

УДК 636.92:63.005.56

ОБҐРУНТУВАТИ ВИКОРИСТАННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Небилиця М.С., кандидат с.-г. наук, завідувач відділу

Бойко О.В., кандидат с.-г. наук, директор

Черкаська дослідна станція біоресурсів НААН

Обґрунтовано використання автоматизованої системи моніторингу мікроклімату приміщень, на основі застосування нових мікропроцесорів і датчиків та важливість контролю показників мікроклімату тваринницьких приміщень закритого типу. Це стосується, зокрема, нової технології утримання тварин, яка передбачає збільшення щільності розміщення поголів'я.

Огляд літературних даних свідчить про те, що в сільському господарстві України необхідно вивести на ринок сучасні інноваційні системи будівництва і технологічного забезпечення із залученням сучасних мікропроцесорних контрольно-вимірювальних систем і приладів. Аналіз існуючих приладів для збору, накопичення та обробки інформації про мікроклімат приміщень свідчить про те, що вони не відповідають сучасним вимогам моніторингу. Нині існуючі на ринку автоматизовані системи мікрокліматичного моніторингу є занадто дорогими. Впровадження зарубіжних систем вимагає значних разових грошових затрат при закупівлі. Крім того, вони будуть потребувати подальших щорічних експлуатаційних затрат, що є неприйнятним за сучасних складних економічних умов вітчизняних товаровиробників.

Отже, наразі на ринку України відсутні спеціалізовані портативні вимірювальні системи вітчизняного виробництва для комплексного моніторингу параметрів повітряного середовища тваринницьких приміщень. У зв'язку з цим, науковцями Черкаської ДСБ НААН розроблено сучасну контрольно-вимірювальну систему – аналізатор повітряного середовища електронний (АПСЕ). Основною частиною якої виступає мікроконтролер. Вона розрахована на одночасне вимірювання ряду показників: освітленості, температури, відносної вологості, атмосферного тиску, запиленості, шумового навантаження та забруднюючих газів CO₂, NH₃, H₂S, CH₄.

Результати вимірювань зберігаються в незалежній пам'яті вимірювальних блоків і блоку управління, можуть бути передані дистанційно. Середньодобові показники мікроклімату за трьома точками приміщення і четвертою зовнішнього довкілля, обробляються і аналізуються згідно розроблених методичних рекомендацій. Розроблено програмне забезпечення для розміщення інформації з моніторингу показників мікроклімату на вебсайт Інтернетресурсу з подальшим накопиченням інформації й можливістю її статистичної обробки та графічного аналізу.

Для моніторингу вищезазначених параметрів мікроклімату, вимірювальна система АПСЕ-7 може замінити не менше 17 одиниць відомих метеорологічних і

газоаналітичних приладів на загальну суму приблизно 408 000 грн., що більше проти АПСЕ майже в 5,1 рази. Крім того, АПСЕ за своїми технічними характеристиками може замінити чотири сучасні портативні електронні газоаналізатори «Еколаб» на суму 522 720 грн., що більше в понад 6,5 рази. Вона дає можливість оперативно здійснювати оцінку санітарно-гігієнічних умов утримання тварин для прийняття відповідних управлінських рішень щодо ефективності роботи систем обігріву/охолодження і вентиляції приміщень впродовж добового періоду за сезонами року.

Ключові слова: засоби вимірювальної техніки, моніторинг, тваринницькі приміщення, параметри, мікроклімат.

Актуальність. В умовах переведення тваринництва на індустріальну основу доводиться особливо уважно оцінювати всі фактори, що впливають на живі організми. Забезпечення тварин комфортними умовами дозволяє найбільш повно використовувати потенційні продуктивні якості тварин, зумовлені їх спадковістю. Але специфічні особливості новітньої технології - концентрація поголів'я і збільшення щільності його розміщення - призвели до зниження площі та об'єму приміщень у розрахунку на одну тварину. Це підвищує відповідальність проєктувальників, будівельників і технологів стосовно забезпечення оптимальних умов утримання поголів'я.

У зв'язку з цим, необхідно розробити сучасну науково-нормативну базу проєктування енергоефективних тваринницьких приміщень, здійснити термомодернізацію існуючих будівель, вивести на український аграрний ринок сучасні інноваційні системи будівництва, контролю мікроклімату і технологічного забезпечення.

Підвищення ефективності виробництва тваринницької продукції можна досягти за допомогою комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів із

залученням сучасних мікропроцесорних контрольно-вимірювальних систем і приладів. Адже без них неможливо одержати об'єктивну й точну інформацію про характеристики мікроклімату виробничих приміщень, забезпечити контроль (за ефективністю роботи систем вентиляції, обігріву та охолодження), облік і раціональне розподілення енергоносіїв тощо.

Застосування сучасної розподіленої системи моніторингу параметрів мікроклімату тваринницьких приміщень сприятиме зростанню продуктивності тварин і виробництву якісної екологічно безпечної продукції. Сама система має бути повністю автоматизованою та проводити безперервний контроль стану мікроклімату приміщень і забезпечувати технологам доступ до результатів аналізу, за наявності Інтернету, для оперативного прийняття управлінських рішень.

Мета досліджень – обґрунтувати використання автоматизованої системи моніторингу мікроклімату приміщень, на основі застосування нових мікропроцесорів і датчиків, для оптимізації роботи систем вентиляції, обігріву та охолодження тваринницьких приміщень за сезонами року.

Постановка проблеми та шляхи її вирішення. За даними Скрипник М.М., Коваль В.О. при розробці нових приладів і вимірювальних систем за основу необхідно брати блочно-модульний принцип, тому що використовуючи стандартні вузли, можна створювати вимірювальні системи будь-якої складності, надавати їм нові функціональні можливості [1]. Особливого поширення набув цей принцип завдяки бурхливому розвитку мікроелектроніки і широкому використанню у вимірювальній техніці новітніх мікропроцесорів і датчиків. На базі системотехнічного принципу мінімізації номенклатури і блочно-модульного принципу компоновки приладів сформульовано принцип агрегатної побудови більш складних пристроїв і систем методом їх об'єднання, під яким розуміють забезпечення конструктивної сумісності виробів Державної системи промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП) без допоміжних блоків з'єднання. Отже, агрегатний принцип побудови систем вимірювання

є найбільш прогресивним, тому що він дає можливість споживачу при мінімальних затратах компоновати будь-яку потрібну структуру з набору модулів і блоків, які серійно випускає промисловість [2]. Класифікацію виробів Державної системи промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП) наведено на схемі (Рис. 1).

