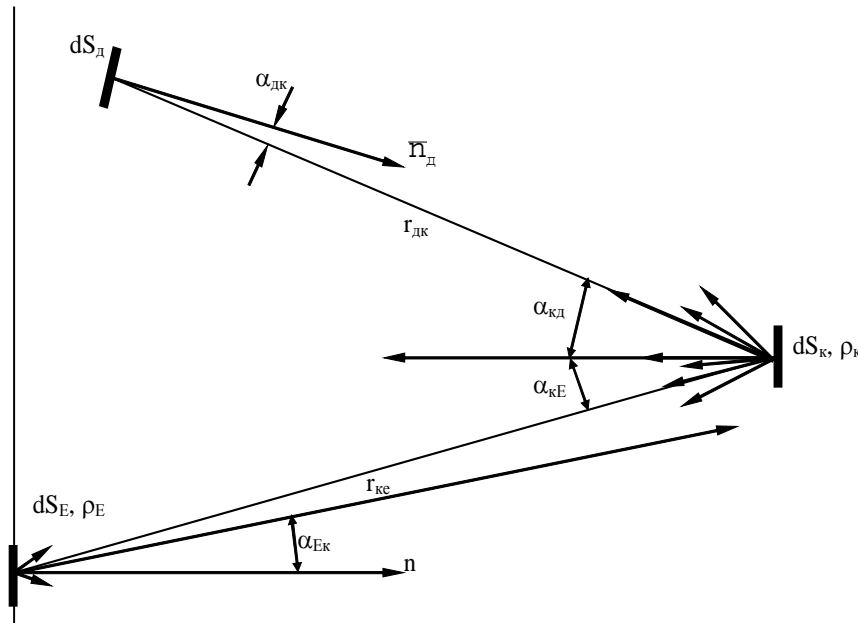


Рис.1. До розрахунку складових ефективної яскравості ЗР

Елемент  $dS_k$  випромінює потік з яскравістю  $L_s$ , пропорційною сумі яскравості  $L_k$  та власної яскравості  $L_0$  поверхні ЗР

$$L_s = L_0 + \rho_k L_d \int_{S_d} \frac{\cos \alpha_{dk} \cos \alpha_{kd}}{\pi r_{dk}^2} dS_d . \quad (3)$$

Частина цього потоку падає на елемент вакуумної камери  $dS_E$ , створюючи на ньому освітленість  $dE_E$

$$dE_E = (L_k + L_0) \int_{S_k} \frac{\cos \alpha_{Ek} \cos \alpha_{kE}}{\pi r_{kE}^2} dS_k . \quad (4)$$

Яскравість елемента поверхні  $dS_E$  визначиться формулою

$$L_E = \rho_E (L_k + L_0) \int_{S_k} \frac{\cos \alpha_{Ek} \cos \alpha_{kE}}{\pi r_{kE}^2} dS_k . \quad (5)$$

Потік з яскравістю  $L_E$  попадає на елемент  $dS_k$ , відбивається і утворює третю компоненту випромінювання з ефективною яскравістю

$$L_{EK} = \rho_K L_E \int_{S_E} \frac{\cos \alpha_{EK} \cos \alpha_{KE}}{\pi r_{KE}^2} dS_E. \quad (6)$$

Ефективна яскравість поверхні ЗР з врахуванням перевідбиття випромінювання визначиться формулою

$$\begin{aligned} L_{e\phi} = & L_0 + \rho_K L_D \int_{S_D} \frac{\cos \alpha_{DK} \cos \alpha_{KD}}{\pi r_{DK}^2} dS_D + \\ & + \rho_K \rho_E L_0 \int_{S_K} \frac{\cos \alpha_{EK} \cos \alpha_{KE}}{\pi r_{KE}^2} dS_K \int_{S_E} \frac{\cos \alpha_{EK} \cos \alpha_{KE}}{\pi r_{KE}^2} dS_E + \\ & + \rho_K^2 \rho_E L_D \int_{S_D} \frac{\cos \alpha_{DK} \cos \alpha_{KD}}{\pi r_{DK}^2} dS_D \times \\ & \times \int_{S_K} \frac{\cos \alpha_{EK} \cos \alpha_{KE}}{\pi r_{KE}^2} dS_K \int_{S_E} \frac{\cos \alpha_{EK} \cos \alpha_{KE}}{\pi r_{KE}^2} dS_E \end{aligned} \quad (7)$$

Інтеграл в (1—7) це фактично локальні кутові коефіцієнти випромінювання, які визначаються відношенням потоків випромінювання одного елемента, який падає на другий елемент до всього потоку, що випромінюється першим елементом в напівсферу.

