

# ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ СЕНСОРНИЙ ТЕЧОШУКАЧ ДЛЯ ДЕТЕКТУВАННЯ ВИТОКІВ АМОНІАКУ

П. А. МАНОРИК<sup>1</sup>, О. В. ШУЛЬЖЕНКО<sup>1</sup>, О. Л. КУКЛА<sup>2</sup>, О. М. ФЕДЧЕНКО<sup>2</sup>, Ю. М. ПОСИПАЙКО<sup>3</sup>,  
В. М. ГРЕБЕННИКОВ<sup>1</sup>, С. О. СОТНІК<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України. 03028, м. Київ, просп. Науки, 31.

<sup>2</sup>Інститут фізики напівпровідників ім. В. С. Лашкарьова НАН України. 03028, м. Київ, просп. Науки, 41.

<sup>3</sup>ІЕЗ ім. С. О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11.

E-mail: [office@paton.kiev.ua](mailto:office@paton.kiev.ua)

Розроблено портативний оптоелектронний сенсорний течошукач для детектування витоків амоніаку крізь наскрізні дефекти промислових об'єктів, хімічний сенсор та аеродинамічний пристрій для транспортування проби аналізу від дефекту до сенсора як складові приладу. З'ясовано на підставі аналізу результатів досліджень, що прилад здатен надійно детектувати концентрації амоніаку порядку 1 ppm, ефективно функціонує в діапазоні концентрацій амоніаку 1...10 ppm. Визначено оптимальні умови, за яких доцільно експлуатувати прилад. Бібліогр. 9, рис. 6.

*Ключові слова:* оптоелектронний сенсорний течошукач, амоніак, витoki, детектування

Оптоелектронні сенсорні системи, принцип дії яких ґрунтується на перетворенні певних інформативних ознак оптичного зображення об'єкта в електричні сигнали й порівняльній оцінці таких ознак зображення з опорною моделлю, впродовж півстоліття широко використовують в промисловості для вимірювань та контролю параметрів багатьох технологічних процесів [1]. Завдяки прогресу мікроелектроніки й обчислювальної техніки в останні десятиріччя з'явилися малогабаритні, надійні й відносно дешеві кольорові відеотехнічні засоби та спеціальні програмні продукти на базі високорівневих мов програмування, за допомогою яких можна в реальному масштабі часу сканувати миттєві зображення навіть доволі малих за габаритами об'єктів, надійно детектувати ознаки таких зображень, перетворювати їх в електричні сигнали та здійснювати комп'ютерне оброблення цих сигналів. Це створює умови для розроблення якісно нових високочутливих компактних оптоелектронних сенсорних приладів, зокрема – течошукачів, налаштованих на детектування витоків різних екологічно небезпечних речовин крізь наскрізні дефекти промислових конструкцій.

Метою даної роботи було розроблення портативного оптоелектронного сенсорного течошукача (ОЕСТ) для детектування витоків амоніаку крізь наскрізні дефекти промислових конструкцій та оцінка можливостей його використання.

Вибір такого об'єкта детектування, як амоніак, обумовлений тим, що його широко використовують в хімічній промисловості як один з основних реагентів для виробництва речовин і матеріалів різного призначення, а також не менш інтенсивно використовують в різних областях

техніки як охолоджуючий агент [2]. Це актуалізує розроблення надійних методів і засобів швидкого діагностування витоків цієї екологічно небезпечної речовини в довіділля.

На рис. 1 представлено блок-схему розробленого ОЕСТ. Блок відбору проби транспортує амоніак від наскрізного дефекту до хімічного сенсора, внаслідок чого змінюються інформативні ознаки поверхні сенсора. Оптоелектронний блок реєстрації зміни інформативних ознак сканує поверхню сенсора в режимі відбиття світла, перетворює інформативні ознаки оптичного зображення поверхні сенсора в електричні сигнали та здійснює підготовку сигналів для подальшого оброблення. Вихідні сигнали від цього блоку надходять до пристрою оброблення зображення поверхні сенсора (персонального комп'ютера), де оброблюються за допомогою спеціально створеного на базі Matlab 7 [3] програмного забезпечення. Останнє дає змогу спостерігати за процесом зміни інформативних ознак поверхні хімічного сенсора в режимі реального часу, захоплювати зображення поверхні сенсора в необхідний момент часу для його подальшого порівняльного аналізу з попередньо створеною в банку даних програми опорною моделлю (з початковим станом зображення поверхні сенсора до впливу на неї амоніаку або зі станом зображення поверхні сенсора після впливу на неї амоніаку певної концентрації) й видавати сигнал про наявність

