



УДК 621.3.049.77:502.3+504.5

RESEARCH ON THE POTENTIAL USE OF USING SENSORS TO MEASURE AIR IMPURITIES

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ СЕНСОРІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ВМІСТУ ДОМІШОК В ПОВІТРІ

Nemchenko Y.V. / Немченко Ю.В.*s.p.n., as., prof. / к.пед.н., доцент.*

ORCID: 0000-0001-5081-3163

Kuchmenko O.M. / Кучменко О.М.*s.p.n. /к.пед.н..*

ORCID: 0009-0004-0629-4158

*Mykhailo Dragomanov State University of Ukraine,**Kyiv, Pirogova, 9, 01601**Український державний університет ім. Михайла Драгоманова,**Kiїв, Пирогова, 9, 01601*

Анотація. В роботі розглядається проблема наявності та негативного впливу домішок у повітрі на безпеку та здоров'я людини. Проаналізовано джерела забруднення, існуючі підходи до оцінки рівня забруднення повітря. Зазначено, що сучасні електронні компоненти дозволяють створити прилади високої якості для оперативного моніторингу складу повітря у реальному часі та забезпечують відкритий доступ до результатів вимірювання. Встановлено, що в залежності від спектру аналізованих газів можуть використовуватися датчики різних типів. Досліджено пріоритети застосування окремих датчиків для оцінки рівня концентрації забруднюючих домішок в повітрі.

Ключові слова: якість атмосферного повітря, сенсор, газоаналізатор, відкриті мережі даних.

Атмосферне повітря в своєму складі містить 78,09 % азоту, 20,95 % кисню, та незначну кількість домішок природного та штучного походження, які за агрегатним станом поділяються на тверді, рідкі та газоподібні. За даними Всесвітньої організації здоров'я, у 2019 році 99% населення планети проживало в районах де рівень забруднення атмосферного повітря перевищував гранично допустимі значення, а рівень передчасної смертності з цієї причини становив 9 мільйонів людей [1]. Забруднення обумовлено потраплянням у повітряний простір хімічно-активних шкідливих газів та твердих часток різної форми і розміру. Джерелами надходження шкідливих домішок є автотранспорт, паливно-енергетичні та промислові підприємства, побутові забруднювачі.

Непрямим показником рівня забруднення атмосферного повітря прийнято вважати концентрацію твердих часток (пил) у повітрі. Атмосферний пил – це



сукупність завислих у повітрі дрібних частинок, здатних у безвітряну погоду осідати на поверхню Землі. Навіть низький рівень концентрації дрібних частинок в повітрі негативно впливає на здоров'я людини. Серйозну загрозу для здоров'я людини становлять і біологічно активні гази, такі як приземний озон (O_3), оксиди азоту (NO , N_2O_3 , NO_5 , N_2O_4), діоксид сірки (SO_2), вуглеводні (леткі сполуки), формальдегід, сполуки свинцю та ін. Найбільшим забруднювачем повітря на сьогодні є автомобільний транспорт.

На державному рівні визнано, що атмосферне повітря є одним із основних життєво важливих елементів навколишнього природного середовища. Серед завдань вказано на необхідність здійснювати роботу по збереженню та відновлення природного стану атмосферного повітря, що сприяє формуванню умов для життєдіяльності, забезпеченню екологічної безпеки та запобігає шкідливому впливу атмосферного повітря на здоров'я людей та навколишнє природне середовище [2]. На державному рівні моніторинг якості атмосферного повітря здійснюється Українським гідрометеорологічним центром [3] у 53 містах і територіях. З цією метою використовують 162 стаціонарних пости спостереження. Заміри здійснюються за базовими показниками [4], а результати оприлюднюються з часовими затримками, що ускладнює процес оперативного реагування на потенційно загрозливі ситуації. Аналіз оприлюднених даних спостережень свідчить, що найкраще оснащені пости спостереження здійснюють контроль за кліматичними характеристиками повітря (*температура, відносна вологість та атмосферний тиск*), рівнем запиленості повітря ($PM1$; $PM2,5$; $PM10$) та концентрацією в повітрі таких газів як: *оксид азоту* (NO), *діоксид азоту* (NO_2), *вуглекислий газ* (CO_2), *приземний озон* (O_3), *сірководень* (H_2S), *діоксида сірки* (SO_2) та *формальдегід* (CH_2O). Більшість станцій обмежуються лише визначенням кліматичних показників та фіксують рівень запиленості за індексом $PM2,5$. Станції моніторингу, як правило зосереджені в індустріально розвинених районах, залишаючи поза увагою інші території. Проте відсутність промислових об'єктів на території не гарантує дотримання якісних показників повітря, оскільки забруднюючі домішки разом з повітряними масами можуть



переміщуватися на достатньо великій відстані.