#### **Література**

1. Порев В.А. Компенсация излучения электрода при исследовании температурного поля зоны плавки // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2001. – № 4. – С. 55-60.

*Ключові слова:* зона розплаву, поле яскравості.

УДК 543.271.3

### **СТАНДАРТИ І ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ДИМНОСТІ (ДИМОМІРИ) ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ**

*Приміський В. П.*

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,  
м. Київ, Україна*

Серед шкідливих газів, що містять відпрацьовані гази автомобілів з дизельними двигунами є: діоксид сірки (SO<sub>2</sub>); оксид вуглецю (CO); діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>); оксиди азоту (NO<sub>x</sub>); вуглеводні (C<sub>n</sub>H<sub>n</sub>); бензапірен (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>) і; сажа. Для дизельних двигунів, основним нормованим параметром, який характеризує екологічний стан двигуна є димність відпрацьованих газів.

Димність відпрацьованих газів (по ДСТУ 4276-04) двигуна автомобіля визначають за показниками (коефіцієнтами) ослаблення світлового потоку, яке виникає внаслідок поглинання і розсіювання відпрацьованими газами потоку випромінювання від джерела світла (що утворює паралельний пучок) у

вимірювальній камері димоміра: натуральним показником (коефіцієнтом) поглинання  $K$ ,  $m^{-1}$ ; лінійним показником (коефіцієнтом) поглинання  $N$ , % . Натуральний показник (коефіцієнт) поглинання  $K$ ,  $m^{-1}$  (light absorption coefficient or absorption coefficient) величина, обернена товщині шару відпрацьованих газів, проходячи який потік випромінювання від джерела світла димоміра ослаблюється в  $e$  разів:

$$K = -\frac{1}{L} \times \ln \left( \frac{\Phi}{\Phi_0} \right), \quad (1)$$

де:  $\Phi$  - світловий потік від джерела світла димоміра, який реєструє фотоелемент після проходження потоку крізь вимірюване середовище відпрацьованих газів у вимірювальній камері димоміра;  $\Phi_0$  - світловий потік від джерела світла димоміра, який реєструє фотоелемент.

Лінійний показник (коефіцієнт) поглинання  $N$ , % (linear absorption coefficient or opacity) ступінь ослаблення потоку випромінювання від джерела світла димоміра на відстані, що дорівнює ефективній базі димоміра, внаслідок поглинання і розсіювання світла відпрацьованими газами під час проходження ними вимірювальної камери. Стандарт встановлює отометричну базу між джерелом випромінювання і приймачем світла – 0,43м. Джерело світла та фотоприймач мають спектральну характеристику, відповідно кривої людського ока в діапазоні 430 до 680 нм. В залежності від непрозорості диму змінюється ступінь проходження світла, який попадає на фотоелемент. Оптична система захищена від можливих забруднень примусовим обдуванням за допомогою повітря, яке подається через спеціальний клапан. Метод просвічування також застосовують у приладах ИНФРАКАР, МЕТА01-МП, СМОГ-1М (Росія), ДО-1 (Білорусь), ІДП (Україна), Бош елі RТТ 100/100, Opacilyt 1030 (ФРН), AVL (Австрія). Прилади, характеризуються високою стабільністю та об'єктивністю показань. В цілях зменшення довжини вимірювальної частини і загальних габаритів димомірів окремі виробники застосовують дзеркала.

*Ключові слова:* Димомір, лінійний показник, фотометрична база.

УДК 504.5:504:6

## СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИДІЛЕННЯ АЕРОЗОЛІВ ПРИ ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ

*Тараборкін Л. А.*

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут»,  
м. Київ, Україна*

Процеси електричного дугового зварювання інтенсивно використовуються в багатьох сферах промислової й господарської діяльності людини. Найбільшу загрозу для здоров'я зварювальників являє собою зварювальний аерозоль (ЗА),

який є невід’ємним наслідком зварювального процесу. Зокрема, вплив ЗА на органи дихання несе ризик розвитку онкологічних захворювань.

