

УДК 004.02

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ПРИЙОМА ІНФОРМАЦІЇ З УРАХУВАННЯМ МЕТОДІВ ЗГЛАДЖУВАННЯ

Азамат М.М., Ковальов С.О

Донецький національний технічний університет

Розробка систем автоматизованого контролю атмосфери шахт є однією із актуальніших проблем гірничої науки. У першу чергу треба розв'язати задачу неперервної підтримки основних параметрів та компонентів вентиляційного потоку, що забезпечують нормальний вентиляційний та газовий режим у гірничих виробітках. Однією з умов для забезпечення безпеки процесів добучі вугілля повинно бути введення у експлуатацію на шахтах автоматично безперервно діючих датчиків контролю параметрів та компонентів рудничної атмосфери - головним чином метана. У зв'язку з зростанням кількості шахт, небезпечних по газу або пилу є необхідність створювання такої системи контролю рудничної атмосфери, яка забезпечувала би не тільки неперервний хід інформації, але і вплив на органи управління з метою приведення параметрів і компонентів вентиляційного потоку у відповідності з вимогами Правил безпеки. Така система повинна бути системою автоматизованого регулювання провітрювання шахт, яка буде збільшувати безпеку проведення гірничих робіт і виконувати наступні задачі:

1. Безперервний контроль параметрів вентиляційного потоку та концентрації метану у вентиляційній мережі.
2. Централізована сигналізація
3. Автоматизоване вимкнення живлення
4. Передача інформації про стан вентиляції на пост управління
5. Автоматичне регулювання роботи головних вентиляційних установок.

Складність вентиляційних мереж шахт визначає можливості підходу до розробки систем автоматизованого контролю та управління провітрюванням (САУП).

Така система може бути централізованою (рис. 1) та включати центральний диспетчерський пункт з управляючою обчислювальною машиною, датчики первинної інформації (Д) і регулюючі органи (РО). Датчики первинної інформації вимірюють значення контрольних параметрів, та передають сигнали на центральний диспетчерський пункт. ПЗ системи керування (рис. 2) опрацьовує отримані дані, визначає витрати повітря, депресії та аеродинамічний опір у гірничих виробітках, а також рівні регулювання цих параметрів у необхідних містах вентиляційної мережі.

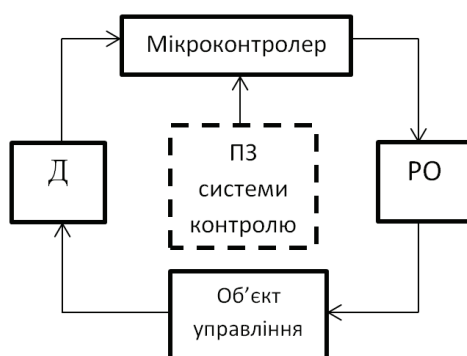


Рисунок 1. Загальна схема централізованої системи



Рисунок 2. Склад ПЗ системи керування

При централізованій САУП у гірничих виробітках може бути розташована відносно проста по конструкції апаратура контролю та управління, а складна по виконанню апаратура обчислювального та управляючого комплексу концентрується на поверхні. Максимально просте виконання елементів апаратури, працюючих під землею приводе к зниженню коштів САУП, збільшує її надійність, спрощує обслуговування.

Незмінна частина системи включає:

- об'єкт управління – шахтну вентиляційну мережу с вентиляторами головного провітрюваннями (ВГП);
- виконавчі пристрої ділянкових та групових регуляторів, а також регуляторів головного провітрювання з відомими характеристиками;
- датчики витрат повітря та концентрації метану у заданих пунктах вентиляційної мережі; слід відмітити, що у деяких схемах провітрювання ділянок метод розв'язування задачі управління зв'язан з містом установки датчиків Q і с. Вважаймо, що параметри датчиків Q і с задані, а місце їх розташування, а також число датчиків у межах схеми провітрювання ділянки можуть змінюватися;
- канал зв'язку; телефоні пари, по котрим аналогові сигнали, поступають в управляючу частину підсистеми.

