

## **Секція 5. АНАЛІТИЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

УДК 621.791

### **КЕРУВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНИМИ ДАНИМИ У РОЗПОДІЛЕНИХ МЕРЕЖАХ**

*Бойчун С.О., Таранов В.В.*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [s@java.digital](mailto:s@java.digital)*

Необхідність тривалого аналізу даних для розробки належних сценаріїв реагування призводить до численних ускладнень використання професійних метрологічних даних фахівцями з інших індустрій та ризиків помилок у реагуванні, що можуть спричинити зміни технологічного процесу, зміну якості матеріалів, небажані ситуації після зміни хімічного стану води. Автоматичний аналіз та адаптація результатів дозволить операторам державних та корпоративних моніторингових систем отримувати готові рішення на основі заздалегідь розроблених алгоритмів, що буде знижувати фактор людських помилок та напряду інтегрувати метрологічні дані до процесів прийняття рішень.

В умовах швидкого розвитку технологій збору та обробки даних, інтерактивний доступ до результатів метрологічних вимірювань може суттєво покращити якість прийняття рішень та в перспективі автоматизувати їх шляхом глибокої інтеграції гарантовано релевантних показників безпосередньо в середовище реагування - наприклад виклик спеціальних служб та формування ситуаційного звіту “на льоту”, автоматичне вкидання реагентів на виробничих лініях для компенсації небажаних змін хімічного складу рідин, або ж просте вмикання теплових елементів для компенсації нештатних температур. Ключовими компонентами подібних взаємосумісних “розумних” систем є:

1. Безпосередньо метрологічне обладнання - датчики, котрі збирають дані, автономні мікро-машини нового покоління чи стаціонарні лабораторні вимірювальні машини, що передають дані в цифрову мережу та відносяться до вживаного сьогодні класу IoT-пристроїв (Internet of Things - Інтернет речей).

2. Алгоритми обробки даних - гарантування об’єктивності роботи обладнання та їх верифікація для сертифікації показників у вигляді доказів юридичної сили, перетворення отриманих параметрів у необхідні одиниці вимірювання для контролю.

3. Моделювання належних сценаріїв - інтеграція отриманих показників в виробничі, оперативні чи організаційні процеси з автоматично згенерованими варіантами повернення системи до норми у випадку виявлення відхилення для полегшення прийняття рішення оператором або автоматичному виконанню заздалегідь погодженої послідовності дій.

Однією з найбільш динамічних технологічних сфер в світі є IoT. Згідно з дослідженням Ericsson в 2021 році в світі буде підключено 28 мільярдів пристроїв з них IoT-пристроїв 16 мільярдів і цей показник буде зростати на 24% щороку до 2025. При цьому різноманітні сенсори та датчики є основною частиною ринку IoT [1, 2]. Таким чином в один момент після отримання даних з віддаленого метрологічного обладнання можливо забезпечити оптимальне реагування на потенційні ризики, або ж повністю їх усунути без втручання людини. Для побудови такої взаємопов'язаної та взаємосумісної автоматизованої макро-системи пропонується використання мікро-машинної метрологічної моделі (mMMM), що складається з 3-х компонентів:

1. Множина засобів метрології води, атмосфери, машин та мікро-машин, що поєднані через протоколи один з одним, функціонують на базі IoT-архітектури та маючи підтверджений цифровий сертифікат з інформацією про те, як робилось вимірювання, які засоби використовувались, які методи можуть бути застосовані, для вимірювань та передані для подальшої обробки.

2. Множина метрологічних методів аналізу та обробки результатів у відповідності з системою мір SI, котрі фіксують науково-обґрунтований результат досліджень у відповідності до стандартів та законів метрології.

3. Множина моделей реагування на події у відповідності до бази даних еталонів, переліку загроз, алгоритмів знаходження необхідних хімічних елементів чи сполук, промислове застосування на виробництвах, широкий спектр питань безпеки тощо.

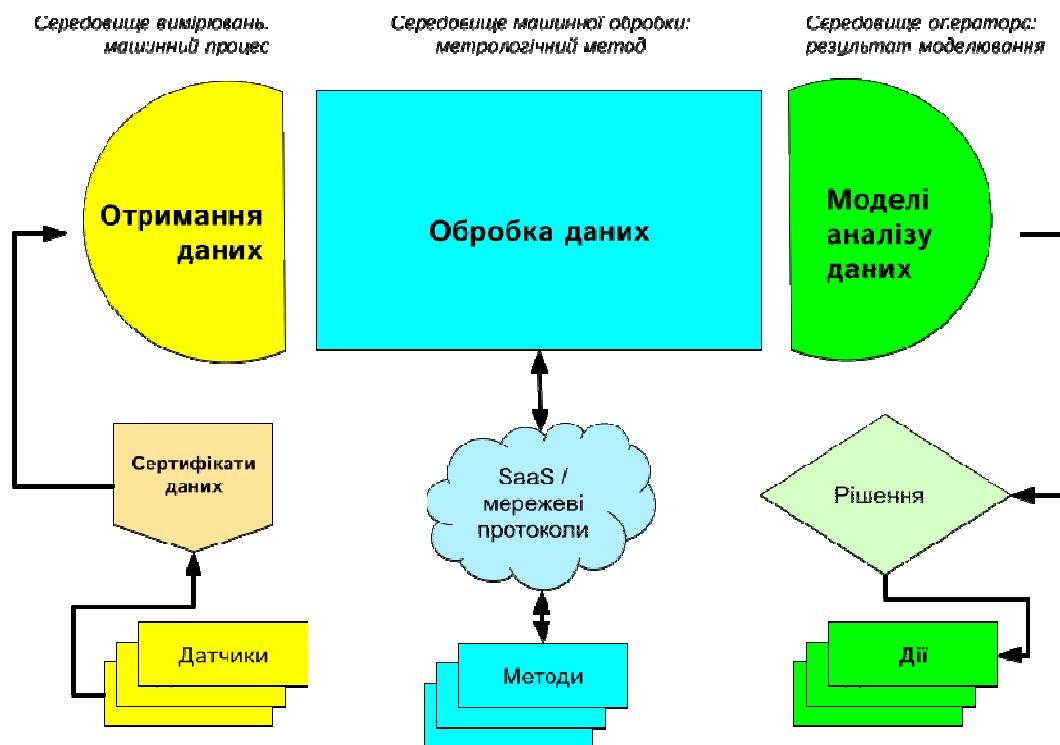


Рис. 1. Схема машинно-метрологічної моделі

Ключовими результатами впровадження моделі є:

1. Суттєве підвищення умінь операторів за рахунок автоматизованих моделей прогнозування та аналізу.
2. Забезпечення єдності методів та засобів вимірювання.
3. Пряма інтеграція даних в системи прийняття рішень без ризику людської помилки.

