

11. Romanov, A. S. Gas/Oil Reservoir Pressure Maintenance by Way of Gas Injection (Russian) [Electronic resource] / A. S. Romanov, E. F. Zolnikova // SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition, 28–30 October 2008, Moscow, Russia. — Society of Petroleum Engineers (SPE), 2008. — Available at: \www/URL: <http://doi.org/10.2118/117426-ru>
12. Romanov, A. S. Maintenance of Reservoir Pressure In Gas And Oil Deposit By Gas Injection [Electronic resource] / A. S. Romanov, E. F. Zolnikova // SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition, 28–30 October 2008, Moscow, Russia. — Society of Petroleum Engineers (SPE), 2008. — Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.2118/117426-ms>

ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГОПЛАСТОВЫХ ГАЗОХРАНИЛИЩ (НА ПРИМЕРЕ ПРОЛЕТАРСКОГО)

В данной статье проведен анализ работы многопластового подземного хранилища газа, на основании которого собран практический материал. Полученные данные положены в основу разработки методики расчета технологических показателей эксплуатации многопластовых газохранилищ во время закачки и отбора газа.

Для расчета технологических параметров эксплуатации и их динамики в процессе нагнетания (отбора) газа отобраны следующие данные: максимальное пластовое давление, минимальное пластовое давление, максимально допустимая депрессия.

Ключевые слова: пластовое давление, коэффициенты фильтрационных сопротивлений, депрессия, суточный отбор газа, суммарный дебит пластов.

Тимків Дмитро Федорович, доктор технічних наук, професор, кафедра інформатики, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна.

Заець Віктор Олександрович, кандидат технічних наук, НАК «Нафтогаз України», Київ, Україна, e-mail: zalis35@i.ua.

Костів Ярослава Василівна, аспірант, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна.

Тымкив Дмитрий Федорович, доктор технических наук, профессор, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина.

Заец Виктор Александрович, кандидат технических наук, НАК «Нафтогаз Украины», Киев, Украина.

Костив Ярослава Васильевна, аспирант, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина.

Tymkiv Dmitry, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine.

Zaets Victor, National Joint-Stock Company «Naftogaz of Ukraine», Kyiv, Ukraine, e-mail: zalis35@i.ua.

Kostiv Yaroslava, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

УДК 543.082

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.71766

Корнієнко Д. Г.

ВДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРНИХ СХЕМ ПОБУДОВИ ОПТИЧНИХ ВИМІРЮВАЧІВ ПИЛУ

Представлена класифікація методів вимірювання пилу: фотометричний, трибоелектричний, індукційний, ультразвуковий, електродинамічний, гравіметричний. Розглянуто структурні схеми оптичних пиломірів одноканальних, двоканальних, стаціонарних переносних, особливості застосування, технічні характеристики. Обґрунтовано вибір структурної побудови пиломіра залежно від діапазону концентрації пилу. Запропоновано застосування інваріантних схем побудови вимірювачів пилу: гравіметричних і оптичних з застосуванням фізичних еквівалентів.

Ключові слова: пил, частинка, пиломір, повітря, метод, детектор, вимірювач, оптика, фотометр, гравіметрія.

1. Вступ

Основним компонентом, як організованих, так і не організованих джерел викидів димових труб у промисловості і енергетиці є пил. Пил — тверді суспендовані частинки — це узагальнена назва широкого кола речовин, що надходять у повітря при технологічних виробничих процесах в шахтах, цементних заводах, нафтопереробці, елеваторах, деревообробних комбінатах, сміттєспалюванні, металообробці, перевалці сипучих вантажів і т. д. Більшість видів пилу виникає в результаті процесів, пов'язаних з обробкою матеріалів (різання, шліфування і т. п.), їх сортуванням та транспортуванням (навантаження, розвантаження і т. п.). Залежно від матеріалу, з якого пил утворений, він може бути органічний та неорганічний. У свою

чергу органічний пил буває рослинного (деревина, бавовна, борошно, тютюн, чай і т. д.) і тваринного (вовна, кістки та і ін.) походження. Неорганічний пил підрозділяється на мінеральний (кварцевий, цементний та ін.) і металевий (сталь, чавун, мідь, алюміній). Пил приводить до погіршення здоров'я населення, виводить з ладу технологічне обладнання, приводить до виникнення вибухонебезпечних ситуацій. Викиди пилу жорстко нормуються, як для конкретних технологічних виробництв, так і діють ГДК пилу в атмосферному повітрі [1]. Відповідно за наявності нормативів, необхідний постійний контроль пилу у викидах промислових підприємств і атмосферному повітрі інструментальними засобами контролю — вимірювачами пилу (пиломірами), що і обґрунтовує актуальність проведеного дослідження.

2. Аналіз літературних даних та постановка задачі

На даний час існує декілька основних методів вимірювання пилу: гравіметричний, радіоізотопний, індукційний, трибоелектричний, ультразвуковий, оптичний [2–4].

Оптичний метод є найефективнішим для безперервного автоматичного контролю концентрації пилу як в атмосфері, так і у димових газах промислових підприємств без попереднього відбору [5–7]. Метод заснований на ослабленні світла за рахунок його поглинання і розсіяння при проходженні через досліджуване пило-газове середовище. В свою чергу оптичний метод вимірювання пилу поділяється на нефелометричний і турбідиметричний методи.

