

**СЕКЦІЯ 5**

**АНАЛІТИЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

УДК 543.422 : 621.384.3

**ПІДВИЩЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ВИМІРЮВАЧА  
КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ ДЛЯ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

*Вовна О.В., Зорі А.А., Хламов М.Г., Донецький національний технічний університет,  
м. Донецьк, Україна*

При роботі вимірювача концентрації метану в умовах запиленості рудничної атмосфери вугільних шахт збільшується похибка вимірювання концентрації метану та знижується метрологічна надійність вимірювача. Для отримання необхідних показників точності та метрологічної надійності вимірювача аналізовану газову суміш прокачують через фільтри очищення, що призводить до погіршення динамічних властивостей вимірювача. В якості фільтру очищення використовується металева сітка, усередині якої знаходиться вимірювальний оптичний канал. При товщині металевого дроту 0,1 мм та площі отворів фільтру 0,01 мм<sup>2</sup> постійна часу фільтру складає 1 с, при цьому необхідна швидкодія стаціонарного вимірювача концентрації метану повинна бути не більш 0,8 с. Вимірювання концентрації метану здійснюється не у реальному масштабі часу, а із затримкою, яка пропорційна постійній часу фільтру та технологічних операцій. Для зниження динамічної похибки вимірювача концентрації метану необхідно зменшити постійну часу фільтру шляхом збільшення площі отворів фільтру, що призводить до запилення оптичної системи та зниження її метрологічної надійності і довготривалої стабільності. При цьому, використання фільтрів призводить до появи статичної мультиплікативної похибки вимірювання.

За основу у розробленому способі взята задача удосконалення оптико-абсорбційного способу вимірювання концентрації метану для умов вугільних шахт, в якому за рахунок використання фільтрів очищення досягаються необхідні статичні показники точності вимірювання концентрації газу, а для компенсації динамічної похибки використовуються програмні методи цифрової обробки результатів вимірювань. При використанні розробленого способу компенсації практично повністю усувається динамічна похибка інфрачервоного оптико-абсорбційного вимірювача концентрації метану з фільтрами очищення аналізованої рудничної атмосфери від пилу. Використання компенсації динамічної похибки за допомогою програмних методів цифрової обробки результатів дозволяє виконувати вимірювання концентрації метану у квазіреальному масштабі часу. Запропонований спосіб дозволяє підвищити швидкодію вимірювачів концентрації метану до 0,1 с при необхідній точності вимірювання не більше 0,1<sup>об.</sup>%. Використання розробленого способу у стаціонарних вимірювачах концентрації метану дозволяє збільшити

вірогідність виявлення та контролю вибухонебезпечних концентрацій при раптових викидах метану у вугільних шахтах.

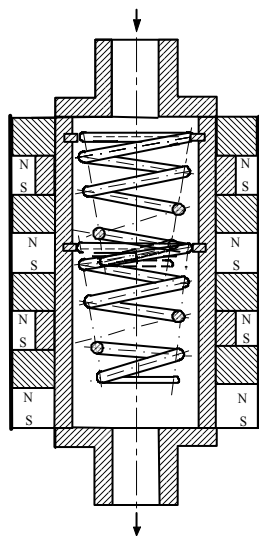
Ключові слова: швидкодія, метрологічна надійність, вимірювач, концентрація, метан, цифрова обробка, вугільна шахта.

УДК 543.12.03

## ОБРАБОТКА ГИДРОДИСПЕРСНЫХ СРЕД В АППАРАТАХ С ВЫСОКОГРАДИЕНТНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

<sup>1)</sup>Дзензерский В.А., <sup>1)</sup>Кравченко К.А., <sup>1)</sup>Плаксин С.В., <sup>1)</sup>Погорелая Л.М.,  
<sup>1)</sup>Соколовский И.И., <sup>2)</sup>Шляхтина Т.В., <sup>1)</sup>Институт транспортных систем и технологий  
НАНУ «Трансмаг», г. Днепропетровск, Украина; <sup>2)</sup>Международная научно-  
производственная корпорация «Веста», г. Днепропетровск, Украина

Разработан аппарат для омагничивания ряда вододисперсных сред, преимущественно электролитов – водных растворов серной кислоты стандартной в производстве свинцово-кислотных аккумуляторов плотности,



магнитоформирующая система которого (см. рисунок) составлена из кольцевых магнитов с разновеликими внутренними диаметрами (соотношение размеров указано в патенте), размещенных на цилиндрическом корпусе и обращенных друг к другу разноименными полюсами, и упругих элементов из ферромагнитного материала, выполненных в виде конусных пружин, закрепленных на корпусе таким образом, что вершина одной из пружин частично входит в пространство второй конусной пружины. Расстояние между отдельными магнитами выбрано из соображений сохранения собственной структуры магнитного поля кольцевого магнита с тем, чтобы поток обрабатываемой жидкости многократно подвергался воздействию многовекторного магнитного поля с направлением силовых линий в интервале  $0-90^\circ$  относительно нормально

ориентированной к потоку обрабатываемой среды компоненты. С помощью синтезированного магнитного поля удастся осуществить эффективную обработку сред с широким набором микронеоднородностей, имеющих различную ориентацию, разнообразные формы и размеры, а также подвижных сред со значительными вариациями их гидродинамических характеристик. Наличие в потоке обрабатываемой среды конусных пружин из ферромагнитного материала, формирующих магнитные поля со сложной поляризационной структурой, способствует осевому закручиванию потока, преобразованию ламинарного движения в турбулентное и, соответственно, к увеличению числа структурных неоднородностей, взаимодействующих с

магнитным полем, и повышению эффективности магнитной обработки, а дополнительная гомогенизация многокомпонентных жидкостей позволяет обеспечить воспроизводимость результатов магнитной обработки жидкостей даже в случаях непостоянства скорости движения жидкости и при обработке сред с разнообразными значениями динамической и кинематической вязкости.

Ключевые слова: высокоградиентное магнитное поле, поляризационная структура, ферромагнитные материалы.

УДК 621.3.029.64

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

<sup>1)</sup>Дзензерский В.А., <sup>1)</sup>Быстров Н.И., <sup>1)</sup>Соколовский И.И., <sup>2)</sup>Мирошников В.В.,  
<sup>2)</sup>Кожин И.А., <sup>2)</sup>Неруш К.А., <sup>1)</sup>Институт транспортных систем и технологий НАНУ  
"Трансмаг", <sup>2)</sup>Государственная акционерная холдинговая компания "Днепропетровский  
машиностроительный завод", г. Днепропетровск, Украина

Эффективная реализация природоохранных мероприятий нередко затруднена из-за невозможности точно подсчитать экономическую составляющую объективно важных экологических проектов, так как в них отчетливо видна только расходная их часть. Поэтому масштабное решение экологических задач может быть найдено в рамках промышленной экологии в ареале которой разрешение чисто экологической проблемы сопряжено с получением прибыли. Примером такого экологического подхода является разработка технологий извлечения редких металлов из промышленных отходов.

Разработана технология извлечения платины (являющейся важной составляющей в производстве новейших фотоэлектрических преобразователей) из широкого класса платиносодержащих продуктов (отходы переработки сульфидных медно-никелевых и хромитовых руд, золотошлаковые отходы от сжигания углей, пирротиновые концентраты, формовочные алюмосиликатные адсорбенты и др.) с использованием непрерывного СВЧ излучения в диапазоне частот  $2450 \pm 5\%$  МГц, обеспечивающего в технологическом цикле равномерный по объему нагрев и модификацию электрокинетических свойств субстрата, размолотого до оптимальных фракций для конкретного вида сырья и затворенного в растворе соляной и азотной кислот. Образуется ( в терминах коллоидной химии) высокодисперсная среда со специфическими физико-химическими закономерностями контактных взаимодействий частиц. Оптимальность размеров частиц определена с точки зрения эффективного взаимодействия с СВЧ излучением, именно – их размер соизмерим с величиной скин-слоя, доминирующего в размолотом веществе. При этом нагрев субстрата, размещенного в кассете из радиопрозрачного и химически стойкого материала (фторопласта) осуществляют под динамическим контролем температуры обрабатываемого субстрата в 3 стадии с различным темпом и

продолжительности нагрева (отражено в патентной формуле). Технологический процесс осуществляют с использованием целенаправленно разработанной промышленной установки «Прометей» (БУ 93 – Э 17 54 – 00 РЭ, принимаются заявки на изготовление) на базе серийно выпускаемого магнетрона непрерывного действия (типа М149). Предусмотрены меры по минимизации уровня излучений за пределы установки.

Ключевые слова: экологические проекты, СВЧ излучение, электромагнитные технологии.

УДК 532.15

### АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОПТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗМОЧУВАНОСТІ РІДИНАМИ ПОВЕРХОНЬ ТВЕРДИХ ТІЛ

*Боднар Р.Т., Витвицька Л.А., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

У багатьох областях промисловості, в науково-технічних чи медико-біологічних дослідженнях існує проблема контролю змочуваності поверхонь матеріалів і виробів технологічними рідинами. У наукових дослідженнях акцентується увага на визначенні характеру і розподілу змочувальної здатності поверхонь, а в промисловості – на поточному контролі контактуючих з рідинами поверхонь великої кількості виробів. Ці задачі вимагають оперативності контролю змочуваності, проведення вимірювання в динамічних режимах, що можна досягнути сучасними засобами автоматизації та оброблення інформації.

Із ряду відомих методів визначення крайового кута змочування (ККЗ) вибрано оптичний безконтактний метод, який дозволяє проводити поточний контроль виробів або здійснювати покоординатний багатоточковий локальний контроль ККЗ на поверхні одного виробу.

Для цієї мети було розроблено автоматизовану систему контролю ККЗ, структурна схема якої показана на рис. 1.

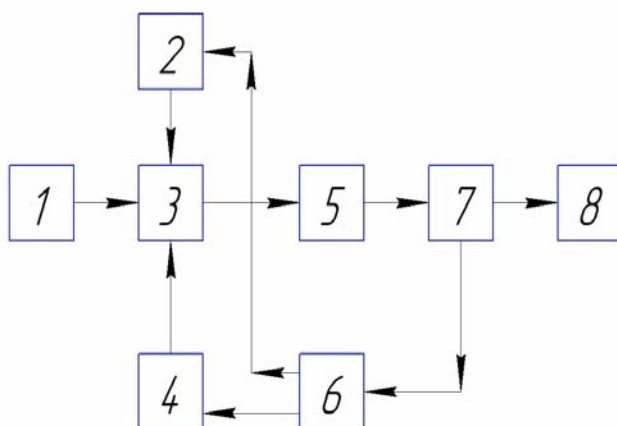


Рис. 1. Структурна схема автоматизованої системи оптичного контролю змочуваності, де: 1– освітлювач; 2– дозатор; 3– об'єкт контролю; 4– механізм переміщення; 5- відеокамера; 6– блок приводу; 7– персональний комп'ютер; 8– монітор

Зображення освітленого профілю краплі рідини на досліджуваній поверхні 3, що є об'єктом контролю, за допомогою відеокамери 5 передається на персональний комп'ютер 7, де за спеціально розробленим алгоритмом на основі вимірювання в пікселях геометричних параметрів профіля краплі проводяться необхідні розрахунки щодо визначення ККЗ, значення якого висвітлюється на моніторі 8.

У процесі контролю комп'ютер через блок приводу 6 і механізм переміщення 4 проводить встановлені переміщення об'єкту контролю і поршня дозатора 2 для витискування краплин досліджуваної рідини потрібного об'єму.

Ключові слова: крайовий кут змочування, автоматизована система, оптичний метод, профіль краплі.

УДК 532.612.3

### КОНТРОЛЬ МІКРОВКЛЮЧЕНЬ У ГАЗОВОМУ І РІДИННОМУ СЕРЕДОВИЩАХ ЗА ДИНАМІКОЮ МІЖФАЗНОГО НАТЯГУ

*Малько О.Г., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

Однією з найбільш перспективних інструментальних реалізацій вимірювання, контролю та діагностики якісного та кількісного складу речовин на основі капілярних методів [1] є метод визначення динамічних характеристик міжфазного натягу по зміні тиску у висячій краплі сталого об'єму, що утворюється на вістрі ножового капіляра. Переваги запропонованого методу полягають:

- у відносній простоті реалізації;
- можливості повної автоматизації процесу вимірювання;
- автоматичному оновленні чутливого елемента (поверхні розділу фаз) при кожному циклі виміру;
- можливість оперативного контролю у реальному масштабі часу;
- можливість розміщенням первинних перетворювачів безпосередньо у зоні контролю;
- універсальність конструкції первинних перетворювачів щодо компонентів, що підлягають дослідженню ;
- можливість створення єдиної автоматизованої системи контролю довкілля з розподіленими у просторі точками вимірювання.

Найпростішою інструментальною реалізацією запропонованого методу є циклічне занурення ножового капіляра у ємність з контрольованою рідиною (при аналізі самої рідини), або спеціально підібраною рідиною (при аналізі оточуючого середовища) з наступним дослідженням, у газовому середовищі, зміни міжфазного натягу по вимірюваному тиску у рідинному меніску. При зануренні відбувається оновлення поверхні розділу фаз з подальшою модифікацією поверхні

утвореної висячої краплі за рахунок внутрішньої адсорбції при дослідженні, або зовнішньої при дослідженні доквілля (рис. 1).

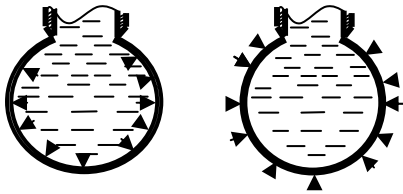


Рис. 1. Модифікація капілярних поверхонь за рахунок внутрішньої і зовнішньої адсорбції включень

Ключові слова: міжфазний натяг, концентрація, адсорбція, рідинний меніск, тиск.

#### Література

1. Малько О. Г., Дранчук М. М. Методологічний підхід щодо якісного і кількісного контролю середовища та речовин по зміні міжфазного натягу // *Методи та прилади контролю якості*. - 2002. - №8. - С.30 - 34.

УДК 532.612.3

### КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПОВЕРХНЕВО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ЗА ЗМІНОЮ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ

*Малько А.О., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

На сьогоднішній день повсталала важлива екологічна проблема контролю концентрації поверхнево активних речовин (ПАР) у стічних водах.

Автором запропонована методика контролю концентрації ПАР за динамікою поверхневого натягу (ПН). Вимірювання динамічного (ПН) здійснюється за модифікованим методом максимальним тиском у газовій бульбашці, який базується на існуванням однозначної залежності між (ПН) та максимальним тиском у меніску. Перевагою запропонованої модифікації є те, що газова бульбашка, яка видавлюється на торці капіляру не відривається при переході максимального тиску, тобто процес адсорбції на поверхні розділу фаз є неперервним, що дозволяє проводити визначення динамічних характеристик за один цикл в автоматичному режимі.

Для обґрунтування методики вимірювання, шляхом математичного моделювання поведінки газової бульбашки в околі максимального тиску, отримані робочі функціональні залежності.

Одна з можливих реалізація запропонованого методу контролю приведена на рис. 1,а. У герметично закритому, і заповненому досліджуваною рідиною резервуарі 1, шляхом циклічної зміни її об'єму за допомогою плунжера 3, на торці каліброваного капіляру 2 формується газовий пухирець, при цьому фіксується тиск рідини диференціальним датчиком тиску 4. Залежність тиску від часу, для різних станів газової бульбашки у розчинах ПАР схематично

представлено на часовій діаграмі (рис. 1,б), де стани, бульбашки і відповідні їм значення тиску позначено точками 0 – 4.

