

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 681.536.5:631.445.5

**ПОГОДЖЕНО**

Директор Інституту енергетики,  
автоматики і енергозбереження  
(назва Інституту)

В.В. Каплун  
(ПІБ)

(підпис)

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри автоматики  
та робототехнічних систем  
ім. акад. Г.П. Мартиненка  
(назва кафедри)

В.П. Лисенко  
(ПІБ)

(підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

02.06.-КМР.2067"С".2021.12-08.021.ПЗ

на тему «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ  
АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПОВІТРООБМІНОМ В  
ПТАШНИКУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ  
ЗАСОБІВ ARDUINO»

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(цифр і назва)

Магістерська програма: Комп'ютерно-інтегровані системи управління  
технологічними процесами у галузях АПК  
(назва)

Гарант освітньої програми

Виконав

Керівник магістерської роботи

В.В. Коваль, д.т.н., професор  
(П.І.Б., науковий ступінь та вчене звання)

Н.О. Пархоменко  
(П.І.Б. студента)

Т.І. Лендел, к.т.н., доцент  
(П.І.Б., науковий ступінь та вчене звання)

КИЇВ-2023

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

автоматики та робототехнічних  
систем ім. акад. І.І. Мартиненка

В.П. Лисенко

2023 р.

## ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ  
(бакалаврської, дипломної)

**Пархоменку Назару Олександровичу**

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність: 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Магістерська програма: Комп'ютерно-інтегровані системи управління технологічними процесами у галузях АПК

Тема магістерської роботи «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПОВІТРООБМІНОМ В ПТАШНИКУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ARDUINO».

затверджена наказом ректора НУБІП України від 08.12.2021 року №2067 «С»

Термін подання студентом магістерської роботи 14.05.2023 року

**Вихідні дані до магістерської роботи:** завдання кафедри на виконання магістерської роботи; нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації; матеріали дослідження та аналізу; наукова література з тематики магістерської роботи.

**Перелік питань, що підлягають дослідженню:**

1. Аналіз технологічного процесу забезпечення мікроклімату промислового пташника як об'єкта автоматизації.
2. Розробка алгоритму визначення оптимальних параметрів мікроклімату в промисловому пташнику.
3. Інформаційне та апаратне забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи керування вентиляцією у пташнику.
4. Визначення показників якості роботи системи.
5. Схеми системи автоматизації.
6. Техніка безпеки.

Дата видачі завдання «10» грудня 2021 року

Керівник магістерської роботи

(Підпис)

Завдання прийняв до виконання

(Підпис)

Лендєл Т.І.

(Прізвище та ініціали)

Пархоменко Н.О.

(Прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

# НУБІП України

Вступ .....	4
РОЗДІЛ 1. Аналіз технологічного процесу забезпечення мікроклімату промислового пташника як об'єкта автоматизації .....	6
1.1. Визначальні фактори мікроклімату птахівничих приміщень .....	6
1.2. Принципи вентиляції у птахівництві .....	15
1.3. Технологічне обладнання систем вентиляції та охолодження повітря промислових пташників .....	21
РОЗДІЛ 2. Розробка алгоритму визначення оптимальних параметрів мікроклімату в промисловому пташнику .....	25
РОЗДІЛ 3. Інформаційне та апаратне забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи керування вентиляцією у пташнику .....	37
3.1. Вибір контролера .....	37
3.2. Розробка схеми підключення комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу .....	42
3.3. Вибір протоколу з'єднання з системою керування .....	47
3.4. Програмне забезпечення .....	48
3.5. Вибір алгоритму роботи системи автоматичного контролю та технічних засобів для його реалізації .....	53
3.6. Визначення періоду квантування сигналів ЦСК .....	55
РОЗДІЛ 4. Техніка безпеки та охорони праці .....	57
Література .....	66

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## ВСТУП

# НУБІП України

Мікроклімат тваринницького приміщення – це середовище, яке постійно оточує тварину протягом її життя. В першу чергу – це повітря приміщення, що має певні температуру, вологість, забруднюваність газом та пилом, рухомість, електричні характеристики, потім – підлога, її технічний стан, температура і ступінь вологості, стіни і стеля, їх температура і променисті характеристики, нарешті – рівень шуму від працюючих у приміщенні механізмів, рівень освітленості та ультрафіолетового опромінювання.

Стан здоров'я тварини, а отже, і її продуктивність, визначаються сукупним впливом на неї всіх наведених параметрів мікроклімату. Кожен з параметрів мікроклімату діє на організм тварин по-різному, різний і ступінь його впливу. Своєрідно цей вплив виявляється в різних поєднаннях всіх параметрів.

Так, температура повітря і загорожі, рухомість повітря, ступінь вологості підлоги, відносна вологість повітря впливають на тепловтрати тіла тварини, забруднюваність шкідливими газами і пилом, недостатні освітленість і опромінювання – на рівень окисних процесів тощо. Підвищена рухомість повітря при низьких температурах у вогкому приміщенні дуже шкідлива, в той же час при високих температурах, навпаки, вона сприяє інтенсивному охолодженню тварини, утворюючи їй сприятливі умови для життєдіяльності.

У зв'язку з цим вирішальним фактором мікроклімату, тобто таким, який у даний момент найбільше впливає на тварину залежно від поєднання інших параметрів, може бути кожен з них. Так, при безвигульному утриманні тварин і забезпеченні нормальних параметрів повітряного середовища вирішальним фактором може бути ультрафіолетова недостатність. У холодні і

жаркі періоди року вирішальним фактором є температура повітря, у холодному вологому приміщенні – вологість підлоги та її температура тощо.

Очевидно, для того щоб одержати від тварин, які перебувають у приміщенні, максимальну продуктивність, необхідно кожен з параметрів мікроклімату підтримувати у певному поєднанні з іншими на оптимальному рівні, який забезпечив би максимальну продуктивність. Це завдання

надзвичайно складне і може виявитись економічно не вигідним, тому що витрати для підтримання будь-якого параметра, наприклад температури, цілий рік на рівні оптимального можуть не окупитися за рахунок одержаної

додаткової продукції. Тому, коли ми говоримо про оптимальний мікроклімат, то розуміємо таке поєднання усіх його параметрів, яке забезпечує найвищі економічні показники виробництва в цілому. Це означає, що кожен з

параметрів слід підтримувати не суворо на оптимальному рівні, а в деяких межах, які забезпечують високі показники виробництва.

Тому створення ефективної і надійної системи вентиляції як складової частини мікрокліматичного середовища з метою збільшення продуктивності при мінімальних витратах засобів та енергії має велике значення і не втрачає актуальності в сучасному сільськогосподарському виробництві.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРОМИСЛОВОГО ПТАШНИКА ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

## 1.1. Визначальні фактори мікроклімату птахівничих приміщень

Сучасне промислове птахівництво незалежно від способу утримання характеризується високою концентрацією кількості птиці в обмеженому просторі виробничого приміщення та використанням високо інтенсивних кросів птиці. Це обумовлює надзвичайну важливість ретельного дотримання необхідних параметрів мікроклімату у птахівничих приміщеннях.

Визначальними факторами мікроклімату, які характеризують якість повітряного середовища у пташнику, є такі фізичні параметри, як температура та відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, напрямок повітряних потоків відносно розташування птиці, концентрацію шкідливих газів та пилу.

Стан підстилки при підлоговому утриманні також впливає на стан повітря.

Надзвичайно важливе значення для розвитку та життєдіяльності птиці посідає рівень освітленості у пташиному середовищі. Окрім наведених вище чинників існують також біологічні фактори, що негативно впливають на якість утримання тварин, зокрема наявність у повітряному середовищі шкідливих мікроорганізмів.

**Температура** – надзвичайно важливий параметр мікроклімату в пташнику, який впливає на виробничі показники при вирощуванні птиці.

Організм будь-якої теплокровної тварини, зокрема і птиці, споживаючи кисень повітря і корм, безперервно виробляє тепло. Для збереження постійної температури тіла, значення якої у дорослих курей складає близько 41,5°C, організм повинен безперервно віддавати тепло, яке виробляє, у навколишнє середовище. Спрощуючи складний процес тепловіддачі, можна вважати, що

втрати тепла відбуваються двома шляхами – теплопередачею з поверхні тіла (явне, або вільне, тепло) та у вигляді тепла, що виноситься із повітрям, що видихується (приховане тепло). Явне тепло передається у навколишнє середовище із інфрачервоним випромінюванням, шляхом конвекції та за рахунок теплопровідності оточуючого повітря. Характер співвідношення між вільним  $Q_B$  та прихованим  $Q_{\text{пр}}$  теплом при зміні температури оточуючого повітря зображений на рис. 1.1 [1].

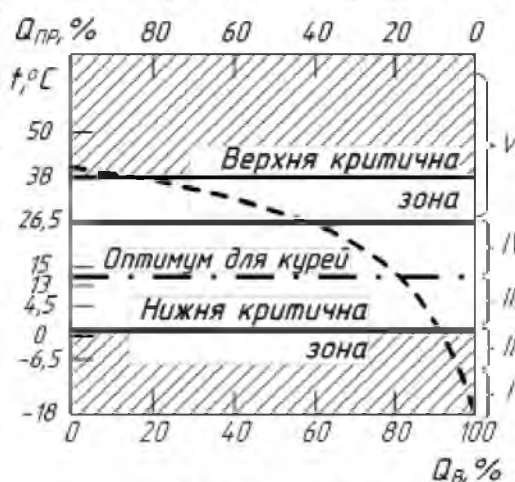


Рис. 1.1. Вплив температури оточуючого повітря на стан птиці:

$t$  – температура в зоні знаходження птиці;  $Q_{\text{пр}}$  – тепловиділення у прихованій формі;  $Q_B$  – тепловиділення у вільній формі; I-V – ділянки, що відповідають наступним станам птиці: I – відморожування гребня; II – низька продуктивність, переохолодження птиці; III – волога підстилка взимку; IV – сприятливі умови, максимальна продуктивність; V – тепловий удар із дуже ймовірною загибеллю птиці, напружений стан, зниження яйценосності, мілкі яйця

Якщо температура повітря у птахівничому приміщенні знижується, фізичної терморегуляції недостатньо, втрати тепла тілом помітно зростають, і в організмі збільшується вироблення тепла за рахунок енергії кормів. При цьому знижується продуктивність птиці – зменшується приріст ваги молодняка, скорочується або припиняється зовсім яйценосність несучок. В результаті цього витрата кормів на виробництво продукції різко зростає. Так наприклад, зниження температури повітря від  $18^\circ\text{C}$  до  $10^\circ\text{C}$  знижує приріст маси бройлерів на 43%, тобто на 6% на кожен градус [1].

У птиці механізм терморегуляції є недосконалим, особливо у молодняка, внаслідок чого, попри збільшення вироблення тепла, температура тіла знижується. Це ослаблює птицю і викликає загибель молодняка. Критично неприпустимим є зниження температури у приміщенні для молодняка раннього віку; у холодному середовищі курчата скупчуються, чавлять один одного, гинуть від недостатності тепла.

Надмірне підвищення температури повітря особливо несприятливо впливає на поголів'я. Птиця при температурі 12-15°C в середньому на голову з'їдає 141 г корму за добу, споживає 280 г води; при температурі 35-40°C споживання корму знижується до 97 г або на 33%, споживання води збільшується до 420 г або на 60% [1].

За даними [1], при підвищеній температурі птиця багато споживає води й співвідношення між спожитими кормами й водою змінюється. Так при температурі 18°C на одну вагову частину корму припадає дві частини води, при температурі 35°C це співвідношення становить 1:4,7. Відповідно змінюється кількість вивільненої птицею води, тепла та вуглекислого газу.

За результатами досліджень [1] відомо, що при температурі повітря 22-33°C і вологості 70-78%, частота дихання підвищується в 2 - 2,5 рази у порівнянні з показниками, отриманими при температурі 13-14°C. Птиця стає малорухомою, погано поїдає корм, споживає багато води, яйценосність її знижується, зменшується товщина шкарлупи яєць і їх маса. Зміна товщини шкарлупи непрямо свідчить, про зміну біологічних процесів у птиці під дією температури і, як наслідок, про зміну хімічного складу вивільнених газів, посліду.

При надмірному підвищенні оточуючої температури організм перегрівається, відбувається дія теплового стресу. За даними [1], при підвищенні температури повітря з 23 до 32°C приріст ваги бройлерів зменшується на 26% (тобто на 3% на кожен градус). Згідно з іншими даними [1], зростання температури у птахівничому приміщенні з 24 до 29-30°C приріст ваги зменшується на 16-45%.

Для птиці існує так звана "зона температурного комфорту", або "термонеїтральна зона". Це такий діапазон температур оточуючого середовища, у межах якого птиця відчуває себе комфортно (не відчуває а ні спеку, а ні холод, і практично не витрачає енергії на терморегуляцію тіла).

На практиці, поняття "термонеїтральна зона" включає в себе 3 основних фактори:

- температура оточуючого середовища;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря.

Зазначені фактори тісно пов'язані між собою, і правильне їх поєднання є передумовою створення необхідного мікроклімату у пташнику і, відповідно, високоефективного виробництва. Термонеїтральна зона є індивідуальною для різних видів і кросів птиці, і залежить також від віку птиці.

Нормативні значення температури та вологості у промислових пташниках для вирощування бройлерів наведені в таблиці 1.1, 1.2.

Таблиця 1.1.

#### Параметри температурно-вологісного режиму пташників

Види та вікові групи птиці	Розрахункова температура у холодний та перехідний періоди року при утриманні птиці, °С		Оптимальна відносна вологість повітря в приміщенні, %
	підлоговому	квітковому	
Дорослі кури Молодняк курей	12-16	16	60-70
віком: від 31 до 70 діб	16	18	60-70
від 140 діб	12-16	16	60-70

Таблиця 1.2.

Температура і вологість повітря при вирощуванні курчат

Вік курчат, діб	Температура, °С		Відносна вологість повітря, %
	у приміщенні	під брудером	
1-7	26-24	35-33	65-70
8-14	24-22	32-29	65-70
15-21	22-21	28-25	65-70
22-30	21-20	25-21	65-70
31 і більше	20-18	-	60-70

При різній вологості повітря птиця по-різному відчуває одну і ту саму температуру (таблиця 1.3) [1].

Таблиця 1.3.

Значення комфортної температури залежно від вологості у пташнику для бройлерів кросу "КОББ" різного віку

Вага, гр.	Значення відносної вологості повітря у пташнику					
	30%	40%	50%	60%	70%	80%
42	33	32,2	32	29,5	29	27
175	32	31	31	29	28	26,5
486	30	30	29,5	28,5	27	25,5
931	28	28	27,5	26,5	26	25
1467	26	25	25	24	23,5	22,5
2049	23	23	22,5	22	21	20,5
2634	20	20	19,5	18,5	17,5	16
3177	18	17,5	17	16	15	14
4064	14	13,5	13	12	11	10

При порушенні нормативних значень *відносної вологості* у виробничому приміщенні у бройлерів порушуються процеси обміну речовин, що знижує приріст, призводить до загибелі (аспергильоз, кокцидіоз).

