

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 636.5252/58:62 503.51

**ПОГОДЖЕНО**

Директор ННІ енергетики,  
автоматики і енергозбереження  
(назва ННІ)

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

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

\_\_\_\_\_ В.В. Каплун  
(підпис) (ПІБ)

\_\_\_\_\_ О.О. Опришко  
(підпис) (ПІБ)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**02.06.-КМР.1664"С".2024.09.26.005.ПЗ**

на тему «**ДОСЛІДЖЕННЯ ПТАШНИКА ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ  
ТА РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ  
ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ У ПТАШНИКУ З УТРИМАННЯ  
БРОЙЛЕРІВ НА БАЗІ КТЗ ОВЕН**»

Спеціальність:

174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»  
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма:

Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка  
(назва)

Гарант освітньої програми

\_\_\_\_\_ І.М. Болбот, д.т.н., професор  
(підпис) (П.І.Б, науковий ступінь та вчене звання)

Виконав

\_\_\_\_\_ В.О. Домінський  
(підпис) (П.І.Б студента)

Керівник магістерської роботи

\_\_\_\_\_ І.Т. Цигульов, к.т.н., доцент  
(підпис) (П.І.Б, науковий ступінь та вчене звання)

**КИЇВ-2024**



## ЗМІСТ

Вступ .....	5
РОЗДІЛ 1. Технологічні основи керування мікрокліматом птахівничих приміщень .....	8
1.1. Тепловий режим пташника .....	8
1.2. Вологісний режим пташника .....	13
1.3. Газовий склад повітряного середовища у пташнику .....	14
1.4. Повітрообмін у пташнику .....	15
1.5. Технологічне обладнання для створення мікроклімату .....	18
РОЗДІЛ 2. Дослідження пташника для вирощування бройлерів як об'єкта автоматизації .....	24
2.1. Розрахунок необхідного повітрообміну у пташнику та обґрунтування вибору вентиляційного обладнання .....	24
2.2. Розробка математичної моделі стану повітряного середовища у пташнику із системами загального і локального обігріву .....	30
2.3. Аналіз динаміки об'єкта керування та визначення його передатної функції .....	43
2.4. Функціональна схема автоматизації технологічних процесів у промисловому пташнику для вирощування бройлерів .....	45
РОЗДІЛ 3. Обґрунтування автоматизованої системи централізованого керування режимом локального електрообігріву із розподіленим по приміщенню контролем .....	48
3.1. Порівняльні показники надійності децентралізованої та централізованої систем автоматизації локального обігріву .....	48
3.2. Розрахунок меж допустимості використання централізованої системи керування обігрівом брудерами за методом граничних відхилень параметра .....	51
РОЗДІЛ 4. Вибір регулятора та обґрунтування параметрів його налаштувань .....	57
4.1. Вибір алгоритму керування брудерним обігрівом .....	57
4.2. Технічна реалізація алгоритму керування брудерним обігрівом ....	60
4.2.1. Вибір промислових пристроїв керування .....	60
4.2.2. Обґрунтування вибору датчика температури .....	67
4.2.3. Вибір виконавчого механізму САК та визначення його передатної функції .....	71
РОЗДІЛ 5. Розробка цифрової системи керування .....	73
5.1. Визначення періоду квантування сигналів ЦСК .....	73
5.2. Визначення показників якості роботи цифрової системи керування	75

РОЗДІЛ 6. Схеми системи автоматизації .....	81
6.1. Розробка схеми електричної принципової САК брудерним обігрівом із відповідним програмним забезпеченням .....	81
6.2. Розробка схеми електричної з'єднань .....	87
6.3. Вибір апаратури захисту та керування .....	90
6.4. Вибір проводів та кабелів .....	95
6.5. Вибір щита керування .....	96
РОЗДІЛ 7. Техніко-економічне обґрунтування .....	98
Висновки .....	102
Література .....	104
Додатки .....	106

## ВСТУП

*Актуальність теми.* В сучасних промислових пташниках для утримання дорослої птиці, вирощування молодняка та відгодівлі птиці на м'ясо забезпечується такий штучний мікроклімат, який сприяє максимальній продуктивності несучок, найкращому збереженню та інтенсивному зростанню молодняка.

На практиці у створенні необхідного мікроклімату головну роль відіграє температурно-вологісний, повітряно-газовий та світловий режими птахівничих приміщень. 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 будівлі пташника.

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

Нагальною потребою для бройлерного виробництва є створення для молодняку птиці, особливо віком від народження до 30 діб, комфортних теплових умов утримання, які забезпечують найвищу продуктивність і збереження поголів'я. З метою енергозберігаючого та технологічного вирішення цієї задачі використовують обладнання для локального електрообігріву із автоматичними системами керування тепловими режимами. При цьому поширені засоби локального електрообігріву зазвичай комплектуються індивідуальними автоматичними пристроями із позиційним алгоритмом керування, що негативно впливає на процес вирощування молодняку бройлерів. По-перше, більшість засобів для створення локального електрообігріву характеризуються значною тепловою інерційністю, і

використання регуляторів позиційної дії призводить до виникнення пульсуючих змін температури в зоні обігріву. По-друге, у промислових пташниках із значною щільністю посадки використовується значна кількість засобів локального електрообігріву, що призводить до значних витрат робочого часу обслуговуючого персоналу на налагодження кожного із індивідуальних засобів автоматичного керування.

Отже, дослідження на предмет інтенсивної, економічної та енергозберігаючої автоматизації процесу керування температурним режимом у пташнику із використанням централізованої системи керування локальним обігрівом у сільськогосподарському виробництві, є актуальними.

**Метою магістерської роботи** є обґрунтування і розробка системи керування тепловим режимом у промисловому пташнику для підвищення продуктивності процесу вирощування бройлерів та якості продукції за рахунок покращення мікрокліматичних умов утримання та зменшення споживання електроенергії обладнанням для створення мікроклімату.

**Об'єктом дослідження** є процес створення мікроклімату у виробничих приміщеннях промислових пташників для вирощування бройлерів.

**Предметом дослідження** є зниження енергоспоживання технологічним обладнанням для створення мікроклімату та підвищення надійності його роботи шляхом централізації системи керування локальним обігрівом та удосконалення системи керування вентиляційним обладнанням.

**Задачі магістерської роботи:**

1. Із урахуванням біологічних особливостей птиці та зоотехнічних вимог до вирощування бройлерів у промисловому пташнику обґрунтувати вибір технологічного обладнання та режимів його роботи, розробити функціональну схему автоматизації системи керування параметрами мікроклімату у виробничому приміщенні.

2. Для визначення динамічних властивостей виробничого приміщення промислового пташника розробити математичну модель

температурного стану повітряного середовища із урахуванням систем загального і локального обігріву та вентиляції повітря.

3. Обґрунтувати можливість і доцільність створення та допустимих меж використання централізованої системи керування локальним обігрівом, що складається з окремих індивідуальних електронагрівачів.

4. Обґрунтувати вибір алгоритму керування централізованою системою локального обігріву та комплексу технічних засобів його реалізації.

5. Визначити показники якості роботи системи автоматичного керування локальним обігрівом.

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

7. Провести техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження розробленої системи керування локальним електрообігрівом.

# РОЗДІЛ 1

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ПТАХІВНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

### 1.1. Тепловий режим пташника

Основні показники мікроклімату – це характеристики температурно-вологісного та світлового режиму пташника.

Організм будь-якої теплокровної тварини, зокрема і птиці, споживаючи кисень повітря і корм, безперервно виробляє тепло. Для збереження постійної температури тіла, значення якої у дорослих курей складає близько 41,5°C, організм повинен безперервно віддавати тепло, яке виробляє, у навколишнє середовище. Спрощуючи складний процес тепловіддачі, можна вважати, що втрати тепла відбуваються двома шляхами – теплопередачею з поверхні тіла (явне, або вільне, тепло) та у вигляді тепла, що виноситься із повітрям, що видихується (приховане тепло).

Явне тепло передається у навколишнє середовище із інфрачервоним випромінюванням, шляхом конвекції та за рахунок теплопровідності оточуючого повітря. Віддача явного тепла від нагрітого тіла в навколишнє середовище відбувається відповідно наступному фізичному закону

$$Q = k \cdot F \cdot (t_T - t_{II}), \quad (1.1)$$

де  $Q$  – кількість тепла, що віддається нагрітим тілом, кДж/год.;  $F$  – площа поверхні тіла, м<sup>2</sup>;  $k$  – коефіцієнт теплопередачі, кДж/(м<sup>2</sup>·°С·год.);  $t_T$  – температура нагрітого тіла, °С;  $t_{II}$  – температура оточуючого повітря, °С.

Позначимо  $t_T - t_{II} = \Delta t$ , де  $\Delta t$  – температурний перепад між нагрітим тілом та оточуючим повітрям. Відмітимо, що чим більший температурний перепад, тим більше тепла віддається нагрітим тілом, і навпаки. Вираз (1.1) показує, що при зміні температури оточуючого повітря  $t_{II}$  та незмінній  $t_T$  буде змінюватись температурний перепад і, відповідно, тепловіддача  $Q$ .

Характер співвідношення між вільним  $Q_B$  та прихованим  $Q_{ПР}$  теплом при зміні температури оточуючого повітря зображений на рис. 1.1.

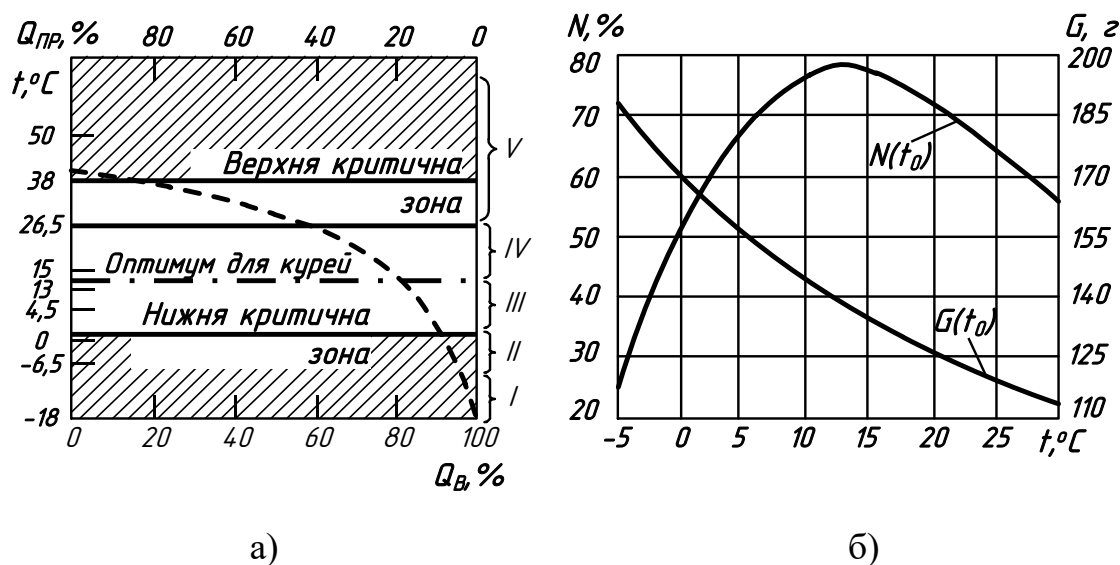


Рис. 1.1. Вплив температури оточуючого повітря на стан птиці:

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

б) – продуктивність та споживання кормів;  $t$  – температура в зоні знаходження птиці;  $N$  – яйценосність;  $G$  – добове споживання кормів.

В інтервалі температур, що відповідає сприятливим умовам утримання птиці (рис. 1.1, а, ділянка  $IV$ ), її організм виробляє нормальну, практично незмінну кількість тепла, хоча температура повітря і змінюється. Це досягається за рахунок фізичної терморегуляції. При зниженні температури повітря перепад  $\Delta t$  зростає, що повинно призвести до збільшення віддачі явного тепла. Однак при цьому кровоносні судини, що розташовані у шкірі, звужуються, знижуючи температуру шкіри, і зростання перепаду  $\Delta t$  уповільнюється. Пір'я та пух на тілі припіднімаються, тобто коефіцієнт теплопередачі  $k$  зменшується. У результаті цього віддача явного тепла зростає на незначну величину. Птиця зменшує рухомість, її дихання уповільнюється. Загальна кількість тепла зберігається практично незмінною.