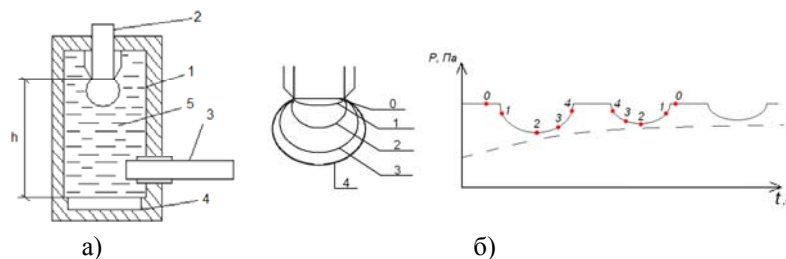


Рис. 1. Схематична реалізація методу вимірювання динаміки ПН

Для визначення концентрації ПАР на за динамікою можна застосувати залежність Шешковського [1].

Ключові слова: поверхневий натяг, концентрація, поверхнево активні речовини.

#### Література

1. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение. - Л.: 1981.

УДК 681.786:532.61

### РОЗРОБЛЕННЯ ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО МІЖФАЗНОГО НАТЯГУ РІДИН МЕТОДИКОЮ ФІКСОВАНОЇ ОБЕРТОВОЇ КРАПЛІ

*Кісіль І.С., Білицук В.Б., Боднар Р.Т., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Для інтенсифікації нафтовидобутку використовують розчини поверхнево-активних речовин (ПАР), які зменшують міжфазний натяг (МН) між нафтою в пласті і розчином ПАР. Ефективність дії розчину ПАР залежить від типу ПАР і його концентрації в розчині. Оптимальний вибір типу ПАР і його концентрації можливо здійснювати на основі вимірювання динамічного міжфазного натягу (ДМН) на межі розділу фаз розчин ПАР – відповідний нафтопродукт.

Низькі значення МН (менше 1 мН/м) вимірюють методом обертової краплі. У відомих приладах, в яких для вимірювання ДМН використовується метод обертової краплі, можливе зміщення обертової краплі через дію ряду дестабілізуючих факторів (порушення гіростатичної рівноваги, негоризонтальність осі обертання трубки з рідинами, вібрації в приладі), що при довготривалих вимірювання ДМН призводить до виходу обертової краплі з поля зору вимірювальної оптичної системи. Використання методики фіксованої обертової краплі (ФОК) дозволяє усунути ряд перерахованих вище недоліків.

Для вимірювання ДМН авторами був розроблений макет приладу, який складається механічного і електронного блоків. В механічному блоці знаходиться двигун, на валу якого закріплений патрон з отворами. В патрон встановлюють скляну трубку, яка з одного боку закрита пробкою без отвору, а з

іншого пробкою з отвором. Також в механічному блоці знаходяться освітлювач і фотоапарат, який призначений для фотографування краплі легшої рідини в трубці. Електронний блок використовують для керування двигуном і освітлювачем.

Вимірювання ДМН розробленим макетом приладу здійснюють наступним чином. Приводять вал двигуна разом з патроном і трубкою, заповненою розчином ПАР в обертання. В отвір у пробці встановлюють голку шприца, який попередньо заповнюють потрібним нафтопродуктом. Під час обертання трубки з рідинами витискають краплю нафтопродукту через голку таким чином, щоб крапля зафіксувалась одним кінцем на вертикальній поверхні пробки. Через певні проміжки часу за допомогою фотоапарату фотографують краплю легшої рідини через певні проміжки часу. За допомогою розробленого програмного забезпечення визначають значення МН в певні моменти часу і будують залежність МН в часі.

Ключові слова: динамічний міжфазний натяг, метод оберткової краплі, поверхнево-активна речовина, нафтовидобування.

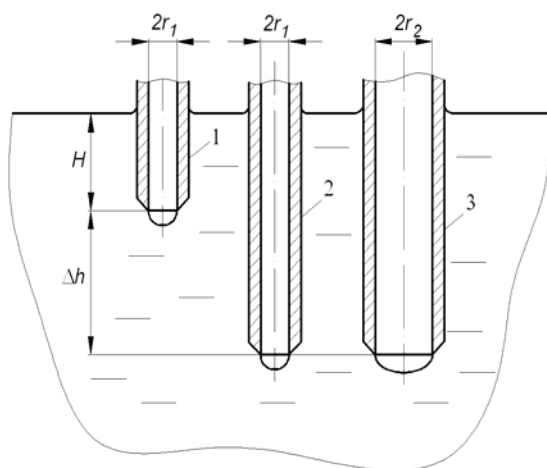
УДК 532.61

### УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ РІДИН МЕТОДОМ МАКСИМАЛЬНОГО ТИСКУ У БУЛЬБАШЦІ

*Кучірка Ю.М., Кісіль І. С., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Поверхневий натяг (ПН)  $\sigma$  на межі розділу з газом відіграє важливу роль в різних технологічних процесах видобування газу (газовилучення із газоносних пластів, оброблення привибійних зон газовидобувних свердловин, підготовки газу до транспортування тощо). Для вимірювання  $\sigma$  найбільш придатним в цьому випадку є метод максимального тиску у бульбашці (метод МТБ).

Запропоновано удосконалення методики визначення  $\sigma$  методом МТБ



шляхом використання розробленого авторами трьохкапілярного приладу (рис. 1), що дозволяє виключити необхідність в попередньому визначенні густини досліджуваної рідини.

Рис. 1. Вимірювання поверхневого натягу рідин методом МТБ за допомогою трьох каліброваних капілярів



Розрахунок значень  $\sigma$  передбачено здійснювати на основі розв'язку ітераційним методом такого рівняння:

$$\sigma = \frac{P_{\text{макс.3}} - P_{\text{макс.2}} - a(P_{\text{макс.2}} - P_{\text{макс.1}})(f_2(r_2/a) - f_2(r_1/a))/\Delta h}{2[1/f_1(r_2/a) - 1/f_1(r_1/a)]/a},$$

де  $a^2 = \sigma/\Delta\rho g$  – капілярна стала рідини;  $\Delta\rho$  – різниця густин рідини і газу;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $P_{\text{макс.1}}$ ,  $P_{\text{макс.2}}$ ,  $P_{\text{макс.3}}$  – виміряні максимальні тиски при утворенні бульбашок із вихідних отворів трьох капілярів, відповідно;

$f_1(r/a) = \sum_{i=0}^n c_i (r/a)^i$ ,  $f_2(r/a) = \sum_{i=0}^n D_i (r/a)^i$  – поліноміальні залежності, отримані

авторами;  $\Delta h$  – різниця глибин занурення 2-го і 1-го капілярів з однаковими радіусами вихідних отворів  $r_1$ ;  $r_2$  – радіус вихідного отвору 3-го капіляра ( $r_2 > r_1$ ), який занурений на однакову глибину із 2-им капіляром;  $\Delta\rho g = (P_{\text{макс.2}} - P_{\text{макс.1}})/\Delta h$ .

Ключові слова: поверхневий натяг, вимірювання, капіляр, метод максимального тиску у бульбашці.

УДК 532.61

## ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРИЛАДІВ І МЕТОДИК ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ РОЗЧИНІВ ПАР

*Зарічна О.Б., Кісіль І.С., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Поверхневий натяг (ПН)  $\sigma$  відіграє важливу роль в технологічних процесах в різних галузях, в т. ч. і в нафтогазовидобувній промисловості, де в значних об'ємах використовуються поверхнево-активні речовини (ПАР). Динамічний поверхневий натяг (ДПН) дозволяє судити про залежність в часі  $\sigma$ , в результаті чого можна встановити протягом якого часу на межі розділу розчин ПАР – газ буде досягнуто певне значення  $\sigma$ .

В доповіді детально розглянуті характерні особливості приладів і методик дослідження ДПН розчинів ПАР методами, які пов'язані із вимірюванням взаємодіючих зусиль між досліджуваними рідинами і твердими тілами різних форм: вертикального циліндра, пластини, кулі, конуса і кільця. Значна увага приділена вимірюванню зусиль  $F$  для утримання вказаних твердих тіл на певній висоті  $h$  над поверхнею досліджуваного розчину ПАР в процесі витягування цих тіл із розчину (рис. 1), фіксації часу  $t$  існування досліджуваної межі розділу фаз і одержанню залежності  $\sigma = f(t)$ . Крім цього приведені залежності для розрахунку значень  $\sigma$  на основі виміряних зусиль  $F$  при використанні кожного із вказаних твердих тіл.

Певна увага приділена визначенню значень інших величин і параметрів, які впливають на вимірювання зусилля  $F$  (змочуваності поверхонь твердих тіл

досліджуваними розчинами  $\Theta$ , висоті  $h$ , геометричним розмірам твердих тіл тощо), автоматизації процесу вимірювання, впливу різних факторів на отримані результати вимірювання, програмному забезпеченню).

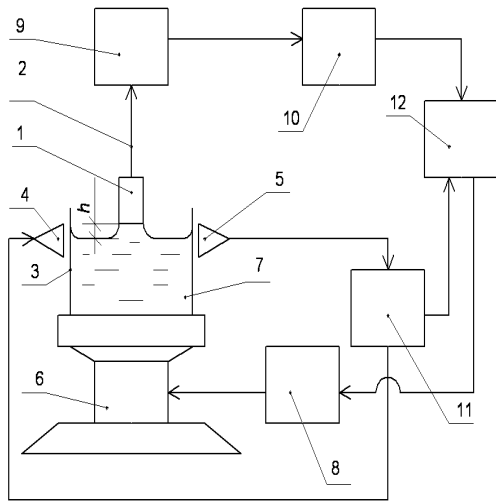


Рис. 1. Структурна схема приладу для дослідження динамічного поверхневого натягу розчинів ПАР, де: 1 – тверде тіло певної форми; 2 – коромисло; 3 – посудина; 4 – джерело світла; 5 – приймач зображення профілю меніска; 6 – підйомний столик; 7 – досліджуваний розчин ПАР; 8 – виконавчий механізм; 9 – давач зусилля; 10 – аналого-цифровий перетворювач; 11 – реєстратор профілю меніска і віддалі  $h$ ; 12 – персональний комп'ютер

В доповіді також приведені конкретні результати дослідження ДПН водних розчинів вітчизняних ПАР (Ріпокс-6, Жиринокс, Барвоцел), які ефективно використовуються в даний час в нафтогазовій промисловості України.

Ключові слова: розчин ПАР, динамічний поверхневий натяг, вимірювання.

УДК 681.2:543.27

### ЗАДАВАЧ ТИСКІВ ДЛЯ ЗАСОБІВ ГАЗОАНАЛІТИЧНОЇ АПАРАТУРИ

<sup>1)</sup>Приміський В.П., <sup>2)</sup>Ділай І.В., <sup>2)</sup>Теплюх З.М., <sup>2)</sup>Башук Р.В., <sup>1)</sup>Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна; <sup>2)</sup>НУ "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

Похибки газоаналітичних засобів суттєво залежать від точності задання та підтримання тисків застосовуваних газів (зокрема, на входах і виходах). Нами розроблені задавачі тисків на базі подільника тиску (ПТ) – послідовного з'єднання довільної кількості  $n$  капілярних елементів (див. рис.1). Міждросельні камери ПТ з'єднані з повторювачами тиску, які встановлюють у газоаналітичних засобах. ПТ можуть працювати у двох режимах: 1) стабілізовані тиски  $P_0$  і  $P_n$ , а отже і всі міждросельні тиски  $P_1, \dots, P_{n-1}$ ; 2)  $P_n$  є змінюваним і тому змінними є міждросельні тиски  $P_1, \dots, P_{n-1}$ .

Відповідне проектування ПТ забезпечує лінійність зміни тисків  $P_i$  при зміні  $\Delta_P = P_n - P_0$ , тобто постійність коефіцієнтів поділу  $k_i$ :

$$k_i = (P_i - P_0) / \Delta_P, \quad i = 1, n-1.$$

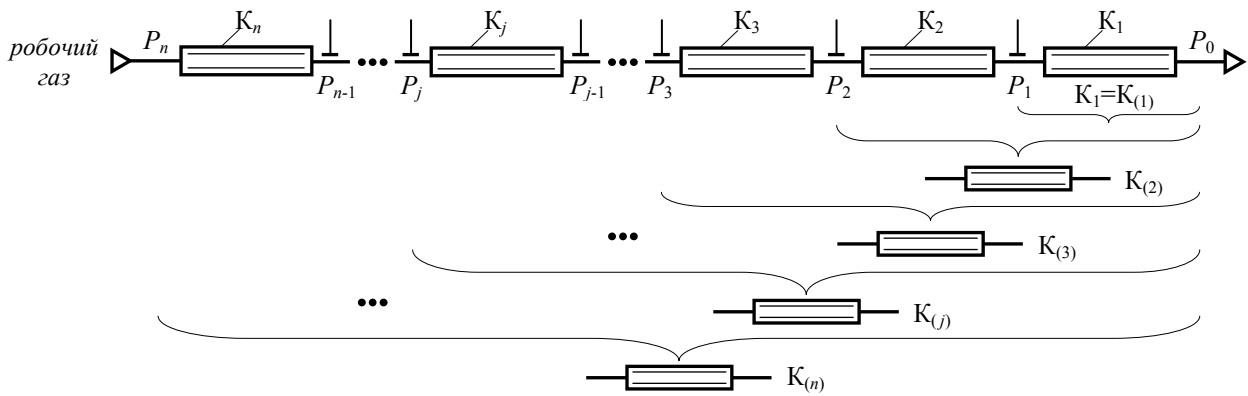


Рис. 1. Принципова схема багатоелементного капілярного подільника тиску, де:  $K_1, \dots, K_n$  – капілярні елементи;  $P_0, P_n$  – тиски живлення подільника;  $P_1, \dots, P_{n-1}$  – тиски в камерах перед відповідними капілярами;  $K_{(2)}, \dots, K_{(n)}$  – еквівалентні дроселі, якими моделюють відповідно 2, ..., n послідовно з'єднаних капілярів

Система рівнянь для визначення розмірів прохідних каналів усіх капілярних елементів лінійного ПТ із заданими міждросельними тисками (коефіцієнтами поділу) має вигляд

$$\left. \begin{aligned} d_j &= d_{(j-1)} / g_j; \\ l_j &= l_{(j-1)} / y_j, \end{aligned} \right\}$$

де  $j = \overline{2, n}$ ;  $d_{(j-1)} = \left[ \sum_{i=1}^{j-1} d_i^{-4} \right]^{-1/4}$ ;  $g_j = \left( D_{(j-1)}^2 - 1 \right)^{1/4}$ ;  $l_{(j-1)} = \kappa \cdot d_{(j-1)}^2$ ;  $y_j = D_{(j-1)} + 1$ ;

$$D_{(j-1)} = D_{j-1} / D_j; \quad D_{j-1} = \Delta_p / \Delta_{p_{j-1}} = 1/k_{j-1}; \quad \Delta_{p_{j-1}} = P_{j-1} - P_0; \quad \kappa = P_0 \cdot \sqrt{\xi \cdot X}.$$

Ключові слова: задавач тиску, подільник тиску, капілярна трубка.

УДК 532.5

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ НАФТОВИХ ПЛІВОК ПО ПОВЕРХНІ МОРЯ

*Макасеєв М.В., Вінніченко О.В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Для України Чорне і Азовське море має дуже важливе значення, тому що вони забезпечують наш вихід до інших морів та у світовий океан. Україна бере участь у ряді міжнародних угод і конвенцій про охорону морського середовища від забруднення, що вимагає дотримуватися екологічно безпечного використання морських акваторій і приморських територій.

Нафта є найпоширенішою речовиною, що забруднює море. При плануванні заходів щодо ліквідації розливів нафти дуже важливо завчасно знати основні параметри нафтової плями та швидкість її формування. Керівнику операції на

місці розливу завжди важливо знати, де перебуває нафтова пляма, куди вона рухається, у якому стані.

