

Р. І. Соломічев¹
О. В. Вовна¹
А. А. Зорі¹

РОЗРОБКА ДВОПРОМЕНЕВОГО ВИМІРЮВАЧА КОНЦЕНТРАЦІЇ ТА ДИСПЕРСНОСТІ ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ З КОМПЕНСАЦІЄЮ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДРЕЙФУ

¹Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»

Розроблено та досліджено вимірювач концентрації та дисперсності вугільного пилу з компенсацією температурного дрейфу. Під час його лабораторних досліджень встановлено значення основної абсолютної похибки вимірювання концентрації пилу в діапазоні від 0 до 3 г/м³, яке не перевищує ± 8 мг/м³, що більш ніж на порядок менше значення абсолютної похибки вимірювання концентрації пилу в аспіраційних вимірювачах (± 200 мг/м³). Додаткова похибка вимірювання концентрації пилу в діапазоні температур від +5 до +35 °С складає $\pm 2,5$ мг/м³, що становить не більше 35 % від основної похибки вимірювання концентрації пилу та повністю задовольняє умовам експлуатації вимірювачів для рудничної атмосфери шахт.

Ключові слова: вимірювач, концентрація, вугільний пил, дисперсність, компенсація, температура

Вступ

Безпека ведення гірничих робіт у вугільних шахтах здебільшого залежить від оперативності контролю концентрації пило-газових компонент рудничної атмосфери. Відсутність автоматичних швидкодійних вимірювачів запилення рудничної атмосфери для системи аерогазового захисту вугільних шахт УТАС, яку виробляє Державне підприємство «Петровський завод вугільного машинобудування» (м. Донецьк, Україна), визначає її недоліки при експлуатації та визначенні імовірнісних характеристик вибуховості пило-газових сумішей рудничної атмосфери шахт.

Метою роботи є підвищення точності та розширення функціональних можливостей вимірювального контролю концентрації вугільного пилу шляхом розробки способів компенсації основних дестабілізуювальних факторів рудничної атмосфери — дисперсності вугільного пилу та зміни температури.

Для досягнення мети поставлені та розв'язані такі задачі:

- розробити та реалізувати спосіб компенсації основних дестабілізуювальних факторів рудничної атмосфери: дисперсності пилу та температури;
- розробити макетний зразок вимірювача концентрації вугільного пилу з реалізацією запропонованого способу компенсації дестабілізуювальних факторів;
- провести лабораторні дослідження розробленого макетного зразка вимірювача та оцінити його метрологічні характеристики.

Результати розробок та досліджень

У ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» розроблено та створено макетний зразок оптичного вимірювача концентрації та дисперсності вугільного пилу з компенсацією температурного дрейфу. Під час його розробки запропоновано ввести до складу вимірювача додаткові апаратні засоби для контролю та компенсації основних дестабілізуювальних факторів. Таким чином до складу макетного зразка оптичного вимірювача концентрації вугільного пилу введено два частотних канали, використання яких дозволяє реалізувати компенсацію зміни дисперсності вугільного пилу [1] та два просторових канали — для компенсації зміни температури [2]. Функціональну схему макетного зразка вимірювача концентрації та дисперсності вугільного пилу з компенсацією температури показано на рис. 1, де позначено: 1 та 5 — джерела випромінювання; 2 — драйвери керування джерел випромінювання; НПД — напівпрозоре дзеркало з коефіцієнтами віддзеркален-

ня КВД та пропускання КПр; 3 та 7 — фотоприймачі; 4 — закритий оптичний канал (ЗОК); 6 — відкритий оптичний канал (ВОК); 8 та 9 — попередні підсилювачі сигналів фотоприймачів (ПП); 10 — комутатор аналогових сигналів; 11 та 12 — різницеві диференційні підсилювачі; 13 та 14 — нормувальні перетворювачі; 15 — мікропроцесорний блок контролю та керування вимірювачем.

