

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології
проектування приладів»**

**спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(Комп'ютерно-інтегровані технології проектування приладів)**

на тему: «Автоматизована система управління інкубатором»

Виконав (-ла):

студент (-ка) 4 курсу, групи Пм-п01

Слобоженюк Христина Русланівна _____

Керівник:

асистент

Назаренко Наталія Миколаївна _____

Консультант з технологічного: _____

Рецензент:

доцент ,к.т.н. Козир Олег Васильович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2023 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Пояснювальна записка	73	
3	A4	ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.Сп	Специфікація	1	
4	A1	ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.СхС	Структурна схема	1	
5	A1	ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.СхФ	Функціональна схема	1	
6	A1	ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.СхП	Принципова схема	1	
7	A1	ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.СХ	Складальний кресленик	1	

				ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.		
	ПБ	Підп	Дата			
Розробн.	Слобоженюк Х.Р.			Автоматизована система управління інкубатором	Лист	Листів
Керівн.	Назаренко				7	78
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПБФ Гр. ПМ-п01	
Н/контр.						
Зав.каф.						

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизована система управління інкубатором»

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет Приладобудівний факультет
Кафедра Автоматизації та систем неруйнівного контролю
Рівень вищої освіти – Перший (бакалаврський)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (Комп'ютерно-інтегровані технології проектування приладів)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Слобоженюк Христині Русланівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Автоматизована система управління інкубатором,
керівник проекту ас.,к.т.н. Назаренко Наталія Миколаївна,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «30» травня 2023р. №2058-с _____

2. Термін подання студентом проекту 15.06.2023 _____

3. Вихідні дані до проекту: Нагрівача MZ45-31A3-200, датчика вологості і температури SHT21D, датчика температури DS18B20, У різні періоди розвитку зародка в інкубаторі рекомендується підтримувати такі температурні режими: перші 2 дні: 38 °С; 3-й до 10-го дня: 37,8 °С; 11-й до 16-го дня: 37,5 °С; 17-й до 19-го дня: 37,2 °С; 20-й до 21-го дня: 36,9-37 °С.

4. Зміст пояснювальної записки Обґрунтування необхідності проектування на основі критичного огляду існуючих аналогів; розробка принципових схем інкубатора; розрахунок основних параметрів датчика температури та датчика вологості; проведення аналізу точності вимірювання; аналіз отриманих результатів; висновки.

5. Перелік графічного (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) матеріалу Складальне креслення інкубатора, схема електрична структурна, специфікація, електрична принципова схема, електрична функціональна схема.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Ознайомлення з завданням	01.03.2023	
2	Проведення аналітичного огляду матеріалів	17.03.2023	
3	Розробка принципових схем	21.04.2023	
4	Розрахунок основних характеристик датчика ваги та ваг в цілому	01.05.2023	
5	Оформлення текстової та графічної Частини ДП	15.05.2023	
6	Представлення ДП на перевірку науковому керівнику	05.06.2023	
7	Передача матеріалів ДП на перевірку виявлення збігів/схожості текстів сервісом Unichек	07.06.2023	
8	Представлення ДП до екзаменаційної комісії НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»	19.06.2023	

Студент

_____ (підпис)

Слобоженюк Х.Р.

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Назаренко Н.М.

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

У рамках дипломної роботи бакалавра була проведена розробка автоматизованої системи управління інкубатором. Робота включає детальний опис технологічного процесу інкубації, який використовується для вирощування різних видів птахів. Розглянуті режими інкубації, які забезпечують оптимальні умови для розвитку та виживання пташенят.

Одним із головних досягнень роботи є розробка системи, яка забезпечує більш точну підтримку температурних режимів протягом процесу інкубації. Це досягається за допомогою використання сучасних технологій та компонентів, таких як мікроконтролери та датчики високої точності. Точний контроль температури дозволяє забезпечити оптимальні умови для розвитку пташенят і покращує шанси їх виживання.

Для реалізації автоматизованої системи були розроблені функціональна, структурна та електрична принципові схеми. Функціональна схема визначає основні функції системи та взаємозв'язки між її складовими частинами. Структурна схема відображає організацію та ієрархію компонентів системи. Електрична принципова схема описує електричні з'єднання між елементами системи.

В рамках розробки системи була вибрана сучасна елементна база, яка включає в себе мікроконтролери, сенсори, реле та інші компоненти. Вибір цих компонентів здійснювався на основі їхньої сумісності, надійності та можливості забезпечувати високу точність контролю температурних параметрів. Окрім того, був розроблений алгоритм роботи мікроконтролера, який забезпечує ефективне керування системою інкубатора.

Результати дослідження та розробки автоматизованої системи управління інкубатором свідчать про її високу ефективність і можливість застосування в реальних умовах. Точне регулювання температури під час процесу інкубації сприяє поліпшенню якості вирощування пташенят, а також зниженню ризику втрати врожаю.

Однак, важливо зазначити, що розроблену систему необхідно протестувати на практиці для підтвердження її ефективності та надійності. Також, можливо, будуть виявлені деякі недоліки або обмеження, які потребуватимуть подальшого вдосконалення та оптимізації системи.

Загалом, розробка автоматизованої системи управління інкубатором є важливим кроком у поліпшенні процесу інкубації пташенят. Вона дозволяє забезпечити більш точний контроль температурних режимів та підвищує ефективність вирощування птахів.

THE ANNOTATION

As part of the bachelor's thesis, the development of an automated incubator management system was carried out. The work includes a detailed description of the technological process of incubation, which is used to grow various types of birds. Incubation regimes that provide optimal conditions for the development and survival of chicks are considered.

One of the main achievements of the work is the development of a system that provides more accurate maintenance of temperature regimes during the incubation process. This is achieved through the use of modern technologies and components such as microcontrollers and high precision sensors. Precise temperature control allows for optimal conditions for the development of chicks and improves their chances of survival.

For the implementation of the automated system, functional, structural and electrical schematic diagrams were developed. The functional diagram defines the main functions of the system and the relationships between its constituent parts. A flowchart shows the organization and hierarchy of system components. An electrical schematic diagram describes electrical connections between system elements.

As part of the development of the system, a modern element base was selected, which includes microcontrollers, sensors, relays and other components. The selection of these components was made on the basis of their compatibility, reliability and ability to ensure high accuracy of temperature control. In addition, a microcontroller operation algorithm was developed, which provides effective control of the incubator system.

The results of research and development of the automated incubator control system testify to its high efficiency and the possibility of application in real conditions. Accurate temperature control during the incubation process improves the quality of chick rearing, as well as reducing the risk of crop loss.

However, it is important to note that the developed system must be tested in practice to confirm its effectiveness and reliability. Also, it is possible that some shortcomings or limitations will be discovered, which will require further improvement and optimization of the system.

In general, the development of an automated incubator control system is an important step in improving the chick incubation process. It allows for more accurate control of temperature regimes and increases the efficiency of bird breeding.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	11
1.1. Аналіз існуючих робіт з автоматизації інкубаторів	11
1.2. Переваги та недоліки існуючих систем керування	11
1.3. Огляд сучасних технологій та методів управління	12
2. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ІНКУБАЦІЇ ЯЄЦЬ	24
3. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ	23
3.1. Функціональна схема автоматизованої системи	23
3.2. Вибір закону керування.....	29
4. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ	35
4.1. Структурна схема системи.....	35
4.2. Вибір датчиків температури.....	38
4.3. Розрахунки датчика температури DS18B20.....	43
4.4. Розрахунки датчика вологості і температури SHT21D.....	47
4.5. Нагрівача MZ45-31A3-200	51
5. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	52
5.1. Розробка схем узгодження	52
5.2. Розробка принципової схеми системи	57
5.3. Опис роботи принципової схеми.....	62
6. РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ СИСТЕМИ	64
ВИСНОВОК.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	68
ДОДАТКИ.....	69

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система управління інкубатором			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		СлобоженюкХ.Р								7	73
Перевір.		Назаренко									
Реценз.											
Н. Контр.											
Затверд.					НТУУ «КПІ» ПБФ, ПМ-п01						

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Дт - датчик температури, призначений для вимірювання температури в інкубаторі.

МП - мікропроцесор, виконує функції управління інкубатора;

ПС - підсилювач, призначений для посилення сигналу, що подається з мікропроцесора;

Н - нагрівальний елемент;

Ємність - ємність інкубатора;

Т - постійна часу.

t_{\max} - верхня межа робочої температури;

$U_{\text{вх}}$ - вхідна напруга;

де Р - потужність;

с - питома теплоємність, $c = 1,59 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К} = 1590 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$;

ρ - щільність повітря, при $t = 37 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho = 1.128 \text{ кг/м}^3$.

Кв - кратність повітрообміну в інкубаторі;

Т - абсолютна температура (у Кельвінах) ;

R - опір датчика (у Ом);

A, B, C - коефіцієнти, які залежать від характеристик конкретного датчика;

β - бета-коефіцієнт, який обчислюється на основі вимірювання опору при двох різних температурах;

D – фактичне значення сигналу;

РН - відносна вологість в процентах;

D2 - цифрове значення, отримане з датчика;

Т - температура в градусах Цельсія;

D1 - цифрове значення, отримане з датчика.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		8

Вступ

Основною метою дослідження є розробка та реалізація автоматизованої системи управління інкубатором, яка забезпечує оптимальні умови для розвитку пташенят або інших видів живих організмів. Система буде призначена для точного контролю та регулювання параметрів інкубації, таких як температура, вологість, вентиляція та обертання яєць. Мета полягає у створенні надійної та ефективної системи, яка забезпечить максимальну виживаність та розвиток пташенят.

Актуальність теми "Автоматизована система управління інкубатором" є надзвичайно важливою у сучасному світі, де вимоги до ефективного та точного контролю умов інкубації постійно зростають. У цьому розділі більш детально розглянемо основні аспекти, що обґрунтовують актуальність даної теми.

Потреба в оптимальних умовах інкубації: Автоматизована система управління інкубатором є важливим інструментом для забезпечення оптимальних умов для розвитку пташенят. Чіткий та точний контроль параметрів, таких як температура, вологість, вентиляція та обертання яєць, є критичним для забезпечення успішної інкубації. Недостатні або неправильно налаштовані умови можуть призвести до низької якості інкубації, втрат пташенят та зниження продуктивності господарства.

Автоматизація та збільшення продуктивності: Використання автоматизованої системи управління інкубатором дозволяє підвищити продуктивність господарства шляхом автоматичного контролю та регулювання параметрів інкубації. Замість ручного контролю, який може бути не зручний та недостатньо точним, автоматизована система забезпечує стабільність та постійний нагляд за процесом інкубації. Це дозволяє економити час та зусилля фермерів та дозволяє їм зосередитися на інших аспектах господарської діяльності.

									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата	ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ				

Мінімізація ризику та втрат: Автоматизована система управління інкубатором допомагає мінімізувати ризик втрат пташенят або інших живих організмів під час інкубації. Система забезпечує постійний контроль та реагування на зміни умов, що дозволяє своєчасно виявляти проблеми та уникати негативного впливу на розвиток інкубованих організмів. Це особливо важливо в умовах масової інкубації на птицефермах чи великих інкубаційних центрах, де навіть невеликі втрати можуть мати серйозні економічні наслідки.

Перспективи наукових досліджень: Розвиток автоматизованих систем управління інкубатором відкриває нові перспективи для наукових досліджень у галузі інкубації та розвитку живих організмів. Використання сучасних технологій, таких як сенсорика, штучний інтелект та інтернет мовлення, дозволяє збирати великі обсяги даних про процес інкубації, аналізувати їх та розробляти нові алгоритми та стратегії для покращення результатів. Це може сприяти розвитку сільського господарства, наукових досліджень у галузі біології та екології, а також вкладу в інноваційні технології та сталі розвиток.

Враховуючи всі ці фактори, актуальність теми "Автоматизована система управління інкубатором" очевидна, оскільки вона стимулює удосконалення інкубаційних процесів, сприяє ефективності господарства та наукових досліджень, а також допомагає забезпечувати сталість виробництва та збільшення продуктивності.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		10

1.ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Аналіз існуючих робіт з автоматизації інкубаторів

"Design and Implementation of an Intelligent Auto Incubator Based on Internet of Things (IoT)" (2019) - у цій роботі автори розробили інтелектуальний автоматичний інкубатор на основі Інтернету промов (Internet of Things, IoT). Система забезпечує автоматичний контроль температури, вологості та повітряного потоку. За допомогою датчиків і мережевих технологій дана система забезпечує віддалений моніторинг та управління інкубатором.

"Automation of Poultry Egg Incubator Using Microcontroller-Based System" (2018) - ця робота пропонує використання мікроконтролерів для автоматизації птахівницьких інкубаторів. Автори розробили систему, яка автоматично контролює температуру, вологість та обертання яєць. Система також має можливість моніторингу за допомогою смартфона чи комп'ютера.

"Intelligent Incubator Using Fuzzy Logic Controller" (2017) - у цій роботі розглядається використання нечіткої логіки для автоматизації інкубаторів. Автори запропонували систему, яка використовує нечітку логіку для контролю температури, вологості та повітряного потоку в інкубаторі. Це дозволяє досягти більш точного та стабільного регулювання умов інкубації.

"Automated Control System for Poultry Egg Incubators" (2016) - ця робота пропонує систему автоматичного керування для інкубаторів птиці. Вона використовує мікроконтролер та датчики для контролю температури, вологості та обертання яєць. Система також має можливість віддаленого моніторингу та керування через Інтернет.

1.2. Переваги та недоліки існуючих систем керування

Наявні промислові інкубатори, зокрема типу «Універсал» та ІУП-Ф-45/ІУВ-Ф-15, мають ряд недоліків, що обмежують їх ефективність. Зокрема, ці недоліки включають дороге іноземне електронне обладнання, відсутність можливості дистанційного управління технологічним процесом,

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата	ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ				

нерівномірне розподілення температури всередині інкубаційної камери та інші технічні недоліки.

Порівняно з цими промисловими моделями, сучасне інкубаційне обладнання провідних світових компаній, таких як Petersime Incubator Co (Бельгія), Linko (Данія), NatureForm Hatchery Systems (США), Viktoria (Італія), Pas Reform Hatchery Technologies (Нідерланди), "Petersime" (Бельгія), "Jamesway" (Канада), Nature Form (США), "Hatch Tech" (США) та інші, відрізняється покращеною функціональністю та відповідає всім вимогам птахівників. Ці системи мають повну автоматизацію, що дозволяє мінімізувати долю людини у технологічному процесі інкубації. Однак, вартість такого обладнання є суттєвою перевагою у порівнянні з вітчизняними аналогами, що стримує його ширше застосування [1].

Крім промислових моделей, на ринку також присутні побутові інкубатори, які призначені для малих сільських виробників птахівництва. Ці моделі, наприклад, "Double Micro Battery 90", "Курочка ряба ІБ-130", "Теплуша", "Колочка ІБ-140", "Тандем-80 + Вологість" та інші, пропонуються на ринку. Проте, вітчизняні побутові інкубатори, такі як ІБМ-30, МІ-30 та інші, мають недосконале обладнання для створення оптимального мікроклімату в інкубаторі та контролю та керування параметрами технологічного процесу інкубації. Крім того, механізм перевертання яєць у таких моделях є недосконалим та енерговитратним.

Таким чином, існує потреба в розробці автоматизованої системи управління інкубатором, яка б урахувала всі необхідні параметри для забезпечення успішної інкубації пташенят, а також була б доступною за вартістю для широкого кола користувачів.

1.3. Огляд сучасних технологій та методів управління

Огляд сучасних технологій та методів управління в контексті автоматизації системи керування інкубатором дає змогу розглянути новітні розробки та інноваційні підходи, що можуть покращити функціональність та

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		12

ефективність інкубаторів. Деякі з цих технологій та методів включають наступне:

Інтернет речей (Internet of Things, IoT): IoT може бути використано для створення підключених інкубаторів, де датчики та пристрої забезпечують збір і обмін даними. Це дозволяє віддалене моніторинг та керування параметрами інкубації, а також автоматичну передачу даних про стан інкубатора на веб-платформи чи мобільні додатки.