Незважаючи на велику цінність оперативних даних авіаційного обстеження району розливу, що дозволяють одержати реальну картину на даний момент, таке обстеження не дозволяє визначити перспективу розвитку подій. Цей недолік можна компенсувати моделюванням процесу переміщення нафти та складанням відповідного прогнозу.

У цій роботі наведено математичне моделювання руху нафтової плями по водній поверхні на той час, коли її за фізико-механічними характеристиками можна представити тонкою гнучкою мембранною плівкою. По заданим властивостям гнучкості та розтягуваності плівки, характеристикам зовнішніх хвиль, та швидкості дрейфу плівки визначається форма поверхні, яку буде приймати плівка під дією хвиль, а також форма водної поверхні за плівкою, яка зміниться внаслідок дифракції хвиль.

Математична задача розділяється на дві – гідродинамічну та деформаційну. Гідродинамічна задача базується на припущеннях теорії поверхневих хвиль малої амплітуди, а деформаційна – на рівнянні Ейлера-Бернуллі лінійної теорії тонкої пружної та гнучкої поверхні.

Граничні задачі для рівнянь у частинних похідних приводяться до інтегральних рівнянь за методом Фур'є побудови фундаментальних рішень.

Дані математичного моделювання допоможуть більш точно спрогнозувати процес переміщення плям, а також корегувати дані авіаційного та космічного зондування забрудненої нафтопродуктами водної поверхні.

Подальший напрямок роботи буде полягати у чисельній реалізації створеної математичної моделі та розробці комп'ютерних методик і алгоритмів для розрахунків, створенню програмного забезпечення та проведення чисельного експерименту.

Ключові слова: нафтова пляма, математичне моделювання, хвильова поверхня.

УДК 621.307.13

## СИСТЕМА КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ CO<sub>2</sub> ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ІНТЕРФЕРОНУ

*Філон М.Ю., Трасковський В.В., Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

При виготовленні інтерферону (ІФН) важливим аспектом є створення певного середовища. Необхідно проводити контроль стану навколишнього середовища, вмісту в ньому певних газів та парів речовин, дотримання зазначеної температури та тиску. Всі ці умови задаються технологічним процесом отримання речовини. Недотримання визначених параметрів

середовища виробництва, підвищення температури, перевищення вмісту допустимої концентрації речовин в повітрі можуть негативно впливати на кінцевий результат та ефективність виробництва препарату.

Контроль CO<sub>2</sub> при технологічному процесі виготовлення інтерферону дозволяє якісно підвищити кількість продукту на виході. Існуючі на даний час системи контролю концентрації CO<sub>2</sub> не забезпечують безперервного вимірювання концентрації газу, що негативно впливає на якість виробленого інтерферону.

Сучасна технологія одержання препаратів інтерферону з використанням індукторної системи передбачає обов'язкове дотримання всіх параметрів технологічного процесу в межах необхідної похибки. Зокрема концентрація CO<sub>2</sub> має бути сталою на протязі другого циклу технологічного процесу, а саме 60-65 годин. Саме такий час займає процес висушування препарату.

В даній роботі запропонована система безперервного контролю концентрації CO<sub>2</sub>, яка складається з газоаналізатора, пристрою ущільнення, озонатора і блоку заповнення. В якості чутливого елемента використовується сенсор сумарної дії та джерело інфрачервоного випромінювання, які дозволяють проводити вимірювання концентрації газу безперервно. Другою особливістю розробленої системи є герметичне виконання газоаналізатора і блоку заповнення в одному корпусі, що дозволяє розташовувати їх безпосередньо в технологічній комірці біореактора, де проходить процес біосинтезу препарату при температурі 38°C. Це також унеможливорює контакт системи з оточуючим середовищем.

Отже, така система дозволяє проводити безперервний контроль концентрації CO<sub>2</sub> і підтримувати вміст його на рівні 0,5% з похибкою в межах технологічних параметрів.

Ключові слова: інтерферон, контроль, система, похибка, газоаналізатор.

УДК 543.271

## РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИКИ І ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ВИКИДІВ АВТОТРАНСПОРТУ

*Івасенко В.М., Приміський В.П., Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Одним із ключових елементів державної системи керування якістю навколишнього природного середовища й забезпечення екологічної безпеки є нормування викидів забруднюючих речовин в атмосферу. У цей час нормування джерел викидів на території України здійснюється по методології, розробленої Госкомгідрометом колишнього СРСР. До основних в цьому плані документів відносять ГОСТ 17.2.3.01-86 "Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов" и "Методика расчета

концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться в викидах підприємств. ОНД-86 Госкомгидромет”.

ОНД-86 – це загальнодержавний нормативний документ, у якому поряд з формулами розрахунку викидів від промислових підприємств викладена методика розрахунку максимального забруднення викидами автотранспорту в окремих районах міста.

Але визначення концентрації розрахунковим способом за методикою ОНД-86 має свої недоліки. Насамперед, багато фахівців відзначають неспроможність вищезгаданої методики розрахунку приземної концентрації забруднюючих речовин ОНД-86. Численні зіставлення розрахункових концентрацій з результатами інструментальних вимірів на стаціонарних постах свідчать про значні розбіжності розрахункових і фактичних рівнів забруднення. У зв'язку із цим у практиці природокористування досить поширені випадки, коли всі підприємства, розташовані в даному населеному пункті, формально дотримують нормативи викидів, хоча фактичний рівень забруднення в місті перевищує санітарно-гігієнічні норми.

Разом з тим, не можна не відзначити, що реальної альтернативи методиці ОНД-86 на сьогодні не існує, й вона, імовірно, ще якийсь час буде залишатися єдиним розрахунковим інструментарієм для визначення нормативів викидів.

Саме тому для контролю забруднення атмосфери необхідно створення системи екологічного моніторингу яка б надавала своєчасну, об'єктивну і достовірну інформацію щодо негативного впливу автотранспорту на довкілля.

Ключові слова: викиди забруднюючих речовин, гранично допустимі концентрації (ГДК), система екологічного моніторингу.

УДК 621.307.13

## ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ ГАЗОАНАЛІЗАТОР З ПІДВИЩЕНОЮ ВИБІРКОВІСТЮ

*Майстренко В.М., Морозова І.В., Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Електрохімічні газоаналізатори широко використовуються через свої переваги перед іншими типами газоаналізаторів аналогічного призначення: малі габарити, вагу, мале споживання електроенергії, простоту конструкції тощо. Але вони мають дуже суттєвий недолік, який часто заважає їх використанню — низьку вибірковість стосовно різних газових компонентів, що аналізуються. З цим недоліком намагаються боротися шляхом введення спеціальної діафрагми, яка налаштовується на один з компонентів і не пропускає інших. Це дає можливість аналізувати концентрацію тільки цього компоненту газу, тому що діафрагма не може змінювати своїх властивостей і пропускати інший газ, що є великим недоліком такого технічного рішення.

В основу технічного рішення, яке розглядається, покладене вдосконалення

електрохімічного аналізу газоподібних і рідких компонентів за рахунок того, що інформацію про концентрації одержують не від інтегрального струму в зовнішньому колі між електродами, як у газоаналізаторах, що використовуються, а від його складових, які обумовлені різною швидкістю переміщення в подвійному електричному шарі іонів, утворених з молекул різних аналізованих компонентів, які мають різну масу. Внаслідок періодичної зміни напруги між робочим та допоміжним електродами стрибком іони електроліту комірки, що володіють меншою масою, швидше змінюють розташування в подвійному електричному шарі біля робочого електрода, а більш важкі іони — відповідно довше. Внаслідок цього форма струму в зовнішньому колі між електродами залежить від складу й концентрації аналізованих компонентів, від яких залежить склад іонів в електроліті. Якщо встановити зв'язок між формою струму й концентрацією аналізованих компонентів, наприклад, у результаті градування, вибірковість газоаналізатора значно збільшиться, внаслідок чого за допомогою однієї електрохімічної комірки можна буде аналізувати до 5 – 10 різних компонентів. Це дозволить збільшити також надійність і довговічність пристрою в 5 – 10 разів. Крім того, до 2-х раз підвищиться чутливість.

Таким чином для підвищення вибірковості між робочим та допоміжним електродами прикладаються імпульси напруги, під дією якої створюється змінне електричне поле, котре періодично стрибком змінює потенціал робочого електрода до завершення перехідного електрохімічного процесу і вимірювання концентрації здійснюють за формою кривої зміни електричного струму в зовнішньому колі між електродами або за величиною коефіцієнтів ряду, у який розкладають функцію зміни електричного струму в зовнішньому колі між електродами.

Ключові слова: електрохімічна комірка, перехідний процес, струм.

УДК 621.307.13

## ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ ГАЗОАНАЛІЗАТОР НА БАЗІ КРІОЕЛЕКТРОННОГО ПРИЛАДУ

*Майстренко В.М., Морозова І.В., Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Електрохімічні методи аналізу відрізняються високою чутливістю, можливістю аналізу певних речовин в присутності інших, швидкістю вимірювання та іншими перевагами. Використовуючи позитивні якості електрохімічних методів аналізу були створені відповідні аналітичні прилади, які мають значні переваги перед аналогічними приладами, котрі використовують інші методи аналізу. Але електрохімічні газоаналізатори, які використовуються в аналітичних приладах і системах, не мають великої вибірності по відношенню до багатьох інших компонентів, які, як правило, супроводжують аналізовані. Крім того, для вимірювання концентрації кожного окремого компонента потрібно мати свою

електрохімічну комірку, що при великій кількості аналізованих компонентів зводить нанівель всі переваги електрохімічних методів. Отже, було б дуже перспективно створити такий електрохімічний газоаналізатор, який з однією електрохімічною коміркою дозволяв би вимірювати концентрацію багатьох різних компонентів. Один з варіантів — використання нестационарних методів електрохімічного аналізу. В цих методах інформація про концентрацію міститься в одному з змінних параметрів, наприклад струмі.

Нестационарні електрохімічні методи мають підвищену чутливість за рахунок збільшення відношення рівня корисного сигналу (фарадеевського струму) до рівня фону (струму зарядження). В нестационарних умовах дифузії фарадеевський струм значно вищий, ніж в стаціонарних. Це співвідношення можна ще збільшити, якщо замість струму вимірювати магнітне поле в подвійному електричному шарі в зоні вимірювального електроду. Це також дозволить виключити вплив поляризації, що вносить додаткову похибку в результат вимірювання. Але рівень цього магнітного поля є дуже низьким, тому потрібно мати надчутливий магнітометр.

Рекордно високу чутливість сьогодні мають магнітометри, в основу побудови котрих покладене явище надпровідності. Як магнітометр використовується кріоелектронний прилад, котрий має назву СКВІД (аббревіатура російська) — надпровідний квантовий інтерференційний датчик. Магнітометри, які побудовані на базі СКВІДу, досягають чутливості  $10^{-14}$  А/см. Така чутливість забезпечить вирішення поставленої задачі.

Таким чином, якщо об'єднати електрохімічну комірку з СКВІДом, а потім прикласти між електродами електрохімічної комірки змінну напругу, аналізуючи склад електричного сигналу на виході СКВІДа, можна визначити концентрацію декількох компонентів, які аналізуються. Електрохімічний газоаналізатор з використанням СКВІДа може бути використаним перш за все в системах екологічного моніторингу, коли буде аналізуватися навколишнього середовища.

Ключові слова: електрохімічна комірка, кріоелектронний прилад, СКВІД.

УДК 621.307.13

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ НАВЧАЛЬНИХ ПРОГРАМ ЕКОЛОГІЧНОГО СПРЯМУВАННЯ

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

Сьогодні в Україні понад 300 закладів освіти готують фахівців для екологічної галузі. В той же час відчувається гостра потреба в спеціалістах, які не тільки розуміють сучасні екологічні проблеми, причини їх виникнення та можливі наслідки, але й вільно орієнтуються в розмаїтті технічних засобів, володіють специфікою екологічного моніторингу. Екологічний моніторинг як сукупність методів та засобів постійного контролю стану довкілля це, по-перше, головне



джерело достовірної інформації про стан довкілля. По-друге, екологічний моніторинг, точніше його результати – це практично найбільш ефективний інструмент впливу на суспільну свідомість.

Об’єктивною тенденцією сучасного етапу розвитку навчальних програм екологічного спрямування є перенесення акцентів від моральних, етичних та інших, безумовно, важливих складових екологічних проблем на питання створення та використання технічних засобів, оскільки ефективність екологічного моніторингу та правомірність законодавчих і управлінських рішень обумовлюються саме точністю, стабільністю, довговічністю засобів екологічного моніторингу. В принципі, головною метою всіх екологічних проектів та навчальних програм повинно стати забезпечення еволюційного характеру етногенезу.

Усвідомлення фатальних перспектив людства привело до виникнення і формування концепції сталого розвитку суспільства, згідно з якою стан цивілізації, (країни, регіону) оцінюється індексом – вектором в просторі 3-х координат розвитку: економічного, екологічного, соціального.

Для оцінок проєкцій вектора сталого розвитку на екологічну координату використовуються показники, які формуються на базі даних екологічного моніторингу. Серед параметрів, що формують екологічну проєкцію вектора сталого розвитку, стан природних ресурсів, можливості та механізми адекватного реагування на екологічні загрози, якість питної води, якість повітря, озон в екосистемі, викиди CO<sub>2</sub> та SO<sub>2</sub> на одиницю генерованої енергії.

За індексом екологічного виміру перша п’ятірка країн виглядає так: Фінляндія, Норвегія, Уругвай, Швеція, Ісландія. Україна знаходиться на 110 місці. Серед причин такого ганебного для нас становища не тільки деградація найкращого в світі чорнозему, безконтрольна вирубка лісів, незадовільний стан з утилізацією відходів, жахливе забруднення рік і водоймищ, один із найвищих у світі показників забруднення атмосфери великих міст, але і дуже низький рівень екологічної свідомості. Тому майбутній інженер повинен розуміти, що без вирішення цієї проблеми навіть найдосконаліші технічні засоби діагностики не дадуть бажаного екологічного ефекту.

Ключові слова: екологічний моніторинг, навчальні програми.

УДК 621.307.13

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛУ ПРИ ФАЗОВОМУ ПЕРЕХОДІ

*Суліма О.В., Порев В.А., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

В технології зонної плавки кремнію при фазовому переході можливі локальні перевищення температури (перегрів) поверхні рідкої фази над температурою плавлення, що негативно впливає на якість плавки, оскільки порушується оптимальний температурний режим. Інформативним параметром

в пірометрії випромінювання є контраст, який в загальному випадку утворюється за рахунок відмінностей у яскравостях сусідніх ділянок, обумовлених флуктуаціями температури  $\Delta T$  або різницею між коефіцієнтами випромінювальної здатності. Вказана невизначеність походження контрасту може бути причиною помилкового рішення про значення перегріву.

Якщо в межах фазового переходу температури однакові, то контраст утворюється тільки за рахунок різниці між коефіцієнтами випромінювальної здатності у твердій  $\varepsilon_T(\lambda)$  та рідкій  $\varepsilon_P(\lambda)$  фазах

$$K_\phi = \frac{\varepsilon_T(\lambda) - \varepsilon_P(\lambda)}{\varepsilon_T(\lambda) + \varepsilon_P(\lambda)}.$$

Припустимо, що за умови значного перегріву поверхні рідкої фази в деякий момент часу яскравості твердої і рідкої фаз зрівнялися. Тоді у відповідності із формулою Планка можна записати

$$\varepsilon_T(\lambda_e) \exp\left(-\frac{C_2}{\lambda_e T_T}\right) = \varepsilon_P(\lambda_e) \exp\left(-\frac{C_2}{\lambda_e (T_\phi + \Delta T_n)}\right),$$

де  $\lambda_e$  – ефективна довжина хвилі;

$C_2 = 14400$  мкм К;

$\Delta T_n$  – різниця температури, обумовлена перегрівом;

$T_T, T_\phi$  – поточні значення температур твердої та рідкої фаз.