Структурна схема вимірювальної системи в загальному вигляді включає такі складові: чутливий елемент, первинний вимірювальний перетворювач (датчик), проміжний перетворювач (вимірювальний чи зрівняльний перетворювач), лінію зв'язку, функціональний перетворювач і пристрій для збереження і видачі інформації (покажчик, дисплей, карта пам'яті, принтер). Розробка та експлуатація вимірювальних систем повітряного середовища приміщень, які мають у своєму складі газоаналізатори, вимагає обов'язкового градуювання їх датчиків з використанням газових сумішей.

ВИБІР ДСП ЗА КЛАСИФІКАЦІЙНИМИ ОЗНАКАМИ

За виконуваними функціями	За видом енергоносія сигналу	За метрологічними властивостями	За стійкістю до механічних впливів	За ступенем захищеності від зовнішнього середовища
Засоби одержання інформації	Електричні	Засоби вимірювання	Засоби звичайні	Засоби звичайні

Засоби передачі, уведення, виведення інформації	Пневматичні			Пилозахищені
Засоби перетворення, опрацювання і збереження інформації	Гідравлічні			Водозахищені
Засоби використання інформації	Комбіновані			Захищені від агресивного середовища
Допоміжні засоби	Без використання джерела зовнішньої енергії	Засоби регулювання, керування, передачі тощо	Вібростійкі	Вибухо- та іскробезпечні

Рис. 1. Класифікація виробів ДСП за ГОСТом 12997-76.

Для забезпечення єдності газоаналітичних вимірювань в Укрметртестстандарті було розроблено Державний первинний еталон одиниці молярної частки компонентів у газових середовищах. Еталон забезпечує створення та зберігання одиниці молярної частки 33 газових компонентів в діапазоні значень молярної частки від 1,0·10⁻⁷ до 99,9%. У складі еталону є 135 первинних еталонних газових сумішей [3].

Вибір приладів для вирішення конкретних завдань є досить складним і неоднозначним. Основним критерієм, на основі якого визначається тип приладу, може бути група технічних характеристик, що характеризує принципові технічні можливості системи, зокрема: метод вимірювання, відносні похибки вимірювання,

максимально допустима температура газів у точці взяття проби, наявність серійного (інтегрованого або виносного) блоку пробної підготовки газів, перелік

додаткового обладнання, що входить у базовий комплект, і наявність сертифіката про включення вимірювальної системи до державного реєстру засобів вимірювання [4].

Матеріали і методи досліджень.

Роботи проводили в умовах біотехнологічної лабораторії Черкаської ДСБ НААН та лабораторії ФОП Онищенко Р.О. Дослідження проводили шляхом узагальнення літературних даних за тематикою досліджень, виготовлення технічних креслень і робочої документації вимірювальних блоків та блоку керування, проведення монтажних, пуско-налагоджувальних робіт та розроблення програмного забезпечення системи контролю повітряного

середовища. Оцінку та аналіз показників мікроклімату проводили відповідно до Відомчих норм технологічного проектування ВНТП-АПК, розроблених згідно санітарно-гігієнічних вимог утримання різних видів сільськогосподарських тварин [5].

Результати досліджень.

Донедавна, вивчення параметрів мікроклімату здійснювали за загальноприйнятими в зоогігієні методиками [6, 7]. Вимірювання контрольованих показників мікроклімату проводили на рівні знаходження тварин. По горизонталі параметри мікроклімату визначали в трьох точках по діагоналі: на початку, на середині і наприкінці приміщення три рази на добу. Температуру повітря

визначали ртутним термометром, відносну вологість повітря - психрометром Асмана, атмосферний тиск - барометром-анероїдом М-67, освітленість - люксометром Ю-116. Газове забруднення повітря приміщень закритого типу визначали за допомогою відбору проб хімічними методами чи застосовуючи спеціальні прилади, наприклад, універсальний газоаналізатор УГ-2 тощо. Для одержання вичерпної інформації щодо варіювання показників мікроклімату впродовж тривалого періоду, окрім вищезазначених приладів, застосовували метеорологічні добові або тижневі термографи, гігрографи та барографи (Рис. 1).

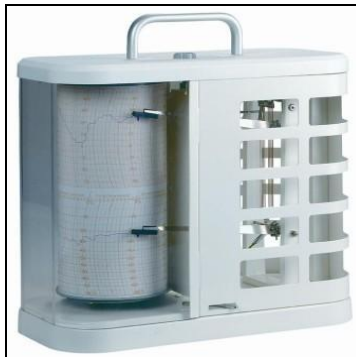
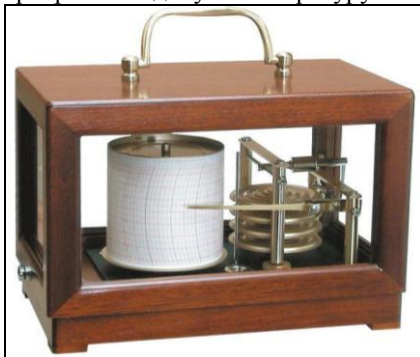


Рис.1. Історична фото-довідка щодо деяких вимірювальних приладів для моніторингу мікроклімату.

Наразі вищезазначені прилади є технічно застарілими, дещо складними в процесі застосування для проведення вимірювань і лише окремі з них придатні для здійснення моніторингу. Крім цього, деякі з них, наприклад, барометри-анероїди, термографи, барографи і гігрографи є наразі ще й відносно дорогими приладами (від 10 000 до 20 000 грн./шт.).