Турбідиметричний і нефелометричний методи засновані на ослабленні інтенсивності світла при його проходженні через полідисперсні середовища. До таких відносяться пило-газове середовище, суспензії найдрібніших частинок в розчиннику (колоїдні розчинники, суспензії). Ослаблення світла обумовлене поглинанням і розсіюванням світла зваженими частинками [2].

При турбідиметричному аналізі вимірюють інтенсивність світла I_n , що виходить з кювети в напрямку падаючого пучка, а під час нефелометричного аналізу інтенсивність розсіяного світла I_p в напрямку, перпендикулярному напрямленню первинного пучка I_0 (рис. 1).

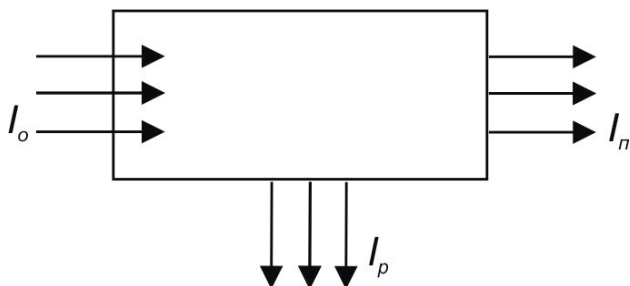


Рис. 1. Схема вимірювання світлових потоків при нефелометрії і турбідиметрії: I_0 — інтенсивність первинного світлового пучка; I_n — інтенсивність світла, що виходить з вимірювальної кювети; I_p — інтенсивність розсіяного світла

Головною перевагою цих методів є можливість визначення малих концентрацій (до $4 \cdot 10^{-9}$ г) речовини у зразку. У полідисперсних середовищах для закону поглинання (закон Бугера-Ламберта-Бера) на додаток до істинного коефіцієнта поглинання k_λ , додається коефіцієнт k'_λ , що відповідає за розсіювання:

$$I_\lambda = I_{0\lambda} \exp[-(k_\lambda + k'_\lambda)LC], \quad (1)$$

де C — концентрація компонента, що поглинається; L — товщина шару досліджуваної речовини.

Контроль на основі явища пропускання електромагнітних хвиль здійснюється на основі вимірювання величини каламутності:

$$E_\lambda = \lg(I_{0\lambda}/I_{n\lambda}),$$

де $I_{0\lambda}$ — інтенсивність зондуючого випромінювання; $I_{n\lambda}$ — інтенсивність випромінювання, що пройшло на

певній довжині хвилі. Значення E_λ визначається за формулою:

$$E_\lambda = k \frac{CLd^3}{d^4 + \gamma\lambda^4}, \quad E_\lambda = k \frac{CLd^2}{d^4 + \gamma\lambda^4}, \quad (2)$$

де C — концентрація поглинаючих частинок; L — товщина поглинаючого шару; d — середній діаметр поглинаючих частинок; λ — довжина хвилі падаючого світла; γ — коефіцієнт, що характеризує природу досліджуваного середовища; k — коефіцієнт, що характеризує конструкцію приладу.

У тих випадках, коли $\lambda = \text{const}$, $k = \text{const}$, $\gamma = \text{const}$, вираз для значення запиленості набуває наступного вигляду:

$$E = KLC, \quad (3)$$

де K — коефіцієнт запиленості середовища (коефіцієнт пропускання).

Однією з важливих характеристик оптичних пиломірів є стабільність коефіцієнта передачі первинного вимірювального перетворювача, який покладений в основу роботи пиломіра. Нестабільність коефіцієнта перетворення (ПВП), внаслідок важких умов експлуатації пиломірів: температури до $600\text{--}700$ °С, вологості до $90\text{--}100$ %, вібрації, магнітних і електричних полів, старіння електронних і забруднення оптичних елементів схеми пиломірів, джерела випромінювання і фотоприймача, призводить до збільшення похибки вимірювань, втрати чутливості. У більшості досліджень по стабілізації коефіцієнта перетворення ПВП пиломірів увага приділяється конструктивно-технологічним методам. Питання структурно-схемного вирішення стабілізації коефіцієнта перетворення ПВП досліджені локально і вибірково.

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — газопилові потоки у викидах енергетичних підприємств.

Мета дослідження — підвищення точності вимірювання концентрації пилу та зменшення похибки вимірювання за рахунок інваріантних схем побудови оптичних пиломірів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Проаналізувати методи вимірювання пилу.
2. Дослідити структурні схеми оптичних пиломірів, особливості їх застосування, технічні характеристики.
3. Обґрунтувати вибір структурної побудови пиломіра залежно від діапазону концентрації пилу.
4. Розробити інваріантні оптичні схеми оптичних вимірювачів пилу.

4. Аналіз структурних схем існуючих оптичних пиломірів

Існуючі оптичні схеми можна поділити на два типи: однопроменеві і двопробеневі [8–10]. Структурна схема типового однопроменевого оптичного пиломіра приведена на рис. 2 [10].