При високій вологості в пташниках й низькій температурі, за даними [1], збільшується споживання кормів, знижується продуктивність і виникають простудні захворювання, а при високій температурі затримується тепловіддача і у птахів може статися тепловий удар. Висока вологість

викликає псування підстилки, веде до швидкого зношування та можливого руйнування металічних та дерев'яних конструкцій будівлі пташника. Низька вологість (менше 50-60%) при підвищеній температурі також негативно впливає на стан здоров'я птахів, особливо молодяку, різко знижуючи опір організму інфекціям. Вологість повітря менше 50% сприяє його значній запиленості.

За даними дослідників, оптимальною відносною вологістю в приміщеннях для вирощування бройлерів являється 60...70% і тільки в окремі періоди року допускається короточасне збільшення відносної вологості повітря для курей до 75%, або зменшення до 50%.

**Повітрообмін у пташнику.** Зазвичай, при проектуванні вентиляційних систем для промислових пташників виділяють 3 періоди року: холодний (зимовий) період року із мінімальними розрахунковими температурами; весняно-літній (перехідний) період із температурами повітря у межах від 0 до +10°C; спекотний (літній) період із максимальними розрахунковими значеннями температури.

*Мінімальний режим вентиляції* використовується у холодний період.

При мінімальних температурах назовні пташника, що спостерігаються взимку, тепла, яке виробляє тіло птиці, недостатньо для підтримання необхідної температури повітря у пташнику. Тому виникає необхідність у використанні систем опалення птахівничих приміщень. Інтенсивний повітрообмін у цей період неможливий, оскільки призвів би до надвисоких втрат теплової енергії з вентиляційним повітрям. Кратність повітрообміну взимку визначають на такому рівні, який є достатнім для видалення надлишкової вологи та шкідливих газів із мінімізацією теплових втрат. Такий повітрообмін вважається мінімальним.

*Максимальний режим вентиляції* необхідний в літній період, коли у приміщенні утворюється значний надлишок тепла. Він утворюється за рахунок тепла, що виділяється тілом птиці, а також за рахунок сонячної радіації. Цей надлишок тепла необхідно усунути для запобігання теплового

стресу птиці та її загибелі. Для цього кратність повітрообміну збільшують в декілька разів порівняно із зимовим періодом із урахуванням допустимих норм швидкості руху повітря залежно від віку птиці (таблиця 1.4, 1.5, 1.7).

Таблиця 1.4.

Нормативні значення повітрообміну для птахівничих приміщень, м <sup>3</sup> /год. на 1 кг живої маси			
Вид птиці	Період року		
	зима	Перехідний (весна, осінь)	літо
Кури яєчних порід	1,5	3,8	5,8
Молодняк курей м'ясних порід			
віком 10 діб	1,1	2,4	14,0
віком 30 діб	1,1	1,7	9,1
віком 60 діб	1,4	4,6	5,6
віком 180 діб	1,3	4,3	6,3

Таблиця 1.5.

Мінімальна кількість вентиляційного повітря, що необхідно подати у пташник, м<sup>3</sup>/год. на 1 кг живої маси птиці

Літературне джерело	Повітрообмін, м <sup>3</sup> /год.	
	Холодний період року	Теплий період року
[1]	1,5... 2,0	6,0
	1,5... 1,8	4,5... 5,0
	0,7	> 4,0
	1,9	5,5
	0,7	4,0
	1,4... 1,8	4,8

Якщо температура у птахівничому приміщенні досягне значення +30°C і вище, швидкість руху повітря у зоні розміщення збільшують до 2,2...2,5 м/с (для дорослої птиці), а для посилення охолоджуючого ефекту використовують додаткові системи охолодження повітря.

Реальний ефект охолодження напряду залежить від віку; чим пtiця є молодшою, тим більш холодною відчувається температура при однаковій швидкості руху повітря. Наочно це демонструють дані таблиці 1.6 [1].

Таблиця 1.6.

Порівняння охолоджуючого ефекту залежно від віку пtiці

	Доросла пtiця	Добові курчага
Швидкість руху повітря	1,5 м/с	1,5 м/с
30°C відчуваються як	25,5°C	18°C
Ефект охолодження	$30 - 25,5 = 4,5^\circ\text{C}$	$30 - 18 = 12^\circ\text{C}$
Коефіцієнт охолодження	$3 (3 \times 1,5 \text{ м/с} = 4,5^\circ\text{C})$	$8 (8 \times 1,5 \text{ м/с} = 12^\circ\text{C})$

При проектуванні систем вентиляції пtiхівничих приміщень необхідно враховувати не тільки норми мінімального допустимого повітрообміну, але і обмеження для швидкості руху повітря в залежності від віку та виду пtiці для попередження її переохолодження (таблиця 1.7).

Таблиця 1.7.

Максимально допустима швидкість руху повітря у пtiшниках для

вирощування бройлерів [1]

Вік пtiці, діб	Швидкість руху, м/с
0-14	0,2
15-21	0,5
22-28	0,875
старше 28	1,75-2,5

**Газовий склад повітряного середовища у пtiшнику.** З повітря приміщення пtiця поглинає кисень, однак до його складу входять і шкідливі гази – продукти життєдіяльності курей і розкладання посліду та підстилки.

*Вуглекислота* ( $\text{CO}_2$ ) – важкий газ, непридатний для дихання, що накопичується у пtiшнику при недостатньому повітрообміні. Якщо

приміщення недостатньо вентилується, концентрація  $\text{CO}_2$  може досягати 0,7%, що у 3,5 рази перевищує допустимі значення (таблиця 1.8).

Аміак ( $\text{NH}_3$ ) утворюється при розкладанні посліду у пташнику. Він легко розчиняється у воді, тому особливо сильно впливає на слизисті оболонки, верхні дихальні шляхи та очі. У великій концентрації (40-70  $\text{мг/м}^3$ ) аміак уражує нервову систему, порушує процеси дихання, знижує опірність організму.

Таблиця 1.8.

Гранично допустимі значення концентрації шкідливих газів у повітрі пташника

Газ	Гранично допустимі концентрації газів		
	для розрахунку технологічного обладнання	для утримання дорослої птиці та ремонтного молодняку	для вирощування курчат
$\text{CO}_2$ , %	0,5	0,18-0,20	0,1
$\text{NH}_3$ , $\text{мг/л}$	0,08	0,01	0,005
$\text{H}_2\text{S}$ , $\text{мг/л}$	0,02	0,005	0,005

Сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ) – важкий отруйний газ – утворюється при розкладанні посліду та підстилки, особливо активно у теплу пору року. При недостатній вентиляції концентрація сірководню може досягати 0,075  $\text{мг/л}$ .

Окрім газового складу, повітря пташників характеризується також кількістю у ньому пилу, тобто механічним забрудненням. Гранично допустимий вміст пилу у повітрі пташників складає 1-5  $\text{мг/м}^3$ .

## 1.2. Принципи вентиляції у птахівництві

Роль вентиляції у сучасному птахівництві важко переоцінити. Її сьогодні приділяється набагато більше уваги, ніж будь-коли до цього. Це стало особливо помітно протягом останніх 10-15 років, за які генетика сільськогосподарського птахівництва здійснила потужний стрибок уперед.

Нові кроси птиці, однією з основних характеристик яких є висока інтенсивність росту, потребують значної кількості свіжого, вільного від пилу та патогенної мікрофлори повітря, а також оптимальних значень температури і відносної вологості повітря у промисловому птахівничому приміщенні.

Відмінні від оптимальних параметри як мінімальних (зимових), літніх (максимальних), так і перехідних (весна, осінь) режимів вентиляції неминуче відбивається на самопочутті птиці, і закономірно – на результатах її вирощування. Відставання в зростанні та розвитку птиці, зниження конверсії корму, підвищений падіж по причині хронічної респіраторної хвороби, післявакцинальні ускладнення, проблеми з кінцівками, асцити і синдром випадкової смерті – ось лише часина проблем, які виникають на фоні неадекватного мікроклімату у пташниках.

Особливість вентиляції у птахівництві полягає у її безпосередній залежності від напрямку продуктивності птиці (м'ясо, яєчне), її віку, живої маси, географічної зони та сезонних коливань клімату.

В залежності від кліматичної зони, де вирощується птиця, та типу вентиляції, що використовується, усі пташники умовно можна розділити на пташники *відкритого* і *закритого* типу.

Відкритими вважають пташники, для яких внутрішня температура завжди дорівнює температурі навколишнього середовища. В минулому ця система була поширена повсюдно, однак у сьогоденні вона практикується лише у спекотних кліматичних зонах.

Такі пташники відрізняються широким звисаючим дахом, який захищає від потрапляння прямих сонячних променів і дощу через відкриті стіни всередину виробничого приміщення. Бічні стіни мають зазвичай висоту до 1м, решта частини стіни – повністю відкрита і захищена дротяною сіткою. Іноді стіни бувають побудовані з цегли з великою кількістю наскрізних отворів.

У пташниках відкритого типу практично неможливо контролювати мікроклімат, оскільки температура і повітряобмін повністю залежать від погоди. При необхідності створення додаткового обігріву (у перші дні існування курчат) використовують прилади локального обігріву (брудери).

Практично єдиною перевагою пташників такого типу є низька собівартість при будівництві.

Пташники закритого типу характеризуються тим, що їх конструкція дозволяє підтримувати мікроклімат всередині незалежно від зовнішньої температури. Це досягається за рахунок використання систем вентиляції двох типів – *природної* або *примусової (механічної)* із дотриманням максимальної герметичності приміщень.

Закриті пташники із системою природної вентиляції зазвичай оснащені системою жалюзі, штор або припливних вікон у бічних стінах, а також відкритими вентиляційними шахтами (камінами) на даху. Ці механізми можуть працювати як в ручному, так і в автоматичному режимі.

Принцип роботи такої системи заснований на здатності легкого теплого повітря підніматися вгору, а важкого холодного опускатися вниз. Тепле повітря, яке залишає пташник через шахти перекриття, за рахунок ефекту Вентурі (ефект інжекції потоку, закон Бернуллі) утворює у пташничому приміщенні розрідження, яке засмоктує через стінні жалюзі колодне зовнішнє повітря. Крім того, через відкриті стінні жалюзі всередину пташника може безперешкодно проникати повітря з вулиці, утворюючи природний протяг.

У природній вентиляції є декілька переваг: низькі енерговитрати; відсутність залежності від перебоїв у електропостачанні; низька собівартість порівняно з системою примусової вентиляції. Є і суттєві недоліки, і основний

з них – це повна залежність від зовнішньої погоди. Так, у спекотну погоду без вітру повітрообмін у пташнику відсутній. Крім того, неможливо точно регулювати вентиляцію; така система дуже залежить від уклону даху, швидкості і напрямку вітру, зовнішньої та внутрішньої температури; рівень максимальної вентиляції залежить від місця розташування шахт на даху і жалюзей в стінах.

Таким чином, закриті пташники із природною системою вентиляції непридатні для вирощування птиці у спекотних кліматичних зонах. Крім того, така система вентиляції непридатна тоді, коли необхідно точно контролювати температуру, вологість і якість повітря у пташнику – як, наприклад, у бройлерному птахівництві в умовах помірного клімату. В таких випадках перевагу слід надавати пташникам відкритого або закритого типу із примусовою системою вентиляції і охолодження.

В основі принципу примусової вентиляції лежить різниця між тиском повітря всередині та зовні пташника.

В залежності від *принципу улаштування* розрізняють вентиляцію, яка працює на:

- **від'ємному тиску** – найбільш поширена з систем, де повітря викидається з пташника, створюючи певне розрідження всередині і пасивно засмоктуючи повітря із зовнішнього середовища;

- **надлишкового тиску** – де повітря, що нагнітається, "надуває" пташник. Такі системи створюються часто у таких виробничих приміщеннях, де повітря, що подається, попередньо підлягає старанному очищенню, санації та/або підігріву;

- **нульовій різниці в тиску** (припливно-витяжні), коли на притоці та на витяжці встановлюються вентилятори з електроприводом.

Для реалізації системи вентиляції від'ємного тиску у птахівничих приміщеннях існує декілька різновидів схем розташування обладнання. Вибір належної схеми визначається кліматичними умовами у регіоні, конструкцією будівлі, виробничим призначенням пташника, способом утримання птиці і т.д.

При *поперечній* вентиляції (рис. 1.2) зовнішнє повітря потрапляє через припливні повітряні клапани, які розташовані з одного з боків піддашника, а виводиться витяжними вентиляторами, що вмонтовані у протилежну бічну стінку. Такий спосіб улаштування вентиляції є універсальним, коли зручно переміщувати як незначні, так і великі об'єми повітря.

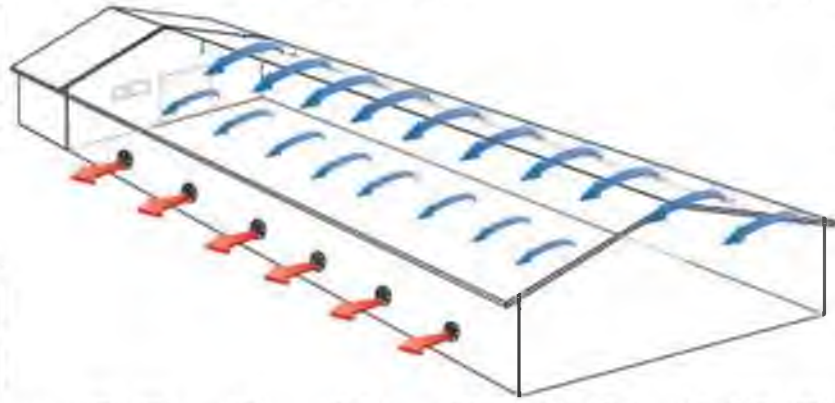


Рис. 1.2. Поперечна система вентиляції

При *повздоовжній* вентиляції припливні повітряні клапани розташовані з обох боків піддашника, а усі витяжні вентилятори монтується у торцевій стінці (рис. 1.3). Така вентиляція найбільше підходить до регіонів із м'яким кліматом, де зміни температури з плином сезонів року виражені не сильно.

Таке улаштування вентиляції вимагає мінімальних затрат на обладнання.

