

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри
автоматики та робототехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка
(назва кафедри)

К.Т.Н., доц. _____ О.О. Опришко
(підпис) (ПІБ)

" ____ " _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему "РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ
ТЕМПЕРАТУРОЮ В ПТАШНИКУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ
КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОВЕН"**

Спеціальність: 151 - "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

Гарант освітньої програми

Д.Т.Н., проф.
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Заєць Н.А.
(П.І.Б.)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.П.Н., доц.
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Лукін В.Є.
(П.І.Б.)

Виконав

(підпис)

Євтушенко Б.І.
(П.І.Б.)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

автоматики та робототехнічних систем

ім. акад. І.І. Мартиненка

(назва кафедри)

К.Т.Н., доц. _____ О.О. Опришко
(підпис) (ПІБ)

" ____ " _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи студенту

Євтушенку Богдану Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність: 151 - "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

1. Тема дипломного проекту бакалавра: "Розробка системи автоматичного керування температурою в пташнику із використанням комплексу технічних засобів ОВЕН",

затверджена наказом ректора НУБіП України від "18" 11 2024 р. № 2056"С"

2. Термін подання завершеного проекту на кафедру "30" травня 2025 р.

3. Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра:

3.1.Завдання кафедри на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи.

3.2.Нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації.

3.3.Наукова література з тематики кваліфікаційної бакалаврської роботи.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

4.1.Технологічна характеристика промислового пташника для вирощування бройлерів.

4.2.Розробка математичної моделі температурного режиму в пташнику для вирощування бройлерів.

4.3.Вибір регулятора та обґрунтування параметрів його налаштувань.

4.4.Розробка цифрової системи керування.

4.5.Схеми системи автоматизації.

4.6.Техніко-економічне обґрунтування.

5. Перелік графічних документів:

5.1. Функціональна схема автоматизації виробничих процесів у промисловому пташнику для вирощування бройлерів.

5.2. Комп'ютерно-інтегрована система керування брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів. Схема електрична принципова.

5.3. Комп'ютерно-інтегрована система керування брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів. Схема електрична з'єднань.

5.4. Блок-схема алгоритму роботи САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів.

5.5. Розробка програми реалізації алгоритму керування брудерним обігрівом на базі контролера ПЛК 110 ОВЕН у середовищі CodeSys.

Дата видачі завдання "19" листопада 2024 року

Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Лукін В.Є.
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до
виконання

(підпис)

Євтушенко Б.І.
(П.І.Б.)

ЗМІСТ

Вступ	5
РОЗДІЛ 1. Технологічна характеристика промислового пташника для вирощування бройлерів	8
1.1. Вплив параметрів мікроклімату на розвиток птиці	8
1.2. Технологічне обладнання для створення мікроклімату	15
РОЗДІЛ 2. Розробка математичної моделі температурного режиму в пташнику для вирощування бройлерів	20
2.1. Розрахунок кратності вентиляції у пташнику та вибір вентиляційного обладнання	20
2.2. Розробка математичної моделі температурного режиму у пташнику із комплексним обігрівом	26
2.3. Аналіз динаміки об'єкта керування та визначення його передатної функції	36
2.4. Функціональна схема автоматизації технологічних процесів у промисловому пташнику для вирощування бройлерів	38
РОЗДІЛ 3. Вибір регулятора та обґрунтування параметрів його налаштувань	41
3.1. Вибір алгоритму керування брудерним обігрівом	41
3.2. Технічна реалізація алгоритму керування брудерним обігрівом	44
3.2.1. Вибір промислових пристроїв керування	44
3.2.2. Обґрунтування вибору датчика температури	51
3.2.3. Вибір виконавчого механізму САК та визначення його передатної функції	55
РОЗДІЛ 4. Розробка цифрової системи керування	57
4.1. Визначення періоду квантування сигналів ЦСК	57
4.2. Визначення показників якості роботи цифрової системи керування	59
РОЗДІЛ 5. Схеми системи автоматизації	64
5.1. Розробка схеми електричної принципової САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів із відповідним програмним забезпеченням	64
5.2. Розробка схеми електричної з'єднань САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів	69
5.3. Вибір апаратури захисту та керування	71
5.4. Вибір проводів та кабелів	76
5.5. Вибір щита керування	77
РОЗДІЛ 6. Техніко-економічне обґрунтування	79
Висновки	83
Література	84
Додатки	87

ВСТУП

Якісне забезпечення заданих теплових параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях багатьох галузей промисловості і сільського господарства являє собою один із визначальних факторів отримання конкурентоспроможної продукції, як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. В той же час, для кожного типу виробничого приміщення того або іншого функціонального призначення, вимоги, які пред'являються до теплових характеристик мікроклімату відрізняються, що в певній мірі, і пояснює застосування в системах мікроклімату електротехнічних комплексів різних за набором силового електротеплотехнічного обладнання і складністю систем керування [9,15].

Серед об'єктів АПК найбільш комплексні вимоги щодо якісного забезпечення заданих стандартів теплового режиму мікроклімату представляють виробничі приміщення, в яких утримуються однакові або різні за віком групи тварин. Зокрема, до таких відносяться пташники.

Сукупність умов, при яких досягаються найбільш високі економічні показники птахівництва, визначає оптимальний мікроклімат. Для створення оптимального мікроклімату у промислових пташниках використовують ряд технічних засобів – загальне опалення і місцевий обігрів, електромеханічну вентиляцію, електричне освітлення за заданим алгоритмом, опромінення птиці, особливу будівельну конструкцію пташника.

Технічні засоби для створення оптимального мікроклімату – обов'язкова частина обладнання усіх сучасних пташників із інтенсивним утриманням птиці.

Огляд і аналіз наукової літератури, присвяченої питанням підвищення функціональної і технологічної надійності, а також енергоефективності систем мікроклімату птахівничих споруд АПК, дозволив виявити ряд

притаманних їм недоліків [1,4]. Серед них привнесення високого рівня складової енергозатрат в собівартість одиниці продукції та підвищене техногенне навантаження цим виробництвом довкілля. До того ж умови, що складаються на ринку енергоресурсів, вимагають кардинальних змін у відносинах енергопостачальника і споживача.

Таким чином, розробка і застосування в технологічних процесах виробництва продукції птахівництва прогресивних енергозберігаючих технологій та технічних засобів їх забезпечення є актуальною проблемою, рішення якої має велике народногосподарське значення для економіки України.

Об'єктом дослідження є процес створення мікроклімату у промисловому пташнику для вирощування бройлерів.

Предметом дослідження є зниження енергоспоживання технологічним обладнанням для створення локального обігріву курчат бройлерів у період їх вікового розвитку.

Метою дипломного проєкту є удосконалення системи автоматичного керування температурним режимом вирощування курчат бройлерів у пташнику для підвищення продуктивності виробництва та якості продукції за рахунок покращення мікрокліматичних умов утримання та зменшення споживання електроенергії обладнанням для створення мікроклімату.

Задачі дипломного проєкту:

1. Для визначення динамічних властивостей промислового пташника розробити математичну модель температурного стану повітряного середовища із урахуванням систем загального і локального обігріву та вентиляції повітря.

2. Із урахуванням технологічних вимог до вирощування бройлерів обґрунтувати вибір технологічного обладнання для створення локального обігріву курчат та режимів його роботи, розробити функціональну схему автоматизації системи керування параметрами мікроклімату.

3. Обґрунтувати вибір алгоритму керування системою локального обігріву курчат та комплексу технічних засобів його реалізації із забезпеченням можливості дистанційного моніторингу температурного режиму із використанням мережі Internet та безкоштовного хмарного сервісу OwenCloud.

4. Визначити показники якості роботи САК температурним режимом.

5. Розробити електричні схеми САК локальним обігрівом у пташнику для вирощування бройлерів.

6. Провести техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження розробленої системи керування.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМИСЛОВОГО ПТАШНИКА ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ БРОЙЛЕРІВ

1.1. Вплив параметрів мікроклімату на розвиток 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. Спростуючи 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).

Якщо температура повітря значно зменшується, фізичної терморегуляції вже 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. 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 птицю. При цьому температурний перепад скорочується, внаслідок

чого зменшується віддача явного тепла. Для збереження перепаду і віддачі тепла кровоносні судини у шкірі розширюються і температура шкіри збільшується, що на певному рівні підтримує віддачу явного тепла. Різко пришвидшується ритм дихання, що збільшує віддачу прихованого тепла. Однак цього недостатньо, тому організм змушений зменшувати вироблення тепла за рахунок уповільнення обмінних процесів: птиця зменшує споживання корму, відчуває пригнічення. При надмірному підвищенні оточуючої температури організм перегрівається, відбувається дія теплового удару. Дія високої температури може бути послабленою збільшенням рухомістю повітря. Дослідження [23] показали, що збільшення швидкості руху оточуючого повітря від 0,2 до 2,5 м/с дозволяє зберегти нормальну температуру тіла (+41,1...41,5°C) та сприятливі умови утримання птиці до значення температури навколишнього середовища +36°C.

Нормальна активна життєдіяльність організму птиці вимагає певного діапазону температур оточуючого повітря (таблиця 1.1) [30].

Найбільш високу температуру підтримують у приміщеннях для вирощування молодняку птиці, але й цього недостатньо. Для додаткового обігріву птиці у ранньому віці використовують пристрої для локального обігріву невеликої площі – брудери, інфрачервоні обігрівачі різних типів тощо. Температуру під брудерами витримують в залежності від віку курчат (від 1 до 60 діб) в межах 35-19°C. Ці температури використовуються для розрахунку потужності брудерів та меж їх регулювання. Нагрів під брудером поступово знижують в залежності від зростання молодняку.

У літній період температура повітря у пташнику може стати надмірно високою. Для запобігання цього влітку в декілька разів посилюють вентиляцію, максимально ізолюють пташник від нагрівання сонячним теплом, а у кліматичних умовах із підвищеною температурою навколишнього середовища попередньо охолоджують повітря, що надходить у пташник.

Таблиця 1.1.

Нормативні значення параметрів мікроклімату у пташнику
для вирощування бройлерів

Вік, діб	Температура, °С			Відносна вологість повітря, %	Вентиляція
	Локальний обігрів		Опалення пташника в цілому		
	Під брудером	Біля брудерів			
0-2	32-35	29-31	30-32	55-60	0,8-1,0 м ³ /кг живої маси, швидкість руху < 0,1 м/сек.
3-6	31-33	28-30		60-65	
7-9	29-31	26-28		60-65	
10-12	28-30	25-27		55-60	
13-15	27-29	24-26		55-60	
16-18	26-28	23-25		65-75	
19-21	25-27	22-24		60-70	
22-25		21-23		60-70	0,8-6,0 м ³ /кг живої маси, швидкість
26-30		20-22		60-70	
31-35		18-20		60-70	
>35		17-19		60-70	

Температура повітряного середовища в приміщенні впливає на організм птахів у комплексі з іншими факторами – вологістю, швидкістю руху повітря і т. д. [13,20].

Температурний і вологісний режими пташника утворюються в залежності від того, скільки тепла і вологи потрапляє у повітря приміщення із зовні, виділяється всередині та виводиться з приміщення у навколишнє середовище.

При відхиленні режиму вологості від норми у бройлерів порушуються процеси обміну речовин, що знижує приріст, призводить до загибелі.

Температура, яку сприймає курча, пов'язана із навколишньою температурою у поєднанні із відносною вологістю повітря. Цю залежність ілюструє діаграма (рис. 1.1). Ці дані не відносяться до температури, що сприймається повністю опіреними курчатами [30].

Зона I: Висока вологість – висока температура. Температура тіла курча знижується внаслідок втрат теплоти, викликані теплопровідністю (вологе

З повітря приміщення птиця поглинає кисень, однак до його складу входять і шкідливі гази – продукти життєдіяльності курей і розкладання посліду та підстилки.

Вуглекислота (CO_2) – важкий газ, непридатний для дихання, що накопичується у пташнику при недостатньому повітрообміні. Якщо приміщення недостатньо вентилується, концентрація CO_2 може досягати 0,7%, що у 3,5 рази перевищує допустимі значення (таблиця 1.2).

Аміак (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 мг/м³) аміак уражує нервову систему, порушує процеси дихання, знижує опірність організму.

Таблиця 1.2.

Гранично допустимі значення концентрації шкідливих газів
у повітрі пташника

Гази	Гранично допустимі концентрації газів		
	для розрахунку технологічного обладнання	для утримання дорослої птиці та ремонтного молодняку	для вирощування курчат
CO_2 , %	0,5	0,18-0,20	0,1
NH_3 , мг/л	0,08	0,01	0,005
H_2S , мг/л	0,02	0,005	0,005

Сірководень (H_2S) – важкий отруйний газ – утворюється при розкладанні посліду та підстилки, особливо активно у теплу пору року. При недостатній вентиляції концентрація сірководню може досягати 0,075 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 мг/м³.

Як видно з таблиці 1.2, обладнання розраховують на значно вищу концентрацію шкідливих газів. Це робиться для того, щоб у самих

несприятливих умовах при підвищеному вмісті газів усе обладнання пташника продовжувало надійно функціонувати і не попало під дію вуглекислоти, аміаку та сірководню.

Розглядаючи мікроклімат у пташнику, зазвичай розрізняють три періоди року: літній (теплий) період – при максимальних температурах оточуючого пташник повітря; зимовий (холодний) період – при його мінімальних розрахункових температурах; перехідний весняно-осінній період – при температурах повітря $0...+10^{\circ}\text{C}$.

Мінімальний режим вентиляції. Зимому приміщення для птиці, зазвичай, необхідно опалювати, оскільки тепла, що виробляє тіло птиці, недостатньо для підтримання необхідної температури повітря всередині пташника. У зимовий період інтенсивна вентиляція призвела б до значної втрати тепла, що уноситься із вентиляційним повітрям. Цю втрату приходиться компенсувати за рахунок нагрівання свіжого повітря, що надходить у пташник. Вентиляцію взимку розраховують таким чином, щоб видалити з приміщення надлишкову вологу та вуглекислоту, не допустити у пташнику надмірних зволоження повітря та концентрації шкідливих газів. Втрату ж теплоти намагаються звести до мінімуму, щоб скоротити витрати палива або електроенергії. Тому в холодний період кратність повітрообміну у пташнику роблять мінімальною. Це вважається мінімальним режимом вентиляції.

Максимальний режим вентиляції. У спекотну пору року, навпаки, за рахунок тепла, що виділяється птицею, та тепла, що надходить із сонячною радіацією, у приміщенні утворюється надлишок тепла. Його необхідно своєчасно видаляти для запобігання надмірного підвищення температури повітря в приміщенні. Найпростіше це досягається за допомогою посиленої вентиляції. Максимальний режим вентиляції розраховується так, щоб влітку в спекотну погоду забезпечити перевищення температури повітря всередині пташника не більше, ніж на 5°C від температури зовнішнього повітря. Для

цього кратність повітрообміну збільшується у декілька разів порівняно із зимовим періодом.

За даними [20], у пташниках для курей-несучок влітку подачу повітря порівняно із зимовим періодом збільшують у 3-5 разів, а у пташниках для вирощування бройлерів – у 5-10 разів (таблиця 1.3). Якщо у максимальному режимі вентиляції температура в приміщенні перевищить +33°C, необхідно використовувати засоби для додаткового охолодження птиці: підвищену (до 2,0-2,5 м/с) швидкість повітря у зоні розміщення птиці, випарне охолодження повітря, а також у пікові періоди його кондиціонування за допомогою компресорних установок.

Таблиця 1.3.

Нормативні значення повітрообміну для птахівничих приміщень,
м³/год. на 1 кг живої маси

Вид птиці	Період року		
	зима	Перехідний (весна, осінь)	літо
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	6,6
віком 180 діб	1,3	4,3	6,3

При проектуванні систем вентиляції птахівничих приміщень необхідно враховувати не тільки норми мінімального допустимого повітрообміну, але і обмеження для швидкості руху повітря в залежності від віку та виду птиці для попередження її переохолодження. Так, для бройлерного поголів'я Hubbard прийняті [30] наступні максимально допустимі значення швидкості руху повітря (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4.

Максимально допустима швидкість руху повітря у пташниках
для вирощування бройлерного поголів'я Hubbard

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

1.2. Технологічне обладнання для створення мікроклімату

Для забезпечення здоров'я, комфорту та високої продуктивності птиці промислові пташники для вирощування бройлерів оснащуються системами годівлі (рис. 1.2) та напування птиці, та створення мікроклімату, до складу яких входять:

- система вентиляції повітря;
- система локального та загального обігріву;
- система охолодження повітря в літній період;
- система освітлення із забезпеченням імітації добової її зміни.

Необхідний рівень вентиляції залежить від віку птиці, різниці температур всередині та зовні приміщення, а також рівня відносної вологості повітря. Для забезпечення рівномірного розподілу свіжого повітря в усьому об'ємі пташника використовується принцип негативного тиску (система вентиляції вакуумного типу) (рис. 1.3).

Основними складовими такої системи вентиляції є витяжні вентилятори, що монтуються в стінах в необхідній кількості, а також припливні дахові вентилятори або припливні утеплені шахти (якщо примусовий приплив непотрібний). Як в припливних шахтах, так і в дахових вентиляторах рекомендується використання конусоподібного розсікача потоку

для рівномірного розвіювання повітря. Використання схеми "приплив через дах – витяг через настінні вентилятори", а не навпаки, дозволяє значно скоротити витрати на опалення в холодний період року за рахунок рівномірного змішування холодного і теплого повітря під дахом приміщень, що для України є значною перевагою.

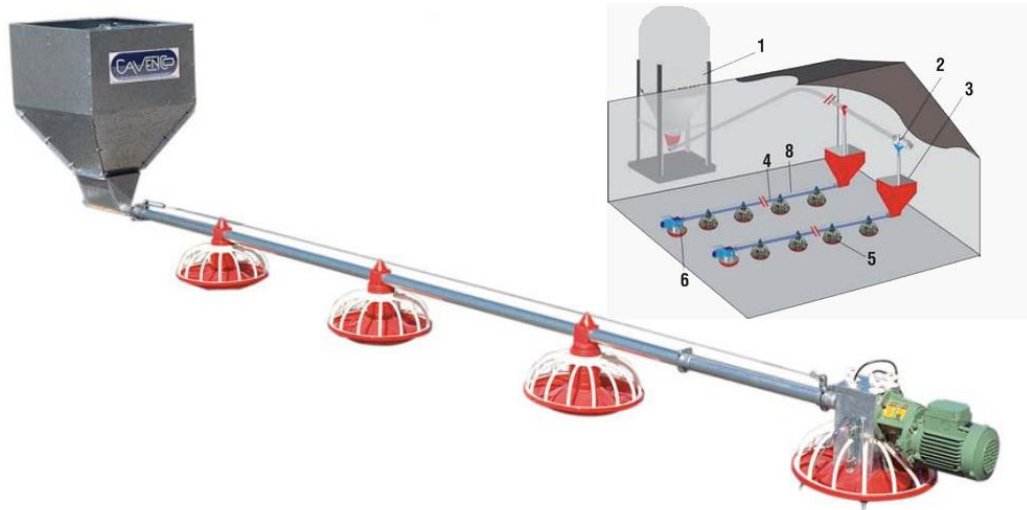


Рис. 1.2. Лінія годівлі спірального типу:

1 – кормовий бункер; 2,3,4,5 – складові системи транспортування корму;
6 – годівниця

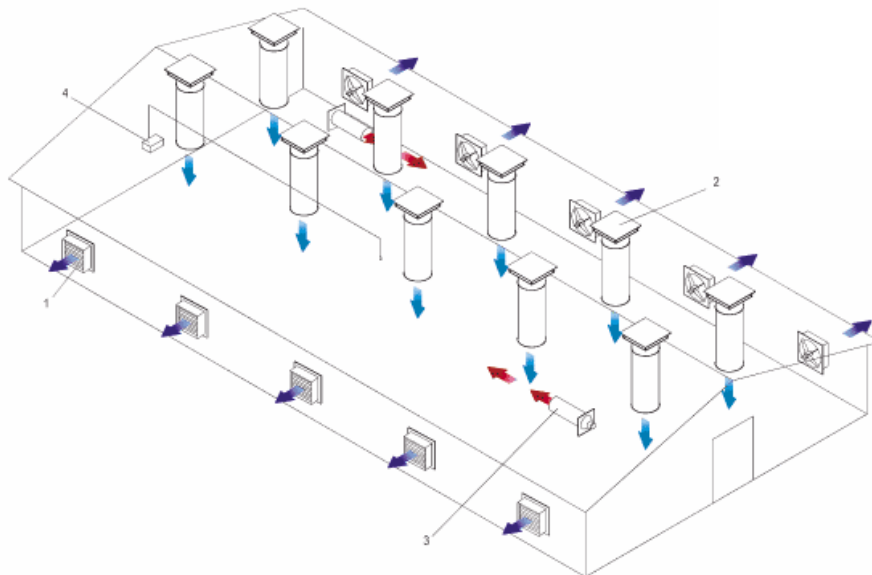


Рис. 1.3. Схема вентиляції пташника вакуумного типу:

1 – вентилятор осьовий; 2 – припливна шахта; 3 – повітрянагрівач (теплогенератор) газовий або на рідкому паливі; 4 – станція автоматичного керування вентиляцією повітря.

В якості припливних вентиляторів використовують осьові вентилятори продуктивністю до 18000 м³/год. повітря та припливні шахти різного розміру. До комплексу обладнання входить розсікач потоку повітря, гравітаційні жалюзі, а вентилятори оснащені зворотним клапаном для запобігання теплових втрат при вимкненому обладнанні. Для електроприводу вентиляторів використовуються електродвигуни з підвищеним ковзанням і ступенем захисту IP55.

При промисловій технології вирощування бройлерів для зберігання здоров'я молодняка значне місце відводиться улаштування системи локального обігріву з використанням інфрачервоного опромінення.