Отже, актуальною є проблема зменшення виділення ЗА, особливо його твердої складової (ТСЗА) під час зварювання. У разі ручного дугового зварювання покритим електродом перспективним шляхом її розв’язання є розробка відповідного електроду з мінімальним виділенням ТСЗА за умови збереження необхідних зварювально-технологічних властивостей. У процесі розробки доцільно використовувати, поряд з інструментальними методами екологічного моніторингу, також і методи статистичного моделювання й математичного планування експерименту.

Спочатку був синтезований за спеціальним алгоритмом (McLean- Anderson) оптимальний план експерименту у вигляді певного багатогранника в п’ятивимірному факторному просторі, де факторам відповідали відносні вмісти основних хімічних складових у покритті (рутиловий концентрат, пегматит тощо). План експерименту налічував 27 точок (тобто варіантів покриттів), що, зокрема, дозволяє оцінити коефіцієнти повної квадратичної регресійної моделі, а також деяких неповних моделей третього порядку. Отже, були побудовані статистичні математичні моделі у вигляді рівнянь регресії, які описують інтенсивність виділення ТСЗА  $G$  [г/хв] і питома виділення ТСЗА  $D$  [г/кг] під час зварювання покритими електродами. Для побудови моделей використано метод покрокового регресійного аналізу з послідовним виключенням із повної квадратичної моделі доданків зі статистично незначущими за  $t$ -критерієм коефіцієнтами.

Далі, виходячи із отриманих регресійних рівнянь, за допомогою системи комп’ютерної математики Mathcad були знайдені мінімуми функцій, що описують змінення показників виділення ТСЗА  $D$  и  $G$ , і, отже, орієнтовні склади покриттів електродів, які забезпечують мінімальне виділення ТСЗА за прийнятних зварювально-технологічних характеристик.

Крім того, для більш детального дослідження впливу складу покриттів на зварювально-технологічні характеристики електродів розглянуто факторну модель у варіанті варімаксного обертання та модель головних компонентів.

*Ключові слова:* статистичне моделювання, регресійне рівняння, аерозоль.

УДК 543.271

## ПРОБЛЕМИ ДЕГРАДАЦІЇ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

*Морозова І. В.*

*Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”,  
м. Київ, Україна*

Сонячні батареї (модуль, панель) являють собою фотоелектричні генератори, принцип дії яких базується на фізичній властивості

напівпровідників: фотони світла вибивають електрони із зовнішньої оболонки атомів. При замиканні ланцюга виникає електричний струм. Під час експлуатації відбувається деградація сонячних батарей, зовнішньою ознакою якою є зниження коефіцієнту корисної дії. Причиною деградації є дефекти в структурі сонячних елементів, на яких побудовані сонячні батареї.

Важливою задачею є дослідження дефектів кристалічного та мультикристалічного кремнію, оскільки з цих матеріалів виготовлено понад 85% від загальної електричної потужності сонячних генераторів. Чільне місце у дослідженні дефектів посідають методи їх візуалізації.

Пропоную дефекти кремнію досліджувати комплексним методом на основі інфрачервоної термографії, телевізійного контролю електролюмінесцентних дефектів (гарячих точок) та зняттям вольт-амперних характеристик при неперервному та імпульсному освітленні сонячних батарей. Комплексний метод дозволяє здійснювати періодичний контроль батарей при їх експлуатації. Саме комплексний підхід дозволить підвищити достовірність та надійність контролю дефектів та виявляти на ранній стадії процес деградації сонячних батарей при їх експлуатації.

*Ключові слова:* сонячні батареї, деградація, візуалізація дефектів.

УДК 621.311

## СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО АВТОМАТИЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ТВЕРДОГО ОСАДУ В РЕЗЕРВУАРАХ ЗБЕРІГАННЯ РІДКИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ ТА ІНШИХ РІДИН

*Смалько М. А., Цірук С. А.  
ТОВ “Енвітек”, м. Київ, Україна*

При зберіганні в промислових масштабах небезпечних рідин в зоні дії яких може мати місце шкідливий вплив на людину та оточуюче середовище в силу їх токсичності, радіоактивності і т. д. в них можуть відбуватися не контрольовані хімічні реакції з випаданням осаду та кристалізаційні процеси з утворенням суцільного твердого шару осаду на стінках та днищі. Це призводить до «заростання» та зменшення корисного об'єму резервуарів, в яких зберігаються ці рідини. Прикладом є зберігання рідких радіоактивних відходів, які утворюються при експлуатації АЕС з відпрацьованих рідких середовищ: теплоносіїв, вод спецканалізації, розчинів для дезактивації т. д. Тому для безпечного зберігання необхідний постійний контроль фізико-хімічних процесів, які відбуваються в резервуарах.