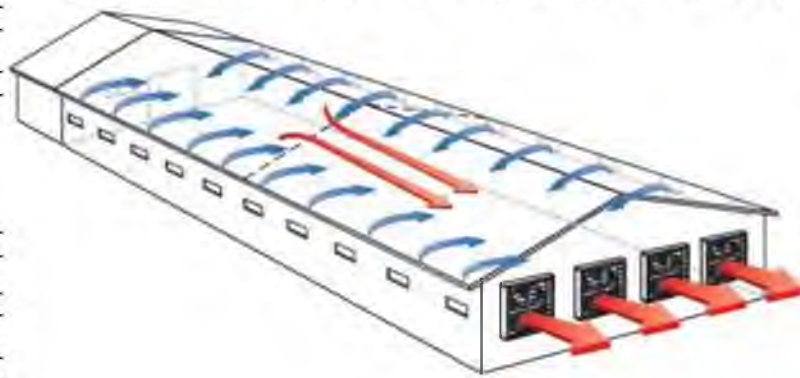


Рис. 1.3. Повздоовжня система вентиляції

*Дахова* вентиляція (рис. 1.4) – при такій схемі витяжні вентилятори встановлюються в дахових шахтах. Припливні клапани рівномірно розподілені по повздоовжнім стінам. Даний тип підходить для холодних кліматичних зон,

він дозволяє добре керувати малими об'ємами повітря. При необхідності використання значних об'ємів повітря експлуатація такої системи може виявитися дуже коштовною, оскільки вимагає встановлення великої кількості дахових шахт із вентиляторами і припливних клапанів.

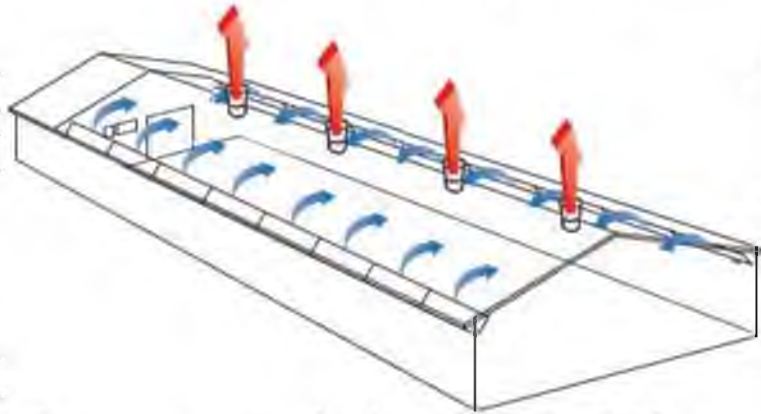


Рис. 1.4. Дахова вентиляція

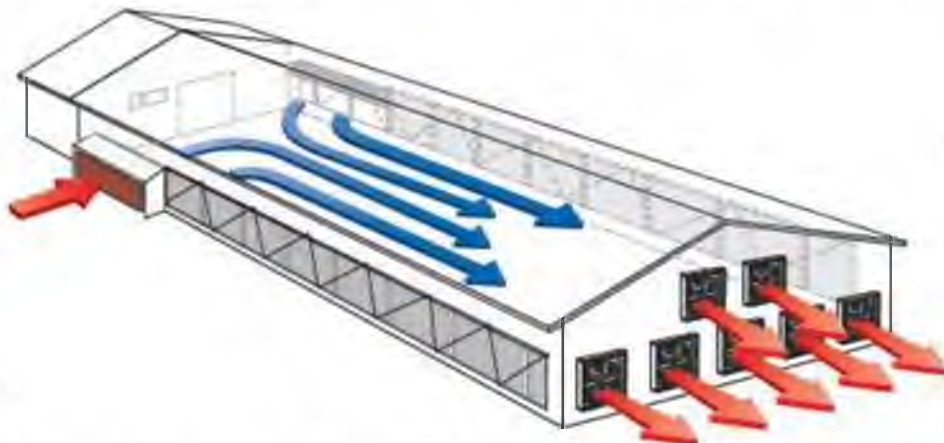


Рис. 1.5. Тунельна система вентиляції

При улаштуванні тунельної вентиляції (рис. 1.5) витяжні вентилятори встановлюються у горцевій стіні, а повітря у виробниче приміщення потрапляє через припливні пристрої (жалюзі) у фронтальній стінці або у передній частині бічних стін. Великі витяжні вентилятори викидають значні маси повітря через торцеву частину пташника, утворюючи у приміщенні високе розрідження. При цьому повітря, що надходить у пташник, рухається з великою швидкістю, створюючи ефект охолоджуючого "бризу" і дозволяє

знизити температуру повністю опіреної птиці на 5-7°C [1]. У сильну спеку така вентиляція особливо ефективна у поєднанні із системою охолодження.

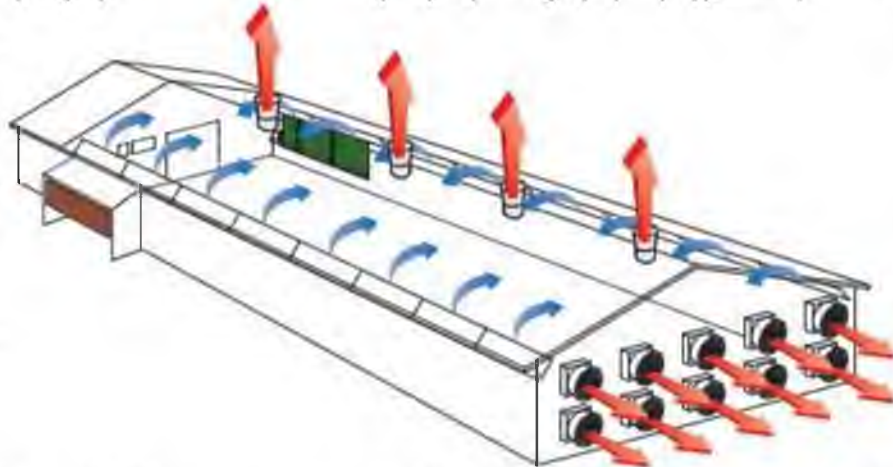


Рис. 1.6. Комбі-тунельна система вентиляції

Тунельна вентиляція є особливо незамінною в умовах спекотного клімату, однак у помірних зонах, особливо у перехідні періоди (весна, осінь), коли коливання між денною і нічною температурами є значними – необхідний більш плавний перехід від мінімальної до максимальної вентиляції. Цей ефект досягається за рахунок комбі-тунельної вентиляції (рис. 1.6). Така схема являє собою поєднання в одному птахівничому приміщенні дахової і тунельної вентиляції. У цьому випадку на час холодного сезону для мінімальної вентиляції використовується дахова вентиляція. У період теплої та спекотної погоди, коли необхідно створити максимальний повітрообмін, використовується тунельна вентиляція (дахова при цьому не використовується). Таке улаштування системи вентиляції є найбільш поширеним у світі.

### 1.3. Технологічне обладнання систем вентиляції та охолодження повітря промислових пташників

У літній період температура повітря у пташнику може стати надмірно високою. Для запобігання цього влітку в декілька разів посилюють вентиляцію із швидкістю руху повітря до 2,5 м/с, максимально ізолюють пташник від нагрівання сонячним теплом, а при підвищенні температури у виробничому приміщенні вище 28°C вентиляційне повітря, що надходить у пташник, попередньо охолоджують.

При збільшенні швидкості потоку повітря, температура, яку відчуває птиця, знижується. Швидкість зниження температури при цьому є у два рази більшою для молоді птиці, ніж для дорослої. Так, при температурі зовнішнього повітря 32°C, швидкість руху повітря 1 м/с при віці стада 4 тижні, утворює відчувану температуру близько 29°C. Якщо швидкість руху повітря підвищується до 2,5 м/с, та сама птиця буде відчувати температуру близько 22°C. При більшому віці стада (7 тижнів) та швидкості руху повітря 2,5 м/с значення температури, що відчувається, складе 25...26°C.

Охолодження вентиляційного повітря, що надходить у пташник, здійснюють двома способами: за допомогою системи туманоутворення із розпиленням мілкодисперсної вологи, або за допомогою випаровувальних охолоджуючих панелей (рис. 1.7, 1.8).

Системи туманоутворення охолоджують вентиляційне повітря, що надходить у пташник, за допомогою випаровування води, яка за допомогою насоса подається у систему з форсунками, які перетворюють її у мілкодисперсний туман. Туманоутворюючі форсунки встановлюють у пташнику поряд з місцями припливу повітря, що збільшує швидкість випаровування. Додаткові лінії форсунок встановлюють також всередині пташника.

Система з використанням випарних охолоджуючих панелей працює на принципі охолодження повітря при його проходженні через зволожені целюлозні панелі. Подвійний ефект випарної панелі та швидкості руху повітря дозволяє контролювати мікроклімат, якщо внутрішня температура у пташнику перевищує 28°C. Таку систему краще всього використовувати для підтримання необхідної температури у виробничому приміщенні, а не для зниження температури тоді, коли вона зростає до стресового рівня.



Рис. 1.7. Схема улаштування системи охолодження повітря у пташнику за допомогою випарних охолоджуючих панелей

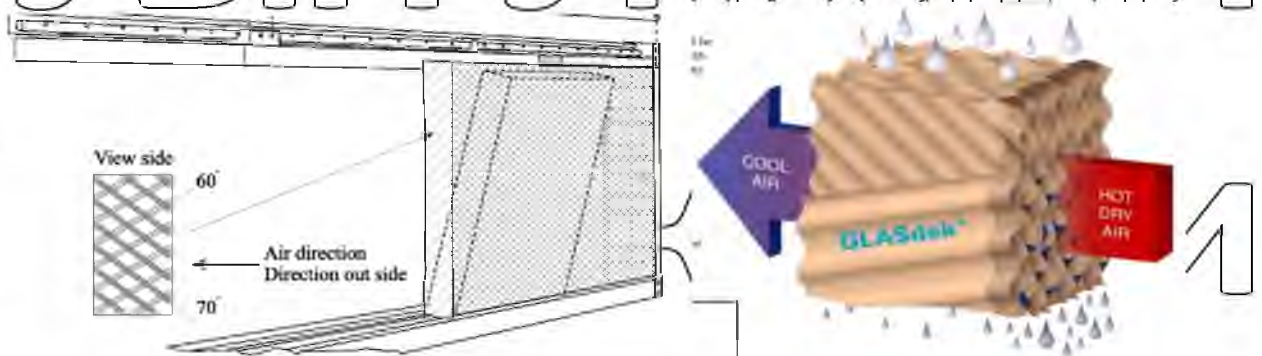


Рис. 1.8. Охолоджуючі панелі для системи вентиляції у пташнику

Як було зазначено, тваринницькі приміщення великої ємності обладнуються системами вентиляції з примусовим повітрообміном. У

системах вакуумного типу відпрацьоване повітря видаляється з приміщення осьовими вентиляторами типу ВО-Ф-5,6А та ВО-Ф-7,1А, для приводу яких використовуються спеціальні електродвигуни з підвищеним ковзанням типу 4АПА або АИРП. Вказані двигуни здатні регулювати продуктивність вентиляторів зміною швидкості їх обертання при зміні напруги живлення. Для цього розроблені і широко використовуються станції керування ТСУ-2-КЛУЗ "Климатика-Г" та ТСУ-3 КЛУЗ, які забезпечують плавне регулювання частоти обертання двигунів вентиляторів з метою автоматичного підтримання необхідної вентиляції у приміщенні.

Пристрій ТСУ складається з двох блоків – блока перемикання і блока регулятора.

Станція ТСУ-2-КЛУЗ може працювати в 3-х режимах: керованому ручному, керованому автоматичному і некерованому.

Тиристорна станція керування типу ТСУ-3-КЛУЗ має в системі керування мікро-ЕОМ і забезпечує некерований та три керованих режими роботи – ручний, автоматичний і програмування.

Основою силової частини блоку регулятора обох станцій є тиристорний регулятор напруги (ТРН) з фазо-імпульсним керуванням.

Датчиками температури є термоперетворювачі типу ТСМ.

Станції розраховані на одночасний привід асинхронних двигунів серії 4АПА або АИРП загальним струмом до 63А. Проте через наявність ТРН станції типу ТСУ мають ряд суттєвих недоліків, які особливо проявляються при роботі електродвигунів вентиляторів на регульовальних характеристиках:

- через несинусоїдальність вихідної напруги в мережу генеруються вищі гармонічні складові, які погіршують режими експлуатації як електродвигунів установки, так і інших споживачів, які працюють поряд, а також створюють радіоперешкоди;

- підвищуються втрати потужності в електродвигунах, оскільки вони працюють при великих ковзаннях. Спостерігаються також випадки, коли при низьких напругах на виході перетворювача частина електродвигунів не

запускається, що спричиняє нерівномірну вентиляцію приміщення і знижує повітропродуктивність всієї установки.

Дослідження [15] показують, що ККД електропривода вентилятора ВО-Ф-5,6А при зміні частоти обертання від 160 об/хв. до 940 об/хв. змінюється від 5 до 62%, а у привода вентилятора ВО-Ф-7,1А з двигуном АИРП80А6У2 – від 5,6 до 35%.

Основними втратами енергії в приводах є втрати ковзання, оскільки останнє змінюється від 6-7% при номінальній частоті обертання до 80-85% при мінімальній частоті обертання. Зменшити втрати ковзання в регульованих електроприводах вентиляторів серії ВО можна, замінивши перетворювач напруги перетворювачем частоти.

Автори досліджень [15] показують, що привод вентилятора ВО-Ф-5,6А з перетворювачем частоти на регульовальних характеристиках споживає потужність в 1,05 – 2,5 рази, привод вентилятора ВО-Ф-7,1А з двигуном потужністю 0,55 кВт – в 1,5 – 5,2 рази, а з двигуном потужністю 0,37 кВт – в 1,05 – 4,7 разів меншу, ніж аналогічний привод з перетворювачем напруги.

Тип і потужність перетворювача частоти вибирається за наступною методикою:

1. В залежності від виду та віку тварин, їх розрахункової кількості у приміщенні за допомогою розрахунків визначається необхідна кількість вентиляторів типу ВО-Ф-5,6А або ВО-Ф-7,1А для приміщення.

2. За розрахованою кількістю вентиляторів визначається потужність перетворювача частоти, або необхідна їх кількість для живлення всіх двигунів вентиляторів.

Слід зауважити, що вартість перетворювачів частоти різко зростає із збільшенням їх потужності. Тому підбирати перетворювач необхідно так, щоб його потужність дорівнювала або була трохи більшою за сумарну потужність усіх двигунів вентиляційної установки.

## РОЗДІЛ 2

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ПРОМИСЛОВОМУ ПТАШНИКУ

Пошук оптимальних параметрів здійснюється програмою Math Cad методом невизначених множників Лагранжа [5].