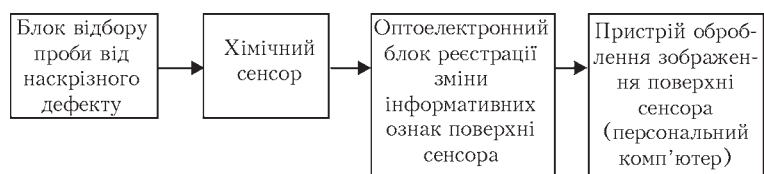


Рис. 1. Блок-схема оптоелектронного сенсорного течошукача

витоку амоніаку крізь дефект або про те, що величина витоку амоніаку перевищує допустиму норму.

Амоніак як окремо взята хімічна речовина надійно детектується рядом кислотно-основних індикаторів, зокрема кислотними індикаторами, що належать до групи сульфоталеїнів [4]. При цьому перебіг оборотної реакції амоніаку з такими індикаторами супроводжується зміною кольору останніх у видимій області спектру. Тому цілком доречним є використання кислотно-основного індикатора з відповідними характеристиками як основного компонента хімічного сенсора на амоніак та зміни кольору й інтенсивності забарвлення оптичного зображення поверхні сенсора як інформативних ознак.

При виборі якісного складу хімічного сенсора на амоніак як первинного перетворювача течошукача та методики виготовлення сенсора керувались такими вимогами:

- колір поверхні сенсора при контакті з амоніаком має змінюватись контрастно, а після вилучення амоніаку з реакційної зони сенсор має відновлюватись до початкового стану;
- інтенсивність забарвлення поверхні сенсора в присутності амоніаку повинна змінюватись пропорційно його концентрації;
- вплив температури й вологості повітря на характеристики сенсора має бути мінімальним;
- підкладка сенсора має бути проникною для амоніаку.

З урахуванням перших трьох вимог як основний компонент для хімічного сенсора на амоніак обрано кислотно-основний індикатор бромкрезоловий зелений спирторозчинний (ІБКЗС), який через різку зміну кольору й велику інтенсивність забарвлення в присутності амоніаку є одним з найбільш ефективних реагентів для детектування цієї речовини. Інтервал контрастного переходу кольору зазначеного індикатора знаходиться в межах від рН 3,8 (жовтий колір кислотної форми) до рН 5,4 (синій колір основної форми). Максимум поглинання жовтого кольору спостерігається при довжині хвилі біля 442 нм, а синього кольору – при довжині хвилі 620 нм, причому інтенсивність максимуму смуги поглинання при цій довжині хвилі зростає пропорційно зсуву значення рН в лужну область. Як і для більшості кислих індикаторів, що належать до групи сульфоталеїнів, зміна температури аж до 100 °С мало впливає на інтервал переходу кольору ІБКЗС. Крім того, він помірно розчинний у воді [5].

З урахуванням четвертої вимоги як підкладку для хімічного сенсора на амоніак обрано тонку (біля 0,2 мм) бавовняну вибілену тканину типу бязі з поверхневою щільністю біля 130 г/м<sup>2</sup> і проникністю для повітря біля 100 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с [6].

Щоб одержати хімічний сенсор, згадану підкладку за методикою, що детально описана в роботі [7],

спочатку обробляли розчином мінеральної кислоти до досягнення нейтральної реакції водної витяжки, промивали дистильованою водою, сушили до видалення води, просочували розчином ІБКЗС, а потім сушили до вилучення розчинника.

Основною складовою оптоелектронного блоку реєстрації зміни інформативних ознак поверхні сенсора слугує кольорова веб-камера моделі А4ТЕСН РК-730 МІ з власним кільцевим світлодіодним освітлювачем як джерелом білого світла. Реєстрація цим оптоелектронним блоком зміни кольору поверхні хімічного сенсора при впливі на нього амоніаку або в процесі відновлення сенсора до початкового стану здійснюється шляхом вимірювання веб-камерою *R* (червоної), *G* (зеленої) та *B* (блакитної) компонент відбитого від поверхні сенсора світла (на довжинах хвиль 700, 546 та 436 нм відповідно). За допомогою спектральних фільтрів, вбудованих у веб-камеру, остання видає в послідовному форматі на пристрій оброблення зображення поверхні сенсора (комп'ютер) три вихідні цифрові сигнали, які відповідають саме *R, G, B*-складовим відбитого світла.