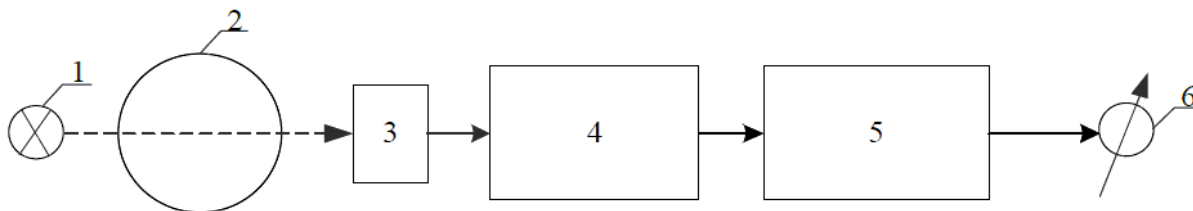


Рис. 2. Структурна схема однопроменевого оптичного пиломіра: 1 — джерело випромінювання; 2 — газохід; 3 — фотоприймач; 4 — підсилювач; 5 — нормуючий перетворювач; 6 — вихідний прилад

Однопроменеві схеми. Світловий потік від джерела 1 проходить через газохід (димову трубу) 2 з пилогазовим потоком, поглинається пиловим середовищем і фіксується фотоприймачем 3. Вихідний сигнал потрапляє на підсилювач 4, нормуючий перетворювач 5 і вихідний прилад 6. Похибка перетворення ΔD вимірюваної оптичної щільності пилогазового середовища у вихідний сигнал визначається за формулою:

$$\Delta D = 0,43 \cdot (\Delta S_u / S_u + \Delta_0 / S_u \cdot 10^{-D}), \quad (4)$$

де ΔS_u , S_u — коефіцієнт перетворення вимірювальної системи і величина його сумарної нестабільності; Δ_0 — зміщення нуля приладу.

На рис. 3 наведена схема конструктивного виконання однопроменевого оптичного пиломіра [8, 9].

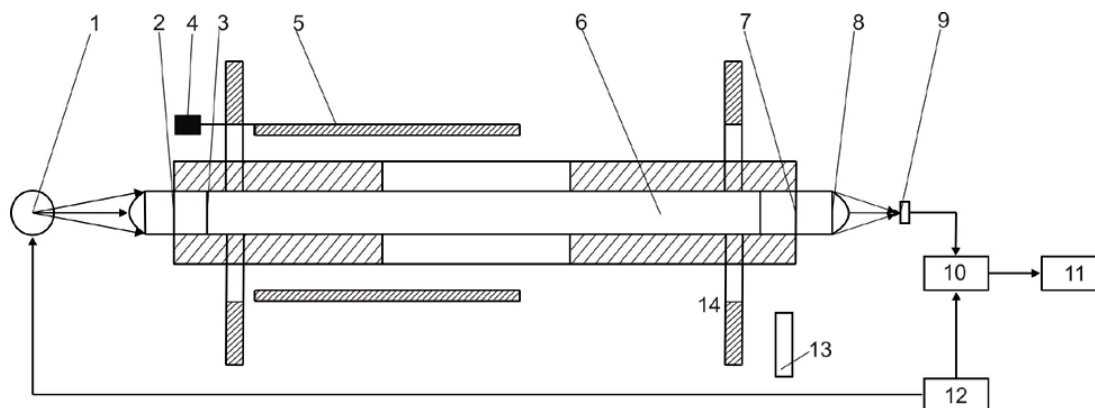


Рис. 3. Оптична схема однопроменевого пиломіра: 1 — джерело випромінювання; 2, 8 — лінзи; 3, 7 — захисні вікна; 4 — рухливий механізм; 5 — розсувні вікна; 6 — вимірювальна камера; 9 — випромінювання фотодетектор; 10 — підсилювач; 11 — пристрій запису; 12 — джерело живлення; 13 — екран; 14 — газохід

Джерело світла 1 і лінзи для формування світлового потоку 2 розташовані на одній стороні газоходу, а лінза 8 і приймач 9 — на іншій стороні. Зазвичай зона вимірювання концентрації пилу не обмежується нічим, щоб виключити спотворення пилогазового потоку. Тим не менш, особливо в однопроменевих оптичних пиломірах, вимірювальна камера 6 іноді використовується для збереження відповідності між джерелом світла і приймачем. Конструктивно камера являє собою трубку з поздовжніми прорізами, яку встановлюють в газохіді 14 поперечного перерізу. У торці камери розташовані захисні вікна 3, 7. Світло, що проходить через потік пилу газового середовища послаблюється і фіксується фотоприймачем 9, який включений в систему збалансованого підсилювача 10. Вихідний сигнал від підсилювача надходить на записуючий пристрій 11 джерела світла і підсилювач живляться від стабілізованого джерела

живлення 12. Можливість перевірки нульової точки пиломіра передбачено, за допомогою механізму 4, вікна 5 перекривають прорізи в вимірювальній камері і припиняється подача пилогазової проби. Екран 13 призначений для перевірки кінцевої точки шкали приладу. Показання цього приладу залежить від складу димових газів (особливо CO_2 і H_2O) і дисперсності середовища. Однопроменеві пиломіри прості по своїй конструкції, але вони мають значну похибку вимірювань, викликану нестабільністю коефіцієнта перетворення ПВП внаслідок складних умов експлуатації.