Джерелом інфрачервоного випромінювання є будь-яке нагріте тіло. В якості джерел інфрачервоного випромінювання у системах локального обігріву широко використовують інфрачервоні дзеркальні лампи типу ИКЗ, ИКЗК, ИКЗС (світлі випромінювачі), ТЕНи, керамічні електронагрівники та інші низькотемпературні нагрівачі (темні випромінювачі). Максимум спектрального розподілу енергії "світлих" випромінювачів не співпадає з максимумом спектральної чутливості шкіри тварин. В цьому відношенні перевагу мають "темні" випромінювачі. З енергетичної точки зору вони на 10-25% ефективніші "світлих". "Темні" випромінювачі порівняно з "світлими" мають переваги за надійністю роботи, строком служби, рівномірністю поля під опромінювачем. В їх спектрі відсутнє видиме випромінювання, що непокоїть тварин. Переваги "світлих" випромінювачів - незначні втрати теплоти через теплопровідність і конвекцію.

У пташниках для вирощування бройлерів для створення зони локального обігріву 500...600 курчат віком від 1 до 30 днів при утриманні їх на підлозі використовують брудери БП-1А (рис. 1.4). Брудер являє собою зонт у вигляді шестигранної зрізаної металевої піраміди. Він складається з системи блоків 1, вантажу противаг 2, що призначені для регулювання підйому зонда 6. Для освітлення під зондом знаходиться освітлювальна лампа 5. Всередині

зонта встановлено чотири нагрівальних електричних елементи 4 (ТЕНи – трубчасті електронагрівачі) потужністю по 250 Вт кожний, терморегулятор і датчик температури. Дві секції піраміди мають круглі отвори з відкидними кришками для забезпечення обміну повітря під брудером. Площа обігріву брудера БП-1А складає 2,2 м². Напруга живлення 220 В 50 Гц. Висота підйому брудера до 2м.

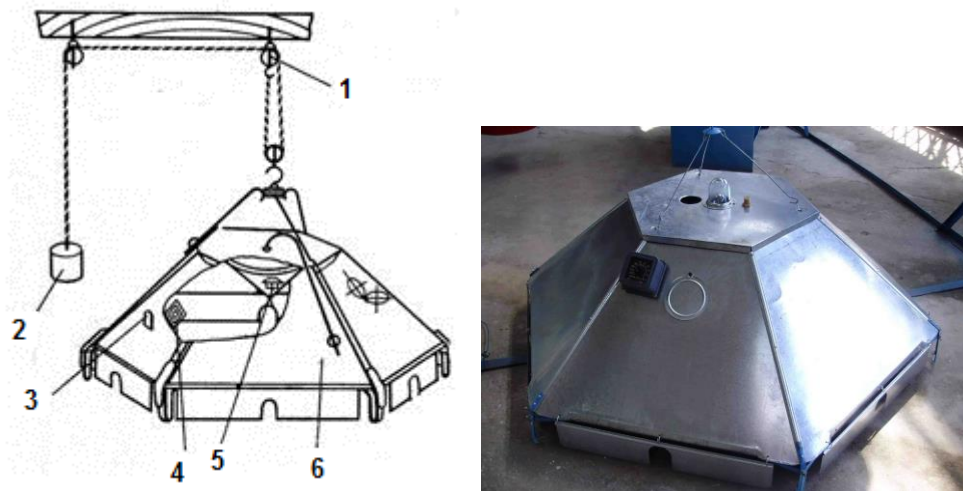


Рис. 1.4. Брудер БП-1А:

1 – система блоків; 2 – вантаж противаги; 3 – терморегулятор; 4 – ТЕНи; 5 – освітлювальна лампа; 6 – зонд

Суттєвою перевагою використання електробрудерів над іншими нагрівальними пристроями у системах локального обігріву є можливість використання неперервного алгоритму керування потужністю нагріву за рахунок плавної зміни напруги живлення ТЕНів. При використанні інших типів нагрівачів зазвичай використовується двопозиційний алгоритм керування нагрівом, внаслідок чого виникають пульсації температури у зоні локального обігріву. Недоліком використання електробрудерів є їх громіздкість та необхідність змінювати висоту підвісу у той час, коли вони не використовуються.

Створення системи загального обігріву виробничого приміщення здійснюється за допомогою теплогенераторів, наприклад типу GA, NG, GP70

(Jet Master) (рис. 1.5) та ін., які працюють на природному газі або пропані. Технічні характеристики теплогенератора GP70 наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5.

Технічні характеристики теплогенератора GP70

Джет Мастер	GP70
Потужність	70 кВт
Витрата природного газу	6,1 м ³ /год.
Тиск під'єднання	20 мбар
Тиск горіння	13,3 мбар
Під'єднання газу	¾"
Швидкість повітрообміну	5000 м ³ /год.
Відстань викиду теплого повітря	50 м
Вага	36 кг



Рис. 1.5. Газовий теплогенератор прямої дії типу GP70

У системі охолодження повітря в літній період використовуються охолоджувальні радіатори. Радіатори виготовляються зі спеціального целюлозного матеріалу з жорсткими ребрами. Вода, яку прокачує через радіатор водяний насос, проходить через повітряний потік, який випаровує воду і охолоджується.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ В ПТАШНИКУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ БРОЙЛЕРІВ

2.1. Розрахунок кратності вентиляції у пташнику та вибір вентиляційного обладнання

У дипломному проекті розглядається безвіконний пташник для вирощування 17500 курчат бройлерного стада Hubbard із розмірами 85x12x4 м. Розміри зали для вирощування бройлерів становлять 75x12x3м. Відповідно об'єм зали для утримання курчат становить 2700 м³. Пташник орієнтований з півночі на південь. Курчата-бройлери утримуються на підстилці глибиною до 10 см. Матеріал підстилки – деревна тирса. Строк вирощування до початку забою складає 50 – 56 діб. Забійна маса курчат складає 1800 – 2000 г.

Вентиляційний режим приміщення забезпечується припливно-втяжною вентиляцією вакуумного типу. Приток повітря забезпечується через припливні шахти розміром 50x50 см, обладнаних заслінками. Припливні шахти розміщені по центру дахового перекриття вздовж пташника.

Об'єм припливного повітря визначають із розрахунку розчинення вуглекислого газу до допустимої концентрації та гранично допустимого вмісту водяної пари. При такому повітрообміні здійснюється поглинання і інших шкідливих домішок (аміак, сірководень, пил), що виділяються у приміщенні в значно меншій кількості.

Кількість припливного повітря (м³/год.), необхідного для зниження концентрації вуглекислого газу у пташниках із утриманням птиці на глибокій підстилці, розраховується за виразом

$$L_{CO_2} = \frac{\sum_{i=1}^k C_i \cdot n_i}{c_1 - c_2}, \quad (2.1)$$

де C_i - кількість CO_2 , що виділяється однією птицею даного виду, л/год. (Додаток А1);

n_i - кількість птиці даного виду в приміщенні, голів;

k - кількість видів тварин;

c_1 - гранично допустима концентрація CO_2 в повітрі приміщення, л/м³, (таблиця 1.2, розділ 1);

c_2 - концентрація CO_2 у зовнішньому повітрі ($c_2 = 0,3...0,4$ л/м³).

Кількість припливного повітря (м³/год.), необхідного для розчинення водяної пари, визначається за виразом

$$L_w = \frac{W}{(d_g - d_s) \cdot \rho}, \quad (2.2)$$

де W - сумарні вологовиділення при температурі в приміщенні, г/год.;

d_g - вологовміст повітря в приміщенні, г/кг сухого повітря;

d_s - вологовміст зовнішнього припливного повітря, г/кг сухого повітря;

ρ - щільність повітря при температурі в приміщенні, кг/м³.

Значення d_g та d_s визначають за $i-d$ діаграмою для вологого повітря (Додаток А3), або за емпіричними залежностями.

Сумарні вологовиділення (г/год.) у пташнику

$$W = W_{пт} + W_{пос}, \quad (2.3)$$

де $W_{пт}$ - кількість водяної пари, що виділяється птицею;

$$W_{пт} = \sum_{i=1}^k W_i \cdot n_i; \quad (2.4)$$

W_i - виділення води однією птицею даного виду, г/год. (визначається за даними Додатку А1, А2);

n_i - кількість птиці даного виду в пташнику;

$$W_{\text{пос}} = \frac{0,7 \cdot P_{\text{пос}} \cdot n_i}{24}; \quad (2.5)$$

$P_{\text{пос}}$ - середньодобовий вихід посліду від однієї птиці (у дорослих курей $P_{\text{пос}} = 240-290$ г, індиків - 430 г, качок - 550 г);

0,7 – коефіцієнт, що враховує усушку посліду.

Необхідний мінімальний повітрообмін L ($\text{м}^3/\text{год}$) для птахівничого приміщення приймається за найбільшою з двох величин: L_{CO_2} або L_w .

Правильність розрахунку проводять за кратністю повітрообміну

$$m = \frac{L}{V_{\text{п}}}, \quad (2.6)$$

де $V_{\text{п}}$ - внутрішній об'єм пташника, м^3 .

Для птахівничих приміщень для холодного періоду

$$m = 10 \div 12. \quad (2.7)$$

Розрахунок необхідного повітрообміну проведемо для бройлерів віком 55 днів, оскільки для них значення виділення вологи та CO_2 є найбільшими і кратність вентиляції для птиці такого віку є найбільшою, відповідно продуктивність системи вентиляції повинна забезпечувати цю кратність.

Вихідні дані для розрахунку:

- кількість птиці даного виду в пташнику $n = 17500$ гол.;
- вага птиці – 2кг;
- температура в пташнику $t_B = 18^\circ \text{C}$;
- температура зовнішнього середовища для холодного періоду року $t_3 = -25^\circ \text{C}$;
- відносна вологість повітря у пташнику 70%;
- об'єм приміщення утримання птиці $75 \cdot 12 \cdot 3 = 2700 \text{ м}^3$;
- кількість CO_2 , що виділяється однією птицею вагою 2кг (Додаток А1) $C = 2 \cdot 1,7 = 3,4 \text{ л/год.}$;

- виділення вологи однією птицею вагою 2кг, $г/год$. (Додаток А1, А2)

$$W = 2 \cdot 5 = 10 \text{ г/год};$$

- гранично допустима концентрація CO_2 в повітрі пташника

$$c_1 = 2,0 \text{ л/м}^3;$$

- концентрація CO_2 у зовнішньому повітрі $c_2 = 0,3 \text{ л/м}^3$.

Вологовміст внутрішнього та зовнішнього повітря за $i-d$ - діаграмою для вологого повітря (Додаток А3): при $t_B = 18^\circ C$ та $\varphi = 70\%$ $d_B = 9,1 \text{ г/кг сух. повітря}$; при $t_3 = -25^\circ C$ та $\varphi = 83\%$ $d_3 = 0,5 \text{ г/кг сух. повітря}$.

Щільність повітря при $t_B = 18^\circ C$ складає $\rho = 1,214 \text{ кг/м}^3$.

$$L_{CO_2} = \frac{3,4 \cdot 17500}{2,0 - 0,3} = 35000 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

$$W_{IT} = 10 \cdot 17500 = 175000 \text{ г/год}.$$

$$W_{Пос} = \frac{0,7 \cdot P_{Пос} \cdot n}{24} = \frac{0,7 \cdot 250 \cdot 17500}{24} = 127604 \text{ г/год}.$$

$$W = W_{IT} + W_{Пос} = 302604 \text{ г/год}.$$

$$L_W = \frac{W}{(d_6 - d_3) \cdot \rho} = \frac{302604}{(9,1 - 0,5) \cdot 1,214} = 28985 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Необхідний повітрообмін L ($\text{м}^3 / \text{год}$) приймається за величиною L_{CO_2} .

$$m = \frac{L}{V_{II}} = \frac{35000}{2700} \approx 12.$$

Отже, умова (2.7) виконується, розрахунок необхідного повітрообміну виконаний правильно.

Окрім розрахунку мінімального необхідного повітрообміну за вказаними показниками, необхідно враховувати норми подачі свіжого повітря на 1кг живої маси птиці в залежності від віку вирощування (таблиця 1.3, розділ 1).

За даними [30] незалежно від зовнішньої температури повітря, у приміщенні для вирощування курчат бройлерного стада Hubbard необхідно дотримуватись наступних мінімальних допустимих норм вентиляції (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1.

Мінімальні допустимі норми вентиляції при вирощуванні
курчат бройлерного стада Hubbard

Вік птиці, діб	Мінімальна кількість свіжого повітря, м ³ /год. на 1 голову	Мінімальна розрахункова кількість свіжого повітря на пташник (17500 голів), м ³ /год.
1-7	0,16	2800
8-14	0,42	7350
15-21	0,59	10325
22-28	0,84	14700
29-35	0,93	16275
36-42	1,18	20650
43-49	1,35	23625
50-56	1,52	26600

Приймаючи до уваги вищевказані розрахунки та вимоги, система вентиляції даного промислового пташника для вирощування бройлерів повинна здійснювати повітрообмін на рівні значень (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2.

Нормативні значення повітрообміну для птахівничих приміщень,
м³/год. на 1 тварину

Вид птиці	Період року		
	зима	Перехідний (весна, осінь)	літо
Молодняк курей м'ясних порід:			
віком 10 діб (маса 0,08 кг)	0,088	0,192	1,12
віком 30 діб (маса 0,35 кг)	0,385	0,595	3,185
віком 60 діб (маса 1,2...1,4 кг)	1,68...1,96	5,52...6,44	7,92...9,24
віком 180 діб (маса 2,0...2,5 кг)	2,6...3,25	8,6...10,75	12,6...15,75

Зважаючи на строк вирощування бройлерів (забійний вік 60 діб), система вентиляції даного пташника повинна забезпечувати повітрообмін на рівні:

- у зимовий період $L_{CO_2} = 35000 \text{ м}^3 / \text{год}$. (мінімальне значення повітрообміну);

- у перехідний період $L_{II} = 105000 \text{ м}^3 / \text{год}$;

- в літній період $L_{II} = 157500 \text{ м}^3 / \text{год}$.

Для забезпечення вказаних значень повітрообміну необхідно використати осьові вентилятори ВО-Ф-7,1А, технічні характеристики якого наведені в Додатку А4. Технічні характеристики електродвигуна АИРП80А6У2 приводу вентилятора ВО-Ф-7,1А наведені в додатку А5.

Вентилятор осьовий ВО-Ф-7,1А призначений для використання в системах вентиляції сільськогосподарських та виробничих приміщень, а також у складі вентиляційних комплектів обладнання при створенні вентиляції класичного або змішаного типу.

Квадратний корпус дозволяє легко монтувати вентилятор у стінні та віконні отвори.

Робоче колесо вентилятора у відповідності з технічними умовами виконане із алюмінієвих сплавів, яке не перевантажує електродвигун під час пуску, що дозволяє збільшити строк експлуатації електродвигуна. В комплект вентилятора входять гравітаційні жалюзі із втулками.

Кількість вентиляторів, необхідна для забезпечення розрахованого повітрообміну у зазначеному пташнику для вирощування бройлерів

$$n_{\text{ВЕНТ}} = \frac{157500}{11500} = 13,7 \approx 14 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість $n_{\text{ВЕНТ}} = 14 \text{ шт.}$, встановлених симетрично у бокових стінках по 7 шт. з кожного боку пташника.

2.2. Розробка математичної моделі температурного режиму у пташнику із комплексним обігрівом

Математична модель стану повітряного середовища у пташнику для вирощування бройлерів розробляється для зимового періоду для курчат віком до 30 діб, як найбільш відповідального та енергоємного періоду утримання птиці, коли задіяні системи як загального, так і локального обігріву.

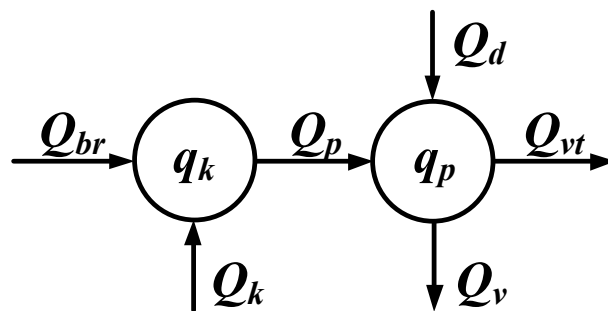


Рис. 2.1. Структурна схема теплообміну у пташнику для вирощування бройлерів у зимовий період:

Q_{br} – теплота від брудерів у зонах локального обігріву; Q_k – теплота, що виробляється тілом птиці; Q_p – теплота, що передається у виробниче приміщення із зони локального обігріву; Q_d – теплота від стаціонарних засобів обігріву виробничого приміщення; Q_{vt} – теплота, що втрачається через огорожувальні конструкції пташника (стіни, підлогу та перекриття); Q_v – теплота, що втрачається із пташника з вентиляційним повітрям.

Структурна схема теплообміну у пташнику для вирощування бройлерів зображена на рис. 2.1. Схема враховує обігрів приміщення пташника за допомогою стаціонарних засобів обігріву – теплогенераторів – з метою підтримання у виробничому приміщенні температури на рівні 26...18°C (таблиця 1.1, розділ 1) (система загального обігріву), та обігрів локальних зон скупчення курчат пристроями локального електрообігріву – електробрудерами – з метою підтримання у цих зонах біологічно обґрунтованих температур відповідно до віку курчат на рівні 35...21°C (система локального обігріву).

Вихідні дані для побудови математичної моделі стану повітряного середовища у пташнику із системами загального і локального обігріву:

Кількість бройлерів у виробничому приміщенні, шт.	– $n_k = 17500$
Площа виробничого приміщення пташника, м ²	– $S_{pr} = 900$
Об'єм виробничого приміщення пташника, м ³	– $V_{pr} = 2700$
Еквівалентні розміри брудера	
(ширина, довжина), $X_1 \times X_2$, м	– 1,2x1,85
Площа підігріву під брудером, м ²	– $S_b = 2,2$
Висота підвісу брудера над підлогою, м	– $h = 0,2$
Кількість курчат під одним брудером, шт.	– $n_b = 600$
Час обігріву курчат під брудерами (вік курчат), діб	– $\tau_k = 1 \dots 30$
Споживана потужність одного брудера, Вт	– $P = 1000$
Розрахункова температура зовнішнього повітря, °С	– $t_z = -25$
Розрахункова температура у пташнику, °С	– $t_p = +18$
Густина повітря, кг/м ³	– $\rho_p = 1,216$
Теплоємність повітря, Дж/(кг·°С)	– $C_p = 1005$

Значення кількості теплоти від брудерів у зонах локального обігріву, Вт, визначається за виразом [19]

$$Q_{br} = 0,5 \cdot P \cdot N_b, \quad (2.8)$$

де N_b – кількість брудерів, необхідних для обігріву вказаної кількості курчат, шт.;

$$N_b = \frac{n_k}{n_b} = \frac{17500}{600} \approx 30. \quad (2.9)$$

Тоді $Q_{br} = 0,5 \cdot P \cdot N_b = 0,5 \cdot 1000 \cdot 30 = 15000 \text{ Вт}$.

Об'єм простору локального обігріву під визначеною кількістю брудерів

$$V_k = N_b \cdot S_b \cdot h = 14 \text{ м}^3. \quad (2.10)$$

Площа потоку повітря під визначеною кількістю брудерів (приймається як половина периметра площі зони, що складається із N_b брудерів), m^2

$$S_K = (X_1 \cdot 10 + X_2 \cdot 3) \cdot h = (1,2 \cdot 10 + 1,85 \cdot 3) \cdot 0,2 = 3,5 \text{ м}^2. \quad (2.11)$$

Для визначення кількості теплоти, що виробляється тілом птиці Q_k , використаємо дослідні дані авторів [10, 21, 22] про тепловиділення $Q_{ЯВ}$, Вт, курчат, що залежать від віку курчат τ_k (діб), температури в зоні утримання t_B ($^{\circ}\text{C}$) (в даному випадку – температура під брудером), а також від швидкості руху повітря у зоні утримання v_p (м/с):

$$Q_{ЯВ}(\tau_k, t_B, v_p) = (0,021 + 0,0012 \cdot (\tau_k - 1)) \cdot (1 + (1,81 - 0,011 \cdot (\tau_k - 1)) \cdot v_p) \cdot (40 - t_B), \quad (2.12)$$

$$Q_k = Q_{ЯВ} \cdot n_k. \quad (2.13)$$

Значення швидкості руху повітря залежно від віку птиці визначаємо за регресивним рівнянням [10], отриманим за даними нормативних значень максимально допустимої швидкості руху повітря у пташниках для вирощування бройлерів

$$v_p = 0,5943 - 0,09769 \cdot \tau_k + 4,7054 \cdot 10^{-3} \cdot \tau_k^2. \quad (2.14)$$

Кількість теплоти, що передається у виробниче приміщення пташника від зони локального обігріву Q_p , Вт, визначається з урахуванням швидкості руху повітря v_p (м/с) залежно від віку птиці та площі потоку повітря S_k (m^2)

$$Q_p = v_p \cdot S_k \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_B - t_p). \quad (2.15)$$

Кількість теплоти, що втрачається у навколишнє середовище із вентиляційним повітрям Q_v , Вт, визначається в залежності від віку курчат τ_k (діб), кількості курчат n_k (шт.) та температури зовнішнього повітря пташника t_z ($^{\circ}\text{C}$) із урахуванням нормативних значень необхідної вентиляції на 1 тварину w_k (m^3/c)

$$Q_v = n_k \cdot w_k \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_z - t_p). \quad (2.16)$$

Значення кількості вентиляційного повітря w_k залежно від віку птиці визначаємо за регресивним рівнянням [10], отриманим за даними нормативних значень необхідного повітрообміну для птахівничих приміщень

$$w_k = \frac{0,1434 - 0,01234 \cdot \tau_k + 6,7967 \cdot 10^{-4} \cdot \tau_k^2}{3600}. \quad (2.17)$$

Кількість теплоти, що втрачається через огорожувальні конструкції пташника (стіни, підлогу та перекриття) Q_{vt} , Вт, визначається як

$$Q_{vt} = \sum \frac{1}{R_o} \cdot F \cdot (T_B - T_3) \cdot n, \quad (2.18)$$

де R_o - опір теплопередачі m -шарового огороження ($m^2 \cdot K / Bm$);

F_{or} - площа огороження даного типу, m^2 ;

T_B та T_3 - розрахункові температури внутрішнього та зовнішнього повітря, К; розрахунок проводимо для $T_B = 18^\circ C$, $T_3 = -25^\circ C$.

n - поправочний коефіцієнт, що враховує різницю температур ($T_B - T_3$) і залежить від розташування огорожі по відношенню до зовнішнього повітря. Для зовнішніх стін та підлоги на ґрунті $n = 1$; для перекриття на горищі з різними видами покрівлі $n = 0,75 \dots 0,90$; для огорожень, що відокремлюють опалювані приміщення від неопалюваних, $n = 0,40 \dots 0,70$; для перекриття над підполами $n = 0,40 \dots 0,70$.