Необхідно наголосити про те, що з настанням ери електронних приладів вони часто приходять на заміну вищезгаданих механічних та електромеханічних, у зв'язку з деякими технічними перевагами [8]. У 2018 році до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки [9] було внесено 3023 прилади, з яких 85 (2,81%) становили газоаналізатори і лише 3 (0,1%) - вимірювачі параметрів мікроклімату. Газоаналізатори загалом були представлені виробниками восьми країн, зокрема: Німеччини (24,7%), Російської Федерації (22,4), України (20,0), США (14,1), Франції (9,4), Великобританії (5,9), Республіки Білорусь (2,4) і Польщі (1,2%).

Насамперед детальніше зупинимося на вимірювачах параметрів мікроклімату. Перший - це «Вимірювач параметрів мікроклімату Екотензор-МК» [10] (виробник - ТОВ «Науково-виробнича фірма «Тензор», Україна), який внесено до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) у 2015 році. Прилад призначений для вимірювання енергетичної освітленості в діапазоні довжин хвиль від 0,2 мкм до 25 мкм, а також для вимірювання деяких метеорологічних параметрів: температури, відносної вологості, швидкості повітряного потоку та атмосферного тиску повітря (Рис. 2).



Рис. 2. Загальний вигляд «Вимірювача параметрів мікроклімату Екотензор-МК-Метео».

Другий – це універсальний вимірювач параметрів мікроклімату «Метеоскоп-М» [11], призначений для проведення комплексного екологічного моніторингу середовища в житлових і виробничих приміщеннях та на відкритих територіях (Рис. 3).



Рис. 3. Загальний вигляд вимірювача параметрів мікроклімату «Метеоскоп-М».

Виробник засобу вимірювання - ТОВ «НТМ - Захист», Російська Федерація. Прилад призначений для

використання службами санітарного контролю та охорони праці для контролю параметрів мікроклімату, атестації робочих місць на промислових підприємствах, в офісах і громадських установах.

Третій – це прилад, що включає в себе цифровий перетворювач Екотерма-1-DIN та індикаторний блок Екофізика-D [12]. Виробник засобу - ТОВ «ПКФ Цифрові прилади», Російська Федерація (який внесено до Державного реєстру в 2011 році). Функціональні можливості приладу: вимірювання температури, відносної вологості повітря, розрахунок індексу теплового навантаження середовища (ТНС-індексу) та індикація деяких метеорологічних параметрів: атмосферного тиску, вмісту вологи, парціального тиску водяної пари, масового вмісту вологи, температури вологого термометра (Рис. 4).



Рис. 4. Загальний вигляд вимірювача параметрів мікроклімату Екотерм-1-DIN та індикаторного блоку Екофізика-D.

Для систематизації інформації щодо вищезазначених електронних приладів для експрес-вимірювання деяких показників мікроклімату надається їх порівняльна характеристика (табл. 1).

Таблиця 1 - Характеристики приладів для експрес-вимірювання мікроклімату

Характеристика	Екотензор-МК, НВФ «Тензор»	Метеоскоп-М, «НТМ-Захист»	Екотерм-1, «ПКФ Цифрові прилади»
Тип датчиків	Термоелектричний, напівпровідниковий	Термоелектричний, напівпровідниковий	Термоелектричний, напівпровідниковий
Метод роботи	Періодичний	Періодичний	Періодичний
Тип відбирання проби	Дифузний (конвекційний)	Дифузний (конвекційний)	Дифузний (конвекційний)
Габаритні розміри, см	-	20 x 11 x 10	19x8,5x3,5; 50x9,5
Маса (не більше), кг	-	0,65	0,75
Час роботи від акумулятора, не	-	8 годин	6 годин

менше			
Міжповірочний термін, міс	12	24	12
Визначувані компоненти	<ul style="list-style-type: none"> - Енергетична освітленість; - Температура; - Відносна вологість (ф); - Швидкість повітря; - Атмосферний тиск (P); - ТНС-індекс. 	<ul style="list-style-type: none"> - Температура; - Відносна вологість (ф); - Швидкість повітряного потоку; - Атмосферний тиск (P); - ТНС-індекс. 	<ul style="list-style-type: none"> - Температура (Т,Твл,Тих) - Відносна вологість (ф) (абсолютна, точка роси, парціальний тиск), - Атмосферний тиск (P), - ТНС-індекс.
Поріг чутливості	-30 °C; 5%; 0,1м/с	-40 °C; 3%; 0,1м/с	-50 °C; 10%;
Абсолютна похибка	±0,2°C; ±5,0%; ±1,9 мм рт.ст.	±0,2°C; ±3,0%; ±1,0 мм рт.ст.	±0,2°C; ±2%;
Ціна, грн.	-	40 920 - 31 550	13 560

Дані таблиці 1 свідчать, що ці прилади мають: періодичний метод роботи, дифузний тип відбирання проби, час роботи від акумулятора 6-8 год., ціну від 13 560 до 40 920 гривень. Проте, вони непридатні для визначення вмісту шкідливих газів у повітрі.

Необхідно наголосити про те, що останнім часом на ринок ЗВТ для потреб моніторингу мікроклімату надійшло декілька спеціалізованих електронних приладів. Зокрема, у 2012 році надійшов портативний газоаналізатор «Еколаб» [13]. Він призначений для автоматичного вимірювання речовин в атмосферному повітрі, в повітрі робочої зони, в промислових викидах, а також у технологічних процесах з метою охорони навколишнього середовища (здійснює моніторинг температури, відносної вологості, атмосферного тиску повітря та вмісту дев'яти шкідливих газів). Виробник

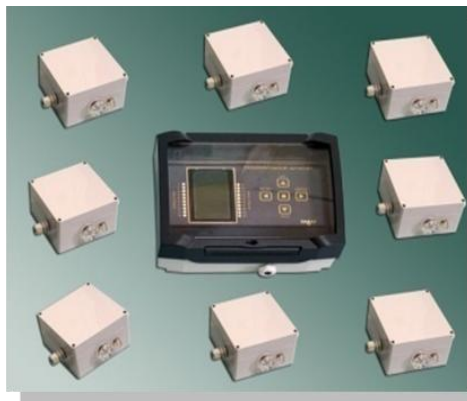
газоаналізатора - ТОВ «Еколаб», Російська Федерація (Рис.5).



