

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**АНАЛІТИЧНІ ЕКОЛОГІЧНІ
ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ**

Монографія

**20-річчю кафедри наукових, аналітичних
та екологічних приладів і систем
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»
присвячується**

УНІВЕРСУМ-Вінниця
2009

УДК 502.2.502.3

А 64

Автори:

В. А. Порєв, О. А. Дашковський, Я. Л. Миндюк, В. П. Приміський

Рекомендовано до видання Вченою радою приладобудівного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» (протокол № 11/08 від 24.11.2008 р.)

Рецензенти:

В. О. Стороженко, доктор технічних наук, професор

А. А. Зорі, доктор технічних наук, професор

А 64 Аналітичні екологічні прилади та системи. — Монографія. / Під заг. ред. В. А. Порєва. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. — 336 с.

ISBN 978-966-641-289-1

В монографії узагальнено і систематизовано матеріали, присвячені розробкам та особливостям використання аналітичних приладів та систем, орієнтованих на вирішення екологічних задач.

Наведено матеріали стосовно потенційних можливостей аналітичних приладів та систем, розглянуто особливості будови і функціонування сучасних аналітичних приладів, подано необхідні теоретичні відомості та деякі прикладні аспекти з наголосом на тих моментах, що є визначальними для забезпечення їх ефективного використання.

Книга розрахована на інженерів та наукових працівників, які займаються проблемами аналітичних вимірювань, розробкою та експлуатацією засобів екологічного моніторингу, а також на студентів та аспірантів приладобудівних спеціальностей.

УДК 502.2.502.3

ISBN 978-966-641-289-1

© В. Порєв, О. Дашковський, Я. Миндюк, В. Приміський, 2009

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ	13
1.1. Загальні поняття.....	13
1.2. Узагальнена структурна схема АЕПС	17
1.3. Основні характеристики	19
1.3.1. Статична характеристика.....	19
1.3.2. Динамічні характеристики АЕПС.....	20
1.4. Похибки перетворень при аналізі параметрів суміші.....	23
1.5. Література до розділу	31
РОЗДІЛ 2. Теплові методи і засоби аналізу	33
2.1. Термокондуктометричні газоаналізатори.....	33
2.1.1. Термокондуктометричні газоаналізатори з електричною компенсацією	41
2.2. Термохімічні газоаналізатори	46
2.2.1. Термосорбційні газоаналізатори	50
2.3. Література до розділу	52
РОЗДІЛ 3. МАГНІТНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ АНАЛІЗУ	53
3.1. Теоретичні основи застосування магнітних методів аналізу	53
3.2. Магнітомеханічні газоаналізатори.....	56
3.3. Магнітоєфузійні газоаналізатори.....	58
3.4. Термомагнітні газоаналізатори	60
3.5. Магнітні газоаналізатори, що базуються на вимірюванні в'язкості і теплопровідності кисню в магнітному полі	64
3.6. Література до розділу.....	67
РОЗДІЛ 4. АДСОРБЦІЙНІ ЯВИЩА І ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В АНАЛІТИЧНИХ ПРИЛАДАХ.....	68
4.1. Фізичні основи адсорбції.....	68
4.2. Напівпровідникові адсорбційні аналітичні прилади	70
4.3. Література до розділу	74
РОЗДІЛ 5. АБСОРБЦІЙНИЙ ОПТИЧНИЙ МЕТОД І ЗАСОБИ АНАЛІЗУ	76
5.1. Теоретичні основи оптичного абсорбційного методу аналізу	76
5.2. Характеристика спектрів поглинання речовин	80

5.3.	Абсорбційні аналітичні прилади.....	84
5.3.1.	Загальна характеристика абсорбційних аналітичних приладів.....	84
5.3.2.	Схемні рішення абсорбційних аналітичних приладів....	86
5.4.	Застосування абсорбційних аналітичних приладів.....	96
5.4.1.	Інфрачервоний газоаналізатор 102ФА01М	96
5.4.2.	Аналітичний спектральний комплекс 306АС 01	97
5.4.3.	Автоматичний аналізатор двоокису вуглецю 122ФА01С	99
5.5.	Література до розділу	99
РОЗДІЛ 6. ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ АНАЛІЗУ		
6.1.	Фізичні основи люмінесцентного методу аналізу	104
6.2.	Схемні рішення люмінесцентних аналітичних приладів	108
6.2.1.	Люмінесцентний газоаналізатор 667 ФФ	110
6.2.2.	Люмінесцентний газоаналізатор 151 ФФ	113
6.3.	Застосування хемілюмінесцентних методів аналізу	115
6.4.	Основні вузли люмінесцентних аналізаторів	124
6.5.	Література до розділу	126
РОЗДІЛ 7. ХРОМАТОГРАФІЧНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ АНАЛІЗУ		
7.1.	Класифікація методів хроматографічного газового аналізу	131
7.2.	Схемні рішення хроматографічних аналізаторів	135
7.3.	Основні елементи і вузли хроматографічних аналізаторів	139
7.3.1.	Джерела постійного потоку	139
7.3.2.	Хроматографічні колонки	143
7.3.3.	Дозатори	146
7.3.4.	Детектори	150
7.4.	Література до розділу	163
РОЗДІЛ 8. ТЕЛЕВІЗІЙНІ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ		
8.1.	Телевізійні системи екологічного моніторингу	165
8.2.	Оптична система ТСЕМ	167
8.3.	Світлоелектричний перетворювач	170
8.3.1.	Прилади із зарядовим зв'язком	170
8.3.2.	Піроелектричний відікон	175
8.4.	Формування та перетворення сигналу	176

