

Як видно з цих рисунків, перехідні процеси у системах з цифровими регуляторами при різних значеннях періоду дискретності фактично повністю збігаються з відповідними процесами у неперервних системах. Такий майже ідеальний збіг показників якості неперервних і цифрових систем у досить широкому діапазоні зміни T_0 пояснюється, насамперед, тим, що досліджувалися системи з цифровими регуляторами, КЧХ яких максимально наближені до КЧХ їх неперервних прототипів, а по-друге, визначенням оптимальних параметрів неперервних і цифрових регуляторів за однаковою методикою. В результаті цього значно розширюються можливості урахування інших факторів, що впливають на попередній вибір конкретного значення T_0 , тобто спрощується проблема параметричного синтезу цифрових АСР загалом.

Наведені вище результати досліджень цифрових АСР при заданих значеннях періоду дискретності та порівняння їх з неперервними системами дають можливість зробити узагальнюючі висновки:

– параметрична оптимізація АСР з неперервними, а також цифровими ПІ- та ПІД-регуляторами при заданому значенні T_0 може бути успішно здійснена за методом багатокритеріального оптимуму із застосуванням сучасних інформаційних технологій;

– у системах з цифровими ПІ - та ПІД-регуляторами у досить широкому діапазоні значень T_0 за умови оптимального вибору інших параметрів може бути забезпечена якість регулювання практично така сама, як і в неперервних системах.

1. Олссон Г., Пиани Д. *Цифровые системы автоматизации и управления.* – СПб. 2001.
2. Изерман Р. *Цифровые системы управления: Пер. с англ* – М., 1984.
3. Острем К., Виттенмарк Б. *Системы управления с ЭВМ.* – М., 1987.
4. *Микропроцессорные системы автоматического регулирования.* – М., 1991.
5. *Микропроцессорные системы автоматического управления / Под ред. В.А. Бесекерского.* – Л., 1988.
6. Ротач В.Я. *Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами.* – М., 1985.
7. Шавров А.В., Солдатов В.В. *Многокритериальное управление в условиях статистической неопределенности.* М. 1990.
8. Kovala I. *Multicriteria Parametric Optimization of Automatic Control Systems with a Digital PID-Algorithms, Materialy III Konferencji III MSKAE'99, Czestochowa-Poraj.* 1999. S. 291 – 292.
9. Ковела І.М. *Обґрунтування оптимальної структури цифрових ПІ-, ПД- та ПІД-алгоритмів // Вісник НУ “Львівська політехніка”. Львів. 2001. № 433. С. 11 – 22.*

УДК 543.274

В.М. Друзюк

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра “Метрологія, стандартизація та сертифікація”

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ МОНІТОРИНГУ ЗА ДОВКІЛЛЯМ

© Друзюк В.М., 2002

Запропоновано методику контролю точності результатів кількісного хімічного аналізу.

The quantative chemical analysis precision checking way is discussed in this paper.

Сучасний стан довкілля свідчить про те, що екологічні проблеми зумовлені двома основними факторами: надмірним використанням природних ресурсів, які зни-

жують продуктивність біосфери, та забрудненням, яке загрожує всьому живому, насамперед людині.

Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” визначає екологічні стандарти та нормативи основним фактором, який поєднує екологічні інтереси і здоров’я людей.

Державні стандарти визначають поняття і терміни, режим використання та охорони природних ресурсів, методи контролю за станом довкілля, вимоги до запобігання шкідливої дії забрудненого довкілля на здоров’я людей та інші питання, які пов’язані з охороною довкілля і використання природних ресурсів.

Відомо, що в Україні виробляється 5% світового обсягу мінеральних ресурсів. Незважаючи на економічну депресію останніх років, кількість забруднень, що припадає на 1 м² площі в Україні, вища в 6,5 раза, ніж у США, і в 3,2 раза, ніж у Європейському Економічному Союзі. Ось чому саме в Україні слід і необхідно вирішувати принципові завдання у системі “навколишнє середовище – здоров’я населення”.*

Стандарти серії ISO 14000, що орієнтовані на управління довкіллям, передбачають екологічний моніторинг. З огляду на чинні нормативні документи сьогодні існує проблема забезпечення єдності вимірювань в Україні кількісних характеристик забруднення. Україна межує з багатьма країнами, тому методики виконання та оцінка результатів вимірювань повинні бути гармонізованими передовсім з країнами-сусідами. Одержані в Україні результати спостереження повинні відповідати певним показникам: точність, відтворюваність та збіжність.