Рис. 5. Загальний вигляд портативного газоаналізатора «Еколаб» для моніторингу.

Крім того, в ПАТ «Укрналіт», Україна [14] розроблено та введено в експлуатацію в 2009 році стаціонарні прилади серії 604 і переносні серії СМ-2-Х для контролю мікроклімату тваринницьких ферм. Вони призначені для вимірювання концентрації аміаку,

сірководню та оксиду вуглецю у виробничих приміщеннях ферм, а також для сигналізації за перевищення ГДК вимірюваних компонентів і включення пристроїв для управління мікрокліматом (Рис. 6).



а)



б)

Рис. 6. Загальний вигляд стаціонарних приладів серії 604 (Див. а) і переносних серії

СМ-2-Х (Див. б) для контролю мікроклімату тваринницьких ферм.

Стационарна система контролю мікроклімату серії 604 складається з блоку обробки інформації (БОІ) і блоків вимірювання (БВ) NH_3 , CO_2 , H_2S , CO , температури, відносної вологості та швидкості руху повітря. До одного БОІ можна підключати від 1 до 32 блоків вимірювання. БОІ встановлюється в диспетчерській, а БВ - в точках контролю повітряного середовища в приміщеннях ферми. Для зв'язку БВ з БОІ використовують кабель довжиною до 1000 метрів. Діапазон вимірювань: NH_3 - 0-60 мг/м³, H_2S - 0-30 мг/м³, CO - 0-50 мг/м³, CO_2 - 0-0,5%.

Переносні прилади серії СМ-2-Х призначені лише для моніторингу того чи іншого шкідливого газу (NH_3 , CO_2 , H_2S , CO) повітряного середовища.

У зв'язку з тим, що наразі на ринку України відсутні портативні, порівняно недорогі, прилади вітчизняного виробництва для комплексного вимірювання параметрів повітряного середовища, науковцями Черкаської дослідної станції біоресурсів НААН розроблено сучасну контрольно-вимірювальну систему - аналізатор повітряного середовища електронний (АПСЕ), основною частиною якої виступає мікроконтролер [15]. Вимірювальна система має вісім модифікацій та розрахована на одночасний моніторинг ряду показників: освітленості, температури, відносної вологості, атмосферного тиску, запиленості, шумового навантаження та забруднюючих газів CO_2 , NH_3 , H_2S , CH_4 (Рис. 7).

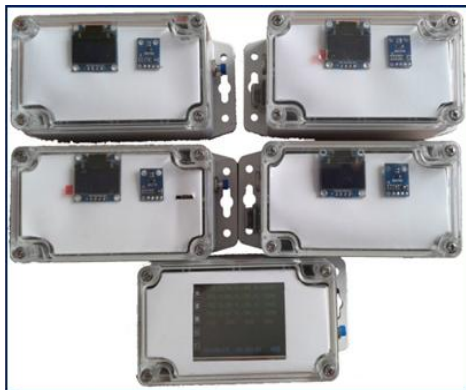


Рис. 7. Зовнішній вигляд АПСЕ для моніторингу мікроклімату тваринницьких ферм.

Всередині вимірювальних блоків аналізатора знаходиться блок живлення з перетворювачем напруги, електронна і газоповітряна системи. Умови експлуатації: діапазон робочих температур від -10 до $+40^{\circ}\text{C}$, відносна вологість від 20 до 95%, без конденсації.

Основні вимоги, що пред'являлися до автоматизованої системи при її розробці:

- висока точність і мала похибка вимірювань;

- можливість безперервної автономної роботи впродовж 3-7 діб;
- компактність і портативність;
- простота в обслуговуванні;
- невисока вартість у порівнянні із зарубіжними прототипами.

Результати вимірювань зберігаються в незалежній пам'яті вимірювальних блоків і блоку управління, можуть бути передані дистанційно. Середньодобові показники мікроклімату за трьома точками приміщення і четвертою зовнішньою довкілля, обробляються і аналізуються згідно розроблених методичних рекомендацій [16]. Розроблено програмне забезпечення для розміщення інформації з моніторингу показників мікроклімату на вебсайт Інтернетресурсу з подальшим накопиченням інформації і можливістю її статистичної обробки та графічного аналізу. Для систематизації інформації щодо електронних приладів для моніторингу мікроклімату в табл. 2 наводиться їх порівняльна характеристика

Таблиця 2 - Характеристики деяких електронних приладів для моніторингу параметрів мікроклімату

Характеристика	Стационарні серії 604, ПАТ «Укрналіт»	Переносні серії СМ-2-Х, ПАТ «Укрналіт»	Переносний Еколаб, ТОВ «Екобіохім»	Переносний АПСЕ, ЧДСБ НААН
Метод покладений в основу роботи датчиків	Електрохімічний	Електрохімічний	Електрохімічний, термо-каталітичний, напівпровідниковий та ін.	Електрохімічний, інфрачервоний, напівпровідниковий
Тип відбирання проби	Дифузний (конвекційний)	Дифузний (конвекційний) або примусовий	Дифузний (конвекційний)	Примусовий (мікровентилювання)

Габаритні розміри, см	-	14 x 16 x 7	21 x 17 x 8,5	4,5 x 19 x 8
Маса (не більше), кг	3,5 + n 0,3 = 10,0	1,0	2,0	n 0,3 = 2,5
Метод роботи	Автоматичний	Автоматичний	Автоматичний	Автоматичний
Час безперервної роботи від акумулятора, не менше	220В, 50Гц	15 - 40 годин	8 годин	72 години
Міжповітряний термін, міс	12	12	12	12
Визначувані компоненти	Температура, відносна вологість (ф), швидкість руху повітря, CO, CH ₄ , NH ₃ , CO ₂ , H ₂ S тощо	CO або NH ₃ або H ₂ S тощо	Температура, відносна вологість (ф), атмосферний тиск (Р), CO ₂ , CH ₄ , NH ₃ , H ₂ S тощо	Температура, відносна вологість (ф); атмосферний тиск (Р); освітленість, CO ₂ , NH ₃ , H ₂ S, CH ₄ тощо
Поріг чутливості	1,0 мг/м ³	1-10 мкг/м ³	2 - 25000 мкг/м ³	100 мкг/м ³
Відносна похибка, %	± 25%	± 20 - 25%	± 20%	± 10%
Абсолютна похибка	± 0,38-5,0	± 0,20 – 0,75	-	-
Ціна, грн.	-	13 000	130 680	80 000