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, котру відчуватиме птиця, на рівні 22°C та сприятливі умови утримання птиці до значення температури навколишнього середовища +36°C.

Відхилення від оптимальної температури приводять до економічних збитків внаслідок зниження продуктивності, збільшення витрати кормів із розрахунку на одиницю продукції, відходу несучок або молодняка, що

пояснюють графіки на рис. 1.1, б. З них видно, що при відхиленні у будь-який бік від оптимальної температури помітно знижується продуктивність (в даному випадку оптимальна, за умовою максимальної продуктивності курей температура дорівнює приблизно 14°C). В оптимальній точці буде мінімальною і питома витрата кормів, тобто витрата кормів на виробництво одного або десятку яєць.

Нормальна активна життєдіяльність організму птиці вимагає певного, достатньо вузького діапазону температур оточуючого повітря. Тобто існує оптимальна температура, яку необхідно підтримувати у приміщеннях для вирощування птиці (таблиця 1.1, 1.2).

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 виду та віку молодняку в межах: для курчат від 1 до 60 діб – 35-19°C; для індиків від 1 до 30 діб – 35-22°C; для каченят від 1 до 10 діб – 26°C, від 11 до 30 діб – 26-22°C. Ці температури використовуються для розрахунку потужності брудерів та меж їх регулювання. Нагрів під брудером поступово знижують в залежності від зростання молодняку. Так, при вирощуванні курчат температурний режим під брудером витримується у наступних межах (таблиця 1.2).

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.

## Параметри температурно-вологісного режиму промислових пташників

Види та вікові групи птиці	Розрахункова температура у холодний та перехідний періоди року при утриманні птиці, °С		Оптимальна відносна вологість повітря в приміщенні, %
	підлоговому	клітковому	
<i>Доросла птиця:</i>			
кури	12-16	16	60-70
індики	12-16	-	60-70
качки	7-14	-	70-80
<i>Молодняк</i>			
курей віком:			
від 1 до 30 діб	22	24	60-70
від 31 до 70 діб	16	18	60-70
від 140 діб	12-16	16	60-70
індиків віком:			
від 1 до 20 діб	22	24	60-70
від 21 до 120 діб	20-18	-	60-70
від 121 до 180 діб	16	-	60-70
качок віком:			
від 1 до 10 діб	22	22	65-75
від 11 до 30 діб	20	-	65-75
від 31 до 55 діб	14	-	65-75
від 56 до 180 діб	7-14	-	65-75

Таблиця 1.2.

## Температура і вологість повітря при вирощуванні бройлерів

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

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

## 1.2. Вологісний режим пташника

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.

Відхилення рівня вологості від норми у бройлерів викликає порушення обмінних процесів, що уповільнює приріст і може спричинити загибель птиці через такі захворювання, як аспергільоз та кокцидіоз.

При високій вологості в пташниках й низькій температурі, за даними [23, 24], збільшується споживання кормів, знижується продуктивність і виникають простудні захворювання, а при високій температурі затримується тепловіддача і у птахів може статися тепловий удар. Висока вологість викликає порчу підстилки, веде до швидкого зношування та навіть руйнування металічних та дерев'яних конструкцій будівлі пташника. Оскільки дуже часто відносна вологість в пташниках досягає значення 75% і більше, пташники відносять до категорії сирих і навіть особливо сирих приміщень. Низька вологість (менше 50-60%) при підвищеній температурі також негативно впливає на стан здоров'я птахів, особливо молодняку, різко знижуючи опір організму інфекціям. Вологість повітря менше 50% сприяє його запиленості.

За даними дослідників, оптимальною відносною вологістю в приміщеннях для вирощування бройлерів являється 60...70% [13, 20] і тільки в окремі періоди року допускається короткочасне збільшення відносної вологості повітря для курей та індиків до 75%, для качок до 85%, або зменшення для курей та індиків до 50% та для качок до 60%. Сказане пояснюють характеристики вологісного режиму пташників, наведені на рис. 1.2.

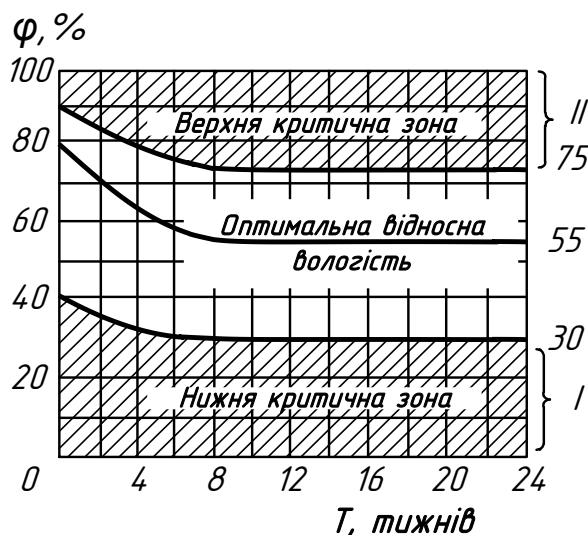


Рис. 1.2. Характеристика вологісного режиму пташників:

$\varphi$  – відносна вологість повітря;  $T$  – вік птиці;  $I$  – умови, що характеризуються дуже сухою підстилкою, можливе ураження бронхів;  $II$  – умови підвищеної захворюваності, птиця погано переносить тепло.

### 1.3. Газовий склад повітряного середовища у пташнику

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

*Вуглекислота* ( $\text{CO}_2$ ) – важкий газ, непридатний для дихання, що накопичується у пташнику за умов недостатнього повітрообміну. Якщо приміщення недостатньо вентилується, концентрація  $\text{CO}_2$  може досягати 0,7%, що у 3,5 рази перевищує допустимі значення (таблиця 1.3).

*Аміак* ( $\text{NH}_3$ ), що утворюється під час розкладання посліду в пташнику, легко розчиняється у воді, тому найбільше впливає на слизові оболонки, верхні дихальні шляхи та очі. У великій концентрації (40-70  $\text{мг/м}^3$ ) Аміак негативно впливає на нервову систему, порушує дихальні процеси та знижує стійкість організму до захворювань.

Максимально допустима концентрація 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 <sub>2</sub> , %	0,5	0,18-0,20	0,1
NH <sub>3</sub> , мг/л	0,08	0,01	0,005
H <sub>2</sub> S, мг/л	0,02	0,005	0,005

*Сірководень (H<sub>2</sub>S)* – токсичний газ з високою щільністю – утворюється в процесі розкладання посліду та підстилки, особливо інтенсивно у теплі місяці. За умов недостатньої вентиляції його концентрація може сягати 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/м<sup>3</sup>.

Як видно з таблиці 1.3, 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.

#### 1.4. Повітрообмін у пташнику

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°C.

*Мінімальний режим вентиляції.* У зимовий період пташники зазвичай потребують опалення, 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.

У пташниках для курей-несучок влітку подачу повітря порівняно із зимовим періодом збільшують у кілька разів [9], а у пташниках для вирощування бройлерів – у 5-10 разів (таблиця 1.4). 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 1.4.

Нормативні значення повітрообміну для птахівничих приміщень,  
м<sup>3</sup>/год. на 1 кг живої маси

Вид птиці	Період року		
	зима	Перехідний (весна, осінь)	літо
Кури яєчних порід, індики та качки дорослі	1,5	3,8	5,8
Молодняк курей м'ясних порід:			
віком 10 діб	1,1	2,4	14,0
віком 30 діб	1,1	1,7	9,1
віком 60 діб	1,4	4,6	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 Кобб прийняті наступні максимально допустимі значення швидкості руху повітря (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5.

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

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

## 1.5. Технологічне обладнання для створення мікроклімату

Для забезпечення здоров'я, комфорту та високої продуктивності птиці виробничі приміщення промислових пташників для вирощування бройлерів оснащуються системи створення мікроклімату, до складу яких входять:

- система вентиляції повітря;
- система локального та загального обігріву;
- система охолодження повітря в літній період.

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).

Основними складовими такої системи вентиляції (рис. 1.3) є витяжні вентилятори, що монтуються в стінах у потрібній кількості, а також припливні вентилятори, встановлені на даху, або утеплені припливні шахти (якщо примусовий приплив непотрібний). Як в припливних шахтах, так і в дахових вентиляторах рекомендується використання конусоподібного розсікача потоку для рівномірного розвіювання повітря. Застосування схеми вентиляції «приплив через дах – витяг через настінні вентилятори» забезпечує значне зниження витрат на опалення в холодний період року завдяки рівномірному змішуванню холодного і теплого повітря під дахом приміщення, що є вагомою перевагою.

З однаковим успіхом така система використовується як при клітковому утриманні птиці, так і при утриманні на підлозі. В якості припливних вентиляторів використовують осьові вентилятори продуктивністю до 18000 м<sup>3</sup>/год. повітря та припливні шахти різного розміру (рис. 1.4). 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.

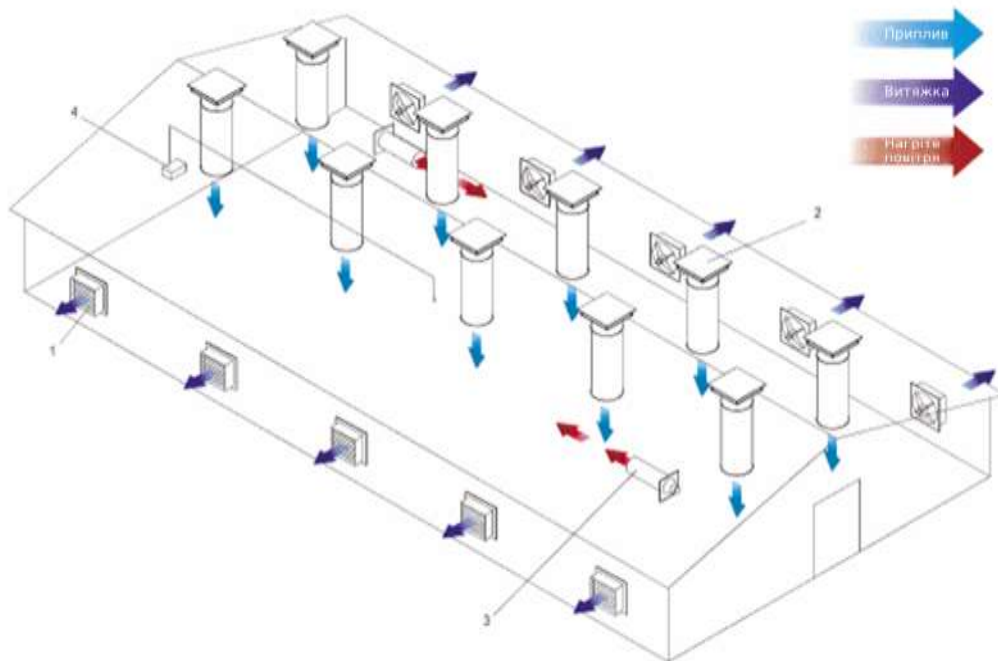


Рис. 1.3. Система вентиляції пташника за принципом вакуумного типу:

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

Вентиляційні шахти (рис. 1.4) виготовляються з поліетилену, мають гладку брудовідбивну поверхню, стійку до сонячного світла і холоду. Гнучка розбірна конструкція шахти дозволяє застосовувати її в приміщеннях з різною конструкцією. Вона може комплектуватися гравітаційним клапаном або клапаном з електроприводом.

Шахти мають захисну парасольку з сіткою для запобігання попаданню всередину приміщення атмосферних опадів, птахів і дрібних тварин.

Конструкція розподільника повітря дозволяє рівномірно розподіляти повітря за всім обсягом приміщення. Довжина шахти може регулюватися відповідно до проекту приміщення та схеми вентиляції завдяки приєднанню додаткових секцій.