В якості середньострокової та довгострокової перспективи важливо розглянути промислову індустрію виробництва продуктів масового та спеціалізованого характеру, адже з моменту впровадження концепції IoT більш ніж два десятиліття тому було реалізовано багато покращень у різних комерційних чи соціальних сферах. Немає сумнівів, що точні параметри в процесах виготовлення продукції, обробка великих даних різних етапів виробництва, збір профілів поведінки споживачів, підвищує ефективність виробництва, скорочує час випуску продукції на ринок та зменшує експлуатаційні витрати. На виробництві цей новий підхід, який використовує розумні пристрої та інтелектуальні датчики на основі IoT, називається Промисловий Інтернет речей (Industrial IoT - IIoT). Основні світові компанії з різних секторів, таких як виробництво, автомобільна промисловість, гірничодобувна промисловість та авіація, користуються перевагами парадигми IIoT.

Супутні технології також надають безмежні можливості для калібрувальних задач, забезпечуючи синхронізацію і обмін даними між метрологічними пристроями в різноманітних умовах та середовищах. У свою чергу, світ IIoT має бути забезпечений точною та своєчасною інформацією про калібрування для підвищення ефективності процесів. Наявність багатьох чутливих вимірювальних приладів у споживачів формує потребу калібрування сертифікованими експертами і може бути спрощено за допомогою мережеских та автоматизованих рішень. Це стає можливим завдяки аналізу та порівнянню даних в режимі реального часу за допомогою спеціалізованих інформаційних систем, а також використовуючи порівняно новий підхід до обчислення великих даних за допомогою нейромереж [3].

*Ключові слова:* метрологічні дані, Промисловий Інтернет речей, інтелектуальні датчики.

#### **Література**

- [1] IoT Sensor market - growth, trends, COVID-19 impact and forecasts (2021 - 2026) / Mordor Intelligence. [Online]. Available: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/iiot-sensor-market>
- [2] Mahdi Saeedi Nikoo, M. Cagri Kaya, Michael L. Schwartz, Halit Oguztuzun, “Internet of Measurement Things: Toward an Architectural Framework for the Calibration Industry”. Springer, Cham, 2019, pp. 81-102.
- [3] M. C. Kaya, M. S. Nikoo, M. L. Schwartz, & H. Oguztuzun, “Internet of measurement things architecture: Proof of concept with scope of accreditation”, *Sensors* (Switzerland), 20(2), с. 1-3, 2020.

УДК 546.212 + 616.717

## ПРИЛАД КІРЛІАН ДЛЯ АНАЛІЗУ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ВОДИ ТА ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

Болдескул О. Є., Чурилов В. В.

Київський медичний університет УАНМ, Київ, Україна

E-mail: [profisandro@gmail.com](mailto:profisandro@gmail.com), [valentin-ch@i.ua](mailto:valentin-ch@i.ua)

«Ефект Кірліан» означає візуальне спостереження або реєстрацію на фотоматеріалі світіння газового розряду, який виникає біля поверхні досліджуваного об'єкту, поміщеного в електричне поле високої напруги (понад 20 кВ/см). Потік електронів (електричний струм), попадаючи з першого (тонкого) електроду в краплю рідини, «намагається» рівномірно розтектись по всьому об'єму. В точці контакту електроду з краплею потік (струм) дробиться на безліч «мікрострумів». В різних кластерах сила мікрострумів буде різною, що відображає структуру рідини. Цей принцип покладений в основу вивчення структурних перетворень у водних розчинах [1]. На сьогоднішній день існує дуже мало фізичних методів вивчення тонкої структури води, наприклад спектроскопія квазіупругого розсіювання світла, метод розсіювання нейтронів, тому розвиток кірліанографії стає дуже актуальним. Одним із труднощів якісної кірліанографії краплі води і порівняння між собою розчинів різних концентрацій є стандартизація краплі, як за розміром, так і за об'ємом. Мета цієї роботи – розробка установки Кірліан-фото спеціально для вивчення водних розчинів. На рис. 1 і 2 зображено блок-схему приладу Кірліан для фотореєстрації та пристрою стандартизації краплі.



Рис. 1. Блок-схема пристрою стандартизації краплі

На рис. 3 приведені кірліанограми краплі води. Запропонована апаратна реалізація ефекту Кірліан, модель формування ГРВ (газорозрядна візуалізація)

зображення та його математична обробка довели свою ефективність при аналізі структурних перетворень у зразках води. Апаратура відрізняється дуже простим та доступним схемним рішенням.

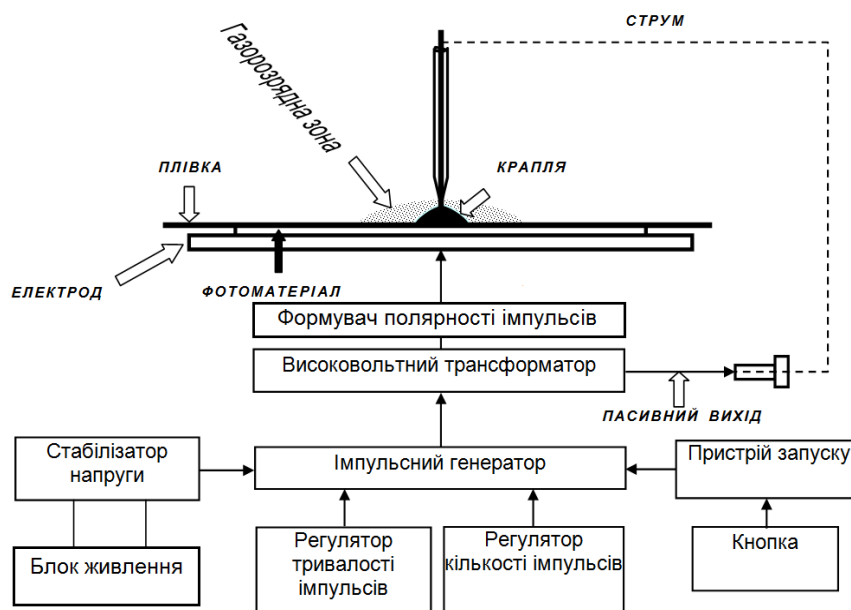


Рис. 2. Фотореєстратор ефекту Кірліан



Рис. 3. Кірліанограми краплі води

**Ключові слова:** ефект Кірліан, кірліанограма, водний розчин, фотореєстрація, ГРВ.

#### Література

- [1] О. Є. Болдескул, Р. О. Коломієць, Ю. І. Охай. «Застосування ефекту Кірліан для оцінки структуроутворення в водних системах», *Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування*, вип. 37, с. 161–170, 2009.