Машинне навчання: Застосування методів машинного навчання може допомогти в прогнозуванні та аналізі показників інкубації. Моделі машинного навчання можуть виявити закономірності в даних і допомогти в покращенні процесу регулювання температури, вологості та повітряного потоку для оптимального вирощування пташенят.

Обробка сигналів: Техніки обробки сигналів можуть бути використані для аналізу сигналів, отриманих від датчиків у системі керування інкубатором. Це дозволяє виявлення аномалій, попередження про несправності та вжиття відповідних заходів.

Автоматичне регулювання: Застосування автоматичного регулювання дозволяє системі керування інкубатором автоматично коригувати параметри, такі як температура та вологість, для забезпечення оптимальних умов для інкубації яєць. Це може бути досягнуто за допомогою алгоритмів PID-регулятора або інших методів автоматичного керування.

Датчики нового покоління: Використання передових датчиків може покращити точність та надійність вимірювання параметрів інкубації. Наприклад, датчики зі здатністю безконтактного вимірювання температури або вологості можуть забезпечити більш точні дані та зменшити вплив зовнішніх факторів.

Ці технології та методи відкривають нові можливості для автоматизації систем керування інкубаторами, забезпечуючи більш точний та ефективний процес інкубації. Вони сприяють збору, обробці та аналізу даних, покращують

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		13

моніторинг та керування процесом, а також спрощують взаємодію з оператором. Однак, впровадження цих технологій може вимагати високої технічної експертизи, вартості та інтеграції з існуючими системами.

2. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ІНКУБАЦІЇ ЯЄЦЬ

Кожен інкубатор повинен створювати сприятливі умови для нормального розвитку птиці незалежно від його конструкції. Це включає:

- забезпечення необхідної температури для розвитку зародка;
- достатню вологість повітря;
- вентиляцію, яка забезпечує видалення шкідливих газів з камери та постачання свіжого, насиченого киснем повітря;

періодичний поворот яєць, щоб забезпечити рівномірне їх обігрів і запобігти прилипанню ембріона до шкаралупи.

Мікроклімат в інкубаторі є важливим аспектом процесу інкубації. Температура є найважливішим фактором. Ембріон розвивається при температурі навколишнього повітря від 27 до 43 °С. Тому, для зберігання інкубаційних яєць влітку у звичайних приміщеннях без регульованого мікроклімату, особливо в південній зоні нашої країни, можна, але ембріональний розвиток може початися, але зародки швидко загинуть через нестачу тепла для нормального розвитку.

При зниженій температурі розвиток зародка сповільнюється, термін інкубації збільшується, а молодняк виводиться слабкий. Висока температура призводить до прискореного росту і розвитку ембріонів на початку інкубації і збільшує відхід в кінці. Курчата виводяться раніше звичайного терміну, але вони є дрібними, незграбними та слабкими.

У різні періоди розвитку зародка в інкубаторі рекомендується підтримувати такі температурні режими:

перші 2 дні: 38 °С;

3-й до 10-го дня: 37,8 °С;

11-й до 16-го дня: 37,5 °С;

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

14

17-й до 19-го дня: 37,2 °С;

20-й до 21-го дня: 36,9-37 °С.

Однак, дотримання таких режимів ускладнюється, якщо в інкубаторі знаходяться яйця з ембріонами різних вікових груп. Тому при інкубації зазвичай обирається оптимальна температура 37,5-37,7 °С. Вологість повітря в інкубаторі впливає на обігрів яєць і випаровування вологи ними.

У процесі інкубації, вологість грає важливу роль, і вона вимірюється як відносна вологість - відношенням кількості водяної пари до максимально можливого обсягу води, який може міститися при даній температурі, виражене у відсотках.

При внесенні зовнішнього повітря в інкубатор та його нагріванні, відносна вологість знижується. Щоб підтримати оптимальний рівень вологості, проводять зволоження повітря.

Низька вологість особливо небажана на початку інкубації. Велика втрата вологи з яєць може призвести до водного голодування ембріона, зменшення передачі води з білка в жовток. У кінці інкубації, низька вологість погіршує передачу тепла і сприяє швидкому висиханню підшкарлупних оболонок, які стають щільними, що призводить до загибелі курчат, які не можуть прорвати їх.

Дуже висока вологість також негативно впливає на розвиток зародка. Вона призводить до того, що під час інкубації в оболонках залишається надмірна волога, що утрудняє проклунення і часто призводить до загибелі зародка. Крім того, надмірна вологість сприяє розвитку бактерій та цвілевих грибків у інкубаторі та на шкаралупі яєць.

Оптимальний рівень вологості для інкубації зазвичай становить 50-60%. Під час виведення цей рівень підвищують до 68-72%.

У процесі інкубації, яйця поглинають багато кисню та виділяють велику кількість вуглекислого газу, тому необхідний поступ свіжого повітря.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		15

Недостатність кисню призводить до відхилень та загибелі зародків. Забезпечення нормального складу повітря в інкубаторі досягається шляхом частого обміну повітря, який повинен бути здійснений 4-6 разів за годину.

Незалежно від конструкції інкубатора, важливо, щоб потік повітря рівномірно проникав у всі зони камери, уникавши утворення заторів.

Для забезпечення рівномірного обігріву яєць необхідно їх перевертати. У тих інкубаторах, де температура навколо яєць розподіляється рівномірно, перевертання проводять кожні 1-2 години до перенесення яєць на виведення.

Під час інкубації, лотки з яйцями повинні періодично повертатися, відхиляючись від горизонталі на 45° в одну сторону, а потім в іншу. Якщо не здійснювати повороти з перших днів, бластодерма та зародок можуть присохнути до підшкарлупних оболонок, що може призвести до загибелі зародків.

Під час виведення курчат, період відрізняється від інкубаційного. Поворот лоток з яйцями припиняється, а вологість повітря підвищується до 68-72%, а температура знижується до 37,2 °С. У великих промислових інкубаторах використовують спеціальні вивідні шафи з автономною системою мікроклімату. У невеликих інкубаторах використовують два способи: відділення зі стелажми для лотків, які призначені для виведення, або закладають тільки одну партію яєць на виведення.

Виведення великих яєць зазвичай триває близько 18-18,5 діб або до появи наклювання. Якщо яйця були інкубовані при нормальних температурно-вологісних умовах, виведення молодняку яєчних порід кур завершується до 21-го дня інкубації, а м'ясних порід - до 21,5 дня.

Під час виведення молодняку не слід відкривати інкубатор, оскільки охолодження може порушити процес інкубації та затягнути виведення. Молодняк обирають лише після повного висихання.

Інкубація яєць птахів інших видів, таких як качки, гуси, індики, має свої особливості. Основною відмінністю є різна маса яєць та відповідно різна

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		16

тривалість інкубаційного періоду. Чим більше розмір яєця, тим більше місця воно займає у лотках, що обмежує їх кількість, яку можна помістити в інкубатор. Зазвичай вважається, що в лотку для інкубації курячих яєць можна помістити 75% качиних і індичих яєць, 40% гусиних яєць і 110% цесариних яєць. При розміщенні яєць качок, гусей, цесарок і індичок (легких і середніх порід) у лотках їх розкладають рядами у шаховому порядку з тупим кінцем вгору. Сумісна інкубація яєць різних видів птахів не рекомендується.

При інкубації качиних яєць важливо враховувати деякі особливості. Яйця качок часто бувають забрудненими, оскільки великі пори шкаралупи дозволяють мікроорганізмам проникати всередину. Це може спричинити утворення так званого "тумаку" - яйця з темним непрозорим вмістом. Тому під час інкубації важливо ретельно стежити за яйцями і негайно видаляти ті, які мають темну зеленувату або синювату шкаралупу.

Яйця качок можна розміщувати в лотках горизонтально або нахилом (під кутом 30-40°). Завдяки їх великому розміру, низькому вмісту води і високому вмісту жиру, у перші 4-5 днів інкубації вони вимагають вищої температури. Проте, у другій половині інкубації зародки починають виділяти власне тепло, тому важливо забезпечити охолодження яєць. Це досягається шляхом відкривання дверей інкубатора, вимкнення нагріву, але збереження роботи вентилятора. Для прискорення процесу охолодження також можна обприскувати яйця кімнатною водою. Охолодження проводять до того моменту, поки температура поверхні яєць не опуститься до 30-32 °С. Охолодження здійснюється двічі на добу, протягом 20-40 хвилин, залежно від температури оточуючого повітря, приблизно з 14-15-го дня інкубації і до переходу на виведення.

Тривалість інкубації качиних яєць залежить від породи. Для крякви і ліній тривалість становить 27,5-28,0 діб, для мускусних качок - 34-36 діб. У вивідній шафі їх переносять відповідно на 24-25-й і 30-32-й день.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		17

Щодо інкубації гусиних яєць, вони мають найбільший розмір серед яєць основних видів домашньої птиці. Тому для них використовують горизонтальну укладку у лотках, при цьому їх розміщують не дуже щільно, а порожнечі між яйцями заповнюють папером, щоб уникнути їх переміщення або випадання під час поворотів лотка.

Зважаючи на те, що гусячі яйця не використовуються для харчування, рекомендується використовувати всі яйця, за винятком тих, які мають очевидні дефекти, для інкубації. При цьому бажано класифікувати їх за розміром, оскільки різниця в масі може бути значною - до 60-80 грамів.

Протягом періоду інкубації з першого по п'ятнадцятий день, режим температури повинен бути подібним до того, який використовується для курячих яєць. З 14-го дня температуру знижують до 37,4 °С, а двічі на день проводять охолодження яєць згідно з тією ж схемою, що використовується для качиних яєць. Тривалість інкубації гусячих яєць становить 29,5-30 днів, і на 27,5-28 день інкубації їх переносять до вивідної камери.

Щодо індичих яєць, оскільки режим інкубації їх подібний до курячих, можлива їх спільна інкубація, якщо необхідно. Індичі яйця розкладаються в лотки під кутом (30-40 °) або горизонтально. Тривалість інкубації становить 27-28 днів, і на 25 день інкубації їх переносять до вивідної камери.

У таблиці 1.1 [1] наведено режими інкубації для різних видів птахів.

Таблиця 1.1. Режими інкубації для різних видів птиці

Кури					
Період	Тривалість, дні	Температура, °С	Вологість, %	Поворот, кількість разів на добу	Провітрювання, кількість разів на добу
1	1 – 11	37,9	66	4	не потрібно

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

18

2	12 – 17	37,3	53	4	2 по 5 хвилин
3	18 – 19	37,3	47	4	2 по 20 хвилин
4	20 – 21	37,0	66	не потрібно	2 по 5 хвилин

Перепели

Період	Тривалість, дні	Температура, °С	Вологість, %	Поворот, кількість разів на добу	Провітрювання, кількість разів на добу
1	1 – 12	37,6	58	4	1 на 5 хвилин
2	13 – 15	37,3	53	4	1 на 20 хвилин
3	16 – 17	37,2	47	Не потрібно	не потрібно
4	18 – 19	37,0	80	не потрібно	не потрібно

Качки

Період	Тривалість, дні	Температура, °С	Вологість, %	Поворот, кількість разів на добу	Провітрювання, кількість разів на добу
1	1 – 8	38,0	70	не потрібно	не потрібно
2	9 – 13	37,5	60	4	1 на 5 хвилин
3	14 – 24	37,2	56	4	2 по 20 хвилин
4	25 – 28	37,0	70	не потрібно	1 на 10 хвилин

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

19

Гуси					
Період	Тривалість, дні	Температура, °С	Вологість, %	Поворот, кількість разів на добу	Провітрювання, кількість разів на добу
1	1 – 3	37,8	63	не потрібно	не потрібно
2	4 – 12	37,8	54	4	1 на 5 хвилин
3	13 – 24	37,5	56	4	3 по 20 хвилин
4	25 – 27	37,2	57	не потрібно	1 на 10 хвилин

Індики					
Період	Тривалість, дні	Температура, °С	Вологість, %	Поворот, кількість разів на добу	Провітрювання, кількість разів на добу
1	1 – 6	37,8 °С	56	4	не потрібно
2	7 – 12	37,5 °С	52	4	1 на 5 хвилин
3	13 – 26	37,2 °С	52	4	2 по 20 хвилин
4	27 – 28	37,0 °С	70	не потрібно	1 на 10 хвилин

Індокачки					
Період	Тривалість, дні	Температура, °С	Вологість, %	Поворот, кількість разів на добу	Провітрювання, кількість разів на добу
1	1 – 16	38,0	60	4	не потрібно
2	17 – 27	37,5	52	4	1 на 5 хвилин
3	28 – 29	37,3	70	не потрібно	2 по 20 хвилин

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

20

4	30 –31	37,0	70	не потрібно	1 на 10 хвилин
---	--------	------	----	-------------	----------------

Цесарки					
Період	Тривалість, дні	Температура, °С	Вологість, %	Поворот, кількість разів на добу	Провітрювання, кількість разів на добу
1	1 – 13	38,8	60	4	1 на 5 хвилин
2	14– 21	37,5	45	4	1 на 20 хвилин
3	25 – 28	37,0	58	не потрібно	1 на 10 хвилин

Одна з популярних компаній у світі, що виробляє інкубаційне обладнання, - "Pas Reform Hatchery Technologies" з Нідерландів. Вона пропонує комплексне обладнання для інкубації, включаючи устаткування для обробки яєць, промислові інкубатори шафового і кімнатного типів з різною місткістю, обладнання для обробки виведеного пташеняти, а також системи для створення необхідного мікроклімату у інкубаторії та інше.

У їхніх інкубаторах попередньої інкубації можуть застосовуватися одно- або багатостадійні методи закладання яєць. Замовники можуть вибрати між електричним або водяним обігрівом. Система обігріву теплою водою сприяє рівномірному розподілу тепла в інкубаційній шафі, скорочує час розігрівання інкубатора і знижує споживання електроенергії. Режим інкубації контролюється за допомогою персонального комп'ютера, який обладнаний в кожній шафі. Цей комп'ютер автоматично коригує температуру, вологість, повітрообмін та інші параметри. Всі машини також пов'язані з центральним комп'ютером, який графічно записує весь режим інкубації і зберігає дані протягом місяця.

Також провідні компанії, що виробляють інкубатори, приділяють велику увагу енергоефективності. Наприклад, компанія "Petersime" з Бельгії

										Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата	ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ					

застосовує запатентовану систему динамічної втрати маси (Dynamic Weight Loss System TM), яка контролює оптимальний графік втрати ваги яєць. Це досягається завдяки герметичності інкубаційних шаф, що дозволяє майже не потребувати подальшого обігріву інкубатора після короткого етапу попереднього прогрівання яєць. Загальний час роботи системи обігріву складає лише 4,76% від тривалості періоду інкубації, що дозволяє значно знизити витрати на опалення. Система Eco-Drive TM мінімізує споживання електроенергії вентиляторами шляхом регулювання обертів крил в залежності від потреби та плавного запуску двигуна вентилятора, що дозволяє уникнути пікових споживань електроенергії.

Таким чином, за допомогою цих нововведень досягається значна економія електроенергії, яка може сягати до 50%. Крім того, компанія "Petersime" також розробила запатентовану технологію біологічної адаптації під назвою Synchro-Hatch TM, що дозволяє синхронізувати процеси інкубації та виведення. Ця технологія складається з датчика і спеціального програмного забезпечення.

Система Synchro-Hatch TM відстежує життєві сигнали ембріонів і автоматично змінює параметри інкубації. Це дозволяє скоротити час виведення до 12 годин замість попередніх 30-40 годин. Таке скорочення часу виведення призводить до отримання курчат, які більш однорідні за якістю. Крім того, завдяки цій технології виведення, вивідок пташенят збільшується в середньому на 0,77%, а споживання електроенергії у вивідних шафах зменшується на 63%.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		22

3. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

3.1. Функціональна схема автоматизованої системи

Технологія інкубації є складним процесом, який вимагає точного керування параметрами. Система автоматизованого управління (САУ) відповідає за підтримку заданих режимів інкубації, таких як температура, вологість і концентрація вуглекислоти.

