

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему: **Комп'ютеризована система вимірювання та контролю
параметрів мікроклімату на птахофермі**

Виконала: студентка 4 курсу, групи МТ-4

Спеціальності: 152 «Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка»

Яворська Т.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: професор кафедри ІВТ,

д.е.н., к.т.н., професор

Єфіменко Н.А.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Рецензент: _____

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Житомир – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри інформаційно-
вимірювальних технологій

д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент _____ Яворська Тетяна Миколаївна

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система вимірювання та контролю
параметрів мікроклімату на птахофермі

Керівник роботи: професор кафедри ІВТ, д.е.н., к.т.н., професор

Єфіменко Н.А.

затверджена наказом по університету від « 04 » квітня 2025 р. № 131/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 10 » червня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи: об'єкт дослідження – комп'ютеризована система вимірювання та контролю параметрів мікроклімату на птахофермі, параметри вимірювання – температура повітря, відносна вологість повітря, перепад тиску, концентрація CO₂, рівень освітлення. Діапазони вимірювання: температура від + 5 до 60 °С; вологості від 10% до 95%,; похибка вимірювання: температури ± 0,5 °С, вологості ±5 %.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)
огляд та аналіз параметрів мікроклімату пташника, розробка структурної схеми,
розробка принципової схеми, розробка алгоритму та програми роботи
системи, розрахунок метрологічних характеристик, оцінка показників
надійності роботи системи, безпека життєдіяльності та охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень)
структурна схема, електрична принципова схема, перелік елементів,
блок-схема алгоритму роботи системи

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Узгодження технічного завдання	25.02.25 – 15.03.25	Виконано
2	Огляд та аналіз методів вимірювання параметрів мікроклімату пташника	25.02.25 – 15.03.25	Виконано
3	Розробка структурної схеми	16.03.25 – 15.04.25	Виконано
4	Розробка електричної принципової схеми	16.04.25 – 24.04.25	Виконано
5	Розробка алгоритму та програми системи	25.04.25 – 09.05.25	Виконано
6	Розрахунок метрологічних характеристик	10.05.25 – 24.05.25	Виконано
7	Розрахунок показників надійності	25.05.25 – 03.06.25	Виконано
8.	Розгляд питань безпеки життєдіяльності та охорона праці	04.06.25 – 15.06.25	Виконано
9	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	03.06.25 – 17.06.25	Виконано

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Яворська Т.М.

(прізвище та ініціали)

Єфіменко Н.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану систему вимірювання та контролю параметрів мікроклімату на птахофермі. Система призначена для контролю параметрів мікроклімату приміщення, що служить для утримання птахів. Розглянуто фактори, що впливають на мікроклімат пташника та методи вимірювання показників мікроклімату. Виконано аналіз існуючих систем контролю параметрів мікроклімату пташника.

Розроблено структурну та електричну принципову схеми автоматизованої системи, вибрано сучасну елементну базу та приведено алгоритм роботи мікроконтролера. Проведено розрахунок метрологічних характеристик, показників надійності та розглянуто питання охорони праці та техніки безпеки.

Ключові слова: мікроклімат, температура, вологість, пташник, комп'ютеризована система, мікроконтролер.

ABSTRACT

In this qualification work, a computerized system for measuring and controlling microclimate parameters on a poultry farm was developed. The system is designed to control the parameters of the microclimate of the room used for keeping birds. Factors affecting the microclimate of the poultry house and methods of measuring microclimate indicators are considered. The analysis of the existing control systems of the microclimate parameters of the poultry house was carried out.

The structural and electrical schematic diagram of the automated system is developed, the modern element base is selected, and the microcontroller operation algorithm is presented. The calculation of metrological characteristics, reliability indicators and the problems of labor safety and safety technology were considered.

Keywords: microclimate, temperature, humidity, poultry house, computerized system, microcontroller.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота представлена пояснювальною запискою в обсязі 70 сторінок формату А4, записка містить вступ, основну частину, що складає вісім розділів, висновки, список використаних джерел та додатків.

Темою роботи є розробка комп'ютеризованої систему вимірювання та контролю параметрів мікроклімату на птахофермі.

Перший розділ містить основні завдання та вимоги до системи, а саме: умови експлуатації, технічні характеристики та показники надійності,

Другий розділ містить вимоги щодо організації контролю та методів вимірювання параметрів мікроклімату у пташнику.

У третьому розділі виконано розробку структурної схеми комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю параметрів мікроклімату на птахофермі.

У четвертому розділі виконано вибір елементної бази та розроблено електричну принципову схему системи.

П'ятий розділ містить огляд розробленого алгоритмічного та програмного забезпечення для комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю параметрів мікроклімату на птахофермі.

Шостий розділ містить розрахунок основних метрологічних характеристик системи.

Сьомий розділ містить розрахунок показників надійності розробленої системи.

У восьмому розділі розглянуто питання безпеки життєдіяльності та охорони праці.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	9
2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У ПТАШНИКУ	10
2.1. Оптимальні параметри мікроклімату у пташнику та їх контроль	10
2.2. Методи вимірювання температури	18
2.3. Методи виміру вологості.....	19
2.4. Методи виміру вмісту вуглекислого газу.....	21
2.5. Методи вимірювання тиску-розрядження.....	22
2.6. Методи виміру освітленості.....	24
2.7. Аналіз існуючих технічних рішень	25
2.8. Мікроклімат у пташнику та його вимірювання	37
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ	40
4. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	43
4.1. Вибір промислового контролера	43
4.2. Вибір датчиків	44
4.3. Визначення кількості та розташування датчиків.....	49
4.4. Розробка схеми електричних з'єднань	51
5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ РОБОТИ СИСТЕМИ	54
6. РОЗРАХУНОК МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	56
6.1. Похибка вимірювання температури.....	56
6.2. Похибка вимірювання вологості	58

					МІМТ.480.016.036 – ПЗ								
Вим	Лист	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Яворська Т.М.			Комп'ютеризована система вимірювання та контролю параметрів мікроклімату на птахофермі Пояснювальна записка				Лім.	Лист	Листів		
Перевір.		Єфіменко Н.А.									6	70	
Реценз.									Державний університет «Житомирська політехніка», гр. МТ-4				
Н. Контр.		Єфіменко Н.А.											
Затверд.		Подчашинський Ю											

7. ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ.....	62
8. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	64
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68
ДОДАТКИ.....	70

					МІМТ.480.016.036 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

На даний момент існує багато видів розробленого обладнання для вирощування курчат бройлерів, переважно це зарубіжні виробники, але є й вітчизняні аналоги. Всіх цих виробників об'єднує одне, обладнання яке вони надають, має лише одну мету це отримати якнайбільше продукту з квадратного метра технологічного приміщення, проте через це страждає якість продукції та отримувати великий відсоток якісної високосортної продукції (наприклад охолоджених продуктів) дуже складно. Крім того, сильно страждає і собівартість продукції. Причина досить проста, обладнання для вирощування курчат бройлерів багатоярусне клітинне і відповідно вирощується одночасно велика кількість поголів'я що призводить до великих енерговитрат і зниження якості.

Найбільш якісну продукцію отримують при вирощуванні курчат бройлерів на пташниках з вмістом підлоги, але там безліч проблем таких як точність вимірювань і ручне управління вентиляцією, як наслідок багато «відмінка» і зниження «індексу продуктивності». Автоматизувати такі «пташники» підприємства не поспішають, оскільки постраждає якість чи через збільшення обсягів можуть виникнути проблеми з реалізацією.

Важливу роль в процесі утримання птиці відіграє автоматизований контроль параметрів мікроклімату пташника. Саме автоматизація параметрів мікроклімату пташника разом з контрольно-вимірювальними приладами забезпечує необхідні вимоги для забезпечення функціонування пташиного поголів'я в автоматичному режимі.

Метою даної роботи є розробка комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю параметрів мікроклімату на птахофермі. Практичне значення даної системи полягає в тому, щоб автоматизувати діючі «пташники підлогового змісту» для отримання найвищого «індексу продуктивності» та зменшення собівартості продукції.

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Підстава для розробки, призначення та галузь застосування

Підставою для розробки є завдання на дипломне проектування.

Система призначена для вимірювання та контролю параметрів мікроклімату на птахофермі.

Потрібно розробити структурну схему системи та вибрати елементну базу, розробити електричну принципову схему системи контролю параметрів мікроклімату на птахофермі. Розробити програмно-алгоритмічне забезпечення та оцінити точність системи вимірювання.

Початок розробки – лютий 2025 р. Кінець розробки – червень 2025 року.

1.2. Умови експлуатації

1.2.1. Температура зовнішнього середовища від 0 до +45 °С;

1.2.2. Відносна вологість не більше 80%4

1.2.3. Атмосферний тиск 600-800 мм. рт. ст.;

1.2.4. Хімічно активних речовин немає;

1.2.5. Характер роботи неперервний.

1.3. Вимоги до технічних характеристик

1.3.1. Об'єкт дослідження – комп'ютеризована система вимірювання та контролю параметрів мікроклімату на птахофермі

1.3.2. Діапазон вимірювання температури + 5 °С ... + 60 °С;

1.3.3. Похибка вимірювання температури $\pm 0,5$ °С ;

1.3.4. Діапазон вимірювання вологості, % 10 ... 95;

1.3.5. Похибка вимірювання вологості, % 3;

1.4. Вимоги до надійності

Система є що відновлюється, не резервується, ремонтпридатною. Наробіток на відмову складає не менше 45000 годин.

2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У ПТАШНИКУ

2.1. Оптимальні параметри мікроклімату у пташнику та їх контроль

Повітря пташників характеризується високою забрудненістю мікроорганізмами, наявністю пилу, вологи та шкідливих газів, що призводить до зниження збереженості і продуктивних показників птиці, негативно впливає на здоров'я обслуговуючого персоналу, а вентиляційні викиди птахівницьких підприємств є одним з джерел забруднення довкілля. Тому розробці способів покращення мікроклімату у пташниках та зменшенню негативного впливу птахівницьких підприємств на довкілля нині приділяється велика увага в країнах розвиненого птахівництва [1].

Птиця виділяє велику кількість тепла, при цьому одночасно в повітря приміщення надходить вуглекислий газ, аміак та сірководень. В приміщенні накопичується тепло і волога, підвищується концентрація шкідливих газів. Науковими дослідженнями в ДДСП НААН і практикою виробництва доведено, що високий рівень продуктивності птиці досягається тільки в тому випадку, якщо фактори мікроклімату в приміщенні точно визначені і суворо регулюються.

При температурі повітря нижче даної межі частина корму іде на підтримку тепла в організмі. При високій температурі повітря у птиці апетит зменшується. Висока вологість сприяє простудним захворюванням птиці.

На здоров'я і продуктивність птиці впливає хімічний склад повітря в приміщенні. Аміак, сірководень, вуглекислий газ зменшують опір організму птиці проти захворювання.

Мікроклімат – сукупність фізичних і хімічних параметрів середовища, у якому знаходиться птиця (в нашому випадку пташнику).

Про оптимальний мікроклімат кажуть, як про сукупність фізичних характеристик навколишнього середовища, при якій досягається оптимальне

(максимальне або мінімальне) значення обраного для оцінки мікроклімату критерію.

Велике значення має підтримання в пташниках оптимальної вологості повітря. Вологість повітря в абсолютних величинах визначають, як кількість водяної пари, виражене в грамах і міститься в 1 м³ повітря. Вологість повітря максимальна для даних його температур і тиску, - це граничне насичення 1 м³ повітря водяними парами, виражене в грамах.

Нормативне значення температури і вологості повітря для різних видів і вікових груп птиці наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1. Нормативні параметри температури і вологості повітря в пташниках

Вид і вік птиці	Оптимальна температура повітря, °C			Оптимальна відносна вологість, %
	утримання на підлозі		кліткове утримання	
	в приміщенні	ПД брудером *		
1. Доросла птиця				
Кури	16-18	-	16-18	60-70
індики	16	-	-	60-70
качки	14	-	-	70-80
Гуси	14	-	-	70-80
цесарки	16	-	16	65-70
перепели	-	-	20-22	60-70
2. Молодняк птиці				
Молодняк курей у віці, тижнів:				
1	26-28	33-35	32-33	60-70
2-3	24-26	32-28	32-28	60-70
4	22-24	26-28	24-26	60-70
5 -9	16-18	-	18	60-70
10 і старше	16	-	16	60-70
Курчата-бройлери віком,				

тижнів:				
1	28-26	30-35	28 -32	65-70
2-3	22	26-29	25-24	65-70
4-6	20	-	20	65-70
7 і старше	18	-	18	60-70
Молодняк індиків у віці, тижнів:				
1	28-30	30-37	32-35	60-70
2-3	22-28	25-29	27-31	60-70
4-5	19-21	21-25	22-26	60-70
6-17	17-20	-	21	60-70
18-33 (36)	16	-	18	60-70
Молодняк качок у віці, тижнів:				
1	22-26	26-31	24-31	65-75
2-4	20	22-25	20-24	65-75
5-8	16	-	18	65-75
9-26 (28)	14	-	14	65-75
Молодняк гусей у віці, тижнів:				
1	24-26	28-30	28-30	65-75
2-3	22-24	26-28	26-28	65-75
4	18-20	22-24	22-24	65-75
5-9	18-20	18-20	18-20	65-75
10-34	14		14	70-80
Молодняк цесарок у віці, тижнів:				
1	24-30	30-36	32	60-65
2-3	22-20	25-27	27	65-70
4-30	16-18	-	16	65-70
Молодняк				

перепелів у віці, тижнів:				
1	-	-	33-35	60-70
2-3	-	-	23-30	60-70
4-7	-	-	20-22	60-70

Примітка: * - у разі відсутності в приміщеннях брудера або інших джерел локального обігріву, таку температуру підтримують у всьому об'ємі приміщення.