Опір теплопередачі m -шарового огороження ($m^2 \cdot K / Bm$)

$$R_o = R_B + \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_3, \quad (2.19)$$

де R_B - термічний опір теплосприйняттю внутрішньої поверхні огорожі. Якщо поверхня тіла отримує тепло, то коефіцієнт теплообміну α називають коефіцієнтом теплосприйняття α_B .

$$R_B = \frac{1}{\alpha_B}. \quad (2.20)$$

Відношення $\frac{\delta_i}{\lambda_i}$ являє собою термічний опір теплопровідності окремих шарів огороження товщиною $\delta_{i,m}$, виконаних з матеріалів з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_i, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

R_3 - термічний опір теплопередачі зовнішньої поверхні огороження;

$$R_3 = \frac{1}{\alpha_3}. \quad (2.21)$$

Якщо поверхня тіла віддає тепло у навколишнє середовище, то коефіцієнт теплообміну α називається коефіцієнтом тепловіддачі α_3 .

Для зовнішніх стін із вказаними параметрами (рис. 2.1), що складається із двох шарів алюмінію (товщина $\delta_{AL} = 2 \text{ мм} = 0,002 \text{ м}$), двох шарів руберойду (товщина $\delta_{РВБ} = 2 \text{ мм} = 0,002 \text{ м}$) та шару утеплювача (мінеральна вата товщиною $\delta_{MB} = 112 \text{ мм} = 0,112 \text{ м}$), вказані коефіцієнти мають наступні [12] значення:

- коефіцієнт теплопровідності алюмінію $\lambda_{AL} = 230 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- коефіцієнт теплопровідності руберойду $\lambda_{РВБ} = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати $\lambda_{MB} = 0,07 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- термічний опір теплосприйняттю внутрішньої поверхні огорожі $R_B = 0,155 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- термічний опір теплопередачі зовнішньої поверхні огороження $R_3 = 0,043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

У зазначеному безвіконному пташнику із розмірами зали для вирощування бройлерів 75х12х3м одна із стін межує з технологічними приміщеннями для персоналу із контрольованими температурними параметрами і не межує з навколишнім середовищем, тому можна вважати, що теплові втрати через цю стінку відсутні.

Тому для подальших розрахунків площа зовнішніх стін, через яких здійснюються втрати теплоти, дорівнює

$$F_{3C} = 75 \cdot 3 + 75 \cdot 3 + 12 \cdot 3 = 486 \text{ м}^2.$$

Тоді опір теплопередачі зовнішніх стін

$$R_o = 0,155 + 2 \cdot \frac{0,002}{230} + 2 \cdot \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,112}{0,07} + 0,043 = 1,822 \text{ (} m^2 \cdot K \text{) / } Wm.$$

Теплові втрати через зовнішні стіни (для зовнішніх стін $n = 1$)

$$Q_{3C}^1 = \frac{1}{1,822} \cdot 486 \cdot (291 - 248) = 11470 \text{ } Wm.$$

Оскільки пташник орієнтований з півночі на південь, необхідно врахувати додаткові [12] втрати тепла через стіну, обернену на захід (5% від основних втрат) та на схід (10% від основних втрат):

$$Q_{3C}^{дод} = 11470 \cdot 0,15 = 1721 \text{ } Wm.$$

З урахуванням цієї поправки, теплові втрати через зовнішні стіни

$$Q_{3C} = 11470 + 1721 = 13191 \text{ } Wm.$$

Перекриття площею $900 m^2$ являють собою такі самі сендвіч-панелі, як і стіни із зазначеними параметрами.

При цьому [12]

- термічний опір теплосприйняттю внутрішньої поверхні огорожі

$$R_B = 0,155 \text{ (} m^2 \cdot K \text{) / } Wm;$$

- термічний опір теплопередачі зовнішньої поверхні огороження, що виходить на горище, $R_3 = 0,123 \text{ (} m^2 \cdot K \text{) / } Wm.$

Опір теплопередачі перекриття

$$R_o = 0,155 + 2 \cdot \frac{0,002}{230} + 2 \cdot \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,112}{0,07} + 0,123 = 1,902 \text{ (} m^2 \cdot K \text{) / } Wm.$$

Теплові втрати через перекриття визначаються за виразом (2.18), при цьому поправочний коефіцієнт $n = 0,9$ [12] (для горищного перекриття).

$$Q_{ПЕР} = \frac{1}{1,902} \cdot 900 \cdot (291 - 248) \cdot 0,9 = 18313 \text{ } Wm.$$

Втрати тепла через підлогу відбуваються складним шляхом, оскільки частини підлоги, які розташовані ближче до стін, втрачають тепла більше, ніж частини всередині пташника.

Для визначення втрат тепла через підлогу, його умовно розділяють на 4 частини. Перша зона шириною 2м прилягає всередині до стін пташника; друга зона такої самої ширини розташовується за першою і межує з нею, а за другою розташовується третя також шириною 2м. Решта площі підлоги пташника утворює четверту зону. Чим ближче розташована зона до стін пташника, тим більше тепла через нею втрачається.

Опір теплопередачі для кожної зони визначаємо як для випадку утепленої підлоги, оскільки $\lambda_{II} < 1,16 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [12]:

$$R_{yII} = R_{II} + \frac{\delta_y}{\lambda_y}. \quad (2.22)$$

де δ_y та λ_y - товщина, м, та коефіцієнт теплопровідності утеплюючого шару, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

R_{II} - опір теплопередачі для кожної із зон без утеплювача, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

Для утеплювача із деревної тирси (товщина $\delta_{II} = 0,10 \text{ м}$) $\lambda_{II} = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [12].

Ширина підлоги 12м, а до осьової лінії $\frac{12}{2} = 6 \text{ м}$. Поділивши площу підлоги на 2-метрові зони, отримаємо три зони з кожного боку від осьової лінії пташника). Площа зон: $F_1 = F_2 = F_3 = 75 \cdot 2 = 150 \text{ м}^2$.

Опір теплопередачі для першої зони складає $R_{II1} = 2,15 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, для другої $R_{II2} = 4,3 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, $R_{II3} = 8,6 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, для решти площі підлоги $R_{II4} = 14,2 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ [12].

$$\text{Для першої зони } R_{yII1} = 2,15 + \frac{0,10}{0,09} = 3,26 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт};$$

$$\text{для другої зони } R_{yII2} = 4,3 + \frac{0,10}{0,09} = 5,41 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт};$$

$$\text{для третьої зони } R_{yII3} = 8,6 + \frac{0,10}{0,09} = 8,71 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}.$$

Сумарні теплові втрати по всім зонам підлоги

$$Q_{II} = 2 \cdot \left[\frac{1}{3,26} \cdot 150 + \frac{1}{5,41} \cdot 150 + \frac{1}{8,71} \cdot 150 \right] \cdot (291 - 248) = 7823 \text{ Вт}.$$

Загальні втрати теплоти через усі огороження

$$Q_v = 13191 + 18317 + 7823 = 39331 \text{ Вт}.$$

При цьому необхідна для подальших розрахунків величина суми добутків площ поверхонь огороження (стін, перекриття, підлоги) на відповідний коефіцієнт теплопередачі через них дорівнює

$$F_i \cdot k_i = \frac{Q_v}{T_B - T_3} = \frac{39331}{18 - (-25)} = 915 \text{ Вт/}^\circ\text{C}. \quad (2.23)$$

Таким чином, за структурною схемою теплообміну у пташнику для вирощування бройлерів у зимовий період (рис. 2.2) у статичному режимі балансове рівняння по теплу, Вт, для простору локального обігріву під визначеною кількістю брудерів об'ємом $V_K = 14 \text{ м}^3$

$$Q_{br} + Q_k - Q_p = 0, \quad (2.24)$$

і у виробничому приміщенні пташника, Вт, об'ємом $V_{pr} = 2700 \text{ м}^3$

$$Q_p + Q_d - Q_v - Q_v = 0. \quad (2.25)$$

Для отримання рівнянь динаміки зміни температури у зоні локального обігріву та у виробничому приміщенні визначимо кількість тепла у зоні локального обігріву q_k , Дж, об'ємом $V_K = 14 \text{ м}^3$

$$q_k = V_k \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot t_k, \quad (2.26)$$

і у виробничому приміщенні пташника q_p , Дж, об'ємом $V_{pr} = 2700 \text{ м}^3$

$$q_k = V_{pr} \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot t_p. \quad (2.27)$$

Для спрощення розрахунків приймемо, що значення густини повітря ρ_p і його теплоємність C_p змінюються у межах похибки обчислень і не впливають на результат.

Підставивши значення формул (2.8) – (2.23) у вирази (2.24) – (2.25) і врахувавши зміну тепла у зоні локального обігріву і у виробничому приміщенні пташника, отримуємо систему рівнянь

$$\begin{cases} \frac{d(V_k \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot t_k)}{d\tau} = Q_{br} + Q_k - v_p \cdot S_k \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_k - t_p) \\ \frac{d(V_{pr} \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot t_p)}{d\tau} = Q_d + v_p \cdot S_k \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_k - t_p) + \\ + n_k \cdot w_k \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_z - t_p) - F_i \cdot k_i \cdot (t_p - t_z) \end{cases} \quad (2.28)$$

Після приведення системи рівнянь (2.28) до виду Коші, отримуємо систему рівнянь для побудови математичної моделі з урахуванням залежностей для визначення тепловиділень курчат в залежності від їх віку $Q_{ЯВ}$, кількості вентиляційного повітря w_k та швидкості руху повітря залежно від віку птиці v_p :

$$\begin{cases} \frac{dt_k}{d\tau} = \frac{Q_{br} + Q_k - v_p \cdot S_k \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_k - t_p)}{V_k \cdot \rho_p \cdot C_p} \\ \frac{dt_p}{d\tau} = \frac{Q_d + v_p \cdot S_k \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_k - t_p) + n_k \cdot w_k \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_z - t_p) - F_i \cdot k_i \cdot (t_p - t_z)}{V_{pr} \cdot \rho_p \cdot C_p} \end{cases} \quad (2.29)$$

За системою рівнянь (2.29) за допомогою пакету імітаційного моделювання Similink пакету MATLAB розроблена імітаційна модель (рис. 2.2) температурного режиму під розподіленим по пташнику брудером та виробничого приміщення пташника.

За допомогою розробленої імітаційної моделі отримані розгінні характеристики пташника для каналів керування локальним та загальним обігрівом (відповідно рис. 2.3, 2.4).

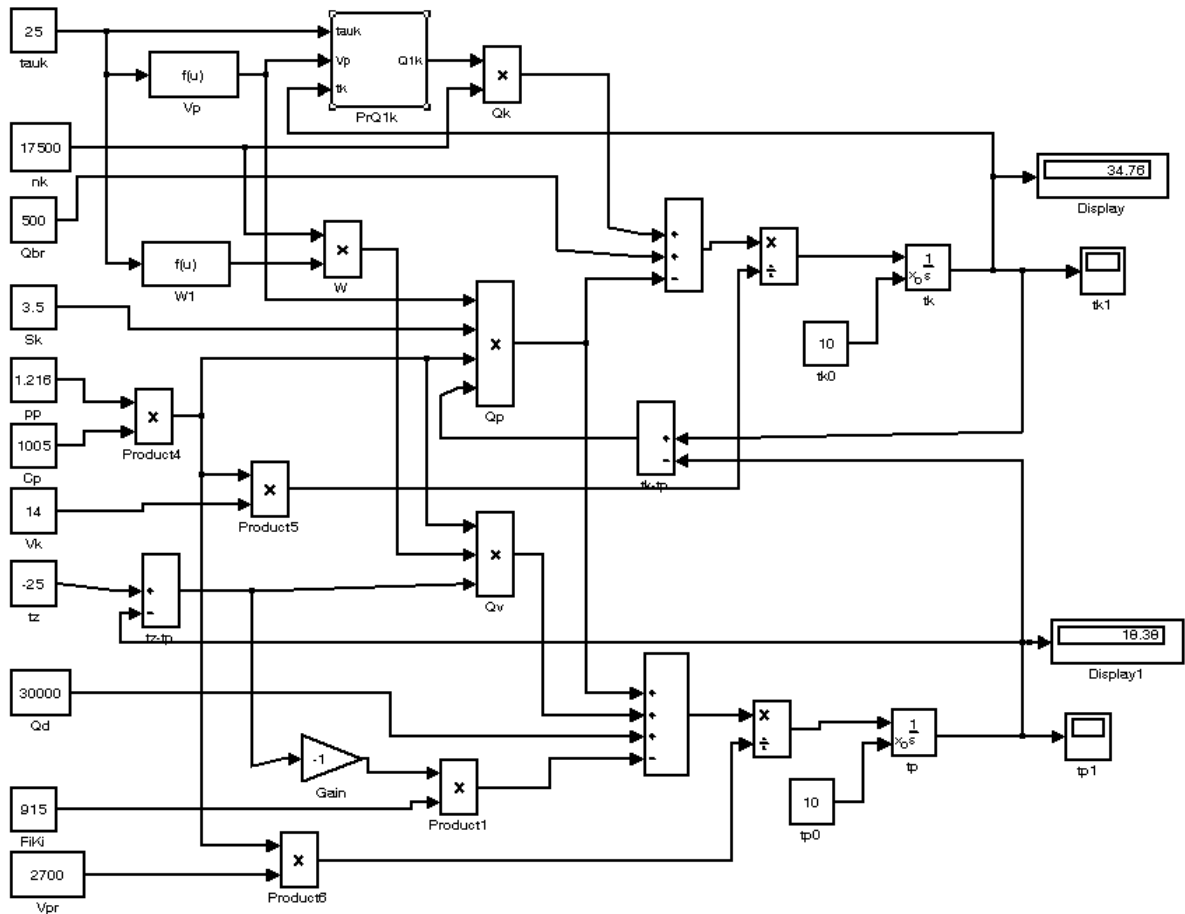


Рис. 2.2. Імітаційна модель температурного режиму під розподіленням по пташнику брудером та виробничого приміщення пташника

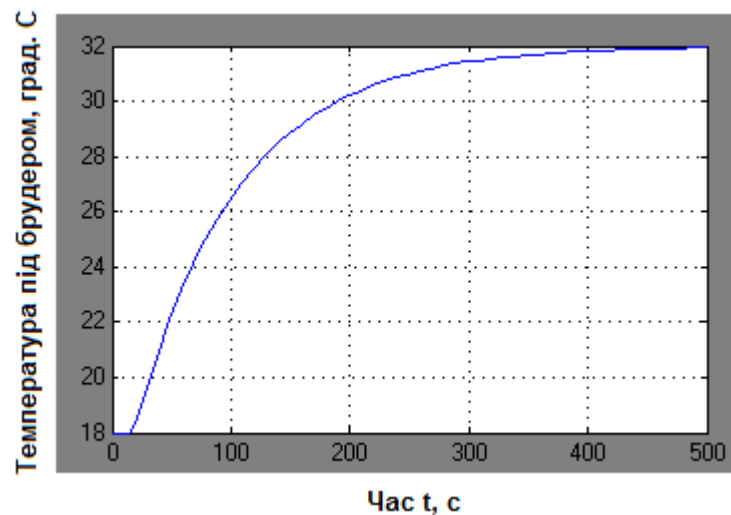


Рис. 2.3. Розгінна характеристика пташника для каналу "потужність брудерного нагріву – температура в зоні росту курчат"

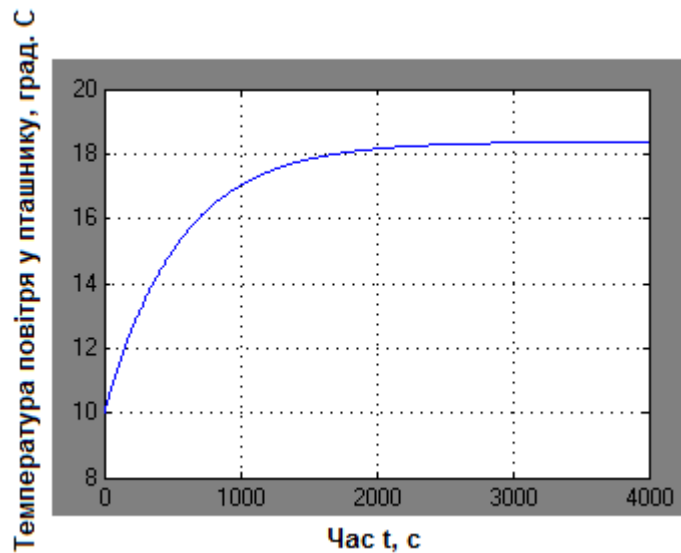


Рис. 2.4. Розгінна характеристика пташника для каналу "продуктивність системи обігріву – температура у пташнику"

2.3 Аналіз динаміки об'єкта керування та визначення його передатної функції

Оскільки основна увага в даній роботі приділяється системі локального обігріву, об'єктом керування у подальших розрахунках є частина простору пташника, що знаходиться під брудером, тобто зона локального обігріву під окремим брудером. Як буде показано далі, керування температурним режимом у зоні локального обігріву здійснюється за рахунок зміни споживаної потужності трубчастих електронагрівачів брудерів шляхом зміни напруги живлення відповідно до зміни температури навколишнього середовища.

Для визначення передатної функції зони локального обігріву для каналу "потужність ТЕНів брудера – температура під брудером" був використаний графічний метод [18]. Для цього розгінна характеристика, отримана за допомогою імітаційної моделі (рис. 2.3), була пронормована за виразом

$$y^0(t_i) = \frac{y(t_i) - y(t_0)}{y(\infty) - y(t_0)} = \frac{y(t_i) - 18}{32 - 18}. \quad (2.30)$$

Результати розрахунку занесені в таблицю (додаток А6), нормована крива розгону зони локального обігріву зображена на рис. 2.5.

Для статичних об'єктів передатна функція, отримана за кривою розгону, представляється у вигляді інерційної ланки із запізненням

$$W(s) = \frac{k_{OY} \cdot e^{-\tau_{OY} \cdot s}}{T_{OY} \cdot s + 1}, \quad (2.31)$$

де k_{OY} - коефіцієнт передачі об'єкта; T_{OY} - постійна часу об'єкта, що характеризує його інерційність, с; τ_{OY} - час чистого запізнення, с.

Чисельне значення постійної часу T_{OY} та часу запізнення τ_{OY} об'єкта знаходять за допомогою дотичної, яку проводять до точки перегину розгінної характеристики (рис. 2.5). Точка перегину відповідає середині відрізка часу, на якому спостерігається максимальний приріст ординати кривої розгону.

Коефіцієнт передачі об'єкта керування визначається за формулою:

$$k_{OY} = \frac{\Theta_k - \Theta_n}{P_k - P_n}, \quad (2.32)$$

де Θ_k та Θ_n – відповідно кінцева та початкова температура в зоні локального обігріву, °С;

P_k та P_n – відповідно кінцеве та початкове відносне значення потужності нагрівальних елементів (ТЕНів) брудера, %.

$$\Theta_k = 32^\circ\text{C}, \quad \Theta_n = 18^\circ\text{C}; \quad P_k = 100\%, \quad P_n = 0\%.$$

$$k_{OY} = \frac{32 - 18}{100 - 0} = 0,14 \left[\frac{^\circ\text{C}}{\% \text{ потужності нагріву.}} \right].$$

Постійну часу та час запізнення визначаємо з нормованої розгінної характеристики: $T_{OY} = 91$ с, $\tau_{OY} = 22$ с.

Передатна функція зони локального обігріву для каналу "температура під брудером – потужність електронагрівачів":

$$W_{ov}(s) = \frac{0,14}{91 \cdot s + 1} \cdot e^{-22 \cdot s}$$

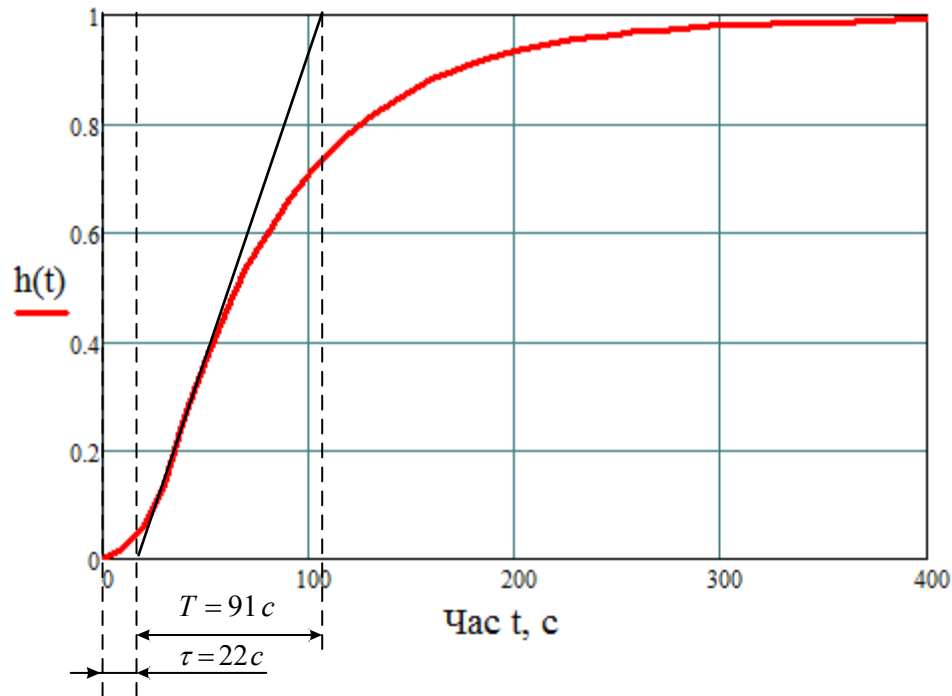


Рис. 2.5. Нормована розгінна характеристика зони локального обігріву для каналу " потужність брудерного нагріву – температура в зоні росту курчат "

2.4. Функціональна схема автоматизації технологічних процесів у промисловому пташнику для вирощування бройлерів

Функціональні схеми є основним технічним документом, що визначає функціонально-блочну структуру окремих вузлів автоматичного контролю, керування та регулювання технологічного процесу, оснащення об'єкту керування приладами та засобами автоматизації (в т.ч. засобами телемеханіки та комп'ютерної техніки).