8.5.	Нерівномірність чутливості.....	181
8.6.	Діапазон лінійності	184
8.7.	Потенційні можливості телевізійних засобів вимірювання	184
8.8.	Телевізійна система екологічного моніторингу атмосфери.....	187
8.9.	Література до розділу	190
РОЗДІЛ 9. ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ АНАЛІЗУ		192
9.1.	Кондуктометричний метод аналізу.....	192
9.2.	Особливості схемних рішень кондуктометричних електрохімічних приладів	198
9.2.1.	Аналізатор "Іонолюкс".....	198
9.2.2.	Аналізатор "Мікрогаз"	200
9.2.3.	Аналізатор Пфундта.....	202
9.2.4.	Прилади для вимірювання концентрації розчиненого у воді кисню	203
9.2.5.	Аналізатор сірчистого газу	205
9.2.6.	Кондуктометричні електрохімічні аналізатори рідин .	206
9.2.7.	Низькочастотний безелектродний кондуктометр	207
9.3.	Потенціометричний метод аналізу	208
9.3.1.	Особливості схемних рішень потенціометричних електрохімічних приладів	213
9.3.2.	Індикаторні електроди для вимірювання рН.....	214
9.3.3.	Електроди порівняння для вимірювання рН	219
9.4.	Аналізатори, що працюють за методом потенціометричного титрування	222
9.5.	Робочі електроди потенціометричних аналізаторів рідин	224
9.6.	Метрологічні аспекти вимірювання рН.....	228
9.6.1.	Стандартні розчини.....	228
9.6.2.	Калібрування електрода по одній точці при вимірюванні рН водних розчинів	229
9.6.3.	Спосіб інтерполяції по двом точкам при вимірюванні рН водних розчинів	230
9.7.	Полярографічний метод аналізу.....	231
9.8.	Особливості схемних рішень полярографічних електрохімічних приладів	234
9.8.1.	Ртутні крапельні електроди	236

9.8.2. Електролітичні комірки	240
9.9. Застосування електрохімічних полярографічних аналізаторів	242
9.9.1. Полярографічний аналізатор концентрації іонів цинку	242
9.9.2. Полярографічний аналізатор концентрації кисню в повітрі	243
9.10. Література до розділу	244
РОЗДІЛ 10. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ГАЗОАНАЛІТИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ	247
10.1. Класифікація методів підвищення точності газоаналітичних вимірювань	247
10.2. Структурні методи на основі терії інваріантності	253
10.3. Схеми первинних вимірювальних перетворювачів	257
10.3.1. Одно і двоканальні схеми первинних вимірювальних перетворювачів	258
10.4. Схеми первинних вимірювальних перетворювачів з каналом для передачі дестабілізуючого чинника	263
10.5. Література до розділу	264
РОЗДІЛ 11. ГАЗОАНАЛІТИЧНІ СИСТЕМИ, КОМПЛЕКСИ ТА АВТОМАТИЧНІ СТАНЦІЇ	265
11.1. Вимірювання концентрацій багатокомпонентних газових сумішей за допомогою газоаналітичних систем	265
11.2. Послідовно-паралельні схеми побудови ГАС	267
11.3. Паралельна схема побудови ГАС.	275
11.4. Паралельні ГАС з аналоговою схемою обробки вимірювальних сигналів	277
11.5. Технологічно — екологічні газоаналітичні комплекси	281
11.6. Система екологічного моніторингу коксохімічного виробництва	297
11.7. Газоаналітичний комплекс відпрацьованих газів автомобілів	304
11.8. Автоматична стаціонарна станція “АТМОСФЕРА-10” ..	312
11.9. Регіональні системи екологічного моніторингу	317
11.9.1. Система моніторингу довкілля міста Києва	322
11.10. Література до розділу	327
ПІСЛЯМОВА	331
ДОДАТОК	331