Двопроменеві пиломіри. У двопроменевих оптичних пиломірах похибка вимірювання, викликана нестабільністю напруги живлення і старінням елементів значно менше, вони характеризуються більш високою стабільністю нульової точки. Принципи роботи двопроменевих пиломірів з оптичною компенсацією, яка працює за

принципом вимірювання коефіцієнта пропускання, розглядається в роботах [2, 11]. Приклад такого приладу є система FM-56, яка виробляється компанією «Egwin Sick GmbH» (Німеччина). Ця система дозволяє виміряти концентрацію пилу в межах $0-20 \text{ мг/м}^3$, і $20-100 \text{ мг/м}^3$ з похибкою 20 %.

Двоканальний пиломір, що працює за принципом вимірювання коефіцієнта пропускання, — турбідиметр — представлений на рис. 4 [2]. Пучок світла певної інтенсивності проходить від джерела 1 через об'єктив 2 і пило газований потік 3 і відбивається від дзеркала 4 в протилежному напрямку.

Таким чином, світловий потік проходить двічі через середовище тим самим збільшуючи оптичний шлях променя і чутливий приладу. Під час проходження через пилове середовище інтенсивність світла слабшає. Лінза 5 фокусує світловий потік, що проходить на фотоприймач 9.

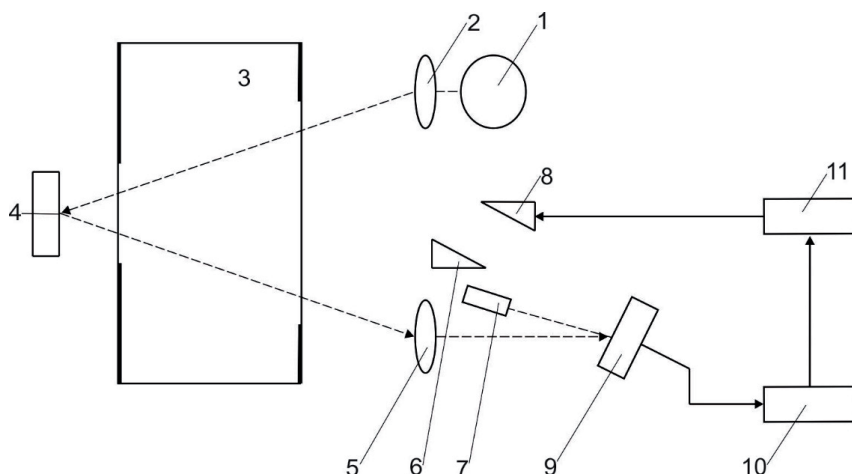


Рис. 4. Схема двоканального турбідиметра: 1 — джерело випромінювання; 2 — лінза; 3 — пилогазовий потік; 4 — дзеркало; 5 — лінза; 6 — клин для установки нуля; 7 — дзеркало; 8 — компенсація клина; 9 — фотодетектор; 10 — телеметрична система; 11 — реверсивний двигун

У каналі порівняння відбувається порівняння вихідного променя і променя, який повернувся і визначається значенням коефіцієнта пропускання. Канал порівняння має наступний принцип роботи: світло від загального джерела через компенсаційний клин 8 клин установки нуля 6. Потім світло спрямовується і дзеркалом 7 на фотодетектор 9. Світлові потоки вимірювальний і порівняльний по чергово модулюються частотою 50 Гц. На виході фотоприймача 9 виникає сигнал дисбалансу світлових потоків, який надходить до реверсивному двигуна 11, пов'язаного з компенсаційним клином 8 через телеметричну системи 10. Клин переміщується до повного вирівнювання світлових потоків в обох каналах.

Інтенсивність розсіяної радіації може змінюватися в широкому діапазоні в залежності від величини відношення між розмірами частинок і довжини хвилі зондуючого випромінювання і залежить від дисперсного складу середовища (функція розподілу частинок за розмірами) і форми частинок. Форма частинок може бути різною — від ниткоподібних частинок до симетричних кристалів. Розсіяння світла в оптично неоднорідних середовищах з розмірами неоднорідності, малими у порівнянні з довжиною світлової хвилі і заломлення значень, що відрізняються від вартості заломлення навколишнього середовища, описується рівнянням Релея:

$$I_{p\lambda} = I_{0\lambda} \left[\frac{n_1^2 - n^2}{n^2} \cdot \frac{NV^2}{\lambda^4 R^2} (1 + \cos^2 \beta) \right], \quad (5)$$

де $I_{p\lambda}$ — інтенсивність розсіяного випромінювання; $I_{0\lambda}$ — інтенсивність зондуючого випромінювання; n_1 і n — параметри заломлення частинок і середовища відповідно; N — число розсіяних частинок; V — об'єм розсіюючої частинки; λ — довжина хвилі падаючого світла; R — відстань до приймача випромінювання; β — кут між падаючим і розсіяним світловими пучками.

Однопроменеві оптичні схеми характеризуються більш простою оптичною схемою, конструкцією первинного вимірювального перетворювача і електричною схемою, мають ряд похибок, зумовленої нестабільністю напруги живлення, а також старінням джерела світла і фотоприймача. Ці недоліки обмежують сферу застосування однопроменевих пілометрів тому значно ускладнюють конструкцію пілометрів.