УДК 539.394

## ВПЛИВ МАТЕРІАЛУ ПРИЗМИ ППР-СЕНСОРА НА ТЕМПЕРАТУРНУ СТАБІЛЬНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТУ ВИМІРЮВАННЯ

<sup>1)</sup>Дорожинська Г. В., <sup>2)</sup>Качур Н. В., <sup>2)</sup>Дорожинський Г. В., <sup>2)</sup>Вовк В. В., <sup>2)</sup>Маслов В. П.

<sup>1)</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

<sup>2)</sup>Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ, Україна  
E-mail: [gvdorozinsky@ukr.net](mailto:gvdorozinsky@ukr.net)

Одним з напрямків вдосконалення сенсорів на основі явища поверхневого плазмонного резонансу (ППР) [1] є застосування призм зі скла типу крон з низьким значенням показника заломлення (ПЗ) ( $n_D < 1,6$ ) та збудження поверхневих плазмонів випромінюванням інфрачервоного (ІЧ) діапазону довжин хвиль. Це дозволяє збільшити чутливість сенсора при дослідженні рідинних середовищ [2, 3]. При цьому не встановлено вплив матеріалу призми на результат вимірювання ПЗ, пов'язаний із температурними змінами. Такі дослідження є актуальними, оскільки сенсор чутливий до змін температури досліджуваного середовища, особливо в ІЧ області [4].

В нашій роботі були досліджені в ІЧ області спектра (980...1550 нм) такі матеріали для призм:  $\text{CaF}_2$  ( $n_D=1,4339$ ), N-FK51A ( $n_D=1,4865$ ), N-BK7 ( $n_D=1,5167$ ), склокераміки Zerodur ( $n_D=1,5423$ ) і для порівняння флінти N-SF2 ( $n_D=1,6475$ ) й N-SF11 ( $n_D=1,7845$ ). За величиною коефіцієнта температурного зсуву мінімуму характеристики відбиття ППР визначали температурний вплив на результат вимірювання в діапазоні від 20°C до 70°C, що відповідає робочому температурному діапазону більшості рефрактометрів та комерційних ППР-сенсорів. Чисельне моделювання для визначення впливу ПЗ призм на резонансні характеристики ППР-сенсора та зміни температури як сенсора і досліджуваного середовища проводилося в середовищі MathCad з використанням алгоритму [5] на основі формул Френеля і математичного формалізму матриць розсіювання Джонса. При моделюванні враховували не тільки дисперсію температурних коефіцієнтів показників заломлення, а також температурний дрейф довжини хвилі випромінювання напівпровідникового лазера ППР-сенсора, який становив 0,15 нм/К. Розраховували коефіцієнт температурного зсуву мінімуму характеристики відбиття для досліджуваних матеріалів як відношення величини кутового зсуву  $\Delta\theta$  до відповідної зміни температури  $\Delta T$ , що спричинила цей зсув. Результати дослідження показали, що для всіх матеріалів, незалежно від величини ПЗ, температурний вплив спадає з ростом довжини хвилі випромінювання. При цьому для матеріалу з меншим ПЗ ( $\text{CaF}_2$ ) температурний коефіцієнт був у 2 рази більший, ніж для флінтового скла (N-SF11) і при переході від флінтів до кронів спостерігається стрибок температурної чутливості, що пов'язано зі зміною хімічного складу цих типів оптичного скла (Рис.1).

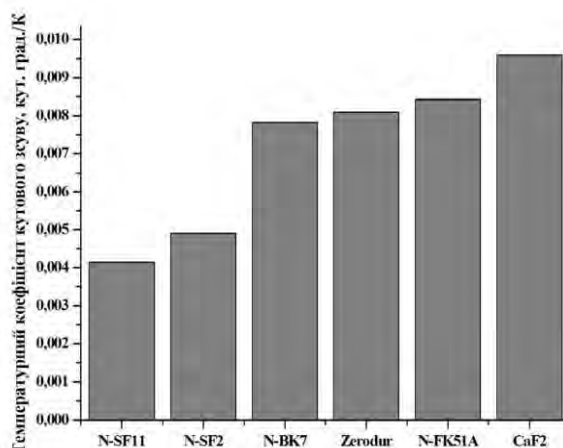


Рис. 1. Гістограма температурного коефіцієнту кутового зсуву мінімуму характеристики відбиття для різних оптичних матеріалів призми для  $\lambda = 1550$  нм [6]

Також було встановлено, що збільшення довжини хвилі випромінювання підвищило температурну стабільність, оскільки при цьому зменшувалось значення температурного коефіцієнту кутового зсуву щонайменше на 10%. Результати дослідження можуть бути використані для розробки нових ППР-сенсорів, так і для оптимізації режимів роботи існуючих.

*Ключові слова:* випромінювання, сенсор, чисельне моделювання.

#### **Література**

- [1] И. Д. Войтович и С. Г. Корсунский, *Сенсоры на основе плазмонного резонанса: принципы, технологии, применения. Монография.* Київ, Україна: Сталь, 2011.
- [2] K. Brahmachari and M. Ray, «Effect of prism material on design of surface plasmon resonance sensor by admittance loci method», *Front. Optoelectron*, vol. 6, pp.185-193, 2013.
- [3] Ю. В. Ушенін, А. В. Самойлов, Р. В. Христосенко, «Увеличение чувствительности сенсоров изменения показателя преломления среды на основе поверхностного плазмонного резонанса», *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*, № 1-2, с. 12-14, 2011.
- [4] Н. В. Dorozinska, Т. А. Turu, О. М. Markina, G. V. Dorozinsky, V. P. Maslov, «Influence of Temperature on the Measuring Accuracy of Devices Based on Surface Plasmon Resonance Phenomenon», *Modern Instrumentation*, vol. 7, pp.1-10, 2018.
- [5] Р. Аззам и Н. Башара, *Эллипсометрия и поляризованный свет. Монография.* Москва, СССР: Мир, 1981.
- [6] Г. В. Дорожинська, В. П. Соболев, В. В. Вовк, Г. М. Андросюк, В. П. Маслов, Н. В. Качур, Г. В. Дорожинський. «Вплив матеріалу призми на чутливість ППР-сенсорів», *Оптоелектроника и полупроводниковая техника*, № 55, с. 179-185, 2020.