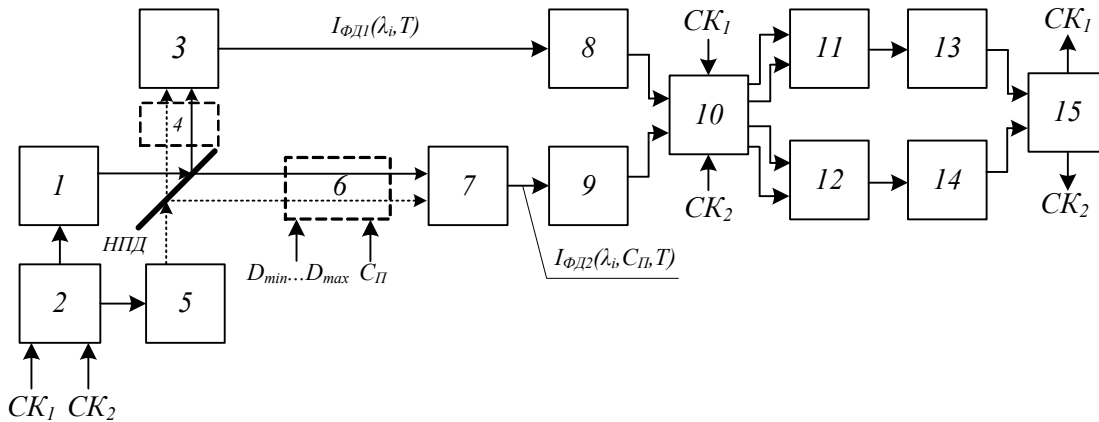


Рис. 1. Функціональна схема вимірювача концентрації та дисперсності вугільного пилу з компенсацією температури

Які джерела випромінювання використовуються світлодіоди (5) типу С503-BAN [3] з довжиною хвилі $\lambda_1 = 0,47$ мкм та С503-RAN (1) [3] з $\lambda_2 = 0,624$ мкм. Світлодіоди 1 та 5 формують направлені потоки оптичного випромінювання, які потрапляють на НПД. Частини оптичних потоків від світлодіодів 1 та 5, пропорційні коефіцієнтам пропускання ($K_{Пр}$) та віддзеркалення ($K_{ВД}$), потрапляють до ЗОК (4) та ВОК (6). При проходженні через ВОК (6) величини оптичних потоків зменшуються завдяки поглинанню та розсіянню частками пилу з концентрацією $C_{П}$ та дисперсністю в діапазоні від D_{\min} до D_{\max} , а також внаслідок температурного дрейфу, тим самим формується експериментальна інформаційна складова вимірювального сигналу оптичної щільності потоку від концентрації та дисперсності пилу на різних довжинах хвиль λ_1 та λ_2 випромінювання [1]. При цьому у вихідному сигналі ВОК (6) на довжинах хвиль λ_1 та λ_2 присутня інформаційна складова, величина якої пропорційна зміні температури рудничної атмосфери.

Для зменшення апаратної надмірності інформаційні сигнали від двох світлодіодів 1 і 5 запропоновано рознести у часі. Часові інтервали роботи джерел випромінювання задаються драйвером керування 2. Синхронізація апаратних засобів вимірювача здійснюється мікропроцесорним блоком 15 завдяки сигналам керування (CK_1 та CK_2). При проходженні оптичного випромінювання через ЗОК (4), формується інформаційна складова сигналу, яка пропорційна зміні температури. Вихідні оптичні потоки від ЗОК (4) та ВОК (6) потрапляють до фотоприймачів 3 та 7, в якості яких використовуються фотодіоди типу ВРW21R [4], які працюють у фотогальванічному режимі. Вихідні сигнали струмів фотодіоду 3 ($I_{ФД1}(\lambda_i, T)$) на різних довжинах хвиль λ_1 та λ_2 містять інформацію тільки про зміни світлових потоків світлодіодів 1 та 5, викликані зміною температури. Вихідні сигнали струму фотодіоду 7 ($I_{ФД2}(\lambda_i, C_{П}, T)$) містять інформацію на різних довжинах хвиль λ_1 та λ_2 про зміну інтенсивності оптичного випромінювання внаслідок часткового поглинання частками пилу з концентрацією $C_{П}$, дисперсністю від D_{\min} до D_{\max} та внаслідок температурного дрейфу.