При визначенні оптимальних параметрів мікроклімату пташника використовується динамічна адаптивна модель, що описується рівнянням [9]:

$$Y = A_0(t) + A_1(t) \cdot (t - t_0(t))^2 + A_2(t) \cdot (T - T_0)^2 + A_3(t) \cdot (B - B_0(t) + p_{21}(t) \cdot (T - T_0))^2 + A_4(t) \cdot (K - K_0(t) + p_{31}(t) \cdot (T - T_0))^2, \quad (2.1)$$

де  $t$  – вік птиці, дні;

$T$  – температура повітря у пташнику, °С;

$B$  – відносна вологість повітря, %;

$K$  – концентрація шкідливих газів, %;

$t_0$  – вік максимуму продуктивності птиці, дні;

$T_0$  – оптимальне значення температури, °С;

$B_0$  – оптимальне значення відносної вологості, %;

$K_0$  – оптимальне значення концентрації шкідливих газів, %;

$A_0 \dots A_4$  – вагові коефіцієнти полінома;

$p_{21}, p_{31}$  – коефіцієнти кореляції;

$Y$  – яйценоскість птиці, шт/гол.

Приймається, що мікроклімат пташника регулюється двома факторами управління – вентиляцією та підгрівом. Отже, необхідно вивести залежності кількості вентилязованого повітря  $L$  та кількості затраченого тепла  $Q$  на одиницю часу для забезпечення необхідної температури, вологості та концентрації шкідливих газів у пташнику.

За допомогою вентиляції виводиться надлишкова кількість вологи у повітрі, що утворюється внаслідок виділення вологи птицею та технологічним процесом і виводяться шкідливі гази, що виділяються птицею.

Для визначення кількості вентилязованого повітря у дослідженні використовується ряд залежностей, які виводяться на основі графічних даних [2] і є справедливими у робочому діапазоні температури та вологості пташника. На підставі залежності ентальпії від вологомисткості повітря (I-d діаграми), побудовано залежності вологомисткості повітря (в діапазоні робочої температури промислового пташника) від температури та відносної вологості повітря, які відображено на рис. 2.1.

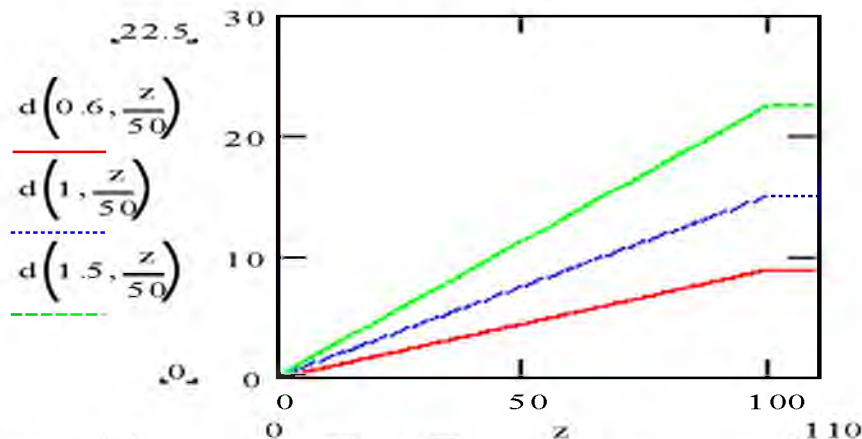


Рис. 2.1. Залежність вмісту вологи в повітрі від відносної вологості при різних температурах (10, 15, 24 °C)

Виключив з цього, можна вивести емпіричну формулу вологомисткості:

$$d(T, V) = 7.5 \cdot T \cdot V, \quad (2.2)$$

де  $d$  – вологомисткість повітря, г/м<sup>3</sup>;

$T$  – температура у повітря, °C;

$V$  – відносна вологість повітря, %.

Визначення кількості вентилязованого повітря базується на балансі кількості води, що вноситься з зовнішнього середовища та води, що

виділяється у пташнику з кількістю води, що виноситься з вентиляльованим повітрям.

Кількість вентиляльованого повітря  $m^3/c$  на забезпечення заданої відносної вологості у пташнику обчислюється за формулою [2] :

$$L_{B(T,V)} = C_b M_{1b} / (d(T,V) - d_z(T,V)), \quad (2.3)$$

де  $M_{1b}$  – кількість вологи, що виділяється у пташнику,  $kg/c$ ;

$d$  - вологомісткість повітря у пташнику,  $kg/m^3$ ;

$d_z$  - вологомісткість зовнішнього повітря,  $kg/m^3$ ;

$C_b$  - ваговий коефіцієнт.

Кількість вологи, що виділяє птиця в діапазоні робочої температури,

можна описати емпіричною формулою:

$$M_{1b} = M_b (1 + (T-16)/80), \quad (2.4)$$

де  $M_b$  – кількість вологи, що виділяє птиця при температурі  $16^\circ C$ ,  $kg/c$ ;

$T$  – температура повітря у пташнику,  $^\circ C$ .

Отже, з врахуванням температури повітря зовнішнього середовища та температури повітря, що виводиться з пташника (приймається рівною температурі у пташнику), кількість вентиляльованого повітря визначається за формулою:

$$L_{B(T,V)} = C_b \cdot \frac{M_b \cdot \left(1 + \frac{15 \cdot T - 16}{80}\right)}{d(T,V) - d(T_z, B_z)} \quad (2.5)$$

де  $M_b$  – кількість вологи, що виділяє птиця при температурі  $16^\circ C$ ,  $kg/c$ ;

$d$  - вологомісткість повітря,  $kg/m^3$ ;

$T$  – температура повітря у пташнику,  $^\circ C$ ;

$T_z$  – температура повітря зовнішнього середовища,  $^\circ C$ ;

$B$  – відносна вологість повітря у пташнику, %;

$B_z$  – відносна вологість повітря зовнішнього середовища, %;

$C_b$  – ваговий коефіцієнт.

Оскільки вентиляція повинна також забезпечувати вивід шкідливих газів, то слід враховувати залежність концентрації шкідливих газів від вентиляції.

Залежність виділення вуглекислого газу птицею від температури, описується залежністю [6]:

$$M_K = M_{K0} (96 - T) / 80, \quad (2.6)$$

де  $M_{K0}$  – кількість вуглекислого газу, що виділяється птицею при температурі  $16^\circ\text{C}$ , кг/с ;

$T$  – температура у пташнику,  $^\circ\text{C}$ .

Кількість вентиляваного повітря що забезпечує задану концентрацію шкідливих газів у пташнику з допустимим наближенням, визначається як :

$$L_{BK} = C_K M_K / (K - K_z), \quad (2.7)$$

де  $K$  - концентрація шкідливих газів (вуглекислого газу) у пташнику,

%;  
 $K_z$  - концентрація шкідливих газів (вуглекислого газу) в навколишньому середовищі, %;

$M_K$  – кількість вуглекислого газу, що виділяється птицею , кг/с ;

$C_K$  – ваговий коефіцієнт,  $\text{м}^3 \cdot \text{с} / \text{кг}$ .

Отже, кількість вентиляваного повітря визначимо наступним чином:  
Обчислимо кількість повітря  $L_B$ , ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), яка подається вентиляцією, за залежністю (2.5).

Виходячи з залежності (7), обчислимо концентрацію  $\text{CO}_2$ :

$$K = K_z + C_K M_K / L_B \quad (2.8)$$

Якщо обчислена концентрація  $K$  вуглекислого газу при цьому перевищує максимально-допустиму норму (0,18%) [7], то необхідну кількість вентиляваного повітря  $L_B$  слід обчислити за формулою (2.7) для  $K=0,18\%$ :

$$L_B = C_K M_K / (0,18 - K_z), \quad (2.9)$$

У цьому випадку вологість повітря у пташнику, виходячи з залежностей (2.2), (2.5) становитиме:

$$B = \frac{T_z \cdot B_z}{T} + \frac{C_b \cdot M_b}{7,5 \cdot T \cdot L_b} \cdot \left(1 + \frac{15 \cdot T - 16}{80}\right), \quad (2.10)$$

Як бачимо, через те, що вологість та концентрація шкідливих газів визначаються одним чинником – вентиляцією, то ці два фактори стають взаємозалежними і в подальших обчисленнях незалежним фактором будемо

вважати відносну вологість повітря у пташнику  $B$ .

Витрати на вентиляцію пташника становлять:

$$E_b = P_{r_b} \cdot L_{b_v}, \quad (2.11)$$

де  $L_{b_v}$  – необхідна кількість вентилязованого повітря, м<sup>3</sup>/с;

$P_{r_b}$  – вартість вентиляції 1 м<sup>3</sup> повітря.

Розрахунок витрат на обігрів (за одиницю часу) базуємо на балансі теплових потоків пташника:

$$P_{ob} + P_{п} = P_{ог} + P_{в}, \quad (2.12)$$

де  $P_{ob}$  – кількість тепла, що вноситься у пташник обігрівом, Вт;

$P_{п}$  – кількість тепла, що виділяється птицею, Вт;

$P_{ог}$  – кількість тепла, що вноситься з пташника через огорожувальні конструкції (стіни, стелю і т.п.), Вт;

$P_{в}$  – кількість тепла, що вноситься з пташника вентиляваним повітрям, Вт.

Кількість тепла, що виділяється птицею  $P_{п}$  в робочому діапазоні температур на основі раніше проведених досліджень [7], вважаємо постійною

Кількість тепла, що вноситься з пташника через огорожувальні конструкції можна обчислити за формулою [2]:

$$P_{ог} = C_t \cdot (T - T_z) \quad (2.13)$$

де  $T$  – температура повітря у пташнику, °С;

$T_z$  – температура повітря зовнішнього середовища, °С;

$C_t$  - коефіцієнт, що визначається теплоізоляційними властивостями приміщення пташника.

Кількість тепла, що виноситься з пташника вентиляльованим повітрям

можна обчислити за формулою [2]:

$$P_B = C_{1t} \cdot L_B \cdot (T - T_z), \quad (14)$$

де  $L_B$  - кількість вентиляльованого повітря,  $m^3/c$ ;

$T$  - температура повітря у пташнику,  $^{\circ}C$ ;

$T_z$  - температура повітря зовнішнього середовища,  $^{\circ}C$ ;

$C_{1t}$  - теплоємність повітря.

Отже, виходячи з формул (2.11) - (2.14), вартість тепла, необхідного для підтримання заданої температури у пташнику, визначається виразом:

$$E_{об} = P_{rt} \cdot (C_t \cdot (T - T_z) + C_{1t} \cdot L_B \cdot (T - T_z) - P_{п}), \quad (15)$$

де  $P_{rt}$  - вартість одиниці тепла;

$C_t$  - коефіцієнт, що визначається теплоізоляційними властивостями приміщення пташника.

$L_B$  - кількість вентиляльованого повітря,  $m^3$ ;

$T$  - температура повітря у пташнику,  $^{\circ}C$ ;

$T_z$  - температура повітря зовнішнього середовища,  $^{\circ}C$ ;

$C_{1t}$  - теплоємність повітря;

$P_{п}$  - кількість тепла, що виділяється птицею, Вт.

В досліджуваній задачі оптимізації мікроклімату пташника як функцію мети вибираємо максимальний прибуток виробництва яєць. В дослідженні розглядається лише складова прибутку, що корелюється з параметрами мікроклімату. Аналітично функцію мети можна записати:

$$M(t, T, B) = Pr \cdot N \cdot Я(t, T, B) - E_{об} - E_B, \quad (2.16)$$

де  $Pr$  - оптова ціна 1 яйця, грн.;

$Я$  - яйцєносність птиці шт./гол.;

$N$  - поголів'я птиці гол.;

$E_{об}$  – затрати на обігрів пташника;

$E_{в}$  – затрати на вентиляцію пташника.

НУБІП УКРАЇНИ

На функцію мети накладаємо обмеження – яйценосність повинна мати

мінімальну межу, оскільки птахофабрика має певні контрактні зобов'язання

на поставку яєць.

НУБІП УКРАЇНИ

$$Y_a(t, T, B) - Y_{a\min} > 0, \quad (2.17)$$

де  $Y_a(t, T, B)$  – поточна яйценосність (шт./гол.);

$Y_{a\min}$  – мінімально-допустима яйценосність (шт./гол.).

НУБІП УКРАЇНИ

Пошук оптимальних параметрів здійснюється методом невизначених множників Лагранжа [1] для функції декількох змінних з обмеженнями у

виді нерівностей. Для цього утворюємо функцію Лагранжа, враховуючи

вирази:

НУБІП УКРАЇНИ

$$\Phi(t, T, B, \mu_1) = M(t, T, B) + \mu_1 (Y_a(t, T, B) - Y_{a\min}), \quad (2.18)$$

де  $\mu_1$  – невизначений множник Лагранжа.

Відповідно до теореми Куна-Таккера, оптимальні значення  $T$ ,  $B$ ,  $K$

будуть у точці екстремуму (максимуму) функції  $\Phi(t, T, B, \mu_1)$ . При цьому

умовою доповнюючої нежорсткості буде:

НУБІП УКРАЇНИ

$$\Psi_1(t, T, B) = \mu_1 (Y_a(t, T, B) - Y_{a\min}) = 0. \quad (2.19)$$

Якщо екстремум лежить всередині області, визначеної обмеженням

(2.17), то невизначений множник  $\mu_1 = 0$ . За інших умов, оптимальне значення

лежить на межі області обмеження, отже, повторно здійснюється пошук

екстремуму, замінивши обмеження-нерівність (2.17), на обмеження-рівність

(2.19) [5].

НУБІП УКРАЇНИ

Для пошуку оптимальних значень температури  $T_0$  та вологості  $B_0$  у пташнику всередині області, визначеної обмеженням (2.17), приймаємо  $\mu_1 = 0$ ,

визначаємо часткові похідні функції Лагранжа (18) та складаємо систему рівнянь, в яких ці похідні прирівнюємо до нуля:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi(t, T, B, 0)}{\partial T} = 0 \\ \frac{\partial \Phi(t, T, B, 0)}{\partial B} = 0 \end{cases} \quad (2.20)$$

Розв'язавши систему рівнянь (20), знаходимо значення  $T_0$  та  $B_0$ .

Якщо розв'язок існує, перевіряємо, чи виконується умова-обмеження

(2.17).

Якщо умова-обмеження (2.17) виконується, то знайдені  $T_0$  та  $B_0$  є оптимальними значеннями температури та вологості у пташнику.

Якщо умова-обмеження (2.17) не виконується або розв'язку системи

рівнянь (2.20) не знайдено, то це означає, що  $\mu_1 < 0$ , тобто розв'язок слід

шукати на межі області, визначеної обмеженням (2.17). Виходячи з цього, для пошуку розв'язку складаємо наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi(t, T, B, \mu_1)}{\partial T} = 0 \\ \frac{\partial \Phi(t, T, B, \mu_1)}{\partial B} = 0 \\ Y_a(t, T, B) - Y_{a_{\min}} = 0 \end{cases} \quad (2.21)$$

Розв'язком цієї системи рівнянь є оптимальні значення температури  $T_0$

та вологості  $B_0$  у пташнику.