Один з найважливіших факторів, що впливає на результати інкубації, - це температура повітря. Оптимальна температура для отримання курчат знаходиться в діапазоні від 35,6 до 39,7 °С. При наближенні температури до середнього значення в цьому діапазоні поліпшуються результати інкубації, такі як виводимість і якість пташенят. Відповідно, ембріони добре переносять зниження температури до 20 °С протягом доби на будь-якій стадії інкубації без впливу на виводимість. Існує діапазон температур, де варіації не мають впливу на виводимість: від першого до восьмого дня інкубації нижня межа близько 37,5 °С, а потім близько 37,2 °С; верхня межа - не більше 38,3 °С на 18-й день інкубації і 38,7 °С перед вибіркою курчат.

Відносна вологість повітря також має важливе значення і повинна підтримуватися в діапазоні від 40% до 70%. Висока вологість призводить до росту цвілі та збільшує кількість бракованих яєць. З іншого боку, низька вологість на початку інкубації призводить до втрати води яйцями та збільшення смертності зародків.

Концентрація вуглекислоти (CO₂) також має значення і повинна відповідати технологічним вимогам. При порціонному завантаженні інкубатора максимально допустима концентрація CO₂ становить 0,5%, а при одноразовому завантаженні - 1,0%. У вивідних інкубаторах концентрація CO₂ може досягати 2%.

Технологічний ефект процесу інкубації залежить від якості закладених яєць і рівня керування процесом. Згідно з виробничим досвідом, при

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

23

дотриманні технологічних вимог виводимість курчат становить 80-81% від кількості закладених яєць у інкубаційну камеру.

Процес інкубації птиці відбувається у спеціальному приміщенні, яке називається інкубаторією. В ньому розміщуються інкубаційні камери, де проходить основна частина інкубаційного процесу. Ці камери обладнані поворотними лотками, на яких розміщуються яйця. При наближенні дати виведення курчат, лотки переміщуються у вивідні шафи, де вони не повертаються.

В інкубаційній камері і вивідній шафі встановлені вентилятори, які забезпечують рівномірну температуру та вологість у приміщенні. Вони також забезпечують циркуляцію свіжого повітря, втягуючи його через припливний отвір та викидаючи забруднене повітря через витяжний отвір. Регулювання повітрообміну здійснюється за допомогою заслінок на вентиляційних отворах.

Управління поворотом лотків здійснюється за допомогою реле часу, яке приводить механізм в рух на певний кут. Це керування автоматично, але також може бути здійснене вручну.

Під час процесу інкубації, вентилятори постійно працюють, але при відкритих дверях вони та нагрівальні елементи відключаються.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		24

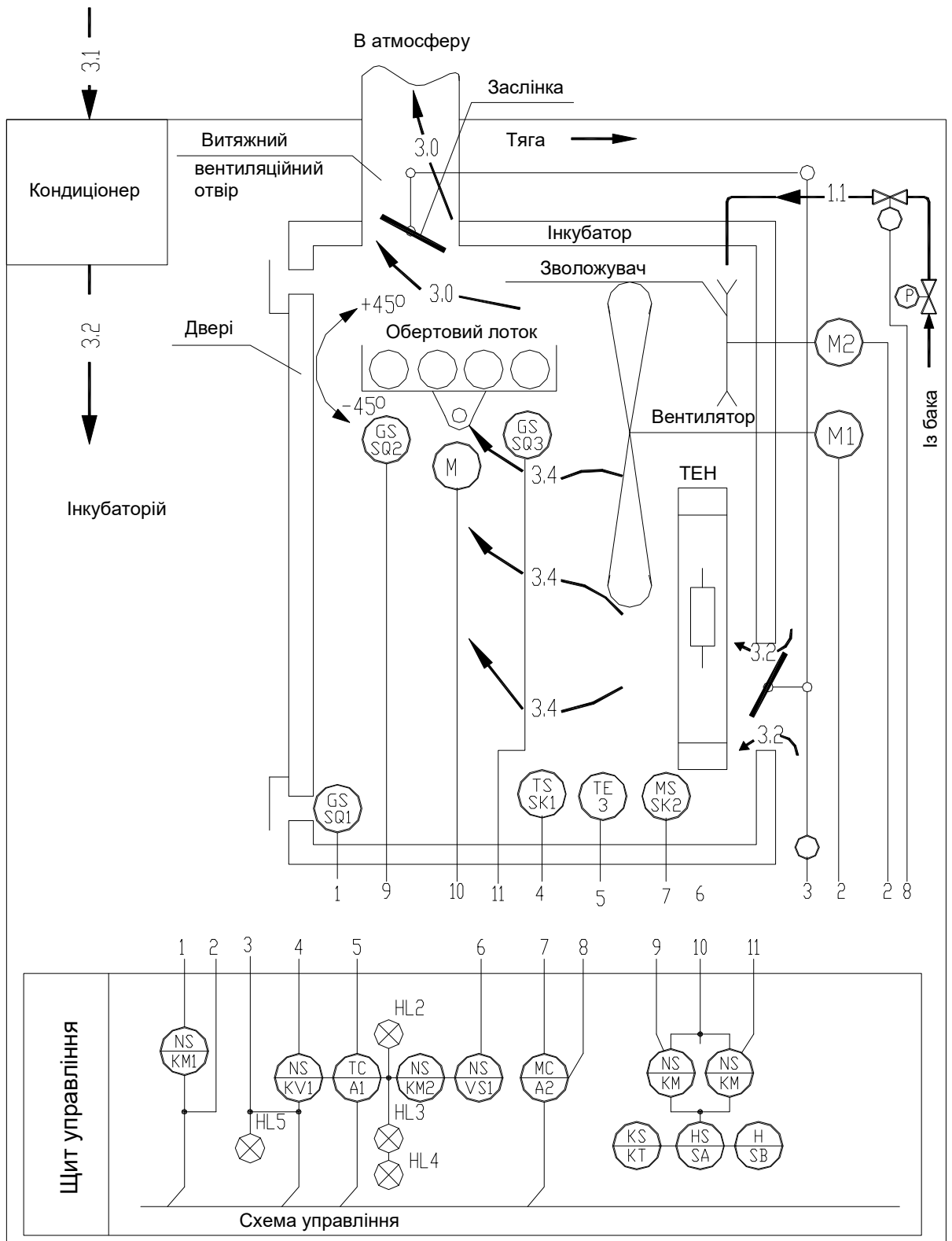


Рис. 3.1.1. Функціональна схема системи управління інкубатором
 Для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату в інкубаторі використовуються системи обігріву, охолодження і зволоження. Нагрівальні елементи забезпечують потрібну потужність для підтримки температурного

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

25

режиму на початковому етапі інкубації. В систему обігріву входять електронагрівальні елементи (ТЕНи) з потужністю 20 кВт. Керування системою обігріву та охолодження здійснюється за допомогою трипозиційного регулятора ТС (А1) з платиновим датчиком температури ТЕ (3) типу ТСП, а системою зволоження - регулятор вологості МС (А2).

На рисунку 3.1.1. зображена електрична схема типового інкубатора. У режимі автоматичної роботи температуру в інкубаторі контролює трипозиційний терморегулятор РТИ-3 (АL). Якщо температура в камері знижується, терморегулятор (АL) відправляє сигнал до тиристора (V_S), який відкривається. Це призводить до прикладання половини номінальної напруги живлення зворотної послідовності до нагрівальних елементів (ЕК1) і (ЕК2). Якщо температура продовжує знижуватися, терморегулятор (АL) формує сигнал для включення котушки магнітного пускача (КМ2), який замикатиме контакти і шунтуватиме тиристор, що призводить до подачі повної напруги на нагрівальні елементи. Якщо температура в камері підвищується, спочатку відбувається команда на вимкання магнітного пускача (КМ2), а потім сигнал для закриття тиристора (V_S).

При перевищенні температури 38,3 °С, замикатиметься контакт термореле (SK1), що вмикає реле (KV1). Реле (KV1) вмикає проміжне реле (KV2), а контакти проміжного реле (KV2) вмикають терморегулятор (АL). Також вмикаються соленоїд охолодження (YA1), світлова і звукова аварійна сигналізація і місцева світлова сигналізація (HL1).

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

26

Якщо вологість повітря знижується на 3%, то регулятор вологості (A2) відправляє сигнал для вмикання соленоїда (YA2), який забезпечує подачу води на диск розпилювача (M2). Спрацьовує сигнальна лампа (HL7). Лампи світлової сигналізації вказують на наступні режими: лампа HL4 - режим "Розігрів", лампа HL3 - режим "Температура в нормі", лампа HL2 - режим "Охолодження". Магнітний пускач (KM1) надає напругу для включення вентилятора (M1). Вентилятор (M1) вимикається за допомогою кінцевого вимикача (SQ) при відкритті дверей.

Вимикачі (SA1-SA3) призначені для ручного дублювання автоматичного керування.

На рисунку 3.3 зображена електрична принципова схема керування поворотом лотків за допомогою командного пристрою.

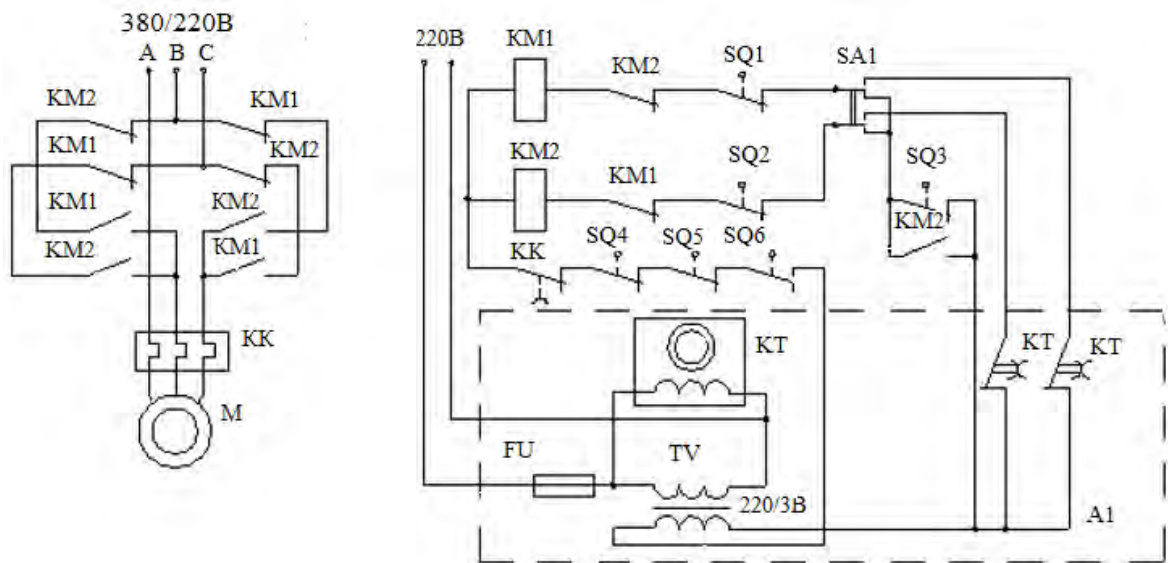


Рис. 3.1.3 Електрична принципова схема керування поворотом лотків
 Перемикач (SA1) визначає режим керування поворотом лотків. У режимі "Автоматичний поворот" через контакти реле часу (КТ), напруга 36 В подається з вторинної обмотки трансформатора (TV) командного пристрою (A1) на котушки електромагнітних пускачів (KM1) або (KM2). Стан контактів електромагнітних пускачів змінюється з періодом однієї години. Кінцеві вимикачі (SQ1) і (SQ2), які включені в ланцюги котушок

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

реверсивних магнітних пускачів (KM1) і (KM2), вимикають електродвигун повороту лотків (M1) в крайніх положеннях.

Кінцеві вимикачі (SQ4...SQ6) підключені до загального ланцюга котушок реверсивних магнітних пускачів (KM1) і (KM2).

Оскільки елементна база є застарілою, пропонується розробити нову автоматизовану систему управління на основі мікроконтролера.

3.2. Вибір закону керування

Поглянемо на структурну схему системи автоматичного управління (рис. 3.4), яка включає в себе підлегле керування координатами. Регулювання кожної координати здійснюється за допомогою температурного регулятора, що утворює замкнутий контур.

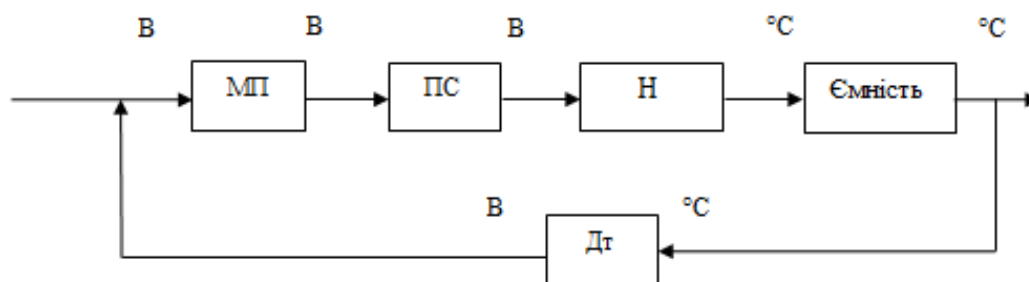


Рис. 3.1.4 Структурна схема САУ інкубатором

Дт - датчик температури, призначений для вимірювання температури в інкубаторі.

МП - мікропроцесор, виконує функції управління інкубатора;

ПС - підсилювач, призначений для посилення сигналу, що подається з мікропроцесора;

Н - нагрівальний елемент;

Ємність - ємність інкубатора;

Датчик температури в інкубаторі вимірює поточну температуру. За допомогою цих вимірів мікропроцесор обробляє дані і генерує відповідну напругу. Ця напруга потім посилюється підсилювачем і подається на електронагрівальний елемент, який знаходиться всередині інкубатора.

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

Електронагрівальний елемент відповідає за нагрівання інкубатора, і температура знову вимірюється датчиком.

Показники якості САУ:

– діапазон регулювання температури, °С	28 ÷ 40;
– перерегулювання, %	30;
– час регулювання, с	30;
– температура початку обігріву, °С	20;
– температура обігріву, °С	37±0,5;
– чутливість, °С	±0,5;
– вологість, %	10-95;
– коливальність	1,5;
– частота опитування датчика, с ⁻¹	4,
– максимальна допустима помилка	4;
– потужність, споживана інкубатором не більше, В А	40;
– місткість інкубатора, шт .:	
– яєць курячих	60;
– яєць качиних	40;
– яєць гусячих	30.

Передатна функція МК: $W(p) = 1$.

Визначимо коефіцієнт посилення як:

$$k = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{12 \text{ В}}{12 \text{ В}} = 18$$

Передатна функція підсилювача $W(p) = k = 18$

Для забезпечення обігріву інкубатора необхідно вибрати підходящий нагрівальний елемент. В даному випадку найбільш зручно використовувати нагрівальні стрічки АНТ. Ці стрічки складаються з аморфної металевої стрічки, розташованої всередині механічно міцної, але гнучкої оболонки.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		30

Розміри інкубатора становлять 0,47 м у довжину, 0,47 м у ширину і 0,2 м у висоту. Для обігріву інкубатора, площа якого дорівнює 0,2209 м², необхідно приблизно 0,4418 м стрічки АНТ. Округлимо це значення до 0,45 метра.

Технічні характеристики нагрівального елементу:

- межа потужності, Вт / м 62;
- напруга живлення, В 220;
- постійна часу, с 30;
- верхня межа робочої температури, °С 70;
- максимальне значення струму, А 5.

Передатна функція нагрівального елементу:

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1},$$

де Т - постійна часу.