Результатом складання функціональних схем є:

1. Вибір методів вимірювання технологічних параметрів.
2. Вибір основних технічних засобів автоматизації, що найбільш повно відповідають вимогам та умовам роботи об'єкта, що автоматизується.
3. Визначення типу приводу виконавчих механізмів, що автоматично або дистанційно керують регулюючими та запірними органами технологічного обладнання.
4. Розміщення комплексу технічних засобів автоматизації на щитах, пультах, технологічному обладнанні та трубопроводах і т.п., визначення способів відображення інформації про стан технологічного процесу та обладнання.

На рис. 2.6 зображена функціональна схема автоматизації технологічних процесів в промисловому пташнику для вирощування бройлерів.

На ній зображені 4 основні контури керування:

1 контур – контур керування обладнанням для вентиляції та загального обігріву повітря у пташнику. В залежності від температури повітря всередині пташника (датчик температури ТЕ (1-б)) автоматичний керуючий пристрій (TIRC (1-д)) формує сигнали керування виконавчими механізмами: теплогенератором для обігріву повітря (у холодну пору) та витяжними вентиляторами через частотний регулятор SIC (1-з), які працюють постійно. Мінімальна частота обертання вентиляторів відповідає мінімальній кратності вентиляції, яку необхідно забезпечити для нормальної життєдіяльності птиці.

2 контур – контур керування локальним обігрівом курчат (керування електробрудерами) у початковий період вирощування (1-30 доба).

3 контур – контур керування системою годівлі птиці.

4 контур – контур керування освітленням у пташнику. Система забезпечує керування освітленням за заданою програмою, а також забезпечує світлові режими "світанок" – "захід".

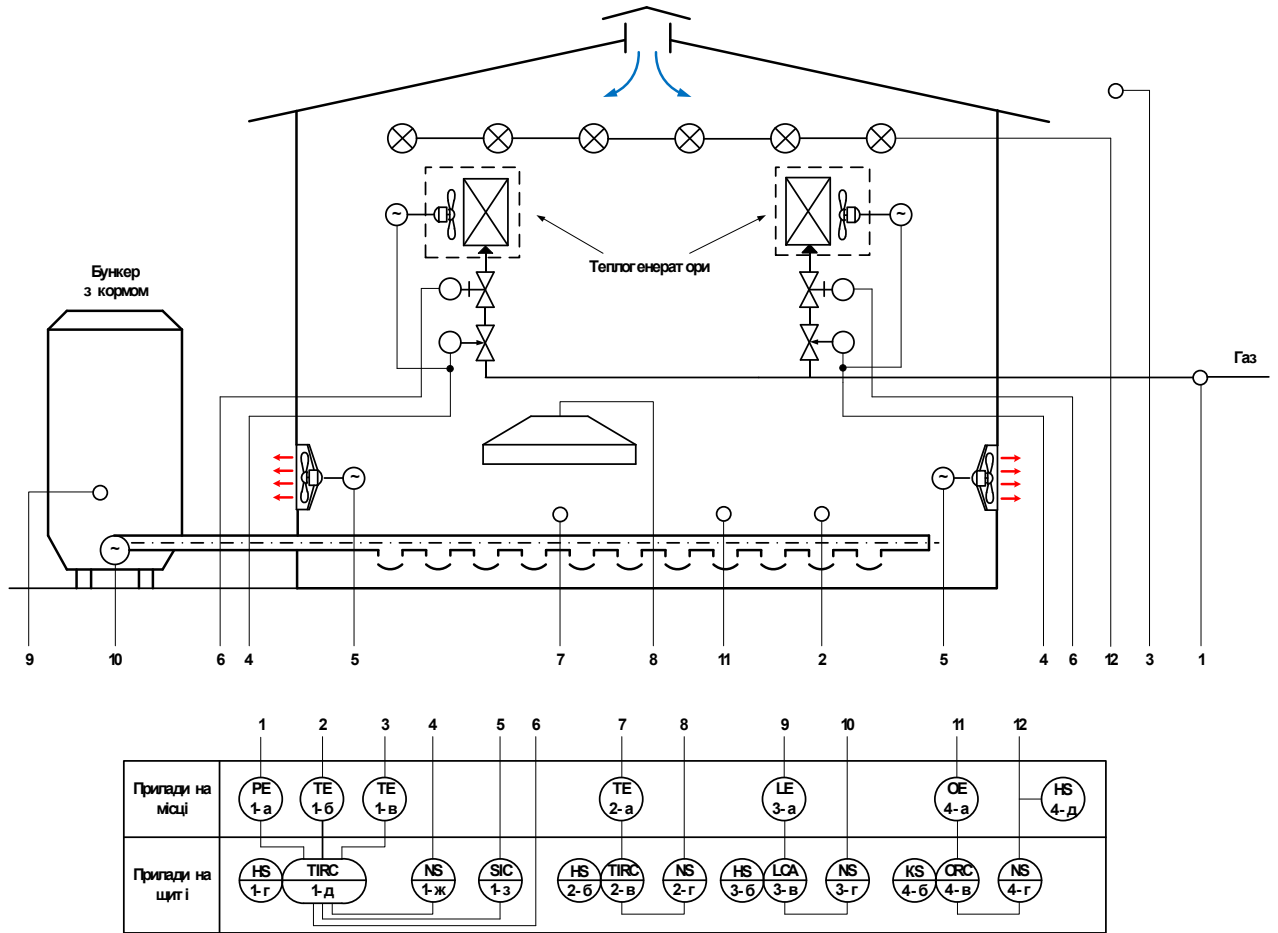


Рис. 2.6. Функціональна схема автоматизації виробничих процесів у промисловому пташнику для вирощування бройлерів

РОЗДІЛ 3

ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ

3.1. Вибір алгоритму керування брудерним обігрівом

Будь-яка система автоматичного керування складається з регулятора та об'єкта керування. Динамічні властивості останнього відіграють вирішальну роль при виборі найбільш ефективного алгоритму керування. Встановлено, що критерієм для правильного вибору алгоритму керування може служити значення відношення часу чистого запізнення об'єкта до його постійної часу, тобто $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}}$ [18]. Для цього передатна функція для статичного об'єкта повинна бу-

ти представлена у вигляді виразу (2.31). При виборі типу регулятора рекомендується орієнтуватися на величину відношення часу запізнення до постійної часу об'єкта керування $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}}$:

- якщо $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} < 0,2$, перевагу віддають позиційному (релейному) алгоритму керування, але можливе використання і неперервного алгоритму. Рішення приймається в залежності від технологічних вимог до процесу управління.

- якщо $0,2 < \frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} < 1,0$, перевагу віддають неперервному або цифровому алгоритму керування (П-, ПІ- або ПІД-алгоритм керування)

- якщо $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} > 1,0$, вибирають спеціальний цифровий регулятор з екстраполятором, який компенсує запізнювання в контурі керування.

Крім того, для обґрунтування алгоритму керування і вибору регулятора, який відповідає цьому алгоритму, необхідно знати не тільки властивості об'єкта та вимоги до технологічного процесу, але й деякі конструктивні особливості самих регуляторів. Промислові регулятори реалізують алгоритм керування з певною похибкою, що обов'язково повинно враховуватись при виборі усіх технічних засобів, що входять до складу системи автоматичного керування.

В даному випадку передатна функція зони локального обігріву у пташнику для каналу керування брудерним обігрівом $W_{OY}(s) = \frac{0,14}{91 \cdot s + 1} \cdot e^{-22 \cdot s}$, при цьому відношення $\frac{\tau_{OY}}{T_{OY}} = \frac{22}{91} = 0,242$, тому необхідно використати неперервний алгоритм керування.

Відомо, що перехідний процес в САК характеризується часом регулювання t_p , перерегулюванням σ , максимальним динамічним відхиленням y_1 та статичною похибкою. При використанні різноманітних алгоритмів керування для одного і того ж об'єкта не вдається добитися одночасної мінімізації відомих показників.

В цьому випадку САК прийнято настроювати одним із трьох типових перехідних процесів: аперіодичний, із 20%-м перерегулюванням, із мінімальним інтегральним показником якості.

Методика вибору найкращого алгоритму керування для певного об'єкта полягає у визначенні динамічного коефіцієнта регулювання.

Для статичних об'єктів:

$$R_D = \frac{y_1}{K_{OY} \cdot y_{МАКС}}, \quad (3.1)$$

де K_{OY} – коефіцієнт передачі об'єкта керування;

$y_{МАКС}$ – максимально допустиме збурення по навантаженню, в % ходу РО;

y_1 – максимальне динамічне відхилення, %.

Проведемо розрахунки за умов наступних значень показників якості:

- максимальне динамічне відхилення $y_1 = 1,5\%$;
- статична похибка $\Delta y = 1,5^\circ\text{C}$;
- допустимий час регулювання $t_p = 300$ с;
- перерегулювання за збуренням $\sigma = 0,2$;
- допустиме можливе значення збурення за навантаженням (y % переміщення регульовального органу) $y_{\text{МАКС}} = 30\%$.

За вихідними значеннями величина динамічного коефіцієнту

$$R_d = \frac{1,5}{0,14 \cdot 30} = 0,357.$$

Вибираємо для даного об'єкта перехідний процес із 20% перерегулюванням.

За графічними залежностями [18] (Додаток Б1), визначаємо алгоритм керування – це ПІ-алгоритм.

Перевіримо, чи забезпечуватиметься при цьому необхідний час регулювання за виразом

$$t = \psi \cdot \tau, \quad (3.2)$$

де ψ - відносний час регулювання, для статичного об'єкту із ПІ-алгоритмом керування $\psi = 12$ [18] (Додаток Б2).

Тоді $t_{P,PI} = \psi \cdot \tau = 12 \cdot 22 = 264$, видно, що $264 < 300$, тобто необхідний час регулювання забезпечується.

Перевіримо на виникнення при цьому статичної похибки.

За графічними залежностями [18], визначаємо

$$\frac{\Delta y}{k_{OY} \cdot y_{\text{МАКС}}} = 0,32, \quad \Delta y = k_{OY} \cdot y_{\text{МАКС}} \cdot 0,15 = 0,14 \cdot 30 \cdot 0,32 = 1,34^\circ\text{C}.$$

Умова $1,34^\circ\text{C} < 1,5^\circ\text{C}$ виконується, тобто ПІ-алгоритм керування задовольняє технологічні вимоги.

3.2. Технічна реалізація алгоритму керування брудерним обігрівом

3.2.1. Вибір промислових пристроїв керування

У роботі [10] обґрунтовано можливість за певних умов створити централізовану систему керування локальним обігрівом у пташнику без вимірювання температури під кожним окремим брудером. Ця умова є наступною: датчик температури необхідно встановити під таким брудером, під яким значення температури та кратності повітрообміну є середніми по всьому пташнику.

Враховуючи цю можливість, а також завдання на дипломний проект, за яким необхідно використати технічні засоби фірми ОВЕН, структурна схема комп'ютерно-інтегрованої системи керування температурним режимом вирощування курчат матиме наступний вигляд (рис. 3.1).

Система складається з:

- програмно-логічного контролера ПЛК 110 ОВЕН;
- двох трифазних регуляторів потужності DRU3 MEYERTEC;
- двох (робочого і аварійного) датчиків температури – термометрів опору ДТС125Л ОВЕН;
- мережевого шлюзу ПМ 210 ОВЕН.

Система працює наступним чином. Програмно-логічний контролер ПЛК110 отримує сигнал від датчиків температури ДТС125Л, і в залежності від отриманих значень формує сигнали керування регуляторами потужності DRU3, які здійснюють плавне керування споживаною потужністю ТЕНів електробрудерів, змінюючи температуру під ними. За допомогою мережевого шлюзу ПМ 210, що з'єднаний із ПЛК через інтерфейс RS-485, здійснюється передача даних до пристроїв верхнього рівня та хмарного сервісу OwenCloud, що надається фірмою ОВЕН безкоштовно і має широкі можливості.

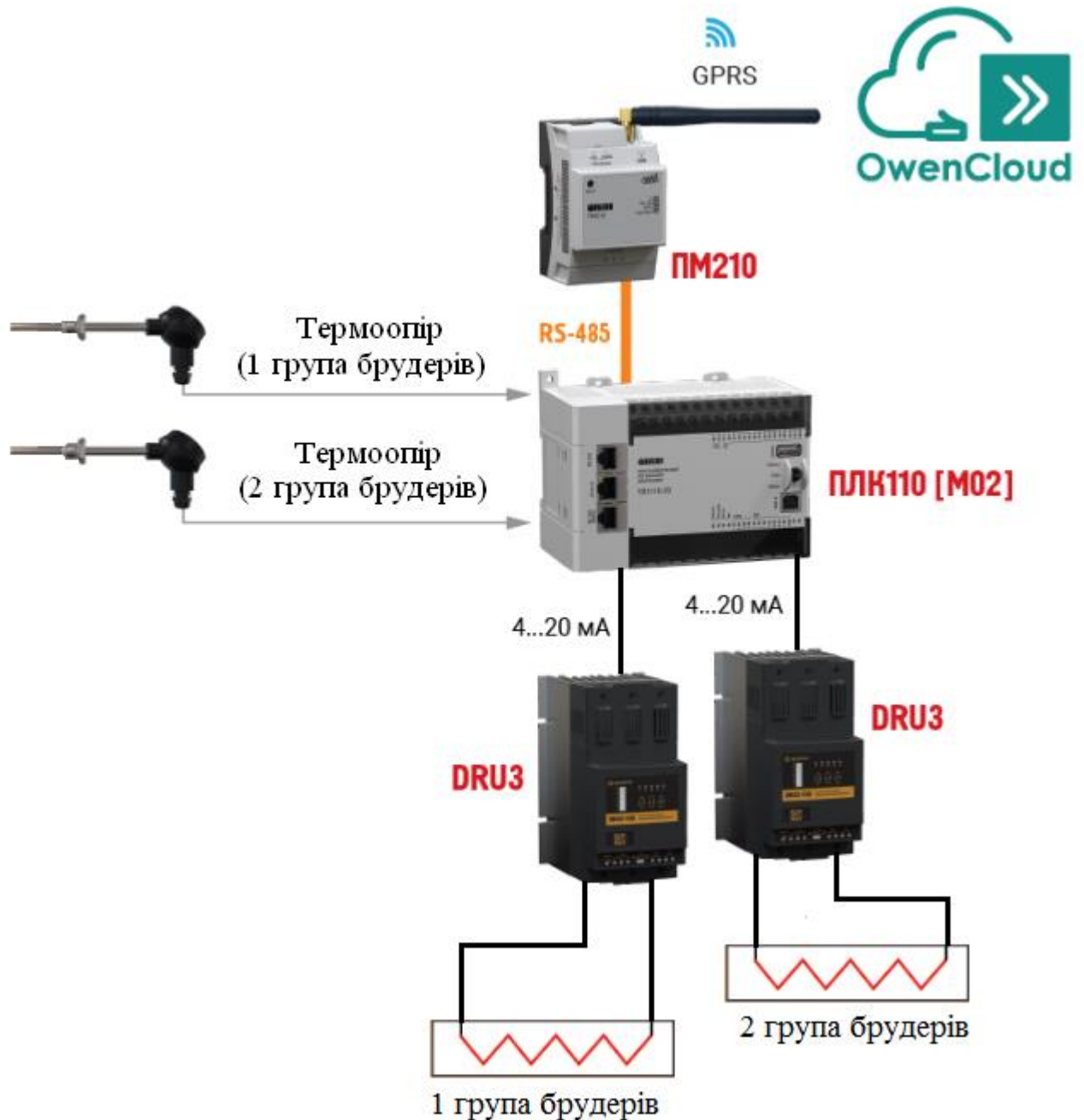


Рис. 3.1. Структурна схема комп'ютерно-інтегрованої САК температурним режимом вирощування курчат

ПЛК110 ОВЕН (рис. 3.2) – лінійка програмованих моноблочних контролерів із дискретними входами/виходами на борту, що призначені для побудови систем автоматизації середнього рівня і розподілених систем: для керування кліматичним обладнанням; для використання в АСУ водоканалів та у лініях дерево- та металопереробки; для керування харчопереробними та

пакувальними апаратами; для керування малими станками та механізмами; для автоматизації торгівельного обладнання; у сфері виробництва будівельних матеріалів.



Рис. 3.2. ПЛК 110 ОВЕН

ПЛК110 ОВЕН має наступні переваги:

- наявність вбудованих дискретних входів/виходів;
- наявність швидкісних входів для обробки енкодерів;
- ведення архіву роботи обладнання або робота за попередньо обумовленими сценаріями при підключенні до контролера USB-накопичувачів;
- зручне і просте програмування у системі CODESYS v.2 через порти USB Device, Ethernet, RS-232 Debug;
- передача даних на верхній рівень через Ethernet або GSM-мережі (GPRS);
- наявність двох виконань за напругою живлення (220 та 24 В);
- 4 послідовних порти (RS-232, RS-485) для збільшення кількості входів-виходів, керування перетворювачами частоти та підключення панелей операторів, GSM-модемів, зчитувачів штрих-кодів та ін.

Технічні характеристики ПЛК 110 ОВЕН наведені в Додатку В1.

Для підключення до хмарного сервісу OwenCloud використовується мережевий шлюз ОВЕН ПМ210 (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Мережевий шлюз ПМ210 ОВЕН з можливістю встановлення віддаленої GSM антени АНТ-2 із кабелем довжиною 2,5м

Мережевий шлюз ПМ210 призначений для підключення приладів ОВЕН, що мають інтерфейс RS-485, до хмарного сервісу OwenCloud по GPRS-каналю. Шлюз не вимагає додаткової настройки і готовий до використання з хмарним сервісом OwenCloud. Для зв'язку із мережею Internet використовується мережа стільникового (мобільного) зв'язку стандарту GSM. Для ідентифікації терміналу в хмарному сервісі використовується miniSIM-карта від оператора стільникового зв'язку.

Хмарний сервіс OwenCloud дозволяє легко підключити до нього прилади ОВЕН і отримати можливість контролювати і управляти ними в будь-який час з будь-якого місця. Дані про результати вимірювань приладів зберігаються на сервері до 90 днів у вигляді архіву і доступні для перегляду в табличному і графічному вигляді. За потребою дані можуть бути збережені в файл .xlsx за допомогою функції "Експорт в Excel".

Технічні характеристики ПМ210 ОВЕН наведені в Додатку В2.

Трифазні регулятори потужності DRU3 MEYERTEC (рис. 3.4) призначені для плавного управління потужністю, що передається з мережі до навантаження. Управління здійснюється від вхідного аналогового сигналу або у ручному режимі.

Регулятори потужності DRU3 найчастіше використовуються для керування ТЕНами, інфрачервоними нагрівачами, а також для плавного керування потужними лампами розжарювання. Крім того, ці регулятори знайшли широке використання в автоматизованих системах управління технологічними процесами у різноманітних галузях промисловості: металургія, харчова промисловість, сушка, екструзія, термообробка та плавлення скла, потужні напівпровідники, нафтохімія.



Рис. 3.4. Трифазний регулятор потужності DRU3 MEYERTEC:
а – з природним охолодженням, б – із примусовим охолодженням

Регуляторам потужності DRU3 притаманні наступні переваги:

- широкий модельний ряд трифазних регуляторів потужністю 25...200А, напругою 200...440В;

- точне управління навантаженням – приведена похибка приладу не перевищує 1%;
- лінеаризація залежності вихідної напруги або потужності від вхідного сигналу;
- ручне управління за місцем або автоматичне керування навантаженням від аналогового сигналу: 4...20 мА, 0...5 В, 0...10 В;
- наявність швидкодіючого запобіжника у кожній фазі регулятора для забезпечення захисту від коротких замикань.

Основний алгоритм управління регулятором потужності – фазовий. Регулювання потужності здійснюється зміною кута (фази) відкриття тиристора. У цьому випадку потужність у навантаженні пропорційна часу відкритого стану тиристора всередині напівперіоду мережевої напруги (рис. 3.5).

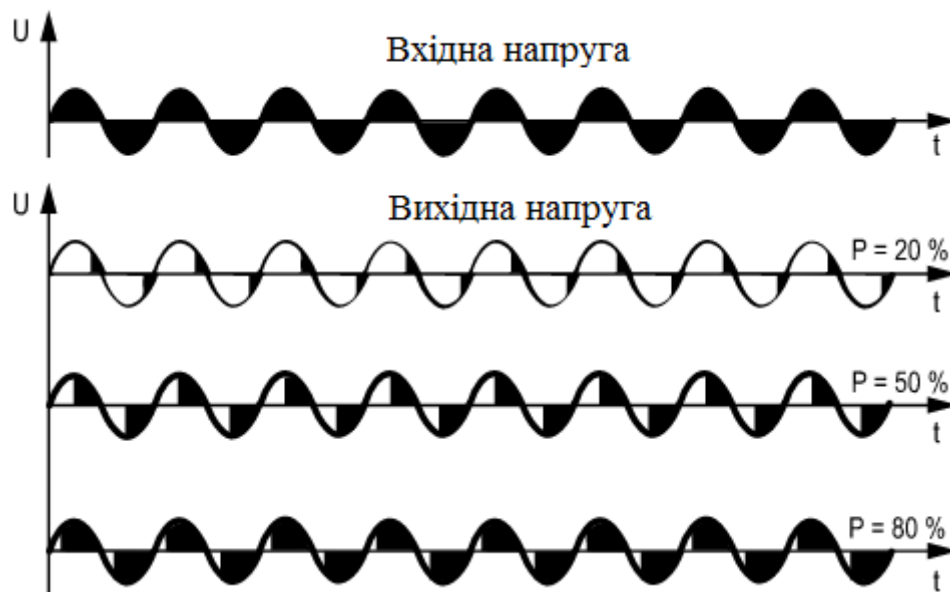


Рис. 3.5. Фазовий метод регулювання потужності пристроєм DRU3

Навантаження до регуляторів потужності DRU3 вмикається за схемами "зірка без нейтралі" та "трикутник" (рис. 3.6).