Алгоритм пошуку оптимальних значень мікроклімату відображено на рис. 2.1



Рис. 2.2. Структурно-алгоритмічна схема системи визначення

оптимальних параметрів мікроклімату промислового пташника

На основі даної програми були одержані наступні результати досліджень, що відображені у табл. 2.1 і табл. 2.2.

Табл. 2.1.

Залежність оптимальних значень температури  $T_o$ , відносної вологості  $Vo$  у приміщенні промислового пташника, значення функції мети  $M$  від відносної вологості зовнішнього повітря  $Bz$ , при температурі зовнішнього повітря

$Tz=6^{\circ}\text{C}$

$Bz$ %	$T_o$ $^{\circ}\text{C}$	$Vo$ %	$M$ тис. грн
50	13,97	78,8	3,993
55	14,00	79,1	3,978
60	14,03	79,3	3,960
65	14,06	79,7	3,940
70	14,10	80,0	3,917
75	14,13	80,4	3,890
80	14,18	80,8	3,859
85	14,22	81,2	3,824
90	14,27	81,6	3,783
95	14,31	82,1	3,737
100	14,36	82,7	3,684

Табл. 2.2.

Залежність оптимальних значень температури  $T_o$ , відносної вологості  $Vo$  у приміщенні промислового пташника, значення функції мети  $M$  від температури зовнішнього повітря  $Tz$ , при відносній вологості зовнішнього

повітря  $Bz=60\%$

$Tz$ $^{\circ}\text{C}$	$T_o$ $^{\circ}\text{C}$	$Vo$ %	$M$ тис. грн
0,0	13,77	78,5	3,677
1,5	13,82	78,7	3,752
3,0	13,86	78,9	3,854
4,5	13,94	79,1	3,894
6,0	14,03	79,3	3,96
7,5	14,15	79,6	4,024
9,0	14,30	79,7	4,086
10,5	14,51	79,8	4,149
12,0	14,81	79,7	4,214
13,5	15,23	79,2	4,284
15,0	15,81	78,3	4,312

Графічне відображення результатів дослідження показано на рис.2.3 – 2.6:

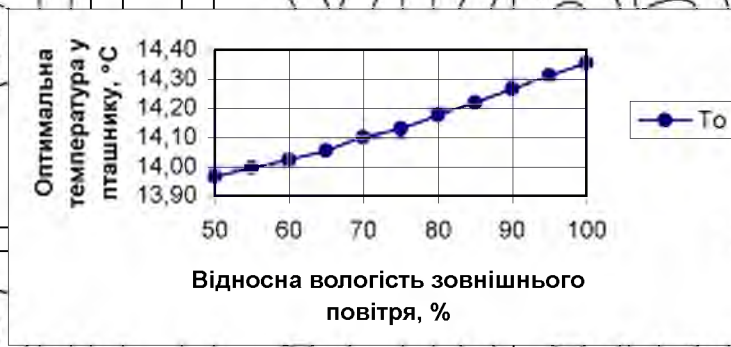


Рис. 2.3. Залежність оптимальних значень температури  $T_o$  у приміщенні промислового пташника від відносної вологості зовнішнього повітря  $V_z$ , при температурі зовнішнього повітря  $T_z = 6^\circ\text{C}$



Рис. 2.4. Залежність оптимальних значень відносної вологості  $B_o$  у приміщенні промислового пташника від відносної вологості зовнішнього повітря  $V_z$ , при температурі зовнішнього повітря  $T_z = 6^\circ\text{C}$



Рис. 2.5. Залежність оптимальних значень температури  $T_o$  у приміщенні промислового пташника від температури зовнішнього повітря  $T_z$ , при відносній вологості зовнішнього повітря  $V_z = 60\%$

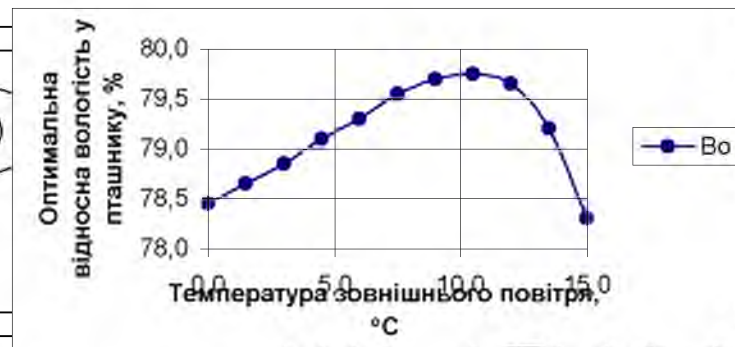


Рис. 2.6. Залежність оптимальних значень відносної вологості  $B_o$  у приміщенні промислового пташника від температури зовнішнього повітря  $T_z$ , при відносній вологості зовнішнього повітря  $B_z=60\%$

З одержаних результатів видно, що при підвищенні відносної вологості зовнішнього повітря, значення змінюються оптимальні значення температури і вологості у пташнику. При збільшенні відносної вологості значення функції мети падає навіть при оптимальних значеннях температури та відносної вологості у приміщенні пташника (очевидно, це зумовлено збільшенням необхідної вентиляції та обігріву).

Як видно з табл. 2.2, при пониженні температури зовнішнього середовища значення функції мети падає і оптимальна температура також трохи знижується.

#### Висновки

1. Запропонована авторами програма дозволяє знаходити оптимальні значення мікроклімату промислового пташника, враховуючи зміну зовнішніх факторів.

2. Оскільки дана програма є складовою частиною системи, в якій використовується динамічна адаптивна модель промислового пташника, це дозволяє оптимізувати управління промисловим пташником, враховуючи динаміку змін параметрів об'єкта управління.

## РОЗДІЛ 3

# ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ ПТАШНИКУ

## 3.1. Вибір контролера

Для керування обрано контролер на базі лінійки апаратного забезпечення Arduino. За технічними характеристиками обрано модель Arduino Uno.

Arduino Uno — це широко використовувана плата мікроконтролерів з відкритим кодом на базі мікроконтролера ATmega328P. У його склад входить все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів / виходів (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ - виходів), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для програмування всередині схеми (ICSP) і кнопка скидання. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.

На відміну від всіх попередніх плат Ардуіно, Uno в якості перетворювача інтерфейсів USB-UART використовує мікроконтролер ATmega16U2 (ATmega8U2 до версії R2) замість мікросхеми FTDI.

На платі Arduino Uno версії R2 для спрощення процесу оновлення прошивки доданий резистор, що підтягує до землі лінію HWB мікроконтролера 8U2.

Таблиця 3.1. Характеристики контролера

Основні критерії	Значення
Мікроконтролер	ATmega328
Напруга живлення (рекомендований)	7-12В
Напруга живлення (граничне)	6-20В
Аналогові входи	6
Робоча напруга	5В
Максимальний вихідний струм виводу 3.3V	50мА
Максимальний струм одного виведення	40мА
Flash - пам'ять	32 КБ (ATmega328) з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	2 КБ (ATmega328)
Тактова частота	16МГц
Цифрові входи / виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ - виходів)
EEPROM	1 КБ (ATmega328)

Живлення контролера: Arduino Uno може житися від USB або від зовнішнього джерела живлення — тип джерела вибирається автоматично.

В якості зовнішнього джерела живлення (НЕ USB) може використовуватися мережевий AC/DC-адаптер або акумулятор/батарея.

Штекер адаптера (діаметр — 2.1 мм, центральний контакт — позитивний)

необхідно вставити у відповідний роз'єм живлення на платі. У разі живлення від акумулятора / батареї, її проводи необхідно під'єднати до контактів GND і Vin роз'єму POWER.

Напруга зовнішнього джерела живлення може бути в межах від 6 до 12В. Однак, зменшення напруги живлення нижче 7В призводить до зменшення напруги на виводі 5V, що може стати причиною нестабільної роботи пристрою. Використання напруги більше 12В може призводити до

перегріву стабілізатора напруги і виходу інтегральної плати з ладу. З огляду на це, рекомендується використовувати джерело живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12В.



Рис. 3.1. Зовнішній вигляд Arduino UNO

Опис контактів інтегральної плати:

**VIN.** Контакт напруги, що надходить в Arduino безпосередньо від зовнішнього джерела живлення (не пов'язане з напругою 5В від USB або іншим стабілізованою напругою). Даним контактом можна як подавати зовнішнє живлення, так і споживати струм, коли пристрій живиться від зовнішнього адаптера.

**5V.** Контакт, на вивід якого надходить напруга 5В від стабілізатора напруги на платі, враховуючи як живиться пристрій: від адаптера (5 — 12В), від USB (5В) або через вивід VIN (5 — 12В).

**3V3.** Контакт, що надходить від стабілізатора напруги на платі, де максимальний струм, споживаний від цього виводу, становить 50 мА.

**GND.** Вивід землі.

**IOREF.** Даний контакт надає платам розширення інформацію про номінальній напрузі контролера Arduino. Залежно від напруги, з виведення IOREF, плата розширення може перемкнутися на відповідне джерело живлення або задіяти перетворювачі рівнів, що дозволить їй працювати як з 5В, так і з 3.3В-пристроями.

### Входи і виходи

З використанням функцій `pinMode()`, `digitalWrite()` і `digitalRead()` кожен з 14 цифрових контактів може працювати в якості входу або виходу.

Рівень напруги на контактах обмежений 5В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один контакт, становить 40 мА. Всі контакти пов'язані з внутрішніми підтягуються резисторами (за замовчуванням відключеними) номіналом 20-50 кОм. Крім цього, деякі контакти Arduino можуть виконувати додаткові функції:

Послідовний інтерфейс: виводи 0 (RX) і 1 (TX). Використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних по послідовному інтерфейсу. Ці виводи з'єднані з відповідними виводами мікросхеми ATmega8U2, яка виконує роль перетворювача USB-UART.

Зовнішні переривання: контакти 2 і 3. Можуть бути джерелами переривань, що виникають при фронті, спаді або при низькому рівні сигналу на цих виводах. Для отримання додаткової інформації див. Функцію `attachInterrupt()`.

ШИМ: виводи 3, 5, 6, 9, 10 і 11. За допомогою функції `analogWrite()` можуть виводити 8-бітові аналогові значення в вигляді ШИМ-сигналу.

Інтерфейс SPI: виводи 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Із застосуванням бібліотеки SPI дані виводи можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу SPI.

Світлодіод: Вбудований світлодіод, приєднаний до виводу 13. При відправці значення HIGH світлодіод включається, при відправці LOW — вимикається.

В Arduino Uno є шість аналогових входів (A0 — A5), кожен з яких може отримати аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значення). За замовчуванням, вимір напруги здійснюється щодо діапазону від 0 до 5 В. Проте, верхню межу цього діапазону можна змінити, використовуючи вивід AREF і функцію `analogReference()`. Крім цього, деякі з аналогових входів мають додаткові функції:

TWI: вивід A4 або SDA і вивід A5 або SCL. З використанням бібліотеки Wire дані виводи можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу TWI.

Крім перерахованих на платі існує ще кілька виводів:

AREF. Опорна напруга для аналогових входів. Може бути задіяний функцією `analogReference()`.

Reset. Формування низького рівня (LOW) на цьому виводі призведе до перезавантаження мікроконтролера. Зазвичай цей вивід служить для функціонування кнопки скидання на платах розширення

Пам'ять

Обсяг флеш-пам'яті ATmega328 становить 32 КБ (з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем). Мікроконтролер також має 2 КБ пам'яті SRAM і 1 КБ EEPROM (з якої можна зчитувати або записувати інформацію за допомогою бібліотеки EEPROM).

Зв'язок контролеру

Бібліотека `SoftwareSerial` дозволяє реалізувати послідовну зв'язок на будь-яких цифрових контактів Arduino Uno.

У мікроконтролері ATmega328 також реалізована підтримка послідовних інтерфейсів I2C (TWI) і SPI. У програмне забезпечення Arduino входить бібліотека `Wire`, що дозволяє спростити роботу з шиною I2C; для отримання більш докладної інформації див. документацію. Для роботи з інтерфейсом SPI використовуйте бібліотеку `SPI`.

Захист USB від перевантажень незважаючи на те, що більшість комп'ютерів мають власний захист, такі запобіжники забезпечують додатковий рівень захисту. Якщо від USB-порту споживається струм більше 500 мА, запобіжник автоматично розірве з'єднання до усунення причин короткого замикання або перевантаження.

### Фізичні характеристики

Максимальна довжина і ширина друкованої плати Uno становить 6.9 см і 5.4 см відповідно, з урахуванням роз'єму USB і роз'єму живлення, які виступають за межі плати. Чотири кріпильних отвори дозволяють прикріплювати плату до поверхні або корпусу.

### 3.2. Розробка схеми підключення комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу

Як уже зазначалося у ATmega328 є приймач UART, що дозволяє здійснювати послідовну зв'язок за допомогою цифрових контактів 0 (RX) і 1 (TX). Мікроконтролер на платі забезпечує зв'язок цього приймача з USB-портом комп'ютера, і при підключенні до ПК дозволяє Arduino визначатися як віртуальний COM-порт.

Схему підключення комп'ютерно-інтегрованої системи зображено на рис.

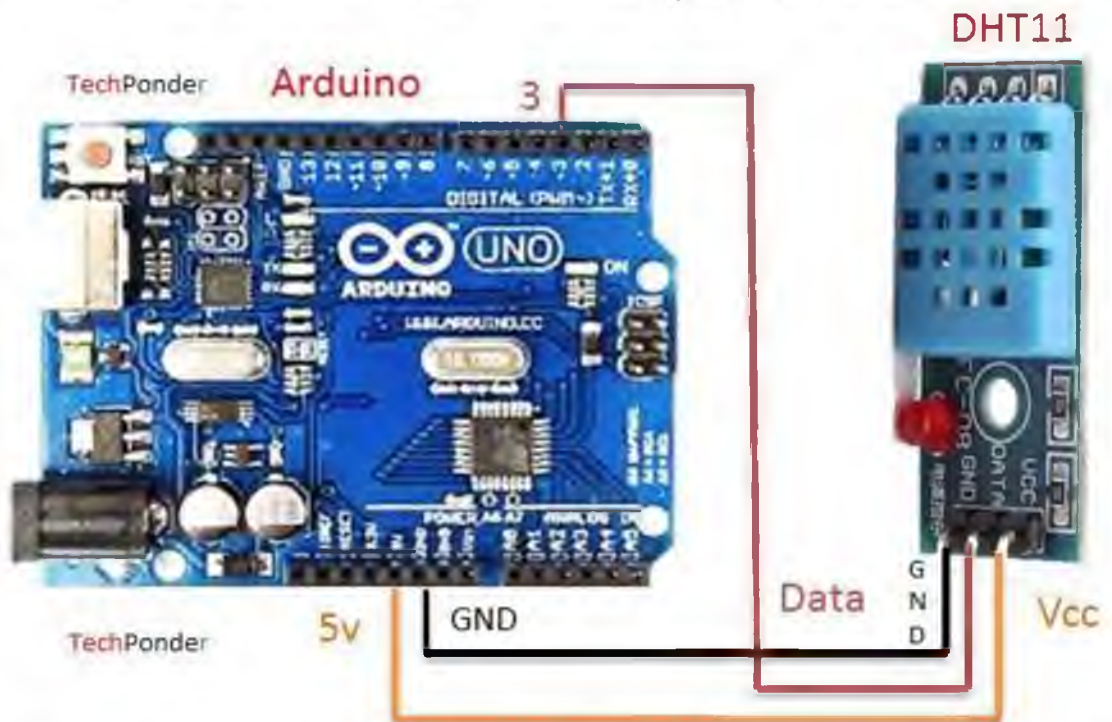


Рис. 3.2. Схеми підключення датчика до плати Arduino

Для відображення вимірних значень по місцю можна використати дисплей (LCD1602).