Після нескладних перетворень та врахувавши, що в момент фазового переходу  $T_\phi \approx T_T$ , отримаємо формулу для визначення можливого перегріву

$$\Delta T_n = \frac{\lambda_e}{C_2} T_T^2 \ln \frac{\varepsilon_m(\lambda_e)}{\varepsilon_p(\lambda_e)}.$$

Запропонована методика дозволила встановити, що максимально можливий перегрів рідкої фази в технології зонної плавки кремнію не перевищує значення  $\Delta T_n = 50$  К.

Ключові слова: кремній, фазові переходи, температура, перегрів.

УДК 621.307.13

## СИНТЕЗ СКЛЯНИХ ВУЗЬКОПОЛОСНИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

*Мухлін С.М., Порєв В.А., Старченков І.В., Національний технічний університет  
України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Суттєвою особливістю сучасного етапу науково-технічного прогресу є та обставина, що в технологічно розвинених країнах значна частка інформаційно-вимірювальних процедур здійснюється за допомогою телевізійних інформаційно-вимірювальних систем (ТІВС).

ТІВС успішно застосовуються при вирішенні екологічних задач, зокрема, для визначення площі та динаміки поширення нафтових забруднень акваторій, контролю берегової ерозії, руху мілін, виявлення аномалій стану рослинного покриву тощо. Телевізійні системи дозволяють в реальному часі отримувати інформацію про динаміку атмосфери на виході з труби і вздовж траси димового шлейфу, можуть забезпечити зменшення похибки моделювання, обумовленої нестабільністю атмосфери.

Особливе місце в задачах контролю в високих технологіях належить телевізійній пірометрії, яка має загальну з традиційною пірометрією теоретичну базу і в той же час, завдяки особливостям формування сигналу, забезпечує вирішення сучасних наукових та технологічних задач на якісно новому рівні.

При цьому суттєвим обмеженням на шляху застосування ТІВС для вирішення перерахованих та подібних їм задач є відсутність недорогих вузькополосних спектральних фільтрів.

Оскільки характеристики спектральної чутливості сучасних ПЗЗ- матриць перекривають ультрафіолетовий, видимий та ближній інфрачервоний діапазони, то в даній задачі можна орієнтуватися як на інтерференційні, так і на скляні фільтри. Але з врахуванням цінових співвідношень нами запропонований програмний алгоритм синтезу, який реалізує спектральні можливості комплекту ГОСТ 9411–75.

В даному алгоритмі інтервал пропускання  $\lambda_1 \dots \lambda_2$  визначається співвідношенням  $\tau(\lambda_1) = \tau(\lambda_2) = 0,5\tau_{\max}$ , де  $\tau_{\max}$  — максимальний коефіцієнт пропускання для довжини хвилі  $\lambda_{\max}$ , значення якої задає оператор (в алгоритмі передбачені також інші підходи до визначення інтервалу пропускання). За межами інтервалу пропускання задаються діапазони на рівні пропускання не більше  $0,5\tau_{\max}$  і довжиною  $\lambda_{\max} - \lambda_n$  та  $\lambda_v - \lambda_{\max}$ , де  $\lambda_n$ ,  $\lambda$  - нижня та верхня межі спектральної чутливості ПЗЗ – матриці. В ближньому ІЧ-діапазоні алгоритм синтезу враховує криву спектральної чутливості, яка характеризується значною крутизною і різким спадом.

Алгоритм синтезу спектральних фільтрів розроблений в рамках ТЗ на виконання НДР №497-2009.

Ключові слова: алгоритм, синтез, спектральний фільтр.

УДК 528.232.22

## СПЛАЙН-ІНТЕРПОЛЯЦІЯ РЕЛЬЄФНО-БАТИМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ДІЛЯНКИ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

*Рудик Т.О., Порєв Г. В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

На сьогодні цифрова рельєфна та батиметрична модель (ЦРБМ) поверхні Землі широко використовуються в геоінформаційних системах, системах навігації, задачах попередження та прогнозування лавин та селів, гравіметрії, побудови

карт покриття мобільних операторів тощо. Потребу в глобальній ЦРБМ якомога високої детальності важко переоцінити з огляду на розвиток сучасної екологічної науки, яка ставить перед обчислювальними засобами задачі моделювання глобальних кліматичних, метеорологічних та океанографічних процесів. В задачах екологічного моніторингу, наприклад, при побудові моделей екологічних процесів, перехід до деталізованого рельєфу дозволяє підвищити прогностичну здатність таких моделей.

Деталізація рельєфної моделі проводилася шляхом сплайн-інтерполяції ділянок із залученням суперкомп'ютерного кластеру НТУУ "КПІ". Було обрано алгоритм сплайну Катмулла-Рома, який побудований на основі кубічних Ермітових сплайнів. В цьому випадку значення сплайну  $R$  в точці  $X_{pos}$  на відрізку  $V_0 \dots V_1$

$$R = \left( \left( \left( \left( M_{41}V_{pred} + M_{42}V_0 + M_{43}V_1 + M_{44}V_{succ} \right) X_{pos} + \right) X_{pos} + \right) X_{pos} + \right) X_{pos} + \left( \begin{array}{l} + (M_{31}V_{pred} + M_{32}V_0 + M_{33}V_1 + M_{34}V_{succ}) \\ + (M_{21}V_{pred} + M_{23}V_1) \\ + (M_{12}V_0) \end{array} \right)$$

де  $V_0, V_1$  — значення інтерпольованої функції в точках, які обмежують безпосередній відрізок інтерполяції, що обчислюється,  $M$ -матриця вагових коефіцієнтів,  $V_{pred}, V_{succ}$  — значення інтерпольованої функції в точках, які передують і слідує за відрізком  $V_0 \dots V_1$ .

Встановлено, що дані деталізованого рельєфу, отримані по попередньо обчисленим перерізам довготи відрізняються від даних деталізованого рельєфу, отриманим по попередньо обчисленим перерізам широти несуттєво - різниця склала менше одиниці дискретизації вхідних даних (1 метр).

При порівнянні результатів для уточненої моделі рельєфу, отриманих шляхом сплайн-інтерполяції, з даними реальної топографічно-геодезичної зйомки згідно з інформацією, наданою НДІ геодезії та картографії, встановлено, що отримані результати задовільно відповідають реальним.

Таким чином, інтерполяція рельєфно-батиметричних даних дає можливість уникнути похибок, пов'язаних з дискретним характером та недостатньою роздільною здатністю вхідних значень.

Ключові слова: інтерполяція, рельєфно-батиметрична модель.

УДК 621.317

## ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ НА ВОДНИХ ПЕРЕХОДАХ

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

При тривалій експлуатації підводних трубопроводів їх ізоляційне покриття втрачає свої властивості. Це призводить до втрати металу трубопроводами, зниженню їх робочого ресурсу. Одним з найефективніших способів

попередження відмов обладнання, забезпечення працездатності його елементів в процесі експлуатації є контроль технічного стану методами та засобами неруйнівного контролю.

Загальним недоліком як контактних, так і безконтактних методик є неможливість проведення контролю паралельних електрично з'єднаних трубопроводів, які знаходяться один від одного на меншій за подвоєну глибину залягання відстані. Існуючі методики контролю для своєї реалізації потребують точної прив'язки до осі одного з паралельних трубопроводів, причому відстань між цими трубопроводами повинна бути не меншою за подвоєну глибину їх залягання.

Метою дослідження є підвищення ефективності діагностичних досліджень трубопроводів шляхом розробки методики проектування апаратно-програмного комплексу на базі портативних комп'ютерів, яка дає змогу створювати сучасні конкурентоздатні вимірювальні приладі, у тому числі комплекси для контролю якості ізоляційного покриття комунікацій, що знаходяться у водному середовищі.

В ході досліджень визначено, що для проведення автоматичного розрахунку значень струму і глибини залягання приймач інформаційно-вимірювальної системи повинен бути обладнаний мікро-ЕОМ з енергонезалежною пам'яттю для збереження результатів контролю.

Результати експериментальних досліджень свідчать про те, що розроблена апаратура з високим ступенем точності визначає місцезнаходження підводних трубопроводів, здійснює оцінку якості їх ізоляційних покриттів та вимірює глибину залягання цих комунікацій.

Апаратура працює як від сигналів генератора струму, що входить до комплексу апаратури, так і від сигналів станцій катодного захисту трубопроводів. В якості генератора сигналів обраний перетворювач постійної напруги (12В) в змінний струм, який забезпечує роботу на стабілізованих частотах із потужністю в межах 100-300Вт.

Ключові слова: неруйнівний контроль, якість ізоляційного покриття, апаратно-програмний комплекс, вбудований портативний комп'ютер.

УДК 621.307.13

## ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ БІСПЕКТРАЛЬНОЇ ПІРОМЕТРІЇ

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

Вирішена важлива наукова задача підвищення точності вимірювання температури шляхом створення методів вимірювання, які базуються на особливостях формування вимірювального сигналу в методі пірометрії спектрального відношення та на нових схемотехнічних рішеннях телевізійного

біспектрального пірометра.

Створена математична модель вимірювального сигналу телевізійного біспектрального пірометра, на базі якої розроблені методики оцінки похибок вимірювання температури і встановлені аналітичні залежності між похибками вимірювання температури, нерівномірністю чутливості світло-електричного перетворювача (СЕР), еквівалентною довжиною хвилі та зміною коефіцієнту випромінювальної здатності

Створена математична модель первинного вимірювального перетворювача телевізійного пірометра, яка дозволила вдосконалити методику оцінки точності вимірювання лінійних розмірів температурних фрагментів.

Створено метод підвищення точності вимірювання лінійних розмірів температурних фрагментів, який базується на використанні особливостей будови тришарової ПЗС-матриці в схемі формування вимірювального сигналу. Встановлено, що застосування методу дозволяє підвищити точність вимірювання на 15 %.

Експериментально встановлена і дістала теоретичне обґрунтування наявності відмінностей в значеннях еквівалентної довжини хвилі для різних зон СЕР телевізійного пірометра.

Запропоновано метод вимірювання температури великих об'єктів, який передбачає врахування та компенсацію впливу відмінностей в значеннях еквівалентної довжини хвилі різних зон СЕР на точність вимірювання температури. Показано, що застосування методу дозволяє підвищити точність вимірювання на 15 %.

Обґрунтовано критерій вибору ПЗС-камери для створення телевізійного біспектрального пірометра, застосування якого забезпечує вимірювання температури спектрального відношення з похибкою, що не перевищує заданої технічним завданням.

Ключові слова: телевізійний пірометр, підвищення точності, еквівалентна довжина хвилі.

УДК 621.307.13

### ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ СПЕКТРАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЗС-МАТРИЦІ КАМЕРИ

*Маркін М.О., Маркіна О.М., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

На сьогодні у багатьох технологічно розвинених країнах широко використовуються комп'ютеризовані телевізійні інформаційно-вимірювальні системи (ТІВС), які дають можливість аналізувати інформацію про структуру, стан та властивості об'єктів різної природи, яка міститься у їх випромінюванні.

Однією з найважливіших характеристик ТІВС є спектральна характеристика системи, яка в першу чергу визначається спектральною характеристикою ПЗЗ-матриці передавальної камери. Наразі лише декілька виробників камер надають спектральну характеристику у супровідній документації.

Нами було створено лабораторний стенд для експериментального визначення спектральної характеристики ПЗЗ-матриці, структурна схема якого зображена на рис. 1.

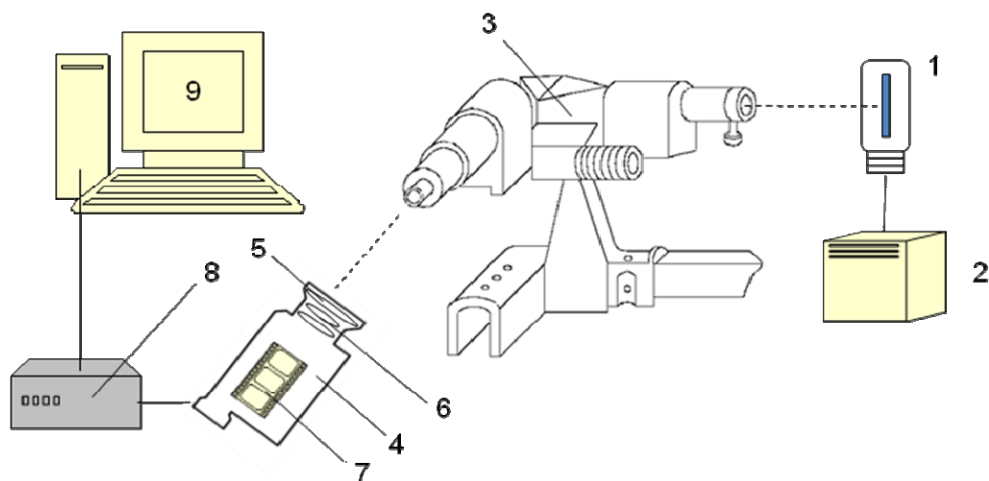


Рис. 1. Структурна схема стенду для визначення спектральної характеристики, де: 1 – лампа СИ10–300; 2 – стабілізоване джерело живлення; 3 – монохроматор; 4 – камера; 5 – світлофільтри; 6 – об’єктив; 7 – СЕП; 8 – ПВВК; 9 – ПК

В дослідженнях у якості джерела випромінювання використовується еталонна температурна лампа СИ10-300 1, на одній оптичній осі з якою розташований універсальний монохроматор 3. На виході монохроматора встановлена передавальна камера 4. Регулювання температури еталонної лампи провадиться за допомогою стабілізованого джерела живлення 2 з вбудованими вольтметром та амперметром. Для градуювання монохроматора використовувався інтерференційний фільтр ФІ-08.

Ключові слова: спектральна характеристика, ПЗЗ-матриця, ТІВС.

УДК 621.307.13

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ БІСПЕКТРАЛЬНОГО ТЕЛЕВІЗІЙНОГО ПІРОМЕТРУ

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

Фізично робота телевізійного пірометра полягає в послідовності перетворень потоку випромінювання, яке попадає на ПЗЗ-матрицю. Кінцевою ланкою цієї послідовності перетворень є цифровий сигнал, пропорційний

значенню вхідного сигналу, який виникає при взаємодії випромінювання з первинним вимірювальним перетворювачем (ПЗЗ-матрицею).

Формування сигналу і перетворення сигналу в біспектральній пірометрії відбувається в такій послідовності. Спочатку світловий потік обмежується за рахунок вибору світлового діаметра об'єктива. Одночасно здійснюється спектральна фільтрація потоку середовищем та елементами оптичної системи. Далі формується функція розподілу спектральної освітленості матриці  $E(\lambda)$ , яка перетворюється в масив зарядів пікселів і формується вихідний сигнал  $A$ .

Відповідно до цієї моделі квазімонохроматичні сигнали  $A(\lambda_1)$ ,  $A(\lambda_2)$  визначаються наступними співвідношеннями

$$A(\lambda_1) = \frac{kR}{t_K} \varepsilon(\lambda_1, T) \frac{C_1}{\lambda_1^5} \frac{\pi}{4} \tau_c(\lambda_1) \tau_o(\lambda_1) \left(\frac{D}{f}\right)^2 \exp\left(-\frac{C_2}{\lambda_1 T}\right),$$

$$A(\lambda_2) = \frac{kR}{t_K} \varepsilon(\lambda_2, T) \frac{C_1}{\lambda_2^5} \frac{\pi}{4} \tau_c(\lambda_2) \tau_o(\lambda_2) \left(\frac{D}{f}\right)^2 \exp\left(-\frac{C_2}{\lambda_2 T}\right),$$

де  $D/f$  – відносний отвір об'єктиву;  $\tau_c$  – спектральний коефіцієнт пропускання середовища;  $\tau_o$  – спектральний коефіцієнт пропускання оптичної системи  $t_K$  – час комутації,  $R$  – електричний опір,  $T$  – температура джерела,  $\varepsilon(\lambda_1)$ ,  $\varepsilon(\lambda_2)$  – коефіцієнти випромінювальної здатності поверхні тіла на довжинах хвиль  $\lambda_1$  і

$\lambda_2$ ,  $C_1 = 3,74 \cdot 10^8 \frac{\text{Вт} \cdot \text{мкм}^4}{\text{м}^2}$ ,  $C_2 = 1,44 \cdot 10^4 \text{ мкм} \cdot \text{К}$ .