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЕПС	— аналітичні екологічні прилади і системи
ВАС	— вимірювальна аналітична система
ВП	— вимірювальний перетворювач
ПВП	— первинний вимірювальний перетворювач
ВВП	— вторинний вимірювальний перетворювач
ЗЗВ	— зразковий засіб вимірювання
ОВ	— об'єкт вимірювання
ПЗ	— пробозабірник
ЛТ	— лінія транспортування проби
СПП	— система підготовки проби
СУП	— система утилізації проби
СВІ	— система відображення інформації
ПЕ	— перетворювальний елемент
ЗПЕ	— зворотній перетворювальний елемент
ТКГ	— термокондуктометричний газоаналізатор
ГА	— газоаналізатор
ГС	— газова суміш
ПГС	— повірочні газові суміші
ДГ	— допоміжний газ
БЖ	— блок живлення
БЧЕ	— блок чутливих елементів
ПТ	— перетворювач температури
ТС	— термостат
ВС	— вимірювальна схема
ПД	— перемикач діапазонів
ПКН	— пристрій компенсації дрейфу нуля
НП	— нормуючий підсилювач
РП	— пристрій реєстрації
ТК	— трьохходовий клапан
ЧЕ	— чутливий елемент

ТХГ — термохімічний газоаналізатор
ММГ— магнітомеханічний газоаналізатор
ТМГ — термомагнітний газоаналізатор
ІЧ — інфрачервоний
УФ — ультрафіолетовий
НПЧЕ— напівпровідникові чутливі елементи
ПУ — пристрій утилізації
СФ — світлофільтр
ОСВ — оптична система випромінювача
ОСФ— оптична система фотоприймального каналу
ДВ — джерело випромінювання
ПП — попередній підсилювач
ФК — фотоприймальний канал
БОВІ— блок обробки вимірювальної інформації
ФЕП — фотопомножувач
ПК — плата керування
МС — модуль спряження
КП — кроспанель
СУ — світлоуловлювач
ПФД— полум'яно-фотометричний детектор
ТСЕМ— телевізійна система екологічного моніторингу
СЕР — світлоелектричний перетворювач
ПЗЗ — прилад із зарядовим зв'язком
ПЕШ— подвійний електричний шар

ВСТУП

На сьогодні уже не викликане заперечень теза про те, що техногенна цивілізація здійснила руйнівний вплив на біосферу планети і стала загрожувати не тільки здоров'ю людей, але й самому існуванню людства. Людська цивілізація вступила в такий етап розвитку, коли її доля вирішується не тільки і не стільки науково-технічним прогресом, а усвідомленням екологічних парадигм.

В той же час саме в рамках техногенної цивілізації були створені ефективні методи і засоби діагностики стану довкілля та прогнозування негативних наслідків дії багатьох чинників.

Розвиток хімічної, нафтогазопереробної, вугільної, металургійної галузей промисловості, транспортних засобів, а також поява нових технологій, пов'язаних з переробкою газів, рідин і твердих речовин в складних умовах (високі температури, вологість, тиск), призводить до зростання викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище, отже, до погіршення екологічного стану довкілля.

Ефективний контроль за викидом шкідливих речовин неможливо уявити без аналітичних вимірювань, які базуються на застосуванні новітніх знань з фізики, хімії, вимірювальної техніки.

При цьому технічні засоби-аналітичні прилади та системи, що здійснюють аналітичні вимірювання як для забезпечення заданих параметрів технологічного процесу, так і для своєчасного виявлення небезпечних для людини концентрацій-повинні мати високі метрологічні характеристики.

Перелік шкідливих антропогенних речовин налічує сьогодні десятки тисяч найменувань і катастрофічно зростає. Однак, головну роль в забрудненні довкілля відіграє досить обмежена кількість речовин.

По-перше, це газові викиди (сірчаний газ, оксиди азоту, вуглецю, фреон, аміак).

По-друге, пил, сажа, аерозолі та парогазові фракції.

Зрозуміло, що більшість сучасних аналітичних засобів призначена для вимірювання концентрацій саме цих речовин. Вказані прилади характеризуються широким діапазоном призначень та великим розмаїттям технічних і споживчих характеристик, оскільки різноманітність об'єктів та умов контролю, вимог до діапазону та до точності вимірювань — практично виключають можливість створення універсальної методології.

Отже, задачі створення ефективних методів та технічних засобів для екологічного моніторингу завжди залишатимуться актуальними.

В даній роботі вперше у вітчизняній літературі зроблено спробу узагальнити та систематизувати матеріали, присвячені розробкам та особливостям використання аналітичних приладів та систем, орієнтованих на вирішення екологічних задач. Наведено узагальнені матеріали стосовно потенційних можливостей аналітичних приладів та систем, розглянуто будову і функціонування сучасних аналітичних приладів, подано необхідні теоретичні відомості та деякі прикладні аспекти з наголосом на тих моментах, що є визначальними для забезпечення їх ефективного використання.