Розрахуємо коефіцієнт підсилення:

$$k = \frac{t_{max}}{U_{вх}},$$

де t_{max} - верхня межа робочої температури;

$U_{вх}$ - вхідна напруга:

$$U_{вх} = \frac{P}{I_{max}}$$

де Р - потужність;

$$P = 62 * 0,45 = 27,9 \text{ Вт}$$

$$\text{Звідси } U_{вх} = \frac{P}{I_{max}} = \frac{27,9}{5} = 5,58 \text{ В}$$

$$k = \frac{t_{max}}{U_{вх}} = \frac{70}{5,58} = 12,54.$$

Передатна функція нагрівального елементу:

$$W(p) = \frac{12,54}{30p + 1}$$

Необхідна температура обігріву – 37°С.

Внутрішні розміри інкубатора 0,47x0,47x0,2 м;

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		31

Об'єм ємності інкубатора:

$$V = L * B * H = 0,47 * 0,47 * 0,2 = 0,04418 \text{ м}^3.$$

Передатна функція ємності інкубатора:

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1},$$

$$k = \frac{1}{V * c * \rho},$$

c - питома теплоємність, $c = 1,59 \text{ кДж/кг*К} = 1590 \text{ кДж/кг*К}$;

ρ - щільність повітря, при $t = 37 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho = 1.128 \text{ кг/м}^3$.

$$\text{Звідси } k = \frac{1}{0.04418 * 1590 * 1.128} = \frac{1}{79,24} = 0,013.$$

$$T = \frac{1}{Kv},$$

де Kv - кратність повітрообміну в інкубаторі, згідно СНиП 2.08.01-89 ("Система нормативних документів з будівництва. Будівлі та споруди тваринницьких підприємств. Основні положення"), - не менше 10 разів/годину, тобто $10/3600 \text{ с}$, отримаємо $1/360$.

$$T = \frac{1}{360} = 0.027.$$

Передатна функцію ємності інкубатора:

$$W(p) = \frac{0.013}{0.027p+1}.$$

Передатна функція датчика температури:

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1},$$

де T - постійна часу приладу.

Розрахуємо коефіцієнт передачі:

$$k = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}},$$

Де $U_{\text{вх}}$ - необхідна температура обігріву, рівна $37 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$\text{Отримуємо } k = \frac{24 \text{ В}}{37 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,648.$$

Тоді передатна функція датчика температури матиме вигляд:

$$W(p) = \frac{0,648}{0,02p + 1}$$

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		32

Перетворимо схему, представлену на рис. 3.1.4 в структурну на основі передатних функцій, отриманих вище. Структурна схема САУ інкубатора представлена на рис. 3.1.5.

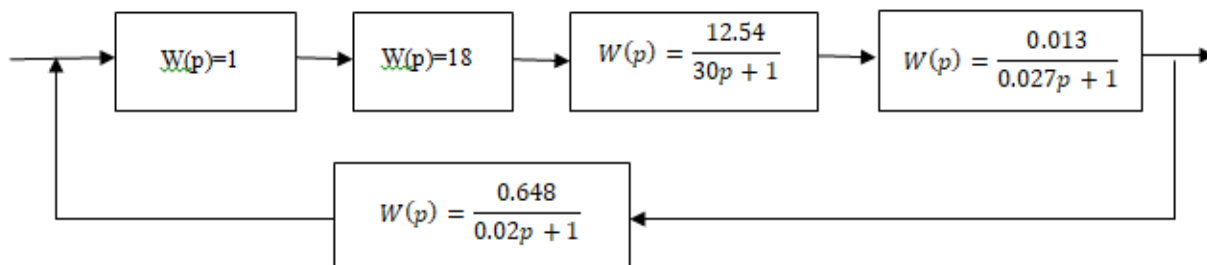


Рис. 3.1.5. Структурна схема САУ інкубатора

Виділимо в структурній схемі змінну і незмінну частини системи автоматичного управління. До незмінної частини локальної системи управління відносять типові ланки, параметри яких фізично змінити неможливо і передатна функція яких по відношенню до основного сигналу не дорівнює одиниці. До змінної частини відноситься мікропроцесор, так як його передатна функція залежить від керуючої програми і може змінюватися.

Знайдемо загальну передатну функцію замкненої системи:

$$W_1(p) = 1 \cdot 18 \cdot \frac{12.54}{30p+1} \cdot \frac{0.013}{0.027p+1} = \frac{2.93}{(30p+1) \cdot (0.027p+1)}$$

$$W_2(p) = \frac{0.648}{0.02p+1}$$

$$W_{\text{заг}} = \frac{W_1(p)}{1+W_1(p) \cdot W_2(p)}$$

$$W_{\text{заг}} = \frac{2.93}{0.81p^3 + 70.53p^2 + 1502.35p + 145}$$

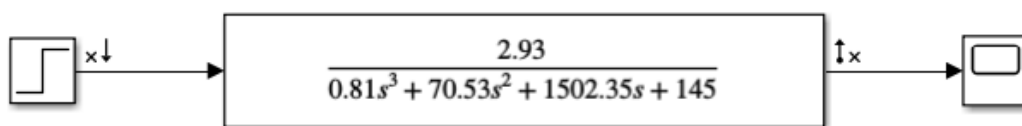


Рис. 3.1.6. Коливальна ланка в середовищі Simulink

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

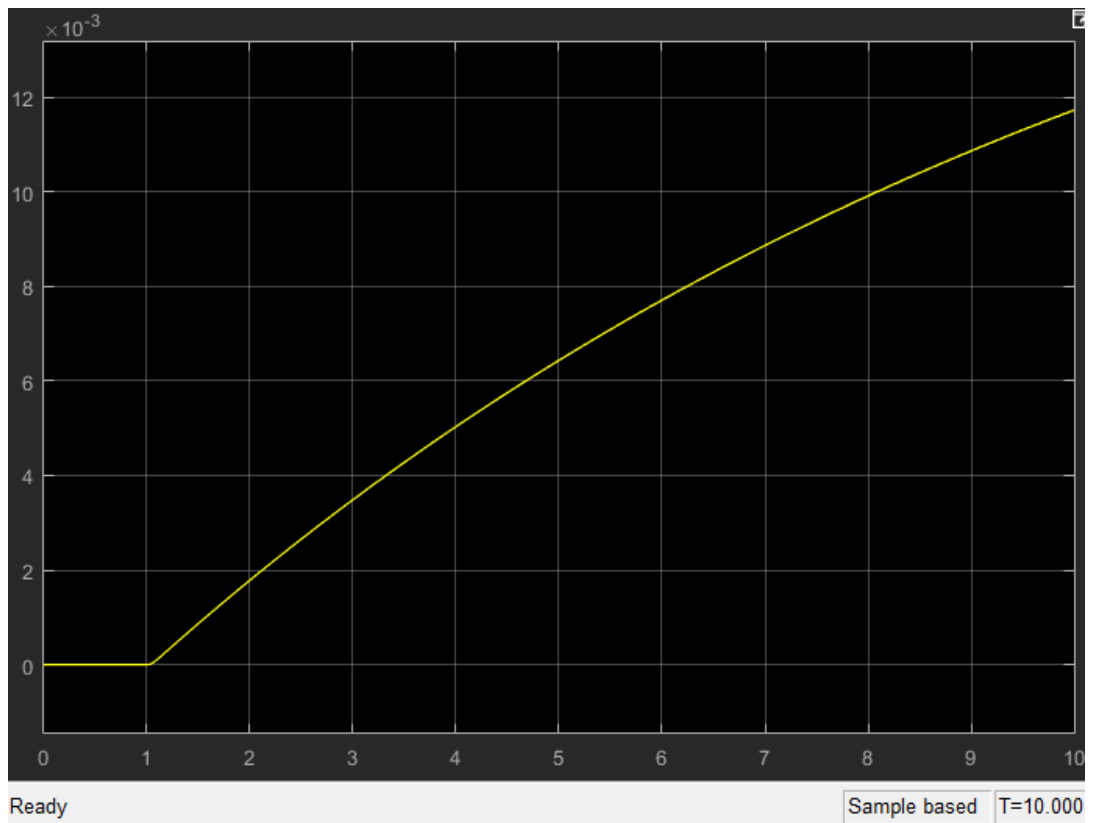


Рис.3.1.7.Графік коливальної ланки

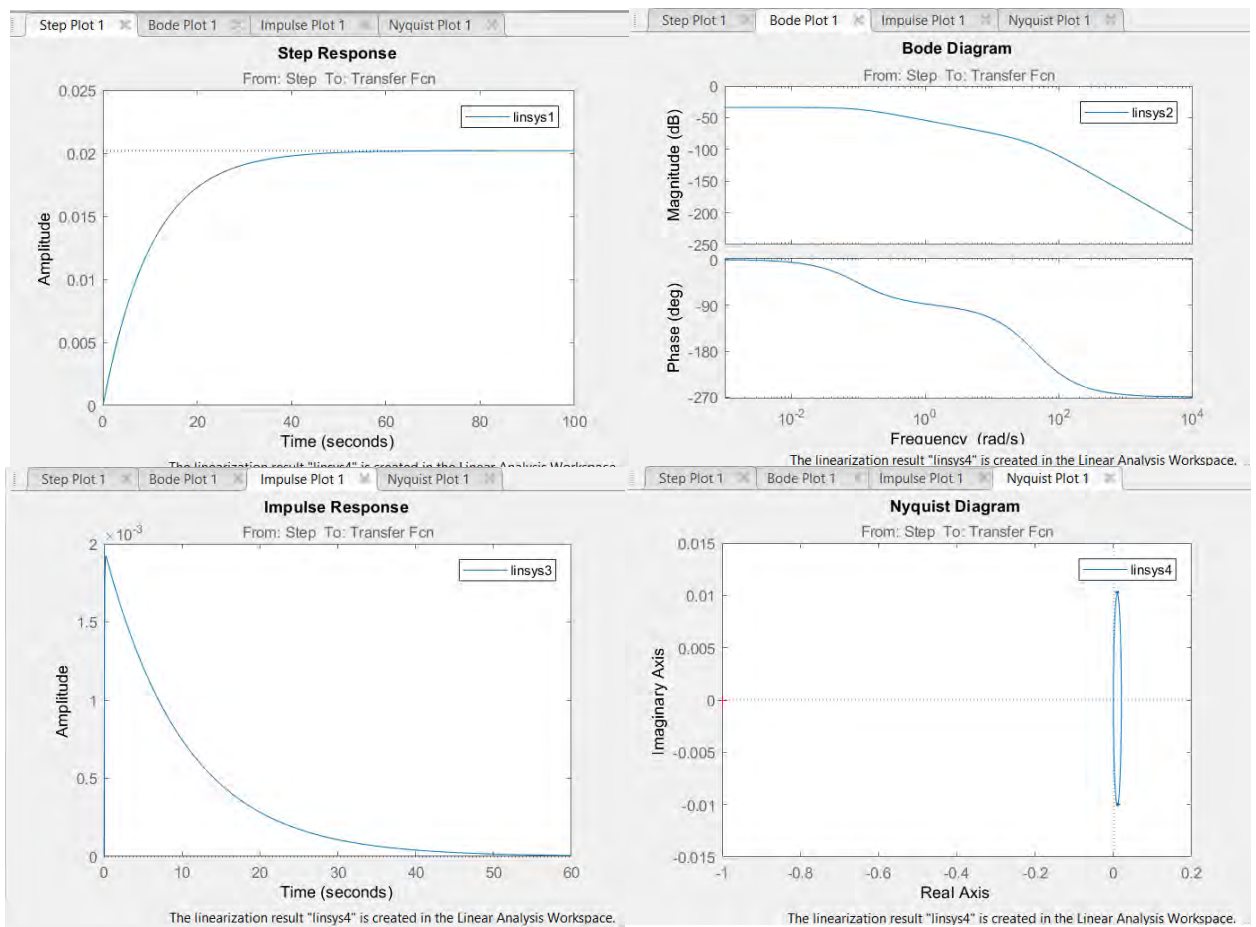


Рис.3.1.8. Часові та частотні характеристики коливальної ланки

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

4. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

4.1. Структурна схема системи

Основні технічні характеристики автоматизованої системи управління інкубатором включають:

- Зменшення потужності обігрівача і зволожувача після досягнення заданої температури і вологості.
- Налаштовування гістерезису для температури в діапазоні від 0,1 до 9,99 °С з кроком 0,01 °С.
- 12 рівнів регулювання потужності обігрівача і зволожувача (від 0% до 100%).
- Точне підтримування заданої температури в діапазоні від 4 до 99,9 °С.
- Точне підтримування заданої вологості в діапазоні від 5 до 99,9%.
- Налаштовування гістерезису для вологості в діапазоні від 1 до 9,9% з кроком 0,1%.
- Налаштовування порогових значень для тривожної сигналізації і аварійного провітрювання.
- Вибір режимів роботи нагрівача і зволожувача з використанням низькочастотного ШІМ або простого включення/відключення реле без ШІМ.
- Частота ШІМ становить 120 Гц.
- Використання оптопар з Zero Cross Detector для управління нагрівачем і зволожувачем при роботі з 230 В змінного струму.
- Тривожна світлова та звукова сигналізація при відхиленні параметрів мікроклімату від номінальних значень.
- Режим почергового включення реле повороту лотків на заданий час для руху в обидві сторони.
- Автоматичний поворот лотків з яйцями після встановленого проміжку часу (від 1 хвилини до 6 годин).
- Дворядковий буквено-цифровий рідкокристалічний дисплей (РКІ).

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		35

- Відображення на РКІ часу до наступного повороту лотків Зміна напрямку руху лотків (реверс) при натисканні кнопки "+".
- Автоматичне вимкнення нагрівача і зволожувача під час провітрювання відповідно до таймера або в аварійному режимі.
- Світлова (світлодіодна) та символна (на РКІ) індикація поточних значень потужності обігрівача і зволожувача.
- Періодичне провітрювання інкубатора за заданим часом.
- Відображення показань додаткових датчиків температури при короткочасному натисканні кнопки "+".
- Вимкнення тривожного сигналу при натисканні кнопки "-".
- Калібрування додаткових датчиків температури DS18B20 за допомогою основного датчика температури SHT-21D.
- Можливість підключення до 4 додаткових датчиків температури DS18B20 для контролю температури в особливо важливих точках інкубатора.
- Налаштовування тривалості провітрювання в меню.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		36

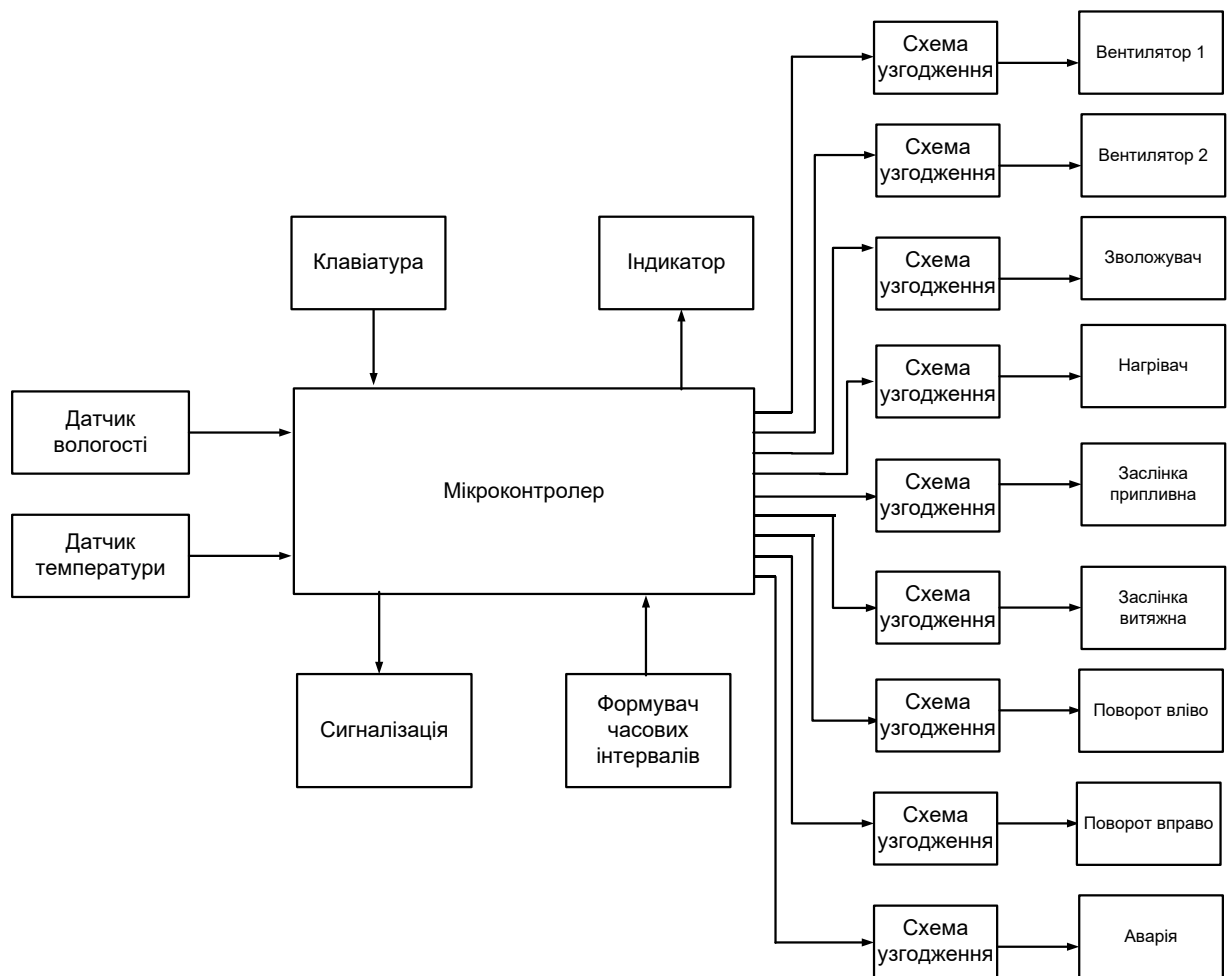


Рис. 4.1. Структурна схема системи управління інкубатором

У камері інкубатора знаходяться два цифрових датчика - для вимірювання температури та вологості. Це спрощує схему системи, оскільки сигнали з датчиків є цифровими, тому не потрібно використовувати аналоговий комутатор або аналого-цифровий перетворювач.