УДК 504.3.054

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ В ПРИМІЩЕННІ

*Івасенко В. М., Морозов К. А.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [ivasenko-vitaliy@ukr.net](mailto:ivasenko-vitaliy@ukr.net), [kirill449666@gmail.com](mailto:kirill449666@gmail.com)*

**Вступ.** Чисте атмосферне повітря є невід’ємною умовою для здорового життя. Для екологічної оцінки довкілля потрібно отримувати достовірну інформацію про зміну екологічних показників [1]. В Україні існує державна система екологічного моніторингу стану довкілля і атмосферного повітря зокрема, яка стикається з багатьма проблемами (програма організації спостережень, матеріальна база, методи спостережень, надання інформації населенню) але продовжує виконувати покладені на неї функції [2].

**Постановка проблеми.** Основним нормативним документом, що регламентує проведення моніторингу атмосферного повітря, є «Руководство по контролю загрязнення атмосфери РД 52.04.189-91» [3], при цьому основне завдання, яке ставиться, - це контроль дотримання нормативів допустимого вмісту хімічних речовин в атмосферному повітрі населених місць. Після підписання і ратифікації угоди про Асоціацію з Європейським Союзом в 2017, Україна отримала можливість перейти від партнерства і співробітництва до інтеграції, відкриваючи при цьому нові можливості для неї. Але разом з можливостями Україна бере на себе і нові обов’язки, зокрема перенести в своє законодавство правила і стандарти ЄС з охорони довкілля [4], зокрема Директива 2008/50/ЄС [5]. При цьому європейські нормативи мають певні відмінності від українських, що створює певні труднощі.

**Досвід європейських учених.** Так звичне для нас поняття «нормативна гранично допустима концентрація» відсутнє в документах ЄС, замість цього використовують поняття гігієнічних критеріїв якості повітря і стандартів якості повітря. При цьому стандарти якості атмосферного повітря, що використовують в ЄС, мають чіткі статистичні характеристики, що дає їм однозначне пояснення при співставленні з даними спостережень і з результатами моделювання. Цього нажаль не можна сказати про нормативи ГДК [6].

Серед атмосферних домішок, для яких Європейські стандарти рекомендують критерії якості повітря, потрібно звернути особливу увагу на одну домішку – дрібним частинкам речовини (більш звичний термін «суспендовані тверді речовини»), а саме їх дрібнодисперсні фракції з аеродинамічним діаметром 2,5 та 10 мкм (PM<sub>2,5</sub> та PM<sub>10</sub>), за якими у нас не здійснюється державний моніторинг за вмістом в атмосферному повітрі. Потрібно зауважити, що при розробці критеріїв європейські експерти не знайшли переконливих доказів, що існує якесь граничне значення концентрацій твердих частинок PM<sub>2,5</sub>, нижче якої не потрібно очікувати жодного



негативного впливу на здоров'я [6]. Тому в європейських стандартах не наводиться таке граничне значення для ТЧ, а наводиться час усереднення концентрацій (24 години), що підкреслює необхідність орієнтації системи моніторингу на отримання, середніх за 24 години значень концентрацій ТЧ.

Директива 2008/50/ЄС визначає критерії якості повітря по наступним речовинам: сірчистий газ, двоокису азоту та окисів азоту, твердих часток (PM10 і PM2,5), свинцю, бензолу та окису вуглецю, озону. Кінцева задача контролю якості атмосферного повітря зводиться не лише до збору даних, а і для отримання інформації, що необхідна вченим, державним органам і установам для формування екологічної політики, що стосується управління якості навколишнього середовища, а також для планування будівництва підприємств та розвитку міст і покращення їхнього санітарного стану. Також Україна бере на себе обов'язки з надання звітності про стан якості повітря з постів системи моніторингу до Європейської Комісії та безкоштовного інформування громадськості. Так інформація щодо концентрацій речовин (сірчистого газу, двоокису азоту, твердих речовин (принаймні PM10), озону і окису вуглецю) в атмосферному повітрі повинна оновлюватися принаймні щодня та, якщо є така можливість, інформація оновлюється щогодини. Це накладає певні вимоги до засобів вимірювання, їх метрологічних і технічних характеристик. Адже прилади мають забезпечувати погодинний збір і обробку даних, що кардинально відрізняється від стандартної програми короткочасного відбору проби (20-30 хв) 4-и рази на добу – о 1:00, 7:00, 13:00, 19:00. Отриманні значення концентрацій з 20-хвилинним інтервалом усереднення неможливо порівняти з погодинними граничних величин чи цільових показників. Короткочасний метод відбору проб характеризувався принциповим недоліком – згладжуванням «пікових» концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, та низькою оперативністю інформування. Населення отримуватимуть вчасну достовірну інформацію з можливим впливом на здоров'я, і рекомендаціями поведінки.

**Висновок.** Мета, яка зараз стоїть перед Україною – створити нову систему моніторингу, цілі і задачі якої будуть кардинально відрізнятися від попередніх часів, і стане основним інструментом захисту здоров'я населення від негативного впливу забруднення навколишнього середовища.

*Ключові слова:* директива 2008/50/ЄС, якість повітря, моніторинг навколишнього середовища.

#### **Література**

- [1] О. А. Дашковський, І. Л. Міхеєва, В. П. Приміський, Новини ЗАТ «Украналіт». Екоінформаційні, багатопараметрові газоаналітичні прилади і системи екологічного моніторингу довкілля [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.ukranalyt.com.ua/index41.htm>.
- [2] В. С. Бахарев, “Недосконалість існуючої системи екологічного моніторингу атмосферного повітря на рівні урбосистеми: причини, наслідки, шляхи вдосконалення”, *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, Вип. 5, с. 76-81, 2016.

