

3. Материалы в слитках и порошках для защитных покрытий. ТУ У 27.4–20113410.002–2001. Изменение № 3 от 06.10.2015.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ДОДАТКА ДЛЯ АГРЕГАЦІЇ ДАНИХ СПЕКТРОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ**

*Защепкіна Н. М.<sup>1</sup>, Здоренко В. Г.<sup>2</sup>, Наконечний О. А.<sup>3</sup>, Рудницький Р. Р.<sup>4</sup>  
НТУ України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Україна, м. Київ, пр-т Перемоги, 37  
E-mail: <sup>1</sup>nanic1604@gmail.com, <sup>2</sup>valzd@meta.ua,  
<sup>3</sup>nakonechnyi.oleksandr.00@gmail.com, <sup>4</sup>romarudnytskiy@gmail.com*

Автоматизація аналітичних вимірювань набула значного розповсюдження в останні десятиліття у різних галузях виробництва та завданнях моніторингу навколишнього середовища, у зв'язку з стрімким розвитком інформаційних та телекомунікаційних технологій. Для визначення інформативних показників речовин у виробничих і лабораторних умовах широко застосовуються методи та засоби діагностики, що відповідають вимогам неруйнівного контролю.

Серед неруйнівних аналітичних методів, які базуються на взаємодії електромагнітного випромінювання із об'єктом дослідження, можна виділити спектрометричні методи досліджень в оптичному діапазоні довжин хвиль. Вимірювальне обладнання оптичної спектрометрії дозволяє проводити якісний і кількісний аналіз зразків досліджуваних речовин в рідкій та газоподібній фазах, шляхом реєстрації їх характеристичних спектрів випромінювання [1].

Сучасне лабораторне спектрометричне обладнання представлено вимірювальними приладами, що дозволяють проводити точне та достовірне визначення інформативних показників досліджуваних сполук. Таке обладнання оснащено спеціалізованими програмними компонентами для збору, обробки та інтерпретації вимірних даних. В той же час, лабораторні засоби спектрометрії мають значну металоємкість, масо-габаритні характеристики, ціну придбання та експлуатації. Їх застосування не є доцільним безпосередньо у багатьох поточних вимірювальних завданнях на виробництві, окремих технологічних операціях та польових умовах екологічного моніторингу.

Якщо потрібно проводити контроль вибраного параметру досліджуваної речовини (або обмеженого набору параметрів) у декількох ланках технологічного процесу або вибраних точках простору, виникає необхідність застосування портативних засобів спектрометрії, що

містять заданий набір первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) та відповідають вимогам експрес-вимірювань. Такі портативні вимірювачі містять вимірювальні канали (ВК) та вбудоване обчислювальне ядро, представлене мікроконтролерами або мікро-процесорними засобами, периферійні компоненти (порти розширення, канали зв'язку) та можуть мати значне просторове рознесення. Вони дозволяють задавати вихідний масив даних спектральних вимірювань у цифровій формі, за допомогою мережевих протоколів, але агрегація та інтерпретація вимірянних даних потребує сторонніх засобів.

Робота більшості виробничих інформаційних систем (ІС) та систем екологічного моніторингу полягає у комплексному використанні результатів вимірювань у окремих ланках, забезпечуючи перетворення первинної вимірювальної інформації в форму, що є придатною для прийняття рішень. В таких системах можна виділити декілька структурних рівнів, що представлені програмними засобами для вирішення спеціалізованих завдань

Найвищий рівень представлений програмними модулями прийняття рішень, що безпосередньо контролюють технологічні процеси або дозволяють проводити комплексну оцінку екологічного стану. Проміжний рівень ІС включає програмні компоненти, що дозволяють проводити комплексний аналіз вимірянних даних. Низовий рівень представлений програмними модулями обробки первинної вимірювальної інформації, що надходить із ВК окремих ланок. [2]. На низовому рівні ІС застосовуються системи керування базами даних (СКБД) що містять агреговану первинну вимірювальну інформацію.

Первинний масив даних спектрометричних вимірювань може мати велику розмірність. Це пов'язано із необхідністю забезпечення відповідності вимірювальної інформації критеріям точності, достовірності та повноти. Агрегація результатів спектрометричних вимірювань може проводитися із використанням табличних процесорів (Microsoft Excel, Symphony та ін.), прикладних програм (MathCAD, Maple, SciPy та ін.) та програмних додатків обробки масивів даних. Вибір програмного забезпечення визначається вимогами до представлення вимірювальної інформації та необхідністю автоматизації її обробки.

Визначимо основні ідеї, які будуть використовуватися при розробці архітектури спеціалізованого програмного додатку (ПД) для агрегації спектрометричних даних заданої розмірності.