Вихідні сигнали струмів фотодіодів 3 та 7 перетворюються за схемою «струм—напруга» трансімпедансними попередніми підсилювачами компенсаційного (8) та вимірювального (9) каналів. Налаштування вимірювача концентрації пилу здійснюється з концентрацією пилу в ВОК (6) $C_{П} = 0$ г/м³ за допомогою термостату при дискретних значеннях температури в діапазоні від +5 до +35 °С. Налаштування виконується за вихідними напругами різницевих диференціальних підсилювачів (ДП) 11, 12 для різних довжин хвиль випромінювання λ_1 та λ_2 шляхом усунення мультиплікативної та адитивної асиметрії вихідних сигналів попередніх підсилювачів ВОК (ППВК) та ЗОК (ПЗК) за співвідношенням:

$$U_{ДП}(\lambda, C_{П}) = U_{ППВК}(\lambda, T) - K_{АС} U_{ПЗК}(\lambda, C_{П}, T) = [U'_{ППВК}(\lambda) + \Delta U''_{ППВК}(T)] - K_{АС} [U'_{ПЗК}(\lambda, C_{П}) + \Delta U''_{ПЗК}(T)],$$

де $U_{\text{ДП}}$ — вихідні напруги різницевих диференційних підсилювачів 11 та 12 на різних довжинах хвиль λ_1 та λ_2 при зміні вимірювальної концентрації пилу ($C_{\text{П}}$); $U_{\text{ППКК}}(\lambda, T)$ — зміна вихідних напруг ПП ЗОК, яка складається із адитивних складових на різних довжинах хвиль ($U'_{\text{ППКК}}(\lambda)$) та температурного дрейфу вихідних сигналів ($\Delta U''_{\text{ППКК}}(T)$); $U_{\text{ППВК}}(\lambda, C_{\text{П}}, T)$ — зміна вихідних напруг ПП ВК, яка складається із адитивних складових на різних довжинах хвиль ($U'_{\text{ППВК}}(\lambda, C_{\text{П}})$) при зміні концентрації пилу $C_{\text{П}}$ та температурного дрейфу вихідних сигналів ($\Delta U''_{\text{ППВК}}(T)$); $K_{\text{АС}}$ — коефіцієнт передачі за напругою ПП ВК, зміна якого усуває мультиплікативну складову асиметрії КК та ВК.

Нормувальні підсилювачі 13 та 14 виконують масштабування вихідних сигналів ДП 11 та 12 вимірювальних каналів до уніфікованого рівня напруг від 0 до 5 В за відповідною зміною вимірювальної концентрації вугільного пилу $C_{\text{П}}$ від 0 до 3 г/м³ за співвідношенням:

$$U_{\text{НП}}(\lambda_i, C_{\text{П}}) = K_{\text{НП}} \cdot (U_{\text{ДП}}(\lambda_i, C_{\text{П}}) - U_{\text{ЗС НП}i}),$$

де $U_{\text{НП}}$ — вихідні напруги НП на різних довжинах хвиль λ_1 та λ_2 зі зміною вимірювальної концентрації пилу $C_{\text{П}}$; $K_{\text{НП}}$ — коефіцієнт передачі за напругою НП, зміна якого масштабує вихідний сигнал НП до уніфікованого рівня; $U_{\text{ЗС НП}i}$ — напруга зсуву НП, налаштування якої компенсує адитивну складову вихідних сигналів вимірювача.

Вихідна напруга вимірювальних каналів перетворюються у цифровий код аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) в мікропроцесорному блоці (15), в якому за запропонованим алгоритмом [1] розраховуються коефіцієнти функції розподілу часток зваженого пилу за дисперсністю та його масова концентрація на основі експериментально отриманої інформації від двох вимірювальних каналів з різними довжинами хвиль λ_1 та λ_2 . Тим самим реалізується запропонований програмний спосіб компенсації зміни дисперсності часток вугільного пилу [1]. Після завершення розрахунку дані передаються через USB порт в пам'ять персонального комп'ютера для побудови графічної залежності зміни концентрації пилу в реальному масштабі часу.