Специфічність кількісного хімічного аналізу як вимірювального процесу, межі застосування певних методів контролю вимагає для оцінки реальної якості всієї сукупності вимірювань, які виконуються аналітичною лабораторією, використовувати різні види контролю: внутрішнього лабораторного контролю, який передбачає оперативний та статистичний контроль точності результатів поточних вимірювань; зовнішнього, формами реалізації якого є пасивний і активний контроль якості роботи лабораторії загалом.

Оцінка алгоритмів контролю точності результатів кількісного хімічного аналізу, що застосовуються в аналітичній практиці, вимагає їх покращання, яке б передбачало розроблення обґрунтованих підходів для забезпечення єдності вимірювань.

Для оцінки характеристик похибки вимірювань у цьому випадку можна скористатися методами статистичної оцінки за вибірковими показниками. Для контролю результатів кількісного хімічного аналізу необхідно використовувати спеціальні засоби – стандартні зразки чи атестовані суміші. Точність атестації цих засобів, їх відповідність вимірюваному об’єкту, структура похибки вимірювань повинні враховуватись при обробці результатів вимірювання.

Статистичний контроль точності вимірювань за кількісною ознакою може бути виконаний за складовими похибки вимірювань: на основі контролю випадкової складової (контроль відтворюваності вимірювань) і контролю систематичної складової (контроль правильності вимірювань, якщо немає основ вважати, що прийнятий вид розподілу похибки змінюється). За кількісною ознакою може бути також здійснений контроль збіжності вимірювань. Контроль правильності вимірювань передбачає використання спеціальних зразків (стандартні зразки чи атестовані суміші), контроль відтворюваності і збіжності може бути виконаний із застосуванням стандартних зразків або робочих проб (тестів).

* Сердюк А.М. Екологічна ситуація в Україні і здоров’я людини: теперішній стан та шляхи профілактики // Журнал Академії медичних наук України. 1997. Т. 3. № 2. С. 218 – 224.