Дані таблиці свідчать про те, що основним прототипом виміральної системи АПСЕ за технічними характеристиками є портативний моноблочний газоаналізатор «Еколаб» виробництва ТОВ «Екобіохім» Російської Федерації, який має габаритні розміри 21 x 17 x 8,5 сантиметрів. Однак, останній конструктивно здатний здійснювати моніторинг мікроклімату лише в одній точці тваринницького приміщення, проти синхронного вимірювання в трьох точках будівлі плюс одній точці доквілля автоматизованою системою АПСЕ. Крім цього, він має значно вищу ціну (130 680 грн.) одного газоаналізатора. Оскільки для моніторингу мікроклімату, згідно методики [16], необхідно мати

щонайменше чотири газоаналізатори «Еколаб», то загальна сума їх вартості становитиме 522 720 грн., що більше від АПСЕ майже в 6,5 рази. Підсумовуючи вищенаведене потрібно зазначити, що вимірювальна система АПСЕ поза значно меншої вартості характеризується цілим рядом технічних переваг, зокрема такими як: вологозахисений корпус вимірювальних блоків, примусовий тип відбирання проби, більша тривалість часу безперервної роботи від акумулятора, радіомодуль для безпроводного зв'язку, результати вимірювань можуть бути передані дистанційно на вебсайт Інтернетресурсу, з подальшим накопиченням інформації і можливістю

її статистичної обробки та графічного аналізу.

Для здійснення експрес-вимірювань чи моніторингу параметрів мікроклімату приміщень, вимірювальна система АПСЕ-7 може замінити не менше 17 одиниць відомих метеорологічних і газоаналітичних приладів (термометр, психрометр, барометр, люксметр, добові чи тижневі термограф, гігрограф, барограф, шумомір, пиломір та газоаналізатор) на загальну суму близько 408 000 грн., що більше майже в 5,1 рази [15].

АПСЕ дає можливість оперативно здійснювати оцінку санітарно-гігієнічних умов утримання тварин для прийняття відповідних управлінських рішень щодо ефективності роботи систем обігріву/охолодження і вентиляції приміщень впродовж добового періоду та за сезонами року. Вимірювальна система АПСЕ-1 випробувана у виробничих умовах тваринницьких приміщень Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН». Її технічні характеристики та принцип роботи демонстрували на Міжнародній виставці «Агро-2018» і презентували на Міжнародному науковому симпозіумі в Державному аграрному університеті Молдови.

Наостанок потрібно підкреслити, що сучасний український ринок інших електронних газоаналізаторів призначених для контролю концентрації газів у повітрі представлений переважно приладами для роботи в робочій зоні, зокрема на промислових підприємствах під час технологічних процесів. Звідси, переважна більшість датчиків цих газоаналізаторів мають недостатній поріг чутливості і точність вимірювання з метою можливості їх застосування для

оцінки малих концентрацій шкідливих газів у повітрі тваринницьких приміщень. Тому при проведенні аналітичних досліджень технічних характеристик датчиків наша увага насамперед зверталась на ті з них, які призначені для визначення концентрації газів у побутових і виробничих умовах тваринницьких приміщень, тобто для контролю забруднення повітря в житловій і робочій зонах.

Нажаль, приладів з таким типом датчиків небагато, а решта мають наступні недоліки, зокрема: газоаналізатори українських підприємств – ТОВ «Екотест» (м. Харків), ВАТ «Аналітприлад» (м. Київ), НПП «Оріон» (м. Харків), «Антекс», м. Сєверодонецьк призначені переважно для роботи на промислових підприємствах, оскільки просто не забезпечують належного рівня чутливості й точності вимірювань. Наприклад, газоаналізатор ОКСИ дозволяє визначати концентрацію оксиду азоту в межах долей міліграму на 1 м3 повітря за гранично допустимої концентрації (ГДК) $\text{NO} = 40 \text{ мкг/м}^3$ для житлових приміщень [17]. Для систематизації наведеної інформації далі наводиться порівняльна таблиця деяких газоаналітичних приладів із їх основними характеристиками (табл. 3).

Прилади інших фірм переважно мають аналогічні недоліки. Так, наприклад, газоаналізатори фірми «Оптек» мають нижчий поріг чутливості (1 мкг/м3, чого достатньо для визначення основних шкідливих газів у межах ГДК), однак похибка їх вимірювань становить 25% [18], що є неприйнятним для сучасних ЗВТ. Ці прилади є переважно однокомпонентними, а

багатокомпонентні мають більш високий поріг чутливості (приблизно 10 мг/м³). Крім того, використання в таких приладах хемілюмінесцентного методу аналізу як правило ускладнює

вимірювання, оскільки встановлюються вимоги до порогових значень багатьох компонентів.

Таблиця 3 - Характеристики інших електронних приладів для газового аналізу

Характеристика	КЕДР-1А («Антекс»)	Газоаналізатори серії Р-310 і С-310 («Оптек»)	4000 Series Portable Gas Analyzer («Interscan Corporation»)	Multigas Purity Analyzer («MKS Instruments»)
Метод покладений в основу роботи	Оптико-абсорбційний	Хемілюмінесцентний	Вольтамперометрія	Абсорбційна спектроскопія
Габаритні розміри, см	18 x 36 x 42	13 x 48 x 54	10 x 18 x 23	32 x 44 x 65
Маса, кг	12,0	22,0	2,0	50,0
Визначувані компоненти	CH ₄ , CO ₂ , CO, C ₂ H ₂ , SO ₂ , NO	NO _x , SO ₂ , H ₂ S, NH ₃	CO, H ₂ S, NO _x , SO ₂ , формальдегід	CO, CH ₄ , NH ₃ , N ₂ O
Поріг чутливості	60 мг/м ³	1 мкг/м ³	1 мкг/м ³	6 мкг/м ³
Роздільна здатність	-	1 мг/м ³	0,1 ppm	0,2-1,0 ppm
Відносна похибка, %	4-10	25	2	-
Точність	10-16	4	1	-
Ціна, грн.	30 000	25 000-30 000	15 000-20 000	30 000-40 000

Прилади провідних закордонних фірм характеризуються значно вищою чутливістю і точністю (Enmet Corporation, Fuji Electric Systems, Yokogawa). Однак більшість із них дозволяють визначати концентрацію лише одного компонента (наприклад, Enviro Sense виробництва фірми Picarro дозволяє вимірювати малі концентрації формальдегіду, а портативні газоаналізатори фірми Interscan

Corporation – низькі концентрації CO, оксидів азоту, формальдегіду та багатьох інших газів, однак при цьому використовуються окремі портативні прилади [19-26].