Для оцінки метрологічних характеристик та перевірки працездатності запропонованого способу та апаратно-програмних засобів розроблено та реалізовано макетний зразок двопробеневого оптичного вимірювача концентрації вугільного пилу. Макетний зразок включає вимірювальну комірку з довжиною ВОК $l = 13,5$ см, яка складається з двох світлодіодів та двох фотодіодів. Аналоговий блок вимірювача концентрації вугільного пилу включає:

— драйвери світлодіодів, які забезпечують величини напруг живлення світлодіоду 1 + 3,5 В, а світлодіоду 2 — +2,5 В з величиною струму споживання для кожного із світлодіодів 100 мА;

— попередній підсилювач закритого каналу (ПП ЗК) з вихідною напругою при $C_{\text{П}} = 0$ г/м³ $U_{\text{ППЗК}} = -2,8$ В;

— попередній підсилювач відкритого каналу (ПП ВК) з вихідною напругою при $C_{\text{П}} = 0$ г/м³ $U_{\text{ППВК}} = -2,8$ В з діапазоном зміни коефіцієнта передачі за напругою від -1,1 до -1,9;

— нормувальні підсилювачі, що забезпечують коефіцієнт підсилення за напругою $K_{\text{НП}} = 2,15$ та здатність регулювати зсув вихідної напруги НП в діапазоні від -0,3 до +0,3 В.

Цифровий блок вимірювача реалізований на основі мікроконтролера типу ATMEL MEGA 32U4 з частотою тактового генератора 16 МГц та двоканального 10 розрядного АЦП із здатністю запису отриманих даних в пам'ять персонального комп'ютера через USB-порт.

Для проведення досліджень розробленого макетного зразка вимірювача створена експериментальна установка, яка являє собою пилову камеру об'ємом $V_K = 0,082$ м³. За контрольний прилад визначення концентрації вугільного пилу використаний сертифікований аспіраційний вимірювач ПКА-01 (ПКА 000.616) [5], який контролює концентрацію пилу в діапазоні від 0 до 5 г/м³, з величиною зведеної похибки результатів вимірювання ± 20 %.

Проби вугільного пилу підготовлено за участю хімічної лабораторії Донецької вугільної енергетичної компанії з вугілля марки h_6^1 , які мають такі параметри: зольність $A_S > 15$ %, вихід летючих $V^{daf} = (40 \div 47)$ %, вологість $\gamma_B = 16$ %, дисперсність часток $D = (0,01 \div 100)$ мкм. За допомогою мікроскопу ММУ-3 (кратність об'єктиву 1×317 , ціна ділення шкали окуляру 4,0 мкм) у лабораторних дослідженнях встановлено, що вміст у підготовлених пробах пилу не менший, ніж

6 % частинок з дисперсністю від 1 до 6 мкм, що надало можливість оцінити у розробленій пиловій камері концентрацію зваженого пилу таким чином:

— попередньо підготовлена проба дрібнодисперсного вугільного пилу просіювалася за допомогою сита із розміром комірок сітки 30×40 мкм та розрахунком встановлювалася дисперсність часток за фракціями у процентному відношенні;

— перед висипанням порції підготовленої проби вугілля вона зважувалася на мікровагах, які мають величину абсолютної похибки вимірювання маси $\Delta m = \pm 10$ мг;

— за відомого процентного співвідношення маси фракцій підготовленої проби пилу (для зваженого пилу не більше 6 % від маси порції, що висипається в камеру) визначається концентрація зваженого пилу в камері з абсолютною похибкою вимірювання ΔC_n , яка не перевищує $\pm 7,3$ мг/м³;

— за допомогою двох електричних вентиляторів, встановлених в пиловій камері таким чином, щоб швидкість потоку повітря складала до 5 м/с та підіймала дрібні фракції пилу від 1 до 6 мкм, забезпечилася сталість певної концентрації зваженого пилу у вимірюваному об'ємі.

Результати експериментальних досліджень двопроменевого оптичного вимірювача концентрації вугільного пилу зведені в таблицю, де позначено: $m_{\text{всип}}$ — маса порцій підготовленої проби вугільного пилу, що всипається в камеру, г; $m_{\text{зваж}}$ — маса пилу, яка знаходиться у зваженому стані після висипання порції пилу з масою $m_{\text{всип}}$, г; $C_{\text{П,розр}}$ — масова концентрація пилу, яка розраховується у відповідності до об'єму камери $V_K = 0,082$ м³ та маси зваженого пилу $m_{\text{зваж}}$, г/м³; $C_{\text{П,ПКА-01}}$ — масова концентрація пилу, що визначається за допомогою ПКА-01, г/м³; $C_{\text{П,вимір}}$ — значення масової концентрації пилу, які визначаються за результатами розробленого оптичного вимірювача, г/м³; $U_{\text{НП1}}$ — напруга на виході відповідного НП, В.