Задля зменшення впливу на відгук хімічного сенсора нерівномірності розподілу по його поверхні світлового потоку, а також апаратних шумів (шумів веб-камери й джерела світла) розроблене програмне забезпечення визначає величину відгуку сенсора із застосуванням фазового методу комп'ютерного оброблення кольорового зображення поверхні зразка, який базується на понятті кольору як вектора й тому дозволяє визначати кутове положення вектора кольору в тривимірному *R, G, B*-просторі [8]. Згідно цього підходу зміни інтенсивностей складових світлового потоку, відбитого від поверхні зразка, зазвичай варіюються, однак їх співвідношення, що відповідає певному кольору поверхні, залишається практично незмінним. Відтак розташування вектора кольору в тривимірному *R, G, B*-просторі можна представити як:

$$\cos \alpha_R = \frac{R}{L}; \quad \cos \beta_G = \frac{G}{L}; \quad \cos \gamma_B = \frac{B}{L},$$

де  $\alpha_R, \beta_G, \gamma_B$  – кутове положення вектора кольору відносно осі *R, G* або *B* відповідно; *R, G, B* – амплітудні значення компонент вектора кольору;  $L = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2}$  – абсолютне значення вектора кольору.

За інтегральний відгук розробленого хімічного сенсора на вплив амоніаку в подальшому приймали відхилення кутового положення вектора кольору поверхні сенсора від його початкового стану (до впливу на сенсор амоніаку), яке розраховували за формулою:

$$\Delta S = \sqrt{\left[ \frac{R_1}{L_1} - \frac{R_0}{L_0} \right]^2 + \left[ \frac{G_1}{L_1} - \frac{G_0}{L_0} \right]^2 + \left[ \frac{B_1}{L_1} - \frac{B_0}{L_0} \right]^2}, \quad (1)$$

де індекси 0 і 1 відповідають початковому та поточному стану поверхні сенсора (до і після впливу на сенсор амоніаку відповідно).

Досягти високої селективності хімічного сенсора за умов використання в його складі кислотно-основного індикатора як основного компонента практично неможливо. Тому для захисту розробленого сенсора від контакту з речовинами лужної природи, які можуть міститись в повітрі промислової зони й потенційно здатні впливати на сенсор, блок відбору проби амоніаку від наскрізного дефекту до хімічного сенсора виконано у виді аеродинамічного пристрою – безконтактного щупа зі струминною завісою, конструкція якого детально описана в роботі [9].

На рис. 2 у частковому розрізі схематично зображено розроблений безконтактний щуп зі струминною завісою в поєднанні з хімічним сенсором та оптоелектронним блоком. Як видно з цього рисунка, щуп складається з порожнистого корпусу 1, в нижній частині якого виконано центральний отвір 2 для введення проби амоніаку, що проникає крізь наскрізний дефект 3 стінки конструкції 4, до порожнини корпусу 1. Концентрично центральному отвору 2 для введення проби виконано кільцевий колектор 5, а нижче колектора 5 розташована кільцева порожнина 6. Кільцевий колектор 5 та кільцева порожнина 6 пневматично з'єднані між собою каналами 7, що рівномірно розташовані по колу. Крім того, кільцева порожнина 6 має наскрізний вихід у виді кільцевого щілинного сопла 8. Для виведення проби амоніаку з порожнини корпусу 1 передбачено струминний насос 9. В порожнині корпусу 1 закріплено хімічний сенсор 10. Проба амоніаку підводиться безпосередньо до сенсора 10 через патрубок 11. Над