Біспектральна телевізійна пірометрія вирізняється тим, що сигнали формуються одразу у двох спектральних діапазонах, а пірометричний сигнал є їх часткою, що дозволяє в більшості випадків уникнути похибок, пов'язаних з визначенням коефіцієнту випромінювальної здатності, а в підсумку підвищити точність вимірювання температури.

Отже, математична модель вихідного сигналу БСП

$$A = \frac{A(\lambda_1)}{A(\lambda_2)} = \frac{\varepsilon(\lambda_1)}{\varepsilon(\lambda_2)} \exp\left[-\frac{c_2}{T} \frac{1}{\lambda_{ек}}\right],$$

де  $\lambda_{ек}$  – еквівалентна довжина хвилі.

Ключові слова: біспектральний телевізійний пірометр, математична модель.

УДК 621.307.13

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕЛЕВІЗІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

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

На сьогодні ТІВС є потужним технічним засобом з потенційно високою точністю вимірювання геометричних параметрів. Дійсно, навіть при спрощеному геометричному підході похибка вимірювання  $\delta$  не перевищує



значення лінійного розміру  $\Delta$  пікселя по відповідній координаті, що становить одиниці мікрометрів. В той же час до оцінки похибки вимірювання, крім геометричного, можуть бути застосовані інші підходи, зокрема, просторово-частотний, коли похибку вимірювання визначають через функцію передачі модуляції (ФПМ) та деякий пороговий рівень контрасту зображення.

Методика базується на аналітичному або графічному розв'язанні рівняння

$$H(f_x, f_y) = K_{\Pi},$$

де  $H(f_x, f_y)$  – ФПМ ТІВС,  $K_{\Pi}$  – пороговий контраст у вихідному зображенні,  $f_x, f_y$  – просторові частоти за відповідними координатами  $x, y$ .

Але літературні джерела, де використовується просторово-частотний підхід до оцінки похибки вимірювання, не враховують особливостей формування порогового контрасту та умов реальної задачі.

Нами запропоновано ввести в розгляд ефективне значення лінійного розміру пікселя  $d$ , яке визначається з врахуванням вхідного контрасту  $K_{вх}$  та умов формування сигналу. Кількісно ефективний розмір  $d$  визначається з наведеного вище рівняння як величина, обернена до просторових частот  $f_x, f_y$ , на яких коефіцієнт передачі контрасту дорівнює пороговому.

Для кількісних оцінок порогового контрасту на виході можливе використання формули

$$K_{\Pi} = \frac{q_{\Pi}(P)}{K_{вх} \gamma(E) q(E)},$$

де  $K_{вх}$  – вхідний контраст;  $q(E)$ ,  $q_{\Pi}(P)$  – відношення сигнал/шум при освітленості  $E$  та порогове, при якому забезпечується задана імовірність реєстрації сигналу  $P$ ;  $\gamma(E)$  – показник нелінійності світло-електричної характеристики.

Оскільки в більшості реальних задач, для вирішення яких застосовуються ТІВС,  $K_{вх} < 1$ , то завжди  $d > \Delta$ , що і спостерігається на практиці.

Ключові слова: телевізійна інформаційно-вимірювальна система, вимірювання геометричних параметрів.

УДК 543.271.3

## НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛІВ

*Гуцол І.В., Приміський В.П., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Згідно вимог ДСТУ 3649-97 "Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю" серед основних екологічних параметрів, що необхідно контролювати при випуску, експлуатації,

технічному огляді автомобілів є: димність, токсичність і шум автомобілів. Відповідно для кожного з цих параметрів діє окремий стандарт.

Розрізняють зовнішній і внутрішній шум автомобіля. Зовнішній шум автомобіля – одне з основних джерел міського шуму. Транспортний шум у місті досягає 80–100Дб. Комітетом транспорту європейської економічної комісії ООН прийняті Правила № 51 – рекомендовані міжнародні норми, щодо обмеження зовнішнього шуму. На підставі цих Правил створено національний стандарт ДСТУ UN/ECE R 51-01-2002 "Єдині технічні приписи, щодо транспортних засобів, стосовно створюваного ними шуму". Згідно стандарту норма зовнішнього шуму не повинна перевищувати 74–84 Дб для різних типів автомобілів.

Важливою складовою екологічної оцінки автомобіля є димність і токсичність відпрацьованих газів. Норми викидів димності і токсичності, а також вимоги до газоаналізаторів і димомірів регламентуються відповідно ДСТУ 4276-04 "Норми і методи вимірювань димності відпрацьованих газів автомобілів із дизелями або газодизелями" і ДСТУ 4277-04 "Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів із двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі". Для виміру токсичних газів  $CO$  (оксид вуглецю) та  $CH$  (вуглеводень) згідно ДСТУ 4277-04 рекомендовано інфрачервоний метод газового аналізу, при цьому чітко прописані всі метрологічні вимоги до газоаналізаторів, обов'язково передбачено вмонтований принтер, протокол обміну з персональним комп'ютером.

Особливістю метрологічних вимог до димоміра (по ДСТУ 4276-04) є наявність двох шкал вимірювання: у відсотках затемнення – % та натуральних логарифмах –  $m^{-1}$ , а також наявності оптичної бази димоміра довжиною – 0,43 м. Основна приведена похибка вимірювань димомірів регламентується на рівні – 2%.

Ключові слова: газоаналізатор, шумомір, димомір, норми викидів димності, шуму, токсичності.

УДК 543.271.3

## ОСОБЛИВОСТІ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРУ. СУЧАСНИЙ СТАН

*Приміський В.П., Курдій В.В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", ТОВ "Автоекоприлад", Київ, Україна*

Надмірна концентрація промислових об'єктів та автотранспорту на території України призвела до надзвичайного антропогенного навантаження на довкілля. Найбільш високі рівні забруднення атмосферного повітря з року в рік виявляються в містах Донецько-Придніпровського регіону, де обсяг

промислових викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря становить близько 80% від загального валового викиду всіх основних промислових підприємств країни.

Введення діючої облікової і дозвільної систем у галузі природокористування в Україні є частиною курсу країни на зближення із законодавством ЄС. Кінцевий успіх в значній мірі залежить від об'єктивності і достовірності прямих інструментальних вимірів.

Спираючись на відповідний досвід роботи ТОВ "Автоекоприлад" у галузі інвентаризації та обґрунтуванні викидів можна зробити наступні висновки:

- найчастіше об'єктами інструментального аналізу є вихлопні гази процесів горіння органічного палива, а саме оксид і діоксид вуглецю, оксиди азоту, діоксид сірки, тощо та супутні параметри – концентрація кисню, швидкість газового потоку, температура та тиск;

- другою за частотою аналізу шкідливою речовиною є пил.

Найефективнішим методом аналізу вихлопних газів та кисню залишається електрохімічний. Це обумовлено надійністю, простотою, компактністю приладів, що важливо у, так званих, "польових умовах", на відміну від інфрачервоної спектроскопії. Єдиним недоліком є висока ціна самого приладу та необхідність періодичної заміни електрохімічних чарунок, які мають обмежений термін дії. Основними представниками даного типу приладів є газоаналізатор TESTO 350XL (ФРН).

Для вимірювання концентрації пилу лідируючі позиції займає метод зовнішньої та внутрішньої фільтрації, як найбільш точний і простий. Основні аргументи проти – суттєві затрати часу на виконання вимірювання і підготовки до нього. Основними представниками у даному секторі є прилади марок "Проба", "Тайфун" (Україна).

Для більшості параметрів, які необхідні для повної інвентаризації і обґрунтування викидів забруднюючих речовин існує відповідне приладове забезпечення, яке гарантує достовірність і точність інформації, основним недоліком є відсутність якісного конкурентоспроможного вітчизняного виробника у наукомісткому секторі приладів.

Ключові слова: газоаналізатор, пилемір, інвентаризація викидів.

УДК 535.853.3

## ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛИЗАТОРОВ ЗАДЫМЛЕННОСТИ

*Дашковский А.А., Дремлюга В.Я., Еременко С.И., Скицунов С.В., ЗАО "Всеукраинский НИИ аналитического приборостроения" ("Укрналит"), г. Киев, Украина*

Неоспоримыми преимуществами оптических сигнализаторов дыма (СД) являются высокие метрологические характеристики, большое быстродействие,

устойчивость к перегрузкам по задымленности и очень малое время на восстановление.

В работе [1] проанализированы основные пути повышения точности и надежности инфракрасного оптического сигнализатора, работающего на принципе противофазной модуляции.

На чувствительность оптических СД весьма существенно влияет структура дыма, возникающего при тлении (горении) различных материалов, таких как: хлопок, шерсть, текстиль, синтетика, пластмасса и пр. Наибольшее влияние оказывает дым, возникающий при тлении бумаги, табака и резины.

Опыт эксплуатации оптических СД на зарубежных и отечественных самолетах показал, что основными мешающими факторами влияния оптических СД являются пыль, конденсат, аэрозоли и другие загрязнители.

Поэтому возникает необходимость периодически продувать СД сжатым воздухом. Однако эта операция не всегда дает положительный результат.

В ЗАО "Укрналит" разработан СД с устройством компенсации изменения выходного тока, вызванного запылением или загрязнением СД.

Устройство компенсации работает только в начальный момент включения (5-6 с), в который происходит сравнение на нуль-органе выходного тока.

При этом заданы следующие пределы выходного тока:  $I_0=11\pm 1\text{мА}$  – начальный ток незапыленного СД,  $I_k=17\pm 0,5\text{мА}$  – ток срабатывания компенсации,  $I_n=20\text{мА}$  – ток выдачи сигнала о пожаре.

При превышении выходного тока  $I_k$ , вызванного запылением СД, срабатывает нуль-орган, который через запоминающее устройство восстанавливает выходной ток и удерживает его в этом положении на все время включения СД. Данное техническое решение позволяет значительно уменьшить риск ложного срабатывания СД.

Ключевые слова: сигнализатор задымленности, устройство компенсации, нуль-орган, выходной ток.

#### **Литература**

1. Дашковский А.А., Дремлюга В.Я., Еременко С.И., Скицунов С.В. Особенности построения высокоточных сигнализаторов задымленности и температуры в помещениях подвижных объектов. Збірник тез доповідей VIII Міжнародної наук.-техн. конф. "Приладобудування: стан і перспективи" 28-29 квітня 2009 р., м. Київ, ПФБ, НТУУ «КПІ». – 2009. - с. 127.

УДК 543.27.08

### **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И КОНСТРУКЦИИ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПЕРЕНОСНОГО ПЫЛЕМЕРА ВОГ-2**

*Гейко О.Н., Максименко Ю.Н., Цвельх Ю.М., ЗАО "Всеукраинский НИИ аналитического приборостроения" ("Укрналит"), г. Киев, Украина*

Наряду с разработкой стационарных оптических пылемеров для мониторинга

промышленных выбросов актуальной и экономически целесообразной задачей является создание переносного оптического пылемера для инспекционного контроля выбросов. Принцип действия такого прибора основан на пропорциональной зависимости между измеряемой оптической плотностью пылесодержащей среды и значением концентрации пыли в ней.

Простота конструкции, минимальные вес и габариты прибора, автономное питание - основные требования, которые учитывались при выборе параметров оптической схемы. Характерной особенностью фотометрической части прибора является цилиндрический зонд диаметром 30 мм, погружаемый в анализируемую среду. Через продольные щели в оболочке зонда происходит свободный проток анализируемой пробы. Учитывая циклический характер измерений, в приборе используется однолучевая оптическая схема. Установка "нуля" выполняется автоматически перед каждым измерением с зондом свободным от пыли. Внутри зонда проходит, формируемый линзой-коллиматором, узконаправленный световой поток, попадающий на сферический отражатель на торце зонда. Отраженный поток с помощью линзы-объектива фокусируется на приемной площадке фотоприемника. Расстояние между линзами и отражателем - 600 мм. Излучатель - светодиод, излучающий на длине волны 0,63 мкм с силой света до 18 Кд. Фотоприемник - фотодиод, имеющий малую инерционность и высокую температурную стабильность. Такой выбор обеспечивает малое энергопотребление, хорошую чувствительность и минимальное влияние газовых компонентов и влаги на измерение концентрации пыли. Поскольку измерения выполняются в условиях высокого градиента температуры и значительных вибраций, особое внимание было уделено жесткости конструкции и виброустойчивости узлов крепления оптических элементов. Градуировка и поверка прибора по оптической плотности выполняется с помощью набора аттестованных нейтральных светофильтров, которые помещаются перед линзой-объективом через люк в оболочке зонда.

В работе приведены результаты расчета элементов оптической схемы пылемера – сферического зеркала, линз. Анализ различных вариантов вида и состава оптической схемы прибора позволил провести ее синтез и оптимизацию элементов. Исследованы энергетические характеристики и потери оптического сигнала при изменении рабочей температуры и деформациях конструкции и узлов крепления оптических элементов.

Ключевые слова: переносной оптический пылемер, оптическая плотность.

УДК 621.3.078

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР ДИОКСИДА СЕРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

*Девятко Г.А., Кучменко В.А., Лацис С.А., Подольский В.Я., ЗАО "Всеукраинский НИИ аналитического приборостроения" ("Укрналит"), г. Киев, Украина*

Для оперативного измерения концентрации диоксида серы при обеспечении

безопасных условий труда непосредственно в месте нахождения работающего на промышленных предприятиях различных отраслей хозяйства, на которых образуется диоксид серы в результате деятельности предприятия, применяются газоанализаторы индивидуального пользования.

Электрохимический газоанализатор диоксида серы состоит из первичного электрохимического преобразователя (ПЭП), блока обработки информации (БОИ), включающего в себя узел звуковой и световой сигнализации, блока питания (БП) и узла цифровой индикации концентрации газа.

В основу работы ПЭП положен принцип преобразования массовой концентрации диоксида серы в электрический ток на основе электрохимического эффекта по методу электролиза постоянным током при сохранении определенного потенциала на поверхности чувствительного (рабочего) электрода. При этом в системе происходит реакция восстановления, а ток, возникающий в результате электрохимического эффекта при воздействии диоксида серы на чувствительный слой рабочего электрода, прямо пропорционален концентрации этого газа.

С помощью специального потенциостата, входящего в БОИ, на рабочем электроде ПЭП поддерживается на заданном уровне определенный потенциал относительно сравнительного электрода, который необходим для обеспечения реакции окисления диоксида серы и не зависит от изменений, происходящих на вспомогательном электроде. Схема БОИ обеспечивает обработку сигнала, поступающего от ПЭП, формирование тревожной звуковой и световой сигнализации при превышении концентрации диоксида серы  $10 \text{ мг/м}^3$ . Данные о концентрации диоксида серы отображаются на жидкокристаллическом индикаторе в  $\text{мг/м}^3$ .

Анализируемый воздух поступает в ПЭП диффузионным образом или принудительно с помощью насоса (ручного или электрического).

Для улучшения эксплуатационных характеристик газоанализатора необходимо проработать вопросы компенсации фоновых токов и перекрестной чувствительности электрохимического ПЭП, а также снабдить прибор устройствами запоминания результатов измерений, расчёта среднесменных значений концентрации хлора и возможности подключения его к ПЭВМ.

Ключевые слова: газоанализатор, сера, концентрация, измерение, сигнализация, преобразователь, обработка.