У двопробних оптичних схемах похибка вимірювання, викликана нестабільністю напруги живлення і старінням елементів значно менше, також вони характеризуються більш високою стабільністю нульової точки. Серед двопробних схем найкращі умови зменшення похибок забезпечуються в оптичних двопробних приладах з оптичною компенсацією. Двопробні оптичні прилади компенсаційного типу характеризуються досить складною оптичною схемою в порівнянні з приладами некомбінаційного типу. При зміні малих концентрацій застосування двопробних оптичних схем компенсаційного типу замість двопробних схем некомпенсаційного типу не дає збільшення точності вимірювання і тому використання їх недоцільне. Виходячи з цього найкращими є двопробні оптичні схеми некомпенсаційного типу.

5. Вдосконалені оптичні схеми інваріантних пілометрів

Для стабілізації коефіцієнта передачі ПВП оптичного пілометра розроблені дві нові структурні схеми інваріантних оптичних вимірювачів пилу [12, 13]. На рис. 5 наведена функціональна схема двоканального пілометра.

Оптичний пілометр на рис. 5 працює наступним чином:

Вимірювальна камера 1 розміщується у димовій трубі, перпендикулярно руху димового газу з концентрацією пилу X_1 . Вимірювальна камера 1 виконана у вигляді металевого циліндру, який має поздовжні отвори, симетрично розташовані один навпроти одного. Саме через ці отвори і проходить безперешкодно димовий газ промислового підприємств з концентрацією пилу X_1 . В торцях вимірювальної камери розташовано джерело випромінювання 2, світловий потік від якого у видимій частині спектру, за допомогою лінзи 3 перетворюється в паралельний потік світла, який поглинається пилом з концентрацією X_1 в димовій трубі. Ослаблений світловий потік пропорційний концентрації X_1 надходить на перший фотоприймач 5. На виході першого фотоприймача 5 формується сигнал: $Y_1 = K \cdot X_1$, де K — коефіцієнт перетворення оптичного пілометра.

Одночасно світловий потік від джерела випромінювання надходить на калібрувальний оптичний фільтр 4, з фіксованим попередньо визначеним і метрологічно підтвердженим рівнем затемнення X_0 . Конструктивно калібрувальний оптичний фільтр 4 має у поперечному перерізі форму півкола і встановлений посередині вимірювальної камери 3, перпендикулярно напрямку світлового потоку від джерела випромінювання 2. Навпроти калібрувального оптичного фільтру 2, у торці вимірювальної камери 1, симетрично змонтовано другий фотоприймач 6. На виході другого фотоприймача 6 формується сигнал ослаблення світлового потоку $Y_2 = K(X_0 + X_1)$, що проходить у вимірювальній камері 3 послідовно: джерело випромінювання 1, димовий газ з концентрацією пилу X_1 , оптичний калібрувальний фільтр 4 з фіксованим рівнем затемнення X_0 .

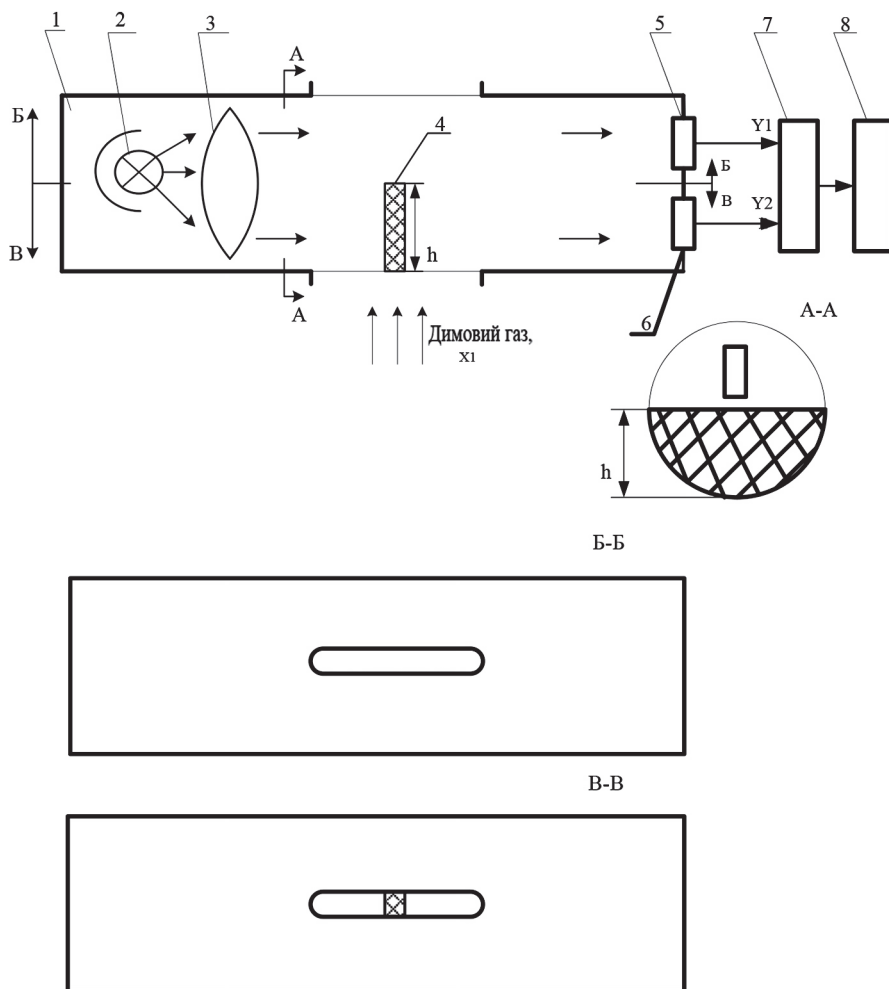


Рис. 5. Функціональна схема оптичного двоканального пиломіра: 1 — вимірювальна камера; 2 — джерело випромінювання; 3 — фокусуюча лінза; 4 — калібрувальний оптичний фільтр; 5 — перший фотоприймач; 6 — другий фотоприймач; 7 — обчислювальний пристрій; 8 — реєструючий цифровий індикатор