Екологічний моніторинг включає неперервний контроль змін вибраних параметрів екосистеми, їх співставлення і порівняння із значеннями, які вважаються сприятливими для еволюційного розвитку, а також накопичення цих даних.

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.

В 1972 р. на Стокгольмській міжнародній конференції ООН з проблем охорони довкілля проблема екологічного моніторингу вийшла на глобальний рівень. На міжнародному рівні було вперше декларовано, що кризові ситуації в екологічній сфері не є тимчасовими, вони зростають і ставлять перед людством критичні питання.

Зрозуміло, що саме технічним засобам екологічного моніторингу належить основна роль у визначенні антропогенного впливу на довкілля.

Тому об'єктивною тенденцією сучасного етапу розвитку екології є перенесення акцентів від загальних, моральних, етичних та інших, безумовно, важливих складових екологічних проблем на питання створення ефективних технічних засобів діагностики. Це і зрозуміло, оскільки ефективність екологічного моніторингу в цілому та правомірність законодавчих і управлінських рішень обумовлюються саме технічними характеристиками засобів екологічного моніторингу (точністю, стабільністю, довговічністю, економічністю тощо).

В монографії аналітичне екологічне приладобудування розглядається як самостійна галузь екологічної науки, а структура, задачі та роль сучасного аналітичного екологічного приладобудування висвітлюються з врахуванням положень концепції екологічної освіти України.

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.

Книга розрахована на інженерів та наукових працівників, які займаються проблемами аналітичних вимірювань, розробкою та експлуатацією засобів екологічного моніторингу, а також на студентів та аспірантів приладобудівних спеціальностей.

В монографії узагальнено і систематизовано теоретичний доробок і практичний досвід авторів, а також використані матеріали лекцій з навчальних дисциплін “Аналітичні екологічні прилади та системи”, “Прилади вимірювання параметрів довкілля”, “Комп’ютеризований технолого-екологічний моніторинг”, які викладаються на приладобудівному факультеті Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

1.1. Загальні поняття

При проведенні екологічного моніторингу доквілля застосовують фізичні, фізико-хімічні і хімічні методи аналізу.

Фізичні методи аналізу базуються на вимірюванні фізичних величин, які притаманні речовині, що аналізується, наприклад, вимірювання густини, в'язкості, теплопровідності, магнітної сприйнятливості, показника заломлення, коефіцієнта поглинання тощо.

Фізико-хімічні базуються на хімічних перетвореннях речовини і вимірюванні фізичних величин, що супроводжують ці перетворення, наприклад, температури або інтенсивності випромінювання і т.п.

Хімічні базуються на хімічних перетвореннях і вимірюванні складу речовин (кількісний аналіз), або отриманні інформації про те, з яких речовин складається об'єкт, що досліджується (якісний аналіз).

Селективні методи аналізу базуються на використанні фізичного явища або хімічної реакції, яка однозначно залежить від концентрації в суміші компонента, що визначається (групи компонентів одного класу).

Інтегральні методи аналізу базуються на визначенні відмінності в фізико-хімічних властивостях компонентів суміші.

Аналіз параметрів різноманітних речовин здійснюється за допомогою засобів вимірювання-аналітичних екологічних приладів і систем (АЕПС), серед яких розрізняють автоматичні, напівавтоматичні аналізатори та індикатори.

В табл. 1.1 наведена загальна класифікація АЕПС по методу аналізу і принципу дії.

Аналізатор-вимірювальний прилад, вимірювальна система, призначені для аналізу складу або властивостей речовини, яка аналізується.

Автоматичний аналізатор-засіб вимірювання, в якому всі операції здійснюються автоматично (відбір проби, її аналіз, фіксація результатів аналізу і утилізація проби, що пройшла аналіз).

Таблиця 1.1 — Класифікація АЕПС по методу аналізу та принципу дії

Метод аналізу	Принцип дії	Придатність для аналізу	
		газів	рідин
Фізичний	Механічний	+	+
	Дифузійний	+	—
	Акустичний	+	+
	Тепловий	+	+
	Магнітний	+	—
	Оптичний	+	+
	Радіоактивний	+	+
	Радіоспектрометричний	+	+
	Іонізаційний	+	+
	Діелькометричний	—	+
	Хроматографічний	+	+
	Масс-спектрометричний	+	+
Фізико-хімічні	Електрохімічний	+	+
	Термохімічний	+	+
	Емісійний	+	+
	Хемілюмінесцентний	+	—
Хімічний	Титрометричний	—	+
	Об'ємний	+	+
	Манометричний	+	—
	Комбінований	+	+

Напівавтоматичний аналізатор-засіб вимірювання, в якому автоматично здійснюється більша частина операцій аналізу (наприклад, не автоматизовані операції вводу і виводу проби).