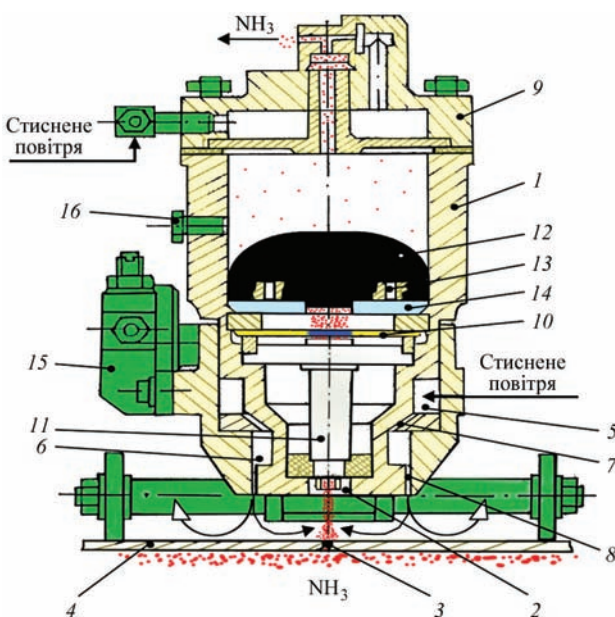


Рис. 2. Схематичне зображення безконтактного щупа зі струминною завісою в поєднанні з хімічним сенсором та оптоелектронним блоком (позначення див. текст)

сенсором 10 розташована згадана веб-камера 12 з власним кільцевим світлодіодним освітлювачем 13. Для рівномірного розподілу світла по поверхні сенсора 10 між ним та кільцевим світлодіодним освітлювачем 13 розміщено розсіювач світла 14. Для регулювання витрат газу, що потрапляє до струминного насосу 9, щуп забезпечений голчастим краном 15. Технологічний отвір в стінці корпусу 1, що закритий заглушкою 16, слугує для вимірювання тиску й концентрації амоніаку в порожнині корпусу 1 та для видалення аналіту з порожнини корпусу при попередній підготовці щупа до роботи. Щуп додатково оснащений не зображеними на цьому рисунку жорстко з'єднаною з корпусом 1 рукояткою й з'єднаним з цією рукояткою засобом еквідистантного переміщення щупа відносно поверхні стінки конструкції 4 на основі регульованого по висоті паралелограмного механізму.

При детектуванні ОЕСТ витоків амоніаку крізь наскрізні дефекти щуп встановлювали на поверхню стінки 4 (рис. 2) конструкції над місцем її з'єднання (наприклад, над зварним швом) та за допомогою паралелограмного механізму відводили його на певну відстань від поверхні й фіксували в цьому положенні. До кільцевого колектора 5 щупа подавали очищене (з балона) стиснене повітря, яке крізь канали 7 поступало до кільцевої порожнини 6, а з неї – до кільцевого щілинного сопла 8. Витікаючи крізь це сопло, стиснене повітря утворювало кільцевий струмінь, який, взаємодіючи з поверхнею стінки 4 конструкції, приймав на межі з нею форму віялового струменя, як схематично показано на рисунку. Як наслідок, між торцем щілинного сопла 8 і поверхнею стінки 4 конструкції створювався тиск дещо більший за атмосферний та утворювався тороїдний вихор з лініями течії, що направлені до центрального отвору 2. У разі, коли при переміщенні щупа над з'єднанням стінки конструкції наскрізний дефект потрапляв у внутрішню зону кільцевого струменя, амоніак, що проникав крізь дефект, захоплювався тороїдним вихором, під дією перепаду тиску транспортувався по патрубку 11 до сенсора 10, а потім вилучався з порожнини щупа струминним насосом 9. Таким чином, кільцева частина струменя повітря слугувала струминною завісою навколо центрального отвору 2 й унеможливила зв'язок порожнини щупа, де містився хімічний сенсор, з атмосферою. Віялова ж частина струменя повітря за умов розташування щупа над місцем витoku амоніаку (над наскрізним дефектом) слугувала засобом транспортування проби аналіту від дефекту до хімічного сенсора, а при розташуванні щупа над бездефектною ділянкою поверхні стінки конструкції, коли сенсор перебував в режимі обдування тільки повітрям, – засобом примусового відновлення поверхні сенсора до початкового стану.

Задля визначення величин максимальних інтегральних відгуків сенсора на вплив амоніаку різних концентрацій ОЕСТ попередньо тестували, продуваючи порожнину його щупа стисненими (надлишковий тиск порядку  $10^3$  Па) повітряно-амоніачними газовими сумішами з різним вмістом аналіту. Дослід повторювали тричі, дотримуючись однієї температури й кожний раз використовуючи сенсор з іншої партії. Одержані результати представлено на рис. 3.