Таким чином, у вимірювальній камері 1 оптичного пиломіра, одночасно формується два різних ослаблених сигнали Y_1 і Y_2 , один з яких: Y_1 є функцією перетворення концентрації пилу X_1 , що вимірюється, а другий: Y_2 , сумарною функцією перетворення концентрації пилу X_1 і оптичного калібрувального фільтра 4, з фіксованим рівнем затемнення X_0 .

Сигнали Y_1 і Y_2 надходять до обчислювального пристрою 7, де вирішується система рівнянь:

$$\begin{cases} Y_1 = KX_1, \\ Y_2 = K(X_0 + X_1), \end{cases} \quad (6)$$

відносно визначення концентрації пилу X_1 :

$$X_1 = \frac{Y_1 X_0}{Y_2 - Y_1}. \quad (7)$$

Визначене значення X_1 виводиться на цифровий індикатор 8.

При визначенні концентрації X_1 по формулі (7) відхилення коефіцієнта перетворення K оптичного пиломіра

від номінального значення, внаслідок дії доквілля, токсичного пилу, парів луг і кислот у димовому газі, старіння джерела випромінювання і фотоприймачів, забруднення оптичних елементів схеми компенсується. Запропонований спосіб забезпечує інваріантність (незалежність) вимірювання X_1 від дестабілізуючих факторів. При вимірюванні пилу у димових, високо-токсичних і радіоактивних газах запропонованим способом відхилення коефіцієнта перетворення K від номінального значення не приводять до похибки вимірювання. При цьому зміна коефіцієнта перетворення пиломіра внаслідок старіння джерела випромінювання інших дестабілізуючих чинників: температура, тиск, волога, радіоактивність, токсичність, компенсуються за рахунок використання калібрувального оптичного фільтра та алгоритму обробки результатів вимірювання підвищується точність, зменшується похибка вимірювання.

6. Одноканальний двотактний оптичний пиломір

Вдосконалена схема одноканального, двотактного оптичного пиломіра наведена на рис. 6 [14, 15].

Оптичний вимірювач пилу працює у два такти вимірювання наступним чином:

У першому такті вимірювання перед початком роботи, за допомогою поворотної вісі 4, калібрувальний фільтр 5 займає положення паралельно світловому потоку (рис. 5, а).

Вимірювальна камера 1 розміщується у димовій трубі, перпендикулярно руху димового газу з концентрацією пилу X_1 . Світловий потік від джерела випромінювання 2, в видимій частині спектру, за допомогою лінзи 3 перетворюється в паралельний потік світла, який поглинається пилом з концентрацією X_1 в димовій трубі. Ослаблений світловий потік пропорційний концентрації X_1 надходить на фотоприймач 6. На виході фотоприймача 6 формується сигнал: $Y_1 = K \cdot X_1$, де K — коефіцієнт перетворення оптичного пиломіра. Сигнал Y_1 надходить до обчислювального пристрою 7.

У другому такті вимірювання за допомогою поворотної вісі 4 калібрувальний фільтр 5 займає положення перпендикулярно напрямку світлового потоку від джерела випромінювання 2 (рис. 5, б). На виході фотоприймача 6 формується сигнал ослаблення світлового потоку:

$$Y_2 = K(X_0 + X_1),$$

що проходить у вимірювальній камері 3 послідовно: джерело випромінювання 1, димовий газ з концентрацією пилу X_1 , оптичний калібрувальний фільтр 5 з фіксованим рівнем затемнення X_0 .