УДК 621.039

**КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ВІДБІРНИХ ПРИСТРОЇВ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ВІДБОРУ ПРОБ ТА ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ТВЕРДОГО ОСАДУ В ЄМНОСТЯХ ЗБЕРІГАННЯ РІДКИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ**

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

Рідкі радіоактивні відходи (РРВ), які утворюються в процесі експлуатації

АЕС та не пройшли переробку для утилізації або регенерацію для їх повторного використання, направляються для тимчасового їх утримування в ємностях зберігання РРВ. Хоча в процесі підготовки до зберігання РРВ проходять сортування за різними параметрами але в силу їх великої кількості різновидів та обмеження кількості ємностей їх зберігання, в окремі ємності попадають РРВ з різними властивостями. Такі суміші, а деякі РРВ також самі в силу своєї природи, можуть створювати відповідні проблеми в процесі зберігання та контролю їх зберігання. Серед таких проблем необхідно відмітити наступні: в процесі транспортування та зберігання відходів проходить їх стратифікація, яка часто супроводжується випаданням осаду у вигляді твердих відкладень на дні та стінках ємностей і трубопроводів; також можуть відбуватися фізико-хімічні процеси [1], які інколи призводять до хімічних реакцій та утворення небажаних хімічних сполук; присутність твердих домішок та включень; і т. д.

Тому в процесі розробки автоматичної системи відбору проб та вимірювання рівня твердого осаду в ємностях зберігання рідких радіоактивних відходів виникла необхідність в розробці спеціального відбірного пристрою, який би відповідав наступним вимогам:

- відбір представницьких проб з заданих глибин без змішування її з іншими шарами;
- транспортування проби без попадання до неї забруднюючих її домішок;
- гарантоване занурення до самого дна пристрою в сильно стратифікованих рідинах;
- відбір проб з рідин, які містять тверді включення розміром до 2-3 мм із запобіганням попадання до відбірних пристроїв більш крупніших включень;
- швидкий монтаж та демонтаж пристрою в умовах іонізуючого випромінювання;
- зручність в очищенні при забиванні та простота при обслуговуванні й ремонті;
- придатність до використання після багаторазових процесів дезактивації;
- електрична безпека в умовах вологого середовища з подачею гарячих рідин та пари;
- бажаним також є відсутність складних конструктивних елементів та елементів, які б виконували складні переміщення або обертання в інших елементах;
- всі елементи пристрою повинні бути виконанні з матеріалів, які стійкі до корозійної дії агресивних середовищ РРВ, що контролюються, та дії розчинів для дезактивації;
- додатково цей пристрій повинен також виступати у якості інструменту для вимірювання рівня твердого осаду в ємностях тимчасового зберігання РРВ.

З огляду на вимоги в процесі розробки такого пристрою вибір зупинився на модифікованому пневматичному трубчатому насосові, який відзначається своєю простотою при використанні та обслугованні. Також він електрично безпечний і не містить складних вузлів та елементів, які б виконували будь які

переміщення. З іншої сторони використання пневматичного приводу пристрою забезпечує продувку системи для її очистки після використання.

Таким чином була розроблена конструкція відбірного пристрою, яка забезпечує наступне: відбір проб в автоматичному режимі з дистанційним керуванням, що забезпечує зниження дозових навантажень на персонал; відбір рідких проб з великою густиною та в'язкістю, з твердими включеннями; надійне занурення та відбір проб із заданих глибин; запобігання заростанню системи відбору при кристалізації сполук; виконання з матеріалів, які стійкі до РРВ і розчинів для дезактивації; зручна в обслуговуванні та експлуатації.

Ключові слова: проба, відбір проб, пробовідбірні пристрої, контроль рівня.

#### Література

1. Технология водоочистки на атомных энергетических установках /Кульський Л.А., Страхов Э.Б., Волошинова А.М. – К.: Наукова думка, 1986. – 272 с.

УДК 543.27.08

## СЕНСОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПАРОВ СПИРТА В ВЫДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ ЧЕЛОВЕКА

*Левчук К.А., Костюченко О.В., ЗАО "Всеукраинский НИИ аналитического приборостроения" ("Укрналит"), г. Киев, Украина*

Долгие годы, еще со времен СССР остро стоял вопрос об измерении концентрации паров спирта в выдыхаемом воздухе человека. В НИИ аналитического приборостроения (в настоящее время ЗАО "Укрналит") на протяжении многих лет проводились исследования в этой области аналитической техники, занимались разработкой, производством и модернизацией как уже существующих, так и недавно разработанных газоанализаторов. Сегодня многие компании по производству сенсоров предлагают свою продукцию для регистрации концентрации паров спирта. В последнее время в ЗАО "Укрналит" проводились исследования сенсора TGS 2620 фирмы "Figaro" (Япония) и сенсора паров спирта, разработанного на кафедре теоретической электрохимии национального технического университета Украины НТУУ "КПИ".

Полупроводниковый сенсор TGS 2620 фирмы "Figaro" характеризуется, как высокочувствительный, быстродействующий датчик паров спирта миниатюрных размеров в металлическом корпусе. Выходной электрический сигнал данного сенсора позволяет зарегистрировать разницу измеряемой концентрации паров этанола  $\pm 50 \text{ мг/м}^3$ . Быстродействие сенсора не более  $T_{0,9} = 20 \text{ с.}$ , габаритные размеры не превышают  $10 \times 10 \times 10 \text{ мм}$ . Однако, наряду с этими достаточно хорошими метрологическими характеристиками, следует отметить некоторые недостатки данного сенсора. Вместе с измерением паров этанола сенсор регистрирует наличие оксида углерода (CO), метана (углеводородов), водорода и пр., то есть обладает низкой селективностью.



Кроме того, сенсор имеет сложную по форме и значительную по величине зависимость от температуры и влажности измеряемой величины. Конструктивное исполнение сенсора требует наличия нагревательного элемента на подложке полупроводника, что влечет за собой повышенное потребление энергии для разогрева чувствительного элемента, что в свою очередь сказывается на энергоемкости газоанализатора. Кроме того, функция преобразования измеряемой концентрации паров спирта в электрический сигнал (выходное сопротивление) для данного типа сенсоров является величиной нелинейной, что в свою очередь требует дополнительных мероприятий по линеаризации выходной характеристики прибора, разработанного на базе этого сенсора.

Сенсор паров спирта, разработанный на кафедре теоретической электрохимии НТУУ "КПИ" не обладает подобными недостатками. Сенсор обладает высокой селективностью (не замечено влияния на сенсор газов: CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> и пр. в пределах концентраций ПДК рабочей зоны), не требует дополнительных нагревательных элементов, так как является электрохимическим сенсором, обладает линейной характеристикой с умеренным по величине выходным токовым сигналом, имеет незначительную зависимость по краям диапазона влажности и линейную прогнозируемую зависимость от температуры. К недостаткам сенсора следует отнести его относительно невысокое быстродействие  $T_{0,9} = 40 - 50$  с., по нарастанию сигнала и очень пологий спад сигнала. До начального нулевого уровня сенсор НТУУ "КПИ" возвращается за время, равное 3 – 5 мин. Тем не менее, сенсор паров спирта, разработанный на кафедре теоретической электрохимии НТУУ "КПИ", по мнению авторов, является более предпочтительным для построения газоанализатора паров спирта в выдыхаемом воздухе человека, поскольку обладает достаточно высокой селективностью к компонентам, присутствующим в выдыхаемом воздухе человека, линейной выходной характеристикой и прогнозируемой температурной зависимостью.

Ключевые слова: сенсор, пары спирта, газоанализатор, концентрация.

УДК 543.082.08

## ПЕРЕНОСНОЙ ОПТИЧЕСКИЙ ПЫЛЕМЕР ВОГ-2

*Максименко Ю.Н., Мазан Е.Г., Тимин А.К., ЗАО "Всеукраинский НИИ аналитического приборостроения" ("Укрналит"), Киев, Украина*

В 2009 году в ЗАО «Укрналит» разработан переносной измеритель оптической плотности ВОГ-2, предназначенный для измерения оптической плотности пылегазовой среды и массовой концентрации взвешенных частиц (пыли) в дымовых газах. Область применения – инспекционный контроль содержания пыли в выбросах ТЭС, котлоагрегатов; измерение концентрации пыли в технологических процессах; экологический мониторинг окружающей среды.

Принцип действия измерителя ВОГ-2 заключается в измерении изменения значения оптического сигнала, прошедшего от излучателя до фотоприемника при отсутствии и наличии пыли. Прибор – полуавтоматический. Встроенный микропроцессор позволяет оперативно изменять настройки измерителя и подстраивать его под любые пылегазовые потоки. Внешний вид, комплект поставки измерителя приведен на рис. 1.



Электрическое питание измерителя осуществляется от встроенного блока аккумуляторов SAFT (4.8 В, 1700мАч).

Информация из архива измерителя ВОГ-2 считывается на компьютер через мини-USB разъем.

В комплект поставки входит блок оптический с зондом, пульт управления и устройство подзарядки.

Рис. 1. Внешний вид пылемера ВОГ-2

Основные технические характеристики пылемера ВОГ-2

Диапазон измерения оптической плотности: (0-2) Б; диапазон измерения концентрации пыли: (0-5) г/м<sup>3</sup>; предел основной допустимой приведенной погрешности измерений оптической плотности:  $\pm 2$  %; предел допустимого времени установления выходного сигнала: 20 с.; время прогрева: 9 минут; номинальная потребляемая мощность: 0,6 ВА; габаритные размеры: блок оптический с зондом- 699x115x173 мм, пульт - 179x77x36 мм.

Ключевые слова: оптическая плотность, концентрация пыли, пылемер.

УДК 543.27.08

## ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ХЕМІЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ГАЗОАНАЛІЗАТОРІВ

*Міхеєва І.Л., Мазира Л.Д., Грабар В.Я., ЗАТ "Всеукраїнський НДІ аналітичного приладобудування" ("Украналіт"), м. Київ, Україна*

Хемілюмінесцентний (ХЛ) метод газового аналізу використовується для виміру вмісту оксиду і діоксиду азоту (NO, NO<sub>2</sub>) в атмосферному повітрі, у відпрацьованих газах автомобілів, у викидах промислових підприємств.

Принцип хемілюмінесценції полягає в тому, що в результаті газофазної реакції

оксиду азоту (NO) з озonom (O<sub>3</sub>) утворюється діоксид азоту (NO<sub>2</sub>) з певною кількістю збуджених молекул (NO<sub>2</sub><sup>\*</sup>). Перехід збуджених молекул NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> в основний стан супроводжується хемілюмінесцентною емісією (ХЛ випромінюванням), інтенсивність якої є мірою концентрації оксидів азоту.

ХЛ метод знайшов широке практичне застосування завдяки своїй високій чутливості і селективності. Поріг чутливості ХЛ газоаналізаторів оксидів азоту 10<sup>-3</sup>-10<sup>-4</sup> млн<sup>-1</sup>. У той же час ХЛ метод дозволяє створити ГА для вимірювання досить високих концентрацій (10<sup>4</sup> млн<sup>-1</sup>) оксидів азоту.

У нас в країні (ЗАТ "Украналіт") і за рубежом розроблена широка гама спеціалізованих ХЛ газоаналізаторів для контролю оксидів азоту в атмосферному повітрі, у відпрацьованих газах автомобілів та газотурбінних установок, у відхідних газах ТЕЦ та інших промислових підприємств.

Існує велика розмаїтість схемотехнічної реалізації вимірювальних схем ХЛ газоаналізаторів. Основним вузлом ХЛ газоаналізаторів є детектор, який містить проточну реакційну камеру, у якій відбувається перетворення хімічної енергії в енергію квантів. Ефективність такого перетворення визначається, в основному, квантово-механічними параметрами взаємодіючих молекул. Однак, на величину інтенсивності ХЛ емісії впливають і конструктивні особливості детектора (тиск в реакційній камері, температура, витрати газових потоків, співвідношення концентрацій аналізованого компонента і газу-реагенту).

Технічні характеристики ХЛ ГА багато в чому визначаються вимірювальною схемою приладу. В доповіді розглянуто декілька схемотехнічних рішень побудови ХЛ ГА. Проаналізовано їх переваги та недоліки. Наведений аналіз багатьох моделей ХЛ ГА, які розроблені в інституті та різними закордонними фірмами, а саме: мод. АС 31М, Environnement, Франція, мод.8440, Monitor Labs, США, мод. MLU 200А, MLU, Австрія, Мод. NGA2000 CLD, Fisher-Rosemount, США.

У залежності від необхідних технічних характеристик у ХЛ ГА застосовуються різні сполучення схемних і конструктивних рішень. Так, при вимірі концентрацій NO<sub>x</sub> на рівні ~ (0,001- 10) млн<sup>-1</sup> використовуються, як схеми безпосереднього відліку так і диференціальні з електричною, оптичною чи газовою модуляцією сигналу. При контролі концентрацій на рівні ~ (100-5000) млн<sup>-1</sup> віддається перевага схемі безпосереднього відліку.

Ключові слова: хемілюмінесценція, газоаналізатор, оксиди азоту.

УДК 531

## ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ЛОКАЛЬНІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ ВІД ДІЇ ШКІДЛИВИХ ПРОГРАМ

*Можаровський В.Г., Плакуций В.І., ЗАТ "Всеукраїнський НДІ аналітичного приладобудування" ("Украналіт"), м. Київ, Україна*

Основними джерелами розповсюдження шкідливих комп'ютерних програм є мережа Інтернет, електронна пошта, флеш-накопичувачі, мобільні персональ-

ні комп'ютери (ПК) користувачів з інших організацій.

Багато описаних способів проникнення шкідливих програм пов'язані з людським чинником. Тому необхідно навчати персонал методам безпечної поведінки в комп'ютерних мережах. Радикальним засобом захисту комп'ютерних мереж на вході Інтернет ресурсів по каналу зв'язку є використання між мережевих екранів або встановлених кешуючих проксі серверів. Додатково на Інтернет серверах рекомендується встановлювати антивірусне програмне забезпечення налаштоване на регулярне оновлення антивірусних баз (не рідше 1 разу на добу).

Для антивірусного захисту на кожному локальному ПК повинен бути встановлений антивірус. Такими програмами можуть бути ESET, DRWEB, AVAST FREE, PANDA ANTYVIRUS та інші з періодичним оновленням антивірусних баз. Незалежно від використання сторожового режиму антивірусних програм доцільно проводити періодичне (1 раз на тиждень) примусове сканування локального ПК на пошук шкідливих програм. Загальні мережеві ресурси локальних ПК необхідно захистити заборонаю зміни файлів по мережі. На кожному локальному ПК необхідно заборонити віддалені сесії зв'язку і віддалений доступ до робочого столу.

Для підключення до локальної мережі ноутбуків користувачів з суміжних організацій потрібно провести тестування ПК свіжою лікуючою утилітою DrWeb cureit, завантаженою з Інтернет ресурсу <http://www.drweb.com> на чистий Флеш накопичувач.

Для захисту операційної системи локальних ПК від пошкодження доцільно використовувати стандартний засіб резервного копіювання системного диска з можливістю його подальшого відновлення. Файл архіву Windows (Backup) бажано зберігати на інших розділах жорсткого диска (D:, E:, F:) Для надійного забезпечення збереження створених документів на локальному ПК рекомендується створювати резервні копії файлів на оптичних CD-R, DVD-R дисках і зберігати їх в надійному місці. Комплексне поєднання організаційних і програмних заходів захисту інформації забезпечить стійке функціонування локальних комп'ютерних мереж і збереження інформації від можливої втрати і спотворення.

Ключові слова: антивірусні програми, сервер, проксі сервер, файервол, брандмаузер, локальна мережа, Інтернет.