Як видно з рисунка, характер залежностей, одержаних для трьох хімічних сенсорів, узятих з різних партій, схожий, хоча спостерігаються й деякі відмінності, які, вочевидь, обумовлені незначною різницею в складі й структурі зразків бавовняної тканини, що були використані як носії при виготовленні сенсорів. Положисту початкову ділянку залежності на рисунку можна ймовірно пояснити забарвленням поверхні сенсора в проміжній (між жовтим і синім) зеленій колір при впливі на сенсор амоніаку низьких коцентрацій (від 0,1 до 1 ppm). Положисту ж кінцеву ділянку залежності – тим, що при впливі на сенсор амоніаку концентрації 1000 ppm і більше уся індикаторна речовина (ІБКЗС), яка міститься в носії, вступає в реакцію з аналітом. Як свідчить графік, мінімальна концентрація амоніаку, що може бути надійно детектована ОЕСТ, становить 1 ppm.

Примусово продуваючи порожнину щупа очищеним стисненим (надлишковий тиск порядку  $10^3$  Па) повітрям після введення в неї кожної з повітряно-амоніачних сумішей і при цьому реєструючи величину інтегрального відгуку сенсора, визначали час, який необхідний для відновлення сенсора до початкового стану. В результаті було з'ясовано, що при продуванні порожнини щупа повітряно-амоніачними сумішами з вмістом аналіту  $\leq 10$  ppm, а потім очищеним повітрям, час повної релаксації сенсора становить десятки секунд. У разі ж використання газових сумішей з більшим вмістом амо-

ніаку час повної релаксації сенсора після його обдування повітрям істотно (до декількох хвилин) збільшується. На рис. 4 представлено типову поведінку сенсора при його обдуванні повітрям після взаємодії з амоніаком концентрації  $> 10$  ppm.

Звідси можна зробити висновок про те, що ОЕСТ з безконтактним щупом зі струминною завісою в поєднанні з хімічним сенсором на основі ІБКЗС краще використовувати для детектування витоків крізь дефекти конструкцій такої кількості амоніаку, концентрація якого після захоплення аналіту тороїдним вихором і транспортування під дією перепаду тиску до сенсора 10 (рис. 2) не буде перевищувати 10 ppm.

Використовуючи щуп, у якому діаметр щілинного сопла 8 (рис. 2) становив 30 мм і ширина сопла в радіальному напрямку – 0,3 мм та діаметр патрубків 11 – 6 мм, а його довжина – 15 мм, було досліджено, як впливає швидкість витікання повітря зі щілинного сопла на величину інтегрального відгуку хімічного сенсора ОЕСТ. Для цього щуп розташовували на певній відстані від імітатора поверхні стінки конструкції безпосередньо над контрольною течєю з величиною потоку амоніаку порядку  $10^{-4}$  м<sup>3</sup> Па/с, яку було попередньо вбудовано в стінку імітатора. Швидкість витікання повітря зі щілинного сопла щупа варіювали зміною величини надлишкового тиску повітря, яке від балона через редуктор подавали до кільцевого колектора 5 щупа.

Одержані дані представлені на рис. 5. Як видно з цього рисунка, незалежно від відстані щупа до імітатора поверхні, де розташована контрольна теча як джерело витoku амоніаку, найбільша величина відгуку хімічного сенсора ОЕСТ досягається при швидкості витікання повітря зі щілинного сопла щупа біля 30 м/с. Вочевидь це обумовлено тим, що при такій швидкості витікання повітря крізь щілинне сопло з вище зазначеними геометричними параметрами створюються найбільш сприятливі (з

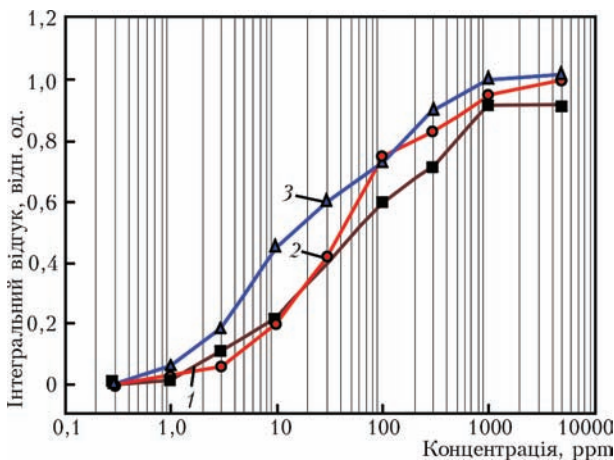


Рис. 3. Залежність інтегрального відгуку хімічного сенсора ОЕСТ від концентрації амоніаку в повітряно-амоніачній газовій суміші, що подається до порожнини безконтактного щупа (температура  $20 \pm 1$  °C)