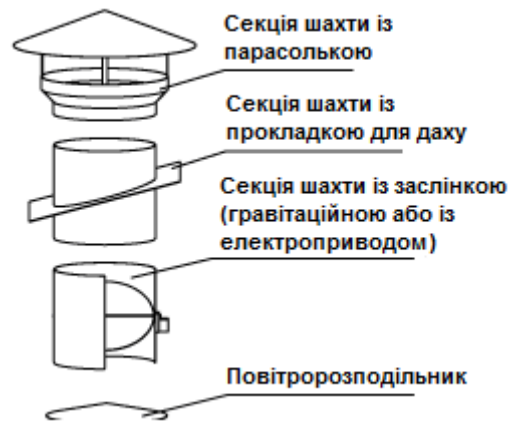


Рис. 1.4. Конструкція припливної штольні

У промислових технологіях вирощування бройлерів важливу роль у збереженні здоров'я молодняка відіграє облаштування системи локального обігріву, що базується на використанні інфрачервоного випромінювання.

Джерелом інфрачервоного випромінювання є будь-яке нагріте тіло. У системах локального обігріву широко застосовуються інфрачервоні дзеркальні лампи (типи ИКЗ, ИКЗК, ИКЗС – світлі випромінювачі), ТЕНи, керамічні електронагрівники та інші низькотемпературні нагрівачі (темні випромінювачі). Спектральний максимум енергії "світлих" випромінювачів не збігається зі спектральною чутливістю шкіри тварин, що надає перевагу "темним" випромінювачам. Вони на 10-25% ефективніші в енергетичному плані, а також мають вищу надійність, довший термін служби та забезпечують рівномірніше поле випромінювання. В їхньому спектрі відсутнє видиме світло, що може турбувати тварин. Основна перевага "світлих" випромінювачів – мінімальні втрати тепла через теплопровідність і конвекцію.

У пташниках для вирощування бройлерів для локального обігріву 500–600 курчат віком від 1 до 30 днів при підлоговому утриманні використовують брудери БП-1А (рисунок 1.5). Брудер має форму зонтика у вигляді шестигранної зрізаної металевої піраміди. Його конструкція включає систему блоків 1 і протывагу 2 для регулювання висоти підйому зонтика 6. Для освітлення під зонтом встановлено лампу 5, а для обігріву – чотири трубчасті

електронагрівачі (ТЕНи) 4 потужністю по 250 Вт кожен. Також брудер оснащено терморегулятором і термометром. Дві секції піраміди мають круглі отвори з кришками, що відкриваються, для забезпечення вентиляції. Площа обігріву становить  $2,2 \text{ м}^2$ , живлення здійснюється від мережі з напругою 220 В і частотою 50 Гц. Максимальна висота підйому брудера – до 2 м.

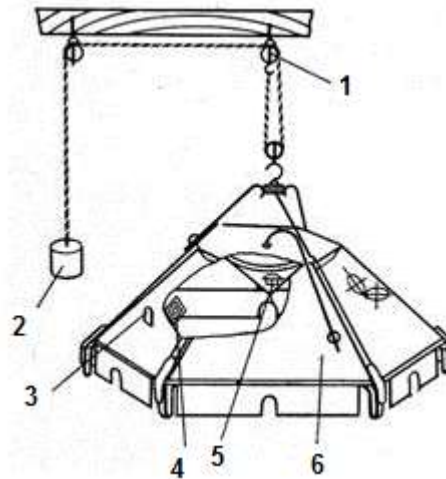


Рис. 1.5. Брудер БП-1А:

1 – блокова система; 2 – противага; 3 – терморегулятор; 4 – нагрівальні елементи (ТЕНи); 5 – освітлювальний пристрій; 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 (рис. 1.6, а) або NG (рис. 1.6, б), GP70 (Jet Master) та ін., які працюють на природному газі або пропані. Технічні характеристики теплогенераторів наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6.

## Технічні характеристики теплогенераторів GA та NG

Тип	Потужність, кВт	Продуктивність вентилятора, м <sup>3</sup> /год.	Споживання газу, м <sup>3</sup> /год.	Розміри (ДхШхВ), мм	Вага, кг
GA/N80	80	5000	7,62	1220x720x590	58
GA/N100	100	6000	9,52	1440x720x590	66,5
NG-LE75	75	3000	8,00	1150x510x550	56
NG-LE100	100	7500	10,60	1125x640x510	56

У системі охолодження повітря в літній період використовуються охолоджувальні панелі або радіатори (рис. 1.7, 1.8). Панелі виготовляються зі спеціального целюлозного матеріалу з жорсткими ребрами. Вода, яку прокачує через радіатор водяний насос, проходить через повітряний потік, який випаровує воду і охолоджується.



а)



б)

Рис. 1.6. Теплогенератори типу GA (а) та NG (б)

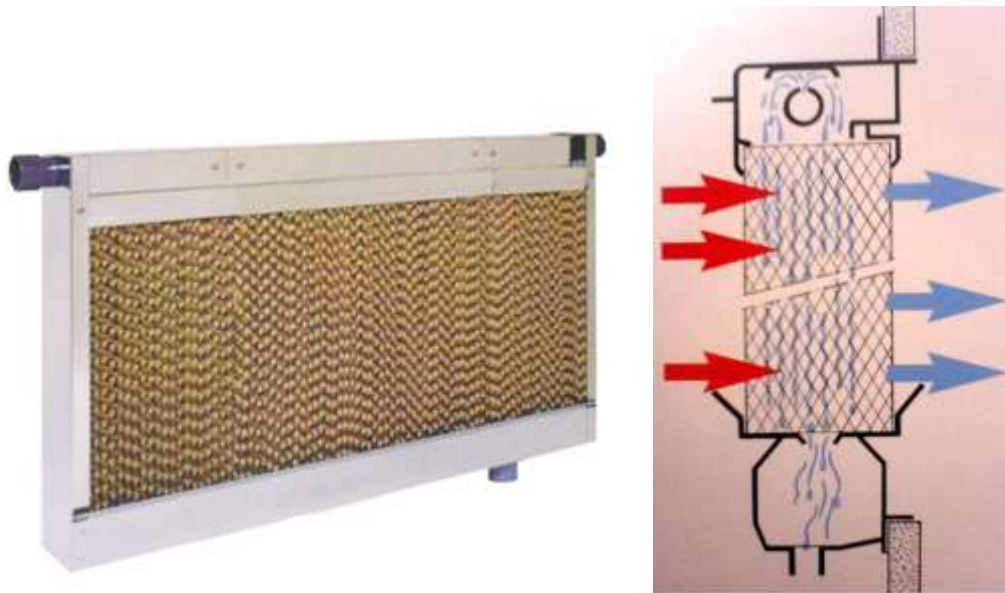


Рис. 1.7. Охолоджувальний радіатор повітря



Рис. 1.8. Структура наповнювач панелі з гофрованого целюлозного матеріалу

У додатку Е1 наведене технологічне обладнання системи годівлі та напування птиці для умов підлогового утримання бройлерів.

## РОЗДІЛ 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПТАШНИКА ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ БРОЙЛЕРІВ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### **2.1. Розрахунок необхідного повітрообміну у пташнику та обґрунтування вибору вентиляційного обладнання**

Безвіконний пташник для вирощування бройлерів має розміри 85x12x4 м. Розміри залу для вирощування бройлерів становлять 75x12x3м. Розріз огорожуючих конструкцій пташника, що являють собою так звані сендвіч-панелі, наведений у додатку БЗ.

Відповідно об'єм зали для утримання курчат становить 2700 м<sup>3</sup>. Пташник орієнтований з півночі на південь.

Курчата-бройлери утримуються на підстилці глибиною до 10 см. Матеріал підстилки – деревна тирса.

Пташник призначений для вирощування 17500 курчат бройлерного стада Ross. 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 20 припливних шахт розміром 50x50 см, обладнаних заслінками. Припливні шахти розміщені по центру дахового перекриття вздовж пташника.

Обсяг припливного повітря розраховують, виходячи з необхідності зниження концентрації вуглекислого газу до допустимого рівня та обмеження вмісту водяної пари. При такому рівні повітрообміну також видаляються інші шкідливі речовини (аміак, сірководень, пил), які утворюються в приміщенні у значно менших кількостях.

Обсяг припливного повітря (м<sup>3</sup>/год.), необхідний для зменшення концентрації вуглекислого газу у пташниках із утриманням птиці на глибокій підстилці, визначається за формулою:

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

де  $C_i$  - обсяг CO<sub>2</sub>, що виділяється однією особиною цього виду пташці, л/год. (Додаток А1);

$n_i$  - чисельність пташці цього виду в приміщенні, голів;

$k$  - різноманіття видів тварин;

$c_1$  - максимально допустима концентрація CO<sub>2</sub> у повітрі приміщення, л/м<sup>3</sup>, (таблиця 1.3);

$c_2$  - вміст CO<sub>2</sub> у зовнішньому повітрі ( $c_2 = 0,3...0,4$  л/м<sup>3</sup>).

Обсяг припливного повітря (м<sup>3</sup>/год.), необхідний для розчинення водяної пари, обчислюється за формулою:

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

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

$d_e$  - вологовміст повітря в приміщенні, г/кг сухого повітря;

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

$\rho$  - щільність повітря при температурі в приміщенні, кг/м<sup>3</sup>.

Значення  $d_e$  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 пташкою;

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

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

$n_i$  - кількість пташці даного виду в пташнику;

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

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

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:  $L_{\text{CO}_2}$  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,  $\text{м}^3$ .

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  $\text{CO}_2$  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  $n = 17500 \text{ гол.}$ ;
- вага птиці –  $2 \text{ кг}$ ;
- 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  $\text{CO}_2$ , що виділяється однією птицею вагою  $2 \text{ кг}$  (Додаток

$$\text{A1) } C = 2 \cdot 1,7 = 3,4 \text{ л / год.};$$

- виділення вологи однією птицею вагою  $2 \text{ кг}$ ,  $\text{г / год.}$  (Додаток А1,

$$\text{A2) } W = 2 \cdot 5 = 10 \text{ г / год.};$$

- гранично допустима концентрація  $\text{CO}_2$  в повітрі пташника

$$c_1 = 2,0 \text{ л / м}^3;$$

- концентрація CO<sub>2</sub> 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  $t_B = 18^\circ \text{C}$  та  $\varphi = 70\%$   $d_B = 9,1 \text{ г/кг сух. повітря}$ ; при  $t_3 = -25^\circ \text{C}$  та  $\varphi = 83\%$   $d_3 = 0,5 \text{ г/кг сух. повітря}$ .

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

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

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

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

$$W = W_{\text{пт}} + W_{\text{пос}} = 302604 \text{ г/год}.$$

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

Необхідний повітрообмін  $L$  (м<sup>3</sup>/год.) приймається за величиною  $L_{CO_2}$ .

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

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 1 кг живої маси птиці в залежності від віку сезону вирощування (таблиця 1.4).

Незалежно від зовнішньої температури повітря, у приміщенні для вирощування курчат бройлерного стада Ross необхідно дотримуватись наступних мінімальних допустимих норм вентиляції (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1.

Мінімальні допустимі норми вентиляції при вирощуванні  
курчат бройлерного стада Ross

Вік птиці, діб	Мінімальна кількість свіжого повітря, м <sup>3</sup> /год. на 1 голову	Мінімальна розрахункова кількість свіжого повітря на пташник (17500 голів), м <sup>3</sup> /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 (таблиця 1.4), 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,  
м<sup>3</sup>/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

Приймаючи до уваги вищенаведені розрахунки та вимоги (таблиця 2.2) та 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  $L_{\Pi} = 105000 \text{ м}^3 / \text{год.}$ ;
- в літній період  $L_{\Pi} = 157500 \text{ м}^3 / \text{год.}$

Для забезпечення вказаних значень повітрообміну необхідно використати осьові вентилятори ВО-Ф-7,1А, технічні характеристики якого наведені в таблиці 2.3.

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.

Таблиця 2.3.

## Технічні характеристики вентилятора ВО-Ф-7,1А [2]

Показник	Значення
Максимальна подача повітря, м <sup>3</sup> /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

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. Схема просторового розміщення вентиляторів у стінках пташника зображена в додатку Б2.

Технічні характеристики електродвигуна приводу вентилятора АИРП80А6У2 наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

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

## 2.2. Розробка математичної моделі стану повітряного середовища у пташнику із системами загального і локального обігріву

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.

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 1.2) (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).