Газоаналізатори, які можуть визначати малі концентрації кількох компонентів, є надзвичайно дорогими і часто доволі масивними (до 50 кг). Наприклад, газоаналізатор Multigas Purity 17 Analyzer виробництва MKS Instruments [27] дозволяє визначати

концентрацію СО на рівні 6 ppm (англ. parts per million, тобто мільйонна частка; 1 ppm = 0,000001) або 5,15 мг/м³.

Отже, більшість сучасних газоаналітичних приладів є або недостатньо чутливими для виявлення малих концентрацій газів у повітрі, або недостатньо точними, водночас існуючі високочутливі та високоточні системи мають високу вартість і є досить масивними.

Висновки. 1. Аналіз існуючих засобів вимірювальної техніки для моніторингу мікроклімату тваринницьких приміщень та накопичення і обробки інформації свідчить про те, що вони не відповідають сучасним вимогам моніторингу.

2. Наявні на ринку портативні автоматизовані системи мікрокліматичного моніторингу є занадто дорогими.

3. Впровадження зарубіжних систем вимагає значних разових грошових витрат при закупівлі та подальших щорічних експлуатаційних, що є неприйнятним за сучасних складних економічних умов товаровиробників України.

4. Назріла необхідність у створенні портативної, простої в обслуговуванні, з невисокою вартістю у порівнянні із прототипами, автоматизованої системи моніторингу мікроклімату приміщень для впровадження конкурентоздатних енергозберігаючих технологій виробництва тваринницької продукції.

5. Технічні характеристики сучасних електронних ЗВТ дозволяють здійснювати моніторинг окрім метеорологічних показників мікроклімату тваринницьких приміщень ще й показники освітленості, запиленості, шумового навантаження та забруднення повітря шкідливими газами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скрипник М.М., Коваль В.О. Довідник по контрольно-вимірювальних приладах у сільському господарстві - К.: Урожай, 1989.- 112 с.
2. Примаков А.В., Щербань А.Н., Сорока А.С. Автоматизированные системы защиты воздушного бассейна от загрязнений.- Киев: Техника, 1988.-166 с.
3. Проект технического задания на создание государственной системы мониторинга окружающей природной среды / ЗАО «Софтлайн». - 2007.
4. Voivodship Inspectorate for Environmental protection in Crakow / Chief inspectorate for Environmental protection. - 2002.
5. Бащенко М.І., Гончар О.Ф., Шевченко Є.А. Кролівництво: монографія - Черкаси: Черкаський інститут АПВ. 2011. 306 с.
6. Волков Г.К., Репин В.М., Большаков В.И. и др. Зоогигиенические нормативы для животноводческих объектов: справочник - Москва: Агропромиздат. 1986. - 303 с.
7. Сагло О.Ф., Фоломеев В.З. Дослідження мікроклімату в приміщеннях для утримання свиней/Сучасні методики дослідження у свинарстві - Полтава 2005.- С.200-204.

8. Небилиця М.С., Ващенко О.В., Зубенко О.В. Застосування нового способу моніторингу мікроклімату приміщень у кролівництві. Ефективне кролівництво і звірівництво. Вип. №1. 2016. С. 26-33.

9. Укрметрtestстандарт – Режим доступу до ресурсу: http://www.ukrcsm.kiev.ua/images/files/reestr/derzhreestr_ZVT.xls

10. Вимірювач параметрів мікроклімату Екотензор-МК - Режим доступу до ресурсу: <http://www.dpbsm.cv.ua/arhiv/2015/ecotenzor.htm>

11. Измеритель параметров микроклимата Метеоскоп-М - Режим доступа к ресурсу : <https://naftochim.com.ua/p3881700-izmeritel-parametrov-mikroklimate.html>

12. Измеритель микроклимата «ЭкоТерма-1» - Режим доступа к ресурсу: <https://doc.player.ru/29641554-Izmeritel-mikroklimate-ekoterma-1.html>

13. Портативный газоанализатор «Эколаб» - Режим доступа к ресурсу: <http://ekolab.su/>

14. Прилади для контролю мікроклімату тваринницьких ферм ПАТ «Украналіт» - Режим доступу до ресурсу: <http://www.ukranalyt.com.ua/>

15. Небилиця Н.С., Бойко О.В., Гончар А.Ф., Онищенко Р.О. Инновационная система мониторинга микроклимата животноводческих помещений. Животноводство и сельскохозяйственная биотехнология. 52(2). Кишинев, 2018. С.111-115.

16. Волощук В.М., Небилиця М.С., Ващенко О.В., Мазанько М.О. Інноваційний спосіб моніторингу показників мікроклімату тваринницьких приміщень - Методичні рекомендації .- Черкаси: Черкаська дослідна станція біоресурсів НААН.- 2016.- 12 с.

17. Jacosc powietrza w alomeracji katowickiej w latach. 1994-2001. - Katowice. Kwiecien. - 2002.

18. Pyta H., Czop P. Ozone concentrations forecasting with use of fuzzy models. Air protection in theory & Applications. 4V. 2000.- p 161-174.

19. Доклад о состоянии окружающей среды в Москве в 2003г. / Департамент природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы.- 2004.–84с.

20. ООО «Сенс-Оптик». Электрохимический датчик – общая информация. [Электронный ресурс]: http://www.ecmoptec.ru/index.php?device&cat_device_id=182.