Режими роботи інкубатора, порогові значення температури і вологості, а також інтервали часу для повороту лотків встановлюються з допомогою кнопкової клавіатури. Щоб відобразити режим роботи, використовується світлова сигналізація, а для сигналізації аварійного режиму - звукова сигналізація.

Інформація про поточні значення температури та вологості виводиться на рідкокристалічний індикатор. Крім того, цей індикатор використовується для встановлення параметрів роботи інкубатора.

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

Мікроконтролер опитує датчики, обчислює поточні значення температури та вологості і, залежно від режиму роботи, генерує команди для виконавчих механізмів системи - нагрівача, зволожувача, вентиляторів та двигуна повороту лотків. Також мікроконтролер формує інформацію для виведення на індикатор.

Перший вентилятор використовується для циркуляції повітря і забезпечення рівномірного розподілу температури всередині камери інкубатора. Другий вентилятор в разі аварійної ситуації дозволяє швидко провітрити камеру.

Керамічний повітряний нагрівач використовується для обігріву повітря всередині камери. Ультразвуковий зволожувач відповідає за регулювання вологості в камері інкубатора.

4.2. Вибір датчиків температури

Температурні датчики - це пристрої, призначені для вимірювання температури в конкретному середовищі. Вони є одним з ключових елементів у системах автоматизованого управління, включаючи інкубатори.

Температурні датчики можуть бути різних типів і принципів дії. Один з найпоширеніших типів - термістори. Вони змінюють своє електричне опір залежно від температури. Залежно від матеріалу, з якого виготовлені термістори, вони можуть бути поділені на позитивнотемпературні коефіцієнти опору (PTC) і негативнотемпературні коефіцієнти опору (NTC).

Інший тип температурних датчиків - **термопары**. Вони складаються з двох провідників з різними матеріалами, які з'єднані на кінцях. При зміні температури між точками з'єднання генерується електрична напруга, яка пропорційна різниці температур. Термопары зазвичай мають високу точність і широкий діапазон робочих температур.

Існують також резистансні температурні датчики (RTD), які використовують платину, нікель або інші матеріали зі змінним опором

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		38

залежно від температури. Вони відзначаються високою точністю та стабільністю вимірювання.

У сучасних системах автоматизованого управління інкубаторами часто використовуються цифрові температурні датчики, такі як *DS18B20*, які забезпечують точне і цифрове вимірювання температури. Вони мають високу роздільну здатність, малу похибку і можуть підключатися до мікроконтролерів або інших пристроїв за допомогою цифрових інтерфейсів, таких як 1-Wire.

Використання температурних датчиків у системах управління інкубаторами дозволяє отримати точні дані про температуру середовища і регулювати параметри інкубації для забезпечення оптимальних умов для розвитку пташенят. Це важливий елемент автоматизації, який допомагає покращити якість та результативність процесу інкубації.

Напівпровідниковий датчик

Напівпровідникові датчики температури вимірюються в діапазоні від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Принцип їх роботи базується на залежності зміни напруги на р-n-переході від температури. Ця майже лінійна залежність дозволяє розробляти датчики з простою схемою. Однак, для таких пристроїв схема складається з одного р-n-переходу, що призводить до великого розкиду параметрів та невисокої точності. Щоб подолати ці недоліки, винайдені аналогові напівпровідникові датчики.

Цифровий датчик

Цифрові датчики включають в себе додаткові компоненти, такі як вбудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП) та формувач сигналу. Вони можуть бути підключені до різних інтерфейсів, таких як SPI, I2C і 1-Wire, що дозволяє зв'язувати кілька датчиків одночасно через одну шину. Хоча цифрові датчики мають вищу вартість виробництва порівняно з аналоговими, вони відмінно покращують схемотехніку пристрою, спрощуючи процес його розробки та підключення.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		39

П'єзоелектричний датчик

П'єзоелектричні датчики працюють на основі п'єзоелектричного ефекту, який виявляється у зміні лінійних розмірів матеріалу при прикладенні електричного поля. Застосовуючи змінний фазовий струм певної частоти до п'єзореzonатора, він починає вібрувати. Частота цих коливань залежить від температури. П'єзоелектричні датчики мають широкий діапазон вимірювання температури і високу точність вимірювань. Вони широко використовуються у наукових експериментах, де вимагаються надійні й точні результати.

Терморезистивний датчик

Терморезистивні датчики виготовляються з матеріалів, що мають високий коефіцієнт температурного опору (ТКС). Робочий принцип полягає у зміні опору провідника залежно від його температури. Терморезистивні датчики відрізняються високою точністю, чутливістю та лінійністю вимірюваних значень. Номінальний електричний опір при 25 °С та ТКС є основними характеристиками цих датчиків. Вони можуть мати негативний ТКС (NTC), що означає, що опір зменшується зі зростанням температури, або позитивний ТКС (PTC, позистор), де опір збільшується зі зростанням температури. Терморезистивні датчики широко використовуються в галузі машинобудування та електроніки.

Аналоговий датчик

Аналогові датчики мають кілька переваг, таких як низька собівартість та висока точність вимірювання, що робить їх ідеальними для використання в мікроелектроніці. В схемі аналогового датчика присутні два чутливих елемента, зазвичай транзистори, які мають різні характеристики. Вихідний сигнал датчика формується шляхом вимірювання різниці падіння напруги на цих транзисторах. Для досягнення більшої точності вимірювання в діапазоні від + -1 °С до + -3 °С, необхідно виконати калібрування датчика за допомогою зовнішніх елементів. Датчик має три виходи, один з яких призначений для калібрування.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		40

Порівняння характеристик датчиків температури та вологості.

Таблиця 4.2. Характеристики датчиків температури та вологості

Назва	Температурний діапазон	Точність	Похибка	Варіант виконання
DS18B20	від -55°C до +125°C	+0.0625°C	+2%	Існує в 3 видах - 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin μ SOP, і 3-Pin TO-92, останній виготовляється у вологозахисному корпусі.
DHT11	від 0°C до +50°C	+2°C	+2% температура, +/- 5% вологість	Виготовляється у вигляді готового прямокутного модуля з 4 ніжками, третя не використовується.
DHT22	від -40°C до +125°C	+0,5°C	+0,5% температура, от +/-2 до +/-5% вологість	Також зустрічаються модулі з трьома ніжками і відразу встановленим резистором на 10 кОм.
SHT21D	від -40°C до +125°C	$\pm 0,3^\circ\text{C}$	$\pm 2\%$	SHT21D має 3-х контактний корпус, який забезпечує зручну інсталяцію та підключення. Датчик працює з напругою живлення 2.1 - 3.6 В та має низьку споживану потужність, що робить його енергоефективним

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

41

				рішенням.
LM35	від -55°C до +150°C	+0.5°C (при 25°C)	+2%	Існує кілька видів корпусу: TO-46 (для датчиків LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH, LM35DH) TO-92 (для датчиків LM35CZ, LM35CAZ, LM35DZ) SO-8 для датчика LM35DM TO-220 для датчика LM35DT.
TMP36	від -40°C до 150°C	+1°C	+2%	Виготовляється в трехвыводном корпусі TO-92, восьмивыводном SOIC і п'ятывыводний SOT-23.

На підставі аналізу даних у таблиці 4.2. та з урахуванням принципів роботи різних типів датчиків, для даної конструкції були обрані наступні датчики: DS18B20 та SHT21D.

DS18B20 є цифровим терморезистивним датчиком, який заснований на принципі зміни опору залежно від температури. Він використовує інтерфейс 1-Wire, що дозволяє підключати кілька датчиків до однієї шини. DS18B20 забезпечує точне вимірювання температури та має широкий діапазон робочих температур, що робить його популярним в застосуваннях, де важлива точність та надійність вимірювання.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		42

SHT21D є цифровим датчиком температури та вологості, побудованим на основі технології змінного конденсатора. Він також використовує інтерфейс 1-Wire і забезпечує точне вимірювання температури та вологості повітря. SHT21D має високу точність та низький споживання енергії, що робить його відповідним для застосувань, де важлива ефективність та низьке енергоспоживання.

Обрані датчики DS18B20 та SHT21D відповідають вимогам конструкції та забезпечать необхідну точність та надійність вимірювання температури та вологості у даній системі.

4.3. Розрахунок датчика температури DS18B20

В якості датчика температури в камері інкубатора вибираємо датчик температури DS18B20 (рис. 4.3.1.) .



Рис. 4.3.1. Датчик температури DS18B20

DS18B20 - це цифровий термометр з програмованою розрядністю вихідного коду, який працює за допомогою 1-Wire шини. Він може працювати як самостійний пристрій або бути частиною групи датчиків, керованих мікропроцесором.

У таблиці 4.3 наведено характеристики DS18B20, включаючи Напруга живлення максимальна, діапазон робочих температур, точність показів температури та інші важливі параметри.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		43

Таблиця 4.3. Характеристики датчика DS18B20

Напруга живлення мінімальна	3,0 В
Напруга живлення максимальна	5,5 В
Дозвіл, біт	9,10,11,12
Діапазон робочих температур	-55°C..+125°C
Точність показів температури	0,5 °C
Крок показів	0.0625 °C
Інтерфейс	1-Wire
Струм споживання	1 мА

Структурна схема датчика DS18B20 наведена на рис. 4.3.2

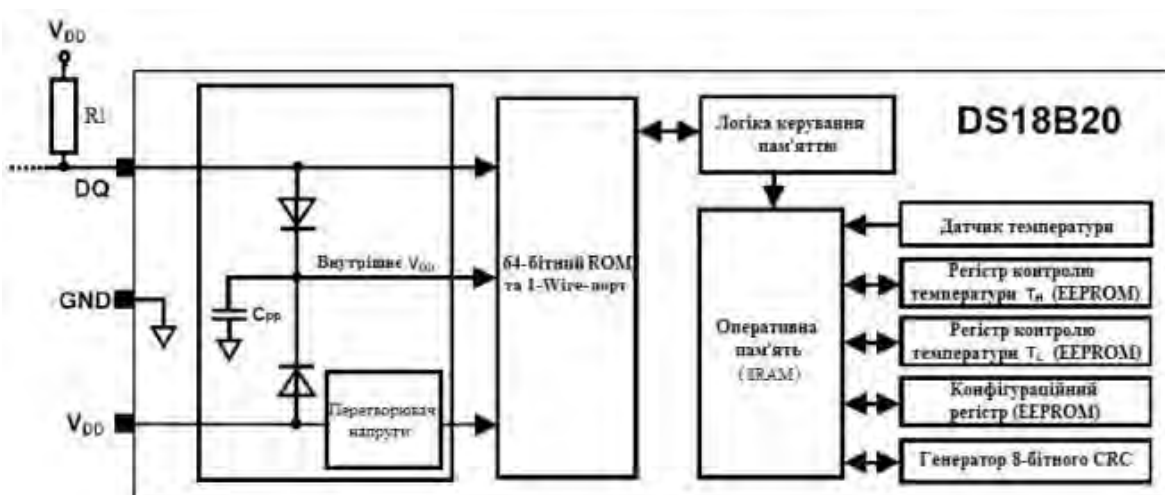


Рис. 4.3.2 Структурна схема датчика DS18B20

У датчика DS18B20 присутня оперативна пам'ять, яка містить температурний регістр розміром 2 байти. Цей регістр використовується для зберігання коду, що отримується в результаті перетворення температури.

Крім того, датчик має регістр конфігурації, який дозволяє налаштувати роздільну здатність цифрового перетворювача температури. Ви можете вибрати роздільну здатність від 9 до 12 біт, залежно від потреби. Ці налаштування зберігаються в енергонезалежному регістрі, що забезпечує їх збереження навіть при відключенні живлення. Регістри температури (TH і TL) також є енергонезалежними.

Оскільки DS18B20 працює за протоколом 1-Wire, для зв'язку з ним використовується лише один сигнал керування. Шина датчика підключається

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

44

до джерела живлення через підтягуючий резистор, що дозволяє забезпечити правильний рівень сигналу на шині.

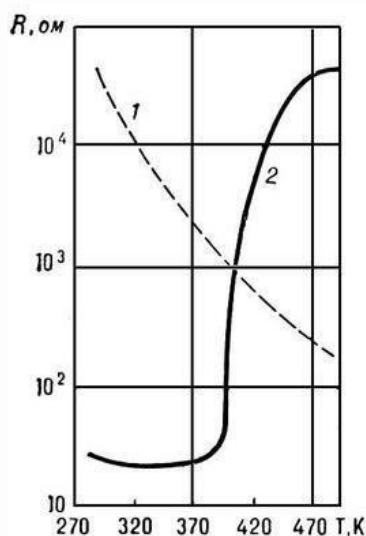


Рис. 4.3.2 Графік залежності опору від температури

На рисунку 4.3.2 наведено графік залежності опору терморезистора від температури. На графіку штрихованою лінією показана залежність терморезистора з негативним коефіцієнтом температурного опору (NTC), а жирною суцільною лінією - залежність терморезистора з позитивним коефіцієнтом температурного опору (PTC).

Датчик температури DS18B20 використовує рівняння Штейнхарта-Харта для опису залежності між температурою і опором датчика. Це рівняння має наступний вигляд:

$$\frac{1}{T} = A + B \times \ln(R) + C \times (\ln(R))^3,$$

де:

- T - абсолютна температура (у Кельвінах),
- R - опір датчика (у Омах),
- A, B, C - коефіцієнти, які залежать від характеристик конкретного датчика.

Для DS18B20 значення цих коефіцієнтів можна знайти в документації.