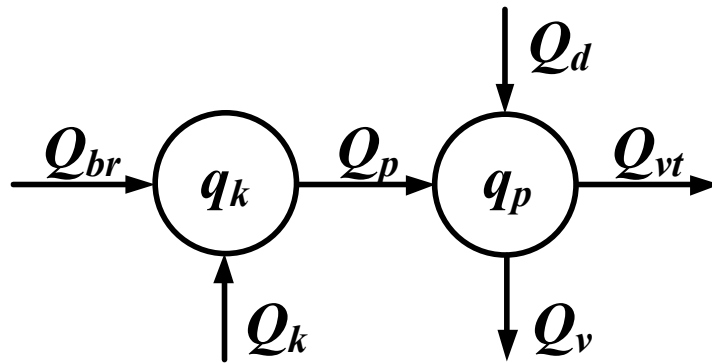


Рис. 2.1. Структурна схема теплообміну у пташнику для вирощування бройлерів у зимовий період:

$Q_{br}$  – 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.

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 <sup>2</sup>	– $S_{pr} = 900$
Об'єм виробничого приміщення пташника, м <sup>3</sup>	– $V_{pr} = 2700$
Еквівалентні розміри брудера (ширина, довжина), $X_1 \times X_2$ , м	– 1,2x1,85
Площа підігріву під брудером, м <sup>2</sup>	– $S_b = 2,2$
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, °C	– $t_z = -25$
Розрахункова температура у пташнику, °C	– $t_p = +18$

Густина повітря, кг/м <sup>3</sup>	$-\rho_p = 1,216$
Теплоємність повітря, Дж/(кг·°C)	$-C_p = 1005$

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

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

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), м<sup>2</sup>

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

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  $\tau_k$  (діб), температури в зоні утримання  $t_B$  (°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, отриманим за даними нормативних значень максимально допустимої швидкості руху повітря у пташниках для вирощування бройлерів

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

Для зазначеного пташника для вирощування бройлерів, враховуючи вихідні дані  $\tau_k$  (діб),  $t_B$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) (таблиця 1.2) та  $v_p$  (м/с) для початкового періоду вирощування за виразами (2.12) - (2.14) отримана діаграма (рис. 2.2).

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  $S_k$  ( $\text{m}^2$ )

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

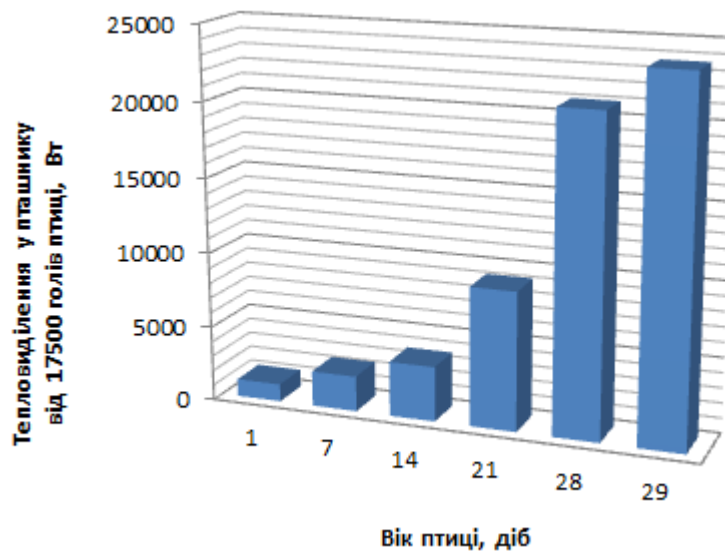


Рис. 2.2. Залежність тепловиділень птиці від її віку із урахуванням вікових нормованих значень температури під брудером та швидкості руху повітря

Кількість теплоти, що втрачається у навколишнє середовище із вентиляційним повітрям  $Q_v$ , Вт, визначається в залежності від віку курчат  $\tau_k$  (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  $w_k$  ( $\text{m}^3/\text{c}$ )

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

Значення кількості вентиляційного повітря  $w_k$  залежно від віку птиці визначаємо за регресивним рівнянням, 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 ( $m^2 \cdot K / Bm$ );

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

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

$n$  - Коригувальний коефіцієнт, який враховує різницю температур ( $T_B - T_3$ ) і залежить від розташування огорожувальних конструкцій щодо зовнішнього повітря. Він визначається для зовнішніх стін та підлоги на ґрунті  $n = 1$ ; для перекриттів горищ із різними типами покрівлі  $n = 0,75 \dots 0,90$ ; для огорожень, що розділяють опалювані та неопалювані приміщення,  $n = 0,40 \dots 0,70$ ; а також для перекриттів над підпіллями  $n = 0,40 \dots 0,70$ .

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  $\alpha$  називають коефіцієнтом теплосприйняття  $\alpha_B$ .

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

Відношення  $\frac{\delta_i}{\lambda_i}$  представляє собою термічний опір теплопровідності окремих шарів огорожувальної конструкції заданої товщини  $\delta_{i,m}$ , виготовлених з матеріалів із певним коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda_i$ ,  $Bm / (m \cdot K)$ .

$R_3$  - тепловий опір передачі тепла через зовнішню поверхню огородження;

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

Якщо поверхня тіла віддає тепло у навколишнє середовище, то коефіцієнт теплообміну  $\alpha$  називається коефіцієнтом тепловіддачі  $\alpha_3$ .

Для зовнішніх стін із вказаними параметрами (додаток Б3), 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 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 огородження  $R_3 = 0,043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ .

У зазначеному безвіконному пташнику (Додаток Б2) із розмірами зали для вирощування бройлерів 75x12x3м 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

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

Втрати тепла через зовнішні стіни (для огороджувальних конструкцій  $n=1$ )

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

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

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

З урахуванням цієї поправки, теплові втрати через зовнішні стіни

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

Перекриття площею  $900 \text{ м}^2$  являють собою такі самі сендвіч-панелі, як і стіни із зазначеними параметрами.

При цьому

- термічний опір теплосприйняттю внутрішньої поверхні огорожі

$$R_B = 0,155 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт};$$

- термічний опір теплопередачі зовнішньої поверхні огороження,

що виходить на горище,  $R_3 = 0,123 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}.$

Опір теплопередачі перекриття

$$R_O = 0,155 + 2 \cdot \frac{0,002}{230} + 2 \cdot \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,112}{0,07} + 0,123 = 1,902 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}.$$

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

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

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  $\lambda_{II} < 1,16 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  :

$$R_{vII} = R_{II} + \frac{\delta_v}{\lambda_v}. \quad (2.22)$$

де  $\delta_v$  та  $\lambda_v$  - 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  $\delta_{II} = 0,10 \text{ м}$ )  $\lambda_{II} = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  .

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  $R_{II4} = 14,2 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$  .

$$\text{Для першої зони } R_{vII1} = 2,15 + \frac{0,10}{0,09} = 3,26 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт} ;$$

$$\text{для другої зони } R_{vII2} = 4,3 + \frac{0,10}{0,09} = 5,41 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт} ;$$

$$\text{для третьої зони } R_{vII3} = 8,6 + \frac{0,10}{0,09} = 8,71 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт} .$$

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

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

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

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

Таким чином, за структурною схемою теплообміну у пташнику для вирощування бройлерів у зимовий період (рис. 2.1) 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  $V_{pr} = 2700 \text{ м}^3$

$$Q_p + Q_d - Q_{vt} - Q_v = 0. \quad (2.25)$$

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  $\rho_p$  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, отримаємо 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, отримаємо 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. 2.4) температурного стану повітряного середовища під розподілим по пташнику брудером та виробничого приміщення пташника.

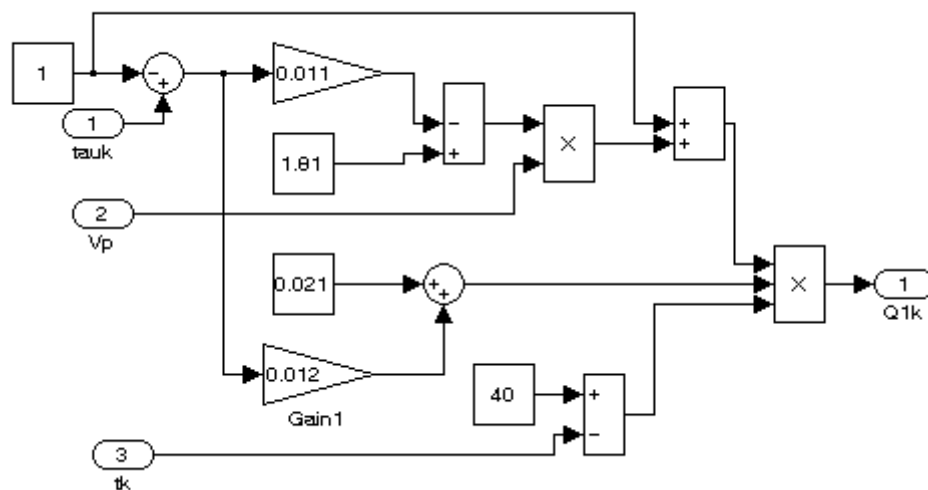


Рис. 2.3. Підпрограма для розрахунку  $Q_{ЯВ}(\tau_k, t_B, v_p)$

Для розрахунку кількості теплоти, що виробляється тілом птиці  $Q_{ЯВ}(\tau_k, t_B, v_P)$  розроблена підпрограма (рис. 2.3), значення швидкості руху повітря  $v_P$  та кількості вентиляційного повітря  $w_k$  залежно від віку визначається у блоці  $f(u)$ .

За допомогою розробленої імітаційної моделі отримані розгінні характеристики пташника для каналів керування локальним та загальним обігрівом (відповідно рис. 2.5, 2.6).

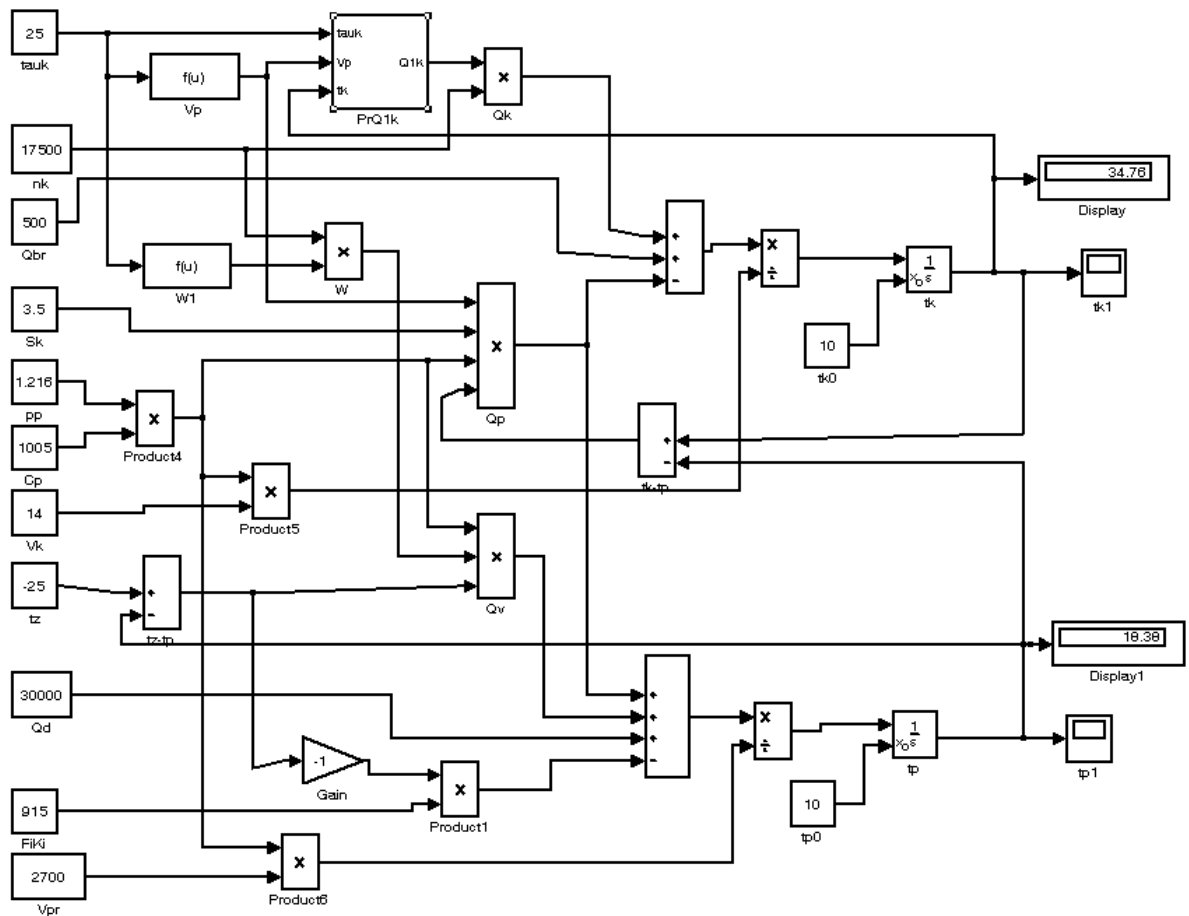


Рис. 2.4. Імітаційна модель температурного стану повітряного середовища під розподіленням по пташнику брудером та виробничого приміщення пташника