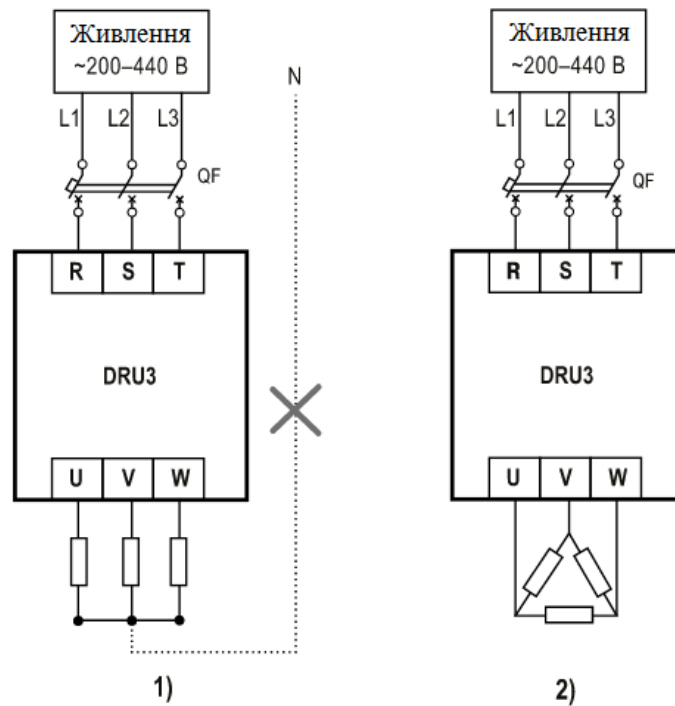


Рис. 3.6. Підключення мережі та навантаження до регулятора потужності DRU3 MEYERTEC: 1) – за схемою "зірка без нейтралі", 2) – за схемою "трикутник"

Технічні характеристики регулятора потужності DRU3 MEYERTEC наведені в Додатку В3.

Модифікація приладу вибирається виходячи із розрахункового номінального струму приладу (таблиця 3.1), що визначається за виразом

$$I_{розр} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{л}} = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 22,8 \text{ A}, \quad (3.3)$$

P – номінальна потужність навантаження, Вт; оскільки до кожного регулятора потужності підключено 15 брудерів потужністю 1 кВт кожний (на кожну фазу припадає 5 брудерів, з'єднаних послідовно), потужність навантаження $P = 15000$ Вт;

$U_{л}$ – номінальна напруга трифазної мережі живлення (380 В).

Отже, для даної САК брудерним обігрівом необхідно використати два регулятора потужності модифікації DRU3-40.

Таблиця вибору модифікації приладу DRU3 MEYERTEC

Номінальний струм навантаження, А	Модифікація приладу DRU3 MEYERTEC
16	DRU3-25
25	DRU3-40
50	DRU3-75
63	DRU3-100
80	DRU3-125
100	DRU3-150
125	DRU3-200

3.2.2. Обґрунтування вибору датчика температури

До датчиків систем керування висуваються наступні вимоги: лінійність і однозначність статичної характеристики (допустима нелінійність не повинна перевищувати 0,1...3,0%); висока чутливість; стабільність характеристик у часі; швидкодія; стійкість до хімічних впливів контролюючого і навколишнього середовища (первинні перетворювачі, розміщені у захисній оболонці); мінімальний зворотній вплив на контролюючий параметр та зручність монтажу і обслуговування.

Датчики, що входять до складу регулятора, вибирають в два етапи: на першому етапі за типом контрольованого параметра об'єкта керування та умовами його роботи визначається різновид перетворювача; на другому етапі, після вибору всіх елементів регулятора за каталогами, знаходять його типорозмір.

Датчик рекомендується підбирати таким чином, щоб межі його вимірювання охоплювали діапазон зміни контрольованої ним величини і були якнайближчими до них, не забуваючи про необхідність забезпечення необхідної перевантажувальної здатності і про можливість його підключення до обраного електронного керуючого пристрою регулятора. При цьому особливу увагу не-

обхідно приділяти швидкодії (інерційності) датчика, яка характеризується його постійною часу.

Так, при обґрунтуванні вибору датчика температури в пташнику під брудером необхідно в першу чергу звернути увагу на те, вимірювання якого діапазону зміни температури відповідно до технологічних умов він повинен забезпечити. Діапазон температури під брудером у період вікового розвитку бройлерів складає $+35^{\circ}\text{C} \dots 25^{\circ}\text{C}$ (таблиця 1.1, розділ 1).

Для того, щоб датчик у процесі вимірювання температури на заданому рівні не вносив недопустиму динамічну похибку вимірювання, його постійна часу T_{CE} повинна бути на порядок меншою від постійної часу об'єкта T_{OY} .

Постійна часу об'єкта $T_{OY} = 91$ с. З огляду на сказане, постійна часу датчика повинна бути не більше $(91/10) = 9$ с.

Враховуючи вимоги за діапазоном вимірювання та інерційністю, а також особливості підключення датчиків температури до програмно-логічних контролерів ОВЕН ПЛК110, для вимірювання температури під брудером обраний термоперетворювач опору загально-промислового виконання ОВЕН ДТС125Л, технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.2.

Термоперетворювачі ОВЕН ДТС125Л (ДСТУ 2858-94) (рис. 3.7) призначені для роботи із контролерами ОВЕН ПЛК, з пристроями ОВЕН ТРМ133, ТРМ148, ТРМ151, МВА8, а також сумісні із контролерами інших вітчизняних та закордонних виробників.

Термоперетворювачі з уніфікованим вихідним сигналом типу ОВЕН ДТС125Л призначені для неперервного перетворювання температури повітря в автоматизованих системах вентиляції, опалення та кондиціонування повітря у пропорційний струмовий сигнал 4-20 мА дистанційної передачі. Датчик складається із вбудованого в головку вимірювального перетворювача із вихідним сигналом 4-20 мА та термозонду.

Таблиця 3.2.

Технічні характеристики термоперетворювача опору ОВЕН ДТС125Л

Характеристика	Значення	
	ДТС125	ДТС125Л
Діапазон вимірюваних температур, °С	-50...+100	-40...+85
Показник теплової інерції, с	10...30	8
Клас допуску за ДСТУ 6651	В	А,В,С
Номинальна статична характеристика (НСХ)	50М, 100М 100П, Pt100	
Клас точності	0,5%, 1,0% (50М, 100М) 0,25%, 0,5% (100П, Pt100)	
Кількість чутливих елементів, шт.	1	
Схема внутрішніх з'єднань провідників	двохпровідна	двохпровідна, трьохпровідна, чотирьох- провідна
Матеріал захисної арматури	сталь 12х1810Т	
Ступінь захисту за ГОСТ14254	IP54, IP65, IP67	
Середнє напрацювання на відмову при номінальній температурі експлуатації, годин, не менше	32000	
Середній строк служби, років, не менше	8	

Вимірюваний параметр – температура – лінійно перетворюється термочутливим елементом у пропорційну зміну омичного опору, який, в свою чергу, перетворюється вимірювальним перетворювачем у струмовий вихідний сигнал.

Для визначення передатної функції термоопору скористаємось його номінальною статичною характеристикою (рис. 3.8).



Рис. 3.7. Термоперетворювач опору з уніфікованим вихідним сигналом ОВЕН ДТС125

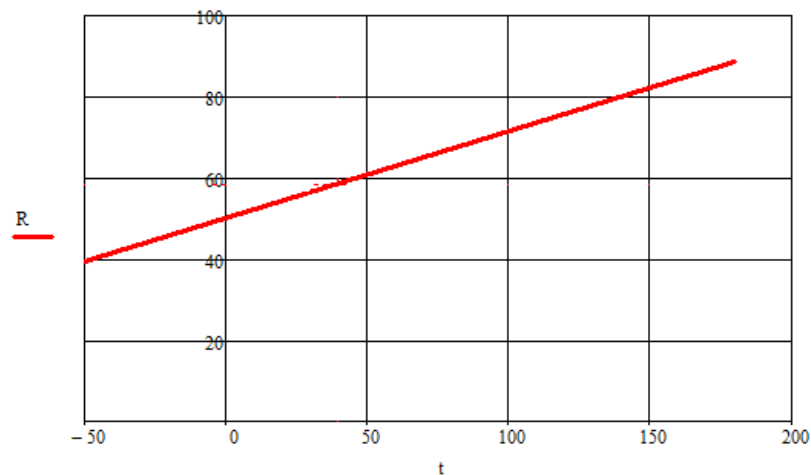


Рис. 3.8. Номінальна статична характеристика термоперетворювача опору ОВЕН ДТС125Л (НСХ 50М)

За динамічними властивостями датчик є інерційною ланкою, передатна функція якого має вигляд $W_{CE}(s) = \frac{k_{CE}}{T_{CE} \cdot s + 1}$.

Коефіцієнт передачі k_{CE} (чутливість), визначається за формулою

$$k_{CE} = \frac{k_{ПДС} \cdot \Delta I}{\Delta T} = \frac{10 \cdot (20 - 4)}{85 - (-40)} = 1,28 \text{ mA}/^\circ\text{C} \quad (3.4)$$

де ΔT – різниця значень вимірюваних датчиком температур, °C (таблиця 3.2);

ΔI – різниця струмів, що відповідає значенням температур в робочому діапазоні, mA;

$k_{\text{ПДС}}$ – коефіцієнт підсилення сигналу датчика температури модулем аналогового вводу, через який датчик під'єднується до ПЛК110 ОВЕН.

$$k_{\text{ПДС}} = 10 [32].$$

Враховуючи, що показник теплової інерції сприймаючого елемента складає 8 с (таблиця 3.2), передатна функція датчика ОВЕН ДТС125Л

$$W_{CE}(s) = \frac{k_{CE}}{T_{CE} \cdot s + 1} = \frac{1,28}{8 \cdot s + 1}.$$

3.2.3. Вибір виконавчого механізму САК та визначення його передатної функції

Як виконавчий механізм у системі керування брудерним обігрівом курчат використовуються 4 двохкінцевих трубчастих електронагрівача (ТЕНи), які симетрично з чотирьох боків змонтовані всередині кожного з брудерів. ТЕНи призначені для перетворення електричної енергії в теплову за допомогою конвекції, теплопровідності та випромінювання.

Трубчасті електронагрівачі мають ряд переваг над іншими видами нагрівачів:

- температура ТЕНа пропорційна напрузі живлення;
- стійкі до вібрацій та ударних навантажень;
- існує можливість їх експлуатації в безпосередньому контакті із середовищем, що нагрівається: газ, рідина, тверді частини;
- мають різноманітні форми конструкції;
- відсутня електрична енергія на поверхні оболонки ТЕНа.
- середній час напрацювання становить близько 10 000 годин.

Для швидкого розігріву повітря та підтримка заданої температури у підбрудерній зоні використовуються 4 трубчастих U-подібних двохкінцевих електронагрівача ТЭН-50В12/0,25К220 потужністю 0,25 кВт кожний, технічні характеристики яких, згідно структури умовного позначення, є наступними: розгорнута довжина 50см; діаметр 12мм; потужність 0,25 кВт; для повітряного середовища, оболонка із нержавіючої сталі; напруга живлення 220В; вага 0,25кг.

Передатна функція ТЕНу є інерційною ланкою $W_{BM}(s) = \frac{k_{BM}}{T_{BM} \cdot s + 1}$.

де k_{BM} – передатний коефіцієнт, що визначається як:

$$k_{BM} = \frac{P_{\max}}{U_{\max}} = \frac{250}{220} = 1,14 \frac{Вт}{В}; \quad (3.5)$$

T_{BM} - постійна часу, визначається як

$$T_{BM} = \frac{G \cdot c}{\lambda \cdot S}, \quad (3.6)$$

де c – питома теплоємність, Дж/(°С·кг); для сталі $c = 260$ Дж/(°С·кг);

λ – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(°С·м²); $\lambda = 70$ Вт/(°С·м²);

G – вага ТЕНу, кг;

S – площа поверхні трубки, м²;

$$S = \pi \cdot D \cdot l. \quad (3.7)$$

$$\text{Тоді } T_{BM} = \frac{0,25 \cdot 260}{70 \cdot 3,14 \cdot 0,012 \cdot 0,5} = 39 \text{ с.}$$

Передатна функція ТЕНу як виконавчого механізму

$$W_{BM}(s) = \frac{k_{BM}}{T_{BM} \cdot s + 1} = \frac{1,14}{39 \cdot s + 1}.$$

Оскільки при розробці математичної моделі (розділ 2) при визначенні динамічних властивостей підбрудерного простору враховані надходження теплоти від електронагрівачів, у подальших розрахунках отриману передатну функцію не враховуємо.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Цифрові системи керування – це системи, в яких безперервні сигнали перетворюються в цифрові коди і керування здійснюється з використанням алгоритмів обробки цифрової інформації.

Цифрові системи керування 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.

4.1. 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 завантаження мікроЕОМ масивами інформації. 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 ω_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 ω_c рад/с, він повністю описується своїми значеннями, виміряними у дискретні моменти часу за інтервалом $T_k = \pi/\omega_c$.

Визначення передатної функції неперервної частини розімкнутої системи

$$W_{PO3}^{HQ}(s) = \frac{k_{CE}}{T_{CE} \cdot s + 1} \cdot \frac{k_{OY}}{T_{OY} \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau \cdot s} = \frac{k_{CE} \cdot k_{OY} \cdot e^{-\tau \cdot s}}{T_{CE} \cdot T_{OY} \cdot s^2 + (T_{CE} + T_{OY}) \cdot s + 1} \quad (4.1)$$

$$W_{PO3}^{HQ}(s) = \frac{0,18 \cdot e^{-22 \cdot s}}{728 \cdot s^2 + 99 \cdot s + 1}.$$

Передатна функція замкненої неперервної частини

$$W_{3AM}^{HQ}(s) = \frac{W_{PO3}^{HQ}(s)}{1 + W_{PO3}^{HQ}(s)}. \quad (4.2)$$

$$W_{PO3}^{HQ}(s) = \frac{0,18 \cdot e^{-22 \cdot s}}{(728 \cdot s^2 + 99 \cdot s + 1) + 0,18 \cdot e^{-22 \cdot s}}.$$

У результаті розв'язання рівняння

$$A(\omega) = \frac{k_{CE} \cdot k_{OY}}{\sqrt{(-T_{CE} \cdot T_{OY} \cdot \omega^2 + 1 + k_{CE} k_{OY})^2 + (T_{CE} \cdot T_{OY})^2 \cdot \omega^2}} = 0,01. \quad (4.3)$$

Скориставшись математичним пакетом Mathcad, отримаємо значення частоти (рис. 4.1) та періоду квантування.

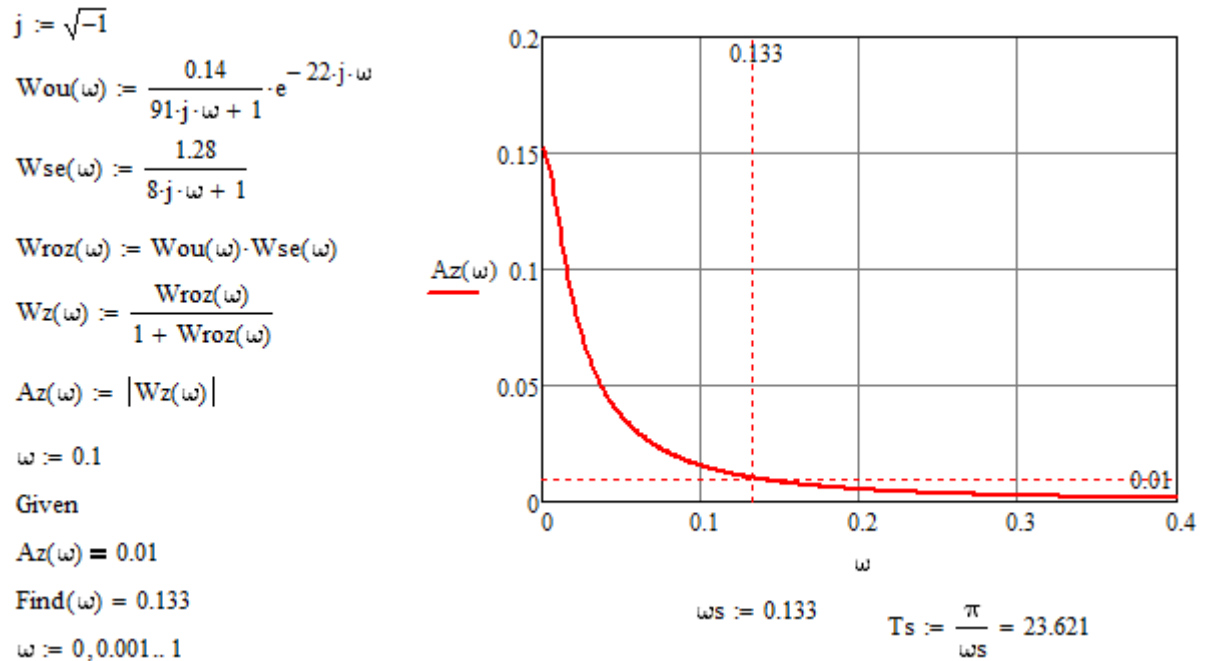


Рис. 4.1. Визначення періоду квантування ЦСК у пакеті Mathcad

$$\omega_c = 0,133.$$

Період квантування

$$T_K = \frac{\pi}{\omega_c} = 23,6 \text{ с.} \quad (4.4)$$

4.2. Визначення показників якості роботи цифрової системи керування

Аналогічно з неперервними системами, в цифрових системах можна реалізувати ПІ-алгоритм керування (рис 4.2).

Синтез ПІ-регулятора полягає у знаходженні параметрів K_p, K_i .

Параметр інтегральної складової регулятора, який залежить від добротності за швидкістю K_v неперервної частини, визначається за виразом

$$K_i = \frac{K_v}{\lim_{z \rightarrow 1} W_{\text{н.ч.}}(z)} \quad (4.5)$$

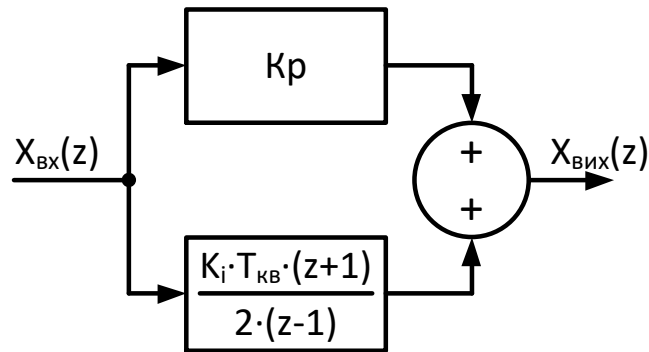


Рис. 4.2. Структурно-алгоритмічна схема цифрового ПІ-регулятора:
 K_p , K_i – параметри відповідно пропорційної та інтегральної складових ПІ-регулятора, $T_{\text{кв}}$ – період квантування

Добротність за швидкістю визначається залежно від постійної часу об'єкта (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Визначення добротності за швидкістю

T_o, c	K_v
~1	3...10
~10	0,3...1
~100	0,01...0,04
~1000	0,004...0,012

Згідно з таблицею $K_v = 0,025$, оскільки $T_{oy} = 91$ с.

Для визначення передатної функції $W_{\text{н.ч.}}(z)$ застосовуємо пакет імітаційного моделювання MATLAB (Лістинг 4.1), використовуючи операції завдання передатної функції неперервної системи $w = \text{tf}([K_o], [T_v \cdot T_o \ T_v + T_o \ 1])$

та Z-перетворення неперервної передаточної функції на дискретну $wz=c2d(w,T_K)$, де w – змінна, що отримала вираз неперервної передаточної функції, T_K – період квантування.

```

>> Wou=tf([0.14],[91 1], 'OutputDelay',22)
Transfer function:
      0.14
exp(-22*s) * -----
      91 s + 1

>> Wce=tf([1.28],[8 1])
Transfer function:
      1.28
-----
      8 s + 1

>> W=Wou*Wce
Transfer function:
      0.1792
exp(-22*s) * -----
      728 s^2 + 99 s + 1

>> Wz=c2d(W,23.6)
Transfer function:
0.0002933 z^2 + 0.03046 z + 0.008044
-----
      z^3 - 0.8239 z^2 + 0.04038 z

Sampling time: 23.6

```

Лістинг 4.1. Z-перетворення неперервної частини розімкненої САК у MATLAB

При синтезі ПІ-регулятора ми нехтуємо малою постійною часу CE, оскільки ПІ-регулятор компенсує лише один полюс Z-перетворення неперервної частини:

```

>> Wou=tf([0.14],[91 1])

Transfer function:
      0.14
-----
      91 s + 1

>> Wouz=c2d(Wou,23.6)

Transfer function:
      0.03198
-----
      z - 0.7716

Sampling time: 23.6

```

Лістинг 4.2. Полюс Z-перетворення неперервної частини, що компенсується регулятором у MATLAB

Тоді

$$K_i := \frac{0.025}{\left(\frac{0.0002933 \cdot 1^2 + 0.03046 \cdot 1 + 0.008044}{1^3 - 0.8239 \cdot 1^2 + 0.04038 \cdot 1} \right)} = 0.179$$

Після знаходження K_i параметр K_p визначаємо таким чином, щоб компенсувати полюс Z -перетворення неперервної частини системи.

Передаточна функція ПІ-регулятора має вигляд:

$$\begin{aligned} W_{\text{ПІ}}(z) &= \frac{K_i \times T z + 1}{2} \frac{1}{z - 1} = \frac{2 \times K_p \times z - 2 \times K_p + K_i \times T \times z + K_i \times T}{2z - 2} = \\ &= \frac{(2 \times K_p + K_i \times T)z + (K_i \times T - 2 \times K_p)}{2(z - 1)} = \\ &= \frac{(2 \times K_p + K_i \times T) \left[z + \frac{K_i \times T - 2 \times K_p}{2 \times K_p + K_i \times T} \right]}{2(z - 1)} \end{aligned} \quad (4.6)$$

Для компенсації полюсу необхідно знайти такий K_p , який би задовольняв рівняння:

$$\begin{aligned} K_p &:= 1 \\ \text{Given} \\ \frac{K_i \cdot T_s - 2 \cdot K_p}{K_i \cdot T_s + 2 \cdot K_p} &= -0.7716 \\ \text{Find}(K_p) &= 16.357 \end{aligned}$$

Лістинг 4.3. Знаходження параметра K_p цифрового ПІ-регулятора у пакеті Mathcad

Для дослідження показників якості роботи цифрової системи використана модель у пакеті імітаційного моделювання MATLAB/Simulink (рис. 4.3) та отримаємо перехідний процес цифрової системи з ПІ-регулятором (рис. 4.4).