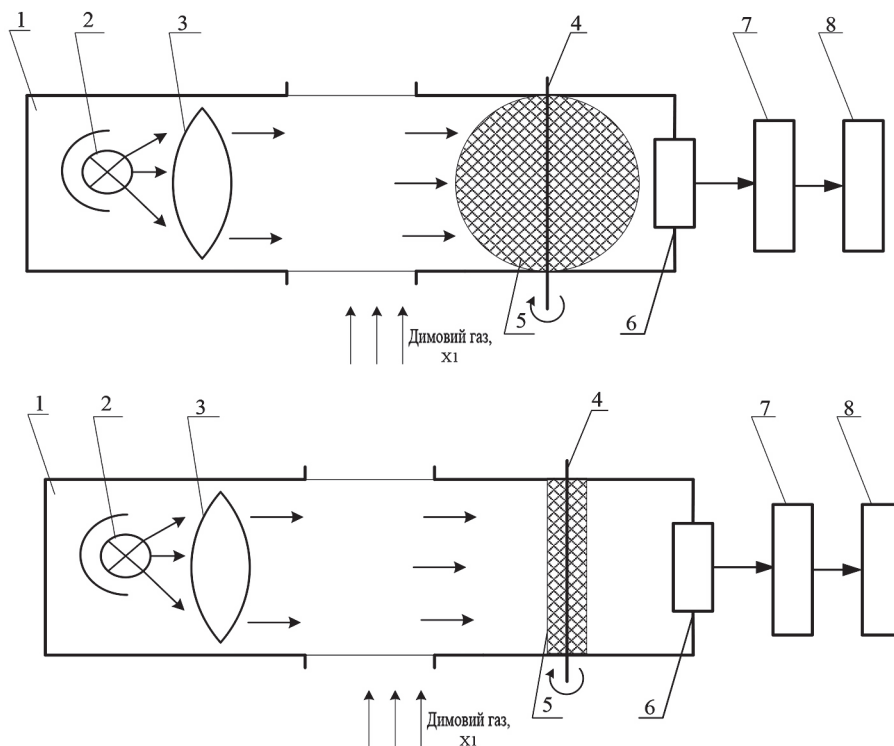


Рис. 6. Функціональна схема одноканального двоетапного оптичного пиломіра: 1 — вимірювальна камера; 2 — джерело випромінювання; 3 — лінза; 4 — поворотна вісь; 5 — калібрувальний фільтр; 6 — фотоприймач; 7 — обчислювальний пристрій

Таким чином у вимірювальній камері 1 оптичного вимірювача пилу, поперемінно формується два різних ослаблених сигналу Y_1 і Y_2 , один з яких є функцією перетворення концентрації пилу X_1 , що вимірюється, а другий сумарною функцією перетворення концентрації пилу X_1 і оптичного калібрувального фільтру 5 з фіксованим рівнем затемнення X_0 .

Сигнали Y_1 і Y_2 надходять до обчислювального пристрою 7, де вирішується система рівнянь:

$$\begin{cases} Y_1 = KX_1, \\ Y_2 = K(X_0 + X_1), \end{cases} \quad (8)$$

відносно визначення концентрації пилу X_1 :

$$X_1 = \frac{Y_1 X_0}{Y_2 - Y_1}. \quad (9)$$

Визначене значення X_1 виводиться на цифровий індикатор 8.

При визначенні концентрації X_1 по формулі (9) відхилення коефіцієнта перетворення K оптичного пиломіра від номінального значення, внаслідок дії доквілля, токсичного пилу, парів луг і кислот у димовому газі, старіння джерела випромінювання і фотоприймачів, забруднення оптичних елементів схеми відсутні.

7. Обговорення результатів дослідження вдосконалення структурних схем побудови оптичних вимірювачів пилу

Запропоновані нові схеми оптичних вимірювачів забезпечують інваріантність (незалежність) вимірювання концентрації пилу від дестабілізуючих факторів. При вимірюванні пилу у димових, високотоксичних і радіоактивних газах запропонованим способом відхилення коефіцієнта перетворення K від номінального значення не приводять до похибки вимірювання. При цьому зміни коефіцієнта перетворення пиломіра внаслідок старіння джерела випромінювання інших дестабілізуючих чинників: температура, тиск, волога, радіоактивність, токсичність, компенсуються за рахунок використання калібрувального оптичного фільтру та алгоритму обробки результатів вимірювання, підвищується точність, зменшується похибка вимірювання концентрації пилу визначається похибкою виготовлення і атестації калібрувального оптичного фільтру, яка досягається на рівні 0,1–0,2 %.

8. Висновки

У результаті проведених досліджень:

1. Розглянуто оптичні методи вимірювання пилу. Нефелометричний метод застосовують для вимірювання пилу малих концентрацій — до 10 мг/м^3 , турбідиметричний для вимірювання концентрації пилу до 150 мг/м^3 .
2. Проаналізовано оптичні схеми існуючих оптичних пиломірів: однопроменеві та двопробленеві. Однопроменеві оптичні схеми більш прості, мають ряд похибок, зумовлені нестабільністю напруги живлення, а також старінням джерела світла і фотоприймача. Двопробленеві оптичні пиломіри компенсаційного типу характеризуються досить складною оптичною схемою в порівнянні з приладами некомбінаційного типу. У двопробленевих оптичних схемах похибка вимірювання, викликана нестабільністю напруги живлення і старінням елементів значно менша, також вони характеризуються більш високою стабільністю нульової точки.
3. При зміні малих концентрацій застосування двопробленевих оптичних схем компенсаційного типу замість двопробленевих схем некомбінаційного типу не дає збільшення точності вимірювання і тому використання їх недоцільне. Виходячи з цього найкращими є двопробленеві оптичні схеми некомбінаційного типу.
4. Розроблено інваріантні схеми побудови оптичних пиломірів для стабілізації коефіцієнта передачі ПВП оптичного пиломіру, при цьому похибка вимірювання концентрації пилу визначається похибкою виготовлення

і атестації калібрувального оптичного фільтру, яка досягається на рівні 0,1–0,2 %.