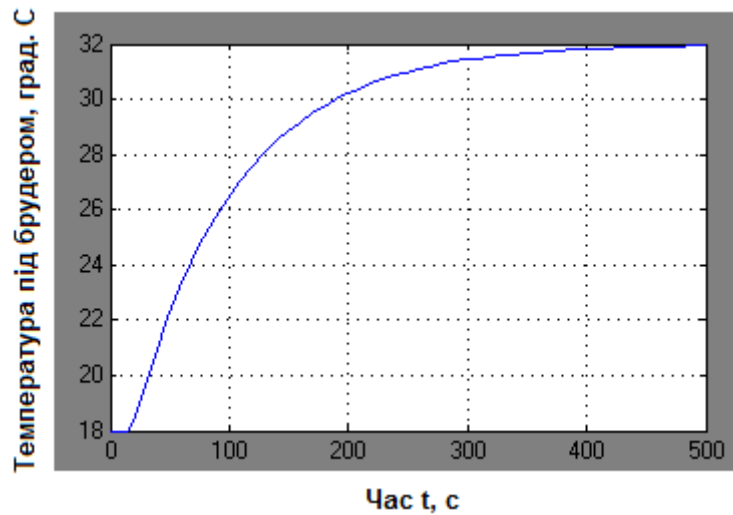


Рис. 2.5. Розгінна характеристика пташника для каналу "температура під брудером – потужність електронагрівачів"

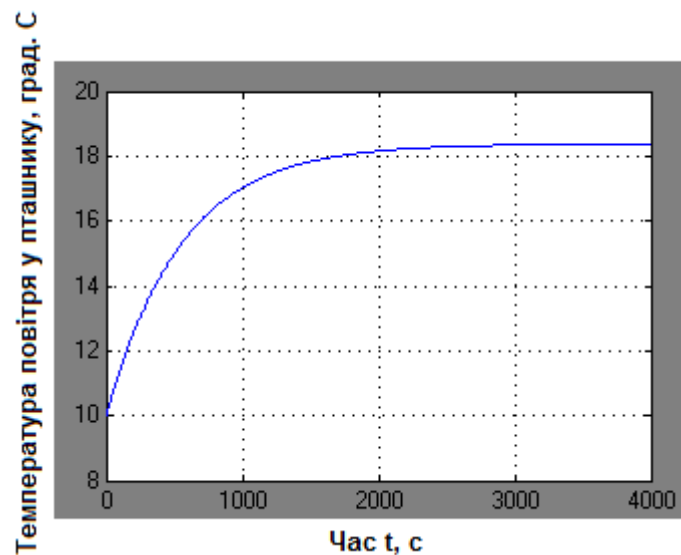


Рис. 2.6. Розгінна характеристика пташника для каналу "температура повітря у пташнику – продуктивність загального обігріву"

Окрім розгінних характеристик пташника для каналів керування локальним та загальним обігрівом, за допомогою розробленої імітаційної моделі визначена залежність необхідної потужності системи загального обігріву від віку курчат (рис. 2.7) та від зовнішньої температури повітря (рис. 2.8).

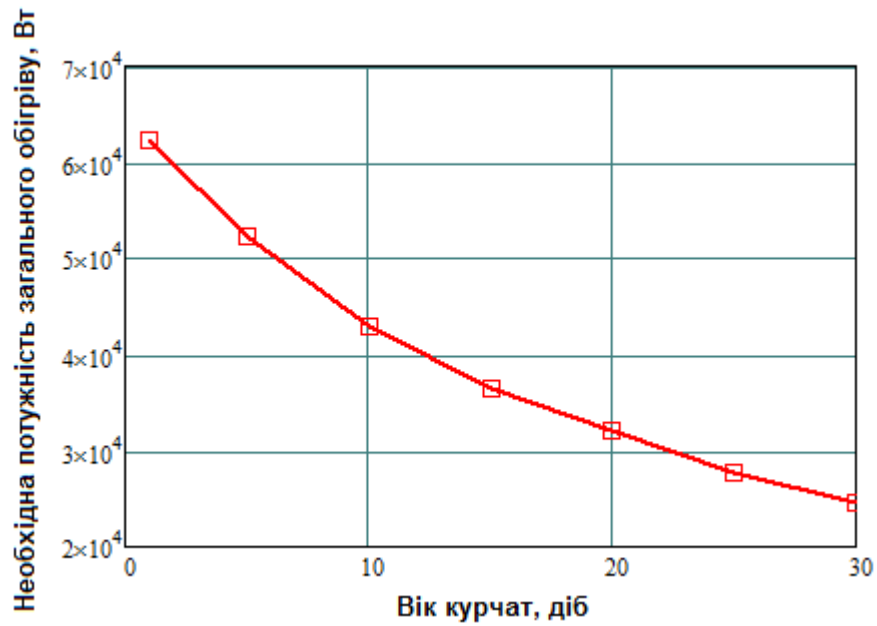


Рис. 2.7. Залежність необхідної потужності системи загального обігріву від віку птиці (при температурі зовнішнього середовища  $-25^{\circ}\text{C}$ )

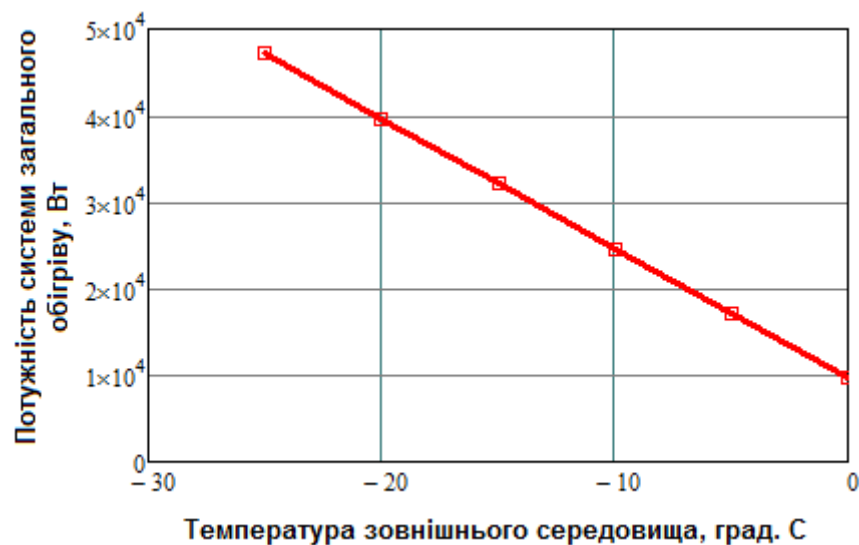


Рис. 2.8. Залежність необхідної потужності системи загального обігріву від температури зовнішнього середовища (для курчат віком 5 днів)

За наведеними графічними залежностями можна зробити висновок, що необхідна потужність системи загального обігріву в залежності від віку птиці у пташнику для вирощування 17500 бройлерів при температурі навколишнього середовища  $-25^{\circ}\text{C}$  зменшується від 62300 Вт (для добових курчат) до 24600 Вт (для курчат віком 30 днів), або у 2,5 рази; для курчат віком 5 днів при зміні

температури навколишнього середовища від  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$  необхідна потужність загального обігріву зменшується відповідно з 47130 Вт до 9610 Вт, або на величину  $1500 \text{ Вт}/^{\circ}\text{C}$ .

### 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 пропорційно до зміни температури навколишнього середовища.

Для визначення передатної функції зони локального обігріву для каналу "потужність електронагрівачів  $\rightarrow$  температура під брудером" був використаний графічний метод. Для цього розгінна характеристика, отримана за допомогою імітаційної моделі у попередньому розділі (рис. 2.6), 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 В1), нормована крива розгону зони локального обігріву зображена на рис. 2.9.

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;  $\tau_{oy}$  - час чистого запізнення, с.

Чисельне значення постійної часу  $T_{oy}$  та часу запізнення  $\tau_{oy}$  об'єкта знаходять за допомогою дотичної, яку проводять до точки перегину розгінної характеристики (рис. 2.9). 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  $\Theta_k$  та  $\Theta_n$  – 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, %.

де  $\Theta_k$  та  $\Theta_n$  – 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 "потужність електронагрівачів → температура під брудером":

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

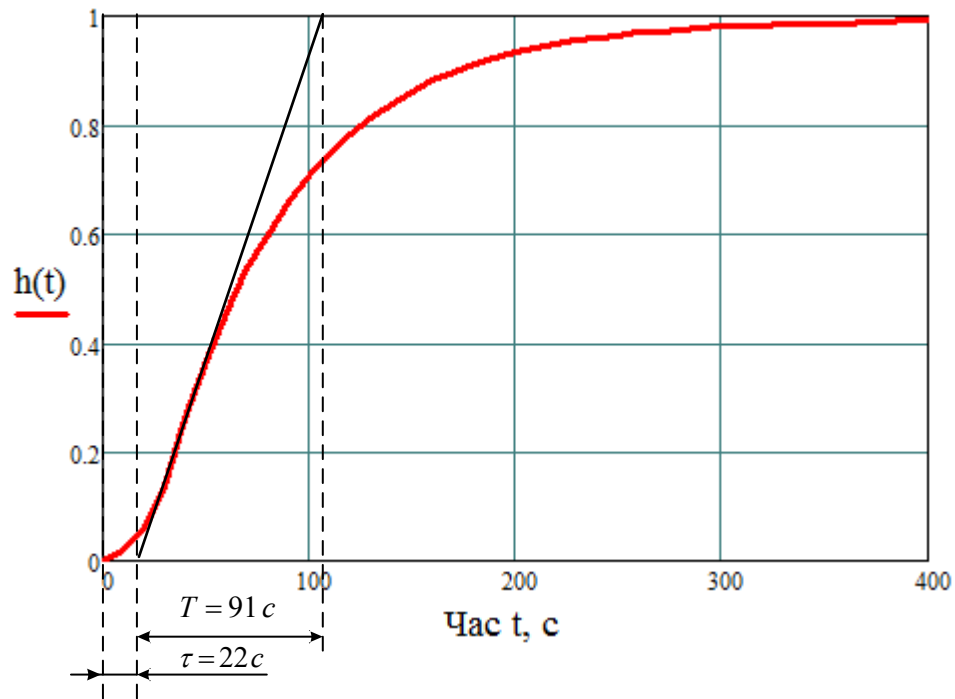


Рис. 2.9. Нормована розгінна характеристика зони локального обігріву для каналу "потужність електронагрівачів → температура під брудером"

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

Функціональні схеми є ключовим технічним документом, який визначає функціонально-блочну структуру окремих вузлів систем автоматичного контролю, управління та регулювання технологічного процесу, а також оснащення об'єкта управління приладами й засобами автоматизації, включаючи телемеханіку та комп'ютерну техніку.

Складання функціональних схем призводить до таких результатів:

1. Визначення методів вимірювання технологічних параметрів.
2. Підбір технічних засобів автоматизації, які максимально відповідають вимогам та умовам експлуатації автоматизованого об'єкта.

3. Визначення типу приводу для виконавчих механізмів, які забезпечують автоматичне або дистанційне керування регулюючими та запірними елементами технологічного обладнання.

4. Розміщення технічних засобів автоматизації на щитах, пультах, технологічному обладнанні, трубопроводах тощо, а також визначення способів відображення інформації про стан процесу та обладнання.

На рис. 2.10 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 TE (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".