Окремої уваги заслуговує проблема контролю складу повітря в приміщеннях. В більшості випадків це прерогатива відділів охорони праці, які досліджують склад повітря в робочій зоні з урахуванням наявності джерел забруднення повітря шкідливими домішками. В інших випадках, якість повітря та присутність забруднюючих домішок не досліджують взагалі. Проте присутність людини в приміщенні вже впливає на зміну складу повітря. Наприклад в лекційних аудиторіях (офіс) склад повітря протягом робочого дня змінюється, а саме знижується вміст кисню та зростає вміст вуглекислого газу. Це впливає на рівень працездатності студентів (працівників), а в деякі періоди сприяє поширенню хвороботворних мікробів.

Використовуючи досягнення сучасної мікропроцесорної техніки створено умови для виготовлення порівняно дешевих та водночас якісних приладів для виявлення забруднювачів та оцінки якості повітря. Такі прилади оснащені необхідними комплектами сенсорів забезпечують якісні вимірювання. Доступність таких пристроїв широким масам людей дозволяє збільшити щільність розташування станцій вимірювання та заповнити прогалини моніторингу якості повітря в системі державних установ. Громадські організації, природоохоронні активісти, дослідники, вчені та окремі аматори, які за твердженням міжнародних спостережних організацій забезпечують більшу половину даних про стан атмосферного повітря [5]. Сучасні комунікаційні мережі забезпечують надійний обмін даними між учасниками міжнародної геоінформаційної системи контролю за якістю атмосферного повітря в реальному часі, накопичення даних про результати вимірювань та сповіщення про потенційні загрози в реальному часі [5, 6]. Чат-боти інформують про загрозову ситуацію, що знижує ризики негативного впливу шкідливих домішок у повітрі на самопочуття та здоров'я людини.

Створення електронних пристроїв безпосередньо пов'язане із реалізацією апаратно-програмного комплексу на основі яких створюються прості електронні пристрої, прилади, системи та реалізуються прототипи для автоматизації та



роботизації процесів. Для реалізації багатьох проектів створено сенсори спеціального призначення. Вони приєднуються до аналогових або цифрових портів, а отриманий сигнал змінює алгоритм роботи програми. Аналоговий сигнал дозволяє оцінити кількісні характеристики контрольованої величини, цифровий – дозволяє лише встановити присутність у повітрі відповідного газу. Створюючи пристрій можна використати як самі сенсори так і зібрані на їх основі модулі, які мають необхідну обв'язку і відкалібровані в заводських умовах, забезпечуючи точних результати вимірювань.

Для оцінки хімічного складу повітря широко використовуються сенсори і серії MQ та модулі побудовані на їх основі. Принцип роботи сенсорів базується на електрохімічному методі, тобто під впливом газів змінюється електричний опір чутливого шару. В структуру сенсора входить нагрівальний елемент, який підтримує в корпусі пристрою відповідну температуру. Нагрівши повітря до визначеної температури молекули газів набувають необхідної активності і взаємодіють з поверхнею чутливого шару. За звичай, чутливий шар це оксид металу який під час взаємодії з досліджуванним газом пропорційно до його концентрації змінює величину опору. Електронна схема вимірюючи зміну величини опору перетворює її у електричний сигнал, який обробляє мікроконтролер. Спостерігається пряма залежність між концентрацією газу та величиною опору: чим більша концентрація досліджуваного газу, тим більше змінюється величина опору. Оскільки для роботи сенсора слід попередньо розігріти повітря, то спостерігається часова затримка до початку виконання вимірювань. Сенсори даної серії реагують одночасно на групу газів, що ускладнює процес ідентифікації газу на який відбулась реакція. З часом чутливість сенсорів може знижуватися, що потребує періодичного контролю точності вимірювань.

Використання сенсорів MQ-серії у вигляді модулів спрощує процес монтажну та підготовки до роботи. За допомогою потенціометра можна відкалібрувати поріг чутливості. Кожен із сенсорів MQ-серії більш чутливий до певної групи газів. Пріоритетність застосування наведено в таблиці 1.