21. ЗАО «ОПТЭК». Хемилуминесценция. [Электронный ресурс]: <http://www.optec.ru/hem.html>.

22. ООО «Сенс-Оптик». Хемилуминесцентные датчики NO₂, SO₂, O₃. [Электронный ресурс]: http://www.ecmoptec.ru/index.php?device&catdevice_id=160&PHPSESSID=eea83987a87482d5dba8ecb4ca9d43d9.

23. Стационарный газоанализатор Кедр-1А – Режим доступа к ресурсу: <http://www.gazoanalizators.ru/Kedr-1A.html>

24. Офіційна web-сторінка ЗАТ «Оптек» [електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.optec.ru>.

25. Офіційна web-сторінка Interscan Corporation [електронний ресурс].– Режим доступу до ресурсу: <http://www.gasdetection.com>.

26. Офіційна web-сторінка корпорації MKS Instruments [електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.mksinst.com>.

27. Википедия. Атомно-эмиссионная спектроскопия. [Электронный ресурс] http://ru.wikipedia.org/wiki/Атомноэмиссионная_спектроскопия.

REFERENCES

1. Skrypnyk M.M., Koval V.O. Dovidnyk po kontrolno-vymiriuvalnykh pryladakh u silskomu hospodarstvi - K.: Urozhai, 1989.- 112 s.
2. Prymak A.V., Shcherban A.N., Soroka A.S. Avtomatyzirovannyye systemy zashchyty vozdushnoho basseina ot zahriznennyi.– Kyev: Tekhnika, 1988.–166 s.
3. Proekt tekhnicheskoho zadannya na stvorennia hospodarstvennoi systemy monitorynha okruzhaiushchei pryrodnoi sredy / ZAO «Softlain». - 2007.
4. Voivodship Inspectorate for Environmental protection in Crakow / Chief inspectorate for Environmental protection. - 2002.
5. Bashchenko M.I., Honchar O.F., Shevchenko Ye.A. Krolivnytstvo: monohrafiia. Cherkasy: Cherkaskyi instytut APV. 2011. 306 s.
6. Volkov H.K., Repyn V.M., Bolshakov V.Y. y dr. Zoohyhyenycheskye normatyvy dlia zhyvotnovodcheskykh ob'ektov: spravochnyk - Moskva: Ahropromyzzdat. - 1986. - 303 s.
7. Sahlo O.F., Folomeev V.Z. Doslidzhennia mikroklimatu v prymyshchenniakh dlia utrymanna svynei / Suchasni metodyky doslidzhennia u svynarstvi - Poltava 2005. - S. 200-204.
8. Nebylytsia M.S., Vashchenko O.V., Zubenko O.V. Zastosuvannia novoho sposobu monitorynhu mikroklimatu prymyshchen u krolivnytstvi. Efektyvne krolivnytstvo i zvirivnytstvo. Vyp. №1. 2016. S. 26-33.
9. Ukrmetrteststandart – Rezhym dostupu do resursu: http://www.ukrcsm.kiev.ua/images/files/reestr/derzhreestr_ZVT.xls.
10. Vymiriuvach parametriv mikroklimatu Ekotenzor-MK - Rezhym dostupu do resursu: <http://www.dpbsm.cv.ua/arhiv/2015/ecotenzor.htm>.
11. Yzmerytel parametrov mykroklymata Meteoskop-M - Rezhym dostupa k resursu : <https://naftochim.com.ua/p3881700-izmeritel-parametrov-mikroklimata.html>
12. Yzmerytel mykroklymata «ЭкоТерма-1» - Rezhym dostupa k resursu: <https://doc.player.ru/29641554-Izmeritel-mikroklimata-ekoterma-1.html>.
13. Portativnyi hazoanalyzator «Экоlab» - Rezhym dostupa k resursu: <http://ekolab.su/>
14. Prylady dlia kontroliu mikroklimatu tvarynnytskykh ferm PAT «Ukranalit» - Rezhym dostupu do resursu: <http://www.ukranalyt.com.ua/>.
15. Nebylitsa N.S., Boyko O.V., Gonchar A.F., Onischenko R.O. Innovatsionnaya sistema monitoringa mikroklimata zhyvotnovodcheskiykh pomeshcheniy. Zhivotnovodstvo i selskohozyaystvennaya biotekhnologiya. 52(2). Kishinev, 2018. S.111-115.

16. Voloshchuk V.M., Nebylytsia M.S., Vashchenko O.V., Mazanko M.O. Innovatsiyni sposib monitorynhu pokaznykiv mikroklimatu tvarynnyskykh prymishchen - Metodychni rekomendatsii .- Cherkasy: Cherkaska doslidna stantsiia bioresursiv NAAN.- 2016.- 12 s.
17. Jacosc powietrza w alomeracji katowickiej w latach. 1994-2001. - Katowice. Kwiecien. - 2002.
18. Pyta H., Czop P. Ozone concentrations forecasting with use of fuzzy models. Air protection in theory & Applications. 4V. 2000.- p 161-174.
19. Doklad o sostoianny okruzhaiushchei sredy v Moskve v 2003h. / Departament pryrodopolzovanyia y okhrany okruzhaiushchei sredy h. Moskvyy.- 2004.-84 s.
20. ООО «Sens-Optyk». Elektrohymycheskyi datchyk – obshchaia ynformatsiia. [Elektronnyi resurs]: http://www.ecmoptec.ru/index.php?device&cat_device_id=182.
21. ZAO «ОПТЭК». Khemylumynestsentsiia. [Elektronnyi resurs]: <http://www.optec.ru/hem.html>.
22. ООО «Sens-Optyk». Khemylumynestsentsiye datchyky NO₂, SO₂, O₃. [Elektronnyi resurs]: http://www.ecmoptec.ru/index.php?device&catdevice_id=160&PHPSESSID=eea83987a87482d5dba8ecb4ca9d43d9.
23. Statsyonarnyi hazoanalizator Kedr-1A – Rezhym dostupa k resursu: <http://www.gazoanalizators.ru/Kedr-1A.html>
24. Ofitsiina web-storinka ZAT «Optek» [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu do resursu: <http://www.optec.ru>.
25. Ofitsiina web-storinka Interscan Corporation [Elektronnyi resurs].– Rezhym dostupu do resursu: <http://www.gasdetection.com>.
26. Ofitsiina web-storinka korporatsii MKS Instruments [elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu do resursu: <http://www.mksinst.com>.
27. Vykypediia. Atomno-emyssyonnaia spektroskopiia. [Elektronnyi resurs] http://ru.wikipedia.org/wiki/Atomnoemyssyonnaia_spektroskopiia.