Зазвичай використовуються наступні значення:

$$A = 1.129241e-03, \quad A = 1,03 * 10^{-3};$$

$$B = 2.341077e-04, \quad B = 2,93 * 10^{-4};$$

$$C = 8.76741e-08, \quad C = 1,57 * 10^{-7}.$$

Використання такого рівняння є складним завданням для аматорських проектів, тому можна скористатися бета-рівнянням для термістора як альтернативою.

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \left(\frac{1}{\beta}\right) \times \ln\left(\frac{R}{R_0}\right)$$

β - бета-коефіцієнт, який обчислюється на основі вимірювання опору при двох різних температурах. Цей коефіцієнт можна знайти в технічних документах (даташиті), або самостійно розрахувати.

β - бета-коефіцієнт, вказаний в даташиті.

R ₂₅ Ω	No. of R/T characteristic	B _{25/100} K	Ordering code
2.2 k	1008	3560 ±1.5%	B57891S0222+008
5 k	2003	3980 ±1%	B57891S0502+008
10 k	4901	3950 ±1%	B57891S0103+008
20 k	2904	4300 ±1%	B57891S0203+008
100 k	4003	4450 ±1%	B57891S0104+008

Це означає, що коефіцієнт визначається на підставі даних, отриманих під час вимірювання опору при температурах 25 та 100 градусів Цельсія. Такий спосіб розрахунку є досить поширеним. Його можна обчислити за допомогою такої формули:

$$\beta = \frac{\ln(R_1) - \ln(R_2)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}$$

Скористаємося формулою для знаходження опору термістора:

$$R_{\text{термістора}} = R_1 \times \left(\frac{V_{cc}}{V_{\text{вих}}} - 1\right)$$

де $R_{\text{термістора}}$ – опір термістора.

Так, як у Ардуіно 10-бітний АЦП, це означає, що максимальне цифрове значення вхідного сигналу при напрузі 5В буде дорівнювати 1023. Тоді позначимо:

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		46

$$R_{\text{термістора}} = R_1 \times \left(\frac{D_{\text{max}}}{D} - 1 \right)$$

$D_{\text{max}} = 1023$;

D – фактичне значення сигналу.

Приклад реалізації розрахунку температури на основі рівняння Штейнхарта-Харта може виглядати наступним чином (використовуючи мову програмування Python):

```
import math

def calculate_temperature(resistance):
    A = 1.129241e-03
    B = 2.341077e-04
    C = 8.76741e-08

    # Розрахунок температури в Кельвінах
    inverse_temperature = A + (B * math.log(resistance)) + (C * (math.log(resistance))**3)
    temperature_kelvin = 1 / inverse_temperature

    # Перетворення температури в градуси Цельсія
    temperature_celsius = temperature_kelvin - 273.15

    return temperature_celsius

# Приклад використання
resistance = 10000 # Припустимо, що опір датчика - 10000 Ом
temperature = calculate_temperature(resistance)
print("Температура: ", temperature, "°")
```

Рис. 4.3.3 Приклад реалізації розрахунку температури на основі рівняння Штейнхарта-Харта

4.4. Розрахунки датчика вологості і температури SHT21D

Вибір інтегральних датчиків SHT від Sensirion мотивований їх високою точністю та наявністю цифрового інтерфейсу. Практика показала, що традиційний метод розрахунку вологості за допомогою сухого і вологого термометрів не є ефективним через повільну аспірацію в камері інкубатора та вплив вентилятора системи повітрообміну на показання психрометра, що може викликати підвищений тиск повітря. На практиці різниця в показаннях гігрометрів, отриманих за допомогою психрометричного методу, цифрового датчика вологості SHT-21 та механічного гігрометра з використанням волосся коня, може сягати 25% (наприклад, 15% вологості в камері, розрахованої за

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		47

показаннями психрометра, 43,4% показання датчика SHT-21 та приблизно 40% показання гігрометра з волоссям).

Цифровий датчик вологості і температури SHT21 має компактний корпус розміром 3x3 мм, в якому поєднані пам'ять калібрування і цифровий інтерфейс. Додатково, датчик забезпечує електронне зчитування даних спостереження. Чип датчика повністю герметичний, за винятком області датчика вологості, що забезпечує його захист від зовнішніх впливів та високу стійкість до старіння, вібрацій і хімічних реагентів.

Корпус типу DFN з розмірами 3 x 3 мм і висотою 1,1 мм має вбудовані контактні площадки для зручного паяння. Крім того, він забезпечує калібрування та цифровий зв'язок з використанням протоколу I2C.

Завдяки повністю новому чіпу CMOSens®, оновлений датчик вологості SHT21 має ємнісний тип і поліпшений діапазон датчика температури, а також впроваджені заходи, які відсутні в попередніх поколіннях датчиків (SHT1x і SHT7x). Наприклад, були прийняті заходи для стабілізації роботи датчика при високих рівнях вологості.

Основні особливості SHT21 включають повну калібрування, цифровий вихід з інтерфейсом I2C, ШІМ і статистичною дельта-модуляцією, низьку споживану потужність, високу довгострокову стабільність та легко паяні контакти у корпусі типу DFN. SHT21 також повністю відповідає вимогам директиви RoHS і WEEE, не містить свинцю, кадмію і ртуті.



Рис. 4.4.1. Зовнішній вигляд датчика вологості і температури SHT21D

Таблиця 4.4.1. Характеристики датчика SHT21D

Напруга живлення	2,1-3,6 В
Діапазон вимірювань відносної вологості	0-100%
Розподільна здатність	12-14 біт

Діапазон робочих температур	40-125 ° С
Інтерфейс	Цифровий 2-провідний
Споживана потужність під час вимірювання	0,8-1,0 мВт
Час відгуку	8 с.
Струм під час вимірювання	270-330 мкА

Таблиця 4.4.2. Призначення виводів датчика вологості і температури SHT21D

Вивод	Позначення	Опис
1	SDA	Послідовні дані, дво напрямлені
2	VSS	Загальний
5	VDD	Напруга живлення
6	SCL	Послідовні синхроімпульсів, дво напрямлені
3,4	NC	Вільний

Типова схема підключення датчика SHT21D до мікроконтролера (рис. 4.4.2.) включає в себе навантажувальні резистори R_p та конденсатор C , які з'єднані між контактними площадками VDD і VSS.

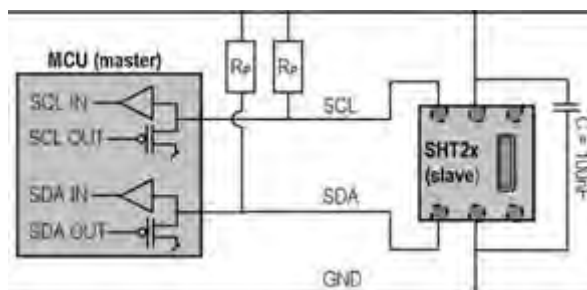


Рис. 4.4.2. Типова схема підключення SHT21D до мікроконтролера

На рис. 4.4.3. наведена залежність похибки вимірювання вологості датчика SHT21D.

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

49

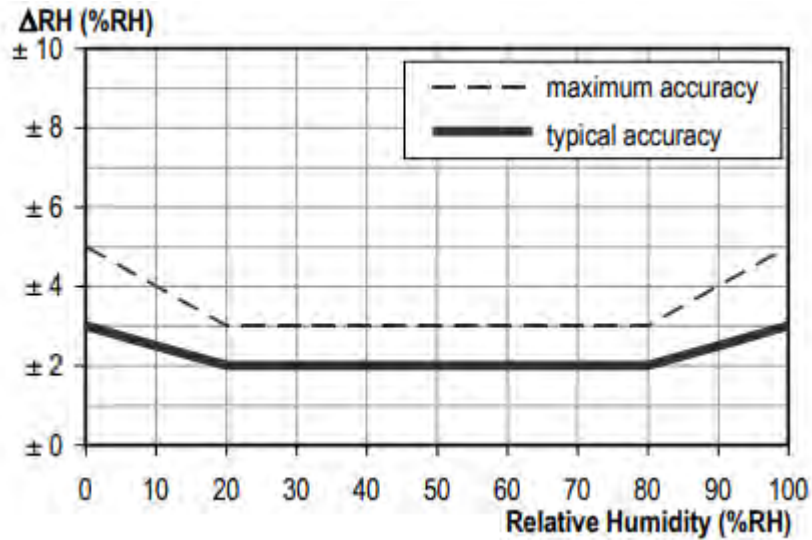


Рис. 4.4.3. Залежність похибки вимірювання вологості датчика SHT21D

На рис. 4.4.4. наведена залежність похибки вимірювання температури датчика SHT21D.

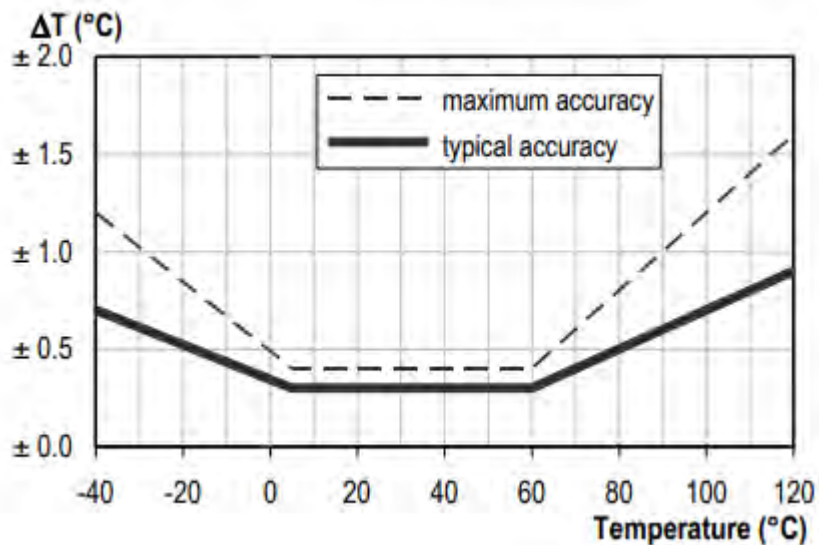


Рис. 4.4.4. Залежність похибки вимірювання температури датчика SHT21D

Для розрахунків з використанням датчика вологості і температури SHT21D можна скористатися формулами, які використовуються для конвертації сицифрових значень, отриманих з датчика, у фізичні величини вологості і

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

температури. Основні формули, які використовуються для цього датчика, включають:

1. Формула для обчислення вологості (відносна вологість):

$$RH = -6 + 125 * \frac{D_2}{2^{16}}$$

де RH - відносна вологість в процентах,

D2 - сицифрове значення, отримане з датчика.

2. Формула для обчислення температури:

$$T = -46.85 + 175.72 * \frac{D_1}{2^{16}}$$

де T - температура в градусах Цельсія,

D1 - сицифрове значення, отримане з датчика.

4.5. Нагрівача MZ45-31A3-200

Для нагрівання температури в середині камери інкубатора вибираємо керамічний повітряний нагрівач MZ45-31A3-200 (рис. 4.5.1.). Габаритні розміри керамічного повітряного нагрівача MZ45-31A3-200 наведено на рис. 4.5.2, а його характеристики – в табл. 4.5.



Рис. 4.5.1 Керамічний повітряний нагрівач MZ45-31A3-200

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

51

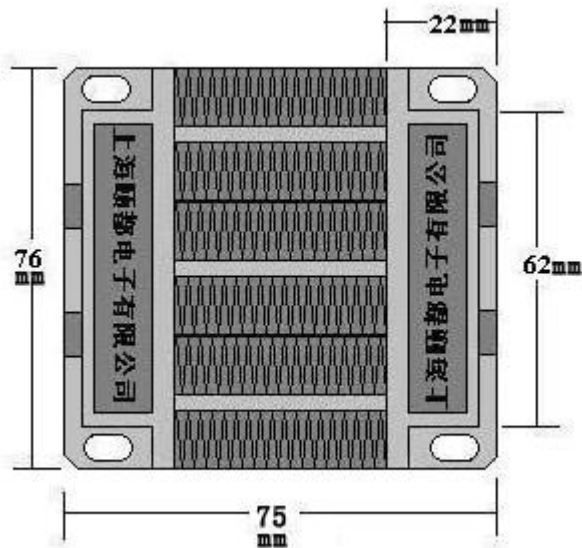


Рис. 4.5.2. Габаритні розміри керамічного повітряного нагрівача MZ45-31A3-200

Таблиця 4.5. Характеристики нагрівача MZ45-31A3-200

Номінальна потужність	200 Вт
Номінальна напруга	220 В
Габаритні розміри	75,5 * 76 * 26 мм
Біметал:	70 °С
Тепловий матеріал	Термістор РТС
Метод нагріву	Теплове випромінювання повітряним потоком

5. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

5.1. Розробка схем узгодження

Для керування зовнішніми пристроями використовуються ті самі вхідно-вихідні порти мікроконтролера, які працюють у режимі виведення. Сигнали з будь-якої лінії будь-якого порту можуть бути використані для управління зовнішніми пристроями, але необхідно підсилити ці сигнали до необхідного рівня потужності. Для досягнення цього застосовуються різні схеми підсилення сигналів. Вибір конкретної схеми залежить від типу виконавчого пристрою. Виконавчі механізми системи розміщені на окремих платах і підключаються до схеми управління за допомогою роз'ємів.

На рисунку 5.1.1.показана схема підключення двигуна для повороту лопаток. Для зміни напрямку обертання лопаток використовуються два реле. В даному випадку використовується двигун постійного струму.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		52

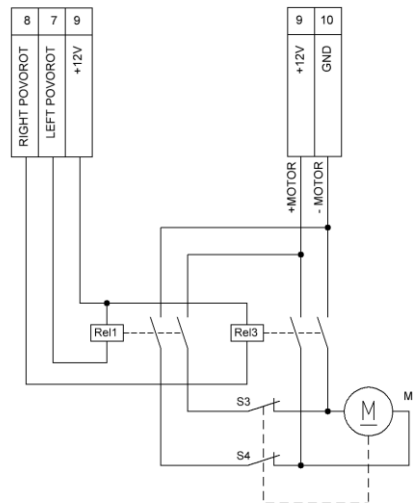


Рис. 5.1.1. Схема підключення двигуна для повороту лотків

На рис. 5.1.2. наведена схема підключення вентилятора змінного струму за допомогою симістора* і оптопарі*. Аналогічна схема буде використана для управління повітряними заслінками.

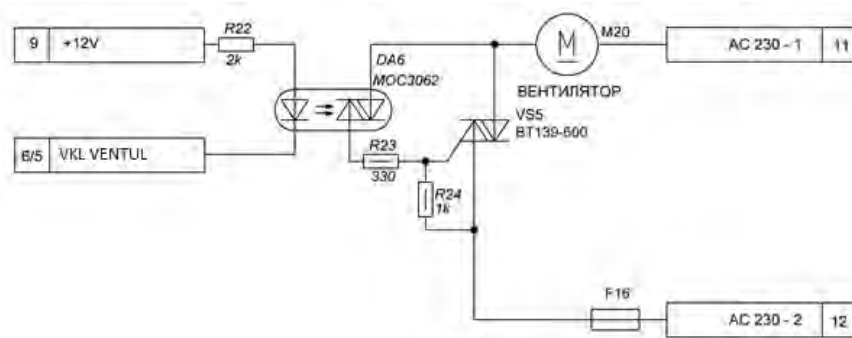


Рис. 5.1.2. Схема підключення вентилятора

На рис. 5.1.3. наведена схема підключення нагрівача змінного струму за допомогою симістора і оптопарі.

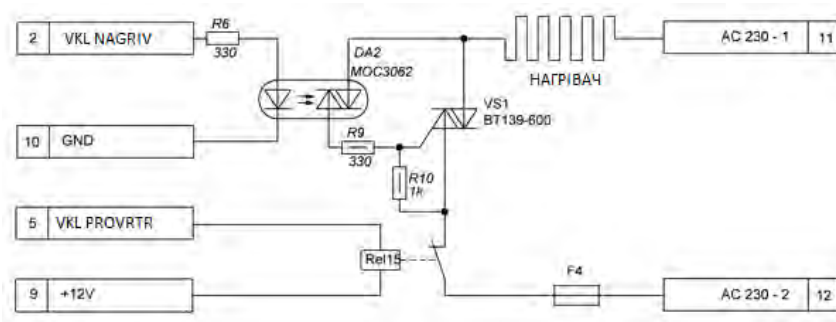


Рис. 5.1.3. Схема підключення нагрівача

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

На рисунку 5.1.4 показана схема підключення зволожувача за допомогою симістора і оптопар. Ця схема включає додаткове реле для захисту від перегріву у випадку пробою симістора. Це реле підключається до контактів вклучення аварійного вентилятора охолодження.