Символьний дисплей LCD1602 I2C з синім підсвічуванням - рідкокристалічний дисплей (Liquid Crystal Display) екран якого здатний відображати одночасно до 32 символів (16 стовпців, 02 рядки). Дисплей оснащений платою конвертером для перетворення паралельного 8-бітного інтерфейсу дисплея в шину I2C по якій він і підключається до Arduino за адресою 0x3F або 0x27. Приклади роботи з символьними дисплеями описані в розділі Wiki - Робота з символьними ЖК дисплеями.

Характеристики дисплею:

Тип виведеної інформації: символьний;

Мова в ПЗУ дисплея: латиниця, японський;

Можливість завантаження власних символів: є;

Формат виведеної інформації: 16 × 02 символів;

Тип дисплея: LCD;

Технологія дисплея: STN;

Кут огляду: 180 °;

Тип підсвічування: LED;

Колір підсвічування: синій;

Колір символів: білий;

Контролер: HD44780;

Інтерфейс: I<sup>2</sup>C;

Адреса на шині I2C: 0x3F або 0x27 (залежить від конвертера);

Напруга живлення 5 В;

Робоча температура: -20 ... +70 ° C;

Температура зберігання -30 ... +80 ° C;

Габарити: 80x36 мм;

Дисплей підключається до апаратної шини I<sup>2</sup>C Arduino. Найпростіший варіант підключення дисплея до Arduino - по 4-провідного шлейфу через Trena Shield, так як на ньому є підписана колодка шини I<sup>2</sup>C (рисунок ліворуч). Якщо підключено дисплей безпосередньо, то контакти GND і VCC дисплея підключаються до напруги 5 В, а контакти SDA і SCL до апаратної шини I<sup>2</sup>C (у Arduino UNO контакт SDA = A4, а контакт SCL = A5). На малюнку праворуч показано, як можна підключити дисплей до спеціальних контактів шини I<sup>2</sup>C Arduino UNO (ці висновки дублюють висновки A4 і A5).

Напруга живлення 5 В постійного струму подається на контакт VCC і GND дисплея.

Символьний дисплей побудований на базі рідкокристального дисплея типу Super Twisted Nematic (STN) під керуванням контролера HD4478 і має синхронний паралельний 8-бітний інтерфейс підключений до конвертер для перетворення паралельного інтерфейсу дисплея в шину I<sup>2</sup>C по якій він і підключається до Arduino. Наявність конвертера полегшує підключення дисплея до Arduino, тому що шина I<sup>2</sup>C використовує всього 2 виведення для передачі даних і 2 виведення харчування. Дисплей оснащений світлодіодним підсвічуванням синього кольору. Дисплей здатний одночасно відображати до 32 символів (16 стовпців, 02 рядки) від чого і пішла назва дисплея: LCD1602. Контролер HD44780 має ПЗУ в якій зберігаються цифри, символи латиниці і деякі ієрогліфи японської мови, для їх відображення на дисплеї. Відсутні символи, в т.ч. і символи кирилиці, можна завантажувати в пам'ять ОЗУ контролера, для виведення на дисплей написів кирилицею або нестандартних символів.

Схему підключення показано на рис. 3.3.

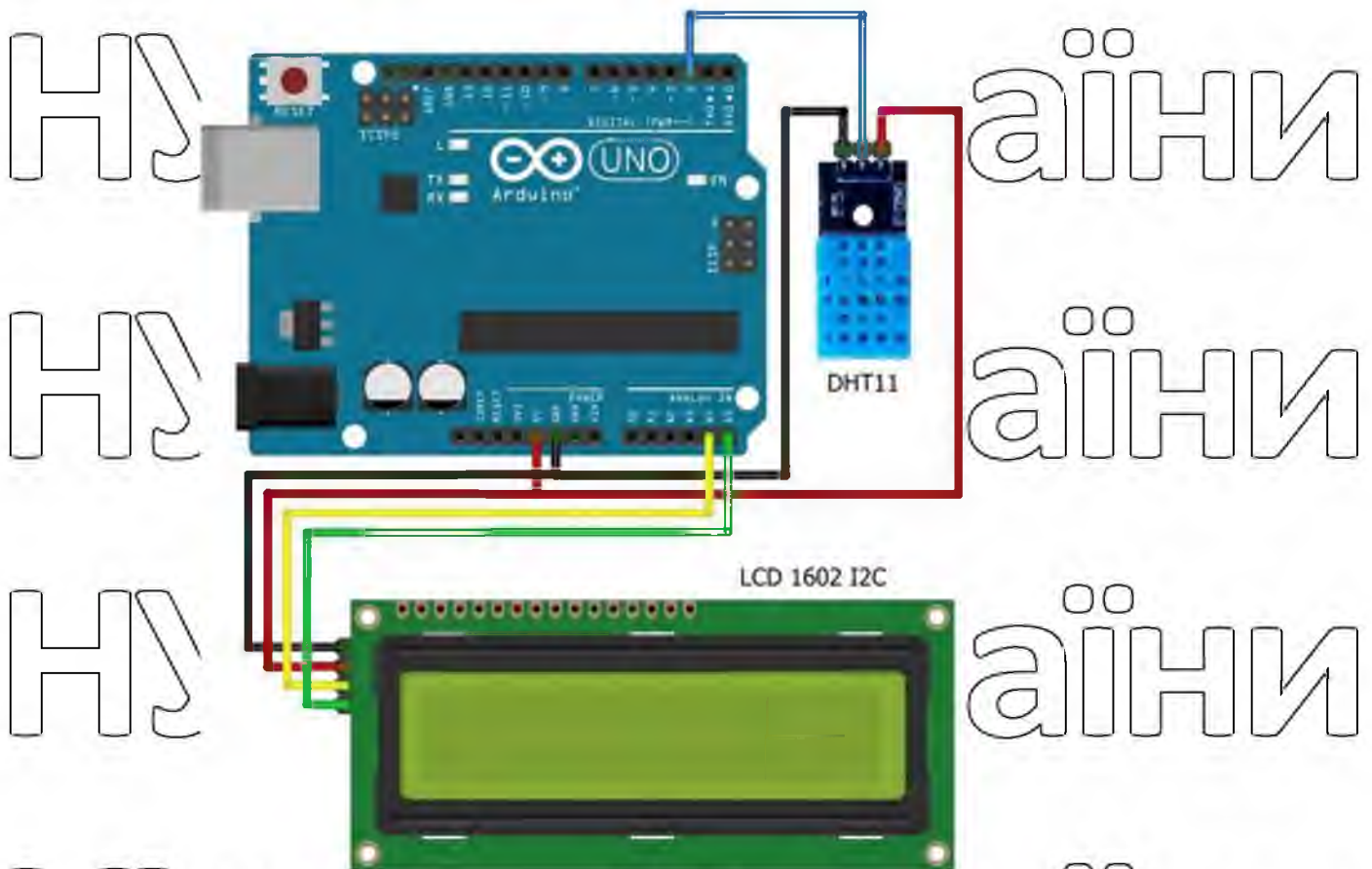


Рис. 3.3. Схема підключення датчика та дисплею до контролера

Контакти підключення датчика до контролера вказані в таблиці 3.2 та підключення дисплею до контролера в таблиці 3.3.

Підключення датчика до контролера

Табл. 3.2

DHT11	Arduino
1 контакт	5V
2 контакт	Pin 2
3 контакт	Через резистор 10 kOhm - 5V
4 контакт	GND

## Підключення контролера та дисплею

Arduino	LCD1602 ІІС/I2C	Примітка
GND	GND	-
5V	VCC	-
A4	SDA	-
A5	SCL	-

Створюється комп'ютерно-інтегрована система з реалізації локального рівня моніторингу технологічних параметрів та верхнього рівня, де передбачається візуалізація технологічних параметрів та їх запис із можливою в подальшому реалізацією бази даних.

Загальна структура комп'ютерно-інтегрована системи моніторингу моніторингу технологічних параметрів зображена на рисунку.



Рис. 3.4. Структура комп'ютерно-інтегрована системи моніторингу технологічних параметрів

### 3.3. Вибір протоколу з'єднання з системою керування

Автоматизована система керування забезпечує підтримання технологічних параметрів у заданих межах. Завданням створеної комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу технологічних параметрів в приміщенні є здійснення зчитування даних вимірювання та передачу до центрального процесора.

З'єднання комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу технологічних параметрів приміщення з діючою системою автоматизованої системи керування буде здійснюватись через послідовний порт.

Послідовний порт (англ. serial port) – двонаправлений послідовний інтерфейс, призначений для обміну байтовою інформацією. Послідовний тому, що інформація через нього передається по одному біту, біт за бітом (на відміну від паралельного порту). Найчастіше для послідовного порту персональних комп'ютерів використовується стандарт RS-232c. Послідовний порт використовується для підключення терміналу, також для модему або миші. Зараз він використовується для з'єднання з джерелами безперебійного живлення, для зв'язку з апаратними засобами обчислювальних систем.

Табл. 3.4

Маркування контактів при послідовній передачі даних

PIN#	SIGNAL	PIN#	SIGNAL
1	NC	6	NC
2	RX	7	RTS
3	TX	8	NC
4	DTR	9	NC
5	GND		

Контакт	Сигнал	Вхід/вихід	Призначення
1	DCD	Вхід	Детектування даних і несучої
2	SIN	Вхід	Послідовний ввід
3	SOUT	Вихід	Послідовний вивід
4	DTR	Вихід	Термінал готовий до передачі даних
5	GND	-	Підвішена земля
6	DSR	Вхід	Готовність набору даних
7	RTS	Вихід	Готовність до передачі
8	CTS	Вхід	Готовність до прийому
9	RI	Вхід	Індикатор дзвінка
Екран	-	-	Заземлення на масу

Особливістю інтерфейсної системи послідовного порту є те, що вона може передавати дані в послідовному режимі від пристрою і в паралельному від шини. Взаємне перетворення послідовних та паралельних форматів даних виконується із допомогою регістрів зсуву, що мають функцію паралельного доступу.

### 3.4. Програмне забезпечення

Інтегроване середовище розробки Arduino це багатоплатформовий додаток на #Java, що включає в себе редактор коду, компілятор і модуль передачі прошивки програми в інтегральну плату. Середовище розробки засноване на мові програмування «Processing» та спроектоване для програмування новачками, не знайомими близько з розробкою програмного забезпечення. Мова програмування аналогічна мові програмування Wiring. Загалом, це C++, доповнений деякими бібліотеками. Програми обробляються за допомогою препроцесора, а потім компілюються за допомогою AVR-GCC.

Програми Arduino пишуться на мові програмування C або C++.

Середовище розробки Arduino поставляється разом із бібліотекою програм «Wiring» (бере початок від проекту Wiring, який дозволяє робити багато стандартних операцій вводу/виводу набагато простіше). Користувачам необхідно визначити лише дві функції для того, щоб створити програму, яка буде працювати за принципом циклічного виконання.

Код програми написано на мові C. Фрагмент коду виглядатиме наступним чином:

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

```
#include <dht11.h>
```

```
#dht11 sensor; //
```

```
#define DHT11PIN 2 //
```

```
byte degree[8] = // кодиріюем символ градуса
```

```
{
```

```
# B100111, //
```

```
# B100101, //
```

```
# B100111, //
```

```
# B100000, //
```

```
# B100000, //
```

```
# B100000, //
```

```
# B100000, //
```

```
};
```

```
#void setup()#
```

```
{
```

```
# lcd.init();
```

```
# lcd.backlight();
```

```
# lcd.createChar(1, degree); // створюємо символ під номером 1
```

```
}; //
```

```

#void loop()//
#{
# int chk = sensor.read(DHT11PIN);//
# lcd.setCursor(0, 0); //

# lcd.print("Hum:      %");//
# lcd.setCursor(11, 0); //
# lcd.print(sensor.humidity); //
# lcd.setCursor(0, 1); //

# lcd.print("temp:      1C");//

# lcd.setCursor(11, 1); //
# lcd.print(sensor.temperature); //
# delay(2000); //
#}

```

В даному програмному кодї використовуються програмні бібліотеки DHT и LiquidCrystal\_I2C, що не входять в стандартний пакет Arduino IDE. Дані бібліотеки йдуть разом із апаратним забезпечення в одному комплекті.

Програмування даного коду відбувається в середовищі Arduino IDE

(рис. 3.5).

Після завершення завантаження в пам'ять мікроконтролера почне виконуватися програма зчитування даних з датчика. Для перегляду значень потрібно запустити Монітор порту з меню інструменти.

```

dht11-22.ino
// Раскомментировать нужную строку
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
// #define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302)
// #define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Инициализирует датчик DHT

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("DHTxx test!");
  Serial.println("-----");
  dht.begin();
}

void loop() {
  // задержка 1,5 секунды между измерениями
  delay(1500);

  float h = dht.readHumidity(); // считываем влажности
  float t = dht.readTemperature(); // считываем температуру

  // проверка NaN (назад цепочки значений)
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    return;
  }

  Serial.println(h);
  Serial.println(t);
}

Скетч использует 5 472 байт (17%) памяти устройства. Всего доступно 30 720 байт.
Глобальные переменные используют 316 байт (15%) динамической памяти, осталось 1 732 байт для

```

Рис. 3.5 Arduino IDE

```

COM3
DHTxx test!
-----
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 21.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 21.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C
Humidity: 20.00%      Temperature: 22.00 °C

```

Рис. 3.5 Arduino IDE (Зчитування даних)

Візуалізація SCADA - системи реалізована в програмному середовищі LabVIEW. Розроблено інтерфейс програмного забезпечення (рис. 3.6), що показано фронтальною панеллю даного програмного продукту. Тут передбачена візуалізація вимірюного поточного значення параметрів та формування її в вигляді таблиці.