Індикатор (визначник, сигналізатор) — аналізатор, що виробляє інформацію про якісний склад речовини, яка аналізується (наприклад, про наявність або відсутність деякого компонента; про досягнення певного значення концентрації речовини).

Вимірювальний прилад-засіб вимірювання, що призначений для вироблення сигналу вимірювальної інформації в формі, яка доступна для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

Вимірювальна аналітична система (ВАС)-сукупність засобів вимірювання (мір, вимірювальних аналітичних приладів, вимірювальних перетворювачів) і допоміжних пристроїв, з'єднаних між собою каналами зв'язку, що призначена для вироблення сигналу вимірювальної інформації в формі, яка зручна для автоматичної обробки, передачі і (або) використання в автоматичних системах керування. ВАС використовується в наукових дослідженнях, при проведенні контролю якості і в метрологічних установах для визначення метрологічних характеристик засобів вимірювання.

Вимірювальний перетворювач (ВП)-засіб вимірювання, що призначений для вироблення сигналу вимірювальної інформації в формі, яка зручна для передачі, подальшого перетворення, обробки і (або) зберігання.

В аналітичних екологічних приладах і системах використовуються:

первинний вимірювальний перетворювач (ПВП)—вимірювальний перетворювач, до якого підведена величина, що вимірюється (перший в вимірювальному колі);

вторинний вимірювальний перетворювач (ВВП)-вимірювальний перетворювач, що стоїть в вимірювальному колі за ПВП;

зразковий засіб вимірювання (ЗЗВ)-міра, вимірювальний прилад, вимірювальний перетворювач, що використовується для

півірки по ньому інших (як робочих, так і зразкових меншої точності) засобів вимірювання і затверджений як зразковий.

АЕПС, призначені для аналізу газоподібних середовищ-газоаналізатори-є найбільш поширеною групою аналізаторів, вони першими стали застосовуватися для контролю горіння в промислових котлах.

Кожний із АЕПС призначений для аналізу параметрів конкретної суміші газової або рідкої.

Газова суміш-суміш газів, яка подається на аналіз в АЕПС.

Рідина, що аналізується-суміш розчинених в рідині речовин, яка подається на аналіз в АЕПС.

Бінарна суміш — суміш газів, або рідин, що складається із 2-х компонентів. Аналіз бінарної суміші можливий за умов, що компоненти її відрізняються один від другого якими-небудь фізичними або фізико-хімічними властивостями.

Багатокомпонентна суміш-суміш газів або рідин, яка складається із 3-х і більше компонентів.

Псевдобінарна суміш-багатокомпонентна суміш, в якій наявні компоненти суттєво відрізняються по фізичним або фізико-хімічним властивостям від компонента, який визначається. Аналіз псевдобінарної суміші аналогічний аналізу бінарної суміші.

Якісний склад суміші дає інформацію про те які компоненти входять в суміш.

Кількісний склад суміші-дає інформацію про кількість цих компонентів, що входять в суміш. Кількісний склад характеризується концентрацією (вмістом) окремих компонентів.

Концентрація-значення, яке показує відносну кількість визначаємого компонента в суміші. Розрізняють масову концентрацію C_m , об'ємну концентрацію C і мольну концентрацію, або молярну C_m , які визначаються як відношення маси, об'єму, або кількості речовини даного компонента відповідно до маси, об'єму або кількості речовини всієї суміші.

Масова концентрація задається числом грамів речовини в 1л, числом грамів речовини в 1м³, числом міліграмів речовини в 1л, або в 1м³, числом грамів речовини в 100г суміші. Малі масові концентрації іноді задаються в гамма

$$I_{\text{гамма}} = \frac{I}{1000} \text{мг} = 10^{-6} \text{г} ; \quad I \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} = I \frac{\text{г}}{\text{л}} \text{амма}$$

Об'ємна концентрація задається числом мілілітрів речовини в 100 мл суміші, числом мілілітрів речовини в 1л, числом мілілітрів речовини в 1м³.

Малі об'ємні концентрації задаються в ppm (parts per million)-мільйонні доли

$$I_{\text{ppm}} = \frac{I}{1000000} = 10^{-4} \% \text{ об.}$$

Дуже малі концентрації визначаються в мільярдних долях-ppb (parts per billion)

$$I_{\text{ppb}} = \frac{I}{1000000000} = \frac{I}{10^9} = 10^{-7} \% \text{ об.}$$

1.2. Узагальнена структурна схема АЕПС

Узагальнена структурна схема АЕПС представлена на рис.1.1.