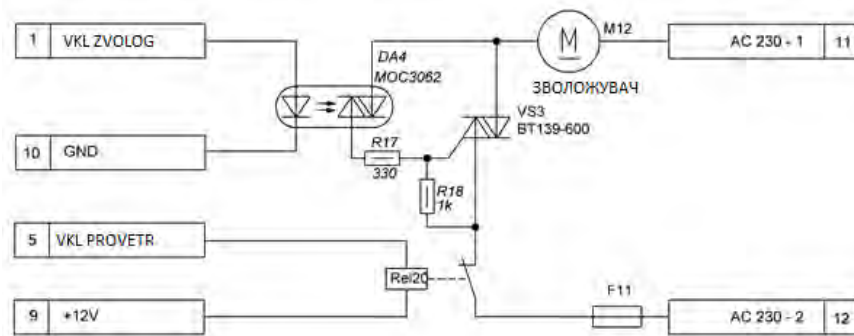


Рис. 5.1.4. Схема підключення зволожувача

На рисунку 5.1.5 показана схема підключення звукового сигналізатора або сирени невеликої потужності, яка має споживання струму не більше 0,5 А. Ця схема дозволяє також підключити GSM-сигналізацію за допомогою твердотільного оптореле.

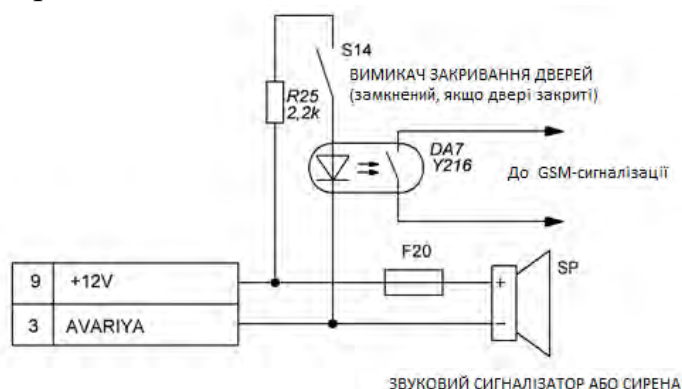


Рис. 5.1.5. Схема підключення звукового сигналізатора

*МОС3062 – це симісторний оптроном (**оптопара**) широкого застосування, який складається зі світлодіода і світлочутливого симістора, об'єднаних в одному корпусі і забезпечують оптичний зв'язок. Основне призначення МОС3062 - комутація високовольтних навантажень змінного або пульсуючого струму.

Симісторні оптрони, такі як МОС3062, можуть бути використані для безпосереднього вклучення навантаження або як керуючі елементи для потужних симісторів або тиристорів. Вони забезпечують гальванічну

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

розв'язку між керуючим і керованим колами і можуть виконувати функцію підсилювача струму.

Особливістю МОС3062 є можливість комутації навантаження в момент переходу мережевої напруги через нуль. Це означає, що комутація навантаження відбувається у відсутність напруги, що дозволяє знизити спрацьовування перетворювача і зменшити електромагнітні перешкоди.

Загалом, МОС3062 є універсальним симісторним оптроном, який може знайти застосування в різних електронних пристроях і системах, де потрібна комутація високовольтних навантажень змінного або пульсуючого струму.



Рис. 5.1.6. Симісторний оптрон МОС3062

Характеристики симісторного оптрону МОС3062 наведено в табл. 4.3.

Таблиця 5.1.1. Характеристики симісторного оптрону МОС3062

Івх.(max)	60mA
Івх. відкриття	10mA
Uвх.прям.	1,3V(тип.)*
Uвх.звор.(max)	6V
Uвих.закр.(max)	600V
Івих.імп.(max)	1A (T=100μS)
Uізол.(max)	7500V
Uвих.відкр.	3V(max), 1,8V(тип.)
Івих. утримання	250μA
Припустима швидкість зростання вихідної напруги	600V/μS(не менш) 1500V/μS (типова)
Діапазон робочих температур	-40°C..+85°C

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

55

BT139-800E - **симістори** (симетричні тиристори) середньої потужності в корпусі TO-220 (рис. 4.16) .



Рис. 5.1.7. Симістор BT139-800E

Основні параметри симісторів BT139-800E наведені в табл. 4.4:
Таблиця 5.1.2. Основні параметри симісторів BT139-800E:

Максимальна імпульсна напруга, що повторюється, в закритому стані	800V
Максимальне середньоквадратичне значення (RMS) струму у відкритому стані	16A
Максимальний одноразовий імпульсний струм (20mS)	140A
Струм управління, що відмикає	<10mA
Напруга управління, що відмикає	1,5V (макс.) 0,7 (тип.)
Струм утримання	<5mA
Напруга у відкритому стані	1,6V (макс.) 1,2V (тип.)
Час включення	2μS (тип.)
Корпус	TO-220

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

56

5.2. Розробка принципової схеми системи

У системі управління, заснованій на мікроконтролері AVR Mega ATmega328, використовуються два датчики температури. Перший - високоточний датчик SHT-21D, який вимірює як температуру, так і вологість. Другий - додатковий датчик температури DS18B20.

Для відображення інформації про стан параметрів інкубатора використовується рідинно-кристалічний індикатор SC1602AULT-XH-HS-G. Цей індикатор призначений для виведення інформації у два рядки по 16 символів. Габаритні розміри індикатора SC1602AULT-XH-HS-G наведені на рисунку 5.2.2., а його характеристики - в таблиці 5.2.1.

Таким чином, система управління інкубатором включає в себе мікроконтролер AVR Mega ATmega328, високоточний датчик температури і вологості SHT-21D, додатковий датчик температури DS18B20 і рідинно-кристалічний індикатор SC1602AULT-XH-HS-G для відображення інформації про стан параметрів.



Рис. 5.2.1. Зовнішній вигляд індикатора SC1602AULT-XH-HS-G

Таблиця 5.2.1. Характеристики індикатора SC1602AULT-XH-HS-G

Розміри, мм	80x36
Робоча температура, °	0... +50
Напруга живлення, В	5,0
Розмір символу, мм	4,35x2,95
Формат	16x2
Розмір точки, мм	0,5x0,5
Інтерфейс	HD44780
Видима площа	65,5x13,8

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ

Арк.

57

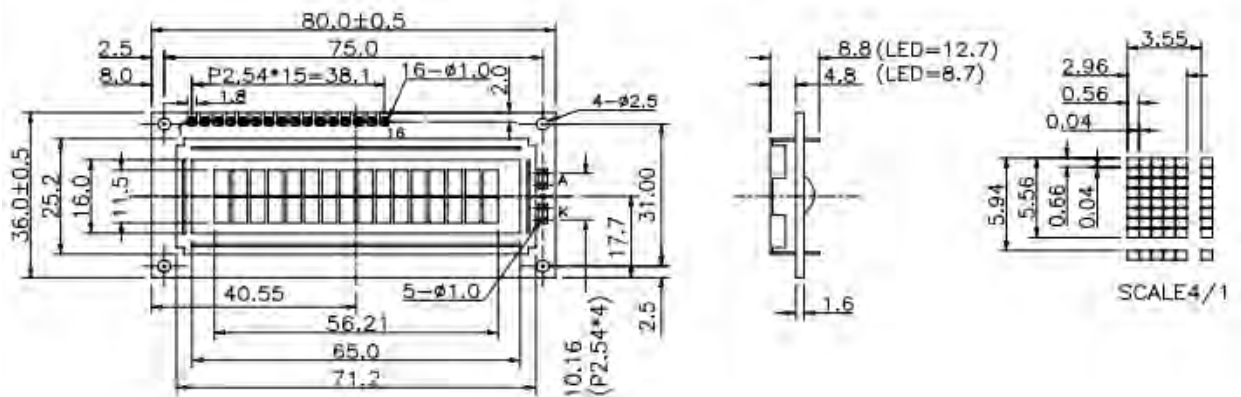


Рис. 5.2.2. Габаритні розміри індикатора SC1602AULT-XH-HS-G

Мікросхема DS1307 є вибраним формувачем часових інтервалів і має послідовний інтерфейс. Схема підключення мікросхеми DS1307 наведена на рисунку 5.2.4.

DS1307 є годинником реального часу, який здатен вимірювати та відстежувати час в секундах, хвилинах, годинах, датах місяця, місяцях, днях тижня та роках. Вона також враховує високосні роки і працює до 2100 року.

Мікросхема DS1307 має організацію пам'яті розміром 64x8, що дозволяє зберігати і читати дані, пов'язані з часом, внутрішньою пам'яттю. Це дозволяє зручно використовувати мікросхему для збереження та управління часовими параметрами в різних електронних пристроях.

Отже, мікросхема DS1307 є надійним і зручним інструментом для формування часових інтервалів і збереження даних, пов'язаних з реальним часом, в електронних пристроях.

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата



Рис. 5.2.3. Мікросхема DS1307

Мікросхема ULN2003A має вбудовану пам'ять енергонезалежного ОЗП ємністю 56 байт для зберігання даних, які залишаються доступними навіть при відключенні живлення. Вона також пропонує 2-провідний послідовний інтерфейс, що дозволяє передавати дані між мікросхемою і зовнішніми пристроями.

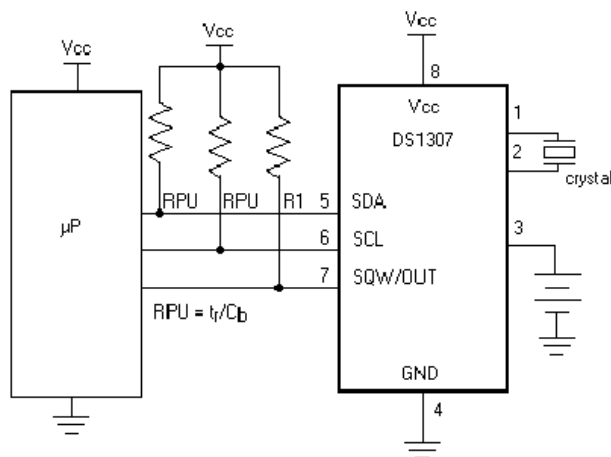


Рис. 5.2.4. Схема підключення мікросхеми DS1307

Для забезпечення підключення навантаження та світлодіодної індикації стану системи використовується мікросхема ULN2003A. ULN2003A є транзисторною збіркою Дарлінгтона (рис.5.2.5.) з вихідними ключами підвищеної потужності. Ця мікросхема має вбудовані захисні діоди на виходах, призначені для захисту керуючих електричних ланцюгів від

зворотного викиду напруги, який виникає при вимкненні індуктивного навантаження.

Використання мікросхеми ULN2003A спрощує підключення навантаження та світлодіодної індикації до системи управління. Вона забезпечує потужні вихідні ключі і захист від зворотного викиду напруги, що дозволяє ефективно комутувати навантаження і запобігати пошкодженню електричних ланцюгів.



Рис. 5.2.5. Транзисторна збірка Дарлінгтона ULN2003а

Мікросхема ULN2003 містить 7 незалежних пар Дарлінгтонових транзисторів, кожен з яких розрахований на навантаження до 500 мА і може витримувати максимальний струм до 600 мА. Вхідні та вихідні контакти розташовані в корпусі мікросхеми поряд один з одним, що полегшує розведення друкованої плати.

ULN2003 призначена для роботи з логікою TTL (5 В) та логічними пристроями CMOS. Вона широко використовується в різних схемах управління, таких як релеїні драйвери, драйвери дисплеїв, лінійні драйвери та інші. Також ULN2003 використовується в драйверах крокових двигунів.

Структурна схема ULN2003 показана на рисунку 5.2.6., а її характеристики наведені в таблиці 5.2.2.

Отже, ULN2003 є потужним і зручним пристроєм, який забезпечує комутацію великого спектра навантажень і має широке застосування в різних електронних схемах управління.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		60

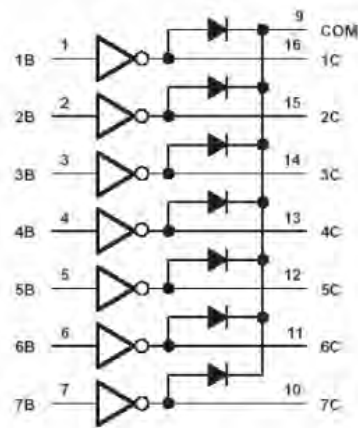


Рис. 5.2.6. Структурна схема ULN2003

Таблиця 5.2.2. Характеристики схеми ULN2003

Номінальний струм колектора одного ключа, А	0,5
Максимальна напруга на виході, В	до 50
Захисні діоди на виходах	+
Вхід адаптований до всіляких видів логіки	+
Можливість застосування для управління реле	+
Вхідна напруга в відкритому стані, В	не більш 3
Вхідний струм, мА	не більш 1,35

З урахуванням вибраної елементної бази була розроблена електрична принципова схема системи (рис. 5.2.7.).

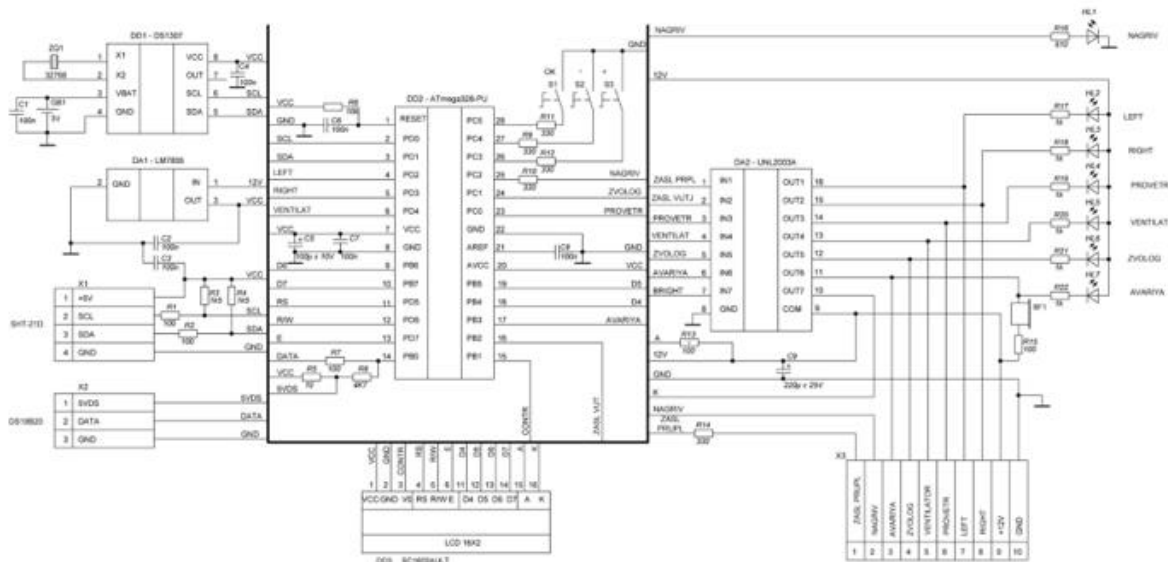


Рис. 5.2.7. Електрична принципова схема системи

5.3.Опис роботи принципової схеми

Принципова схема, яку описано, використовується в системі контролю інкубатора. Схема містить наступні компоненти та зв'язки між ними:

1. Датчик температури і вологості: його виводи повинні бути підключені за допомогою екранованого проводу або плоского шлейфу з 6 провідників, де провідники чергуються із загальним проводом через один. Це забезпечує надійне з'єднання і уникнення збоїв показань. Паралельно з виводами живлення датчика підключається керамічний SMD-конденсатор ємністю 0,1 мкФ.