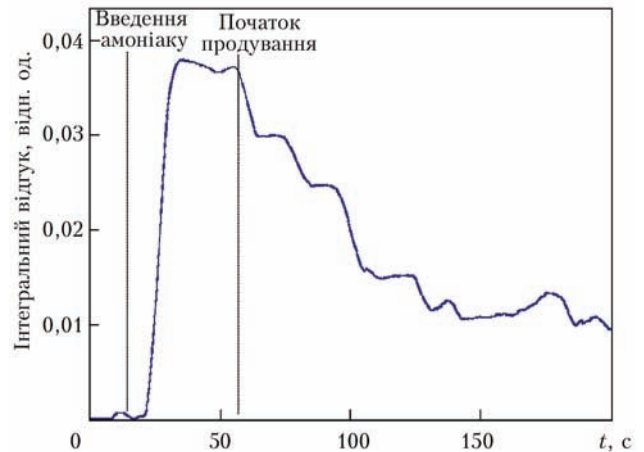


Рис. 4. Типова кінетична крива зміни інтегрального відгуку хімічного сенсора ОЕСТ при продуванні порожнини його щупа спочатку амоніаком концентрації  $> 10$  ppm, а потім повітрям (температура  $20 \pm 1$  °C)

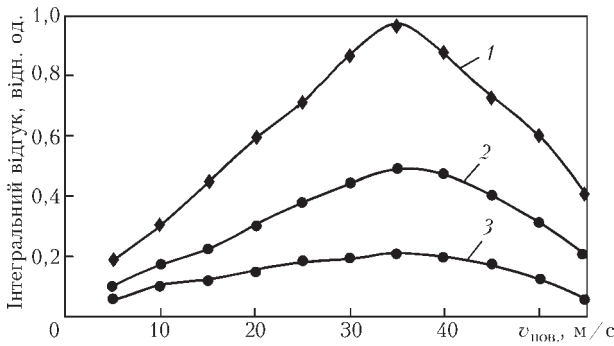


Рис. 5. Залежність інтегрального відгуку хімічного сенсора ОЕСТ від швидкості витікання повітря зі щілинного сопла щупа (відстань щупа від імітатора поверхні з контрольного течю порядку  $10^{-4}$  м<sup>3</sup> Па/с як джерелом витоку амоніаку: 1 – 5 мм; 2 – 3 мм; 3 – 1 мм, температура  $20 \pm 1$  °С)

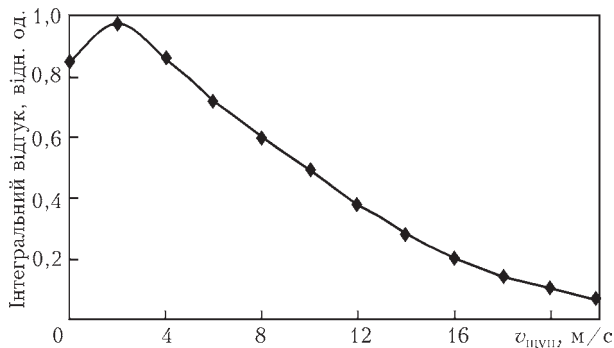


Рис. 6. Залежність інтегрального відгуку хімічного сенсора ОЕСТ від швидкості переміщення щупа відносно імітатора поверхні з наскрізним дефектом порядку  $10^{-4}$  м<sup>3</sup> Па/с при швидкості витікання повітря зі щілинного сопла щупа 30 м/с (температура  $20 \pm 1$  °С)

точки зору аеродинаміки) умови для транспортування аналіту від наскрізного дефекта до сенсора.

Створюючи навколо щупа амоніаквмісну атмосферу, було досліджено, чи достатня ця швидкість витікання повітря зі щілинного сопла щупа щоб забезпечити утворення надійного газового екрану й, як наслідок, унеможливити зв'язок хімічного сенсора з атмосферою. Результати дослідів засвідчили, що 30 м/с – цілком достатня швидкість витікання повітря зі щілинного сопла, при якій сенсор надійно захищений від впливу небажаних складових атмосфери.

На рис. 6 представлено залежність величини інтегрального відгуку хімічного сенсора ОЕСТ від швидкості еквідистантного (на відстані 1 мм) переміщення щупа відносно імітатора поверхні з наскрізним дефектом порядку  $10^{-4}$  м<sup>3</sup> Па/с як джерелом амоніаку при оптимальній швидкості витікання повітря зі щілинного сопла (30 м/с).