УДК 539.394

## КОНТРОЛЬ СВІТЛА ТА ТЕМПЕРАТУРИ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ФОТОПОЛІМЕРІЗАЦІЇ

*Мельниченко Д. С., Пирогов А. Е., Свита М. П., Таранов В. В.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [lambit@ukr.net](mailto:lambit@ukr.net)*

Процес фотополімеризації при виготовленні спеціального скла - вимагає контроль світла, температури і часу. Сьогодні такі данні отримують традиційними методами, а саме за рахунок зовнішнього дистанційного датчика температури, вимірювача потужності світла. Але ж відповідність технологічного процесу - це якісний результат при виробництві – вимагає безпосередньо контролювати процес, слідкувати за процесом, температурою, потребує уваги операторів, а саме одночасно слідкувати за світлом та температурою, оцінювати завершення процесу полімеризації. Тому розробка нового програмного апарату з датчиками температури, світла - це вимога сучасного виробництва.

В роботі йдеться про перший варіант автоматизованого вимірювання світла – основного діючого фізичного чинника для технологічного процесу. Вимірювання температури як одного з двох існуючих факторів контролю, відповідальних за закінчення процесу. Тому саме розробка та виготовлення дослідного зразка, який в реальному часі с заданим інтервалом (в дослідному зразку - встановлено час - 15 с) відбувається реєстрація стану процесу. Відображення в реальному часі на екрані дозволяє контролювати процес в цеху й зберігати його для подальшого контролю. З попередніх робіт визначено, що вихід температури на заданий рівень - може вже сьогодні бути сигналом для закінчення процесу полімеризації, таким чином вимірювання крок для подальшого керування процесом. На блок-схемі (Рис. 1) відображено основний алгоритм роботи приладу, який саме проходить випробування в цеху. На початку встановлюються параметри по світлу, хвильовий діапазон. Після початку процесу в реальному часі відображаються головні параметри технологічного циклу процесу. Результат вимірювання відображається на екрані. Фрагмент опромінення полімерного матеріалу приведено на Рис.2, де саме йде регулювання світла та його подальший контроль. Відображення кожного нового етапу через 15 с, дозволяє досить ретельно контролювати щільність УФ спектра яке досягає саме полімерного шару.

На рисунку 1 зображено блок-схему програми. Програма має один основний цикл роботи, який вмикається кнопкою старт\стоп в основному вікні програми та вимикається повторним натисканням на ту саму кнопку. Також окрім основного циклу роботи програма має два додаткові потоки, а саме, потік запису даних в файл та потік оновлення графіку які безпосередньо залежать від основного циклу програми.

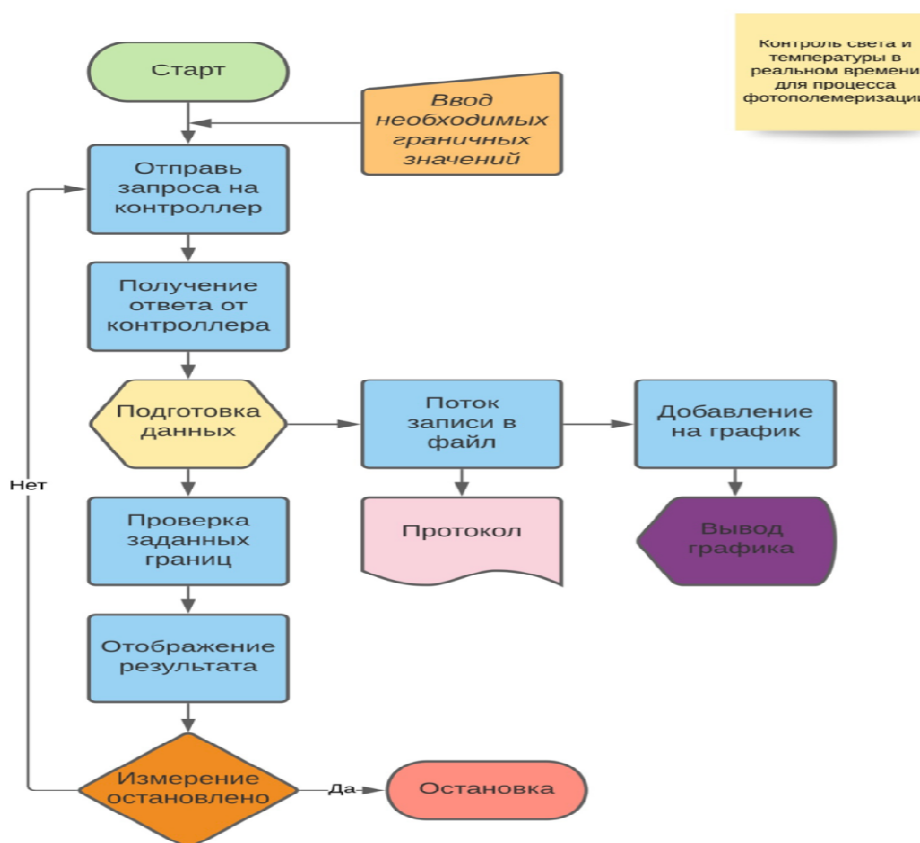


Рис. 1. Блок-схема программного прилада, алгоритм обробки

Для розробки програмного додатку з рисунку 1 було використано мову програмування Python версії 3.9.1 з додатковими бібліотеками PyQt, QtDesigner, а також бібліотеки PySerial, PyGraph, та стандартній додаток для багатопотоковості PyThread.

На екрані монітора відслідковуємо процес, що дозволяє зберегти його або вносити зміни в реальному часі, які в свою чергу знайдуть відображення й будуть враховані при наступному процесі виробництва багатошарового скла. Лінії зверху та знизу допомагають контролювати світло та подавати сигнал про зміну й при досягненні автоматично приймати рішення, а також зупиняти процес опромінення. Саме такий контроль сьогодні - це шлях до якості продукції, її паспортизація, можливість внесення змін в технологію для іншого полімеру та шлях до автоматизації. Для якісного відображення технологічного процесу зберігається «Протокол», який є повним відображенням циклу полімеризації. Він забезпечить інформацію про вже діючий процес, а також може бути потрібним для наступної роботи по поліпшенню технології.

Досить важливим сьогодні є також контроль за світлом при застосуванні сонячного випромінювання для технологічного застосування. На рисунку 2 наведено зміну потужності та температури під час опромінення. Зміна потужності більш як в 7 разів (за рахунок вже білої хмари) накладає вимоги на

загальний час опромінення – тому потрібен підрахунок та автоматичне вимикання.