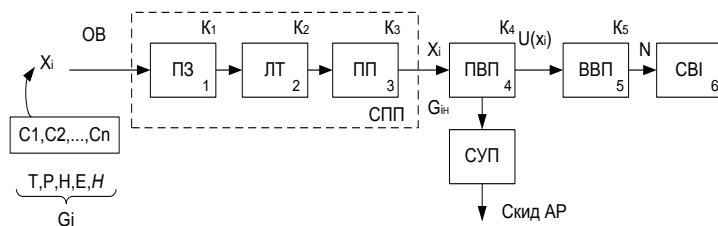


Рис. 1.1 — Узагальнена структурна схема АЕПС. ОБ-об'єкт вимірювання; ПЗ-пробозабірник; ЛТ-лінія транспортування проби; ПП-пробопідготовка; СПП-система підготовки проби; ПВП-первинний вимірювальний перетворювач; ВВП-вторинний

вимірювальний перетворювач; СУП-система утилізації проби; АР-аналізуєма речовина; СВІ-система відображення інформації.

X_i - C_1, C_2, \dots, C_n -вхідний параметр-концентрації компонентів аналізованого ОВ, K_1, K_2, \dots, K_5 -коефіцієнти перетворення блоків АЕПС, N -вихідний сигнал АЕПС; G_i -неінформативні параметри.

ОВ є суміші газів, або рідин, які характеризуються параметром X_i -концентрацією компонентів суміші $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$, крім того, ОВ характеризується неінформативними параметрами: температурою T , яка може бути в діапазоні від 1000 0С до -200 0С; тиском P , який може бути в діапазоні від 20 МПа до 1 Па; вологістю $\chi = (20 \dots 100)\%$.

СПП призначена для забору, транспортування і підготовки АР, а також подачі її на вхід ПВП. ПЗ-здійснює забір проби з параметрами X_i, G_i ; ЛТ-здійснює транспортування проби від міста забору до входу ПП; ПП здійснює підготовку проби, при цьому фільтрується небажані компоненти (пил, вологість, шкідливі речовини), стабілізуються параметри на рівні оптимальних).

СУП-здійснює утилізацію АР, що проаналізована, при цьому шкідливі компоненти АР нейтралізуються і після того АР іде на скид в атмосферу або в каналізацію.

ПВП є основною ланкою АЕПС. В ПВП здійснюється перетворення інформативного параметру X_i в сигнал вимірювальної інформації для подальшого перетворення у ВВП.

У ВВП здійснюється підсилення сигналів, корекція адитивних і мультиплікативних похибок, корекція, або врахування похибки від неселективності ПВП, лінеарізація функції перетворення, переключення або автоматичний вибір діапазону вимірювання.

У ВВП застосовуються спеціалізовані мікропроцесорні пристрої, а також мініЕОМ.

Вихідний сигнал з ВВП подаються у СВІ, де він відображається на цифровому табло або дисплеї.

1.3. Основні характеристики

1.3.1. Статична характеристика

Режим роботи АЕПС, при якому значення вхідного X і вихідного Y сигналів не змінюються, називається статичним (стаціонарним) режимом.

Статична характеристика АЕПС-залежність інформативного вихідного сигналу параметру від інформативного параметру його вхідного сигналу в статичному режимі.

Статична характеристика описується в загальному вигляді нелінійним рівнянням (рівнянням перетворення)

$$Y = f(x) \quad (1.1)$$

Якщо АЕПС градуйована в одиницях, що відрізняються від одиниці вимірюємої величини, то статичну характеристику називають функцією перетворення.

Для вимірювальних приладів іноді статичну характеристику називають характеристикою шкали.

Для визначення статичної характеристики проводять комплекс експериментальних робіт по градуюванню, тому для засобів вимірювання застосовують поняття градуювальна характеристика.

Градуювальна характеристика засобу вимірювання-залежність між значенням величини на виході і вході засобу вимірювання, яка задається у вигляді формули, графіка, або таблиці.

На практиці статичну характеристику засобу вимірювання намагаються звести до лінійної, хоча це реалізується в загальному випадку з певною похибкою.

Крім статичної характеристики для визначення метрологічних властивостей АЕПС використовують такі поняття: діапазон показань, діапазон вимірювань нижньої X_n , U_n і

верхньої Хв, Ув границь вимірювань. Верхня границя вимірювань-найбільше значення діапазону вимірювань. Нижня границя вимірювань-найменше значення діапазона вимірювань.

Діапазон показань-область значень шкали, що обмежена кінцевим і початковим значенням шкали.

Діапазон вимірювань (робоча частина шкали)-область значень вимірюваної величини (на шкалі приладу), для якої нормовані метрологічні характеристики (Хв-Хн; Ув-Ун). В деяких випадках ці діапазони співпадають.