Як видно з рис. 6, наскрізний дефект як джерело витоку амоніаку порядку  $10^{-4}$  м<sup>3</sup> Па/с надійно виявляється при швидкостях переміщення щупа ОЕСТ до 25 мм/с.

## Висновки

Використання хімічного сенсора на основі ІБ-КЗС та кольорової веб-камери моделі А4ТЕСН

РК-730 МІ як складових ОЕСТ дозволяє надійно детектувати витоки амоніаку в концентраційному діапазоні від 1 до 10 ppm. Після взаємодії з амоніаком таких концентрацій сенсор швидко (протягом декількох секунд) релаксує до початкового стану. При впливі на сенсор амоніаку більших концентрацій час повної релаксації сенсора істотно збільшується.

Застосування в складі ОЕСТ безконтактного щупа зі струминною завісою дозволяє за рахунок виникнення певних аеродинамічних ефектів унеможливити зв'язок хімічного сенсора з атмосферою, забезпечити регульоване за швидкістю транспортування аналіту від наскрізного дефекту конструкції до хімічного сенсора та пришвидшити релаксацію сенсора до початкового стану.

Роботу виконано за фінансової підтримки комплексної науково-технічної програми НАН України «Сенсорні прилади для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб: метрологічне забезпечення та дослідна експлуатація».

## Список літератури

1. Шмидт Д., Шварц В. (1991) *Оптоэлектронные сенсорные системы*. Пер. с нем. Москва, Мир.
2. Бударин Л. И., Касаев К. С., Наумов В. Н. (1991) *Химические методы испытаний изделий на герметичность*. Киев, Наукова думка.
3. Дьяконов В. П., Абраменкова И. В. (2002) *MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник*. С.-Пб., Питер.
4. Пиккеринг У. Ф. (1977) *Современная аналитическая химия*. Москва, Химия.
5. (1976) *Индикаторы*. Бишоп Э. (ред.). Москва, Мир.
6. ГОСТ 29298-2005 *Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. Общие технические условия*.
7. ТУ У 20.5-05417213-005:2017 *Хімічний оптичний сенсор на аміни*.
8. Хоруженко В. Ю., Вахула О. А., Костюкевич К. В., Кукла О. Л., Самойлова І. О., Христосенко Р. В. (2008) *Колориметричний детектор для аналізу компонентів газових і рідких сумішей*. Україна. Пат. № 84899.
9. Шульженко О. В., Манорик П. А., Посипайко Ю. М., Погоріла Л. М. (2013) *Струминний безконтактний щуп течіоукача*. Україна Пат. № 102457.

## References

1. Shmidt, D., Shvarts, V. (1991) *Optoelectronic sensor systems*. Moscow, Mir [in Russian].
2. Budarin, L.I., Kasaev, K.S., Naumov, V.N. (1991) *Chemical methods of leak testing of products*. Kiev, Naukova Dumka [in Russian].
3. Dyakonov, V.P., Abramenkova, I.V. (2002) *MATLAB. Processing of signals and images: Special Refer. book*. St.-Petersburg, Piter [in Russian].
4. Pikkering, U.F. (1977) *Modern analytical chemistry*. Moscow, Khimiya [in Russian].
5. (1976) *Indicators*. Ed. by E. Bishop. Moscow, Mir [in Russian].
6. GOST 29298-2005: *Fabrics cotton and mixed, domestic. General specification* [in Russian].
7. TU U 20.5-05417213-005:2017: *Chemical optical sensor for amines* [in Ukrainian].
8. Khoruzhenko, V.Yu., Vakhula, O.A., Kostyukovich, K.V. et al. (2008) *Colorimetric detector for analysis of gas and liquid mixture components*. Pat. 84899 Ukraine [in Ukrainian].
9. Shulzhenko, O.V., Manoryk, P.A., Posypayko, Yu.M., Pogorila, L.M. (2013) *Current contactless probe of leak detector*. Pat. 102457, Ukraine [in Ukrainian].