Для забезпечення такого контролю була розроблена автоматична дистанційна система відбору проб з різних глибин резервуарів та вимірювання товщини шару твердого осаду у них. До складу систему входять блок керування та пристрій ручного забору відібраних проб, які розміщуються на

безпечній відстані від резервуара за яким виконується контроль та виконуючі пристрої, які розміщуються по одному на кожному за кількістю резервуарів та забезпечують виконання відбору проб і вимірювання товщини шару твердого осаду. Конструкція кожного виконуючого пристрою, являє собою закритий контейнер у вигляді пустотілої просторової конструкції, яка розділена на два відсіки. У верхньому його відсікові розміщується барабан на який намотується гнучкі шланги для подачі стисненого повітря та проби, які об'єднанні з тросовим підвісом до якого кріпиться пробовідбірний зонд в суцільний джгут. У нижньому відсікові контейнера обладнане місце для обмивання та зберігання зонду у період між його використанням. У нижній частині контейнеру також встановлена роликів каретка, яка контролює рух даного джгута при переміщенні пробовідбірного зонду. Вона позиціонує його по висоті в просторі резервуара при відборі проб із заданих глибини та визначення товщини твердих відкладень на дні резервуара шляхом фіксації моменту доторкання обмежувального щупа пробовідбірного зонду до поверхні твердого шару. Каретка обладнана системою компенсації перегинів джгута шлангів та датчиками, які фіксують його переміщення з наступним перерахунком контролером блока керування їх у числові значення висоти над нульовою відміткою резервуара. Отримані числові відображаються на екрані блоку керування та при необхідності передаються у інформаційні мережі підприємств.

Запропонована система забезпечує контроль безпечного та ефективного використання резервуарів при зберіганні рідких радіоактивних відходів та інших рідин з мінімізацією шкідливого впливу на персонал та навколишнє середовище

*Ключові слова:* товщина шару осаду, відбір проб, пробовідбірний зонд.

УДК 681.586

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

*Тичков В. В., Трембовецька Р. В., Базіло К. В.*

*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

Традиційно для кількісного оцінювання якості вимірів використовують негативну характеристику - похибку вимірювання, розуміючи під цим, величину максимальної розбіжності між показами реального та ідеального датчиків. Аналіз причин появи похибок вимірювань, вибір способів їх виявлення та зменшення є основними етапами процесу вимірювань. У прагненні до створення більш точних датчиків розроблені методи підвищення їх точності:

1. Стабілізація найважливіших параметрів шляхом використання стабільних деталей, матеріалів, відповідних технологій виготовлення і складання.

2. Пасивний захист шляхом теплоізоляції, амортизації, фільтрації, електромагнітного екранування і т.д.

3. Активний захист шляхом стабілізації повільно змінюючихся чинників навколишнього середовища.

4. Корекція систематичних і прогресуючих похибок і статистична обробка випадкових похибок.

Похибки п'єзокерамічних перетворювачів тиску визначаються, в основному, нестабільністю п'єзомодуля або коефіцієнта електромеханічного зв'язку під дією дестабілізуючих факторів. Одним з найбільш поширених дестабілізуючих впливів є температура. Зміна температури суттєво впливає на резонансну частоту, динамічну ємність, на значення п'єзомодуля і діелектричної постійної матеріалу, що призводить до збільшення похибки вимірювання. Зміна цих параметрів призводить до того, що вихідна напруга п'єзоелектричного перетворювача тиску, викликана впливом вимірюваної фізичної величини, змінює своє значення, а значить, вноситься похибка в процес вимірювання.

Для зменшення температурної нестабільності п'єзоелектричних перетворювачів тиску запропонований метод, що полягає у введенні двоконтурного просторового зворотного зв'язку [Патенти України № 19671-19679, 19683, 19684, 19686]. П'єзоелементи в ланцюгах зворотних зв'язків підсилювачів заряду виконують роль конденсаторів.

У зв'язку з тим, що використовуються два підсилювача, які підключені таким чином, щоб створювалися дві ланки зворотного зв'язку, якість охоплення зворотнім зв'язком краще, ніж для одного підсилювача та призводить до підвищення точності вимірювання тиску.

*Ключові слова:* похибка, датчик тиску, п'єзоелектричний перетворювач, двоконтурний просторовий зворотній зв'язок.