2. Інтегральний стабілізатор напруги: для датчика температури SHT-21, який має обмеження на напругу живлення до 3,6 В, використовується стабілізатор напруги LM1117-3.3 з вихідною напругою 3,3 В. Це забезпечує стабільне живлення датчика.

3. Електромагнітне реле: використовується для управління механізмом повороту лотків. Реле має дві групи перемикаючих контактів, які забезпечують управління потужністю нагрівача і зволожувача. Управління відбувається шляхом пропуску напівперіодів мережевої напруги.

4. Оптопарі і симістори: на платі блоку управління встановлені оптопарі типу МОС3062 з вбудованою схемою контролю переходу мережевої напруги через нуль. Симістори, підключені до оптопар, виконують комутацію нагрівальних елементів. Світлодіоди HL1 і HL2 використовуються для світлової індикації стану нагрівальних елементів.

5. Реле К1: це реле використовується для включення вентилятора аварійного провітрювання інкубаційної камери при перезволоженні або перегріві. Контакти К1.2 можуть також використовуватися для аварійного відключення нагрівальних елементів при пробої симісторів.

6. Динамік і світлодіод HL3: динамік ВФ1 з вбудованим генератором і світлодіод HL3 використовуються для світлозвукової індикації аварійного стану інкубатора. Динамік буде переривчасто пищати, а світлодіод буде блимати, доки не буде усунена аварійна ситуація або не буде натиснуто кнопку "-" на клавіатурі управління.

Ця принципова схема дозволяє забезпечити надійний контроль і керування параметрами температури і вологості в інкубаторі, а також моніторити аварійні стани і вживати відповідних заходів для їх усунення.

У випадку, коли температура або вологість в інкубаторі опускаються нижче аварійного порогу, зволожувач або обігрівач автоматично включається

									Арк.
									62
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата	ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ				

на повну потужність (100%), незалежно від встановлених значень параметрів температури і вологості в меню "Параметри інкубації".

У випадку, коли вологість піднімається до верхнього аварійного порогу, незалежно від встановлених значень вологості і гістерезису в меню "Параметри інкубації", зволожувач повністю відключається, а вентилятор провітрювання інкубаційної камери включається. Також, при перегріві через пробій симістора і підключенні контактів K2.2 реле, нагрівальний елемент зволожувача повністю відключається.

У випадку, коли температура піднімається до верхнього аварійного порогу, крім повного відключення обігрівача і подачі світлозвукового сигналу тривоги, вентилятор аварійного провітрювання також включається, а ланцюг обігріву та зволожувача відключаються. Це зроблено для запобігання перегріву, який може виникнути внаслідок відсутності води в випарнику.

Таким чином, ця схема реалізує подвійне резервування роботи в аварійних ситуаціях, що дозволяє зберегти зародки курчат від загибелі практично в будь-яких ситуаціях.

Датчик температури розміщується на платі і поміщається в трубку діаметром 12-16 мм, яка опускається зверху до центру або практично до центру інкубаційної камери біля передньої стінки. Трубка має сіточку з осередком на нижньому та верхньому кінцях для захисту датчика від пуху і сторонніх предметів. Верхній кінець трубки виводиться за межі інкубатора, щоб забезпечити постійну циркуляцію нагрітого повітря з камери через трубку з датчиком.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		63

6. РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ СИСТЕМИ

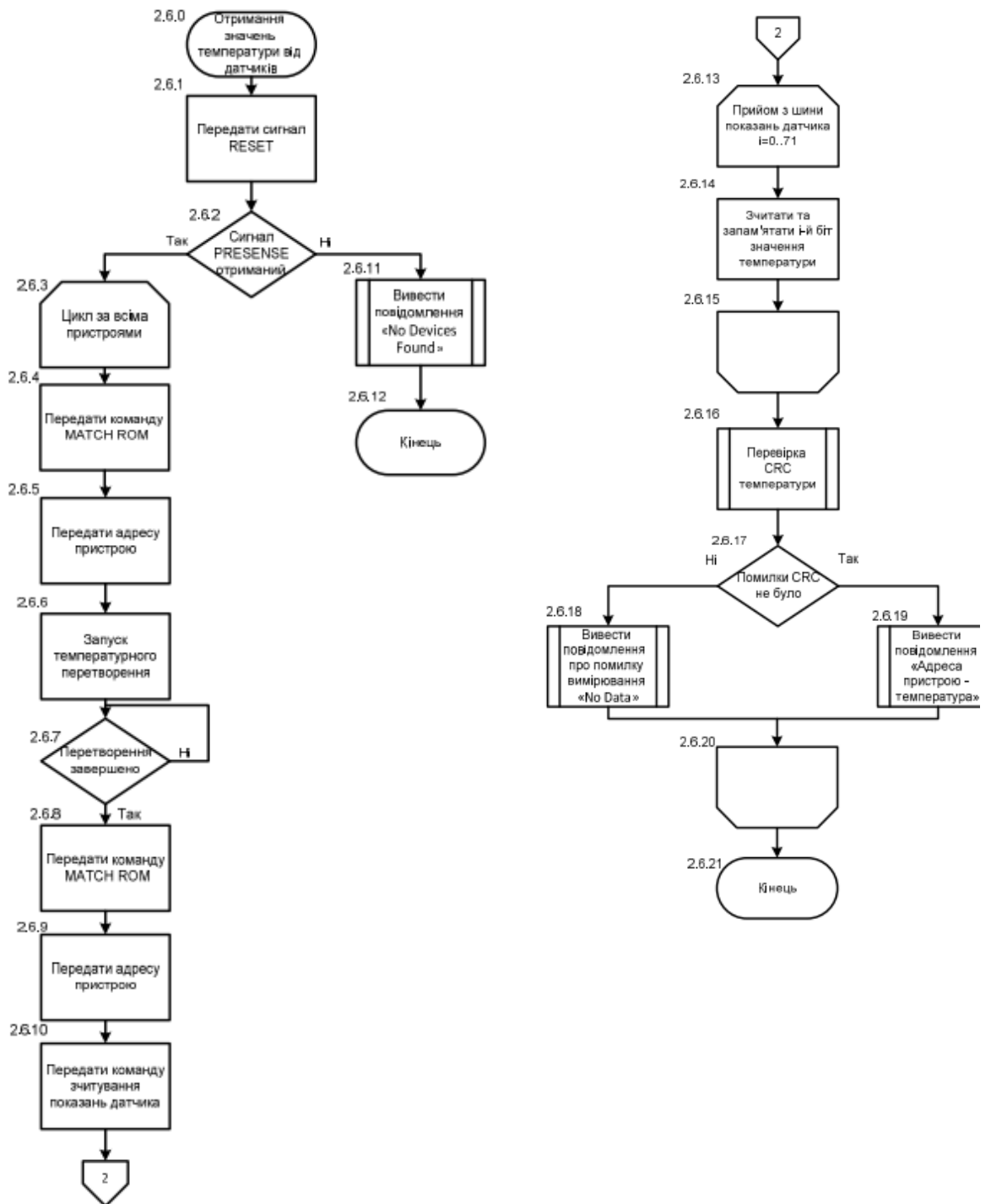


Рис. 6.1 Схема алгоритму процедури отримання значень температури від датчиків

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

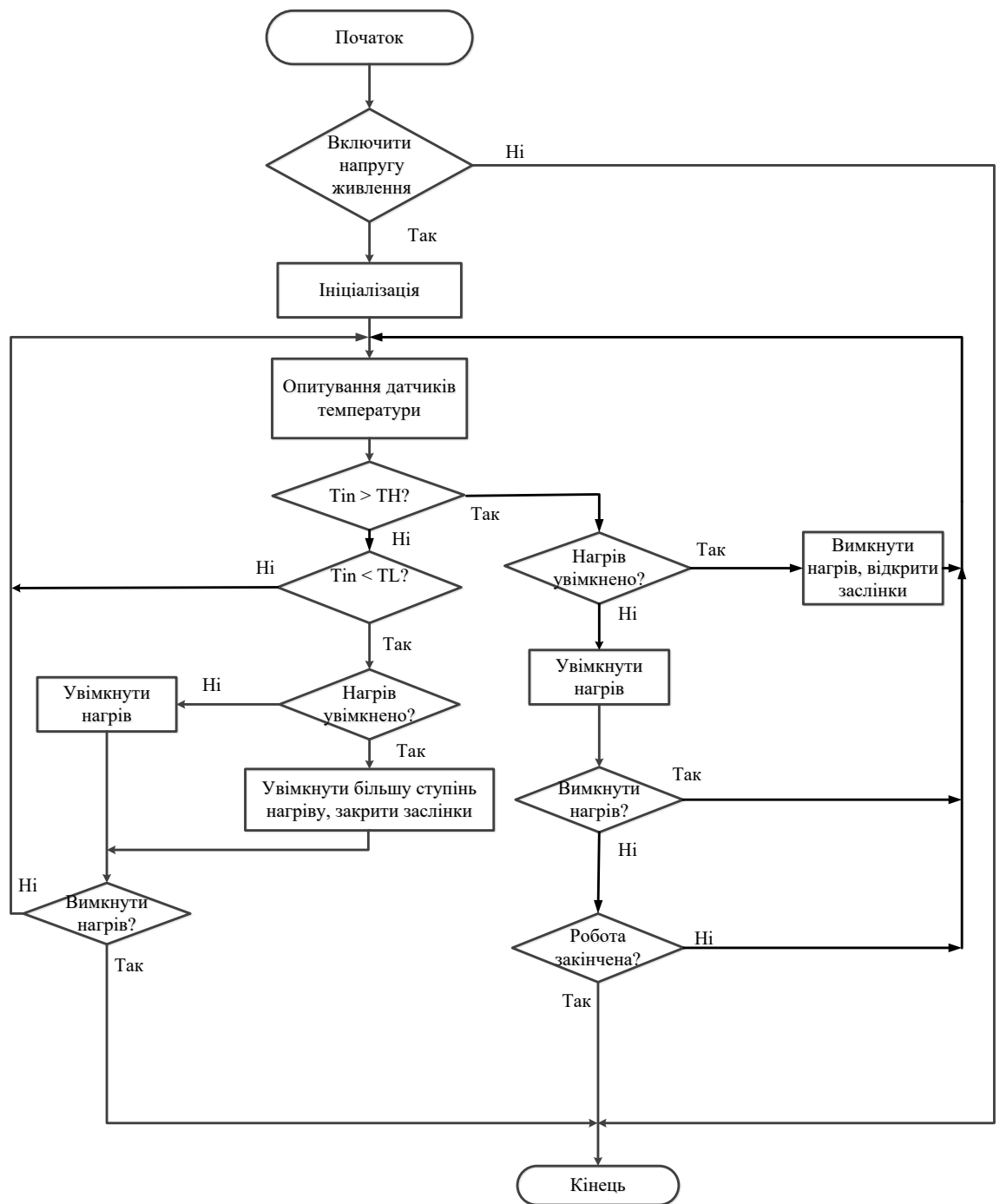


Рис. 6.2. Блок-схема алгоритму роботи системи управління інкубатором

Твердження « $T_{in} > TH$ » означає, що вхідна температура, T_{in} , перевищує верхню температурну межу, TH . (TH в даному контексті означає верхній поріг температури (Upper Temperature Threshold))

Твердження « $T_{in} < TL$ » свідчить про те, що вхідна температура, T_{in} , перевищує нижню межу температури, TL . (TL в даному контексті означає нижній поріг температури (Lower Temperature Threshold))

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

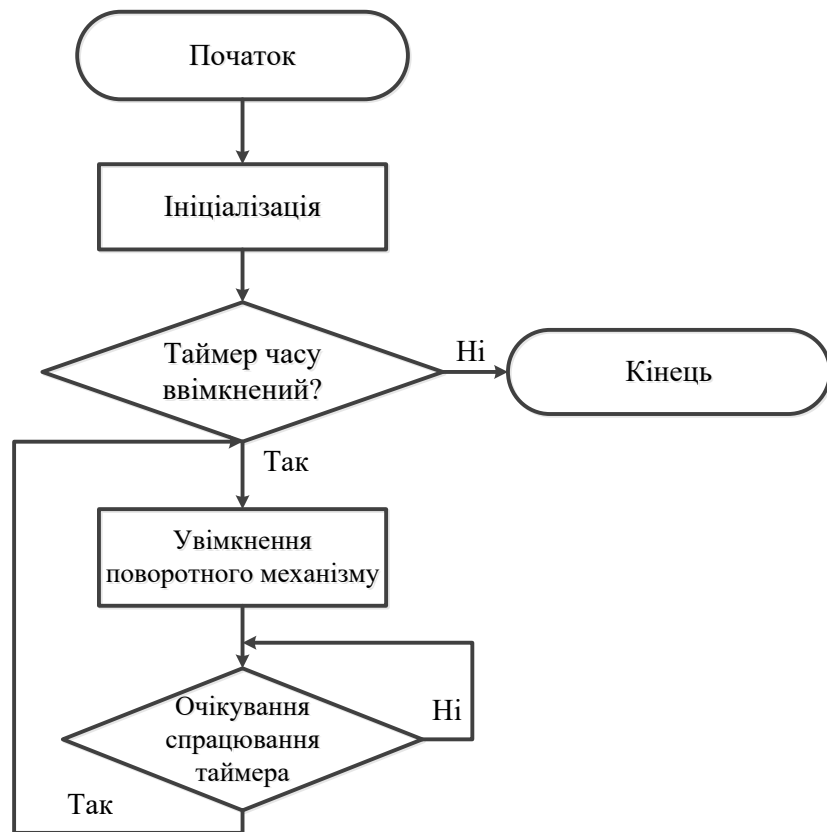


Рис. 6.3. Блок-схема алгоритму роботи системи управління поворотом лотків

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ВИСНОВОК

Автоматизована система управління інкубатором з використанням датчиків DS18B20 та SHT21D є ефективним інструментом для контролю температури і вологості в процесі інкубації. На основі проведених досліджень можна зробити наступні загальні висновки:

1. Використання датчика DS18B20 дозволяє точно і надійно вимірювати температуру в інкубаторі. Цей датчик є надійним, має високу точність і може працювати у широкому діапазоні температур. Встановлення датчика в стратегічних місцях інкубатора дозволяє отримувати точні дані про температуру.
2. Датчик вологості SHT21D є ефективним засобом контролю вологості в інкубаторі. Він забезпечує точне вимірювання вологості і може працювати в широкому діапазоні вологості. Контроль вологості є важливим аспектом в інкубаційному процесі, і датчик SHT21D допомагає забезпечити оптимальні умови для розвитку зародків.
3. Автоматизована система управління інкубатором на основі цих датчиків дозволяє забезпечити стабільність і точність контролю температури і вологості. Це дає змогу створити оптимальне середовище для висиджування яєць та успішного розвитку зародків.

У ході процесу розробки була вибрана елементна база для автоматизованої системи управління інкубатором. Було розроблено структурну схему системи, що включає в себе всі необхідні компоненти і їх взаємозв'язки. Також було проведено розрахунки для елементів принципової схеми з метою визначення оптимальних параметрів.

Основою системи є використання датчиків температури і вологості, таких як DS18B20 та SHT21D, що забезпечують точне вимірювання необхідних параметрів. Додатково до цих датчиків, в системі можуть бути використані інші компоненти, такі як реле, оптопари, зволожувачі, обігрівачі та вентилятори.

Розроблений алгоритм роботи системи визначає послідовність дій та реагування системи на зміни параметрів температури і вологості. Наприклад, система може автоматично регулювати роботу зволожувачів і обігрівачів в залежності від вимірів датчиків, забезпечуючи підтримку заданих значень.

Ці кроки розробки дозволяють створити працездатну автоматизовану систему управління інкубатором, яка забезпечує точний контроль і оптимальні умови для інкубації.

					ДП.ПМ-п01.04.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		67