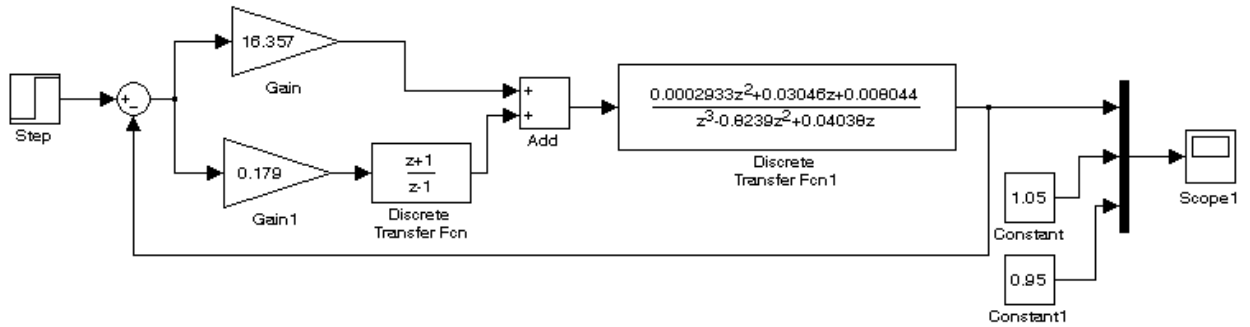


Рис. 4.3. Структурно-алгоритмічна схема цифрової системи керування брудерним обігрівом у пакеті імітаційного моделювання MATLAB/Simulink

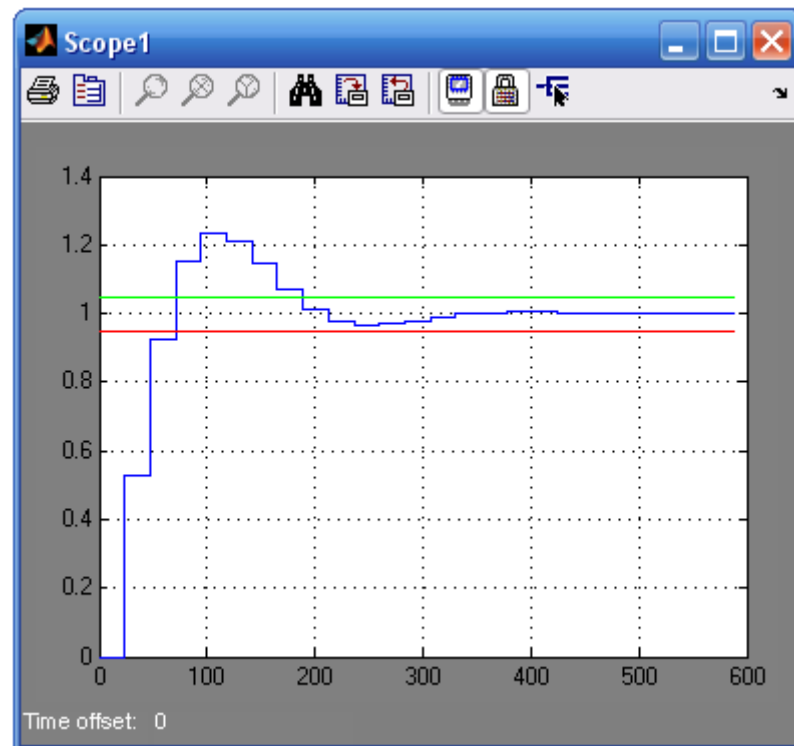


Рис. 4.4. Перехідний процес цифрової САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів

За характером перехідного процесу видно, що система є стійкою із наступними показниками якості роботи:

Час регулювання $t_p = 180$ с; перерегулювання $\sigma = 22\%$; коливальність $n=1$; відсутня статична похибка. Ці показники задовольняють технологічні вимоги вирощування курчат бройлерів із брудерним обігрівом.

РОЗДІЛ 5

СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1. Розробка схеми електричної принципової САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів із відповідним програмним забезпеченням

Схема електрична принципова комп'ютерно-інтегрованої системи керування температурним режимом брудерного обігріву курчат у пташнику для вирощування бройлерів зображена на аркуші №2 графічної частини дипломного проекту.

Для технічної реалізації керування температурою повітря під брудерами використовується програмно-логічний контролер **ПЛК110-30 [MO2]** фірми ОВЕН (**D1**). Інформація про температуру повітря під відповідною групою брудерів від датчиків температури **ОВЕН ДТС125Л (D3-4)** через модуль аналогового введення **МВ110-224.8А (D2)** передається до ПЛК110 з використанням протоколу MODBUS через інтерфейсу RS-485. У відповідності до встановленого значення температури, яке залежить від віку птиці (таблиця 1.1, розділ 1), ПЛК реалізує ПІ-алгоритм регулювання температури повітря під брудером, надсилаючи сигнал керування на через модуль аналогового виведення **МУ110-224.6У (D5)** на регулятори потужності **DRU3-40 (U1, U2)**. Трифазні регулятори потужності DRU3-40 здійснюють безпосереднє керування температурою під брудерами. До кожного з регуляторів потужності підключена група чисельністю 15 брудерів. Від кожної з фаз живиться по 5 брудерів, з'єднаних послідовно.

Для дистанційного моніторингу, передачі даних на верхній рівень системи керування та збереження даних на хмарному сервісі OwenCloud

служує мережевий шлюз **ПМ210 (D6)**, який з'єднується з ПЛК із використанням протоколу MODBUS через інтерфейс RS-485.

Трифазні регулятори потужності DRU3-40 (**U1, U2**) від струмів короткого замикання захищаються автоматичними вимикачами **QF1** та **QF2** відповідно. Пристрої керування від струмів короткого замикання захищені автоматичним вимикачем **QF4**.

У системі брудерного обігріву передбачене освітлення простору під кожним з брудерів компактними люмінесцентними лампами DELUX T2 Full Spiral 15 W 4100K E27 із "теплим" спектром випромінювання потужністю 15 Вт кожна (**HL11-HL25** – освітлення під електробрудерами 1 групи, **HL26-HL40** – відповідно, освітлення під брудерами другої). Подача живлення на вказані групи ламп освітлення здійснюється електромагнітними пускачами **KM1** та **KM2** із захистом від струмів короткого замикання за допомогою автоматичного вимикача **QF3**.

Основний алгоритм роботи програми можна описати наступною блок схемою (рис. 5.1). При натисканні кнопки SB3 (%DI1) програма встановлює змінну PR на виконання (TRUE), що означає циклічне відтворення внутрішнього алгоритму до появи команди стоп від кнопки SB4 (%DI2). Постійно проводиться опитування даних, які надходять з аналогових входів (температура першої групи брудерів (temp01), температура другої групи брудерів (temp02), значення уставки температури (tust)), та вмикається освітлення в брудерах (%DO1=TRUE, %DO2=TRUE). Отримані значення передаються до ПІ-регулятора, який розраховує керуючу дію та передає її на аналогові виходи (%AO1, %AO2), які керуються напругою 0...10 В.

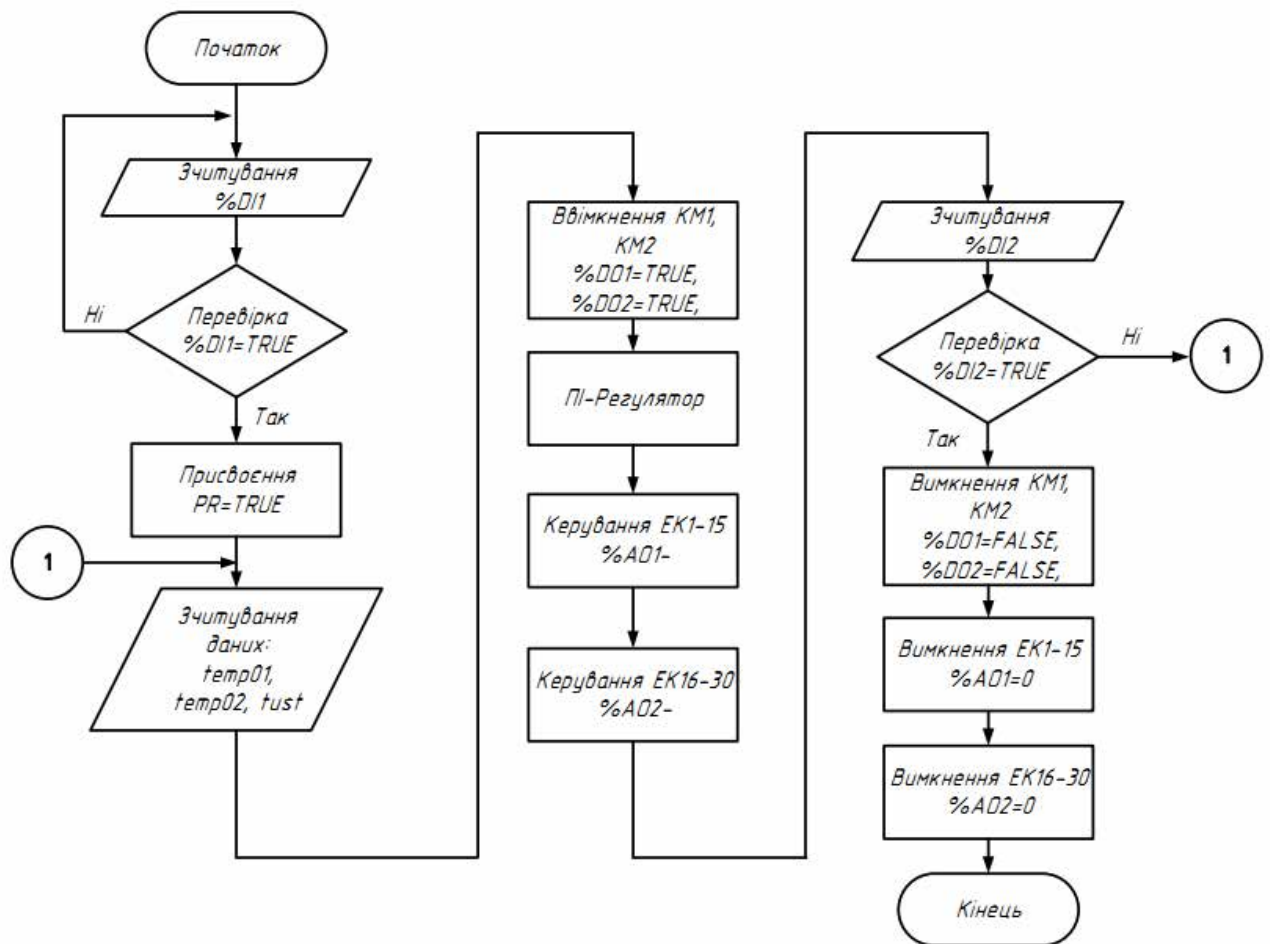


Рис. 5.1. Блок-схема основного алгоритму роботи САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів

Програмна реалізація блок-схеми алгоритму керування брудерним обігрівом виконується за допомогою програмного середовища CoDeSys (версія 2.3.9.41), яке розроблене для програмування контролерів ОВЕН.

Першим кроком при створенні програми було необхідно обрати технічні засоби, що виконується вибором відповідного target файлу (файл цільової платформи). Цей файл містить в собі системну інформацію про підключення ПЛК (кількість входів і виходів, розміри операційної пам'яті, тощо). Дана інформація використовується середовищем CoDeSys при створенні проекту і завантаженні його в ПЛК.

Оскільки мають використовуватись хмарні технології, з сайту виробника було завантажено відповідну версію target файлу (рис. 5.2).

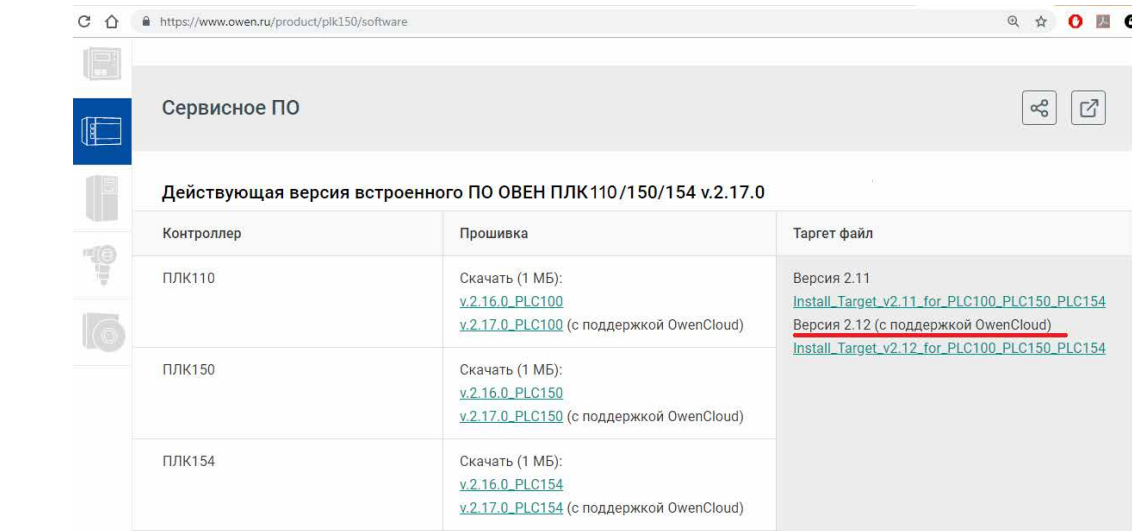


Рис. 5.2. Интерфейс сайта ОВЕН із відповідними target файлами

Наступним кроком описується конфігурація ПЛК (рис. 5.3).

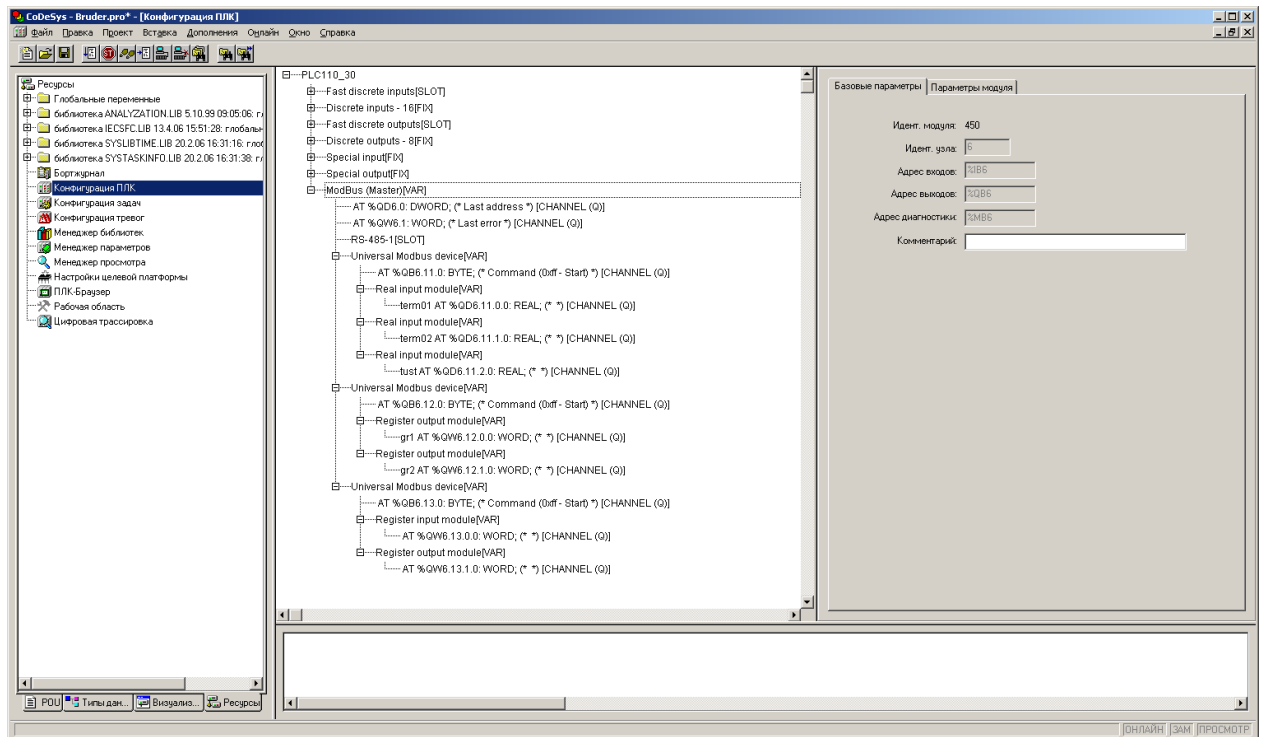


Рис. 5.3. Опис конфігурації ПЛК110 у програмному середовищі CoDeSys

Після опису конфігурації ПЛК здійснюється опис окремих складових частин системи керування та взаємозв'язок між ними: задається алгоритм керування, що відпрацьовує ПЛК, блоків вводу-виведення, апаратів керування, кнопок керування, електромагнітних пускачів і т.д. (рис. 5.4, 5.5),

після чого запускається програмна симуляція роботи системи для перевірки працездатності.

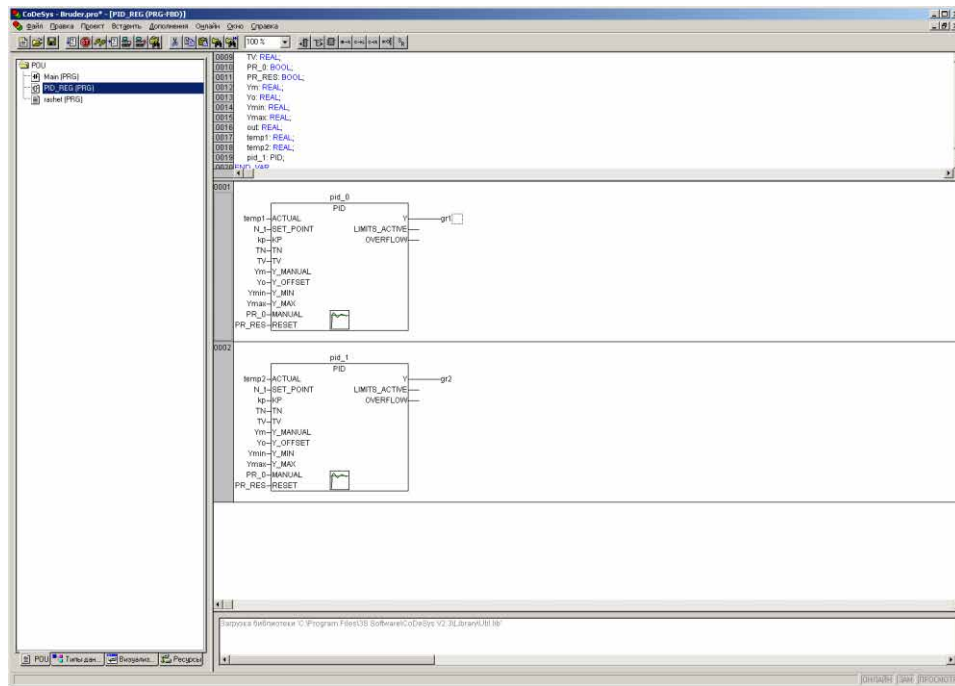


Рис. 5.4. Вікно програми для реалізації ПІ-алгоритму керування по окремим каналам

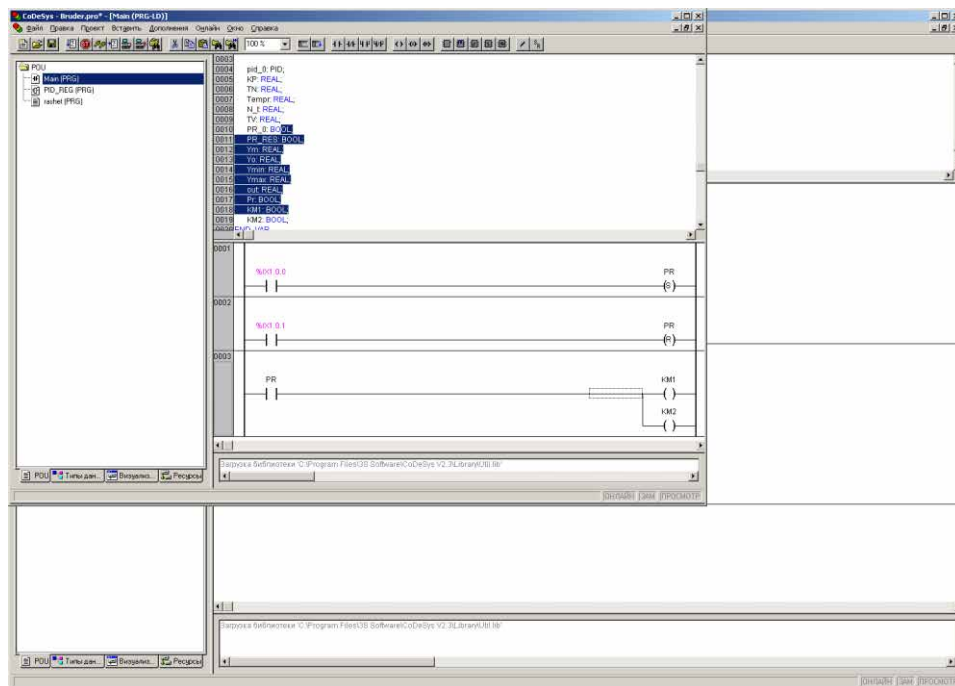


Рис. 5.5. Вікно програми для обробки відповідних команд від кнопок керування

5.2. Розробка схеми електричної з'єднань САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів

Згідно з ГОСТ 2.702-75 «Правила выполнения электрических схем» схеми з'єднань – це схеми, на яких зображують з'єднання складових частин установки або виробу. Вони розробляються на основі принципових схем живлення та використовуються під час виконання монтажних і налагоджувальних робіт.