Діапазон вимірювань часто називають робочим діапазоном перетворення.

Для кількісної оцінки впливу на вихідний сигнал АЕПС вхідного сигналу в довільній точці статичної характеристики служить чутливість-відношення зміни сигналу на виході АЕПС до зміни вимірювальної величини

$$S = \lim_{\Delta X \rightarrow \infty} \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{dY}{dX} \quad (1.2)$$

Якщо статична характеристика є лінійною, то

$$Y = KX, \quad (1.3)$$

де К-коефіцієнт перетворення.

Поріг чутливості (поріг реагування) АЕПС-найменша зміна вхідного сигналу ΔX_{\min} , що викликає зміну вихідного сигналу ΔY_{\min} , який надійно реєструється.

1.3.2. Динамічні характеристики АЕПС

Режим роботи АЕПС, при якому значення вихідного У і вхідного Х сигналів змінюються в часі, називають динамічним (нестационарним).

Наявність інерційних елементів в АЕПС приводить до того, що в динамічному режимі миттєве значення вихідного сигналу АЕПС залежить не тільки від миттєвого значення вхідного сигналу, але і від змін цього сигналу, тобто від першого, другого і більш високих порядків похідних.

- створити єдиний інформаційно-аналітичний центр КМДА, що
- передбачено рішенням Київради;
- забезпечити надходження оперативної інформації про стан повітря вздовж автомагістралей (ПОКК-1) до ЦКП АСКД ДАІ і подальше керування дорожнім рухом автотранспорту;
- оснастити усі наявні ПСЗ м. Києва автоматичними ГА, установити
- нові ПСЗ в районах міста, де вони відсутні, і забезпечити безперервну передачу даних від ПОКК-2 до ЦГО, ЦОМ і КМДА;
- встановити на великих паливоспалюючих об'єктах м. Києва (ТЕЦ,
- ТЕС, промислові підприємства) комплекси ЕК-1 та ТК-1, які забезпечать оптимізацію процесів спалювання органічного палива та екологічний моніторинг викидів в атмосферу токсичних газів з передачею даних від ПОКК-3 до ЦОМ і КМДА;
- —встановити на хімічнонебезпечних підприємствах м. Києва системи

контролю, оповіщення та попередження техногенних катастроф з трьохрівневим контролем і передачею даних в КМДА для прийняття оперативних управлінських рішень.

11.10. Література до розділу

1. Щербань А.Н. Примаков А.В., Копейкин В.И. Автоматизированные системы контроля запыленности воздуха. — К.: Техника, 1978. — 158 с.
2. Дашковский А.А., Раллев И.Н., Микитченко В.Ф. Автоматизированные системы газового анализа для АСУТП. — М.—1983.—49с. (Обзор информ./ЦНИТЭИприборостроения.ТС-4; Вып.4)
3. Приміський В.П. Багатоканальний газоаналітичний комплекс для оптимізації процесу горіння і екологічного моніторингу

- сміттєспалювального виробництва// Вісник НТУУ “КПІ” Приладобудування К.— 2002.—№ 24.—С. 93-98.
4. Дашковський О.А., Ворбйов С.С., Нагородний А.О.,Приміський В.П.,
 5. Шаталов М.Г. Багатоканальний газоаналітичний технологічний комплекс. Патент України № 58419А. Опубл. 2003—Бюл.№7.
 6. Бородавка В.П., Дашковський О.А., Воробйов С.С., Нагородний А.О., Приміський В.П., Цвєлих Ю.М., Шаталов М.Г. Еколого-технологічний газоаналітичний комплекс. Патент України № 64586. Опубл. 2003.—Бюл.№2.
 7. Приміський В.Ф. Еколого-технологічна комп’ютеризована газоаналітична система контролю промислових об’єктів // Технологические системы. К.:— 2003.— №3.—С. 84-91.
 8. Максименко Ю. Н., Цвєлых Ю. М. Система контролю вибросов токсичных газов на теплоэлектростанции//Вопросы приборостроения. — 2006.—№ 6.—С. 24-27.
 9. Приміський В.Ф. Инструментальный контроль дымовых газов // Экотехнологии и ресурсосбережение., Институт газа НАНУ, К.:—2004, — № 1—С.57- 70.
 10. Безрук З.Д., Визнюк А.А., Приміський В.П. Створення систем технолого- екологічного моніторингу забруднення атмосфери // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. К.:— 2004.—№ 2.—С. 66-71.
 11. Приміський В.П. Багатоканальний газоаналітичний комплекс для оптимізації процесу горіння і екологічного моніторингу сміттєспалювального виробництва // Вісник НТУУ “КПІ” “Приладобудування К.—2002.— № 24, С. 93-98.
 12. Безрук З.Д., Порєв В.А., Приміський В.П. Экспериментальные исследования выбросов мусоросжигательного производства //Восточно-европейский журнал передовых технологий. Харьков.—2005.—4/2 (16).—С. 150-154.