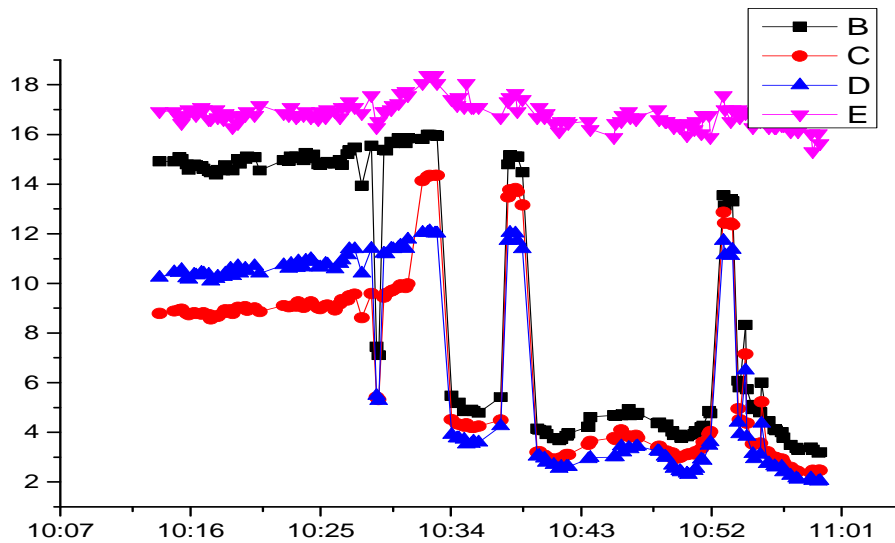


Рис. 2. Протокол параметрів світла та температури в реальному часі, де: В,С,Д – значення потужності світла по 3- каналам, у в.о, та Е – температурні значення

Програма дозволяє вивести результати вимірювання та підготувати протокол для збереження та подальшого контролю.

### Висновки

Вже перші результати довели можливості використовувати контрольно-вимірювальне обладнання в реальному часі, що дозволить слідкувати за технологічним процесом. Подальше вдосконалення дозволить застосовувати його для контролю за роботою й сонячних станцій, подаючи їх результат, враховуючи активність сонячного випромінювання.

*Ключові слова:* контроль за світлом, автоматизація, вимірювальне обладнання.

### Література

- [1] Python [Електронний ресурс]. 2020. Доступно: <https://www.python.org/downloads>
- [2] PyQtGraph [Електронний ресурс]. 2016. Доступно: <https://pypi.org/project/pyqtgraph>
- [3] PySerial [Електронний ресурс]. 2020. Доступно: <https://pypi.org/project/pyserial/>.
- [4] PyQt5 [Електронний ресурс]. 2016. Доступно: <https://pypi.org/project/PyQt5/>.
- [5] Н. Прохоренко, В. Дронов, *Python 3 и PyQt 5. Разработка приложений*. Петербург: БХВ-Петербург, 2019.

УДК 621.315.592, 539.2

## ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ ТОНКИХ ПЛІВОК ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛАСТИЧНИХ КОНТАКТІВ FUJITSU

*Морозова І. В., Божко К. М.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [bozhkonew@ukr.net](mailto:bozhkonew@ukr.net)*

Використання еластичних гумових гальванічних контактів типу «зебра» від компанії Fujitsu (Рис. 1) дозволяє здійснювати вимірювання опору тонких плівок металів та напівпровідників без механічного ушкодження поверхневого шару об'єкта вимірювання.

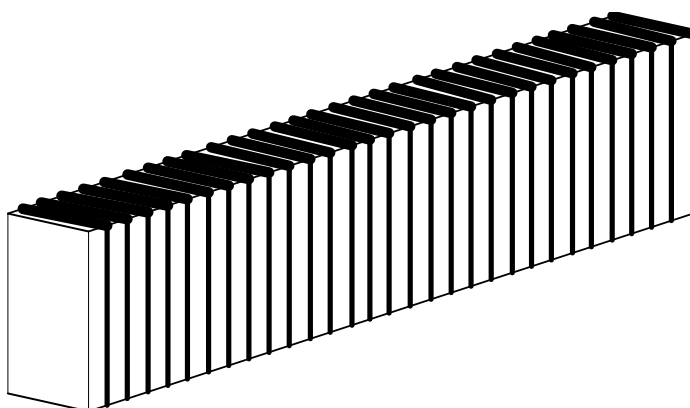


Рисунок 1. Еластичний контакт типу «зебра»: темні смуги – провідник; світлі смуги – ізолятор

Контакти типу «зебра» мають анізотропну провідність, що дозволяє утворити гребінчастий зонд при паралельному з'єднанні провідних смужок в площині однієї із граней контакту за допомогою фольгованої плати (Рис. 2).

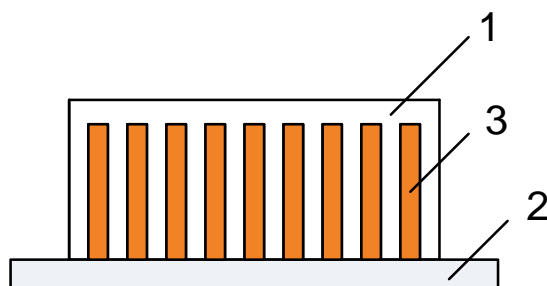


Рисунок 2. Гребінчастий еластичний контакт: 1 – провідники, які притиснуті до фольгованої плати; 2 – поверхневий шар, опір якого вимірюють; 3 – ізолятори

Для імпульсного вимірювання опору тонких плівок застосовано лабораторний стенд (Рис. 3).

Резистор і зразок утворюють дільник, який дозволяє обчислити струм кола. Цифровий осцилограф дозволяє безпосередньо виміряти напругу. Результати

вимірювання опору отримують при опрацюванні осцилограм від двох каналів осцилографа (Рис. 4).