Системою оперативного контролю здійснюються такі функції:

- збір поточних значень концентрації;
- збереження отриманих статистичних даних;
- надання оператору системи об'єктивної картини процесу;

Система передбачає двох основних режимів роботи:

- режим відображення поточного значення концентрації метану для кожного датчика на даний момент часу;
- режим відображення статистики по одному з датчиків за 30 хвилин;

Перший режим дає можливість контролювати стан системи в цілому. При наблизенні рівня концентрації до небезпечного оператор отримує відповідне повідомлення.

В другому режимі прогнозується розвиток процесу – спад чи підвищення концентрації за даними з одного датчика.

Процес виділення метану є як правило стаціонарним, але на рівень концентрації можуть впливати тимчасові фактори, що спричиняють короткочасний спад або наростання концентрації з подальшим поверненням до початкового рівню.

В даному випадку необхідно здійснювати обробку даних, що надходять, з метою нівелювання даних відхилень.

Ряди динаміки – статистичні дані, що відображають розвиток у часі досліджуваного явища. Їх також називають динамічними рядами, тимчасовими рядами.

Кожний ряд динаміки має два основних елементи: показник часу  $t$ ; відповідні їм рівні розвитку досліджуваного явища  $u$ ;

Рівні рядів динаміки відображають кількісну оцінку(міру) розвитку в часі досліджуваного явища. Вони можуть виражатися абсолютними, відносними чи середніми величинами.

Будь який ряд динаміки теоретично може бути представлений у виді складових:

- тренд – основна тенденція розвитку динамічного ряду (до чи збільшення зниженню його рівнів);
- циклічні (періодичні) коливання, випадкові коливання.

Виключення випадкових коливань значень рівнів ряду здійснюється за допомогою перебування «середніх» значень. Способи усунення випадкових факторів поділяються на двох більше груп:

1. Способи «механічного» згладжування коливань шляхом усереднення значень ряду щодо інших, розташованих поруч, рівнів ряду.
2. Способи «аналітичного» вирівнювання, тобто визначення спочатку вираження тенденції ряду, а потім нових, розрахункових значень ряду.

До методів «механічного» згладжування відносяться:

- Метод усереднення по двох половинах ряду, коли ряд поділяється на дві частини. Потім, розраховуються два значення середніх рівнів ряду, по яких графічно визначається тенденція ряду. Очевидно, що такий тренд не досить повно відбиває основну закономірність розвитку явища.
- Метод укрупнення інтервалів, при якому виробляється збільшення довжини тимчасових проміжків, і розраховуються нові значення рівнів ряду.
- Метод ковзної середньої. Даний метод застосовується для характеристики тенденції розвитку досліджуваної статистичної сукупності і заснований на розрахунку середніх рівнів ряду за визначений період.

Послідовність визначення ковзної середньої:

- встановлюється інтервал чи згладжування число вхідних у нього рівнів. Якщо при розрахунку середньої враховуються три рівні, ковзна середня називається тричленною, п'ять рівнів - п'ятичленною і т.д. Якщо згладжуються дрібні, безладні коливання рівнів у ряді динаміки, то інтервал (число ковзної середньої) збільшують. Якщо хвилі варто зберегти, число членів зменшують.
- обчислюють перший середній рівень по арифметичній простій:

$$y_1 = \frac{Sy_1}{m}, \quad (1)$$

де  $y_1$  – і-тий рівень ряду;  $m$  – порядок ковзної середньої.

- перший рівень відкидають, а в обчислення середньої включають рівень, що йде за останнім рівнем, який бере участь у першому розрахунку. Процес продовжується, поки в розрахунок у буде включений останній рівень досліджуваного ряду динаміки  $y_n$ .
- по ряду динаміки, побудованому із середніх рівнів, виявляють загальну тенденцію розвитку явища.

Негативною стороною використання методу ковзної середньої є утворення зрушень у коливаннях рівнів ряду, обумовлених «ковзанням» інтервалів укрупнення. Згладжування за допомогою ковзною середньої може привести до появи «зворотних» коливань, коли опукла «хвиля» замінюється на увігнуту.