При підвищеній вологості повітря різко погіршується стан птиці, падає її продуктивність. Висока вологість викликає псування підстилки при підлоговому утриманні і виводить з ладу обладнання, веде до швидкого зносу і навіть руйнування металевих і дерев'яних конструкцій пташника. Як встановлено, оптимальна відносна вологість повітря в пташниках для курей є 60-70 %.

Однією з умов підтримки в пташнику оптимальних параметрів температури і вологості повітря є постійний його повітрообмін з навколишнім середовищем. Повітрообмін визначають як сумарну кількість повітря, яке викидається з приміщення або подається в нього. Основним показником повітрообміну пташника є кількість повітря, що надходить в пташник в розрахунку на 1 кг живої маси птиці. Розрахунок потрібного повітрообміну пташника в холодний період року здійснюють виходячи з необхідності видалення надлишкової кількості вуглекислого газу і вологи, в теплий період року - видалення надлишкової кількості тепла. Виходячи з цього, в розрахунку на 1 кг живої маси птиці в холодні періоди року зазвичай потрібно подавати 0,7-1,0 м³/год свіжого повітря, в теплі періоди року – 4–7 м³/год.

Згідно прийнятих норм, оптимальними рівнями освітленості при утриманні дорослих курей вважаються 15-30 лк, при вирощуванні молодняку

птиці: в початковий період вирощування – 50–20 лк, в подальшому 20–5 лк. [9].

При режимі освітлення, який передбачає надмірно швидке нарощування світлового дня, птиця раніше ніж належить входить в яйцекладку, коли її організм ще не досяг необхідного фізіологічного розвитку, несе дрібні яйця, продуктивний період скорочується. При надмірно повільному нарощуванні тривалості світлового дня птиця навпаки, вступає в яйцекладку пізно, відразу ж несе великі яйця, що часто веде до розривів клоаки і розкльову, викликаним цим явищем, в кінцевому рахунку це також призводить до скорочення продуктивного періоду [9].

Пилом в пташниках називають сукупність вмісту в повітрі твердих частинок розміром до 100 мкм. Пил з розмірами частинок до 10 мкм витає в повітрі. Більший за розміром осідає на поверхнях. Розрізняють пил органічного та неорганічного походження. Для визначення запиленості повітря користуються найчастіше масовим методом (зважуванням пилу, виділеної з повітря фільтраційним способом).

Найчастіше повітрообмін доводиться збільшувати саме через загазованість та забруднення пилом повітря в пташнику. Однак збільшення повітрообміну дасть задовільні результати лише при низьких концентраціях шкідливих умов в місцях забору припливного повітря. Гранично допустимі величини цих параметрів, наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі на території підрозділів та пташників для вирощування і утримання курей

Територія та приміщення	Пил, мг/м ³	Мікроорганізми, тис. тіл/м ³	Вуглекислий газ, %	Аміак, мг/м ³
Територія - місце забору припливного повітря (доросла птиця)	1,2	25,0	0,03	2,0

Приміщення для дорослої птиці при клітковому утриманні	5,0	220,0	0,25	15,0
Приміщення для дорослої птиці при підлоговому утриманні	8,0	500,0	0,25	15,0
Територія - місце забору припливного повітря (молодняк)	1,0	15,0	0,03	1,5
Приміщення для вирощування молодняку в кліткових батареях	3,0	100,0	0,25	15,0
Приміщення для вирощування молодняку на підлозі	5,0	200,0	0,25	15,0

Вуглекислий газ накопичується в пташнику при недостатньому повітрообміні, його концентрація в цьому випадку може досягати 0,7 %, що в кілька разів перевищує допустиму. Так як вуглекислий газ важчий за повітря, при нерівномірному розподілі припливного повітря він накопичується в нижній частині приміщення.

Аміак утворюється при розкладанні посліду, підстилки, залишків залежаного корму. Він легко розчиняється у воді, в зв'язку з чим особливо сильно впливає на слизові оболонки, верхні дихальні шляхи і очі. У відносно великих концентраціях (більше 40 мг/м³) аміак вражає нервову систему, порушує процеси дихання, знижує опірність організму. Він легший за повітря, тому не накопичується в нижній частині пташника, а циркулює з потоками повітря по всьому його об'ємі [1].

Сірководень є отруйним газом. Він утворюється при розкладанні посліду, підстилки, залишків корму, бою яєць. При недостатній вентиляції, особливо в літніх умовах, концентрації сірководню в повітрі пташника можуть доходити до 70 мг/м³ . Цей газ важчий за повітря, накопичується

найчастіше в вигрібних ямах і траншеях, підхоплюється та інфільтрується потоками повітря. Згідно прийнятих норм технологічного проектування птахівницьких підприємств встановлені гранично допустимі концентрації сірководню в приміщеннях для вирощування та утримання птиці на рівні 5 мг/м³. Концентрації аміаку і сірководню прийнято вимірювати в кількості мг цього газу, що міститься в 1 м³ повітря, а вміст вуглекислого газу - у відсотках до обсягу повітря [7].

При контролі за станом мікроклімату в приміщеннях для птиці визначають фізичні властивості повітря (температуру, вологість, швидкість руху і теплоємність повітря, атмосферний тиск, освітленість, іонний фон і рівень шуму); газовий склад (концентрацію вуглекислого газу, аміаку, сірководню, окису вуглецю); кількість і якість зважених речовин у повітрі (пилу і мікроорганізмів). При необхідності вимірюють температуру поверхонь огорожувальних конструкцій і величину променистого теплообміну між огорожами і птицею. На деякі показники мікроклімату значно впливають метеорологічні чинники атмосфери.

Оцінку стану мікроклімату проводять візуально і за допомогою приладів. При візуальній оцінці попередньо визначають органолептичну якість повітря (задушливий, спертий, прохолодний, сухий, сирий, тощо), стан огорожень (вологі - наявність плісняви, сухі) і фізіологічну реакцію організму птиці на мікроклімат. Більш об'єктивно мікроклімат оцінюють відповідними приладами і методами.

Заміри роблять постійно в одних точках - зонах лежання та стояння різних видів птиці. Показники мікроклімату в приміщеннях вимірюють по горизонталі: в торцях, відступивши від поздовжніх стін на 3 м, від торцевих 0,8–1 м і в середній частині будинку на лінії поздовжньої його осі. У багаторядних приміщеннях роблять додаткові виміри в середині кожної половини приміщення, при несправності вентиляційних агрегатів - в їх зоні забезпечення мікроклімату.

Мікроклімат по вертикалі заміряють в пташниках при підлоговому утриманні птиці на рівні 0,2 м від підлоги, а при клітковому утриманні птиці заміри проводять у проходах між батареями в зоні кліток нижнього, середнього і верхнього ярусів.

При оцінці систем вентиляції вимірювання роблять на відстані 0,6 м від стелі.

Крім того, необхідно періодично контролювати стан мікроклімату на рівні 1,5 – 1,6 м від підлоги.

Для контролю температури повітря застосовують максимальні, мінімальні, ртутні та спиртові термометри, термографи М-16 (добовий або тижневий). Крім того, температуру повітря та огорожуючих конструкцій приміщень визначають електротермометрами типу АМ-2М, ЕОМ-2, ТЕМП-60, а також пристінковими термометрами. Відносну вологість (в %) контролюють гігрометрами типу МВ-1, М-39, гігрографами М-21 (добовими або тижневими), а в більшості випадків - статичними і аспіраційними психрометрами по різниці показників «сухого» і «вологого» термометрів. Швидкість руху повітря в приміщеннях вимірюють анемометрами крильчатого типу АСО-3 і чашковими типу МС-13, термоанемометрами типу ЕА-2М, кульовими або циліндричними кататермометр. Атмосферний тиск (в мм.рт.ст.) контролюють барометрами-анероїдами, барограф типу М-22 (добовими і тижневими).

Природну і штучну освітленість у приміщеннях (у лк) вимірюють люксометрами типу Ю-16 і Ю-17. Концентрацію аероіонів в повітрі визначають лічильниками або іономірами типів СІ-1 (Отто-Тверського), САИ ТГУ-66, СІ-62, тощо. Запиленість повітря (в мг/м³) знаходять за допомогою електроаспіраторів типу ЕА-30 ваговим способом, заснованим на фільтрації повітря через фільтри АФА-ВП-10 і АФА-ВП-18. Бактеріальну забрудненість і пилову забрудненість повітря визначають модернізованим приладом

Кротова. Інтенсивність шуму (в дБ) встановлюють модернізованим шумоміром типу Ш-М або ИШВ-1 [4,5].

Концентрацію в повітрі вуглекислого газу (у %), аміаку, сірководню та окису вуглецю (в мг/м³) визначають універсальним газоаналізатором типу УГ-2.

При використанні приладів на них не повинні потрапляти прямі сонячні промені, тепло від опалювальних приладів, холод від стін, потік повітря з вентиляційних каналів, тощо. Прилади і реактиви, що використовуються для визначення показників мікроклімату, повинні бути точними, добре вивіреними [6].

Система призначена для вимірювання та контролю температури, вологості, вуглекислого газу та підтримки їх у заданих межах.

2.2. Методи вимірювання температури

Незважаючи на уявну простоту визначення температури, як ступеня нагрітості тіла, її фізична сутність дуже складна: потрібно статистичний підхід до визначення температури як фізичного параметра, від якого залежить функція розподілу по швидкостях, енергії випромінювання по довжинах хвиль і т.п. 1,5 до 15 000 К.

Хоча людина може відчувати температуру і навіть розрізняти її в певному діапазоні, методів прямого вимірювання температур немає, всі вони пов'язані зі зміною будь-яких інших фізичних величин: розмірів, тисків, опорів, швидкості звуку, випромінювання, ступеня іонізації, термо-ЕРС, потужності теплових шумів, випромінювання слабких потоків нейтральних атомів.

Методами вимірювання температур в області наднизьких і низьких значень є термошумовий, терморезистивний, радіаційний, яскравий, яскравий. спектральний, рентгенівський та ін.



Рис. 2.1 Датчик для вимірювання температури

2.3 Методи виміру вологості

Не буде перебільшенням сказати, що гігрометрія є одним із "найдавніших" і поширених завдань фізико-хімічних вимірювань. За більш ніж п'ять століть розвитку засобів вимірювання відносної вологості (перший гігрометр із вовни винайшов Н. Кузанський у 1440 році) було створено прилади на основі десятків фізичних принципів. Величезна кількість методів вимірювання вологості, умов аналізу, специфічність вимірюваного параметра виділяють гігрометрію серед інших напрямів газового аналізу.

Вимірювачі вологості за методами вимірювань прийнято ділити на прямі та непрямі. У вимірювачах вологості, що використовують прямі методи, проводиться безпосередній поділ матеріалу на суху речовину і вологу. У вимірниках вологості, що використовують непрямі методи, вимірюється величина, функціонально пов'язана з вологістю матеріалу. Непрямі методи вимагають попереднього градуювання з метою встановлення залежності між вологістю матеріалу та вимірюваною величиною.

Відносну вологість повітря - відношення парціального тиску водяної пари, що міститься в повітрі при даній температурі, до тиску насиченої пари при тій же температурі, вираженої у відсотках: $= p/p_0 \cdot 100\%$, як правило вимірюють за допомогою непрямих методів.

Найчастіше відносну вологість повітря вимірюють з гігрометрів та психрометрів.

Гігрометричні способи вимірювання засновані на зміні довжини гігроскопічних ниток, зокрема волосся або синтетичних ниток. Незважаючи на те, що такі гігрометри є добрим рішенням у ціновому плані, їх використання обмежене вимірювальним класом. Точність таких вимірів становить близько $\pm 5\%$ відносної вологості. Психрометри значно точніші, ніж гігрометричні способи вимірів. Вони вимірюють рівень вологості завдяки фізичному ефекту охолодження під час випаровування. При цьому способі вимірів один термометр зчитує температуру навколишнього повітря, а інший т.зв. температуру вологого термометра. Для цього термометр повинен бути зволожений бавовняною тканиною та обдувається повітрям зі швидкістю від 2 до 3 м/с. Випаровування, що відбувається, охолоджує термометр і при настанні стану рівноваги, вологість може бути підрахована за показаннями сухого і вологого термометра. Ступінь точності 1% відносної вологості може бути досягнуто при використанні точних термометрів та за умови акуратного обслуговування обладнання.

Розглянуті гігрометричні та психометричні методи вимірювання вологості є не електричними методами, що стосується електричних методів, то найбільш поширеними вимірювачами вологості, що реалізують непрямі методи в галузі електричних вимірювань, є кондуктометричні та діелектрометричні (або ємнісні). Основою даних методів виміру вологості залежить від вологості параметрів, що характеризують поведінку вологих матеріалів в електричних полях.



Рис. 2.2 Датчик для вимірювання вологості

Кондуктометричні вимірювачі вологості ґрунтуються на вимірі

електричної провідності матеріалу. Вологовмісні матеріали, будучи в сухому вигляді діелектриками, в результаті зволоження стають провідними. Питомий опір вологих матеріалів змінюється залежно від вмісту води у надзвичайно широкому діапазоні, що охоплює 9-12 порядків. Такий широкий діапазон може негативно позначатися на точності даних вимірювачів, особливо складно кондуктометричними вимірювачами вологості контролювати малі значення вологості, коли електричний опір дуже великий і фактори, що заважають, вносять в нього велику похибку.