Таблиця 1 - Чутливість датчиків серії MQ до присутності газів в повітрі

№	Тип модуля	Найкраща чутливість до...
1	MQ-2	Чутливий до наявності диму та горючих газів
2	MQ-3	Чутливий до наявності парів алкоголю
3	MQ-4	Чутливий до присутності природного газ та метану
4	MQ-5	Чутливий до LPG газів та до побутового газу
5	MQ-6	Чутливий до присутності скрапленого газу (LPG), ізобутану і пропану
6	MQ-7	Чутливий до присутності чадного газу (CO), а також водню (H ₂).
7	MQ-8	Чутливий до присутності водню (H ₂) і коксового газу
8	MQ-9	Чутливий до присутності чадних газів (CO + CNG - CO + LPG)
9	MQ-131	Чутливий до присутності приземного озону (O ₃)
10	MQ-135	Використовуються для оцінки якості повітря в закритих об'ємах повітря таких як кімнати, зали і офісів. Чутливий до до присутності NH ₃ , NO _x , спирти, бензол, дим, CO ₂ та ін.

Для визначення концентрації летких органічних газів, таких як етанол, аміак, сульфід, бензол а також рівень задимленості використовують датчики з групи **TVOC**. До них належить датчик **MICS5524** для визначення присутності таких газів як етанол, чадний газ (CO), водень (H₂), аміак (NH₃) і паливних газів таких як метан, бутан, ізопропан. Проте датчик лише сигналізує наявність цих газів і не вказує який саме газ присутній в повітрі. Для визначення їх концентрації використовують інші сенсори.

Високопродуктивний датчик **AGS02MA** дозволяє виявити присутність та визначити концентрацію етанолу, аміаку, сульфідів, парів бензолу, диму. Він оснащений чіпом ASIC, в якому використовується спеціальна технологія виявлення та аналізу газу. Датчик має гарну продуктивність, високу надійність, довготривалу стабільність, низьке енергоспоживання та високу чутливість. Датчик калібрується та тестується на виробництві. Для обміну даними датчик оснащений цифровим інтерфейсом I2C.

Для оцінки концентрації таких газів як формальдегід, бензол, окис вуглецю, аміак, водень, алкоголь, сигаретний дим та ароматизатори використовують датчик **ZP07-MP503-4**. Після встановлення, налагодження та калібрування модуль має надзвичайно високу чутливість.



Отже, за результатами проведеного дослідження нами встановлено що стан здоров'я людини, стійкість екосистеми в значній мірі залежить від якості атмосферного повітря. Моніторинг якості атмосферного повітря дозволяє вчасно виявити забруднювач, встановити його концентрацію у повітрі та вибудувати план дій по локалізації забруднення повітря та по захисту людини. Розвиток електроніки та широка доступність компонентів дозволяє забезпечити виготовлення недорогих пристроїв, які в автоматичному режимі забезпечать постійний моніторинг складу повітря у місцях перебування людини, вчасно сигналізуючи про появу загрози для здоров'я людини.

Література:

1. Якість атмосферного повітря. Офіційний сайт Всесвітньої організації охорони здоров'я. Електронний ресурс. Адреса доступу: (URL: <https://automotive.yodify.com/Documentation/Document/xnQvdZ/AQT400-Configuration-Guide-in-English-M212059EN-B.pdf>)
2. Закон України «Про охорону атмосферного повітря. Електронний ресурс. Адреса доступу: (URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>)
3. Український гідрометеорологічний центр. Електронний ресурс. Адреса доступу: (URL: <https://www.meteo.gov.ua/>)
4. Що таке індекс якості повітря ? Електронний ресурс: Адреса доступу: (URL: <https://nubip.edu.ua/node/80156/>)
5. Немченко, Ю., Кучменко, О., & Компанець, Е. Роль моніторингових системи оцінки якості атмосферного повітря у формуванні безпечного життєвого середовища. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 2 (27-02), 19–25. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-27-02-036>
6. Немченко Ю.В. Елементна база розбудови моніторингової системи оцінки якості атмосферного повітря Theoretical and practical aspects of modern scientific research: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ»with Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference, Seoul, January 24, 2025. Seoul-Vinnytsia: Case Co., Ltd.& UKRLOGOS Group LLC, 2025.



Abstract. *The paper addresses the issue of the presence and negative impact of impurities in the air on human safety and health. The sources of pollution and existing approaches to assessing air pollution levels are analyzed. It is noted that modern electronic components enable the creation of high-quality devices for real-time air composition monitoring and provide open access to measurement results. It has been established that depending on the spectrum of analyzed gases, sensors of different types can be used. The priorities of using specific sensors to assess the concentration levels of air pollutants are examined.*

Keywords: *air quality, sensor, gas analyzer, open data networks.*

Стаття надіслана: 26.01.2025 р.

© Немченко Ю.В.