13. Безрук З.Д., Дашковский А.А. Порев В.А. Примиский В.Ф. Перспективы использования аналитических приборов в мусоро-сжигательном производстве // Тезисы доклада международной НТК « Метрологічне забезпечення фізико-хімічних та оптико-фізичних вимірювань –ХІММЕТ-2005» .— К.—2005.—С.38-40.
14. Василенко В.С., Гончар В.М., Кривоший В.І., Цокало В,Ф.. Стаціонарний цирконієвий аналізатор кисню у димових газах// Вісник НТУУ “КПІ” “Приладобудування К.— 2004.— № 28.— С.64-70.
15. Визнюк А.А., Примиский В.Ф. Компьютерные технологии в многоканальных инфракрасных газоанализаторах эколого-технологического мониторинга // Экотехнологии и ресурсосбережения (Институт газа НАНУ). —К.: —2000.— №2.—С.77-81
16. Богданов В.В, А.А. Візнюк, В.П. Приміський, Чемерис І.В. Багатоканальний автоматизований інфрачервоний газоаналізатор. Патент України № 65504. Опубл. Бюл. —№6, 2005.
17. Богданов В.В., Приміський В.П., Чемерис І.В. Багатоканальний інфрачервоний газоаналізатор. Патент України № 72629, Опубл. Бюл. —№3, 2005.
18. Богданов В.В., Приміський В.П., Чемерис І.В. Автоматичний інфрачервоний газоаналізатор. Патент України № 72630. Опубл. Бюл. —№3, 2005.
19. Бородавка В.П., Візнюк А.А., Приміський В.П., Юрова Є.С. Організація системного інтерфейсу комплексу екологічного моніторингу промислових підприємств // Вісник НТУУ “КПІ” “Приладобудування К.— 2004.— № 28.—С.85-90.
20. Безрук З.Д., Порев В.А, Приміський В.П. Вимірювальний газо-аналітичний комплекс паливно-мастильних матеріалів // Вісник НТУУ “КПІ” “Приладобудування К.— 2006.— № 31.— С.63- 69.

21. Приміський В.П. Сучасні засоби інструментального контролю (газоаналізатори і газоаналітичні системи) відпрацьованих газів автомобілів // Автошляховик України К.:—2003.—Окремий випуск. Жовтень.—С. 53-57.
22. Нещадін С.І., Маресова Т.А., Приміський В.П. Вимірювальний комплекс екологічного контролю вуглеводнів у викидах автотранспорту // Електроника и связь. Научно-технический сборник. Тематический выпуск. Проблемы электроники. Часть2. НТУУ КПИ.— К.:— 2007.— С.89-92.
23. Грабар В.Я., Мазира Л.Д., Міхеєва І.Л. Орлов М.О., Автоматичний стаціонарний пост спостереження за забрудненням атмосферного повітря „Атмосфера—10”// Вісник НТУУ “КПІ”, серія Приладобудування. — 2006. № 31. —С.57—63.
24. Приміський В.Ф., Федченко Е.А., Шаталов М.Г., Сурін Р.Н. Система екологічного моніторингу коксохімічного виробництва // Екологія и промышленность. Харьков:— 2007. —№3.—С.75-80.
25. Міхеєва І.Л., Орлов М.О., Трокоз В.А. Система моніторингу довкілля м. Києва // Вісник НТУУ “КПІ” “Приладобудування К.—2004.— № 28, С. 37-46.
26. Положення про Державну систему моніторингу довкілля. Постанова КМУ від 30.03.1998 р. — №391, м. Київ.
27. Михеева И.Л., Куринный В.К., Таякин В.Ю., Мазыра Л.Д. Автоматические газоанализаторы загрязнения атмосферного воздуха// Технология и конструирование в электронной аппаратуре.—2003.-№1.-С. 28-31.

Наукове видання

Порєв Володимир Андрійович
Дашковський Олександр Анастасійович
Миндюк Ярослав Леонович
Приміський Владислав Пилипович

**АНАЛІТИЧНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ
ТА СИСТЕМИ**

Монографія

Книга видана в авторській редакції
Оригінал-макет підготовлено Г. В. Порєвим
Дизайн обкладинки — М. О. Петербургська

Видавництво ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця»
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25. 12. 2001 р.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114
тел. (0432) 59-85-32

Підписано до друку 18.03.2009 р.
Формат 29,7 x 421/4. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 19,4.
Наклад 100 прим. Зам. № 2009-064.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25. 12. 2001 р.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114
тел. (0432) 59-81-59