Принцип роботи діелькометричних вимірювачів вологості заснований на залежності діелектричної проникності матеріалу від його вологості (бо діелектрична проникність води в багато разів вища, ніж у більшості матеріалів, здатних поглинати вологу, то діелектрична проникність вологого матеріалу дає достовірну інформацію про його вологість). За цим методом вимірюють ємність датчика (рисунок 4). Вимірювана ємність є функцією діелектричної проникності, і, відповідно, вологості контролюваного середовища. До переваг діелькометричних вимірювачів вологості слід віднести контроль вологості в широкому діапазоні з високою точністю, оперативність вимірів. До недоліків - неможливість з високою точністю контролювати вологість менше 1 ... 0,5%, але при вимірюванні вологості повітря такої необхідності немає.

2.4 Методи виміру вмісту вуглекислого газу

Інфрачервоний оптичний аналіз (інфрачервона капнометрія). Це в даний час найпоширеніший метод аналізу концентрації вуглекислого газу в повітрі, що видихається. Широке поширення він набув після розробки надмініатюрних датчиків. Позитивні якості: висока точність вимірювання самого датчика, низьке енергоспоживання, мініатюрність, простота використання.

Принцип виміру ґрунтується на поглинанні несиметричними молекулами газу інфрачервоного випромінювання певної довжини хвилі. Амплітуда сигналу, що пройшов через газ, назад пропорційна концентрації. Як джерела інфравипромінювання використовуються або світлодіоди, або твердотільні лазери.



Рис. 2.3 Датчик для вимірювання CO₂

Мас-спектрометрія: це метод аналізу складу газової суміші. Проба досліджуваної речовини подається у вакуумну камеру через вхідний отвір. Відразу за вхідним отвором газ, що надходить, іонізується пучком електронів, що йдуть з анода іонізатора. Далі іонізований газ проходить через постійне потужне магнітне поле, яке відхиляє траєкторії руху іонізованих частинок газу. Іони з вищим ставленням маси до заряду відхилятися на менший кут внаслідок своєї більшої інертності за однакової величини впливу. Через війну газ поділяється на потоки за критерієм величини ставлення маси до заряду, тобто за хімічним складом. Величини цих потоків реєструються на колекторах іонів на приймальній поверхні вакуумної камери. За показаннями лічильників визначають відсоткове співвідношення тієї чи іншої компонента.

2.5. Методи вимірювання тиску-розрядження

У стандарті ISO 14644-3:2005 «Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 3. Методи вимірювань», витримки з

якого наведені вище, описані не тільки загальні принципи проведення вимірювань, а й основні існуючі типи приладів для вимірювання перепаду тиску. Найпростіші з них – похилі манометри. Дія похилого манометра засноване на тому, що через перепад тиску на двох входах манометра рідина зміщується вгору або вниз по похилій трубці. Трубка має бути саме похилою, щоб забезпечити вимірювання дуже маленьких значень диференціального тиску, адже зазвичай перепад тиску між суміжними чистими приміщеннями становить величину близько 10 Па (10 Па = 1,02 мм вод. ст.). Як правило, для вимірювання перепадів тиску між приміщеннями використовують манометри, здатні реєструвати величину різниці тисків у діапазоні 0 – 60 Па.



Рис. 2.4 Датчик для вимірювання тиску розрядження.

При виборі похилого манометра слід звернути увагу на те, що стандарт ISO 14644-3 не вимагає такого типу приладів великої точності. Вона має бути не гіршою за 3% (багато пропонованих на ринку приладів мають на порядок більшу точність – але й суттєво більшу вартість). Похилі манометри дешеві, досить наочні, але вимагають періодичного обслуговування (доління та зміна рідини, корекція нуля та ін.) та їх показання не можна перевести в електронний сигнал. Можливо, саме з цих

причин найбільшого поширення у техніці чистих виробничих приміщень набули механічні диференціальні манометри. Електронні прилади для вимірювання перепаду тиску можуть пропонуватися як у вигляді окремих приладів, що показують і записують, так і у вигляді датчиків. Датчики передають сигнал, пропорційний перепаду тиску, систему обробки інформації (контролер або комп'ютер).

У цьому випадку результати вимірювань відображаються лише на робочому місці оператора. Втім, деякі датчики мають цифровий дисплей, що дозволяє контролювати величину перепаду тиску і безпосередньо в місці установки датчика. Датчики перепаду тиску виробляються багатьма фірмами. Як приклад можна навести сімейство датчиків диференціального тиску компанії Setra (США). Моделі 264, 265, 267 і 269 випускаються у кількох модифікаціях, що відрізняються верхньою межею вимірюваного перепаду тиску – від 25 Па до 25 кПа. Деякі моделі датчиків забезпечені дисплеєм, можуть працювати в декількох діапазонах, мають високу роздільну здатність - іншими словами, наближаються за своїми характеристиками до автономних електронних приладів.

2.6. Методи виміру освітленості

Освітленість - фізична величина, чисельно рівна світловому потоку, що падає на одиницю поверхні:

$$E = \frac{d\hat{O}}{d\sigma}$$

Одиницею виміру освітленості у системі СІ служить люкс (1 люкс = 1 люмену на квадратний метр), в СГС - фот (один фот дорівнює 10000 люксів).

На відміну від освітленості, вираз кількості світла, відбитого поверхнею, називається яскравістю.

Освітленість прямо пропорційна силі світла джерела світла. При

віддаленні його від поверхні, що освітлюється, її освітленість зменшується назад пропорційно квадрату відстані.

Коли промені світла падають похило до поверхні, що освітлюється, освітленість зменшується пропорційно косинусу кута падіння променів.

Освітленість E від точкового джерела знаходять за формулою:

$$E = \frac{I}{r^2} \times \cos i$$

де I -сила світла у канделах; r -відстань до джерела світла; $\cos i$ - кут падіння променів світла щодо нормалі до поверхні.

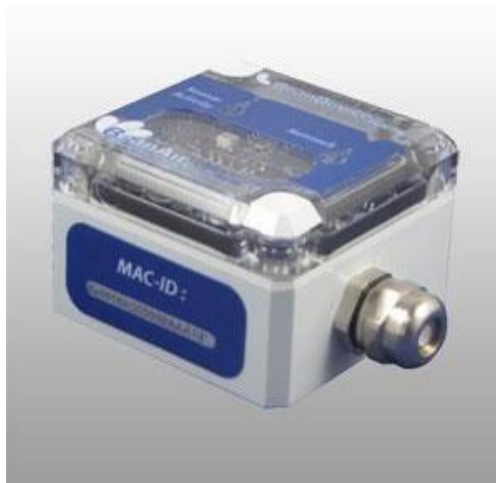


Рис. 2.5 Датчик для виміру освітленості.

Освітленість у фототехніці визначають за допомогою експонетрів та експозиметрів, у фотометрії – за допомогою люксетрів.

2.7. Аналіз існуючих технічних рішень

2.7.1. Контролери мікроклімату Вентура

Щоб фермерський бізнес приносив гарний прибуток, необхідно подбати про сприятливі умови утримання тварин: комфортну температуру та

вологість повітря. Робити це вручну, особливо у великих приміщеннях, важко та незручно. На допомогу придуть контролери мікроклімату від компанії ПП «Вентура» (рис. 2.6). Клімат контроль в пташнику та інших тваринницьких приміщеннях є однією з найважливіших систем [14].



Рис. 2.6. Контролер мікроклімату від компанії ПП «Вентура»

На тваринницьких господарствах контролер мікроклімату – корисне обладнання. За його допомогою можна автоматизувати процес управління господарством, включаючи такі важливі параметри, як вентиляція, обігрів та охолодження, вологість.

Принцип роботи контролерів полягає в установці спеціальних датчиків усередині та зовні приміщення, які зчитують показники:

- температури;
- вологості;
- освітленості;
- розрідженості повітря;
- рівню аміаку та вуглекислого газу.

Всі дані надходять до єдиного блоку і відображаються на моніторі. Тут же можна встановлювати бажані параметри залежно від категорії тварин, їх

віку, кількості поголів'я, пори року та клімату. Управління здійснюється за допомогою домашнього ПК або смартфона. У разі аварійних ситуацій система видає сигнал оповіщення.

Головне, за що відповідає контроль-система – це:

1. Налаштування оптимальної атмосфери для утримання тварин. Як тільки у приміщенні підвищується рівень вуглекислого газу, вмикається вентиляція. Приміщення провітрюється та наповнюється киснем.

2. Забезпечення відповідної вологості повітря. Просто встановіть потрібні параметри, і у разі відхилення від норми почнуть спрацьовувати розпилювачі водяного туману. Таким чином, вологість завжди буде в рекомендованих параметрах, що позитивно позначиться на здоров'ї та зростанні тварин.

3. Обігрів приміщення в холодну пору року. Автоматично включається система обігріву, нагріваючи приміщення до встановленої температури та надалі підтримуючи цей показник.

4. Управління освітлення за принципом «світанок-захід».

Крім цього, контролери мікроклімату дозволяють відстежувати наявність корму в бункерах, своєчасне наповнення годівниць, що гарантує безперебійне годування та напування тварин. Як тільки корм у бункері закінчується, на електронну пошту або смартфон надходить повідомлення, а на системному моніторі спалахує червона лампочка.

Клімат-контроль буде корисним на всіх фермерських господарствах для цілодобової підтримки потрібної температури та вологості з мінімальною участю людини у цьому процесі. Це:

- птахофабрики, де розводять бройлерів та несучок, індичок, качок, гусей;
- свинокомплекси;
- кролячі ферми.

2.7.2. Комп'ютер CTI Sigma для птахоферми

Сучасний комп'ютер CTI Sigma (рис. 2.7.) призначений для автоматизації управління мікрокліматом на птахофермах. Цей інноваційний пристрій дає змогу ефективно контролювати вентиляцію, опалення, освітлення, а також концентрацію вуглекислого газу (CO_2) та аміаку (NH_3) у приміщенні [15].



Рис. 2.7. Комп'ютер CTI Sigma для птахоферми

Комп'ютер CTI Sigma оснащений великим сенсорним екраном і вбудованим Wi-Fi, що забезпечує зручність у використанні та доступ до управління з будь-якої точки світу через комп'ютер або смартфон. Додаткові функції, як-от зважування птиці та кормів, роблять його універсальним рішенням для комплексного управління фермою.

Основні характеристики

- Датчики:
 - Вхід для 7 датчиків температури (в комплекті 4 шт.).
 - Можливість під'єднання датчика вологості, флюгера, датчика статичного тиску, датчиків CO_2 і аміаку (не входять до комплекту).

- Контроль мікроклімату:
 - Керування на основі кривих температури, рівня вентиляції, опалення та положення вхідних отворів.
 - Налаштування 12 рівнів вентиляції.
- Контроль над 4 незалежними групами повітрязбірників.
- Можливість керування димоходами або системою димохідно-тунельної вентиляції.
- Додаткові функції:
 - Система зважування птиці з підключенням до 2 ваг.
 - Система зважування кормів у бункерах (силосах).
 - Керування освітленням у приміщенні.
- Сигналізація для контролю критичних параметрів.
- Інтерфейс:
 - Сенсорний екран великого розміру, зручний для налаштування та моніторингу.

- Вбудований Wi-Fi для віддаленого керування та контролю.

Технічні характеристики

- Електроживлення: 230 В.
- Релейні виходи: 16 шт.
- Аналогові виходи: 4 виходи 0-10 В.
- Виходи двигуна: 4 однофазних/трифазних.
- Клас захисту: IP55 (захист від пилу і води).

Переваги

- Повний контроль мікроклімату: точне управління вентиляцією, опаленням і освітленням для створення оптимальних умов для птахівництва.
- Автоматизація процесів: можливість налаштування та контролю всіх систем за допомогою температурних кривих і рівнів вентиляції.
- Зручність у використанні: сенсорний екран зі зрозумілим інтерфейсом, доступ до даних і управління через інтернет.

- Універсальність: підтримка зважування птиці та кормів, а також можливість підключення різноманітних датчиків для більш точного моніторингу.

- Енергоефективність і надійність: клас захисту IP55 і багатофункціональні виходи забезпечують довгий термін служби і стабільну роботу в складних умовах ферми.

СТІ Sigma - це високотехнологічне рішення для автоматизації птахоферми, яке допомагає оптимізувати умови утримання птиці, підвищувати продуктивність і скорочувати витрати.

2.7.3. Клімат-контроль для пташника TempTron 607A+ 2 TEMP

TempTron 607 - це ефективний недорогий кліматичний контролер, розроблений спеціально для вирощування птиці та свиней (рис. 2.8). Завдяки 8 вбудованим реле, він управляє вентиляторами, впускними отворами, шторами, обігрівачами, системами охолодження, клапанами, вентиляторами зі змінною швидкістю, вимірюванням води та подачі [16]. За допомогою автоматичної кривої зниження температури він контролює та відображає температуру від 6 датчиків.

Контролер включає в себе автоматичну криву зниження температури для заданої температури будинку.

Централізоване управління здійснюється з будь-якого ПК за допомогою програмного забезпечення WebChick або за допомогою стільникового сигналізатора Cellink, що робить його доступним за допомогою будь-якого пристрою, підключеного до Інтернету (смартфона, планшета та комп'ютера).

Можна замовити в різних стандартних версіях або як OEM за спеціальною програмою.



Рис. 2.8. Кліматичний контролер для пташника TempTron 607A

Технічні характеристики:

Живлення: 115 / 230В змінного струму

Входи: 6 аналогових входів для датчиків температури, датчика вологості (0-10 В) і датчика тиску (0-10 В).