Застосування ПД планується із декількома вимірювальними засобами, тому необхідно передбачити можливість гнучкого розширення його функціональних можливостей. Постає необхідність розробки архітектури ПД, що дозволяє створювати та додавати в проект

окремі програмні модулі, призначені для роботи з визначеними засобами вимірювань. Ефективним способом вирішення даного завдання є застосування декомпозиції, що дозволяє представити ПД як сукупність дискретних, слабо пов'язаних модулів, інтегрованих в керуючу оболонку (Shell). Таке складене виконання має певні переваги:

- 1) розробка, тестування та розгортання окремих компонентів ПД може проводитися різними виконавцями незалежно один від одного;
- 2) з'являється можливість розширення структури та функціонуванню додатку, шляхом включення нових і заміни наявних компонентів;
- 3) складене програмне забезпечення (ПЗ) є гнучким та дозволяє розробку нових функціональних можливостей із повторним використанням програмного коду, інтеграцію бібліотек та компонентів сторонніх розробників.

Після визначення архітектури ПД, проводиться вибір технології для збору та завантаження даних та розробка інтерфейсу користувача (User Interface) для відображення стану вимірних величин у заданий момент часу. У розробці програмного додатку застосовано інтегроване середовище розробки IDE (IntelliJ Idea), веб-браузер (Google Chrome) та мови програмування (Java, SQL, JavaScript) [3].

Вихідний масив даних спектрометричних вимірювань може задаватися у форматах \*.csv та \*.json. Перевага застосування таких вихідних форматів при передачі інформації полягає в тому, що вони мають оптимальний тип представлення даних та їх атрибутів.

При створенні ПД агрегації спектрометричних даних доцільно застосувати технологію формування запитів REST API (Representational State Transfer). Вона задає підходи до побудови архітектури розподілених систем, та володіє універсальними засобами обробки і передачі інформації про поточний стан об'єктів за допомогою мережових протоколів.

Агрегація даних формату \*.csv (Comma-Separated Values) можлива вбудованими інструментами мови Java та застосуванням бібліотек сторонніх розробників, наприклад OpenCSV, що мають кращий функціонал.

Формат \*.json (JavaScript Object Notation) призначений для опису об'єктів і структур даних, та використовується для обміну інформацією в розподілених системах. Агрегація даних за стандартом \*.json можлива із використанням трьох моделей обробки даних [4]:

- 1) покрокова обробка (streaming API);
- 2) метод обробки tree model, що полягає у відтворенні даних у вигляді дерева з конкретними вузлами, на які опирається обробка;
- 3) пряме перетворення вимірних даних у відповідні Java об'єкти (data binding).

У випадку роботи із об'ємними масивами потокових даних спектрометричних вимірювань ефективним є застосування методу крокової обробки, або методу перетворення об'єктів (data binding), при змінах у службовій інформації, що супроводжує виміряні дані.

Фронтальну частину (інтерфейс користувача) ПД доцільно побудувати з використанням мови сценаріїв JavaScript та фреймворку React.js на основі компонентів із відкритим кодом.

Програмний додаток для агрегації спектрометричних даних розглянутої архітектури придатний для застосування у виробничих технологічних процесах та завданнях моніторингу навколишнього середовища у якості ПЗ обробки вимірювальної інформації низового рівня. Застосування спеціалізованих ПД для отримання та агрегації первинної вимірювальної інформації, що задається окремими вимірювальними модулями, дозволяє врахувати особливості протоколів обміну даними та специфікації вихідних форматів даних (розмірність, тип представлення, та ін.).

Агрегована вимірювальна інформація може бути інтегрована до баз даних (БД) вищого порядку, що керуються СКБД. Це створює умови для об'єднання наявного спектрометричного вимірювального обладнання в єдиний інформаційно-вимірювальний комплекс (ІВК), метрологічні характеристики якого, у подальшому, можна нормувати.

## Література

1. Защепкіна Н. М. Вибір експрес методик аналізу кількісних та якісних параметрів продуктів харчування із застосуванням УФ-випромінювання. / Н. М. Защепкіна, О. А. Наконечний // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – Т. 1. – № 3 (62). – С. 155–161.
2. Муртазов А. К. Экологический мониторинг. Методы и средства : учеб. пособ. Ч. I / А. К. Муртазов ; Рязан. гос. ун-т имени С. А. Есенина. – Рязань, 2008. – 146 с.
3. Опис інтегрованого середовища розробки IntelliJ IDEA 2019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.jetbrains.com/idea/>
4. Raj Kamal, Big Data Analytics: Introduction to Hadoop, Spark, and Machine-Learning / Raj Kamal, Preeti Saxena. – New York : McGraw-Hill Education, 2019. – 534 p.