Література

1. Приміський, В. П. Особливості застосування і контролю відповідності технологічних нормативів викидів в промисловості [Текст] / В. П. Приміський, В. М. Івасенко, Д. Г. Корнієнко // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2014. — № 3/1 (69). — С. 8–15. doi:10.15587/1729-4061.2014.24973
2. Вартанов, А. З. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг [Текст] / А. З. Вартанов, А. Д. Рубан, В. Л. Шкуратник. — М.: Горная книга, 2009. — 640 с.
3. Клименко, А. П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли [Текст] / А. П. Клименко. — М.: Химия, 1978. — 203 с.
4. Балтренас, П. Б. Методы и приборы определения физико-механических свойств пылей и аэрозолей [Текст] / П. Б. Балтренас, В. Шпакаускас. — Вильнюс: Техника, 1994. — 237 с.
5. Максименко, Ю. Н. Переносной оптический пылемер ВОГ-2 [Текст] / Ю. Н. Максименко, Е. Г. Мазан, А. К. Тимин // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. — 2010. — Вип. 40. — С. 81–86.
6. Sampedro, Ó. Turbidimeter and RGB sensor for remote measurements in an aquatic medium [Text] / Ó. Sampedro, J. R. Salgueiro // Measurement. — 2015. — Vol. 68. — P. 128–134. doi:10.1016/j.measurement.2015.02.049
7. Mohd Khairi, M. T. A review on the design and development of turbidimeter [Text] / M. T. Mohd Khairi, S. Ibrahim, M. A. Md Yunus, M. Faramarzi // Sensor Review. — 2015. — Vol. 35, № 1. — P. 98–105. doi:10.1108/sr-01-2014-604
8. Вовна, А. В. Методы и средства аналитического измерения концентрации газовых компонент и пыли в рудничной атмосфере угольных шахт [Текст] / А. В. Вовна и др. — Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2012. — 260 с.
9. Вовна, А. Методы и средства измерения концентрации газовых компонент [Текст] / А. Вовна, А. Зори, М. Хламов. — Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. — 244 с.
10. Лычагин, Д. В. Анализ и выбор оптических схем для оптико-абсорбционных пылемеров [Текст] / Д. В. Лычагин // Приоритетные научные направления от теории к практике. — 2014. — № 14. — С. 134–136.
11. Соломічев, Р. І. Розробка та обґрунтування структури вимірювальної системи контролю вибухонебезпечних пило-газових сумішей в шахтному виробітку [Текст] / Р. І. Соломічев, О. В. Вовна, А. А. Зорі // Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Електроенергетика та перетворювальна техніка». — 2014. — № 19(1062). — С. 154–163.
12. Спосіб вимірювання концентрації пилу у димових: токсичних і радіоактивних газах промислових підприємств [Текст]: заявка на винахід а201601773 G01N 15/02 / Приміський В. П., Порев В. А., Корнієнко Д. Г. — заяв. 25.02.2016.
13. Оптичний пиломір [Текст]: заявка на винахід а201601797 G01N 15/02 / Приміський В. П. — заяв. 25.02.2016.
14. Спосіб вимірювання концентрації пилу у димових газах [Текст]: заявка на винахід а201601774 G01N 15/02 / Приміський В. П., Порев В. А., Корнієнко Д. Г. — заяв. 25.02.2016.
15. Оптичний вимірювач пилу [Текст]: заявка на винахід а201601796 G01N 15/02 / Приміський В. П. — заяв. 25.02.2016.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ПЫЛИ

Представлена классификация методов измерения пыли: фотометрический, трибоэлектрический, индукционный, ультразвуковой, электродинамический, гравиметрический. Рассмотрены структурные схемы оптических пылемеров одноканальных, двухканальных, стационарных переносных, особенности применения, технические характеристики. Обоснован выбор структурного построения измерителей пыли в зависимости от диапазона концентрации пыли. Предложено применение инвариантных схем построения измерителей пыли: гравиметрических и оптических с применением физических эквивалентов.

Ключевые слова: пыль, частица, пылемер, воздух, метод, детектор, измеритель, оптика, фотометр, гравиметрия.

Корнієнко Дмитро Григорович, аспірант, кафедра наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: dimoonas@bigmir.net.

Корнієнко Дмитрій Григорьевич, аспірант, кафедра научных, аналитических и экологических приборов и систем, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Kornienko Dmytro, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: dimoonas@bigmir.net

УДК 339.006; 658.6.006; 658.8.006
DOI: 10.15587/2312-8372.2016.71863

Мідик І.-М. В.

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ОВОЧІВНИЦТВА ЗА ЕЛЕКТРИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Розроблено методуку та структуру вимірювального засобу для дослідження впливу концентрації мінеральних речовин в модельній рідині (овочевого соці) на складові її електропровідності. Досліджено залежність електричних властивостей овочевого соку з вмістом іонів натрію та міді від концентрації цих речовин у модельній рідині. Опрацьовано отримані експериментальні дослідження зміни активної і реактивної складових провідності (адмітансу) та подано рекомендації щодо оперативного контролю якості овочів.

Ключові слова: імітанс, адмітанс, кондуктометрична комірка, електроди, ємнісний перетворювач, модельна рідина.

1. Вступ

Овочі є важливими продуктами харчування, які забезпечують організм споживача корисними мінеральними

елементами такими, як натрій, калій, кальцій, магній, фосфор, залізо. Вони беруть участь в обміні речовин, діяльності ферментних систем, створенні клітин і тканин організму. Однак вони можуть мати і шкідливі елементи,