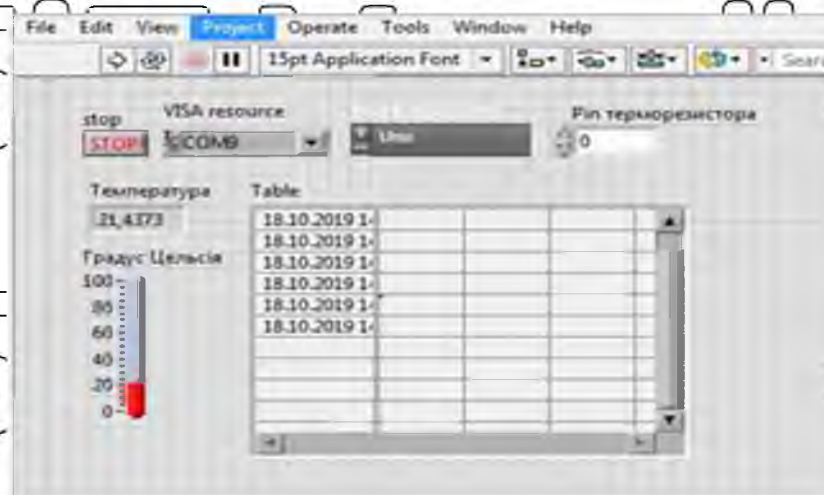


Рис. 3.6 Фронтальна панель програмного середовища LabVIEW (інтерфейс робочої програми)

Основна програма даного проекту наведено блоком-діаграмою (рис. 3.7), де наведено збереження вимірних параметрів в таблиці MS Office Excel.

Збереження відбувається в кореневий каталог диску «F», що підключений до операційної системи Windows робочого ПК оператора.

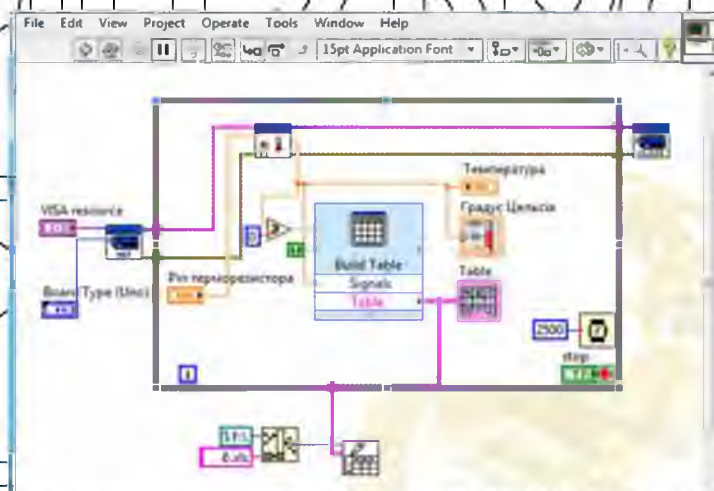


Рис. 3.7. Блок-діаграма програмного середовища LabVIEW моніторингу технологічних параметрів в плашціку

### 3.5. Вибір алгоритму роботи системи автоматичного контролю та технічних засобів для його реалізації

Для реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу, як зазначалося в роботі, обрано мікроконтролер сімейства Atmega, а саме на платформі Arduino та датчики DHT11.

Протокол доступу Arduino до DHT 11 через однопровідний порт наступний:

1. Увімкнення (ініціалізація) обладнання.
2. Команда функції постійний запам'ятовуючий пристрій.
3. Команда функції постійної пам'яті.
4. Повідомлення даних.

Всі стани на однопровідній шині починаються з ініціалізації, тобто з установки у початковий стан. Послідовність наступна: ведучий пристрій подає (TX) нульовий імпульс (імпульс скидання), сигнал низького рівня тривалістю не менш 460 мкс. Після цього ведучий пристрій звільняє лінію й входить у режим прийому (RX). Однопровідна шина підтягується до високого рівня через навантажувальний реєстр опором порядку 10 КОм. Після того, як фронт на виводі даних почне підніматися, DHT11 очікує 15-50 мкс і потім проходить передача імпульсу сеансу (сигнал низького рівня тривалістю 55-230 мкс).

Якщо ведучий пристрій шини даних виявив початок сеансу передачі даних, то він може видати одну з п'яти команд функції ПЗП. Всі команди мають довжину 8 розрядів:

Щоб забезпечити збереження даних ведучий пристрій надсилає наступні типи сигналів на одну лінію:

1. Імпульс скидання.
2. Запис 0.
3. Запис 1.
4. Читання 0.

### 5. Читання 1.

Ведений видає імпульс присутності.

Для початку будь-якого зв'язку з DHT11 необхідно, щоб відразу після імпульсу скидання надійшов імпульс присутності. Після цього прилад готовий приймати або посилати дані провідної шини: команди функцій постійного запам'ятовуючого пристрою, команди функцій пам'яті, передача даних.

Після того, як ця команда послана, DHT11 повідомляє про його режим живлення: «0» - «паразитне» живлення, «1» - прилад підключений до джерела живлення.

Алгоритм роботи починається з того, що виконується ініціалізація. Ведучий шини подає сигнал скидання «0», і після цього імпульс присутності (біт). Потім подається команда пропустити «читання пам'яті» (SKIP ROM),

тобто відбувається доступ до функцій пам'яті без обміну 64-розрядним кодом датчика DHT11. Після цього подається команда конвертанії значення температури (CONVERT T) і після закінчення конвертації DHT11 переходить в стан очікування. Далі відбувається часова затримка 1 с і визначається кількість датчиків на шині, яка буде лічильником подальшого циклу. Після

чого починається виконуватись цикл. В даному циклі спочатку виконується блок ініціалізації. Після ініціалізації зчитується адреса датчика і виконується команда відповідності пам'яті (MATCH ROM), яка знаходить датчик, якому

відповідає адреса і виконується наступна команда тільки відносно даного датчика. Наступний крок є зчитування блоку пам'яті (READ SCRATCHPAD), тобто зчитування значення температури, яке передається мікроконтролеру, а мікроконтролер комп'ютеру. Потім лічильник зменшується на 1 і знову повертаємося до блоку ініціалізації. Цикл буде продовжуватися доти, поки не будуть зчитані значення температур з датчиків.

Цифрові системи керування передбачають передбачають перетворення безперервних сигналів у цифрові коди та зворотне перетворення цифрових кодів у безперервні сигнали. Такі перетворення здійснюють аналогово-

цифрові (АЦП) і цифро-аналогові (ЦАП) перетворювачі. У таких перетворювачах здійснюється квантування як за часом так і за рівнем.

### 3.6. Визначення періоду квантування сигналів ЦСК

Дискретизація (квантування) – заміна неперервного сигналу тими чи іншими дискретними значеннями.

Види дискретизації:

- за часом
- за рівнем
- одночасна дискретизація за рівнем і за часом

Задача вибору раціонального періоду квантування  $T_k$  є однією з основних проблем реалізації ЦСК. При зменшенні часу керування точність керування цифровою системою збільшується, але при цьому зростає навантаження мікроЕОМ. При збільшенні часу квантування втрачається важлива інформація про сигнал, що може призвести до неможливості відтворення вихідного сигналу за дискретними вибірками. Тому виникає проблема пошуку раціонального часу квантування  $T_k$ , який задовольнив би такі суперечливі вимоги.

Згідно з теоремою Котельникова для можливості безпомилкового відтворення сигналу, як показує аналіз амплітудних спектрів імпульсної системи, найменша частота квантування повинна дорівнювати  $2\omega_c$ , де  $\omega_c$  – найвища частота вихідного сигналу, яка має місце в амплітудно-частотній характеристиці неперервної частини системи.

Теорема стверджує: якщо сигнал не містить в собі частот вище, ніж  $\omega_c$  рад/с, він повністю описується своїми значеннями, виміряними у дискретні моменти часу за інтервалом  $T_k = \pi/\omega_c$ .

Визначення передаточної функції неперервної частини розімкнутої системи:

$$W_{роз.}(p) = \frac{K_c}{T_c p + 1} \frac{K_o}{T_o p + 1} = \frac{K_c K_o}{T_c T_o p^2 + (T_c + T_o)p + 1}$$

$$W_{роз.}(p) = \frac{0,273e^{-120p}}{568p^2 + 568p + 1}$$

Визначимо передаточну функцію неперервної частини замкненої системи:

$$W_{зам.}(p) = \frac{W_{роз.}(p)}{1 + W_{роз.}(p)} = \frac{0,33e^{-120p}}{(568p^2 + 568p + 1) + 0,33e^{-120p}}$$

Визначення амплітудно-частотної характеристики неперервної частини замкненої системи:

$$W_{зам.}(j\omega) = \frac{0,33e^{-120p}}{(568p^2 + 568p + 1) + 0,33e^{-120p}}$$

У результаті розв'язання рівняння

$$A(\omega) = \frac{K_c K_o}{\sqrt{(-T_c T_o \omega^2 + 1 + K_c K_o)^2 + (T_c T_o)^2 \omega^2}} = 0,01$$

Отримаємо значення частоти:

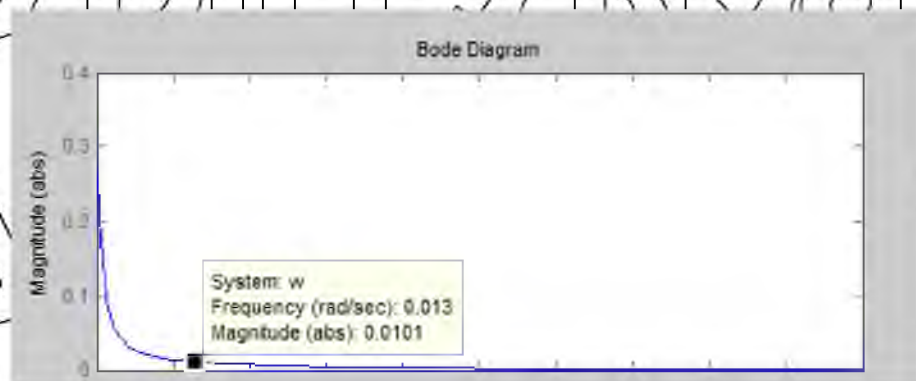


Рис. АФЧХ системи

$$w_c = 0,013$$

і значення часу квантування:

$$T_k = \frac{\pi}{w_c} = 241 \text{ c}$$

НУБІП УКРАЇНИ

## РОЗДІЛ 4

## ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

# НУБІП України

## Небезпечні виробничі чинники. Сучасне тваринництво

характеризується організацією високо механізованих підприємств з переводенням виробництв на індустріальну основу, що веде до зниження частки важкої немеханізованої праці за рахунок використання машин і

механізмів та до зменшення впливу на працюючих шкідливих біологічних чинників при мінімізації часу контакту працівників з тваринами, кормовими сумішми, продукцією тваринництва, екскрементами тварин і відходами виробництва. Поряд із цим, зростає інтенсивність праці та навантаження на

кожного працюючого за рахунок збільшення кількості тварин, що обслуговуються. У користуванні підприємців можуть бути різні машинно-тракторні та інші спеціальні агрегати, засоби транспорту, машини та агрегати для приготування та розданні кормів, видалення і зберігання гною, різні електроустановки, що застосовуються для вирощування та утримання сільськогосподарських тварин та птиці, тощо.

За свідченням статистики до найбільш небезпечних виробничих чинників, що мають вплив на виникнення нещасних випадків, відносяться перекидання і наїзди, дія предметів, що рухаються, обертаються та ураження електричним струмом. В результаті дії тільки цих виробничих чинників за статистичними даними останніх 10 років трапилось близько третини нещасних випадків у тваринництві.

Це вимагає, щоб працівники з метою запобігання травматизму володіли знаннями по безпечній експлуатації та обслуговуванню машин і обладнання, чітко виконували норми і правила з питань охорони праці.

В несприятливих умовах виробничих приміщень тваринницьких комплексів (агресивне середовище, вологість тощо) більш високі вимоги

пред'являються по дотриманню безпеки при експлуатації та обслуговуванню електрифікованих машин і механізмів.

*Як зареєструвати нещасним випадкам*

**Організаційні питання з безпеки праці.** За створення належних,

безпечних і здорових умов праці працівників повну відповідальність несе

роботодавець, для чого зобов'язаний створити на робочому місці в кожному

структурному підрозділі підприємства умови праці відповідно до нормативно-

правових актів, а також забезпечити додержання вимог чинного законодавства

щодо прав працівників у галузі охорони праці.

Безпека процесів, пов'язаних з виробництвом продукції тваринництва,

повинна відповідати вимогам державних стандартів, технологічної та

експлуатаційної документації, інструкцій з вимог безпеки до технологічних

процесів.

До виконання робіт на машинах і обладнанні допускаються

працівники, що пройшли навчання, склали іспити кваліфікаційній комісії та

одержали відповідне посвідчення, пройшли вступний і первинний інструктаж

з охорони праці, інструктаж з пожежно-технічного мінімуму та не мають

медичних протипоказань. Відповідно до вимог чинного законодавства

працівники підприємств при прийнятті на роботу і періодично у процесі

роботи повинні проходити навчання, інструктаж і перевірку знань з питань

охорони праці.

Працівники, які не пройшли інструктажі, навчання й перевірку знань з

питань охорони праці, до роботи не допускаються.

Відповідальними за організацію навчання та перевірку знань з охорони

праці на підприємстві є роботодавець, у структурних підрозділах (комплексах,

бригадах, фермах тощо) – керівники цих підрозділів.

Контроль за навчанням і періодичністю перевірки знань з питань

охорони праці здійснює служба охорони праці або працівники, на яких

роботодавцем покладені ці обов'язки.

Працівники, які обслуговують електроустановки, повинні знати вимоги чинних Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів відповідно до посади, яку вони займають, або до професії, та мати відповідне посвідчення та відповідну групу з електробезпеки.

Працівники, яким дозволено виконання робіт з обслуговування електроустановок, повинні мати про це запис у посвідченні про перевірку знань. Працівники, які працюють на електрифікованих технологічних установках або з електроінструментом (працівники електротехнологічні), допускаються до роботи після проходження інструктажу з електробезпеки під час роботи на даній електроустановці з оформленням у журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

Інструктаж з електробезпеки на I групу має проводити працівник, відповідальний за електрогосподарство, або, за його письмовим розпорядженням, – працівник із складу електротехнічних працівників з групою III. Мінімальний стаж роботи в електроустановках і видання посвідчень працівникам з групою I не вимагається.

Відповідно до чинного законодавства працівники підприємства проходять спеціальне навчання, інструктажі та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Роботодавець зобов'язаний за свої кошти забезпечити фінансування та організувати проведення попереднього (під час прийняття на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, щорічному обов'язковому медичному огляді осіб віком до 21 року.