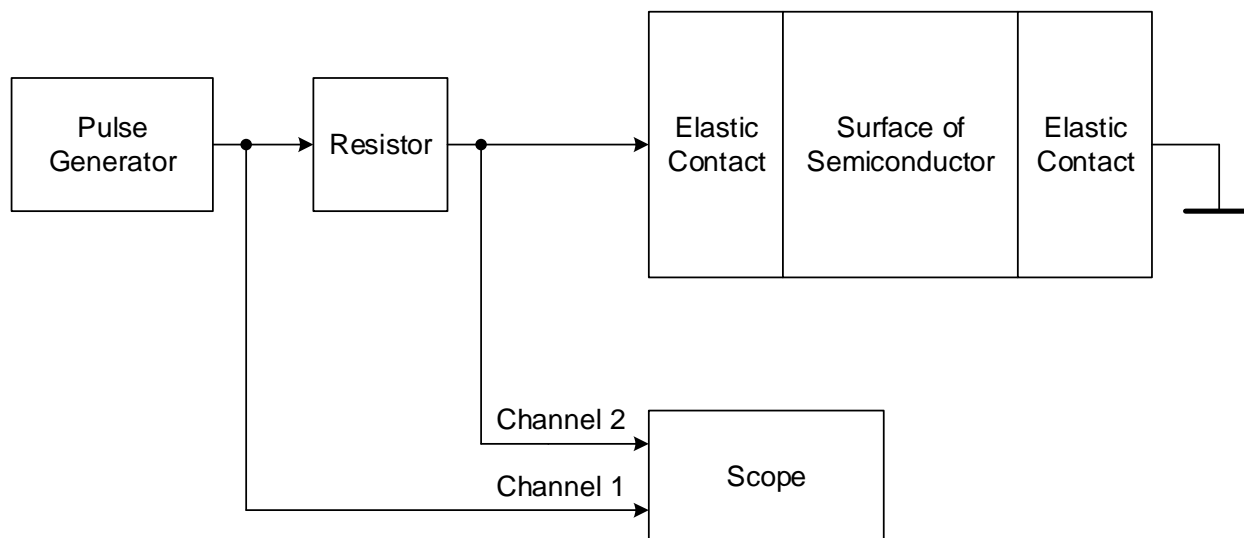


Рисунок 3. Лабораторний стенд у складі імпульсного генератора, цифрового осцилографа, вимірювального резистора, пари еластичних гальванічних контактів та зразка тонкої плівки напівпровідника

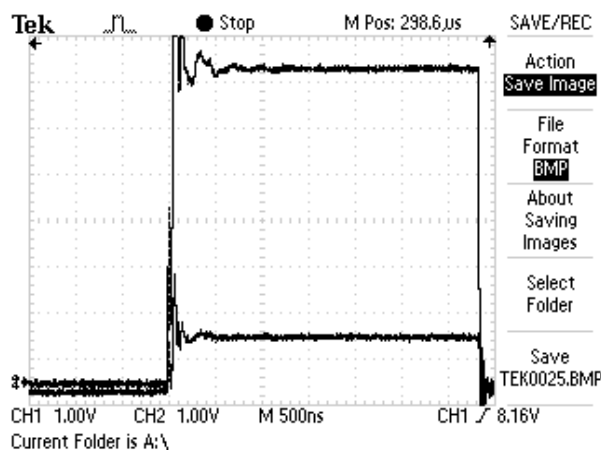


Рисунок 4. Осцилограми сигналів на ділянці напруги, який утворюють вимірювальний резистор і поверхневий шар напівпровідника; об'єкт вимірювання – плівка оксиду олова та індія із питомим опором 100 Ом/квадрат

Ефективність методу доведена численними дослідями із тонкими плівками металів (золото, платина), напівпровідників (кремній, германій), а також прозорого електроду на основі оксидів олова та індія. Метод також перевірено на масивних зразках напівпровідників.

*Ключові слова:* опір, тонкі плівки, еластичні контакти.

УДК 621.372.542

## 3D ВІДЕОВІМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПІДВИЩЕНОЇ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ

*Прокопченко С. В., Воскресенський В. Б.*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, Київ, Україна*

*E-mail: [vc\\_ict@ssu.gov.ua](mailto:vc_ict@ssu.gov.ua)*

Технологічні процеси виготовлення деталей підвищеної точності обробки різного профілю потребують систематичного вимірювання їх геометричних розмірів, що вимагає регулярного проміжного та фінішного контролю при їх виготовленні, а також при виконанні монтажних операцій [1].

На сьогодні цей вид неруйнівного контролю проводиться із використанням спеціальних оптичних систем та дозволяє досліджувати різні комплектуючі вироби, незалежно від виду, конструктивних особливостей та структури матеріалів, із яких вони виготовлені [2, 3].

Контрольно-вимірювальна система (вимірювальна установка, відео-вимірювальна машина, 3D відеовимірювальна система) – це структурна сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних засобів вимірювальної техніки, пристроїв та інших технічних засобів, призначених для дослідження властивостей зразків, метрологічної оцінки (повірки, калібрування тощо) інших засобів вимірювальної техніки [4].

Таким чином, при застосуванні 3D відеовимірювальної системи в практичній діяльності виробник отримує досить значний економічний ефект за рахунок скорочення часу вимірювань лінійних розмірів та кутів на площині контрольованих деталей. Одночасно використовуються високоякісні функціональні можливості обробки відеозображень, що значно зменшують вірогідність помилки оператором [5].

Вибір фірми-виробника та моделі (типу) відеовимірювальної системи здійснюється замовником залежно від завдань вимірювання та ресурсного забезпечення замовника. В першу чергу він оцінює похибку результату вимірювання (визначається технічними показниками), та функціональні можливості програмного забезпечення (ПЗ).

Практичний досвід авторів дає можливість стверджувати щодо необхідності експлуатування засобів вимірювальної техніки, що мають певні високоякісні метрологічні характеристики [6].

Результати аналізу технічних показників зазначених оптичних систем за встановленим критерієм «ціна-якість» визначили найоптимальнішою 3D відеовимірювальну систему YF-2010T виробництва компанії Dongguan Yihui Optoelectronics Technology Co., Ltd. (Китай), яка призначена для точного (похибка не гірше  $\pm 4$  мкм при довжині деталей до 200 мм) вимірювання геометричних розмірів продукції.

Окремо необхідно приділити увагу до спрощення вимірювань висоти або глибини отворів (режим 3D-вимірювання). Вимірювання проводять в 4-х точках із застосуванням контактної датчика, що дозволяє одночасно оцінити показники плоско-паралельності складної за конфігурацією механічної деталі.

Відеовимірювальна система YF-2010T адаптована для використання контактних датчиків Renishaw TP-20 та Renishaw TP-200, що дозволяє також виконувати контактні-досліджувані вимірювання. Тобто, визначають координати поверхні та границі (граничні розміри) у складних 3D-моделях, де оптичне розпізнавання неможливе.

Спеціалізоване ПЗ відеовимірювальної системи дозволяє створювати карти вимірювань та зберігати результати вимірювань:

1) у форматі Excel, Word, а також SPC для статистичної обробки інформації з метою покращення якості виготовлення деталей;

2) у графічному форматі Jpg, BMP для візуального аналізу та визначення причин виникнення дефектів механічних деталей під час експлуатації. Окрім того, за допомогою спеціалізованого ПЗ можливо створити графічні шаблони (макроси) для деталей, що збільшує ефективність вимірювань.