4 цифрових входи

Виходи:

8 сухих перемикаючих контактів макс. 230 В / 2А

2 виходи 0-10 В

Дисплей: 6 цифр, 7-сегментний дисплей

Точність: +/- 0,2 ° C (+/- 0,3 ° F).

2.7.4. Система керування мікрокліматом птахокомплексу для утримання батьківського стада

Система керування мікрокліматом птахокомплексу для утримання батьківського стада призначена для вирішення наступних завдань щодо забезпечення оптимального мікроклімату в приміщенні птахокомплексу [17]:

- внесення налаштувань параметрів мікроклімату для виконання основного алгоритму керування пташником;
- відстеження зведеної інформації про стан всіх пташників виробничого майданчика;
- оперативне змінення параметрів мікроклімату в пташниках на виробничому майданчику з диспетчерського пункту;
- керування освітленням в тому числі й за встановленим графіком;
- керування лініями кормороздачі та напування в тому числі й за встановленим графіком;
- розрахунок кількості корму залежно від поголів'я і ваги корму на голову;
- реєстрація витрати води;
- керування зважуванням і дозуванням корму в бункерах;
- керування адресною подачею корму в системі кормороздачі за встановленим графіком;
- оперативне збирання, зберігання та обробка інформації про стан об'єкта;
- візуалізація параметрів, що відображають хід технологічного процесу і стан технологічного обладнання;
- реєстрація аварійних подій, контролювання, спостереження та оперативного реагування на виникнення аварійних ситуацій;
- відстеження значень параметрів зовнішнього середовища – температури і відносної вологості зовнішнього повітря, швидкості вітру;
- розмежування прав доступу до параметрів системи і реєстрація дій персоналу щодо зміни режимів роботи і параметрів блоків керування;

- архівування та відображення архівної інформації у вигляді графіків.

Структура системи наведена на рис. 2.9.

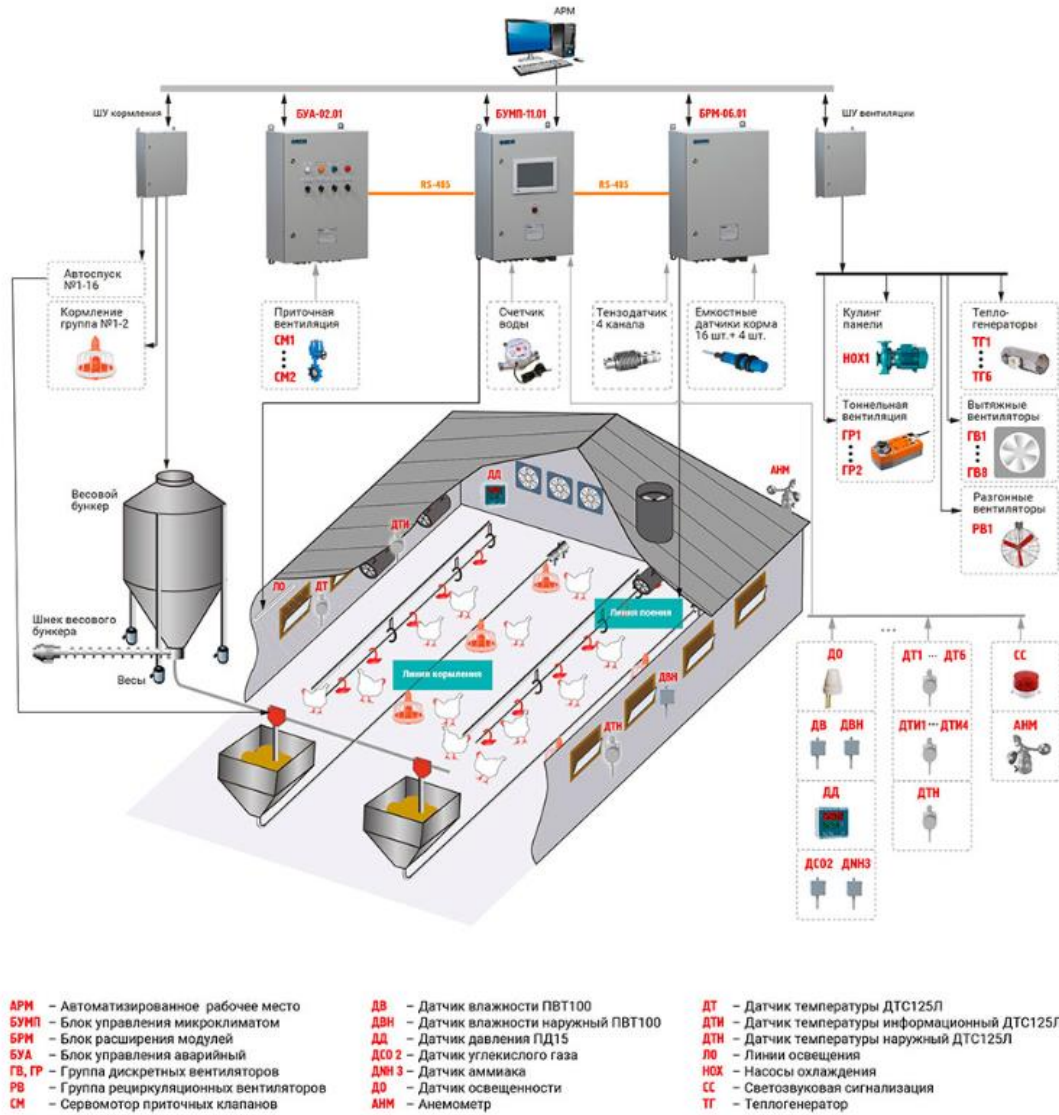


Рис. 2.9. Система керування мікрокліматом птахокомплексу для утримання батьківського стада

Переваги рішення

Універсальність

Керування мікрокліматом будь-якого птахокомплексу, незалежно від його розмірів і особливостей технології утримання птахів.

Комплексність

Система керує всіма параметрами мікроклімату: групами вентиляторів, рівнем температури і вологості, а також рівнями вмісту вуглекислого газу і аміаку в приміщенні птахокомплексу. Також система керує виробничими процесами, зокрема лініями напування, годування та освітлення.

Економічність

Рациональне використання корму завдяки чіткому розрахунку кількості корму залежно від поголів'я і ваги корму на голову, а також за допомогою керування адресною подачею корму в системі кормороздачі за встановленим графіком.

Система є енергоефективною завдяки можливості керування вентиляцією з урахуванням температури і відносній вологості зовнішнього повітря, швидкості вітру.

Легкість у використанні

Блоки керування оснащено великим графічним дисплеєм, що забезпечує легкість налаштування і зчитування параметрів системи.

Надійність

Трирівневий захист доступу паролем виключає можливість внесення змін в налаштування неавторизованими користувачами.

Диспетчеризація та оповіщення

Система підтримує диспетчеризацію на базі SCADA-системи та АРМ диспетчера, що дає змогу оперативно змінювати параметри мікроклімату в птахокомплексі на виробничому майданчику з диспетчерського пункту, а також здійснювати контроль, спостереження і оперативне реагування на виникнення аварійних ситуацій.

Функціонал	Утримання батьківського стада
Функції керування виконавчими механізмами	
Керування дискретними групами вентиляції	8 груп
Керування додатковими розгінними групами вентиляції	1 група
Керування системами охолодження (кулінг-панелями, системами розпилення води)	1 зона
Керування дискретними нагрівачами (системою опалення, теплогенераторами)	6 зон
Керування припливними клапанами за перепадом тиску; за температурою (6 датчиків + 4 інформаційних); за таблицею потужності вентиляції	2 групи
Керування тунельними клапанами за температурою в приміщенні, зовнішньою температурою і швидкістю повітря в приміщенні	+
Керування освітленням за встановленим графіком	+
Керування подачею води в системі напування за встановленим графіком або за кормом	+
Керування зважуванням і дозуванням корму в бункері	+
Керування адресною подачею корму в системі кормороздачі за встановленим графіком	+

Можливості щодо застосування датчиків	
Регулювання вентиляції та обігріву за допомогою датчиків температури в приміщенні	6 датчиків
Регулювання вентиляції з урахуванням датчика температури зовнішнього повітря	1 датчик
Регулювання припливних клапанів за перепадом тиску	+
Відведення надлишкової вологості, вуглекислого газу та аміаку в пташнику за допомогою вентиляції	+
Регулювання вентиляції з урахуванням вологості повітря в приміщенні і зовнішнього повітря	+
Реакція на аварійні події	
Розпізнавання ситуацій з пропаданням (обривом) зв'язку з АРМ диспетчера	+
Розпізнавання ситуацій з невірними показами датчиків (обрив, вихід за межі вимірювання, коротке замикання)	+
Автоматичне відновлення зв'язку з АРМ диспетчера в разі зникнення зв'язку	+
Увімкнення світлозвукової сигналізації при будь-якій аварійній ситуації	+
Реєстрація виникнення контрольованих подій, в тому числі й аварійних, в журналі подій	+
Інші функції	

Встановлення температури в приміщенні, гнізді та мінімальної вентиляції за допомогою графіків	+
Видача параметрів в систему віддаленого моніторингу	+
Обмін даними з системою диспетчеризації	+
Ручне керування виконавчими механізмами	+
Розмежування доступу до параметрів налаштування системи	+

2.8. Мікроклімат у пташнику та його вимірювання

Оптимальний клімат у пташнику є досить складним завданням для оператора, але хороший кліматичний комп'ютер з цим чудово справляється. Нове покоління кліматичних комп'ютерів для птиці має складні елементи керування, які можуть забезпечити оптимальний клімат у будь-який час. Ці елементи керування можуть працювати належним чином лише за умови правильного вимірювання датчиків, наявних у пташнику та поза ним. Правильне вимірювання починається з розміщення датчиків у правильному положенні в пташнику та поза ним. На рис. 2.10 наведено приклад розміщення датчика температури [18].

Датчики повинні бути прикріплені в місці, де змішалось свіже повітря яке надійшло з вулиці з наявним гарячим повітрям пташника, після чого змішане повітря рухається до тварин. В жодному випадку датчики не можна монтувати в потоці вхідного повітря з вулиці.



Рис. 2.10 Розміщення датчика температури у пташнику

На практиці це означає:

Датчики температури:

- У приміщеннях з підлоговим утриманням (бройлерних і вирощувальних) цього досить легко досягти, під'єднавши датчик до кормової або водопровідної лінії, яку можна пересунути лебідкою. Це запобігає зависанню датчика між тваринами та підданню впливу тварин.
- У пташниках, де тварини утримуються системою, наприклад вольєрна система для курей-несучок, це зовсім інша історія. Розмістіть датчики в проході або збоку від вольєра. Переконайтеся, що на них не можуть вплинути тварини, які ночують у темний період.
- Температура в приміщенні часто неоднорідна, тому часто встановлюють кілька (чотири-шість) датчиків температури, щоб можна було використовувати середнє значення наявних датчиків. У пташнику, де вентилятори розміщені в коньку, перепади температур будуть невеликими. Щоб звести ці відмінності до мінімуму, більшість кліматичних

комп'ютерів мають можливість окремо керувати елементами керування входом.

Часто можна під'єднати один датчик відносної вологості та один датчик CO₂ до кліматичного комп'ютера. Найкраще місце для вимірювання – центр пташника. Обидва типи датчиків чутливі до пилу і тому можуть відхилятися. Для якісного вимірювання їх потрібно регулярно очищати від пилу

Однією з найбільших проблем для контролю клімату є різка зміна зовнішньої температури та вологості, що впливає на клімат всередині пташника. Кліматичний комп'ютер постійно регулюватиме вентиляцію (витяжну та припливну) залежно від високої та/або низької зовнішньої температури та відносної вологості. Правильне вимірювання умов експресії має вирішальне значення для цього. Кліматичний комп'ютер повинен вимірювати температуру і вологість повітря, яке надходить в пташник через впускні клапани.

Для правильного вимірювання необхідно враховувати наступне:

- Розміщення (зовнішніх датчиків) бажано з північної сторони пташника
- Не піддається впливу прямих сонячних променів і вітру
- У будинках із зимовим садом датчик зовнішньої температури та датчик відносної вологості можна розмістити в зимовому саду

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

В даний час сформувався новий напрямок в метрології та електровимірювальній техніці - комп'ютерно-вимірювальні системи та їх різновид або напрямок розвитку - віртуальні (віртуальні - здаються) вимірювальні прилади (простіше, віртуальні прилади). Комп'ютерно - вимірювальна система обов'язково включає в себе комп'ютер, що працює в режимі реального масштабу часу.

Останніми роками персональні комп'ютери використовуються як обчислювальні засоби, а й як універсальні вимірювальні прилади. Комп'ютерно-вимірювальні системи на основі персонального комп'ютера сьогодні замінюють стандартні вимірювальні прилади (вольтметри, осцилографи, аналізатори спектру, генератори тощо) системою віртуальних приладів. Причому ряд цих приладів може бути активізовано (відтворено) на одному персональному комп'ютері одночасно.

До відмінних особливостей та переваг комп'ютерно-вимірювальних систем у порівнянні з мікропроцесорними приладами відносяться:

- великий фонд стандартних прикладних комп'ютерних програм, доступних для оператора, що дозволяє вирішувати широке коло прикладних завдань вимірювань (дослідження та обробка сигналів, збирання даних з датчиків, керування різними промисловими установками тощо);
- можливість оперативної передачі даних досліджень з локальних та глобальних (наприклад, мережі Internet) комп'ютерних мереж;
- високорозвинений графічний інтерфейс користувача, що забезпечує швидке освоєння взаємодії із системою;
- можливість використання внутрішньої та зовнішньої пам'яті великої ємності;
- можливість складання комп'ютерних програм на вирішення конкретних вимірювальних задач.