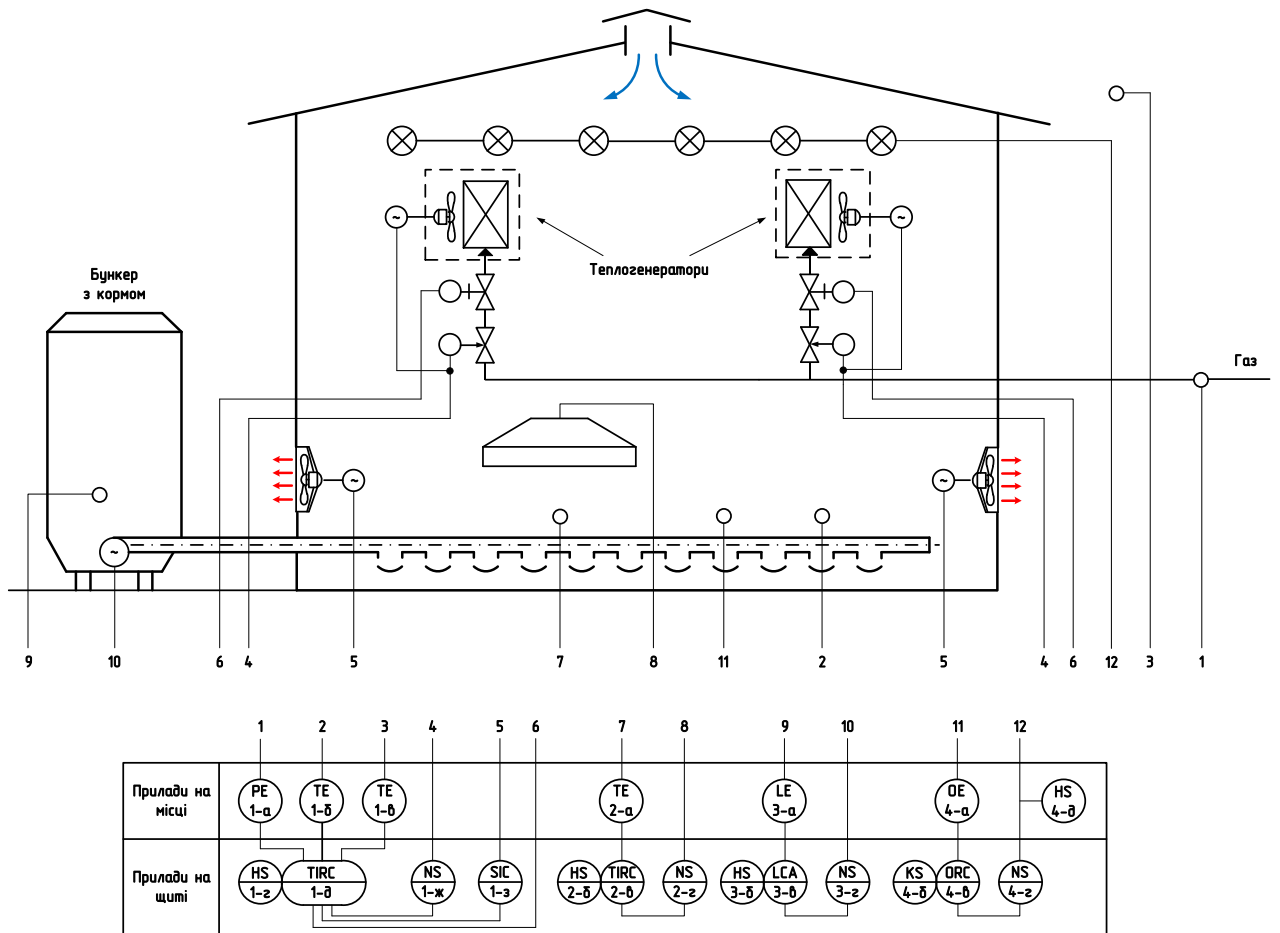


Рис. 2.10. Функціональна схема автоматизації виробничих процесів у промисловому пташнику для вирощування бройлерів

### РОЗДІЛ 3

## ОБГРУНТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ РЕЖИМОМ ЛОКАЛЬНОГО ЕЛЕКТРООБІГРІВУ ІЗ РОЗПОДІЛЕНИМ ПО ПРИМІЩЕННЮ КОНТРОЛЕМ

Задана якість підтримання температури є необхідною для кожної із зон локального обігріву, розподілених по площі приміщення пташника із значними розмірами. У зв'язку з цим слід проаналізувати можливості використання у промисловому птахівництві системи керування груповим електронагрівачем, який являє собою групу розміщених певним чином локальних електрообігрівачів.

### 3.1. Порівняльні показники надійності децентралізованої та централізованої систем автоматизації локального обігріву

У виробничому приміщенні промислового пташника використовуються комплекти обладнання для локального обігріву, що налічують від 20 до 40, а у перспективних комплектах – до 80...100, електрообігрівачів. Необхідно оцінити з точки зору теорії надійності можливість переходу від індивідуального до групового способу керування режимом.

Ймовірність безвідмовної роботи регулятора температури одного брудера  $P_B$  залежить від ймовірностей безвідмовної роботи датчика та вимірювальної частини схеми  $P_D$ , підсилювача  $P_{II}$ , елемента комутації  $P_K$ , причому

$$P_B = P_D \cdot P_{II} \cdot P_K. \quad (3.1)$$

Ймовірність безвідмовної роботи сукупності з  $n$  брудерів комплекту  $P_C$  дорівнює

$$P_C = (P_B)^n = (P_D \cdot P_{II} \cdot P_K)^n. \quad (3.2)$$

Відомо, що часова залежність безвідмовної роботи  $P(t)$

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}, \quad (3.3)$$

де  $t$  – час, год.;

$\lambda(t)$  – інтенсивність відмов в індивідуальному регуляторі, од./год., тобто

$$P_C(t) = \left( e^{-\sum_{i=1}^n \int_0^t \lambda_i(t) dt} \right)^n = e^{-n \cdot \lambda \cdot t}. \quad (3.4)$$

Значення  $\lambda(t)$  для відповідних елементів індивідуального регулятора мають наступні значення: вимірювальної частини регулятора із датчиком температури  $\lambda_D(t) = 1,486 \cdot 10^{-6}$  од./год.; підсилювача  $\lambda_{II}(t) = 3,11 \cdot 10^{-6}$  од./год.; комутуючої частини регулятора  $\lambda_K(t) = 1,1 \cdot 10^{-6}$  од./год.

Відповідно, за час експлуатації, що складає 9000 год. ймовірність безвідмовної роботи елементів регулятора

$$P_D = e^{-1,486 \cdot 10^{-6} \cdot 9000} = 0,986;$$

$$P_K = e^{-1,1 \cdot 10^{-6} \cdot 9000} = 0,990;$$

$$P_{II} = e^{-3,11 \cdot 10^{-6} \cdot 9000} = 0,972.$$

Тоді ймовірність безвідмовної роботи індивідуального регулятора температури брудера

$$P_B = P_D \cdot P_{II} \cdot P_K = 0,986 \cdot 0,972 \cdot 0,99 = 0,95.$$

Залежність ймовірності безвідмовної роботи децентралізованої системи керування, що складається із  $n$  автономних електронних регуляторів температури,  $P_C(n)$  зображена на рис. 3.1. Видно, що для пташника на 17500

бройлерів, що налічує 30 брудерів, ймовірність безвідмовної роботи системи децентралізованого локального обігріву дорівнює  $P_C(30) = 0,215$ .

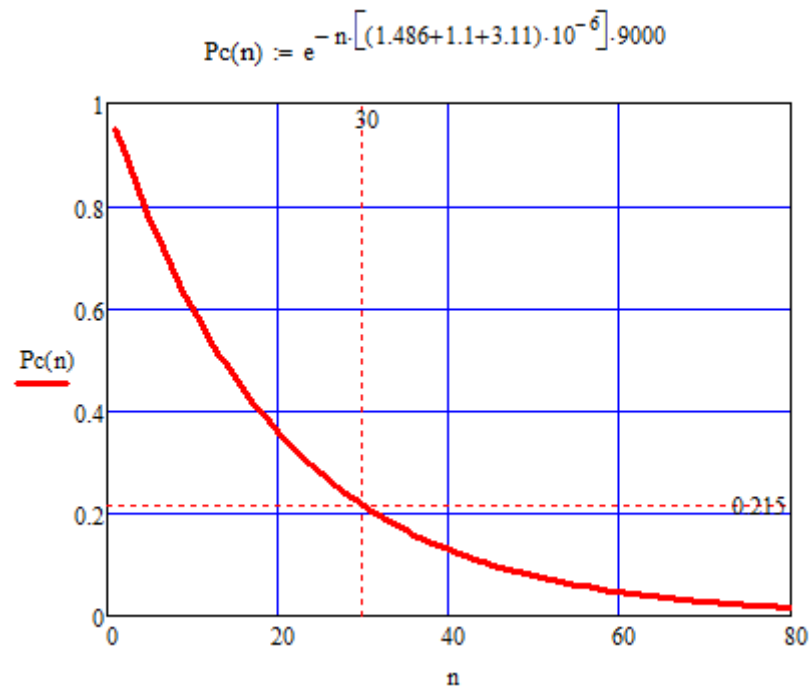


Рис. 3.1. Ймовірність безвідмовної роботи децентралізованої системи керування локальним обігрівом у пташнику, що складається із  $n$  автономних регуляторів температури

При заміні індивідуальних регуляторів температури одним більшої потужності ймовірність його безвідмовної роботи  $P_{Ц}(t)$

$$P_{Ц}(t) = e^{-(\lambda_d + \lambda_{П} + 2 \cdot \lambda_k + \lambda_{СП} + \lambda_{ГПН} + \lambda_{СИН}) \cdot t}, \quad (3.5)$$

де  $\lambda_{СП} = \lambda_{ГПН} = \lambda_{СИН} = 4 \cdot 10^{-6}$  од./год. – інтенсивність відмов відповідно схеми порівняння, генератора пилкоподібної напруги, схеми синхронізації регулятора із плавним регулюванням, наприклад із П-алгоритмом керування; коефіцієнт 2 відображає наявність двох триністорів для двох-напівхвильового керування мережевою напругою. Розрахунок показує, що

$$P_{Ц}(9000) = e^{-((1,486 + 3,11 + 2 \cdot 1,1 + 4 + 4) \cdot 10^{-6}) \cdot 9000} = 0,844,$$

тобто надійність централізованої системи є значно вищою, ніж надійність сукупності автономних регуляторів. Однак, цього значення є

недостатньо, і за допомогою резервування можна отримати для 9000 год. неперервної роботи

$$P_{Ц+Р}(9000) = P_{Ц}^2(9000) + 2P_{Ц}(9000)(1 - P_{Ц}(9000)) = 0,976, \quad (3.6)$$

тобто надійність центрального регулятора із резервуванням є значно вищою, ніж надійність одного індивідуального регулятора, не кажучи про надійність децентралізованої системи. Для виявлення малоїмовірного випадку відмови системи керування у централізованій системі легко передбачити диспетчеризацію контролю технології локального обігріву.

### **3.2. Розрахунок меж допустимості використання централізованої системи керування обігрівом брудерами за методом граничних відхилень параметра**

Максимальне спрощення системи нагрівачів із центральним регулятором можливе за рахунок використання принципу "ведучий (головний) – ведений", який полягає в наступному: вимірюється температура повітря під "ведучим" брудером, а регулювання потужності здійснюється для всіх брудерів так само, як і для "ведучого". Тоді сукупність усіх брудерів перетворюється у розподілений по пташнику брудер, а потужність централізованого регулятора збільшується в число брудерів у пташнику разів у порівнянні з потужністю автономного регулятора.

Розглянемо причини, що впливають на зміну температури під брудерами у "розподіленому" брудері та уточнимо межі допустимості використання принципу "ведучий – ведений" у птахівничому приміщенні.