Схеми з'єднань виконують на підставі таких загальних правил:

- схеми з'єднань розробляють на один щит, пульт, статор, станцію керування.
- усі типи апаратів, приладів та арматури, що передбачені принциповою електричною схемою, мають бути повністю відображені на схемі з'єднань;
- позиційне позначення приладів та засобів автоматизації, а також маркування ділянок кіл, що прийняті на принципових схемах, потрібно зберегти на схемі з'єднань.

Застосовують три способи виконання схем з'єднань: адресний, графічний і табличний. Для перших двох, крім зазначених вище правил, слід виконувати ще декілька:

- щит або шафу керування розвертають в одну площину, показуючи лише ті їхні конструкції, на яких розміщуються прилади та засоби автоматизації при цьому зберігають взаємне розміщення приладів та засобів автоматизації;
- прилади та засоби автоматизації показують спрощено без збереження масштабу у вигляді прямокутників, над якими розміщують кола, розподілені рисою навпіл; цифри над рисою вказують порядковий номер

виробу (номера присвоюються по-панельно зліва направо і зверху вниз), а під рискою – позиційне позначення цього виробу (відповідно до принципової електричної схеми). За потребою показують внутрішню схему апаратів.

- для кількох реле, що розміщені в одному ряду, внутрішню схему показують один раз, якщо вона у них одна й та сама.

- вивідні затискачі зображують колами, у середині яких показують їхнє заводське маркування; якщо у вивідних апаратів заводського маркування немає, то їх маркують умовно арабськими цифрами, що зумовлено пояснювальними надписами. Слід зазначити, що маркування проводів і позначення затискачів на схемах з'єднань є незалежними.

- платам, на яких розміщуються резистори, конденсатори та інші елементи, присвоюється лише порядковий номер (проставляється в колі над рискою); позиційне позначення елементів розміщують у безпосередній близькості від їхнього умовного графічного позначення.

Адресний спосіб є найбільш поширеним і полягає в тому, що лінії зв'язку між окремими елементами апаратів, які встановлюють на щиті або на пульті, не показують, а замість цього у місці приєднання проводу на кожному апараті або елементі проставляють цифрову або літерно-цифрову адресу того апарата або елемента, з яким він електрично має бути зв'язаний (позиційне позначення згідно з принциповою схемою) або порядковий номер елемента. Це не загромаджує схему лініями зв'язку, що дає змогу її легко читати.

Схема електрична з'єднань САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів зображена на аркуші №3 графічної частини дипломного проекту.

5.3. Вибір апаратури захисту та керування

За електричною принциповою схемою комп'ютерно-інтегрованої САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів, для керування та захисту використовується наступне обладнання:

- для подачі живлення і захисту від струмів короткого замикання двох груп брудерів із відповідним регулятором потужності використовуються автоматичні вимикачі QF1 та QF2;

- для подачі живлення і захисту від струмів короткого замикання двох груп ламп освітлювання підбрудерного простору використовується автоматичний вимикач QF3 та електромагнітні пускачі KM1 та KM2;

- для живлення і захисту приладів керування використовується автоматичний вимикач QF4;

- для керування і сигналізації використовуються кнопки керування (у т.ч. кнопки аварійної зупинки із фіксацією SB1 та SB2), сигнальні лампи із напругою живлення 220В (50 Гц) та 24 В.

Вибір автоматичних вимикачів QF1, QF2. При виборі автоматичного вимикача для захисту електричної лінії, яка живить відповідну брудерну групу, необхідно дотримуватись наступних умов:

- номінальна напруга автоматичного вимикача має дорівнювати напрузі живлення електричної мережі або перевищувати її

$$U_{H.AB} \geq U_{Ж}; \quad (5.1)$$

- номінальний струм автоматичного вимикача повинен дорівнювати або перевищувати струм споживання відповідної групи брудерів

$$I_{H.AB} \geq \sum_{i=1}^n I_{H.i}, \quad (5.2)$$

де $I_{H.i}$ - номінальний струм і-го брудера групи, А;

- номінальний струм електромагнітного розчіплювача повинен дорівнювати або перевищувати струм споживання відповідної групи брудерів

$$I_{H.ROZCH} \geq \sum_{i=1}^n I_{H.i} ; \quad (5.3)$$

Згідно з принциповою схемою керування брудерним обігрівом та умовами (5.1) - (5.3), вибираємо автоматичний вимикач Acti9 iC60 A9F90325 – трифазний автоматичний вимикач з електромагнітними розчіплювачами, без вільних контактів, без додаткових розчіплювачів, без температурної компенсації, технічні характеристики якого наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Технічні характеристики автоматичного вимикача Acti9 iC60 A9F90325

Номінальна напруга $U_{H.AB}$, В	380 (50, 60 Гц)
Номінальний струм $I_{H.AB}$, А	25
Номінальний струм електромагнітних розчіплювачів $I_{H.ROZCH}$, А	25
Уставка за струмом відсічки електромагнітного розчіплювача $I_{ВДС.РОЗЧ}$, А	$I_{ВДС.РОЗЧ} = 12 \cdot I_{H.РОЗЧ}$
Кількість полюсів	3
Категорія використання	А
Механічне виконання	М3, М4
Кліматичне виконання	У3
Клас зносостійкості	Б
Ступінь захисту (за ГОСТ 14254-96)	IP20 (корпус вимикача) IP00 (затискачі приєднання)

$$U_{H.AB} = U_{Ж} = 380 \text{ В};$$

$$I_{H.AB} \geq \sum_{i=1}^n I_{H.i}, \quad 25 \text{ А} > 22,8 \text{ А (формула 3.3, розділ 3);}$$

$$I_{H.ROZCH} \geq \sum_{i=1}^n I_{H.i}, \quad 25 \text{ А} > 22,8 \text{ А};$$

$$I_{ВДС.РОЗЧ} = 12 \cdot I_{H.РОЗЧ} = 300 \text{ А}.$$

Вибір автоматичного вимикача QF3.

Оскільки у системі брудерного обігріву передбачене освітлення простору під кожним з брудерів компактними люмінесцентними лампами DELUX T2 Full Spiral 15 W 4100K E27 із "теплим" спектром випромінювання потужністю 15 Вт кожна (**HL11-HL25** – освітлення під електробрудерами 1 групи, **HL26-HL40** – відповідно, освітлення під брудерами другої), визначимо споживаний ними струм за виразом

$$I_{\text{розр}} = \frac{P}{U_{\text{л}}} = \frac{450}{220} = 2,05 \text{ А}, \quad (5.4)$$

P – номінальна потужність навантаження, Вт; (для 30 брудерів – 30 ламп по 15 Вт) потужність навантаження $P = 450$ Вт;

$U_{\text{л}}$ – номінальна напруга мережі живлення ламп (220 В, 50 Гц).

Згідно з принциповою схемою та умовами (5.1) - (5.3), вибираємо автоматичний вимикач Acti9 iC60 A9F90216 – двофазний автоматичний вимикач з електромагнітними розчіплювачами, без вільних контактів, без додаткових розчіплювачів, без температурної компенсації, технічні характеристики якого наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Технічні характеристики автоматичного вимикача Acti9 iC60 A9F90216

Номінальна напруга $U_{\text{н.аб}}$, В	380 (50, 60 Гц)
Номінальний струм $I_{\text{н.аб}}$, А	4
Номінальний струм електромагнітних розчіплювачів $I_{\text{н.розч}}$, А	4
Уставка за струмом відсічки електромагнітного розчіплювача $I_{\text{вдс.розч}}$, А	$I_{\text{вдс.розч}} = 12 \cdot I_{\text{н.розч}}$
Кількість полюсів	2
Категорія використання	A
Механічне виконання	M3, M4
Кліматичне виконання	У3
Клас зносостійкості	Б
Ступінь захисту (за ГОСТ 14254-96)	IP20 (корпус вимикача) IP00 (затискачі приєднання)

$$U_{H.AB} = 380 \text{ В} > 220 \text{ В};$$

$$I_{H.AB} \geq \sum_{i=1}^n I_{H.i}, \quad 4A \geq 2,05A;$$

$$I_{H.розч} \geq \sum_{i=1}^n I_{H.i}, \quad 4A \geq 2,05A;$$

$$I_{відс.розч.} = 12 \cdot I_{H.розч.} = 12 \cdot 4 = 48 \text{ А}.$$

Вибір електромагнітних пускачів КМ1-КМ2. Електромагнітні пускачі вибирають за наступними умовами:

- номінальна напруга електромагнітного пускача має дорівнювати напрузі живлення електричної мережі або перевищувати її

$$U_{H.ЕП} \geq U_{ж}; \quad (5.5)$$

- номінальний струм комутації силових контактів електромагнітного пускача повинен дорівнювати або перевищувати номінальний струм навантаження

$$I_{H.ЕП} \geq I_{H}; \quad (5.6)$$

- номінальна напруга живлення втягувальної котушки електромагнітного пускача повинна дорівнювати напрузі кола керування

$$U_{H.КОТ} \geq U_{КЕР}. \quad (5.7)$$

- за струмом теплового реле та за струмом неспрацювання теплового реле (при відповідній комплектації).

Крім того, слід враховувати необхідність наявності допоміжних контактів електромагнітного пускача в колі керування.

Враховуючи умови (5.5) – (5.7), для даної системи автоматичного керування вибираємо електромагнітні пускачі LC1012P7 – нереверсивні, без теплового реле, із ступенем захисту IP20, із змінним струмом кола керування, без додаткових контактів кола керування, номінальним робочим струмом (категорія використання АС-3) при напрузі $U_{H.ЕП} = 380 \text{ В}$ силового кола $I_{H.ЕП} = 5 \text{ А}$ ($5A > 2,05 \text{ А}$), номінальною напругою втягуючої котушки $U_{H.КОТ} = 220 \text{ В}$ (50 Гц).

Вибір автоматичного вимикача QF4 захисту кола керування.

До складу кола керування входять:

- котушки електромагнітних пускачів КМ1 та КМ2 (споживана потужність кожної 68 ± 8 ВА);
- програмно-логічний контролер ПЛК110 ОВЕН (споживана потужність 41 ВА);
- мережевий шлюз ПМ210 ОВЕН (споживана потужність 10 ВА);
- модулі введення, виведення (споживана потужність $2 \times 10 = 20$ ВА);
- малопотужні сигнальні світлодіодні лампи 24 В (6 шт.) (споживаний струм не більше 20 мА кожна).

Отже, загальний струм споживання обладнання системи керування складає: $(140 \text{ ВА} / 220 \text{ В}) + 6 \times 20 \text{ мА} = 0,76 \text{ А}$.

За умовами (5.1) - (5.3) вибираємо автоматичний вимикач Acti9 iC60 A9F90273 – двохолючний автоматичний вимикач з електромагнітними розчіплювачами, без вільних контактів, без додаткових розчіплювачів, без температурної компенсації, із номінальним струмом 2А.

Вибір ламп світлової сигналізації HL1-HL5. Для світлової сигналізації в колі керування (HL1 – HL4) вибираємо сигнальні лампи: (HL1 – HL4) – AD22-22DS з підсвічуванням світлодіодною матрицею на 220 В, (HL5-HL10) – AD22-22DS з підсвічуванням світлодіодною матрицею на 24 В, з рівним розсіювачем світла, з підключенням проводів під заживний гвинт М4.

Ступінь захисту IP54 (за ГОСТ14254-96), гарантований строк служби 10 років, гарантійне напрацювання на відмову – 25000 годин.

Вибір кнопок аварійної зупинки SB1, SB2 (Emergency stop). Згідно з умовами експлуатації регуляторів потужності DRU3 MEYERTEC, для нормальної роботи обладнання передбачене встановлення кнопок аварійної зупинки із фіксацією XB2-BS542 (рис. 5.6).



Рис. 5.6. Кнопка аварійної зупинки із фіксацією
XB2-BS542 (Emergency stop)

5.4. Вибір проводів та кабелів

Переріз струмопровідної жили проводу, шнура або кабелю вибирають, виходячи з умов гранично допустимого його нагрівання та достатньої механічної міцності. Під час визначення кількості проводів, які прокладають в одній трубі (або жил багатожильного провідника), нульовий провід чотирипровідної системи трифазного струму (або заземлюючу жилу) не враховують.

Площу поперечного перерізу жил проводів, шнурів і кабелів вибирають за тривало допустимим струмом

$$I_{\text{тр. доп}} \geq I_{\text{розр}}, \quad (5.8)$$

де $I_{\text{розр}}$ - розрахунковий струм ділянки електричної мережі, А.

Для відгалужень до окремих електроспоживачів за максимальні тривалі робочі струми беруть їх номінальні струми.

Вибір кабелю живлення кожної групи електробрудерів.

Враховуючи умову (5.8) та відповідне розраховане значення тривало допустимого струму окремої групи брудерів ((3.3), роділ 3 – 22,8 А), для підключення групи брудерів із регулятором потужності до шафи керування виби-

раємо кабель АВВГ 3х4 (ГОСТ 16442-70) – провід з алюмінієвими жилами, полівінілхлоридною ізоляцією, перерізом струмопровідних жил 4 мм², тривало допустимий струм якого дорівнює 27 А для трьохжильного кабелю [8]. Кабель прокладається в трубі.

Вибір кабелю живлення груп освітлювальних ламп підбрудерного простору.

Враховуючи умову (5.8) та відповідне розраховане значення тривало допустимого струму окремої групи освітлювальних ламп (2,05 А, пункт 5.3), для підключення груп ламп до шафи керування вибираємо кабель АВВГ 3х2,5 (ГОСТ 16442-70) – провід з алюмінієвими жилами, полівінілхлоридною ізоляцією, перерізом струмопровідних жил 2,5 мм², тривало допустимий струм якого дорівнює 19 А [8]. Кабель прокладається в трубі.

Вибір проводів живлення кола керування.

Оскільки електрообладнання кола керування є малопотужним, струм кола керування не перевищує 5А, для живлення кола керування вибираємо провід ПВ1х0,5 (ГОСТ 6323-79) – провід з мідною жилою перерізом 0,5 мм² в полівінілхлоридній оболонці, тривало допустимий струм якого дорівнює 11 А [8].

5.5. Вибір щита керування

Щити і пульти – це пости керування, контролю, сигналізації електрифікованих і автоматизованих об'єктів. На них розміщують апаратуру керування, контрольно-вимірювальні прилади, засоби сигналізації та захисту. На фасадних сторонах щитів і пультів можуть бути нанесені мнемонічні схеми, накладні надписи (пояснюючі), освітлювальні пристрої тощо.

Щити і пульти на стадії проектування вибирають на підставі таких нормативних документів: ГОСТ 20504-81 "Система унифицированных типовых конструкций агрегатных комплексов ГСП. Типы и основные размеры", ДСТУ 3288-95 (ГОСТ 26032-96) "Система уніфікованих типових конструкцій агрегатних комплексів. Загальні технічні умови "ОСТ 36.13-76 "Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов". На додаток до ОСТ 36.13-76 розроблені інструкції РМ4-107-82.

Згідно з вище вказаними нормативними документами щити і пульти розраховано , на розміщення їх у закритих приміщеннях із температурою навколишнього середовища від -30 до +50°C за відносної вологості не більше як 80%. Промисловість випускає також щити та пульти спеціального призначення, які розраховані на більш високі або низькі температури, підвищену вологість, наявність агресивного середовища тощо. Щити та пульти умовно позначають згідно з вимогами ОСТ 36.13-76.

Шафові щити використовують:

- у виробничих приміщеннях, що характеризуються запиленістю, великою вологістю та можливістю механічного пошкодження апаратури й внутрішньощитових проводів;
- для розміщення допоміжної апаратури (реле, джерел живлення) всередині щита;
- для захисту обслуговуючого персоналу від дотиків до відкритих струмоведучих частин апаратури та затискачів.

Враховуючи габаритні розміри всіх пристроїв комп'ютерно-інтегрованої системи керування брудерним обігрівом, вибираємо щит шафовий малогабаритний типу ЩШМ (800x400x350)V4IP30 (ОСТ 36.13-76) [18].

РОЗДІЛ 6

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Для визначення економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів до цього часу застосовувалась методика розрахунку мінімальних приведених затрат, в якій виділені два взаємодоповнюючі напрямки розрахунку ефективності капіталовкладень – абсолютної ефективності, та порівняльної ефективності пропонованих варіантів. В її основу покладено визначення додаткових капіталовкладень, прибутку від впровадження енергозберігаючих заходів, терміну окупності капіталовкладень та визначення мінімальних приведених витрат:

$$P_i = C_i + E_n \cdot K_i; \quad (6.1)$$

де: P_i - приведені витрати;

C_i - експлуатаційні витрати;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

K_i - розмір капіталовкладень при i -му варіанті.

При наявності різночасових витрат їх приводять до поточного моменту шляхом використання коефіцієнту приведення:

$$K_n = \frac{1}{(1 + E_{нп})^t}; \quad (6.2)$$

де: t - період приведення, років;

$E_{нп}$ - норматив для приведення різночасових витрат.

Проте цей коефіцієнт не відображає реальної вартості капіталу, тому що норматив для приведення різночасових витрат ($E_{нп}$) встановлюється директивно і незалежно від вищезгаданих факторів. Ще одним недоліком є те, що максимальний період, який охоплюють приведені енерговитрати – це період окупності капіталовкладень, а процеси, які можуть вплинути на ефективність запровадження проекту енергозбереження, поза цим терміном не

враховуються. До основних недоліків методики, заснованої на приведених витратах, можна віднести:

- неточність результатів;
- нединамічність розрахунків;
- використання "штучних" нормативів;
- визначення ефективності витрачання тільки власних коштів тощо.

Слід відмітити, що не існує якогось одного універсального методу оцінки, або показника ефективності запровадження енергозберігаючих заходів, ідеально придатного на всі випадки життя.

Більш повніше оцінити ефективність проекту енергозберігаючих заходів можна за допомогою методів, заснованих на дисконтованих оцінках, тобто з врахуванням тимчасової цінності грошей та відсоткових коштів, що дозволяє врахувати нерівномірність або нерівнозначність однакових сум надходжень чи платежів, що стосуються різних періодів часу.

Основними ключовими моментами цієї методики є визначення чистого дисконтованого доходу (NPV), індексу прибутковості (PI) та ставки дисконтування (IRR) – при якій $NPV = 0$. Чистий дисконтований дохід визначається як перевищення інтегрального ефекту над інтегральними витратами за формулою:

$$NPV = \sum_{t=0}^{t_x} \frac{R_t - Z_t}{(1 + E_{III})^t} - K; \quad (6.3)$$

де R_t – прибуток досягнутий за t -й рік впровадження проекту;

Z_t – витрати, що здійснюються за t -й рік впровадження проекту;

Індекс прибутковості представляє собою відношення доходу до інвестицій та дозволяє зіставити дві частини чистого дисконтованого доходу (NPV) – дохідну і інвестиційну.

Розраховують PI за формулою:

$$PI = \frac{1}{K} \sum_{t=t_0}^{t_k} \frac{R_t - Z_t}{(1 + E_{III})^t}; \quad (6.4)$$

Якщо $PI > 1$ - проект ефективний, якщо $PI < 0$ – неефективний. У випадку, коли $PI = 0$ - дисконтований ефект дорівнює дисконтованим витратам, і проект у цьому випадку не приносить ні доходу, ні збитків.

Вихідними даними при розрахунку впровадження системи автоматичного керування брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів є:

- кількість пташників, що підлягають переобладнанню – 4;
- оборотність обладнання – 5 раз на рік;
- ціна 1 кВт·год. електроенергії – 2,92 грн.

Основні показники для розрахунку економічної ефективності запровадження проекту наведено в таблиці 6.1. При аналізі інвестиційного проекту розраховано наступні показники ефективності:

- термін окупності – розраховано за періодом відшкодування затрачених інвестицій;
- рівень беззбитковості проекту;
- запас міцності проекту;
- чутливість (ризика) проекту, ключовими факторами чого є: зменшення обсягу реалізації продукції; підвищення ціни реалізації продукції; збільшення змінних витрат.

Основні показники ефективності проекту наведені в таблиці 6.2.

Аналіз даних табл. 6.2 показує, що інвестиції, спрямовані на впровадження САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів, відшкодуються за один рік. Проект володіє достатнім запасом міцності (77,2%). З факторів, які впливають на чутливість (ризика) проекту, найбільш критичним є збільшення змінних витрат на виробництво продукції.

Таблиця 6.1.

Основні показники інвестиційного проекту

Показники	Роки			
	0	1-й	2-й	3-й
Обсяг інвестицій, тис. грн.	136	9	9	0
Обсяг реалізованої продукції, тис. шт.	-	682,5	739,4	796,2
Вартість реалізації одиниці продукції, грн./10000 шт.	-	9000	9000	9000
Надходження від реалізації (виручка), тис. грн.	-	6142,4	6654,5	7165,7
Податок з реалізації (ПДВ), %	-	20	20	20
Всього від реалізації, тис. грн.	-	1024	1109	1195
Змінні витрати, тис. грн.	-	3754,0	4067,0	4379,0
Постійні витрати	-	661	746	789
в т. ч. амортизац. відрахув, тис. грн	-	220	249	263
Всього витрат, тис. грн.	-	4415	4813	5168
Прибуток до оподаткування, тис. грн.	-	704	732	803
Податок на прибуток, %	-	30	30	30
Чистий прибуток, тис. грн.	-	492	512	562
Чистий грошовий потік, тис. грн.	-	713	761	825

Таблиця 6.2.

Показники ефективності впровадження САК брудерним обігрівом курчат

Назва показника	Значення
Чистий дисконтований дохід (NPV), тис. грн.	2291
Індекс прибутковості (PI)	15,83
Ставка дисконтування (IRR), %	35
Термін окупності, років	1,0
Рівень безбитковості проекту, %	22,8
Запас міцності проекту, %	77,2
Коефіцієнт еластичності NPV (чутливість проекту) при:	
- зменшенні обсягу реалізації продукції на 15 %	5,92
- зниженні ціни реалізації продукції на 15 %	6,15
- збільшенні змінних витрат 15 %	6,24

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті згідно із завданням розроблено комп'ютерно-інтегровану систему керування обігріву курчат у пташнику для вирощування бройлерів на базі програмно-логічного контролера ОВЕН ПЛК110.