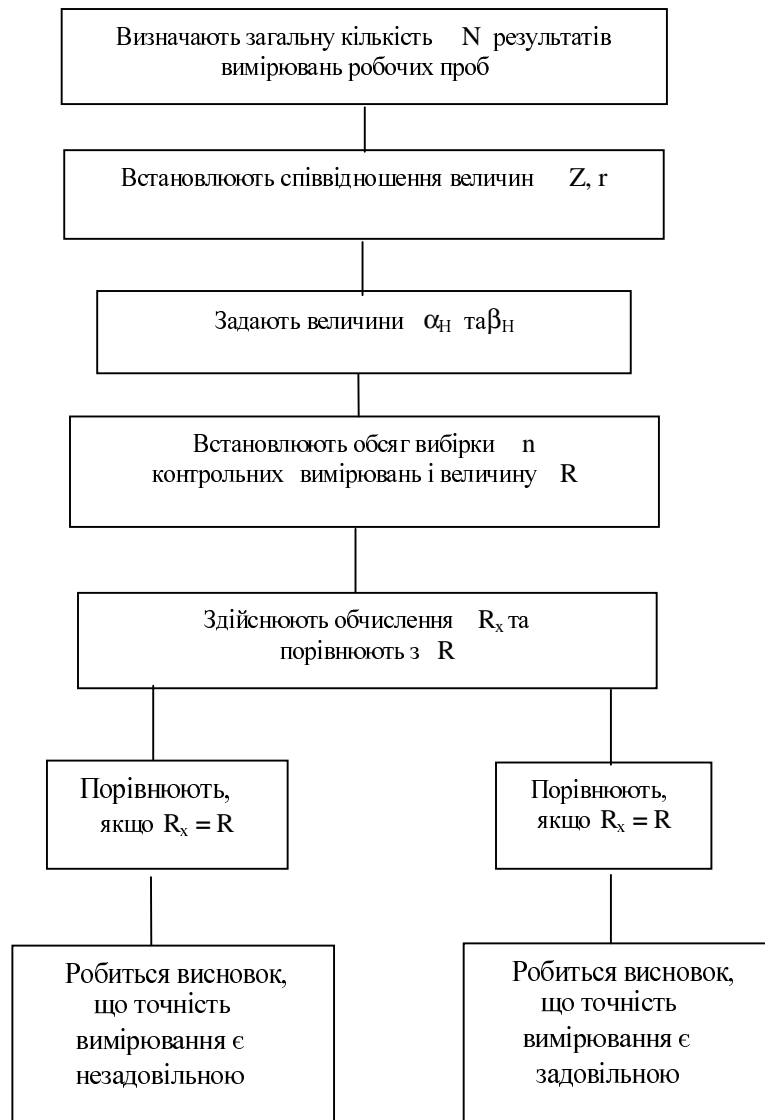


Схема статистичного контролю правильності за кількісною ознакою

Як показано на рисунку, алгоритм контролю правильності має таку послідовність:

1. Визначають загальну кількість N результатів вимірювань робочих проб.

2. Встановлюють відношення, $Z = \frac{\Delta_c}{\sigma(\Delta)}$, яке характеризує структуру похибки вимірювань, і $r = \frac{\Delta_{c.n}}{\Delta_c}$, яке характеризує запас точності методу виконання вимірювань відносно потрібної.

3. Задають величини достовірності статистичного контролю α та β .

4. Встановлюють об'єм вибірки контрольних вимірювань n і норматив статистичного контролю – приймальне число Z .

Об'єм вибірки n ($n \leq N$) і норматив контролю знаходять, розв'язуючи систему рівнянь:

$$\alpha = F(-Z' + k') + F(-Z' - k'); \quad (2)$$

$$1 - \beta = F(-Z' + k) + F(-Z' - k), \quad (3)$$

де

$$Z' = \frac{Z}{\sigma(\Delta)/\sqrt{n}}; \quad k = \frac{\Delta_{C,H}}{\sigma(\Delta)/\sqrt{n}}; \quad k' = \frac{\Delta_C}{\sigma(\Delta)/\sqrt{n}} \quad (4)$$

$F(\cdot)$ – функція нормального розподілу.

5. За контрольний проміжок часу здійснюють паралельно з робочими вимірюваннями контрольні вимірювання атестованого значення контрольного зразка. На основі результатів всіх контрольних вимірювань у вибірці обчислюють середній результат \bar{X}

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n \quad (5)$$

та знаходять його відхилення від атестованого значення k контрольного зразка

$$Z_k = |\bar{X} - k|. \quad (6)$$

6. Порівнюють одержане значення Z_k з нормативом контролю правильності Z . Якщо $Z_k \leq Z$, то правильність результатів контрольних вимірювань, а також правильність результатів робочих вимірювань, що виконані за контрольний проміжок часу, визнають задовільними. В іншому випадку вважається, що результати вимірювань не задовольняють вимог. В цьому випадку виявляють причини і вживають заходи для їх усунення.

При порівняно малих систематичних похибках $Z \leq 0,8$ їх достовірний контроль (α і β достатньо малі) вимагає достатньо великих вибірок і жорстких нормативів, тому затрати на контроль можуть бути більшими, ніж одержаний ефект. В подібних випадках, очевидно, доцільно обмежитися оперативним контролем точності вимірювань, доповнюючи його статистичним контролем відтворюваності за кількісною ознакою.