УДК 543.27.08

## КАНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗОНДА ПЕРЕНОСНОГО ОПТИЧЕСКОГО ПЫЛЕМЕРА ВОГ-2

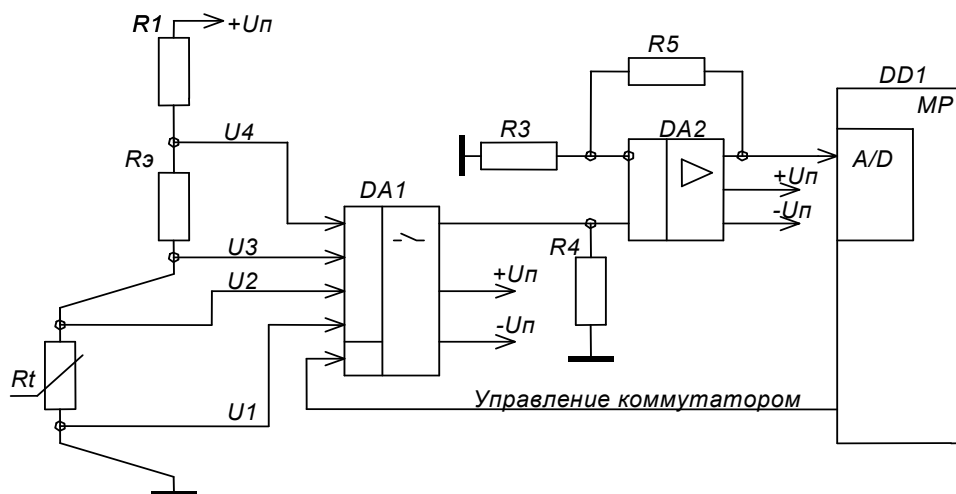
<sup>1)</sup> Максименко Ю. Н., <sup>1)</sup> Тимин А. К., <sup>2)</sup> Хаврюченко П. Д., <sup>1)</sup> ЗАО "Всеукраинский НИИ аналитического приборостроения", г. Киев, Украина; <sup>2)</sup> ООО "КИТ", г. Киев, Украина

При измерении содержания пыли в газовых смесях оптическими пылемерами

на их показания оказывают влияние несколько побочных факторов, к числу которых относится температура, особенно её изменения. Измерение текущей температуры, находящегося в газовой среде зонда, позволяет вносить необходимые коррективы в работу и показания пылемера. Это особенно существенно для относительно большого диапазона изменения температур (от минус 20 °С до плюс 200 °С), при которых возможна работа переносного оптического пылемера ВОГ-2 (в дальнейшем – ВОГ-2). Кроме этого, знание температуры в точке измерения концентрации пыли позволяет провести корректный пересчет измеренного значения концентрации пыли при данной температуре в газоходе к нормальным условиям. Существенное значение имеет и возможность определения состояния достижения зондом "установившегося" температурного режима, который определяется по характеру изменения температуры микропроцессором, входящим в состав ВОГ-2.

В работе обоснована и изложена концепция авторов по структурным решениям и разработке электрических схем канала измерения температуры ВОГ-2. Обосновано применение платинового чувствительного элемента для измерения температуры зонда в диапазоне от минус 20 °С до плюс 200 °С. Температурный диапазон для остальных элементов канала измерения задан от минус 20 °С до плюс 60 °С, что учитывалось при выборе структуры и элементов схемы.

Выбранная электрическая схема канала измерения температуры зонда приведена ниже.



Ключевые слова: чувствительный элемент, переносной пылемер, измерение температуры, микропроцессор.

УДК 621.307.13

### ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ НЕСТАЦІОНАРНОЇ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРІЇ

*Морозов К.В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний*

Описано багато варіантів нестационарних методів вольтамперометричного аналізу з застосуванням одиничних або повторюваних імпульсів потенціалу або струму різноманітної форми і різної амплітуди. Основна мета розробки цих варіантів – підвищення чутливості методу шляхом збільшення відношення рівня корисного сигналу (фарадеевського струму) до рівня фону (струму зарядження й ін.).

У нестационарних умовах дифузії фарадеевський струм значно вище, ніж у стаціонарних. Струм зарядження може бути викликаний двома причинами: зсувом потенціалу і пов'язаним із цією зміною щільності зарядів у електрохімічній комірці та безперервним зростанням площі поверхні електрода.

При нестационарних вимірюваннях необхідно фіксувати процеси зміни струму або потенціалу, що протікають швидко. Раніше для цього використовували катодні осцилографи, а сьогодні застосовують удосконалені записуючі пристрої або комп'ютери.

При методі лінійної розгортки потенціалу (ЛРП) на електроді лінійно змінюють потенціал і одержують вольтамперну характеристику з характерним максимумом струму. Значення потенціалу максимуму залежить від природи реагенту, а струм максимуму — від його концентрації. Якщо в розчині є декілька реагентів, то на кривій з'являються декілька максимумів.

В оптимальних умовах чутливість методу ЛРП на порядок вище чутливості полярографічного. Як і у випадку класичної полярографії чутливість і селективність можуть бути декілька підвищені при використанні диференціального варіанта методу, тобто при реєстрації залежності від потенціалу не струму, а похідної струму від потенціалу.

При методі накладення змінного струму через електрод гальванодинамічним методом пропускають контрольований синусоїдальний змінний струм, щоб викликати зміну потенціалу електрода у всій потрібній області потенціалів. Якщо в розчині немає реагуючих речовин, то крива залежності потенціалу від часу теж має синусоїдальний характер.

Якщо ж у розчині є реагуюча речовина, то при потенціалі початку відповідної реакції на цій кривій з'являються сходинки — затримки. Їхня довжина відповідає перехідному часу, при якому поверхнева концентрація реагуючих часток падає до нуля. Чим більше концентрація реагенту, тим більше довжина сходинки.

Існують також інші методи, наприклад метод послідовних потенціостатичних імпульсів, коли на електрод подають серію імпульсів зростаючої амплітуди. У проміжку між імпульсами електрод знаходиться при потенціалі, при котрому немає реакції. У цей час зміни концентрації, викликані попереднім імпульсом, вирівнюються. Струм вимірюють протягом короткого часу наприкінці імпульсу.

Ключові слова: електрохімічний метод, нестационарність, комірка.

УДК 621.307.13

## ПЛІВКОВІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

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

Одним із перспективних напрямків у розробці електрохімічних вимірювальних перетворювачів (ВП) з твердим електролітом (ТЕ) (потенціометричних і кулонометричних) є створення тонкопліткових ВП, що мають високу чутливість, селективність і прийнятний термін експлуатації. Створення таких ВП можливо завдяки добре розробленій планарній технології. При цьому за рахунок оптимізації товщини, шпаруватості електродів і ТЕ, а також за рахунок варіювання матеріалів електродів ТЕ можливе створення ВП з ТЕ різноманітного складу, селективними для достатньо широкого спектра газів. За принципом дії плівкові ВП нічим не відрізняються від ВП на об'ємних ТЕ.

Останнім часом перспективними є тонкоплівкові ТЕ ВП, де всі плівки нанесені методом іонно-плазмового напилювання; нагрівач і терморезистор сформовані за допомогою фотолітографії; робочі елементи напилені через контактні маски. З метою зменшення впливу шпаристості плівок ТЕ на результат вимірювання електроди виконані у вигляді зустрічних гребінок, що не перетинаються в плані. Таке конструктивне рішення дозволяє зменшити вплив електронної провідності по порах плівки ТЕ, заповненим матеріалом вимірювального електрода. Розмір модуля ВП 2,5x2,5x9,5 мм, в корпусі 18x12x2,5 мм, маса 1 г.

Дослідження динамічних характеристик проводяться шляхом подачі східчастих збурень у вигляді стрибка тисків різної величини. Експериментально визначені значення часу перехідного процесу близькі до оцінки часу перехідного процесу дифузії. Важливим чинником, що впливає на час перехідного процесу, є товщина плівки вимірювального електрода

Для перевірки селективності ВП до кисню був досліджуваний спектр залишкових газів у камері. Переважно до складу залишкової атмосфери входять аргон, азот, вуглекислий газ, у незначній кількості гелій, аргон, окис вуглецю і вуглекислий газ. Такий склад характерний і для вакуумних установок промислового призначення. Дослідження динамічних характеристик при подачі вхідного впливу у вигляді стрибка тиску гелію, аргону, азоту, окису вуглецю і вуглекислого газу показало, що ВП практично не реагує на зміну тиску зазначених газів. Розмір ЕРС у цьому випадку визначається парціальним тиском кисню, що присутні у камері в дуже малій кількості. Дослідження також показали, що плівковий ТЕ ВП селективний до кисню в атмосфері залишкових газів камер у досліджуваному діапазоні тисків і температур.

Крім того, характерною тенденцією розвитку сучасних плівкових ТЕ ВП є те, що, крім удосконалювання відомих ВП, намічаються шляхи до створення багатокомпонентних інтегральних датчиків із декількома елементами на одній підложці, придатних до різноманітних компонентів газових сумішей. За допомогою таких ТЕ ВП можна буде не тільки вимірювати парціальні тиски різноманітних

газів, але й автоматично коректувати систематичні похибки, обумовлені дією побічних чинників, що дозволить поліпшити їхні метрологічні характеристики.

Ключові слова: електрохімічний ВП, твердий електроліт, селективність.

УДК 622.4011.51

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВІДБОРУ ПРОБ ПОВІТРЯ

*Ковтун В.С., Семенюк В.В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

При сучасному швидкому розвитку промисловості, науки і техніки надзвичайно важливою є інформація про параметри навколишнього середовища; отримання цієї інформації і є завданням аналітичних приладів і систем. Аналітичне приладобудування, по праву, вважається однією з провідних галузей приладобудування, так як дає можливість провести дослідження різноманітних середовищ (повітря, рідини, технологічні суміші) з метою визначення присутності і концентрації речовин (отруйних, вибухонебезпечних та ін.).

В цілях управління сучасною санітарно-епідеміологічною ситуацією проводяться роботи по моніторингу навколишнього середовища. Особливого значення при цьому набувають вимоги до новітнього технічного оснащення відомчих і державних служб санітарного нагляду і екологічного контролю, що гарантують захист людини і середовища як від шкідливих речовин, так і від негативних наслідків недостовірних результатів вимірювання їх концентрацій.

З цієї причини вирішення проблеми по розробці сучасного пристрою для відбору проб повітря є важливою передумовою отримання достовірної і надійної інформації про забруднення повітряного середовища.

Для розробки даного пристрою обрано метод концентрації на фільтрах, адже загальновідомо, що основним методом відбору проб повітря (гази, пари, аерозолі) є пропускання його через поглинаючі пристрої (судини з рідиною, концентраційні трубки, фільтри) за допомогою аспіраційного пристрою.

Проаналізувавши сучасні аналоги проектування, було розроблено схему комбіновану структурну приладу. Вдосконалено блок індикації, завдяки введенню рідкокристалічного індикатора замість ротаметра. Для підвищення ефективності, обробка інформації виконується на мікроконтролерах фірми Atmel. Для забезпечення стабільності напруги живлення використовується імпульсний стабілізатор.

Ключові слова: відбір проб повітря, об'ємна витрата, електроаспіратор, промислові викиди, концентрація на фільтрах.



УДК 543.426

## АКТУАЛЬНИЙ ВИКЛАД ПИТАНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ АНАЛІТИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

<sup>1)</sup>Тараборкін Л.А., <sup>2)</sup>Карманов В.І., <sup>1)</sup>Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна; <sup>2)</sup>Інститут електрозварювання ім. С.О.Патона НАНУ, м. Київ, Україна

За останнє десятиліття в розвинутих країнах здійснено перехід до оцінювання точності результатів вимірювань у рамках концепції невизначеності вимірювань замість класичної теорії похибок. У державах СНД цей процес відбувається не надто активно, зіштовхуючись з певною протидією з боку прихильників усталених за довгі роки методик обробки даних аналітичних вимірювань.

Тим не менш, зважаючи на необхідність гармонізації національних метрологічних стандартів з міжнародними, і в Україні в 2005 році на законодавчому рівні було впроваджено в метрологічну практику метод оцінювання результатів вимірювань на основі невизначеності. При цьому фактично дозволено рівноправно й незалежно використовувати обидва методи (тобто оцінювати похибки або невизначеності; однак уже діє національний стандарт ДСТУ ISO/IEC 17025, який безпосередньо вимагає вказувати невизначеність у свідоцтві про калібровку). У зв'язку з цим виникла проблема введення в навчальні курси з теорії вимірювань додаткових розділів, які б забезпечували майбутніх спеціалістів у галузі аналітичного приладобудування знаннями та навичками з подання результатів вимірювань не лише на базі теорії похибок, а й за допомогою невизначеності, та, головне, умінням грамотно розраховувати показники невизначеності виконаних вимірювань.

Автори на основі керівного документа [1] розробили підходи й процедури, необхідні для організації роботи аналітичної лабораторії з використанням концепції невизначеності для оцінювання точності виконуваних вимірювань. Детально розглянуто особливості аналітичних вимірювань для визначення хімічного складу речовини методом рентгенофлуоресцентного аналізу та процедури оцінювання відповідних невизначеностей. Запропоновано «матрицю відповідальності», яка визначає розподіл повноважень і обов'язків персоналу аналітичної лабораторії.

Описаний матеріал орієнтовано на використання в університетських курсах теорії вимірювань, аналітичної хімії під час вивчення інструментальних фізичних методів аналізу, а також у практичній роботі аналітичних лабораторій.

Ключові слова: якість аналітичних вимірювань, невизначеність.

### Література

1. *EUROCHEM/CITAK Guide. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement: Second edition.* – 2000. – 126 p.

УДК 577

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА ІНТЕРФЕРОНУ

*Книр А.О., Ковтун В.С., Тараборкін Л.А., Трасковський В.В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Проблема якості виробництва медичних препаратів групи інтерферонів є актуальною як через зростаючі рівні суспільної потреби у них завдяки високій ефективності їхнього застосування для лікування вірусних і онкологічних захворювань, хвороб крові, так і зважаючи на відповідні міжнародні угоди щодо якості й сертифікації в галузі фармацевтики. Фармацевтичні підприємства підлягають обов'язковій сертифікації за вимогами GMP (Good Manufacturing Practice), згідно з якими мають бути забезпечені гарантії того, що лікарський препарат не тільки відповідає кінцевим технічним умовам, але й був виготовлений відповідно до того самого порядку дій і за тих самих умов кожного разу, коли здійснювався його випуск.

Якість готового препарату інтерферону (ІФН), отриманого за однією з двох поширених технологій виробництва: із лейкоцитів крові (лейкоцитарний ІФН) і з рекомбінантної бактерії *E. coli*. (рекомбінантний, або генно-інженерний ІФН), – значною мірою залежить від додержання високоточних параметрів процесу ліофільної сушки, яка є обов'язковою складовою обох зазначених технологій і часто контролюється людиною ("вручну").

Тому було розроблено автоматизовану систему управління (АСУ) процесом ліофільної сушки. Система являє собою програмно-апаратний комплекс і складається з таких структурних елементів: датчиків температури, тиску та вологості, мікропроцесорних контролерів (МК), механізмів управління насосами і термостатом, персонального комп'ютера (ПК) та програмного забезпечення (ПЗ). Механізми управління насосами та термостатом перебувають під керуванням МК. Сигнали з датчиків надходять до МК, звідки потрапляють до ПК. Інформація з датчиків аналізується засобами ПЗ, і в разі досягнення певних значень вимірюваних параметрів ПК дає команду в МК про запуск відповідного механізму управління. За станом процесу ліофільної сушки оператор може спостерігати на екрані монітора, втручаючись у процес лише в разі екстрених випадків.

Упровадження розробленої АСУ дозволить забезпечити належну якість виробничого процесу виготовлення інтерферону, практично виключивши так званий людський фактор як можливе джерело негативних впливів на технологічні режими. Комп'ютерне управління процесом уможливило дотримання заданих параметрів ліофільної сушки з високою точністю й швидкістю і тим самим гарантує випуск ІФН за міжнародними стандартами.