Джерелами вхідних сигналів системи будуть датчики температури, датчик тиску та датчик вологості.

Основним і визначальним параметром датчика є наявність аналогового виходу, сигнал з яких повинен надходити на вхід плати вводу-виводу або як її ще називають плати збору даних. Структурна схема плати збору даних показана на рис. 3.1 .

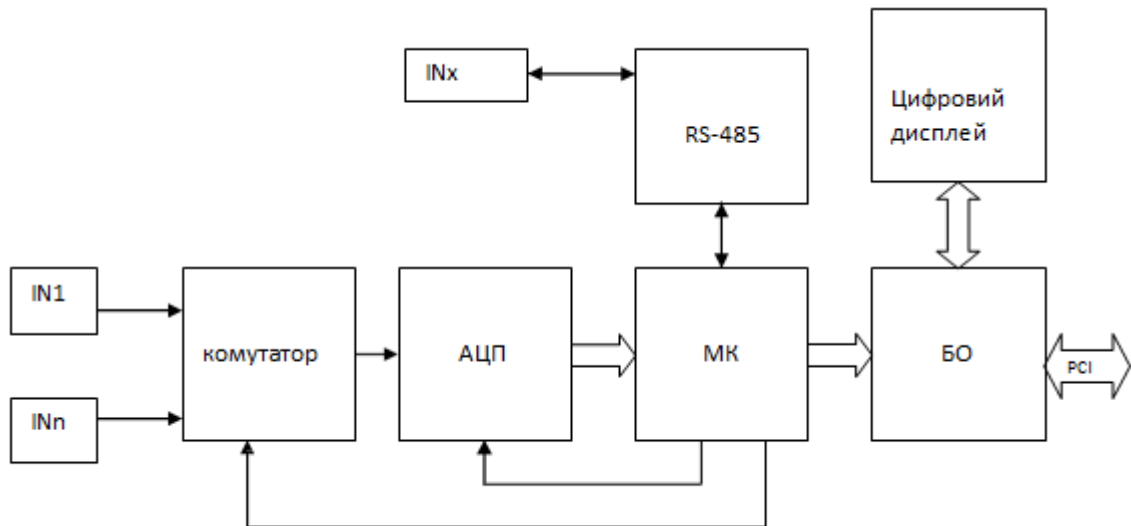


Рис. 3.1. Структурна схема плати збору даних

Структурна схема комп'ютеризованої система вимірювання та контролю параметрів мікроклімату на птахофермі наведена на рис. 3.2.

Перед початком роботи системи необхідно задати необхідні параметри мікроклімату (температуру, вологість, рівень освітленості, концентрації вуглекислого газу CO₂ та розрідження (тиску), а також їх допустимі відхилення. Вводяться час початку та закінчення зміни.

Мікроконтролер отримує дані від датчиків та при неприпустимих відхиленнях видає відповідні повідомлення на індикатор і та на систему вищого рівня. Під час роботи системи допустимі ручні зміни в налаштуваннях параметрів мікроклімату працівниками птахоферми.

Керуючий сигнал будемо подавати на групу реле. За допомогою реле

відбудеться комутація пристрою або декількох пристроїв керування мікрокліматом..

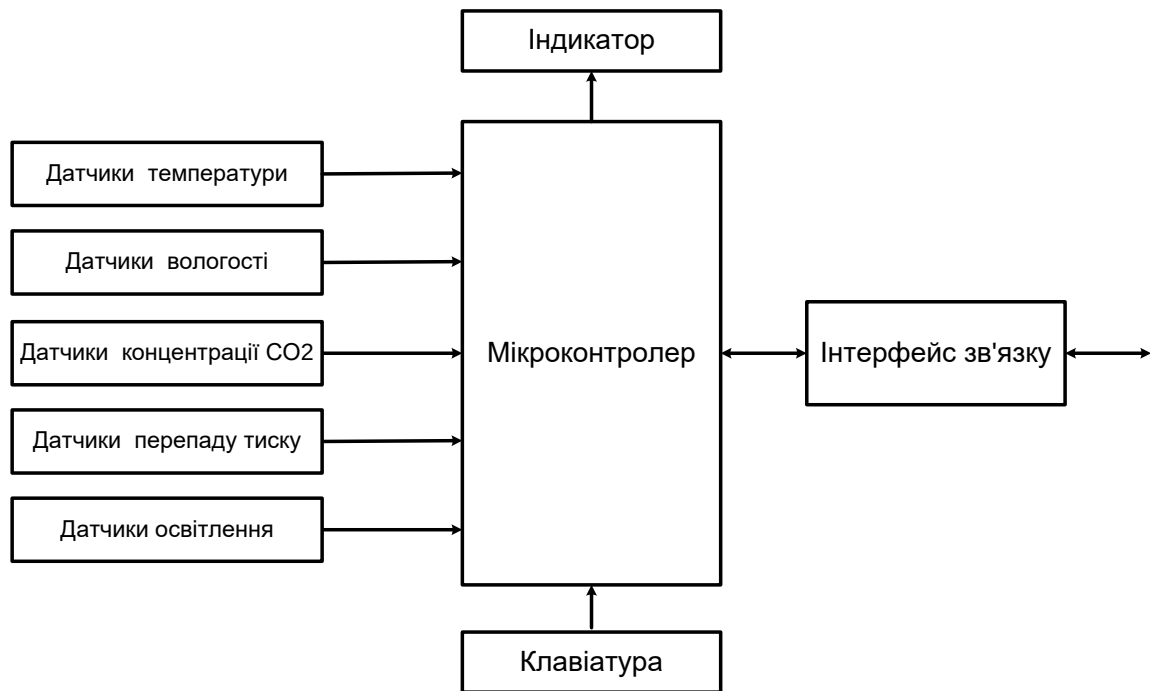


Рис 3.2 Структурна схема системи контролю параметрів мікроклімату пташника

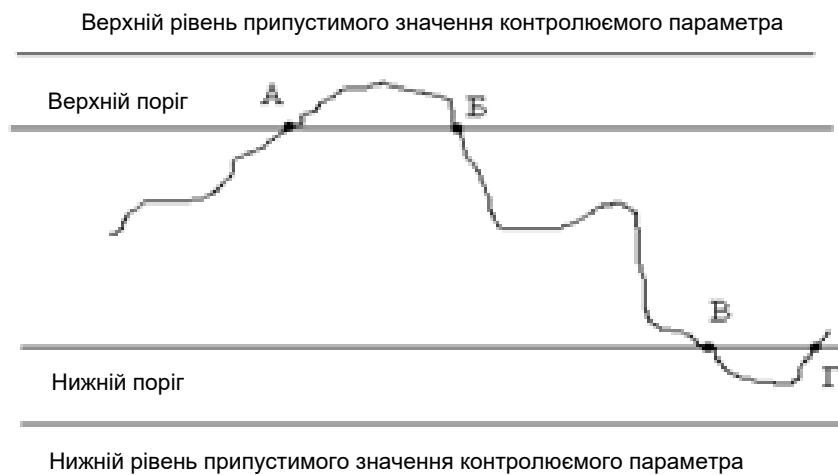


Рис. 3.3 Пояснення роботи системи із заданими порогами:

А і В – точки вмикання пристрою управління параметрами мікроклімату;
Б і Г – точки вимикання пристрою управління параметрами мікроклімату.

4. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1. Вибір промислового контролера

Як промисловий контролер виберемо контролер DOL-339T [19].

Даний мікроконтролер має порівняно невеликі характеристики швидкості та продуктивності, але цього достатньо для поставленого завдання. Мікроконтролер DOL-339T оснащений всією необхідною периферією для збору, обробки інформації та вироблення сигналів для виконавчих пристроїв.



Рис. 4.1. Промисловий мікроконтролер DOL-339T

Для опитування датчиків та видачі керуючих сигналів у мікроконтролері встановлено плату збору даних, яка може опитувати до 12 датчиків з різними сигналами та керувати 8 виконавчими пристроями. Якщо виконавчих пристроїв або датчиків більше, передбачено додаткову плату опитування



Рис. 4.2. Плата збору даних

Для повноцінної роботи DOL-339T встановлений блок живлення,

який перетворює 230В або 110В в 24В 15В і 10В. Також в комплектацію входить мережна плата для передачі даних на ПК і РК - дисплей для відображення інформації.

У DOL-339T встановлений мікроконтролер ST10R167-Q3, який має такі технічні характеристики:

Процесор.....	ST10
Швидкість.....	25MHz
Підключення	CAN, EBI/EMI, SSC, UART/USART
Периферія	POR, PWM, WDT
Число вводів/виводів	111
Тип пам'яті, що програмується.....	ROMless
Розмір пам'яті	4K x 8
Перетворювачі даних	A/D 16x10b
Тип осцилятора	Internal
Робоча температура	-40°C ~ 125°C

4.2. Вибір датчиків

Як датчик температури використовуємо датчик марки «DOL12» фірми «SKOV» [20]. Даний датчик має клас захисту «ір67», що ідеально підходить під задані умови експлуатації.



Рис. 4.3 Датчик температури DOL 12

Датчик має наступні технічні характеристики:

Діапазон вимірювання: $-10^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$

Точність: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$

Постійна часу: 2 хв.

Напруга живлення 10 В

Температура навколишнього середовища, експлуатація: $-10^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$

Температура навколишнього середовища, зберігання: $-30^{\circ}\text{C} \dots +75^{\circ}\text{C}$

Клас захисту, електроніка: IP67

Довжина: 75мм Діаметр: 14мм

Кабель двожильний: 1,4 м, Ø5mm

Як датчик вологості використовуємо DOL 114 фірми SKOV (рис. 4.4), який підходить під умови експлуатації [21].

DOL 114 являє собою високоточний датчик для одночасного вимірювання відносної вологості та температури. Він застосовується в тваринних приміщеннях, але водночас також добре підходить для використання в інших галузях промисловості. DOL 114 має один аналоговий вихід з дуже низьким вихідним опором і повним захистом від коротких замикань і помилок під час під'єднання. Спеціальний чутливий елемент і вбудований фільтр дають змогу застосовувати датчик у тваринних приміщеннях із постійно високою вологістю.

Датчик контролюється мікропроцесором і оснащений двоколірним світлодіодом, який сигналізує про робочий стан і виявлення помилок. Є захисний ковпачок, завдяки якому можна не демонтувати датчик на час миття приміщення. Датчик постачається у версіях із різними виходами, як-от 0-5 В, 0-10 В і 4 - 20 мА.



Рис. 4.4. Датчик вологості DOL 114

Технічні характеристики: DOL 114

Діапазон вимірювання Вимірювання вологості: 0 - 100% RH / 17 - 100% RH * Вимірювання температури: - 40 °C - 60 °C / 0-60 °C *
Точність (0-10 В) Вимірювання вологості: + - 2% RH (40–85 %) + - 3% RH (10-95 %) при 0-40 °C Вимірювання температури: +10 °C – 40 °C: + - 0.5 °C - 30 °C – 60 °C: + - 1.5 °C
Точність (0-5 В) Вимірювання вологості: + - 3% RH (40–85 %) + - 4% RH (10-95 %) при 0-40 °C Вимірювання температури: +10 °C – 40 °C: + - 0.6 °C - 30 °C – 60 °C: + - 1.5 °C
Точність (*0.5 - 3 В) Вимірювання вологості: + - 3% RH (40–85 %) + - 4% RH (16.67-95 %) при 0-40 °C Вимірювання температури: +10 °C – 40 °C: + - 0.6 °C 0°C – 60 °C: + - 1.5 °C
Вихідний сигнал (0-10 В) Вимірювання вологості: 0.1В/% RH Вимірювання температури: 0.1В/°C; 0°C at 4В
Вихідний сигнал (0-5 В)

Вимірювання вологості: 0.1В/% RH Вимірювання температури: 0.1В/°C; 0°С при 4В
Вихідний сигнал (*0.5 - 3 В) Вимірювання вологості: 0.03В/% RH Вимірювання температури: 0.042 В°С
Постійна часу: Т63 20 с за швидкості повітря 0,5 м/с
Напруга живлення: 11 - 30 В постійного струму
Струм живлення (140252, 140252) 12 мА без навантаження 55 мА макс. з навантаженням
Струм живлення (140256) 12 мА без навантаження 35 мА макс. з навантаженням
Навантаження > 500 Ω - < 10 МΩ Рекомендоване навантаження ≥ 100 kΩ
Вихідний струм 20 мА (ток обмежений) Вихідний опір < 1 Ω
Температура, експлуатація та зберігання - 40 ° С - 60 ° С
Клас захисту: IP 67
Кабель: 2 м. 4 х 22 AWG/0,34 мм ²
Довжина кабелю (max): 100 м @ 0.75 мм ² ; 200 м @ 1.50 мм ²
Вага відвантаження, з'єднувач: 150 г
Міра, відвантаження: 275×200×20 мм.

Як датчик CO₂ використовуємо DOL 19, Big Dutchman фірми SKOV (рис. 4.5), який підходить під умови експлуатації [22].



Рис. 4.5. Датчик CO2 DOL 19, Big Dutchman

DOL 19 - це датчик вуглекислого газу/CO₂, розроблений насамперед для застосування у птишиних та тваринницьких приміщеннях. Датчик вимірює рівень CO₂ для забезпечення оптимальних кліматичних умов тварин.