Для контролю відтворюваності вимірювань за кількісною ознакою також передбачають формування вибірки n контрольних вимірювань від кількості N результатів вимірювань робочих проб за контрольний період (можна використовувати результати контрольних вимірювань, що одержані при статистичному контролі правильності). Обчислюють оцінку СКВ результатів контрольних вимірювань:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}. \quad (7)$$

Одержане значення порівнюють з нормативом статистичного контролю – приймальним числом B . Якщо $S < B$, то відтворюваність результатів контрольних, а також робочих вимірювань, що виконані за контрольний період, визнають задовільною. Якщо $S > B$, відтворюваність робочих вимірювань не відповідає потрібній, через це усувають причини, що зумовили підвищений випадковий розкид результатів робочих вимірювань.

Об'єм вибірки n і приймальне число B встановлюють, розв'язуючи систему рівнянь (якщо $n \leq 0.1N$).

$$\begin{cases} F_m(H) - \beta = 0 \\ F_m(r^2 H) - 1 + \alpha = 0 \end{cases}, \quad (8)$$

де

$$H = \frac{B^2(n-1)}{\sigma^2(\Delta)_H}; \quad r = \frac{\sigma(\Delta)_H}{\sigma(\Delta)}. \quad (9)$$

Результати, одержані за цією системою рівнянь, показують, що норматив контролю збільшується із збільшенням об'єму вибірки. При великих об'ємах вибірки збільшується приймальне число, тобто полегшується забезпечення потрібного значення β . Чим більше значення g , тим вища для одних і тих самих значень n достовірність контролю. Чим менший запас з точністю, тим більші об'єми вибірки потрібні для забезпечення тих самих значень α та β .

Наприклад, при $g = 1.2$ для забезпечення $\alpha = 20\%$ необхідна вибірка $n = 100$, водночас при $g = 2,5$ достатньою є вибірка із п'яти пар контрольних вимірювань ($n = 5$). При одному і тому самому об'ємі вибірки і заданому значенні β навіть значне зменшення запасу точності приводить до значного зростання α (так, для $n = 30$ зміна g від 1,7 до 1,4 приводить до зміни α з 0,5 до 20%).

Якщо при контролі характеристик систематичної та випадкової складової були дотримані умови $Z_k \leq Z$ та $S \leq B$, то роблять висновок, що робочі вимірювання виконані з допустимою похибкою.

Якщо результати контрольних вимірювань одержують як середні значення з n паралельних визначень, то поряд з контролем точності вимірювань може бути здійснений контроль збіжності.

Тоді на основі всіх результатів контрольних вимірювань обчислюють середній розкид \bar{R}_k результатів паралельних визначень:

$$\bar{R}_k = \frac{\sum_{i=1}^n d_{ki}}{n}, \quad (10)$$

де d_{ki} – максимальний розкид результатів паралельних визначень для кожного контрольного вимірювання.

Одержане значення \bar{R}_k порівнюють з нормативом контролю збіжності \bar{R} . При $\bar{R}_k \cdot \leq \cdot R$ збіжність результатів контрольних, а також робочих вимірювань за контрольний період визнають задовільною. В цьому випадку можна не виконувати паралельних вимірювань для робочих проб, тим більше, якщо виконується співвідношення:

$$\frac{\sigma(\Delta)}{\sigma_{ck}} \cdot \geq \cdot 1.5. \quad (11)$$

Якщо $\bar{R}_k \cdot > \cdot R$ то усувають причину незадовільної збіжності вимірювань.

Об'єм вибірки n і приймальне число \bar{R} підставляють, розв'язуючи таку систему рівнянь:

$$\begin{cases} Ft(H') - \beta = 0 \\ Ft(r'^2 H') - 1 + \alpha = 0 \end{cases}, \quad (12)$$

де

$$t = n \cdot m; \quad H' = \left(\frac{\bar{R}}{v} \right)^2 [n(m-1)] / \sigma_{CKH}; \quad r' = \sigma_{CKH} / \sigma_{CK}; \quad (13)$$

m – кількість паралельних визначень $d_k = X_{\max} - X_{\min}$.

Коефіцієнт v залежить від m і при значеннях m , що дорівнюють 2, 3, 4, 5, буде мати відповідне значення 1,13; 1,69; 2,06; 2,33.

Наведені вище рекомендації дадуть можливість забезпечувати потрібну точність результатів кількісного хімічного аналізу.