Відомо, що тепловіддача нагрівачів брудерів  $Q_{br}$  повинна компенсувати втрати теплоти брудерами за рахунок конвективного теплообміну із навколишнім середовищем  $Q_{konv}$  та втрати за рахунок теплопровідності стінок зонта  $Q_t$ . Разом з тим, присутня тепловіддача курчат, що знаходяться під брудером  $Q_k$ , та підстилки під брудером  $Q_{pid}$

$$Q_{br} = Q_{konv} + Q_t - Q_k - Q_{pid} \quad (3.7)$$

У випадку утримання бройлерів на сітчастій підлозі  $Q_{pid} = 0$ . В розрахунках будемо орієнтуватися саме на цей випадок, оскільки у перспективі глибока підстилка буде замінена сітчастою підлогою в зв'язку із труднощами зі зміною підстилки при дезінфекції приміщення, із труднощами при її закупівлі, птахофабриками, особливо у безлісних районах.

$$Q_{konv} = 0,8 \cdot m_k \cdot w_1 \cdot g \cdot n_k \cdot C_p \cdot K_{vb} \cdot (t_{br} - t_p), \quad (3.8)$$

де  $m_k$  - жива маса курчати, кг;

$w_1$  - необхідна кількість вентиляційного повітря на 1 кг живої маси, м<sup>3</sup>/год.;

$n_k$  - кількість курчат під брудером,  $n_k = 500 \dots 600$  шт.;

$C_p$  - теплоємність повітря,  $C_p = 1005$  Дж/(кг·°C);

$g$  - об'ємна маса повітря під брудером,  $g = 1,1$  кг/м<sup>3</sup>;

$K_{vb}$  - кратність повітрообміну з-під брудерів,  $K_{vb} = 1 \dots 6$ ;

$t_{br}$  - температура під брудером (залежить від віку птиці), °C;

$t_p$  - температура у пташнику, °C.

$$Q_t = K_{br} \cdot S_{br} \cdot (t_{br} - t_p), \quad (3.9)$$

де  $K_{br}$  - коефіцієнт передачі тепла через стінки брудера до зовнішнього середовища,  $K_{br} = 4,19$  кДж/(м<sup>2</sup> · год · °C) = 15,08 Вт/(м<sup>2</sup> · °C);

$S_{br}$  - площа поверхні теплопередачі брудера,  $S_{br} = 3,14 \cdot 1,8 \cdot 0,4 = 2,26$  м<sup>2</sup>

$$Q_k = 0,8 \cdot m_k \cdot n_k \cdot q \cdot (1 - \rho \cdot (t_{br} - \theta_{табл})), \quad (3.10)$$

де  $q$  - виділення теплоти із розрахунку на 1 кг живої маси птиці для даного віку (додаток А1, А2), кДж/год.;

$\rho$  - коефіцієнт, що враховує зміни виділення теплоти курчам при зміні температури навколишнього середовища на 1°C, 1/°C;

$\theta_{табл}$  - табличне значення температури,  $\theta_{табл} = 18^\circ$  C.

Коефіцієнт 0,8 у формулах (3.8) та (3.10) показує, що енергетичний розрахунок проводиться з припущення, що під брудером знаходиться в середньому за добу 80% поголів'я курчат.

Із урахуванням наведеного вище, необхідна тепловіддача ведучого брудера

$$Q_{br} = (0,8 \cdot m_k \cdot w_1 \cdot g \cdot n_k \cdot C_p \cdot K_{vb} + K_{br} \cdot S_{br}) \cdot (t_{br} - t_p) - 0,8 \cdot m_k \cdot n_k \cdot q \cdot (1 - \rho \cdot (t_{br} - \theta_{мабл})) \quad (3.11)$$

У випадку  $t_p = 16^\circ C$  і  $t_{br} = 32^\circ C$  електронагрівачі брудера працюють у більш важких умовах, тому в розрахунках доцільно використовувати ці граничні значення температур. Теплова потужність (3.11) забезпечує при  $t_p$  точне підтримання під поверхнею "ведучого" брудера задане значення температури  $t_{br}$ . Така сама потужність витрачається у кожному з "ведених" брудерів. Розрахуємо діапазони зміни внутрішньої температури, кількості та віку курчат під поверхнею брудера, повітрообміну з-під "веденого" брудера, що призводять до зміни  $t_{br}$  у заданих межах  $\pm 1^\circ C$ .

Для "веденого" брудера з (3.11) впливає

$$t_p^1 = t_{br}^1 - \frac{Q_{br}^{ij} + 0,8 \cdot m_k \cdot n_k \cdot q \cdot (1 - \rho \cdot (t_{br}^1 - \theta_{мабл}))}{0,8 \cdot m_k \cdot w_1 \cdot g \cdot n_k \cdot C_p \cdot K_{vb} + K_{br} \cdot S_{br}}, \quad (3.12)$$

де  $Q_{br}^{ij}$  - відповідне значення потужності "ведучого" брудера;

$i$  - вік курчат, діб;

$j$  - кратність повітрообміну, що відповідає значенню  $K_{vb}$ ;

$t_{br}^1$  - граничні значення діапазону допустимих коливань  $t_{br}$ .

Допустимий діапазон відхилень повітрообміну "веденого" брудера від "ведучого", контрольованого брудера

$$K_{vb}^1 = \frac{Q_{br}^{ij} + 0,8 \cdot m_k \cdot n_k \cdot q \cdot (1 - \rho \cdot (t_{br}^1 - \theta_{мабл})) - K_{br} \cdot S_{br} \cdot (t_{br}^1 - t_p)}{0,8 \cdot m_k \cdot w_1 \cdot g \cdot n_k \cdot C_p \cdot (t_{br} - t_p)}. \quad (3.13)$$

Допустиме відхилення чисельності поголів'я під "веденим" брудером

$$M^1 = \frac{(0,8 \cdot m_k \cdot w_1 \cdot g \cdot n_k \cdot C_p \cdot K_{vb} + K_{br} \cdot S_{br}) \cdot (t_{br}^1 - t_p) - Q_{br}^{ij}}{0,8 \cdot m_k \cdot n_k \cdot q \cdot (1 - \rho \cdot (t_{br}^1 - \theta_{мабл}))}. \quad (3.14)$$

На рис. 3.2 та 3.3 зображені результати моделювання величин допустимих діапазонів зміни факторів, що впливають на точність режиму обігріву, за якими можна зробити наступні висновки.

1. Необхідна точність підтримання температури під "ведучим" брудером (абсолютна похибка не більше  $\pm 1^\circ C$ ) забезпечується при діапазоні зміни температури у виробничому приміщенні  $3,86^\circ C$  при мінімальному повітрообміні ( $K_{vb} = 1$ ) та  $2,61^\circ C$  при максимальному ( $K_{vb} = 6$ ) (рис. 3.3). Цей діапазон сильно залежить від кратності повітрообміну з-під брудерів: при збільшенні повітрообміну від 1 до 6 діапазон зменшується на 32%.

2. Покращення теплоізоляційних властивостей матеріалу зонта брудера забезпечує значну економію енергії на локальний обігрів: від 24,8% до 33,8% при зниженні  $K_{vb}$  від 6 до 1. Покращення теплоізоляції брудера практично не покращує можливість централізації системи при великих повітрообмінах, але при  $K_{vb} = 1$  допустимий діапазон температур повітря у виробничому приміщенні пташника значно розширюється – з  $3,86^\circ C$  до  $6,54^\circ C$ , або на 71% (рис. 3.3).

3. Значення температури у виробничому приміщенні та кратність повітрообміну з-під брудерів суттєво впливає на необхідну потужність брудерів (рис. 3.2) для забезпечення необхідного температурного режиму локального обігріву. На можливість використання централізованої системи керування локальним обігрівом за принципом "ведучий" – "ведений" істотно впливає можлива різниця в кількості курчат під "ведучим" та "веденим" брудерами, особливо із збільшенням їх віку (відповідно і тепловіддачі тіла). Оскільки використання брудерів здійснюється лише протягом перших 30 діб вирощування, коли кратність повітрообміну у пташнику мінімальна, при забезпеченні вказаного діапазону зміни температури у виробничому

приміщенні можна зробити висновок про прийнятність використання централізованої системи керування локальним обігрівом у зазначеному пташнику для вирощування бройлерів.

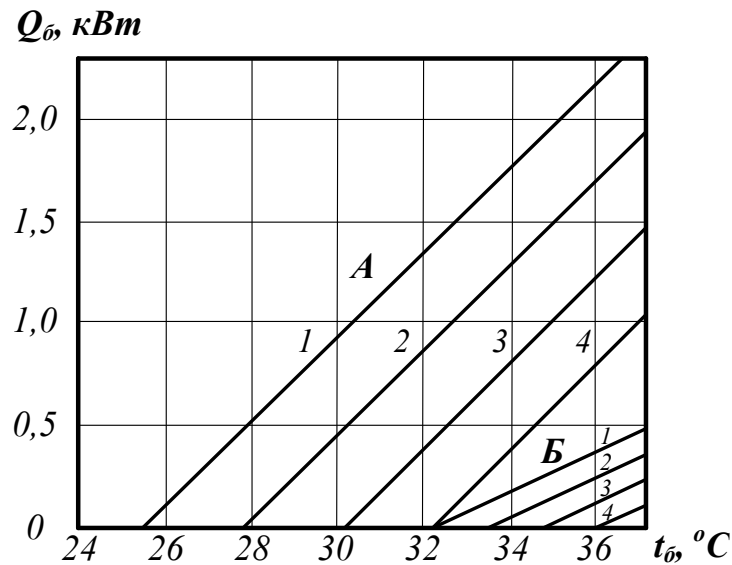


Рис. 3.2. Розрахункова потужність електробрудера типу БП-1А із  $K_{br} = 15,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ :

при температурі у виробничому приміщенні:

1 -  $t_p = 19^\circ\text{С}$ ; 2 -  $t_p = 22^\circ\text{С}$ ; 3 -  $t_p = 25^\circ\text{С}$ ; 4 -  $t_p = 28^\circ\text{С}$ ;

А – кратність повітрообміну під брудером  $K_{vb} = 6$ ; Б –  $K_{vb} = 1$ .

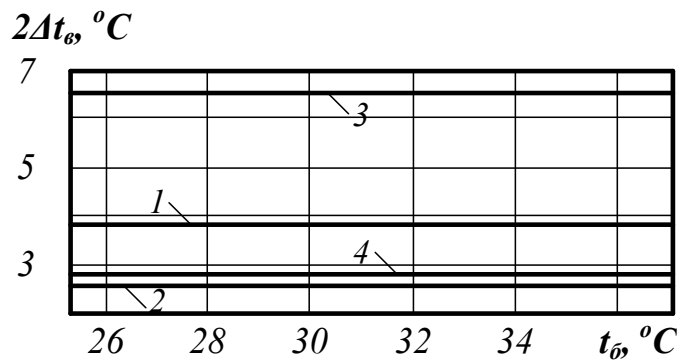


Рис. 3.3. Діапазон допустимих відхилень температури

у виробничому приміщенні  $t_p$  для забезпечення  $\Delta t_{br} = \pm 1^\circ\text{С}$ :

1 -  $K_{vb} = 6$ ,  $K_{br} = 15,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ; 2 -  $K_{vb} = 1$ ,  $K_{br} = 15,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ;

1 -  $K_{vb} = 6$ ,  $K_{br} = 0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ; 2 -  $K_{vb} = 1$ ,  $K_{br} = 0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ .

4. "Ведучий" брудер необхідно розміщувати у такій зоні виробничого приміщення пташника, де температура  $t_p$  та кратність повітрообміну з-під брудерів  $K_{vb}$  мають середні по пташнику значення, що визначається експериментально.

5. Двопозиційний алгоритм керування температурним режимом під брудерами забезпечує недостатню точність та утворює відчутні пульсації температури під брудером, що погіршує умови розвитку молодняку і вказує на необхідність використання неперервного алгоритму керування температурою за допомогою регуляторів напруги живлення ТЕНів брудера.

## РОЗДІЛ 4

### ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ

#### 4.1. Вибір алгоритму керування брудерним обігрівом

Будь-яка система автоматичного управління включає регулятор та об'єкт управління. Динамічні характеристики об'єкта є ключовими при виборі оптимального алгоритму управління. Визначено, що важливим критерієм для правильного вибору алгоритму є співвідношення часу чистого запізнення об'єкта до його постійної часу, тобто  $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}}$ . Для цього передатна функція для статичного об'єкта повинна бути представлена у вигляді інерційної ланки із запізненням. 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 під час підбору всіх технічних засобів, що є складовими системи автоматичного керування.