Останнім часом стала розраховуватися адаптивна ковзна середня. Її відмінність полягає в тому, що середнє значення ознаки, що розраховується також як описано вище, відноситься не до середини ряду, а до останнього проміжку часу в інтервалі укрупнення. Причому передбачається, що адаптивна середня залежить від попереднього рівня в меншому ступені, чим від поточного. Тобто, чим більше проміжків часу між рівнем ряду і середнім значенням, тим менший вплив робить значення цього рівня ряду на величину середньої.

Експонентна середня «це адаптивна ковзна середня, розрахована з застосуванням ваг, що залежать від ступеня «далекості» окремих рівнів ряду від середнього значення. Величина ваги убуває в міру видалення рівня по хронологічній прямій від середнього значення відповідно до експонентної функції, тому така середня називається експонентною. На практиці застосовується багаторазове експонентне згладжування ряду динаміки, що використовується для прогнозування розвитку явища.

Більш точним способом відображення тенденції динамічного ряду є аналітичне вирівнювання. У цьому випадку динамічний ряд виражається у виді функції в  $(t)$ , у якій як основний фактор приймається час  $t$ , і зміни аргументу функції визначають розрахункові значення  $ut$ .

Фактичними рівнями ряду динаміки називають вихідні дані про зміну явища, тобто дані, отримані досвідченим шляхом, за допомогою спостереження. Вони позначаються  $y_i$ . Розрахунковими (чи теоретичними) рівнями ряду називають значення, отримані в результаті підстановки в рівняння тренда значень  $t$ , і позначають їх.

Метою аналітичного вирівнювання динамічного ряду є визначення аналітичної чи графічної залежності  $f(t)$ . На практиці по наявному тимчасовому ряді задають вид і знаходять параметри функції  $f(t)$ , а потім аналізують поведінку відхилень від тенденції. Функцію  $f(t)$  вибирають таким

чином, щоб вона давала змістовне пояснення досліджуваного процесу.

Найчастіше при вирівнюванні використовуються наступні залежності:

- лінійна;
- параболічна

$$f(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2;$$

- експонентна

$$f(t) = \exp(a_0 + a_1t)$$

або

$$f(t) = \exp(a_0 + a_1t + a_2t^2)$$

Метою аналітичного вирівнювання є:

- визначення виду функціонального рівняння;
- встановлення параметрів рівняння;
- розрахунок «теоретичних», вирівняних рівнів, що відображають основну тенденцію ряду динаміки.

Ковзні середні є інструментами технічного аналізу, що згладжують коливання досліджуваної величини шляхом усереднення по деякому історичному періоді. Служать для виявлення трендів. Недоліком ковзних середніх є запізнювання усереднених значень стосовно курсу досліджуваної величини. Ковзні середні розрізняються методом усереднення.

- просте ковзне середнє. Simple Moving Average. (SMA).
- зважене ковзне середнє. Weighted Moving Average. (WMA)
- експонентне ковзне середнє. Exponential Moving Average (EMA).
- модифіковане експонентне ковзне середнє. Modified Exponential Moving Average.

Оберемо методи обробки динамічного ряду. Найкращим вибором є метод ковзної середньої та її похідних, так як необхідно тільки виконати згладжування, а не розв'язати задачу прогнозу динаміки. Використання цього методу дає хороший результат при значно меншій кількості операцій ділення та множення, тобто тут має місце значна економія ресурсів машинного часу.

Обробимо послідовність такими методами:

1. Просте ковзне середнє: існує динамічна послідовність  $Q$  з кількістю значень  $n$ . Нова послідовність  $Q_1$  з кількістю значень  $n$ . Маємо порядок ковзного середнього  $f$ . Для розрахунку використаємо формулу:

$$Q_{1i} = \frac{\sum Q_k}{P}, P = \frac{(f-1)}{2}, k \in [i-P; i+P] \quad (2)$$

2. Модифіковане ковзне середнє: існує динамічна послідовність  $Q$  з кількістю значень  $n$ . Нова послідовність  $Q_2$  з кількістю значень  $n$ . Маємо порядок ковзного середнього  $f$ . Для розрахунку використаємо формулу:

$$Q_{2i} = \sqrt{\frac{\sum (Q_k * Q_k)}{P}}, P = \frac{(f-1)}{2}, k \in [i-P; i+P] \quad (3)$$