Результати експериментальних досліджень при вимірюванні концентрації пилу

№ порції	1	2	3	4	5	6	7
$m_{\text{всип}}$, г	0,320	0,380	0,380	0,620	0,620	0,450	0,680
$m_{\text{зваж}}$, г	0,019	0,042	0,065	0,102	0,139	0,166	0,207
$C_{\text{П,розр}}$, г/м ³	0,230	0,510	0,790	1,240	1,690	2,030	2,520
$C_{\text{П,ПКА-01}}$, мг/м ³	0,253	0,576	0,727	1,401	1,589	2,274	2,723
$U_{\text{НП1}}$, В	0,48	1,15	1,74	2,21	3,18	3,59	4,12
$U_{\text{НП2}}$, В	0,61	1,48	2,08	2,84	3,64	4,19	4,51
$C_{\text{П,вимір}}$, мг/м ³	0,248	0,535	0,810	1,298	1,710	2,010	2,602

Експериментальні характеристики перетворення двоканального макетного зразку оптичного вимірювача концентрацій $C_{\text{П,вимір}}$ зваженого вугільного пилу показано на рис. 2. За результатами теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень побудовані залежності результатів визначення концентрації пилу $C_{\text{П}}$ від маси зваженого вугільного пилу ($m_{\text{зваж}}$), які показано на рис. 3.

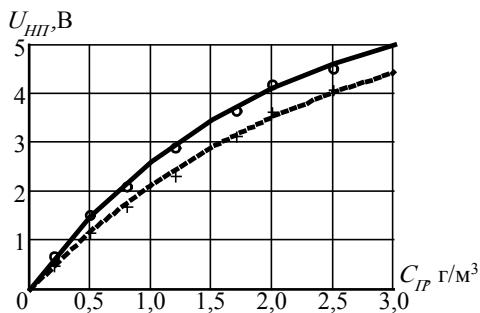


Рис. 2. Залежність вихідних напруг $U_{\text{НП}}$ від концентрації пилу: \circ та $+$ — діючі значення вихідної напруги НП (14) ($\lambda_1 = 0,47$ мкм) та НП (13) ($\lambda_2 = 0,624$ мкм); — та - - - - - результати апроксимації характеристик перетворення

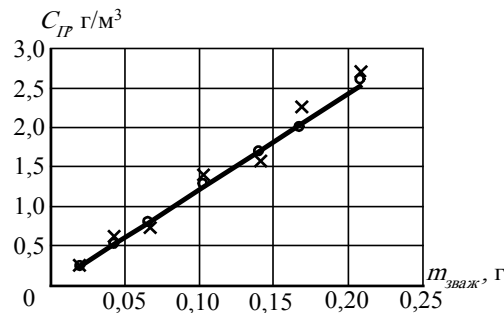


Рис. 3. Залежність вимірюваної концентрації від маси пилу: — — розрахована концентрація пилу $C_{\text{П,розр}}(m_{\text{зваж}})$, г/м³; \times — концентрація пилу $C_{\text{П,ПКА-01}}(m_{\text{зваж}})$, що визначалася аспіраційним вимірювачем ПКА-01, г/м³; \circ — вимірювана концентрація зваженого вугільного пилу $C_{\text{П,вимір}}(m_{\text{зваж}})$, г/м³

З аналізу характеристик перетворення (див. рис. 2) визначені чутливості вихідних сигналів вимірювача від концентрації вугільного пилу в діапазоні вимірювання від 0 до 3 г/м³, значення яких

складають для НП (14) ($\lambda_1 = 0,470$ мкм) $S_{C_{\Pi}}^{\lambda_1} = 1,48$ В·м³/г та НП (13) ($\lambda_2 = 0,624$ мкм) — $S_{C_{\Pi}}^{\lambda_2} = 1,65$ В·м³/г. Середньоквадратичні відхилення від розрахованих значень $C_{\Pi, \text{розр}}(m_{\text{звж}})$ результатів визначення концентрації пилу становлять: розробленим вимірювачем не більш 4,5 %, а за допомогою аспіраційного вимірювача ПКА-01 — близько 12 % (див. рис. 3).