UDC 636.92:63.005.56

SUBMIT THE USE OF A DISTRIBUTED AIRCRAFT CONTROL SYSTEM FOR ANIMAL HOUSES

M. Nebilitsa, O. Boyko

The use of an automated monitoring system based on the use of new microprocessors and sensors and the importance of monitoring the microclimate indicators of closed-type livestock buildings have been substantiated. This applies, in particular, to a new technology for keeping animals, which provides for an increase in the density of livestock distribution. A review of the literature suggests that in agriculture in Ukraine it is necessary to bring to the market modern innovative systems of construction and technological support with the involvement of modern microprocessor control and measuring systems and devices.

Analysis of the existing devices for collecting, accumulating and processing information about the microclimate of premises indicates that they do not meet modern

monitoring requirements. Nowadays automated microclimatic monitoring systems on the market are too expensive. The introduction of foreign systems requires significant one-time cash costs for their purchase. In addition, they will require further annual operating costs. This is unacceptable in the current difficult economic conditions of domestic producers.

Thus, in the Ukrainian market there are no specialized portable measuring systems of domestic production for integrated monitoring of the parameters of the air environment of livestock buildings. In this regard, the scientists of the Cherkassy ESB NAAS developed a modern measuring and measuring system Electronic air analyzer (EAA). The main part of which is the microcontroller. It is designed for the simultaneous measurement of a number of indicators: light, temperature, relative humidity, atmospheric pressure, dust, noise load and pollutant gases CO₂, NH₃, H₂S, CH₄. The measurement results of the EAA are stored in the non-volatile memory of the measuring units and the control unit and can be transferred remotely. The average daily microclimate indicators for the three points of the room and the fourth environment are processed and analyzed according to the developed guidelines. Software has been developed for placing information on monitoring microclimate indicators on an Internet resource website with the accumulation of information and the possibility of its statistical processing and graphical analysis.

To monitor the above-mentioned microclimate parameters, the measuring system of EAA-7 can replace at least 17 units of known meteorological and gas analytical devices for a total amount of approximately 408,000 UAH, which is almost 5.1 times more than EAA. In addition, according to its technical characteristics, EAA can replace four modern portable electronic gas analyzers "Ekolab" in the amount of 522,720 UAH., which is more than 6.5 times. It provides an opportunity to quickly assess the sanitary and hygienic conditions of animals for making appropriate management decisions on the efficiency of the heating/cooling systems and the ventilation of the premises during the daily period of the seasons.

Keywords: measuring instruments, monitoring, livestock buildings, parameters, microclimate.

УДК 636.92:63.005.56

ОБОСНОВАТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Небылица Н.С., кандидат с.-х. наук, Бойко О.В., кандидат с.-х. наук

Обосновано использование автоматизированной системы мониторинга на основе применения новых микропроцессоров и датчиков и важность контроля показателей микроклимата животноводческих помещений закрытого типа. Это касается, в

частности, новой технологии содержания животных, которая предусматривает увеличение плотности размещения поголовья.

Обзор литературных данных свидетельствует о том, что в сельском хозяйстве Украины необходимо вывести на рынок современные инновационные системы строительства и технологического обеспечения с привлечением современных микропроцессорных контрольно-измерительных систем и приборов. Анализ существующих приборов для сбора, накопления и обработки информации о микроклимате помещений свидетельствует о том, что они не отвечают современным требованиям мониторинга. Ныне существующие на рынке автоматизированные системы микроклиматического мониторинга являются слишком дорогими. Внедрение зарубежных систем требует значительных разовых денежных затрат при их закупке. Кроме того, они будут требовать дальнейших ежегодных эксплуатационных затрат. Это является неприемлемым в современных сложных экономических условиях отечественных товаропроизводителей.

Таким образом, на рынке Украины отсутствуют специализированные портативные измерительные системы отечественного производства для комплексного мониторинга параметров воздушной среды животноводческих помещений. В связи с этим, учеными Черкасской ОСБ НААН разработано современную контрольно-измерительную систему (АВСЭ). Основной частью которой выступает микроконтроллер. Она рассчитана на одновременное измерение ряда показателей: освещенности, температуры, относительной влажности, атмосферного давления, запыленности, шумовой нагрузки и загрязняющих газов CO₂, NH₃, H₂S, CH₄.

Результаты измерений АВСЭ сохраняются в энергонезависимой памяти измерительных блоков и блока управления и могут быть переданы дистанционно. Среднесуточные показатели микроклимата по трем точкам помещения и четвертой окружающей среды, обрабатываются и анализируются согласно разработанных методических рекомендаций. Разработано программное обеспечение для размещения информации по мониторингу показателей микроклимата на вебсайт Интернетресурса с накоплением информации и возможностью ее статистической обработки и графического анализа.

Для мониторинга вышеупомянутых параметров микроклимата, измерительная система АВСЭ-7 может заменить не менее 17 единиц известных метеорологических и газоаналитических приборов на общую сумму примерно 408 000 грн., что больше против АВСЭ почти в 5,1 раза. Кроме того, АВСЭ по своим техническим характеристикам может заменить четыре современных портативные электронные газоанализаторы «Еколаб» на сумму 522 720 грн., что больше в более 6,5 раза. Она дает возможность оперативно производить оценку санитарно-гигиенических условий содержания животных для принятия соответствующих управленческих решений по эффективности работы систем обогрева/охлаждения и вентиляции помещений в течение суточного периода по сезонам года.

Ключевые слова: средства измерительной техники, мониторинг, животноводческие помещения, параметры, микроклимат.