При виконанні дипломного проєкту отримані наступні результати:

1. В результаті дослідження технологічного процесу розроблена функціональна схема автоматизації виробничих процесів у промисловому пташнику для вирощування бройлерів.

2. При дослідженні пташника як об'єкта автоматизації розроблена математична модель теплових процесів при наявності систем локального і загального обігріву, за допомогою якої отримана передатна функція пташника для каналу керування брудерним (локальним) обігрівом курчат.

3. Обґрунтований вибір комплексу технічних засобів автоматизації для реалізації САК брудерним обігрівом курчат із використанням датчиків температури ОВЕН ДТС125Л, регуляторів потужності DRU3 MEYERTEC, програмно-логічного контролера ПЛК110 ОВЕН та мережевого шлюзу ПМ210 ОВЕН, що з'єднаний із ПЛК через інтерфейс RS-485, за допомогою якого здійснюється передача даних до пристроїв верхнього рівня та хмарного сервісу OwenCloud.

4. Цифрова САК брудерним обігрівом забезпечує стійку роботу з наступними показниками якості: коливальність $n = 1$; статична похибка: $\delta = 0$ %; час регулювання $t_p = 180$ с; перерегулювання 22%.

5. Розроблені електричні схеми комп'ютерно-інтегрованої САК обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів.

6. Обґрунтований вибір електротехнічного обладнання, проводів і кабелів.

7. Економічними розрахунками обґрунтована доцільність прийнятих технічних рішень, строк окупності розробленої САК складає 1 рік.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабаханов Ю.М. Оборудование и пути снижения энергопотребления систем микроклимата. / Ю.М. Бабаханов, Н.А. Степанова. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 231 с.
2. Боровиков С.М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств: учеб.-метод. пособие / С.М. Боровиков, И.Н. Цырельчук, Ф.Д. Троян; под ред. С.М. Боровикова. – Минск: БГУИР, 2010. – 68 с.: ил.
3. Бородин И. Ф. Автоматизация технологических процессов. / Бородин И.Ф., Недилько Н.М. – М.: Агропромиздат, 1986. – 368 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).
4. 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).
5. Бронфман Л.И. Микроклимат помещений в промышленном животноводстве и птицеводстве. – Кишинев.: Штиинца, 2004. – 265 с.
6. Гончар В.Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок: Навч. Посібник. / В.Ф. Гончар, Л.П. Тищенко. – К.: Вища школа. Головне вид-во, 1989. – 343 с.
7. Денисов В.И. Технично-економические расчеты в энергетике: Методы экономического сравнения вариантов. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 216 с.
8. 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.
9. Драганов Б. Х. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве / Б. Х. Драганов, А. В. Кузнецов, С. П. Рудобашта. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 463 с.
10. Дубровин А.В. Автоматизированная электротехнология централизованного локального и общего обогрева в птицеводстве: автореф. дис. докт. техн. наук: спец. 05.20.02 – электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве / Дубровин Александр Владимирович. – М.: 2004. – 40 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. Захаров А.А. Применение тепла в сельском хозяйстве. – М., Колос, 1974. – 255 с., с ил.
 13. 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).
 14. Ключев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев; Под ред. А.С. Ключева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.: ил.
 15. Корчемний М.О. Энергозбереження в агропромисловому комплексі. / М.О. Корчемний М.О. В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
 16. 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.
 17. Мартыненко И.И. Автоматизация управления температурно-влажностными режимами сельскохозяйственных объектов. / И.И. Мартыненко, Н.Л. Гирнык, Д.М. Полищук. – М.: Колос, 1984. – 151 с.
 18. 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).
 19. Мурзин В.К. Расход энергии на обеспечение микроклимата и местный обогрев в животноводстве. / Механизация и электрификация сельск. хоз-ва. – 1983. - №4. - С. 5-7.
 20. Пчелкин Ю.Н. Устройства и оборудование для регулирования микроклимата в животноводческих помещениях. / Пчелкин Ю.Н., Сорокин А.И. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 216 с.
 21. Савицкий В.Е. Влияние скорости движения воздуха на теплоотдачу цыплят // Птицеводство. 1972. №1. С.29.
 22. Селянский В.М. Анатомия и физиология сельскохозяйственной птицы. – М.: Агропромиздат. 1986. – 272 с.
 23. Селянский В.М. Микроклимат в птичниках. – М.: Колос, 1975. – 304 с.
 24. Славин Р.М. Комплексная механизация и автоматизация промышленного птицеводства. / Р.М. Славин. М.: Колос. 1978. – 320 с. с ил.

25. Славин Р.М. Методика расчета параметров и режимов работы автоматических электрообогревателей для цыплят. / Р.М. Славин, Д.Н. Быстрицкий, Д.Е. Афанасьев. М.:ВИЭСХ. 1978. – 197 с.
26. Славин Р.М. Методика энергетических расчетов системы местного обогрева в птичнике для цыплят. / Р.М. Славин, В.Н. Андрианов, Д.Н. Быстрицкий и др. М.: ВИЭСХ. 1976. – 113 с.
27. Справочник электрика. / Кисаримов Р. А., - М.: ИП РадиоСофт, 2003. – 320 с.
28. Экономическая оценка энергетики АПК. Учебное пособие для студентов учебных заведений / В.Т. Водяников - М.: ИКФ «ЭКМОС», 2002. – 304 с.
29. Электротехнический справочник. / Алиев И. И., - М.: ИП РадиоСофт, 2006. – 384 с.
30. Руководство по содержанию и выращиванию бройлеров Hubbard
<http://hubbardbreeders.com>
31. Трифазні регулятори потужності DRU3 MEYERTEC
https://owen.ru/product/meyertec_dru3
32. ПЛК110 контролер для середніх систем автоматизації
https://owen.ru/product/plk110_m02
33. ПМ 210 мережевий шлюз для доступу до сервісу OwenCloud
<https://owen.ru/product/pm210>
34. <http://elektroservice.com.ua/>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А1

Кількість теплоти, вуглекислоти та водяної пари, що виділяється птицею
(за НТП-СХ.4-69)

Види та вікові групи птиці	Жива вага птиці, кг	Кількість, що виділяється на 1кг живої маси птиці		
		Вільного тепла, кДж/год.	СО ₂ , л/год.	Водяної пари, г/год.
Доросла птиця				
При утриманні в клітці: - кури яєчних порід	1,5-1,7	28,5	1,7	5,1
При утриманні на підлозі: - кури яєчних порід	1,5-1,7	33,1	2,0	5,8
- кури м'ясних порід	2,5-3,0	30,2	1,8	5,2
- індики	6,8	28,1	1,7	5,0
- качки	3,5	20,1	1,2	3,6
Молодняк птиці				
Кури яєчного спрямування				
- від 1 до 10 днів	0,06	56,6	2,3	3,5
- від 11 до 30 днів	0,25	39,6	2,2	6,6
- від 31 до 60 днів	0,6	31,0	1,9	5,4
- від 61 до 150 днів	1,3	28,5	1,7	5,0
- від 151 до 180 днів	1,6	26,8	1,6	4,8
Кури м'ясного спрямування				
- від 1 до 10 днів	0,08	54,2	2,2	4,0
- від 11 до 30 днів	0,35	34,0	2,0	6,3
- від 31 до 60 днів	1,2-1,4	30,2	1,8	5,4
- від 61 до 150 днів	1,8...2,0	28,1	1,7	5,0
- від 151 до 210 днів	2,5	25,2	1,6	4,8

Примітка.

1. Кількість вуглекислоти, тепла та водяної пари, що виділяються, для молодняку усіх видів приведено для кінцевого віку (маси) вікової групи.

2. Кількість виділень приведено при температурі внутрішнього повітря (t_B , °C): для молодняку до 30 днів - при +24°C, для молодняку старшого віку та дорослої птиці - при +16°C і при відносній вологості повітря в приміщенні 60...70%.

3. При інших температурах t_B норми виділення тепла і вологи визначаються із урахуванням коефіцієнтів, вказаних в додатку А2.

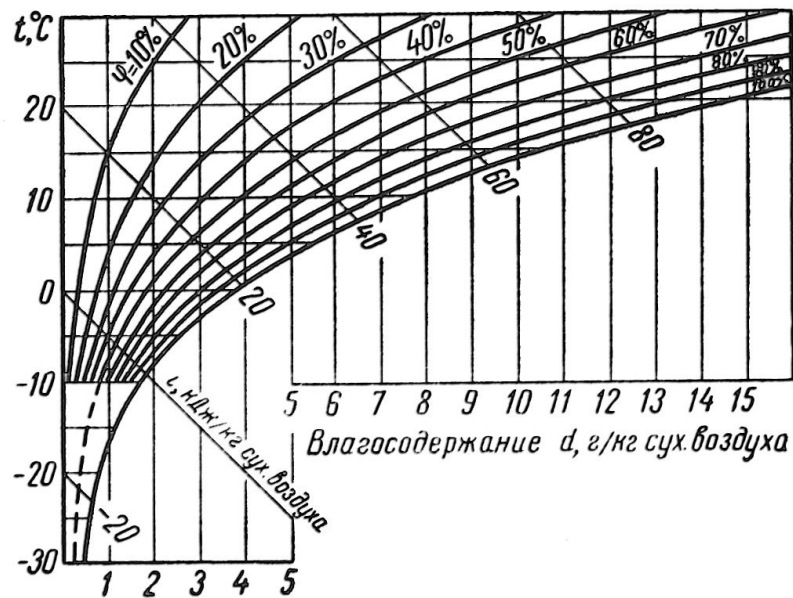
ДОДАТОК А2

Поправочні коефіцієнти для визначення виділень теплоти та вологи птицею
при різних температурах повітря у пташнику

$t_B, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнт для визначення кількості		Коефіцієнт для визначення кількості	
	вільного тепла	водяної пари	вільного тепла	водяної пари
	молодняк віком від 30-денного віку та доросла птиця		Молодняк віком від 1 до 30 днів	
+4	1,15	0,85	-	-
+8	1,10	0,90	-	-
+12	1,05	0,95	-	-
+16	1,00	1,00	-	-
+20	0,95	1,05	1,05	0,95
+24	0,92	1,08	1,00	1,00
+28	0,90	1,10	0,95	1,05
+32	0,85	1,25	0,92	1,20
+36	0,80	1,30	0,80	1,30

ДОДАТОК А3

Спрощена $i-d$ - діаграма вологого повітря для малих значень температури,
з розрахунку на барометричний тиск 99,3кПа



ДОДАТОК А4

Технічні характеристики вентилятора ВО-Ф-7,1А [29]

Показник	Значення
Максимальна подача повітря, м ³ /год.	11500
Маса, кг, не більше	30
Електродвигун	АИРП80А6У2
Напруга живлення електродвигуна, в	380±10%
Частота, Гц	50±1
Номинальний діаметр робочого колеса, мм	710
Частота обертання робочого колеса при максимальній подачі, об./хв.	900
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	0,37
Рівень шуму, дБ	76
Ступінь захисту електродвигуна	IP55

ДОДАТОК А5

Технічні характеристики електродвигуна АИРП80А6У2

Показник	Значення
Потужність, кВт	0,37
ККД, %	67,5
Коефіцієнт потужності	0,78
Кратність пускового струму	4,0
Кратність пускового моменту	1,4
Кратність максимального моменту	1,6
Частота обертання, об./хв.	900
Гранична допустима сила струму, А	2,3
Маса, кг, не більше	11,0
Ступінь захисту електродвигуна	IP55

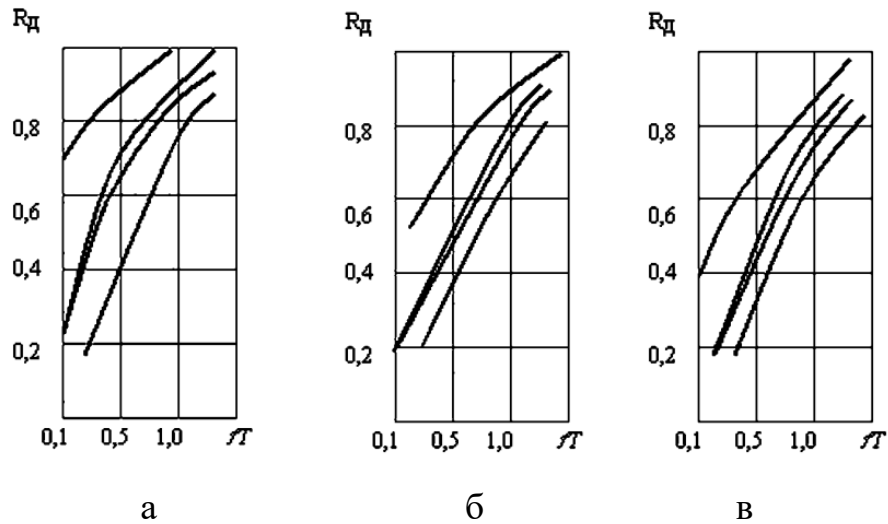
ДОДАТОК А6

Розрахункові дані для побудови нормованої розгінної характеристики
зони локального обігріву для каналу керування

Час t_i, c	Температура $T_i, ^\circ C$	$y(t_i)$	Час t_i, c	Температура $T_i, ^\circ C$	$y(t_i)$
0	18	0	230	31,510	0,955
10	18,406	0,019	240	31,580	0,960
20	19,022	0,063	250	31,650	0,965
30	20,030	0,135	260	31,706	0,969
40	21,780	0,260	270	31,748	0,972
50	23,264	0,356	280	31,790	0,975
60	24,538	0,457	290	31,832	0,978
70	25,630	0,535	300	31,860	0,980
80	26,554	0,601	310	31,888	0,982
90	27,352	0,658	320	31,902	0,983
100	28,024	0,706	330	31,916	0,984
110	28,612	0,748	340	31,944	0,986
120	29,102	0,783	350	31,944	0,986
130	29,536	0,814	360	31,958	0,987
140	29,900	0,840	370	31,972	0,988
150	30,208	0,862	380	31,986	0,989
160	30,474	0,881	390	31,986	0,991
170	30,698	0,897	400	31,986	0,993
180	30,894	0,911	410	32,000	1,994
190	31,048	0,922	420	32,000	1,996
200	31,202	0,933	430	32,000	1,998
210	31,314	0,941	440	32,000	1,999
220	31,426	0,949	450	32,000	1,000

ДОДАТОК Б1

Залежність динамічного коефіцієнта регулювання
від динамічних властивостей ОК



1 – П-алгоритм керування; 2 – І-алгоритм керування; 3 – ІІ-алгоритм; 4 – ІІД-алгоритм керування.

а – для типового аперіодичного перехідного процесу; б – для коефіцієнта передачі об'єкта типового перехідного процесу з 20%-вим перерегулюванням; в – для типового перехідного процесу з мінімальним інтегральним показником якості

ДОДАТОК Б2

Відносний час регулювання

Алгоритм керування	Об'єкт	Відносний час регулювання		
		аперіодичний	із 20% перерегулюванням	із мінімальним інтегральним критерієм
Пропорційний	Статичний	4,5	6,5	9,0
	Астатичний	6,0	8,0	-
Пропорційно-інтегральний	Статичний	8,0	12,0	16,0
	Астатичний	14,0	16,0	18,0
Пропорційно-інтегрально-диференційний	Статичний	5,5	7,0	10,0
	Астатичний	9,0	12,0	13,0

ДОДАТОК В1

Технічні характеристики ПЛК 110 (M02) ОВЕН

Параметр	Показник
Живлення	
Напруга живлення	
ПЛК110-24.X.X-X	9...30В пост.стр.(Т>-20°C) 9...26В пост.стр. (-40°C>Т>-20°C)
ПЛК110-220.X.X-X	90...264 В зм. або пост. струму (номінальне 120/230 В)
Споживана потужність, не більше	
ПЛК110-24.X.X-X	28 Вт
ПЛК110-220.X.X-X	41 ВА
Параметри вбудованого джерела живлення	
ПЛК110-24.X.X-X	Вихідна напруга дорівнює вхідній напрузі на клеммах живлення ПЛК, струм не більше 630 мА
ПЛК110-220.X.X-X	Вихідна напруга 24В±4%, струм не більше 400 мА
Дискретні (цифрові) входи	
Кількість входів (з них швидкодіючих)	18 (2)
Напруга "логічного нуля"	-3...+5 В
Максимальний струм "логічного нуля"	2 мА
Напруга "логічної одиниці"	15...30 В
Максимальний струм "логічного нуля"	9 мА (при 30 В)
Мінімальна тривалість імпульсу, що сприймається дискретним входом	1,6 мс (меандр)
Вхідні пристрої, що приєднуються	- комутаційні пристрої (контакти кнопок, вимикачів, герконів, реле і т.д.); - трьохпровідні датчики, що мають на виході транзистор n-p-n або p-n-p із відкритим колектором; - дискретні сигнали із напругою від -3 до +30 В

Технічні характеристики ПЛК 110 (M02) ОВЕН (продовження)

Параметр	Показник
Дискретні виходи (контакти електромагнітних реле ПЛК110-Х.Х-Р)	
Кількість релейних вихідних каналів	12, 14, 24 (залежно від модифікації)
Максимальний струм, що комутується контактами реле, не більше	3 А
Час перемикання контактів реле із стану "логічний 0" в "логічна 1" і у зворотному напрямку, не більше	10 мс
Сумарний максимальний струм навантаження групи реле: СОМ1-СОМ2 СОМ3 СОМ4 СОМ5 СОМ6	3 А 3 А...12 А (залежно від модифік.) 3 А...12 А (залежно від модифік.) 12 А 12 А
Механічний ресурс реле	- не менше 300000 циклів перемикань при максимальному комутаційному навантаженні; - не менше 500000 циклів перемикань при комутаційному навантаженні менше половини від максимальної
Дискретні виходи (транзисторні ключі ПЛК110-Х.Х-К)	
Кількість транзисторних вихідних каналів, з них швидкодіючих	12,14,24 (залежно від модиф.) 4 (DO1...DO4)
Максимальний струм транзисторного виходу, не більше: - для звичайних - для швидкодіючих	400 мА (при напрузі не більше 30В пост. струму – навантаження для категорії використ. DC-13); 400 мА (при напрузі пост. струму в діапазоні 12...30 В із використанням стороннього джерела)
Час перемикання транзисторного виходу із стану "логічна 1" в "логічний 0", не більше	5 мс (для звичайних); 0,002 мс (для швидкодіючих)

Технічні характеристики ПЛК 110 (M02) ОВЕН (закінчення)

Параметр	Показник
Інтерфейси зв'язку, кількість	
RS-485	2
RS-232	1
RS-232-Debug	1
Ethernet 100 Base-T	1

Параметр	ПЛК110	ПЛК110 [M02]
Обчислювальні ресурси		
Процесор	200 МГц	400 МГц
ОЗУ	128 кБайт + 2 Мб	128 кБайт + 2 Мб
FLASH-диск ПЛК	4 Мб	6 Мб
Операційна система	-	EmbOS Segger – операційна система реального часу
Робота по безпроводним пережам	SMS, CSD, GPRS	SMS, CSD, GPRS
Температура експлуатації	-10...+50°C	-40...+55°C
Ведення архівів на USB Flash	-	до 8 Гб

ДОДАТОК В2

Технічні характеристики мережевого шлюзу ПМ210 ОВЕН

Параметр	Показник
Живлення	
Номінальна напруга живлення: ПМ210-230 ПМ210-24	230 В, 50 Гц =24 В
Діапазон напруги живлення: ПМ210-230 ПМ210-24	85...264 В, 45...65 Гц =10...48 В
Споживана потужність: - у режимі встановлення GSM – з'єднання ПМ210-230 ПМ210-24 - у режимі передачі даних ПМ210-230 ПМ210-24	10 ВА 6 Вт 5 ВА 4 Вт
Інтерфейси	
Інтерфейс обміну	RS-485
Швидкість	від 1200 до 115200 біт/с
GSM	
Діапазон робочих частот	EGSM900, DCS1800
Клас вихідної потужності передавача	4 (EGSM900) 1 (DCS1800)
Режим передачі даних	GPRS (class B) SMS (для конфігурування)
Протоколи, що підтримуються	TCP, DNS
Тип ідентифікації модуля абонента, кількість	Mini SIM (1)
Тип антени	Зовнішня, роз'єм SMA
Макс. довжина кабелю антени	3 м
Умови експлуатації	
Температура навколишнього середовища	-45...+55°C
Відносна вологість повітря	не більше 80% (+25°C без конденсації вологи)
Габаритні розміри	90x62x53,6мм (без антени)
Ступінь захисту корпусу	IP20
Середній строк служби	10 років

ДОДАТОК ВЗ

Технічні характеристики регулятора потужності DRU3 MEYERTEC

Параметр	Показник
Живлення	
Діапазон напруги живлення від трифазної мережі змінного струму	200...440 В (номінальне значення 400 В)
Частота напруги живлення	47...63 Гц
Аналоговий вхід	
Тип входу	0...20 мА, 4...20 мА 0...5 В, 0...10 В, 1...5 В, 2...10 В
Основна приведена похибка, не більше	1%
Номінальне значення вхідного опору	- не менше 10 кОм (0...10 В) - не менше 30 кОм (0...5 В) - не менше 300 Ом (0...20 мА)
Дискретний вхід	
Тип входу	логічний
Призначення	Аварійний "стоп"
Дискретний вихід	
Тип виходу	"Сухий контакт"
Тип контактів	
DRU3-25/40/75/100	Нормально-замкнений
DRU3-125/150/200	Перекидний
Тип навантаження	Резистивне
Максимальний струм комутації	1 А
Максимальна напруга комутації	~125 В, =30 В
Силовий вихід	
Тип силових ключів	тиристри
Номінальний вихідний струм	16...125 А (залежно від модифікації)
Максимальний вихідний струм (до 120 с)	25...200 А
Схеми вмикання навантаження	"зірка без нейтралі", "трикутник"
Регульований параметр	потужність
Спосіб регулювання вихідної напруги	фазовий
Охолодження: DRU3-25 решта модифікацій	природне примусове (вбуд. вентилятор)
Ступінь захисту корпусу: DRU3-25/40/75/100 DRU3-125/150/200	IP20 IP00