П. А. МАНОРИК<sup>1</sup>, А. В. ШУЛЬЖЕНКО<sup>1</sup>, А. Л. КУКЛА<sup>2</sup>,  
А. Н. ФЕДЧЕНКО<sup>2</sup>, Ю. Н. ПОСИПАЙКО<sup>3</sup>, В. Н. ГРЕБЕН-  
НИКОВ<sup>1</sup>, С. А. СОТНИК<sup>1</sup>

P.A. MANORIK<sup>1</sup>, O.V. SHULZHENKO<sup>1</sup>, O.L. KUKLA<sup>2</sup>, O.M.  
FEDCHENKO<sup>2</sup>, Yu.M.POSYPAIKO<sup>3</sup>, V.M.GREBENNIOV<sup>1</sup>,  
S.O.SOTNIK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физической химии им. Писаржевского НАН  
Украины. 03028, г. Киев, просп. Науки, 31.

<sup>1</sup>L.V.Pisarzhevskii Institute of Physical Chemistry of the NAS of  
Ukraine, 31, Nauki Ave., 03028, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкарева  
НАН Украины. 03028, г. Киев, просп. Науки, 41.

<sup>2</sup>V.E.Lashkarev Institute of Semi-Conductor Physics of the NAS  
of Ukraine, 41 Nauki Ave., 03028, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03150, г. Киев,  
ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

<sup>3</sup>E.O.Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine, 11  
Kazimir Malevich str., 03150, Kiev.  
E-mail: office@paton.kiev.ua

### ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ СЕНСОРНЫЙ ТЕЧЕИСКАТЕЛЬ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ УТЕЧЕК АММИАКА

### OPTOELECTRONIC SENSOR LEAK DETECTOR FOR DETECTION OF AMMONIA LEAKS

Разработан портативный оптоэлектронный сенсорный тече-  
искатель для детектирования утечек аммиака через сквозные  
дефекты промышленных объектов, химический сенсор  
и аэродинамическое устройство для транспортировки пробы  
аналита от дефекта к сенсору как составляющие прибора.  
Выявлено на основе анализа результатов исследований, что  
прибор способен надежно детектировать концентрации амми-  
ака порядка 1 ppm, эффективно функционирует в диапазоне  
концентраций аммиака 1...10 ppm. Определены оптимальные  
условия, при которых целесообразно эксплуатировать прибор.  
Библиогр. 9, рис. 6.

A portable optoelectronic leak detector for detection of ammonia  
leaks through the through-thickness defects in industrial facilities,  
chemical sensor and aerodynamic device for transportation of  
analyte sample from the defect to the sensor, as the instrument  
component, were developed. Proceeding from analysis of research  
results, it was found that the instrument is capable of reliably  
detecting ammonia concentrations of the order of 1 ppm, and  
effectively functions in the range of ammonia concentrations of  
1 – 10 ppm. Optimum conditions were determined, under which  
it is rational to operate the instrument. 9 References, 6 Figures.

Ключевые слова: оптоэлектронный сенсорный течеискатель, ам-  
миак, утечка, детектирование

Keywords: optoelectronic sensor leak detector, ammonia, leaks,  
detection

Надійшла до редакції  
30.05.201

### СЕРТИФИКАТ

Компания **ООО «ТМ. ВЕЛТЕК»** получила на трехлетний период Сертификат  
одобрения производителя сварочных материалов в соответствии с VdTUV-Merkblatt  
Schweißtechnik 1153:2012.

В Сертификате отмечено, что компания **ООО «ТМ. ВЕЛТЕК»** предоставила  
неопровержимые доказательства соответствующего применения своих цеховых  
процедур по гарантированию качества производимых сварочных материалов. Ин-  
спекция была проведена представителем TÜV Rheinland Industrie Service GmbH.

Получение сертификата — еще один важный шаг по расширению поставок  
порошковых проволок отечественного производства на зарубежные рынки.



### Электроды ПАТОН™ сертифицированы для продажи в Европе

Опытным заводом **ИЭС им. Е.О. Патона** успешно завершен процесс  
сертификации сварочных электродов **ПАТОН™** для рынка Европы.

Наличие сертификата **CE** юридически подтверждает тот факт, что ка-  
чество, рабочие характеристики, экологичность и безопасность электродов  
**ПАТОН™** соответствуют всем необходимым требованиям со стороны  
европейского рынка и предоставляет возможность Заводу беспрепят-  
ственно поставлять данную продукцию в 25 стран Единой Экономической  
Зоны, а также в страны, признающие европейскую сертификацию.

Получение сертификата **CE** — еще один важный этап реали зации  
стратегии **ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона** по развитию бренда и расширению  
поставок высококачественных сварочных материалов отечественного  
производства на зарубежные рынки.