Ключові слова: інтерферон, якість виробництва, ліофільна сушка, АСУ.

УДК 543.272.81

## АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПАРІВ РТУТІ В ПОВІТРІ РОБОЧОЇ ЗОНИ

*Ковтун В.С. Трасковський В.В., Тараборкін Л.А., Євстратенко О.Г., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Ртуть і сполуки ртуті мають широкий спектр застосування в різноманітних важливих галузях – у хімічній технології для отримання низки неорганічних матеріалів і органічних сполук, у металургії (окремим напрямком якої є амальгамна металургія), медицині, електропромисловості, у виробництві паливних елементів і барвників, у сільському господарстві й суднобудуванні тощо, а також і в приладобудуванні.

Разом з тим пари ртуті є одним з найнебезпечніших для людини забруднювачем повітря. Їм притаманна здатність накопичуватись у будівельних конструкціях, ґрунті тощо та виділятися тривалий час уже після того, як основне джерело забруднення ліквідовано, смертельно отруюючи людський організм навіть за відносно малих концентрацій цих парів у повітрі. Зокрема, чинними санітарно-гігієнічними вимогами встановлено максимальну разову гранично допустиму концентрацію парів ртуті в повітрі робочої зони на рівні 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

Вчасно попередити перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих для здоров'я людини парів ртуті з метою уникнення можливих трагічних наслідків можна, розробивши й упровадивши систему автоматичного моніторингу стану забруднення атмосфери робочої зони парами ртуті на базі ефективного інструментального методу визначення їхнього вмісту в повітрі. Таким методом уявляється метод оптичної абсорбції, який забезпечує досить високу точність результатів вимірювання парів ртуті в повітрі та має високу селективність вимірювань порівняно з фотоколориметричними, стрічковими і термохімічними методами аналізу.

Отже, для безперервного автоматичного вимірювання та реєстрації концентрації ртутних парів у повітрі виробничих приміщень і сигналізації про перевищення гранично допустимих значень розроблено оптичний абсорбційний аналізатор, відносна основна похибка якого становить  $\delta = \pm 9 \dots 10\%$  у діапазоні вимірювань 0,01...0,6 мг/м<sup>3</sup>. Поданий прилад, будучи складеним у цілому зі стандартних блоків (лампа, конденсор, фотоприймач тощо) відрізняється від аналогів малогабаритною конструкцією, що досягнуто за рахунок оптимізації геометричних характеристик кювети.

Ключові слова: пари ртуті, повітря робочої зони, оптична абсорбція.

УДК 543.4

## ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИКО-АБСОРБЦІЙНОГО МЕТОДУ ДЛЯ

## ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ

<sup>1)</sup>Тереннік Р.Є. <sup>2)</sup>Мазира Л.Д., <sup>1)</sup>Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна; <sup>2)</sup>ЗАТ "Всеукраїнський НДІ аналітичного приладобудування" ("Украналіт"), Київ, Україна

Метан – найбільш важливий представник органічних речовин в атмосфері. Його концентрація істотно перевищує концентрацію інших органічних сполук. Збільшення вмісту метану в атмосфері сприяє посиленню парникового ефекту, тому що метан інтенсивно поглинає теплове випромінювання Землі в інфрачервоній області спектра на довжині хвилі 7,66 мкм. Зі зростанням вмісту метану змінюються хімічні процеси в атмосфері, що може призвести до погіршення екологічної ситуації на Землі. Наприклад, візьмемо вугільні шахти, які є одним з основних джерел викидів метану в атмосферу. Зі збільшенням глибини розробок вугілля зростає газонасність виробок, збільшується інтенсивність і частота газодинамічних проявів, що в свою чергу пов'язане з підвищенням небезпеки при веденні гірничих робіт.

Виходячи з вище сказаного, слід зазначити, що з'являється необхідність у підвищення швидкодії вимірювання метану у вугільних шахтах з використанням системного підходу, шляхом застосування оптико-абсорбційного методу контролю концентрації метану з компенсації динамічних збурень середовища, що впливають на результати вимірювань.

Проаналізувавши переваги та недоліки існуючих методів виміру концентрації метану, був обраний оптико-абсорбційний метод вимірювання. Крім того, що цей метод має високу чутливість та вибірковість, слід зазначити те що порівняно з іншими методами він має високу швидкодію, а також можливість автоматизації процесу вимірювання, та сполучення з ЕОМ. Метод газового аналізу заснований на виборчому поглинанні променевої енергії, що визначається компонентами аналізованих газових сумішей. Відомо, що гази поглинають оптичне випромінювання у відповідній спектральній області, характерною для того чи іншого газу. Це пов'язано з частотними властивостями коливань атомів і молекул, а також з обігу молекул, з їх енергетичними рівнями електронів, атомів, молекул.

Можна зробити висновок, що саме використання оптико-абсорбційного методу, а також сучасних засобів оптики та мікроелектроніки дозволить створити швидкодіючий прилад для визначення концентрації метану з покращеними метрологічними і експлуатаційними характеристиками.

Ключові слова: оптико-абсорбційний метод, вимірювання концентрації метану.

УДК 621.391

КОРРЕКЦІЯ НАКОПЛЕННЯ ОШИБОК В СИСТЕМАХ С ДЕЛЬТА-

## МОДУЛЯЦІЕЙ

*Севастьянов А.К., Інститут кибернетики НАН України, Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина*

В системах цифровой телеметрии для передачи быстростареющей информации известно применение дельта-модуляции. Старение информации – свойство информации утрачивать со временем свою практическую ценность, обусловленное изменением состояния отображаемой ею предметной области. Существует класс квазистационарных сигналов, для которых дельта-модуляция близка к оптимальной. Однако это условие справедливо при отсутствии помех. В случае возникновения помех в канале связи возникают накопления ошибок, последствия которых могут приводить к существенным информационным потерям. Традиционная передача сообщений, полномерными отсчетами приводит к увеличению избыточности, снижению динамической точности и задержке. Для устранения этих недостатков автором предложен принципиально новый способ цифровой передачи и приема непрерывных сигналов и ряд структурных решений, обеспечивающих его реализацию.

Все методы кодирования непрерывных сигналов классифицируются на: полномерные (Pulse Code Modulation - PCM), разностные (Delta Modulation - DM, Differential Pulse Code Modulation - DPCM) и полномерно-разностные (PCM-DM, PCM-DPCM) методы. Отличительная особенность данной классификации заключается в том, что автор впервые в особую группу выделил полномерно-разностные методы.

Выполненные обобщения и систематизация методов позволяют проводить формальный синтез новых структурных решений. Повышение качества функционирования систем телеизмерения при заданной элементной базе достигается методами структурной и информационной избыточности. Множество структурных решений реализации методов данного класса может быть задано матрицей  $\|Z_{ij}\|$ , где  $i=1,n$  - показатель структурной избыточности (например, число параллельно включаемых аналого-цифровых преобразователей), а  $j=1,m$  - показатель информационной избыточности (например, число типов маркерных сигналов).

Предлагаемые технические решения обладают общими инновационными системными принципами: принцип последовательного кодирования информации; принцип параллелизма; принцип развертки; принцип слежения (принцип минимальной задержки); принцип многозначности (информационной избыточности); принцип обнаружения разладки; принцип регенерации; принцип робастности; принцип неопределенности.

Ключевые слова: системы телеизмерения, дельта-модуляция, коррекция накопления ошибок.

УДК 621.307.13

## АНАЛИЗ ЧИСТОТЫ ЖИДКОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ЕЕ ПЛАВЛЕНИЯ

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

Для выплавки сталей и изготовления проката, обладающего улучшенными эксплуатационными характеристиками, нужно обеспечить выполнение ряда условий. Как минимум, определение точного химического состава металла по многим элементам, исключение различного рода примесей, умение формировать его специфическую фазовую и кристаллографическую структуры, обеспечить наличие карбидных включений определенного вида.

В основе контроля чистоты веществ по их свойствам лежит закон постоянства свойств. Наиболее удобной для контроля является температура плавления – температура, при которой происходит переход вещества из твердого состояния в жидкое или обратно. Она большей частью заметно изменяется при наличии примесей в исследуемом образце. Поэтому ее определение может служить хорошим методом проверки чистоты исследуемого образца.

Для измерения температуры в металлургическом производстве зачастую используются яркостные и радиационные пирометры. Если измерить температуру серого тела двумя пирометрами: яркостным и радиационным, получим систему двух уравнений:

$$\begin{cases} \frac{1}{T_y} - \frac{1}{T} = \frac{\lambda}{C_2} \ln \frac{1}{\varepsilon_\lambda} \\ T_p = T \sqrt[4]{\varepsilon} \end{cases}$$

где  $C_2=14400$  мкм К;  $\lambda$  – эффективная длина волны;  $T_y$  – яркостная температура;  $T_p$  – радиационная температура.

Из системы уравнений можно найти действительное значение температуры, что повысит качественные показатели плавки, уменьшит время анализа и его стоимость.

Ключевые слова: углеродистая сталь, температура плавления, пирометр, примеси.

УДК 664.35:543.06:543.544

## КОНТРОЛЬ ЧИСТОТИ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ГАЗОВОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ З ПОЛУМ'ЯНО-ІОНІЗАЦІЙНИМ ДЕТЕКТОРОМ

*Кряж Є.О., Мошковська Л.Т., Національний технічний університет України "Київський*

Проблема забруднення мінеральними оліями охоплює велику кількість харчових продуктів. Зернові та олійні культури можуть вміщувати залишки мінеральної олії внаслідок використання її як протипилового засобу на елеваторах для запобігання займання полум'я.

Мінеральна олія є похідним продуктом від нафти і являє собою суміш вуглеводнів лінійної, розгалуженої, циклічної, ароматичної та циклоароматичної будови, а також киснево-, сірчано- або азотовмісних похідних цих вуглеводнів з різною часткою їх вмісту. До харчових продуктів потрапляють також інші фракції нафтових вуглеводнів – воски, за складом подібні до мінеральних олій.

Пропонується контроль наявності мінеральної олії в соняшниковій олії з використанням газової хроматографії з полум'яно-іонізаційним детектором (ГХ-ПІД). Полум'яно-іонізаційні детектори знайшли широке застосування завдяки високій чутливості до органічних сполук, швидкодії і широкому лінійному діапазону, стійкості до завад і простоті конструкції.

Через неоднорідний склад мінеральних вуглеводнів стає неможливим звичне калібрування аналітичних приладів за стандартною речовиною індивідуального складу. ГХ-ПІД має практично однакову і досить високу чутливість до можливих вуглеводневих компонентів у перерахунку на одиницю маси, що обґрунтовує можливість застосування даного методу для кількісного визначення мінеральної олії.

Для усунення можливих природних вуглеводнів під час визначення вмісту мінеральних вуглеводнів проводиться бромовання зразка олії перед екстрагуванням і подальше очищення екстракту на оксиді алюмінію. Аліквота проби піддається хроматографуванню.

ГХ-ПІД не здійснює хроматографічне розділення окремих вуглеводневих компонентів. Хроматограма ГХ-ПІД являє собою сигнал детектора від суміші багатокомпонентної фракції мінеральних вуглеводнів.

Описаний метод ГХ-ПІД дозволяє отримувати результат кількісного вмісту мінеральних вуглеводнів із необхідною чутливістю в діапазоні вуглеводневих ланцюгів  $\text{H-C}_{10}\text{H}_{22}\text{-H-C}_{56}\text{H}_{114}$ .

Ключові слова: забруднення мінеральними оліями, вуглеводні, чутливість, газова хроматографія з полум'яно-іонізаційним детектором.

УДК 543.27

## ГЕНЕРАТОР ОЗОНУ

*Кащук А.А., Мошковська Л.Т., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Метрологічне забезпечення аналізаторів озону, які призначені для визначен-

ня концентрації озону в атмосферному повітрі, відбувається за допомогою генераторів озону. Генератор озону призначений для приготування повірочних газових сумішей, що містять озон у мікроконцентраціях та може застосовуватися для градування та контролю технічних та метрологічних характеристик аналізаторів озону при їх випуску з виробництва або ремонту, а також у процесі їхньої експлуатації або зберігання.

Генератор озону 652 ГС 02, який був розроблений на ЗАТ "Украналіт" багато років тому назад серійно не випускається. Розроблена нова модель генератора озону з застосуванням сучасної елементної бази. Нові елементи є більш надійними, відпрацьованими, мають кращі технічні характеристики та термін служби: ртутна лампа Osram HBO 100W/2; спонукач витрат ASF THOMAS 70060050; стабілізатор тиску газу СДГ-116Г; осушувач вологи Фо-О; блок живлення FSP ATX 350W (ATX-350PNF).

В основі роботи генератора озону фотохімічний метод отримання озону, за яким утворення озону відбувається при дисоціації молекули кисню під дією короткохвильового УФ випромінювання. Принцип дії генератора озону полягає в очищенні та осушуванні атмосферного повітря від пилу, вологи та механічних домішок та подачі його в блок генерації озону, де під дією УФ випромінювання відбувається розклад молекули кисню на атомарний кисень О, який при взаємодії з молекулою  $O_2$  утворює молекулу озону  $O_3$ . Для оптимальної роботи ртутної лампи температура підтримується на рівні від  $15^{\circ}C$  до  $35^{\circ}C$ . Скид зайвого озону в атмосферне повітря здійснюється через спеціальний деструктор озону.

Стабільність концентрації озону досягається глибокою очисткою атмосферного повітря (за допомогою адсорбенту) від домішок  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $C_nH_m$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$  та ін., а також пилу, при цьому волога утримується на рівні 20-30% за допомогою осушувача вологи.

Генератор озону має діапазон значень концентрації озону від 0 до  $2 \text{ мг/м}^3$ , границю допустимої відносної похибки  $\pm 5\%$  та працює при наступних умовах експлуатації:

- Температурі навколишнього середовища  $+(15-40)^{\circ}C$
- Відносній вологості навколишнього середовища (40-80) %
- Атмосферному тиску (84-106) кПа.

Ключові слова: генератор озону, аналізатор озону, фотохімічний метод, УФ випромінювання.

УДК 543. 27

## АНАЛІЗАТОР ФОСФІНУ

*Ломачевський А.О. Мошковська Л.Т., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Фосфін ( $PH_3$ ) - безбарвний газ з неприємним запахом гнилої риби. Фосфін



дуже отруйний, на повітрі спалахує, може утворювати вибухові суміші. ГДК фосфіну в повітрі робочої зони  $ГДК_{p,z} = 0.1 \text{ мг/м}^3$ .

Білий фосфор потрапляє у навколишнє середовище при його виробництві або виробництві інших хімікатів, при використанні боеприпасів, а також через розливання під час транспортування і збереження.

Розробка приладу для аналізу фосфіну – є актуальною на сьогоднішній день, так як в Україні такі прилади не випускаються.

Запропонований аналізатор фосфіну базується на електрохімічному методі вимірювання з використанням трьохелектродного електрохімічного сенсору.

В результаті електрохімічної реакції струм сенсора залежить від концентрації фосфіну. Вихідний сигнал з підсилювача сенсора, який пропорційний концентрації  $\text{PH}_3$ , потрапляє на входи двох компараторів напруги, які спрацьовують при досягненні концентрації  $\text{PH}_3$  0,1 і 0,2  $\text{мг/м}^3$ .

Діапазон вимірювання фосфіну від 0 до 1  $\text{мг/м}^3$  (від 0 до 0.7 ppm). Відносна похибка вимірювання не перевищує  $\pm 25\%$ .

Для метрологічного забезпечення приладу розроблена спеціальна повірочна схема з використанням генератору фосфіну та сірководню.

Ключові слова: фосфін, електрохімічна реакція, трьохелектродний сенсор.