Він також використовується для контролю будь-яких відхилень від норми в приміщеннях із прямим спалюванням газу. Фільтр у міцному корпусі захищає датчик. Датчик оснащений роз'ємом і кабелем, завдяки чому він легко від'єднується і забирається, наприклад, перед миттям і дезінфекцією тваринницького приміщення. DOL 19 має виходи 0 - 10 В і 4 - 20 мА.

Як датчик тиску використовуємо DOL 18, Big Dutchman фірми SKOV (рис. 4.6), який підходить під умови експлуатації [23].



Рис. 4.6. Датчик тиску DOL 18

Електронний датчик DOL 18 компанії Dol-sensors застосовується для точного вимірювання негативного тиску. Насамперед DOL 18 використовується для вимірювання від'ємного тиску в пташиних та тваринницьких приміщеннях і подачі сигналу тривоги за надто низького або надто високого тиску, однак він також може використовуватися в інших галузях, де потрібне вимірювання від'ємного тиску. Є широкий вибір датчиків DOL 18 з різним діапазоном вимірювань від 25 Па до 1250 Па і виходами 0 - 5 В, 0 - 10 В і 4 - 20 мА.

Як датчик світла використовуємо DOL 16, Big Dutchman фірми SKOV (рис. 4.7), який підходить під умови експлуатації [24].

Датчик DOL 16 призначений для вимірювання інтенсивності світла. Він розроблений для застосування в агресивному середовищі пташиних та тваринницьких приміщень, але також добре підходить для застосування в інших галузях промисловості. Інтенсивність світла, або освітленість, є важливим фактором для оптимізації росту бройлерів і несучок.

Активний контроль інтенсивності освітлення завдяки використанню DOL 16 допоможе досягти високої продуктивності та з економити енергію. Датчики DOL 16 поставляються з різними діапазонами виходу: від 0 - 50 люкс і до 0 - 1000 люкс.



Рис. 4.7. Датчик світла DOL 16

4.3. Визначення кількості та розташування датчиків

Розробка системи провадиться для приміщення площею приблизно 4000 м². Для вимірювання параметрів у даному приміщенні встановимо 4 датчики температури, кожен з яких контролюватиме чверть приміщення. Мікроконтролер регулюватиме вентиляцію враховуючи середню температуру датчиків, але при обігріві буде враховуватися температура по зонах, щоб при зниженні температури в одній із зон їй допомагали сусідні зони. По висоті розмістимо їх 40-50 см від поверхні підлоги для мінімізації впливу тепла «підстилки» на датчики.

Датчик вологості буде один, це оптимальний варіант, і він розташовуватиметься в передній частині «пташника», конкретне розташування визначить поширення повітряних мас в приміщенні, по висоті також як датчик температури. Поруч із датчиком вологості рекомендується не встановлювати форсунки розпилення на відстані метра в кожную сторону, для більш якісного вимірювання вологості, або заглушити їх у випадку, якщо вони були встановлені.

Датчик тиску розташуємо в центрі зали на висоті 30-50 сантиметрів від стелі, при встановленні важливо, щоб на нього не потрапляли прямі потоки вентиляторів. Зовнішня трубка встановлюється так, щоб на неї не потрапляли прямі потоки поривів вітру.

Датчик CO₂ розташуємо поруч із датчиком тиску, це пояснюється тим, що як і датчику тиску тут не потрібні прямі потоки повітря для об'єктивного відображення інформації. Близько до підлоги цей датчик опускати так само не можна через сильний вплив на нього аміаку, і як наслідок зменшення ресурсу роботи. Датчик освітленості розташуємо в центрі зали на жорсткій конструкції, відстань від підлоги 80-90 сантиметрів і від найближчих конструкцій не менше 1 метра, рекомендується видаляти пил кожні 5 днів вирощування, тому що від його показань залежить від

світла ламп.

Схематичне розташування датчиків подано на рис. 4.8.

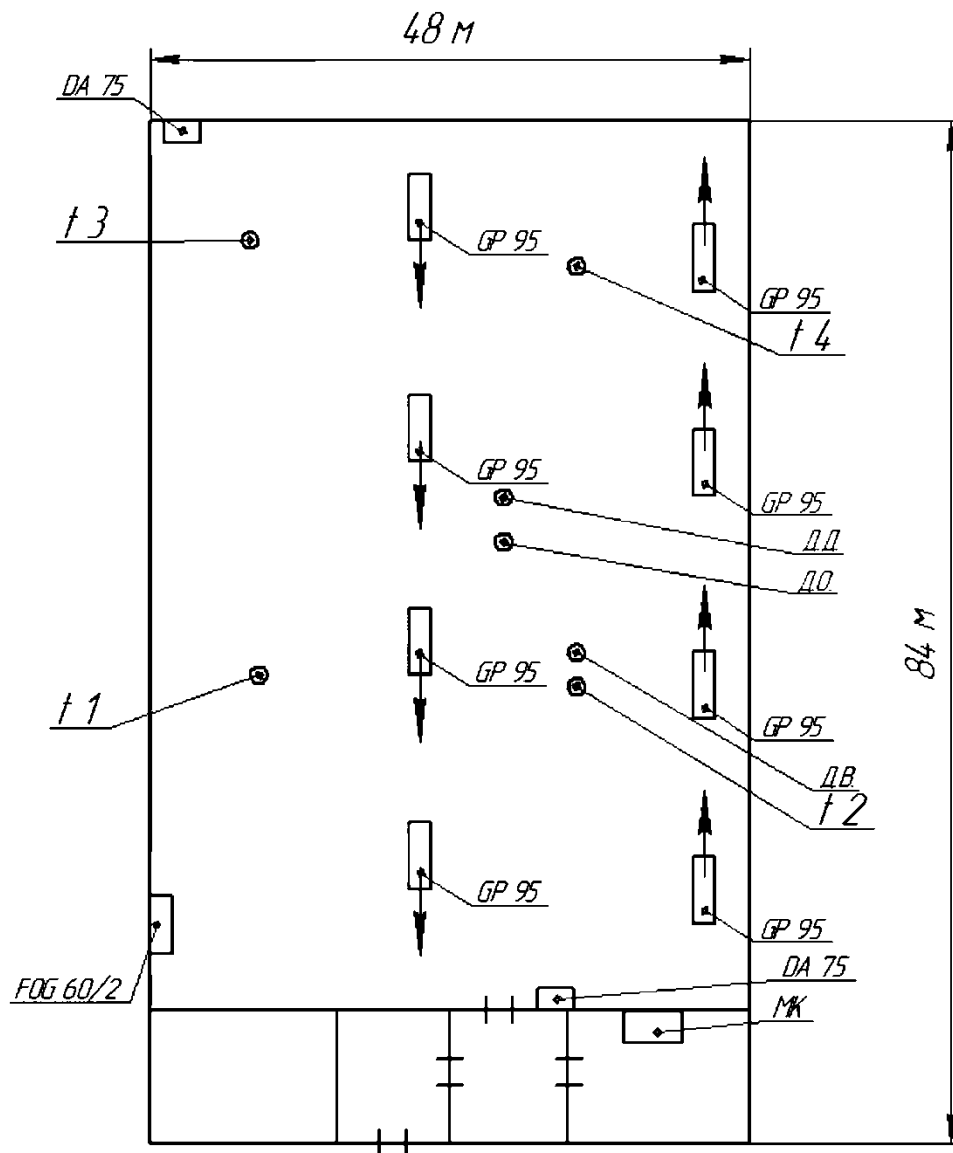


Рис. 4.8. Схематичне розташування датчиків

4.4. Розробка схеми електричних з'єднань

При фізичній реалізації системи контролю мікроклімату виконується з кількох автономних елементів, які будуть на відстані один від одного.

Схема електричних з'єднань наведена на рис. 4.9.

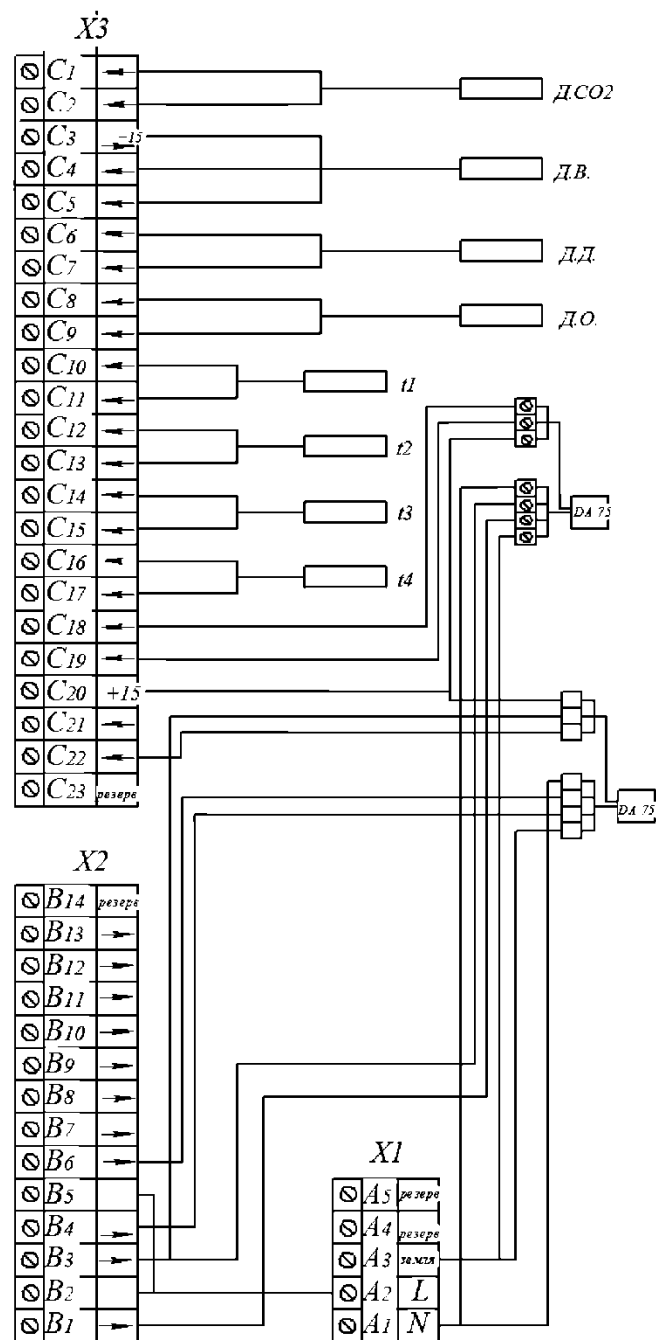


Рис. 4.9. Схема електричних з'єднань

Через контактне з'єднання X3 проводиться живлення та опитування датчиків та потенціометрів. Контакти C1-C12 служать для підключення датчиків вологості, тиску, освітлення та CO₂. Контакти C13-C19 служать

підключення датчиків температури, далі контакти стежать за потенціометрами серводвигунів. Контактне з'єднання X2 призначене для виведення командних сигналів, контакти В1-В6 управляють напрямом обертання серводвигунів. Контакти В7-В10 подають сигнал на теплогенератори, В11 управляє насосом зволоження а В12 управляє освітленням. Живлення на контактне з'єднання надходить із блока живлення через контактне з'єднання X1(А1-А3). На кожному контактному з'єднанні передбачено резервні контакти.

Для підсумкової комутації виконавчого пристрою та мікроконтролера необхідний щит живлення виконавчих пристроїв. У цьому щиті буде зібрано живильну частину на основі «релейної логіки», і захист виконавчих пристроїв від перевантажень і струмів короткого замикання.

.

5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ РОБОТИ СИСТЕМИ

Блок-схема алгоритму роботи наведено на рис. 5.1.