Проведенні експериментальні дослідження для встановлення амплітудних значень шумових складових вихідних напруг НП, які не перевищують ± 24 мВ, що з довірчою імовірністю $P = 0,95$ відповідає середньому квадратичному значенню $U_{\text{ш}} = \pm 24/2 = \pm 12$ мВ. З урахуванням цього середньоквадратичне значення основної абсолютної похибки результатів вимірювання концентрації вугільного пилу в діапазоні від 0 до 3 г/м³ не перевищує, відповідно

$$\Delta_{C_{\Pi}}^{\lambda_1} = \frac{U_{\text{ш}}}{S_{C_{\Pi}}^{\lambda_1}} = \frac{\pm 12 \cdot 10^{-3}}{1,48} = \pm 8,1 \text{ мг/м}^3; \quad \Delta_{C_{\Pi}}^{\lambda_2} = \frac{U_{\text{ш}}}{S_{C_{\Pi}}^{\lambda_2}} = \frac{\pm 12 \cdot 10^{-3}}{1,65} = \pm 7,4 \text{ мг/м}^3,$$

що значно менше величини абсолютної похибки визначення концентрації пилу аспіраційними вимірювачами в цьому діапазоні (± 200 мг/м³).

Для оцінки впливу температури на результати вимірювання концентрації пилу проведенні лабораторні дослідження з використанням термостату в діапазоні температур від +5 до +35 °С та визначена додаткова абсолютна похибка вимірювання концентрації пилу, значення якої не перевищує $\pm 2,5$ мг/м³, що складає не більше 35 % від основної похибки результатів вимірювання концентрації вугільного пилу та повністю задовольняє умовам експлуатації вимірювачів запылення рудничної атмосфери вугільних шахт.

Висновки

1. Розроблено та досліджено макетний зразок двопробеневого вимірювача концентрації та дисперсності вугільного пилу з компенсацією температурного дрейфу. Під час проведення лабораторних досліджень розробленого макетного зразка вимірювача концентрації встановлено:

— чутливість за концентрацією вугільного пилу в діапазоні від 0 до 3 г/м³ для першого каналу (довжина хвилі $\lambda_1 = 0,47$ мкм) становить 1,48 В·м³/г, а для другого ($\lambda_2 = 0,624$ мкм) — 1,65 В·м³/г;

— амплітудне значення шумової складової вихідних напруг нормувальних підсилювачів не перевищує ± 24 мВ, що з довірчою ймовірністю $P = 0,95$ відповідає середньому квадратичному значенню ± 12 мВ і забезпечує значення основної абсолютної похибки результатів вимірювання концентрації пилу в цьому діапазоні для першого каналу $\pm 8,1$ мг/м³ та $\pm 7,4$ мг/м³ для другого каналу. Це значно менше абсолютної похибки вимірювання концентрації пилу аспіраційними пробовідбірниками (± 200 мг/м³).

2. Запропонований, розроблений та досліджений спосіб апаратної компенсації температурного дрейфу оптичного двопробеневого вимірювача концентрації та дисперсності пилу. В ході лабораторних досліджень встановлено, що значення додаткової абсолютної похибки вимірювання концентрації пилу в діапазоні температур від +5 до +35 °С склало $\pm 2,5$ мг/м³, що становить не більше 35 % від основної похибки результатів вимірювання концентрації вугільного пилу та повністю задовольняє умовам експлуатації вимірювачів запылення рудничної атмосфери вугільних шахт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Соломичев Р. І. Двопробеневий спосіб вимірювання концентрації і дисперсності пилового аерозолю у вугільних шахтах / Р. І. Соломичев // Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТС–2013) : зб. тез доп. : друга наук. міжнар. конфер., 29–30 жовтня 2013 р. — Вінниця : ПП «Едельвейс і К», 2013. — С. 111–113.