При виявленні у працівників ознак професійного захворювання або погіршення стану здоров'я внаслідок впливу шкідливих або небезпечних виробничих факторів роботодавець, на підставі медичних показань, повинен перевести їх на іншу роботу у встановленому порядку.

У разі ухилення працівника від проходження обов'язкових медичних оглядів роботодавець має право в установленому законом порядку притягнути працівника до дисциплінарної відповідальності, а також зобов'язаний відсторонити його від роботи без збереження заробітної плати.

У разі залучення працівників з інших підприємств для виконання робіт, а також під час проходження виробничої практики студентами вузів та університетами профтехучилищ, роботодавець:

- забезпечує проведення інструктажу з питань охорони праці та пожежної безпеки кожного із зазначених працівників;

- призначає спеціаліста, відповідального за безпечне ведення робіт;
- не допускає використання зазначених працівників на роботах, не передбачених договором.

Спеціальний одяг, засоби індивідуального захисту, захисні та запобіжні пристрої, облаштування території і робочих місць, режими праці та відпочинку – це основа здоров'я і життя працюючих.

Всі працівники залежно від професії та виконуваних робіт забезпечуються спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту згідно з Типовими нормами.

Спеодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту повинні відповідати умовам і характеру виконуваної роботи, не мати пошкоджень, елементів, що звисають, не прилягають і можуть бути захоплені деталями, що обертаються або рухаються.

Частини виробничого обладнання, які рухаються та обертаються (шнеки, муфти, шківни, зірочки, бітери, карданні вали і т.п.), повинні мати захисні огороження, які відповідають вимогам чинних стандартів.

Забороняється приступати до роботи у стані алкогольного та наркотичного сп'яніння, а також у хворобливому або стомленому стані.

Не можна захарашувати проїзди, під'їзди і підходи до пожежного інвентарю, обладнання і джерел води, використовувати пожежний інвентар для інших потреб.

Небезпечні місця та зони на фермах (комплексах) необхідно позначати попереджувальними знаками згідно з державними стандартами. Знаки безпеки повинні бути розміщені на видному місці.

Сигнальні пристрої, які попереджують про небезпеку, розміщують таким чином, щоб сигнали були помітними або добре прослуховувались під час виконання виробничого процесу.

Нещасні випадки, професійні захворювання та аварії розслідуються відповідно до чинного Порядку розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві. Під час розслідування виявляються причини їх виникнення, а також вживаються відповідні заходи щодо їх запобігання в подальшому.

При виникненні несправностей обладнання, пристроїв, інструменту, а також при пожежі, аварії чи травмуванні працівників необхідно терміново повідомити про це керівника робіт.

Забороняється усувати самостійно несправності електромережі і електрообладнання. Технічне обслуговування і ремонт електроналаддя дозволяється проводити електротехнічному персоналу з кваліфікаційною групою не нижче третьої.

Працівники мають виконувати тільки ту роботу, яка їм доручена (крім екстремальних та аварійних ситуацій), не повинні допускати на робоче місце сторонніх осіб та передоручати свою роботу іншим особам.

Усі працівники згідно з чинним законодавством України підлягають загальнообов'язковому соціальному страхуванню від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, які спричинили втрату працездатності.

**Вимоги безпеки до машин та обладнання.** Безпека машин та обладнання забезпечується до стадії їх постачання, при придбанні, експлуатації, проведенні ремонту та технічного обслуговування і має бути орієнтованою суто на споживача.

На стадії постачання виробники, імпортери та постачальники машин і обладнання повинні дотримувались норм і стандартів безпеки і гігієни праці і надавати користувачам вичерпну та належну інформацію, включаючи інструкції і попереджувальні знаки безпеки на державній мові.

Роботодавець забезпечує, щоб працівники отримували і розуміли інформацію з питань безпеки і гігієни праці надану виробниками, імпортерами та постачальниками машин, обладнання тощо.

На стадії придбання необхідних машин, обладнання тощо, їх експлуатації, технічного обслуговування та ремонту роботодавець повинен забезпечити, щоб машини, обладнання, включаючи засоби індивідуального захисту, прилади і ручний інструмент, що використовується на підприємстві, відповідали національним чи іншим прийнятими нормам і стандартам безпеки і гігієни праці та належним чином компонувались, експлуатувались і зняряджались захисними пристроями.

Ефективна програма перевірки машин базується на наступних джерелах інформації:

- вимоги чинного законодавства;
- поради постачальника (виробника);

- умови і обсяг роботи машинами та обладнанням;

- можливий вплив навколишнього середовища (вібрація, корозія, температура тощо);

- статистичні дані щодо виявлення небезпек при експлуатації та

обслуговуванні машин;

- експертні поради і рекомендації;

- вплив людського фактора (компетенція та навчання, тимчасовий персонал тощо);

- наслідки проблеми (помилки).

Роботодавець повинен забезпечити належну перевірку безпеки машин та обладнання при встановленні чи після переміщення, а також після дії виняткових обставин.

Має бути обмежено використання машин і обладнання, що пов'язано з особливими ризиками для працівників, а ремонти та обслуговування цих машин і обладнання повинні проводити тільки спеціально підготовлені працівники.

Шляхом застосування ієрархії контролю ризиків роботодавці повинні забезпечити дієві заходи, що запобігають доступу до небезпечних деталей машин з використанням захисних пристроїв, тримачів, виштовхувачів, інформуванням та проведенням інструктажів і навчання.

Конструкції машин і обладнання, які використовуються під час виконання робіт, повинні відповідати чинним стандартам із безпеки праці.

Не допускаються до експлуатації несправні машини та обладнання.

Приймання з ремонту й передавання в експлуатацію відремонтованих машин і обладнання здійснюється тільки на підставі акта ремонтного підприємства (структурного підрозділу), який підтверджує відповідність відремонтованих виробів вимогам безпеки праці.

Виробниче обладнання повинно відповідати вимогам державних стандартів, бути пожежо- і вибухобезпечним та відповідати вимогам безпеки праці протягом усього терміну використання.

Кожна одиниця обладнання, яка знаходиться в експлуатації, повинна мати паспорт, схеми підключення електричного живлення і комунікацій, дані про результати перевірки її технічного стану, про виконані ремонти та зміни, внесені в схему або конструкцію, документацію про приймання обладнання в експлуатацію, а також інструкцію з експлуатації.

Конструкція виробничого обладнання повинна унеможливити випадкове зіткнення працівників із гарячими та переохолодженими частинами або знаходження у безпосередній близькості від таких частин, якщо це може викликати травмування, перегрівання або переохолодження працівників.

Виділення та поглинання обладнанням тепла, а також виділення ним шкідливих речовин і вологи у виробничі приміщення не повинно

перевищувати гранично допустимих концентрацій у межах робочої зони, які встановлюються стандартами, санітарними нормами та правилами.

Складові частини виробничого обладнання (у тому числі електричні проводи, кабелі, трубопроводи тощо), механічне пошкодження яких може спричинити небезпеку, повинні бути захищені огороженням або виконані таким чином, щоб виключити можливість їхнього випадкового пошкодження. Огороження повинні відповідати вимогам державного стандарту.

Виробниче обладнання, яке має газо -, паро -, гідро -, пневмо - та інші системи, повинно бути виконане відповідно до вимог безпеки, які діють для цих систем, з урахуванням специфічних умов їхньої роботи у складі комплексів і технологічних систем.

Усі рухомі частини трансмісій, які розташовані на висоті менше ніж 2,5 м від опорної поверхні або поверхні робочої площадки, повинні бути огорожені.

У випадку неможливості огороження рухомих органів або частин виробничого обладнання через їх функціональне призначення мають бути передбачені засоби сигналізації, які попереджують про пуск обладнання, а також використані сигнальні кольори та знаки безпеки.

Виробниче обладнання з електричним приводом повинно мати засоби (пристрої) захисту від ураження електричним струмом (включаючи випадки помилкової дії обслуговуючого персоналу).

Електродвигуни, пускорегулювальна, контрольно-вимірювальна і захисна апаратура, а також допоміжне електротехнічне обладнання за формою виконання, способом установлення й захисту, за якістю ізоляції повинні відповідати вимогам чинних нормативно-правових актів.

Виробниче обладнання, обслуговування якого пов'язане з переміщенням персоналу, повинно бути обладнане проходами, безпечними й зручними за конструкцією та розмірами, і пристроями для ведення робіт (робочими площадками, переходами, драбинами, поручнями тощо).

Робочі органи виробничого обладнання, а також захоплювальні, затискні і підймальні пристрої або їхні приводи повинні бути обладнані засобами, які запобігають виникненню небезпеки при повному або частковому припиненні подачі енергоносія (електричного струму, рідини в гідросистемах, стисненого повітря тощо) до приводів цих пристроїв, а також засобами, що запобігають самовільному включенню робочих органів при відновленні подачі енергії.

Виробниче обладнання потрібно забезпечувати місцевим освітленням, якщо його відсутність може спричинити перенапруження органів зору або викликати інші небезпечні ситуації.

Напрямки руху, обертання механізмів машин, обладнання, запірної арматури повинні бути позначені червоними стрілками безпосередньо на рухомих деталях або огороженнях.

Система управління машинами й обладнанням повинна включати засоби термінового гальмування й аварійного відключення.

Лазові люки та завальні ями бункерів, башт та інших ємкостей для сипучих кормів повинні мати захисні решітки, кришки або огороження.

Решітки і кришки потрібно замикати на замок.

Гідравличні, парові, вакуумні лінії та кормопроводи повинні мати надійні та справні ущільнення, які виключають порушення герметизації.

Засувки, вентилі та крани, які розміщені вище 2 м від рівня підлоги (площадки) або заглиблені, повинні мати пристрої (важільні, штангові та ін.) для їх відкривання і закривання з робочого місця або стаціонарної площадки.

Для гарантування безпечної роботи працівників слід не менше одного разу на тиждень проводити профілактичний огляд пристроїв та обладнання, які не мають регламентованого строку технічного обслуговування (фіксатори, завіси, перила, трапи, ворота тощо).

## ЛІТЕРАТУРА

## НУБІП України

1. Агеев В.Н. Индустриальная технология производства яиц. / В.Н. Агеев, М.А. Асриян и др. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 254 с.
2. Алексеев Ф.Ф. Промышленное птицеводство. / Ф.Ф. Алексеев, М.А. Асриян, Н.В. Бельгенко. – М.: Агропромиздат, 1991. – 544 с.
3. Бабаханов Ю.М., Степанова Н.А. Оборудование и пути снижения энергопотребления систем микроклимата. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 232 с.
4. Бессарабов Б.Ф. Ветеринарно-санитарные мероприятия по профилактике болезней птиц. / Б.Ф. Бессарабов. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 190 с.
5. Божко П.Е. Производство яиц и мяса птицы в специализированных хозяйствах. / П.Е. Божко. – Л.: Изд-во "Колос", 1974. – 414 с.
6. Бородин И.В. Автоматизация технологических процессов. / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. – М.: Колос, 2004. – 344 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
7. Бронфман Л.И. Воздушный режим птицеводческих помещений. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 144 с.
8. Дзюбецько П.К. Вентиляція і мікроклімат птахівничих приміщень. – К.: Урожай, 1972. – 124 с.
9. Довідник сільського електрика / В.С. Олійник, В.М. Гайдук, В.Ф. Гончар та ін.; за ред. В.С. Олійника. – 3-є вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1989. – 264 с.
10. Гончар В.Ф. Електрообладнання і автоматизація сільсько-господарських агрегатів і установок: Навч. Посібник. / В.Ф. Гончар, Л.П. Тищенко. – К.: Вища школа. Головне вид-во, 1989. – 343 с.
11. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній: Підручник / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк; За ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.: ил. ISBN 966-95995-2-0.
12. Изаков Ф.Я. Механизация и электрификация птицеводства. / Ф.Я. Изаков, Н.М. Быков, П.И. Леонтьев. – М., Колос, 1982. – 398 с., ил. – (Учебники и учеб. Пособия для с.-х. техникумов).
13. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев; Под ред. А.С. Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.: ил.
14. Макаров И.М. Линейные автоматические системы (элементы теории, методы расчета и справочный материал). / И.М. Макаров, Б.М. Менский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 504 с., ил.

## НУБІП України

## НУБІП України

## НУБІП України

## НУБІП України

## НУБІП України

## НУБІП України

15. Мартиненко І.І., Лавріненко Ю.М., Решетюк В.М., Лавінський Д.С. Система автоматичного керування витяжною вентиляцією у птичниках та свинарниках з частотним регулюванням. Рекомендації для птахофабрик та тваринницьких компл. – Київ: НАУ, 2003. – 31 с.
16. Мартыненко И.И. Проектирование систем автоматики. / И.И. Мартыненко, В.Ф. Лысенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 243 с.: ил. – (Учебники и учеб. Пособия для студентов высш. учеб. заведений).
17. Мельник В.И. Микроклимат при выращивании птицы в клетках. / В.И. Мельник, Л.З. Павловский. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 109 с.
18. Моррис Г. Влияние интенсивности освещения на производство яиц / Г. Моррис, В. Оуэн // XIII Всемирный конгресс по птицеводству. - Киев, 1996. – С. 446-448.
19. Мурусидзе Д.Н. Оборудование для создания микроклимата на фермах. / Д.Н. Мурусидзе, В.А. Оленев, А.В. Павлов и др. М.: Колос, - 1972. – 207 с. с ил.
20. Новоселов И.М. Разработка и обоснование эффективности технологического светодиодного освещения птичника промышленного стада кур-несушек: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Новоселов И.М. – Ижевск, 2011. – 20с.
21. ОНТП 4-88. Общесоюзные нормы технологического проектирования птицеводческих предприятий, 1988. – 110 с.
22. Пигарев Н.В., Технология производства продуктов птицеводства и их переработка / Н.В. Пигарев, Т.А. Столляр, Е.Г. Шумков. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1991. – 343с.
23. Прыгунов Ю.М., Новак В.А. Микроклимат животноводческих и птицеводческих зданий. К.: Будівельник, 1986. – 80 с.
24. Пчелкин Ю.Н., Сорокин А.И. Устройства и оборудование для регулирования микроклимата в животноводческих помещениях. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 216 с.
25. Селянский В.М. Микроклимат в птичниках – М.: Колос, 1975. – 304 с.
26. Славин Р.М. Комплексная механизация и автоматизация промышленного птицеводства. М.: Колос. 1978. – 320 с. с ил.
27. Справочник электрика. / Кисаримов Р. А., - М.: ИП РадиоСофт, 2003. – 320 с.
28. Экономическая оценка энергетики / АИЖ. Учебное пособие для студентов учебных заведений / В.Т. Воляничков - М.: ИКФ «ЭКМОС», 2002. – 304 с.
29. Электротехнический справочник. / Алиев И. И., - М.: ИП РадиоСофт, 2006. – 384 с.
30. Теплоемкость и энтальпия <http://www.rosteplo.ru/w/>