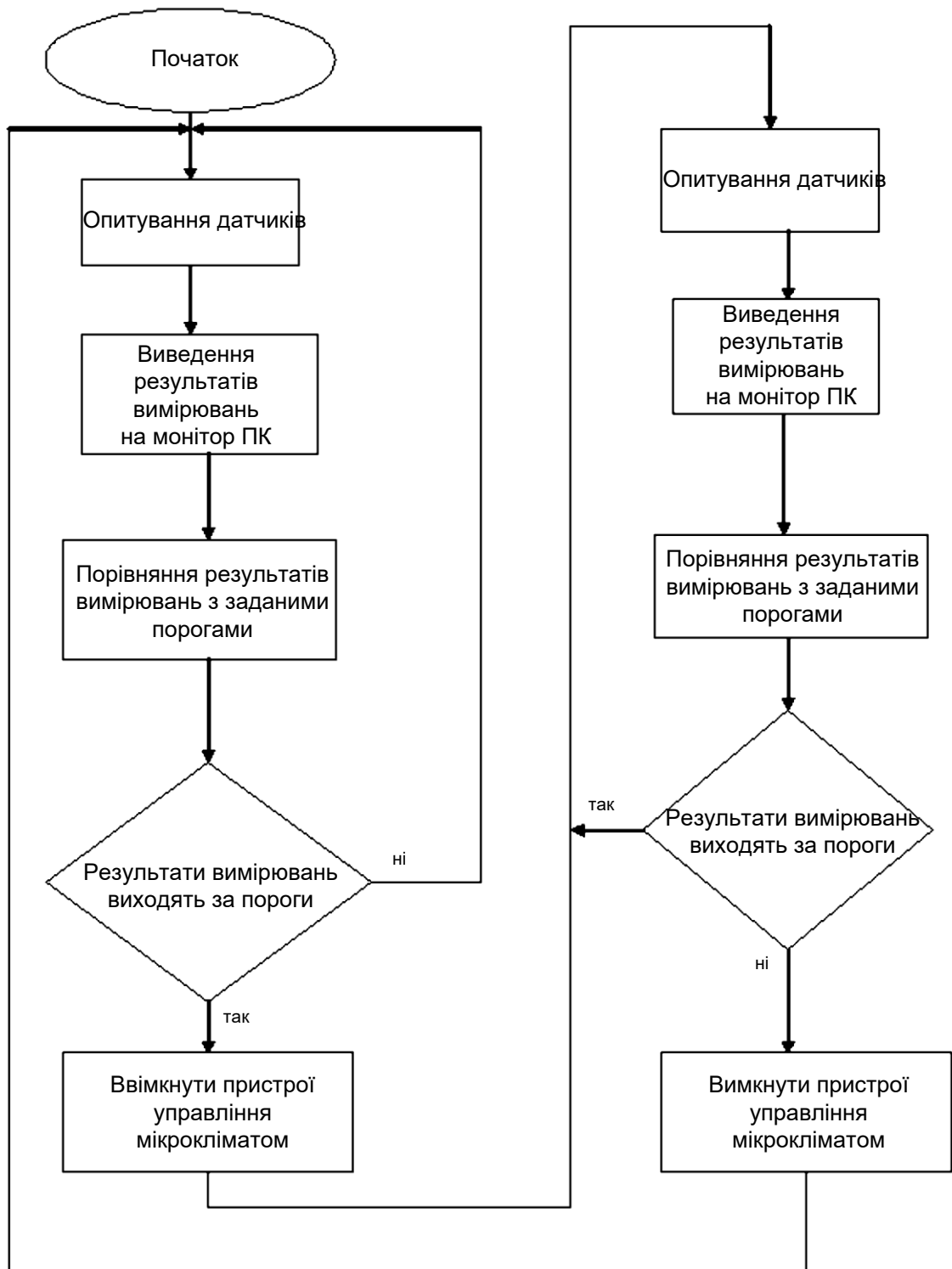


Рис. 5.1. Блок-схема алгоритму роботи

Алгоритм роботи системи мікроклімату являє собою наступне: на початку роботи система опитує датчики та потенціометри для визначення початкових параметрів та позицій, після опитування відбувається порівняння реальних та заданих значень системи а також перевірка стартових значень «партії» (номер дня, коефіцієнти зміщення). Після збору даних інформація виводиться на екран і система починає регулювання мікроклімату. Якщо значення установок відхиляються від реальних мікроконтролерів видає керуючий сигнал певному виконавчому пристрою після чого чекає повторного збору інформації з датчиків та виконавчих пристроїв. Якщо дії системи було недостатньо, то мікроконтролер видає новий сигнал на виконавчий пристрій. Даний алгоритм дозволяє працювати в умовах великої інертності системи та проводити плавне регулювання.

Для виконання даного алгоритму роботи потрібна програма, яка виконає всі умови алгоритму. Програма написана мовою C+, як приклад у додатку представлена частина програми з опитування датчиків температури в 4 зонах та виведення на дисплей.

6. РОЗРАХУНОК МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Розрахуємо похибки для каналів вимірювання температури та вологості.

Одним із методів аналізу похибок є метод аналізу за структурною схемою, який дає можливість виявити значення кожної перетворюючої ланки (блоку) схеми у формуванні загальної похибки приладу.

6.1. Похибка вимірювання температури

Канал вимірювання температури є послідовним з'єднанням функціональних різних блоків.

$$N=K \cdot T,$$

де N - Цифровий код з виходу АЦП;

K - коефіцієнт перетворення системи;

T -діапазон вимірюваної температури.

При послідовному з'єднанні блоків коефіцієнт перетворення дорівнює добутку коефіцієнтів перетворення блоків, що входять до неї.

$$K = K_{\text{ПВП}} \cdot K_{\text{АЦП}},$$

де $K_{\text{ПВП}}$ - коефіцієнт перетворення первинного вимірювального перетворювача (датчика температури);

$K_{\text{АЦП}}$ - коефіцієнт перетворення аналого-цифрового перетворювача.

Виконаємо градуювання каналу виміру температури. Діапазон виміру температури $T=100^{\circ}\text{C}$ (від -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$), еквівалентний цьому цифровий код з виходу АЦП $N=16384$, виходячи з цього, розрахуємо коефіцієнт перетворення K ,

$$K=N/T=16384/100=163,84$$

Коефіцієнт перетворення K визначається добутком двох коефіцієнтів за формулою, розрахуємо кожен окремо.

Розрахуємо $K_{\text{ПП}}$. Зміни температури на 100°C відповідає зміна напруги на 10 (від 0 до 10)

$$K_{\text{ПП}}=U/T=10/100=0,1(\text{В}/^{\circ}\text{C})$$

Розрахуємо $K_{\text{АЦП}}$, максимальну вхідну напругу $U_{\text{вх}}=10$ В, цифровий код з виходу АЦП при диференціальному включенні $N=16384$, тоді

$$K_{\text{АЦП}}=N/U_{\text{вх}}=16384/10=1638,4(1/\text{В})$$

Перевіримо градування, підставимо розраховані коефіцієнти формулу (6.1) $16384=100 \cdot 0,1 \cdot 1638,4$, $16384 = 16384$.

Отримали правильну рівність, отже, градування правильне.

Похибка з причин та умов виникнення ділиться на основну та додаткову. Основна похибка існує за нормальних умов експлуатації, а додаткова – за відхилення умов від нормальних. Складовими основної похибки є мультиплікативна та адитивна похибки. Додаткова похибка нормується значенням похибки, викликаного відхиленням однієї з величин, що впливають.

Мультиплікативна похибка виникає за зміни коефіцієнтів перетворення. З часом і під впливом зовнішніх факторів коефіцієнти перетворення $K_{\text{ПП}}$, $K_{\text{АЦП}}$ можуть змінюватися на $\Delta K_{\text{ПП}}$, $\Delta K_{\text{АЦП}}$. При досить малих змін цих коефіцієнтів можна знехтувати членами другого і більшого порядку малості.

Відносна мультиплікативна похибка каналу вимірювання температури становитиме

$$\gamma_{\text{м}} = \Delta K_{\text{ПП}}/K_{\text{ПП}} + \Delta K_{\text{АЦП}}/K_{\text{АЦП}},$$
$$\gamma_{\text{м}} = \sqrt{\gamma_{\text{ПП}}^2 + \gamma_{\text{АЦП}}^2},$$

де K - абсолютна похибка коефіцієнта перетворення каналу вимірювання температури;

$\Delta K_{\text{ПП}}$, $\Delta K_{\text{АЦП}}$, - абсолютна похибка коефіцієнта перетворення відповідного блоку;

$\gamma_{\text{ПП}}$, $\gamma_{\text{АЦП}}$ – відносна похибка коефіцієнта перетворення відповідного блоку, %.

Таким чином, визначення похибки каналу вимірювання температури

в цілому необхідно визначити відносні похибки кожного блоку.

Похибка дискретизації залежить від рівня квантування N_{MAX} , який для 14-розрядного АЦП при диференціальному вході дорівнює 16384. Абсолютна похибка N_{MAX} дорівнює одиниці молодшого розряду. Тоді

$$\gamma_d = 1 / \Delta N_{\text{MAX}}$$

$$\gamma_d = 1 / 16384 = 0,000061$$

Похибка дискретизації дуже мала, тому її можна знехтувати.

Відносна похибка датчика температури 1,2%.

$$\gamma_m = 1,2\%$$

Адитивна похибка викликається дрейфом нуля блоків, накладенням на перешкод корисний сигнал тощо. Значення адитивної похибки можна визначити, знаючи напруги зміщень кожного блоку.

$$X_a = \frac{X_{\text{ППП}}}{K_{\text{ППП}}} + \frac{X_{\text{АЦП}}}{K_{\text{ППП}} \cdot K_{\text{АЦП}}},$$

де $X_{\text{ППП}}$ - напруга зміщення датчика температури, мкВ;

$X_{\text{АЦП}}$ - напруга усунення АЦП, мкВ;

$K_{\text{ППП}}$ - коефіцієнт перетворення датчика температури;

$K_{\text{АЦП}}$ - коефіцієнт перетворення АЦП.

Напруги усунення становлять

$$X_{\text{ППП}} = 5 \text{ мкВ};$$

$$X_{\text{АЦП}} = 1 \text{ мкВ};$$

Коефіцієнт перетворення ППП дорівнює $K_{\text{ППП}} = 0,1 \text{ В/}^\circ\text{C}$,

коефіцієнт перетворення АЦП $K_{\text{АЦП}} = 1638,4 \text{ 1/V}$, вхідна величина

$$X = 10$$

Підставивши вираз чисельні значення, отримаємо, що значення

$$X_a = 6 \cdot 10^{-5}.$$

6.2. Похибка вимірювання вологості

Канал вимірювання вологості є послідовним з'єднанням функціональних різних блоків.

$$N=K \cdot RH,$$

де N - Цифровий код з виходу АЦП;

K - коефіцієнт перетворення системи;

RH - діапазон вимірюваної вологості.

При послідовному з'єднанні блоків коефіцієнт перетворення дорівнює добутку коефіцієнтів перетворення блоків, що входять до неї.

$$K = K_{ПП} \cdot K_{АЦП},$$

де $K_{ПП}$ - коефіцієнт перетворення первинного вимірювального перетворювача (датчика вологості);

$K_{АЦП}$ - коефіцієнт перетворення аналого-цифрового перетворювача.

Виконаємо градуювання каналу вимірювання вологості. Діапазон вимірювання вологості $RH=100\%$ (від 0% до $+100\%$), еквівалентний цьому цифровий код з виходу АЦП $N=16384$, виходячи з цього, розрахуємо коефіцієнт перетворення K ,

$$K=N/RH=16384/100=163,84.$$

Коефіцієнт перетворення K визначається добутком двох коефіцієнтів за формулою, розрахуємо кожен окремо.

Розрахуємо $K_{ПП}$. Зміні вологості на 100% відповідає зміна напруги на 10 В (від 0 до 10 В)

$$K_{ПП}=U/RH=10/100=0,1(\text{В}/\%)$$

Розрахуємо $K_{АЦП}$, максимальну вхідну напругу $U_{вх}=10\text{ В}$, цифровий код з виходу АЦП при диференціальному включенні $N=16384$, тоді $K_{АЦП}=N/U_{вх}=16384/10=1638,4(1/\text{В})$

Перевіримо градуювання, підставимо розраховані коефіцієнти формулу $16384=100 \cdot 0,1 \cdot 1638,4$, $16384 = 16384$

отримали правильну рівність, отже, градування правильне.

Похибка з причин і умов виникнення ділиться на основну і додаткову.

Мультиплікативна похибка виникає за зміни коефіцієнтів перетворення. З часом і під впливом зовнішніх чинників коефіцієнти перетворення $K_{ПІП}$, $K_{АЦП}$ можуть змінюватися на $\Delta K_{ПІП}$, $\Delta K_{АЦП}$.

Відносна мультиплікативна похибка каналу вимірювання вологості становитиме

$$\gamma_M = \Delta K_{ПІП} / K_{ПІП} + \Delta K_{АЦП} / K_{АЦП},$$

$$\gamma_M = \sqrt{\gamma_{ПІП}^2 + \gamma_{АЦП}^2},$$

де ΔK - абсолютна похибка коефіцієнта перетворення каналу вимірювання температури;

$\Delta K_{ПІП}$, $\Delta K_{АЦП}$, - абсолютна похибка коефіцієнта перетворення відповідного блоку;

$\gamma_{ПІП}$, $\gamma_{АЦП}$ - відносна похибка коефіцієнта перетворення відповідного блоку, %.

Таким чином, для визначення похибки каналу вимірювання вологості загалом необхідно визначити відносні похибки кожного блоку.

Похибка дискретизації залежить від рівня квантування N_{MAX} , який для 14-розрядного АЦП при диференціальному вході дорівнює 16384. Абсолютна похибка N_{MAX} дорівнює одиниці молодшого розряду. Тоді

$$\gamma_d = 1 / \Delta N_{MAX}$$

$$\gamma_d = 1 / 16384 = 0,000061$$

Похибка дискретизації дуже мала, тому її можна знехтувати.

Відносна похибка датчика температури 3%.

$$\gamma_M = 3\%.$$

Адитивна похибка викликається дрейфом нуля блоків,

накладанням перешкод на корисний сигнал і т.д.

Значення адитивної похибки можна визначити, знаючи напруги

зміщень кожного блоку.

$$X_a = \frac{X_{ППП}}{K_{ППП}} + \frac{X_{АЦП}}{K_{ППП} \cdot K_{АЦП}},$$

де $X_{ППП}$ - напруга зміщення датчика температури, мкВ; $X_{АЦП}$ - напруга усунення АЦП, мкВ;

$K_{ППП}$ - коефіцієнт перетворення датчика температури; $K_{АЦП}$ - коефіцієнт перетворення АЦП.

Напруги усунення становлять

$$X_{ППП} = 5 \text{ мкВ};$$

$$X_{АЦП} = 1 \text{ мкВ};$$

Коефіцієнт перетворення ППП дорівнює $K_{ППП}=0,1666666 \text{ В/}^{\circ}\text{C}$,
коефіцієнт перетворення АЦП $K_{АЦП}=1638,4 \text{ 1/V}$, вхідна величина $X=10$

Підставивши вираз чисельні значення, отримаємо, що значення $X_a=3 \cdot 10^{-5}$.