2. Клименко А. П. Непрерывный контроль концентрации пыли / А. П. Клименко, В. И. Королев, В. И. Шевцов // К. : «Техніка», 1980. — 181 с.

3. Соломичев Р. И. Обоснование и разработка требований к оптоэлектронным компонентам макетного образца измерителя концентрации пыли / Р. И. Соломичев // Наукові праці ДонНТУ. Серія : Обчислювальна техніка та автоматизація. Донецьк. — 2013. — Вип. № 2 (25). — С. 261–269.

4. Соломичев Р. И. Обоснование режима работы фотодиода в схемной реализации аналогового блока измерителя концентрации пыли / Р. И. Соломичев // Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих : XIII міжнар. наук.-техн. конфер. аспірантів і студентів : зб. наук. пр., 14–17 травня 2013 р. — Донецьк : ДонНТУ, 2013. — С. 357–361.

5. Прибор контроля запыленности воздуха ПКА-01 (ПКА 000.616) [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://zapadpribor.com/pka-01/>.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 23.06.2014

Соломічев Роман Ігорович — аспірант кафедри електронної техніки, e-mail: RomaSolomichev@mail.ru;
Вовна Олександр Володимирович — канд. техн. наук, доцент, докторант кафедри електронної техніки,
 e-mail: Vovna_Alex@ukr.net;

Зорі Анатолій Анатолійович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електронної техніки, e-mail:
 zori@kita.dgtu.donetsk.ua;

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», Донецьк

R. I. Solomichev¹
O. V. Vovna¹
A. A. Zori¹

Development of two-beam coal dust concentration and dispersion meter with temperature drifts compensation

¹State Higher Education Establishment «Donetsk National Technical University»

Concentration and dispersion meter of coal dust is developed and studied with temperature drift compensation. In its laboratory tests is set the basic absolute error of dust concentration measurement in the range from 0 to 3 g/m³, which does not exceed ± 8 mg/m³, which is more than less a magnitude order of the dust concentration measurement absolute error of the aspiration measuring devices (± 200 mg / m³). Additional dust concentration measurement error in the temperature range from 5 to +35 °C is $\pm 2,5$ mg/m³ that no more than 35 % of the dust concentration measuring basic error and totally satisfies the meter operation conditions of the mine atmosphere.

Keywords: meter, concentration, coal dust, dispersion, compensation, temperature.

Solomichev Roman I. — Post-Graduate Student of the Chair of Electronic Engineering, e-mail:
 RomaSolomichev@mail.ru;

Vovna Oleksandr V. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Post-Doctoral Student of the Chair of Electronic Engineering, e-mail: Vovna_Alex@ukr.net;

Zori Anatolii A. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Electronic Engineering, e-mail:
 zori@kita.dgtu.donetsk.ua

Р. И. Соломичев¹
А. В. Вовна¹
А. А. Зори¹

Разработка двухлучевого измерителя концентрации угольной пыли с компенсацией температурного дрейфа

¹Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет»

Разработан и исследован измеритель концентрации и дисперсности угольной пыли с компенсацией температурного дрейфа. В лабораторных испытаниях установлено значение основной абсолютной погрешности измерения концентрации пыли в диапазоне от 0 до 3 г/м³, которая не превышает ± 8 мг/м³, что более чем на порядок меньше значения абсолютной погрешности измерения концентрации пыли в аспирационных измерителях (± 200 мг/м³). Дополнительная погрешность измерения концентрации пыли в диапазоне температур от +5 до +35 °C составляет $\pm 2,5$ мг/м³, что не более 35 % от основной погрешности измерения концентрации пыли и полностью удовлетворяет условиям эксплуатации измерителей для рудничной атмосферы шахт.

Ключевые слова: измеритель, концентрация, угольная пыль, дисперсность, компенсация, температура.

Соломичев Роман Игоревич — аспірант кафедри електронної техніки, e-mail: RomaSolomichev@mail.ru;

Вовна Олександр Володимирович — канд. техн. наук, доцент, докторант кафедри електронної техніки,
 e-mail: Vovna_Alex@ukr.net;

Зорі Анатолій Анатольевич — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електронної техніки,
 e-mail: zori@kita.dgtu.donetsk.ua