За результатами аналізу наявних на ринку України моделей відеовимірювальних систем можливо зробити наступні висновки [7]:

- візуально-оптичний метод вимірювань – один із найважливіших методів неруйнівного контролю у виробництві, який застосовується провідними компаніями при створенні відеовимірювальних систем;

- вибір виробника та моделі відеовимірювальної системи здійснюється споживачем залежно від завдань вимірювання та ресурсного забезпечення;

- для реалізації мультисенсорної метрології програма вимірювань може включати оптичне, лазерне та контактне дослідження.

*Ключові слова:* 3D відеовимірювальна система, метрологічні характеристики, похибка, контактні датчики.

#### **Література**

- [1] Ю. О. Подчашинський, “Методи і засоби відеовимірювань лінійних і кутових переміщень”, Автореф. дис. канд. техн. наук. НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ, 2002.
- [2] Електронний каталог ПНВП «МІКРОТЕХ». [Електронний ресурс]. Доступно: [www.microtech-ua.com](http://www.microtech-ua.com).
- [3] ABERLINK Innovative Metrology. Електронний каталог продукції. [Електронний ресурс]. Доступно: [www.microtech-ua.com](http://www.microtech-ua.com).
- [4] Н. Мелехова, А. Ивахин, “Видеоизмерительные системы iNEXIV VMA-4540 – эталон качества метрологической инспекции”, *Совр. електроника*, № 8, с. 26-28, 2015.
- [5] Н. Мамонтова, “Мультисенсорная метрология: новый подход к измерениям”, *Производство электроники: технологии, оборудование, материалы*, № 4, с. 1-4, 2012.
- [6] Неразрушающий контроль. Справочник в 7 томах, Том 1. – В 2 кн. – Книга 1. Визуальный и измерительный контроль. В. В. Клюев, Ред. 2008.
- [7] ДСТУ ОІМЛ D 11:2012 Метрологія. Засоби вимірювання електронні. Загальні технічні вимоги.



УДК 681.511

## КОНТРОЛЬ ПОРТАТИВНИМИ АНАЛІЗАТОРАМИ СПЕКТРУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ПРИ ВИЯВЛЕННІ ПОБІЧНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

*Скакун О. В., Воскресенський В. Б., Сивобородько А. В.*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, Київ, Україна*

*E-mail: [vc\\_ict@ssu.gov.ua](mailto:vc_ict@ssu.gov.ua)*

Проблеми забезпечення інформаційної безпеки України та сучасні науково-технічні підходи до їх вирішення є наразі особливо актуальними.

Апаратний контроль наявних та потенційних загроз несанкціонованого доступу і зняття інформації, що має грифи обмеження доступу – одна із найбільш важливих задач у сфері інформаційної безпеки функціонування державних структур [1]. Також паралельно існує задача обмеження дії електромагнітних полів на людей, в тому числі і на персонал [2]. Здійснюється апаратний контроль, як спеціалізованими засобами вимірювальної техніки (ЗВТ), так і ЗВТ універсального призначення (Рис.1).

До спеціалізованих ЗВТ належать, наприклад, комплект радіомоніторингу типу «Пластун», професійний трьохдіапазонний індикатор поля iPROTECT 1216, комплект виявлення засобів несанкціонованого зняття інформації типу «OSCOR», нелінійні локатори типу «ORION» та інші засоби.

До універсальних ЗВТ можливо віднести: портативні ручні аналізатори сигналів FieldFox виробництва компанії Keysight Technologies [3]; портативні аналізатори спектра FSH 4/8/13/20 корпорації Rohde&Schwarz [4]; аналізатори спектра реального часу серій RSA5000B, RSA6100A, RSA7100A фірми Tektronix [5]; аналізатори сигналів MICRONIX [6] та інші високочутливі аналогічні прилади укомплектовані необхідними радіочастотними кабелями та антено-фідерними пристроями (АФП) направленої дії.

Зразками АФП можуть слугувати: антена вимірювальна магнітного поля Пб-119; антена вимірювальна електричного поля Пб-120 [7].

На базі викладеного матеріалу можливо зробити наступні висновки:

- проблеми дослідження та вимірювання нестационарних радіочастотних сигналів (також і побічного електромагнітного випромінювання) вимагають застосування сучасних моделей аналізаторів спектру, сигналів та ланцюгів, які функціонують в реальному масштабі часу;
- лише оптимальний вибір аналізатора спектру, сигналів та (або) ланцюгів, та в комплекті із ними АФП, дозволяє коректно визначати амплітуду й частоту спектральних компонент, що входять до складу аналізованої характеристики;
- автори рекомендують вибирати портативні ЗВТ, що призначені для полігонних (польових) застосувань, але мають характеристики аналогічні параметрам стаціонарних лабораторних приладів.

*Ключові слова:* аналізатор спектру, контроль, вимірювання.



Рис. 1. Засоби для виявлення загроз несанкціонованого доступу і зняття інформації

### Література

- [1] В. Б. Воскресенський, А. В. Сивобородько, В. А. Ковальчук, “Використання аналізаторів спектру реального часу для апаратного контролю у сфері інформаційної безпеки”, у *Актуальні проблеми управління інформаційною безпекою держави. Частина 2*. Київ: Центр навчальних, наукових та періодичних видань Національної академії СБ України, 2015, с. 44-48.
- [2] ДСТУ EN 50364:2006 АПАРАТУРА ЕЛЕКТРОННА, ЩО ПРАЦЮЄ В ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ від 0 Гц до 10 ГГц. Обмеження дії електромагнітних полів на людей від апаратури електронного спостереження, радіочастотного розпізнавання об’єктів та аналогічних застосувань.
- [3] Keysight Technologies. Контрольно-измерительные решения. Каталог 2016. URL: <https://prist.ru> (дата звернення 22.03.2021).
- [4] Контрольно-измерительное оборудование. Каталог 2016/2017. URL: [www.rohde-schwarz.ru](http://www.rohde-schwarz.ru) (дата звернення 22.03.2021).
- [5] Офіційний сайт ПП «НВФ «VD MAIS» <http://www.vdmais.ua>
- [6] Офіційний сайт компанії MICRONIX <http://www.micronix-jp.com>
- [7] Офіційний сайт фірми ПРИСТ [www.prist.ru](http://www.prist.ru)