Проаналізувавши отримані результати можна зробити висновок, що похибки каналами вимірювання вологості і температури викликані в основному нелінійністю первинних вимірювальних перетворювачів.

Отримана похибка задовольняє умови технічного завдання.

Отриману похибку можна знизити за допомогою програмних засобів.

7. ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ

Розрахунок надійності робимо у відповідності зі схемою електричною підключення, з обліком заданої кліматичної категорії і виконання системи.

Параметр потоку відмов визначається по формулі:

$$\lambda_{\text{сис}} = \sum N_i \lambda_i,$$

де N - число груп комплектуючих, що входять до складу системи; N_i λ_i - кількість і інтенсивність відмов комплектуючих i -ої групи.

Інтенсивність відмов комплектуючих i -ої групи в робочому режимі визначається як:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} * a_1 * \dots * a_n,$$

де λ_{0i} - інтенсивність відмов комплектуючого виробу в номінальному режимі і нормальних умовах $a_1 \dots a_n$ - коефіцієнти, що враховують умови роботи.

Для визначення коефіцієнта a_1 скористаємося довідниковими даними:

$$a_1 = k_{11} * k_{12} * \dots * k_{15};$$

з огляду на умови експлуатації, вибираємо $k_{11}=2$, $k_{12}=1$, $k_{13}=1$, $k_{14}=2$, k_{15} ; таким чином, $a_1=2$. Зробимо розрахунок, скориставшись таблицею 7.1.

Інтенсивність потоку відмов елементів системи: $\lambda_{\text{сис}} = 23,331 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Можливість безвідмовної роботи протягом часу t :

$$P(t) = e^{-\lambda T} \quad (7.1)$$

де T - час роботи системи, годин,

$\lambda_{\text{сис}}$ - інтенсивність потоку відмов.

Середній час наробітку на відмову визначимо по формулі:

$$T_0 = \lambda_{\text{сис}}^{-1}$$

При $\lambda_{\text{сис}} = 24,331 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ значення $T_0 = 41050$ годин.

Ймовірність безвідмовної роботи за час $T = 1000$ год. визначимо по формулі (7.1). Вона склала 0,9760 відповідно до рис. 7.1.

Таблиця 7.1. Інтенсивність потоку відмов елементів системи

Прилад	$\lambda_{0i} \cdot 10^{-6}$	N_i	a_1	a_2	a_3	$N_i \cdot \lambda_{0i} \cdot 10^{-6}$
Датчик температури	1,291	4	2	0,5	1	5,034
Датчик вологості	3,635	1	2	0,5	1	3,653
Датчик тиску Rosemount 3051C	1,917	2	2	0,5	1	3,834
Датчик освітленості	2,686	1	2	0,5	1	1,686
Датчик CO2	1,975	1	2	0,5	1	1,975
Програмований контролер	2,989	1	2	0,5	1	1,989
Роз'єми	0,010	400	2	0,5	1	4,0
Всього						24,331

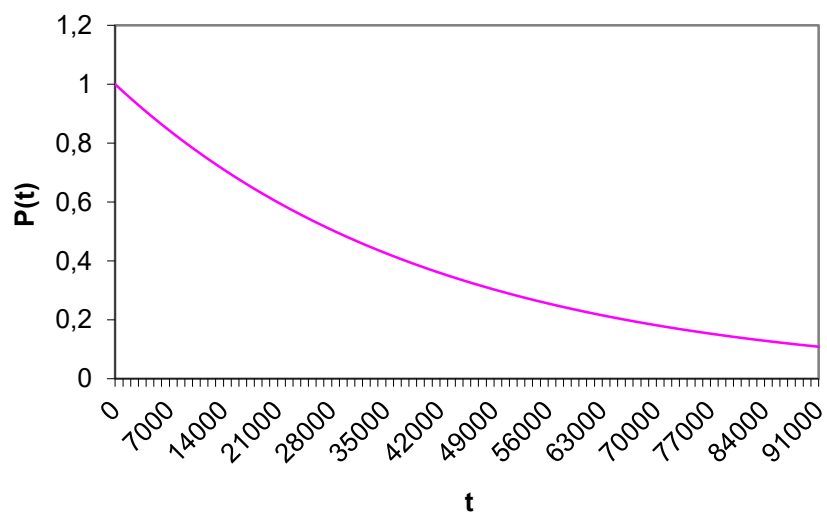


Рис. 7.1. Ймовірність безвідмовної роботи

8. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Для запобігання нещасним випадкам та впливу різних факторів на людину, необхідний повний аналіз безпеки та шкідливості, які можуть зустрічатися під час виконання НДР на робочому місці.

У приміщення площею 21 м^2 є стіл та інформаційний стенд. Воно також оснащено одним промисловим мікроконтролером, закріпленим на стіні, одним щитом управління також закріпленим на стіні. У приміщенні присутня природна вентиляція через відсутність високих температур. Даний мікроконтролер працює в автоматичному режимі та оснащений системою оповіщення про збої і не вимагає постійної присутності оператора, тому оператор займається лише ремонтом та внесенням коригувань при зміні технологічних параметрів.

Однією з необхідних умов нормальної життєдіяльності людини є забезпечення нормативних санітарно-технічних умов у виробничих приміщеннях, що мають істотний вплив на самопочуття людини.

До санітарно-технічних умов праці відносять такі виробничі фактори, як площа та обсяг виробничих приміщень, мікроклімат, вентиляція, освітленість, шуми, випромінювання та і т.п.

Розробка системи проводиться у виробничому приміщенні площею 21 м^2 об'ємом $52,5 \text{ м}^3$. За санітарно-гігієнічними нормами обсяг виробничого приміщення повинен бути не менше 15 м^3 при площі не менше $4,5 \text{ м}^2$ на одного працюючого, а при роботі з комп'ютером – не менше 24 м^3 та 6 м^2 відповідно. Таким чином, площі та обсягу виробничого приміщення достатньо для організації двох робочих місць.

Поєднання таких параметрів мікроклімату як температура, вологість, швидкість руху повітря та його хімічний склад надає безпосередній вплив на працездатність людини.

Параметри мікроклімату нормуються залежно від характеру робіт. При розробці системи здійснювалася легка робота (категорія І).

Промислова вентиляція є ефективним засобом забезпечення чистоти та допустимих параметрів мікроклімату повітря робочої зони.

Природної вентиляції достатньо, якщо повітря на одну особу більше 40 м³, що не відповідає даному приміщенню. Тому рухливість повітря має бути такою, щоб забезпечити ефективну вентиляцію приміщення для видалення з нього шкідливих речовин.

Шкідливі мікрокліматичні умови – параметри мікроклімату, які при їх поєднаній дії на людину протягом робочої зміни викликають зміни теплового стану організму, виражені загальні або локальні дискомфортні тепловідчуття, значне напруження механізмів терморегуляції; зниження працездатності. При цьому не гарантується термостабільність організму людини та збереження здоров'я в період трудової діяльності та після її закінчення.

Шум на робочих місцях створюється працюючим обладнанням та освітлювальними приладами, а також проникає ззовні. Шум негативно впливає на організм людини, і в першу чергу на її центральну нервову та серцево-судинної системи. Тривалий вплив шуму знижує гостроту слуху та зору, підвищує кров'яний тиск, стомлює центральну нервову систему, внаслідок чого послаблюється увага, збільшується кількість помилок у діях працюючого, знижується продуктивність праці.

Вплив шуму може призвести до появи професійних захворювань і стати причиною нещасного випадку. Відповідно до норм, рівень шуму у виробничих приміщеннях не повинен перевищувати 50 дБ.

Джерелом електромагнітного випромінювання у виробничому приміщенні є персональний комп'ютер. При тривалому постійному впливі електромагнітного поля радіочастотного діапазону на організм людини спостерігаються порушення серцево-судинної, дихальної та нервової систем, зміна хімічний склад крові.

Проте, в лабораторії електромагнітне поле не дуже сильне (всього 2 комп'ютери), випромінювання магнітних котушок системи, що відхиляє малопотужне. Монітори, що використовуються, відповідають вимогам ТСО-99, тому їхнє електромагнітне випромінювання не надає шкідливого впливу на працівника.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено комп'ютеризовану систему вимірювання та контролю параметрів мікроклімату на птахофермі.

Розглянуті способи утримання птиці, вплив мікроклімату на продуктивність птиці і оптимальні параметри мікроклімату для пташників.

Під час проектування було проаналізовано особливості параметрів мікроклімату птахоферми – температури, вологості, якості повітря. Сформульовані вимоги до точності вимірювання та надійності роботи лягли в основу вибору датчиків та мікроконтролера.

Розроблено структурна та електрична принципова схема системи, підібрані датчики з урахуванням їхніх метрологічних характеристик і експлуатаційних властивостей. Реалізовано програмне забезпечення, яке забезпечує збір, обробку, відображення та збереження даних.

Проведено розрахунок похибок системи, які не перевищують допустимі значення, що відповідає вимогам до точності систем контролю параметрів мікроклімату. Визначено основні показники надійності системи, що дозволяє забезпечити її стабільну роботу протягом тривалого часу без збоїв.

Отримані результати підтверджують працездатність і ефективність розробленої системи. Вона може бути застосована для контролю параметрів мікроклімату птахоферм. Розробка вирізняється простотою, доступністю, модульністю та високою точністю, що робить її перспективною для подальшого вдосконалення та модернізації.

Розроблена система повністю відповідає технічному завданню.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Оптимальні параметри мікроклімату у пташнику та їх контроль <http://avianua.com/index.php/statti-z-ptakhivnitstva/tekhnologiya-ptakhivnitstva/16-optimalni-parametri-mikroklimatu-u-ptashniku-ta-jikh-kontrol>
2. Ammonia emissions from broiler houses in Kentucky during cold weather / [Casey K. D., Gates R. S., Wheeler E. F. et. al.] // In Proceedings of International Symposium on Gaseous and Odour Emissions from Animal Production Facilities. Horsens, Denmark, June 1-4, 2003. – CIGR: Denmark, 2003. – P. 213-220.
3. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe / [Groot Koerkamp P. W. G., Metz J. H. M., Phillips V. R. et. al.] // Journal of Agricultural Engineering Research. –1998. – № 70. – P. 79-95.
4. Meisinger J. Amonia emission reduction: Lstter treatment, biofilter, and covers / J. Meisinger, T. Simpson, S. Weammert // Recommendations for Endorsement by the Chesapeake Bay Program Nutrient Subcommittee and its Workgroups.- University of Maryland/Mid-Atlantic Water Program Project Leader. – 2009. – 25 p.
5. Morris TR Environmental control for layers // World's Poultry Science Journal, 2004.-Vol. 60.- N 2.- P. 163-170.
6. Sarica M. The Effects of Evaluated Litter with Natural Zeolite on the Broiler Performance and Environmental Conditions of Broiler Houses / M. Sarica, Y. Demir // World Poultry Congress. – Istanbul Turkey, 2004.
7. Мельник В. О. Екологічні проблеми сучасного птахівництва / В. О.Мельник // Птахівництво: Міжвід. темат. наук. збірник. – 2009. – Вип.63. – С. 3-17.
8. Мельник В.А. Застосування енергозберігаючих джерел і режимів освітлення в птахівництві // Енергозберігаючі технології та автоматизація.- 2004.-№3 (43) .- С.69.

9. Підприємства птахівництва: відомчі норми технологічного проектування: ВНТП-АПК-04.05//К.- 2005.- 90 с.
- 10.Бородай В.П., Пономаренко Н.П., Похил О.М. Технологія виробництва продукції птахівництва. Навчальний посібник. К.: Агроосвіта, 2013. 272 с.
- 11.Бородай В.П., Сахацький М.І., Вертійчук А.І., Мельник В.В. та ін Технологія виробництва продукції птахівництва. Підручник. Вінниця: Нова Книга, 2006. (базовий). 360 с.
- 12.Сахацький М.І., Івко І.І., Іонов І.А. Довідник птахівника. Харків, 2001. 160 с.
- 13.Віннікова, Л. Г. Основи птахівництва та переробки птиці / Л. Г. Віннікова, Н. М. Поварова, О. В. Синиця ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Навч. вид. — Київ : Освіта України, 2020. — 216 с.
- 14.<https://ventura.com.ua/kontrolery-mikroklimatu/?srsltid=AfmBOor87CfEWK2CP9w9xNfgGj1PCRMvNPewYUAdCswlw2froem5Xrc>
- 15.<https://agroprolisok.com.ua/ua/p1197444067-kompyuter-cti-sigma.html>
- 16.<https://pteplo.com.ua/ua/p1356423249-klimat-kontrol-dlya.html>
- 17.<https://aqteck.ua/ua/otraslevyje-reshenija/systema-keruvannja-mikroklimatom-ptahokompleksu-dlja-batkivskogo-stada>
- 18.<https://www.koudijs.ua/baza-znan/korisni-statti/pravilnij-mikroklimat-u-ptashniku-pochinaietsya-z-pravilnogo-vimiryuvannya>
- 19.<https://www.manualslib.com/products/Skov-Dol-339-13130547.html>
- 20.<https://agroprolisok.com.ua/ua/p859452894-datchik-temperatury-dol.html>
- 21.<https://agroprolisok.com.ua/ua/p851194058-datchik-vlazhnosti-dol.html>
- 22.<https://agroprolisok.com.ua/ua/p851150099-datchik-co2-dol.html>
- 23.<https://agroprolisok.com.ua/ua/p851159476-datchik-davleniya-dol.html>
- 24.<https://agroprolisok.com.ua/ua/p851153750-datchik-sveta-dol.html>