3. Комбінований метод: існує динамічна послідовність  $Q$  з кількістю значень  $n$ . Розділимо її на рівні групи по  $m$  значень. Обчислимо для кожної групи значення  $Q_z$ , де  $z$  – номер групи.  $Q_z$  обчислюється як:

$$Q_z = \sqrt{\frac{\sum (Q_{zi} * Q_{zi})}{m}} \quad (4)$$

Нова послідовність  $Q_3$  буде формуватися, як множина точок, що лежать на відрізках, які формуються сусідніми опорними точками.

Найкращою мірою точності наближення є середнє квадратичне відхилення отриманого ряду від еталонного ряду.

Середнє квадратичне відхилення розраховується за формулою:

$$V_{mid} = \sqrt{\frac{\sum (Q_i - Q_{ki})^2}{n}}, \quad (5)$$

де  $n$  – кількість елементів ряду (кількість ітерацій);  $Q$  – еталонний ряд;  $Q_k$  – ряд, що був оброблений.

Обробимо ряд значень з похибками за формулами (2) та (3), змінюючи порядок ковзного середнього  $f$ .

Підрахуємо значення середньо-квадратичного відхилення для кожного обчисленого динамічного ряду.

За отриманими даними встановлено, що кращим є метод ковзного середнього, так як при його застосуванні отримуємо найкраще наближення до еталонного динамічного ряду. Мінімальне середньо-квадратичне відхилення ми отримуємо при використанні порядку  $f=5$ .

На рис. 3 зображені діаграми тестового та отриманого за обраним методом згладжування динамічних рядів.

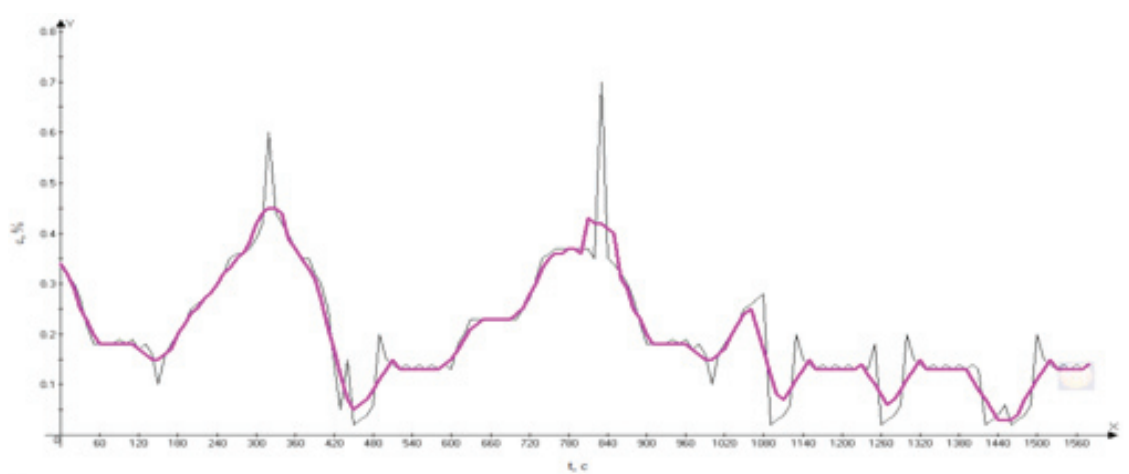


Рисунок 3. Тестовий та отриманий за обраним методом згладжування динамічні ряди.

### Література

- [1] Абрамов Ф.А., Фельдман Л.П., Святний В.А. Моделирование динамических процессов рудничной аерологии. Київ, Наукова думка, 1981.
- [2] Ушаков К. З., Бурчаков А. С., Медведєв І. І. Руднична аерология - М.: Надра, 1978. - 440 с.
- [3] Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. - 2-е вид., Перераб. и доп. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. - 573 с.
- [4] Бахвалов Н.С. Чисельні методи. М.: Наука, 2006. 631 с.