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

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

У цьому випадку САК налаштовують за одним із трьох типових перехідних процесів: аперіодичним, із перерегулюванням 20%, або з мінімальним інтегральним показником якості.

Вибір оптимального алгоритму керування для конкретного об'єкта здійснюється шляхом визначення динамічного коефіцієнта регулювання.

Для статичних об'єктів:

$$R_D = \frac{y_1}{K_{ov} \cdot y_{макс}}, \quad (4.1)$$

де  $K_{ov}$  – передавальний коефіцієнт об'єкта управління;

$y_{макс}$  – 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 (у %

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, визначаємо алгоритм керування – це ПІ-алгоритм.

Перевіримо, чи забезпечуватиметься при цьому необхідний час регулювання за виразом

$$t = \psi \cdot \tau, \quad (4.2)$$

де  $\psi$  - відносний час регулювання, для статичного об'єкту із ПІ-алгоритмом керування  $\psi = 12$  (Додаток Г2).

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

Перевіримо на виникнення при цьому статичної похибки.

За графічними залежностями, визначаємо

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

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

## **4.2. Технічна реалізація алгоритму керування брудерним обігрівом**

### **4.2.1. Вибір промислових пристроїв керування**

У роботі 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. 4.1).

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.

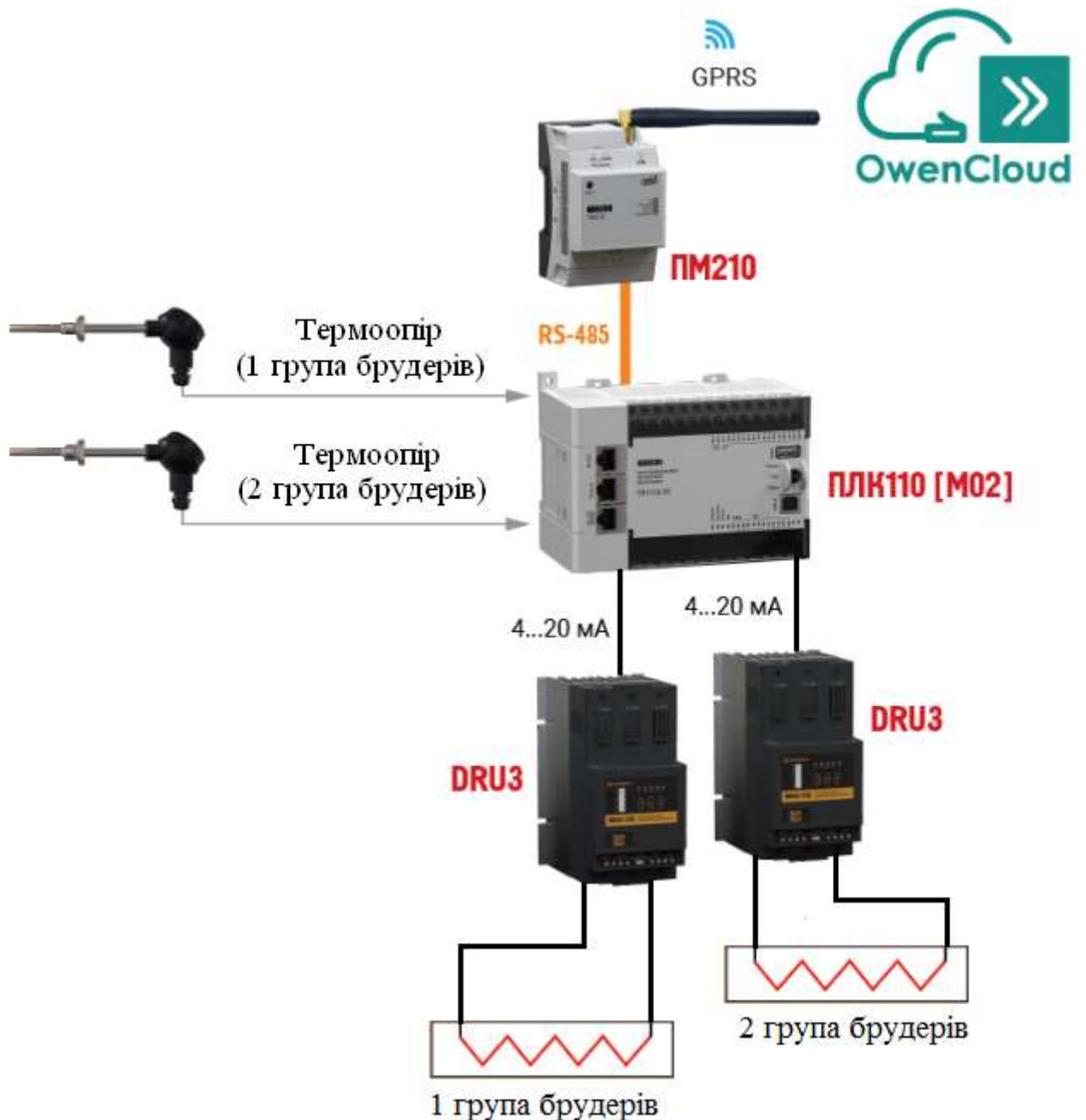


Рис. 4.1. Структурна схема комп'ютерно-інтегрованої САК температурним режимом вирощування курчат

ПЛК110 ОВЕН (рис. 4.2) – Програмовані моноблочні контролери з вбудованими дискретними входами та виходами, призначені для створення систем автоматизації середнього рівня та розподілених систем. Вони використовуються для управління кліматичним обладнанням, автоматизації АСУ водоканалів, дерево- та металопереробних ліній, харчопереробних і





Рис. 4.3. Мережевий шлюз ПМ210 ОВЕН з можливістю встановлення віддаленої GSM антени АНТ-2 із кабелем довжиною 2,5м

Мережевий шлюз ПМ210 [12] забезпечує підключення пристроїв ОВЕН з інтерфейсом RS-485 до хмарного сервісу OwenCloud через GPRS-канал. Шлюз не вимагає додаткового налаштування 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 Д2.

Трифазні регулятори потужності DRU3 MEYERTEC (рис. 4.4) Призначені для плавного регулювання потужності, що передається від мережі до навантаження, з можливістю керування через вхідний аналоговий сигнал або вручну.

Регулятори потужності DRU3 [11] найчастіше використовуються для керування ТЕНами, інфрачервоними нагрівачами, а також для плавного керування 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, напівпровідники, нафтохімія.



Рис. 4.4. Трифазний регулятор потужності DRU3 MEYERTEC:  
а – з природним охолодженням, б – із примусовим охолодженням

Регуляторам 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 відбувається шляхом зміни фази відкриття тиристора. При цьому потужність у навантаженні залежить від тривалості відкритого стану тиристора протягом напівперіоду мережевої напруги (рис. 4.5).

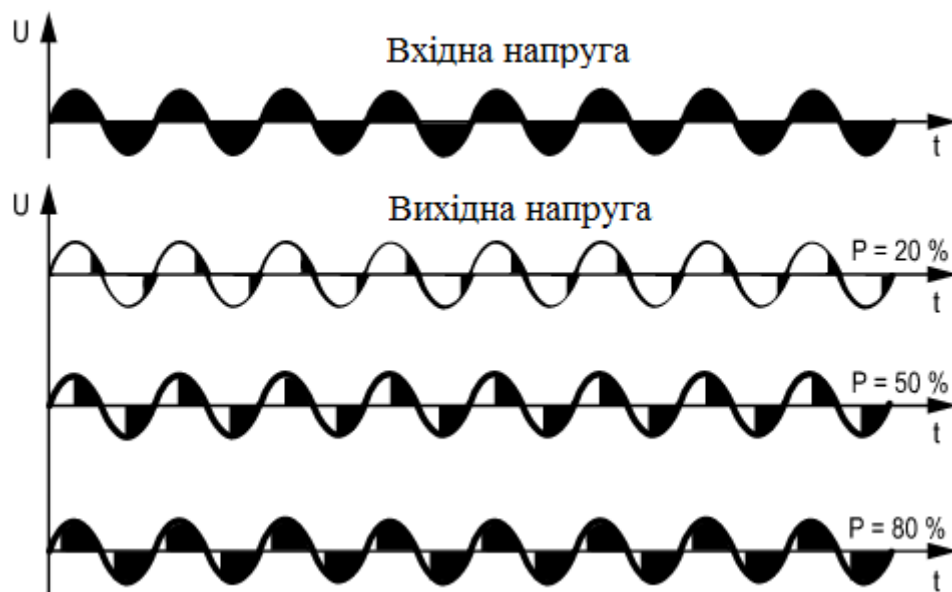


Рис. 4.5. Фазовий метод регулювання потужності пристроєм DRU3

Навантаження до регуляторів потужності DRU3 вмикається за схемами "зірка без нейтралі" та "трикутник" (рис. 4.6).

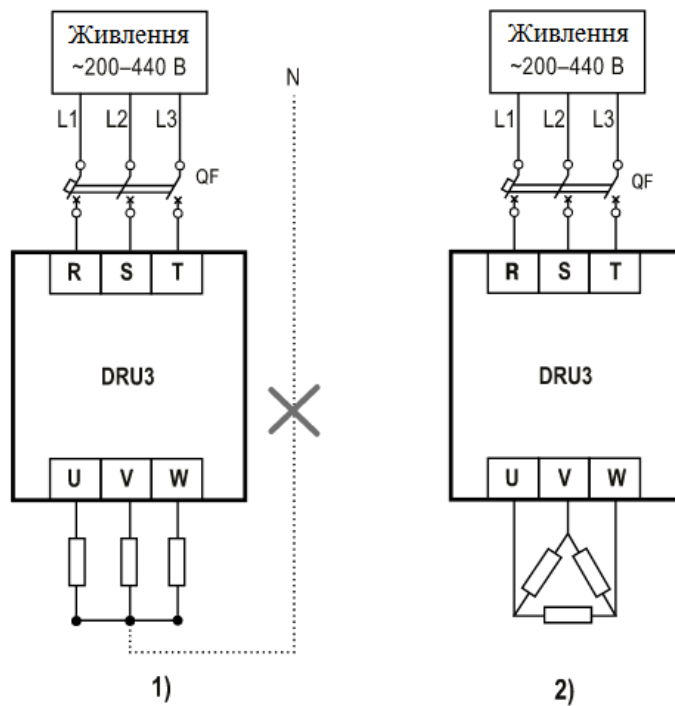


Рис. 4.6. Підключення мережі та навантаження до регулятора потужності DRU3 MEYERTEC:

1) – за схемою "зірка без нейтралі", 2) – за схемою "трикутник"

Технічні характеристики регулятора потужності DRU3 MEYERTEC наведені в Додатку ДЗ.

Модифікація приладу вибирається виходячи із розрахункового номінального струму приладу (таблиця 4.1), що визначається за виразом

$$I_{\text{РОЗР}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Л}}} = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 22,8 \text{ A}, \quad (4.3)$$

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

$U_{\text{Л}}$  – 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

#### 4.2.2. Обґрунтування вибору датчика температури

До датчиків систем керування висуваються такі 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 як контрольованого, так і навколишнього середовища (захищені первинні перетворювачі); мінімальний вплив на вимірюваний параметр і зручність у монтажі та обслуговуванні.

Вибір датчиків для регулятора здійснюється у два етапи. Спершу, виходячи з типу контрольованого параметра і умов експлуатації, визначають різновид перетворювача. На другому етапі, після вибору всіх компонентів регулятора за каталогами, уточнюється 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 необхідно 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  $+35^{\circ}\text{C} \dots 25^{\circ}\text{C}$  (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'єкту  $T_{OY} = 91$  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 4.2.

Термоперетворювачі ОВЕН ДТС125Л (ДСТУ 2858-94) (рис. 4.7) розраховані для взаємодії з контролерами ОВЕН ПЛК та іншими пристроями ОВЕН ТРМ133, ТРМ148, ТРМ151, МВА8, а також сумісні із контролерами інших вітчизняних та закордонних виробників.

Термоперетворювачі з уніфікованим вихідним сигналом типу ОВЕН ДТС125Л [10] 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.

## 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
Номінальна 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. 4.8).



Рис. 4.7. Термоперетворювач опору з уніфікованим вихідним сигналом ОВЕН ДТС125

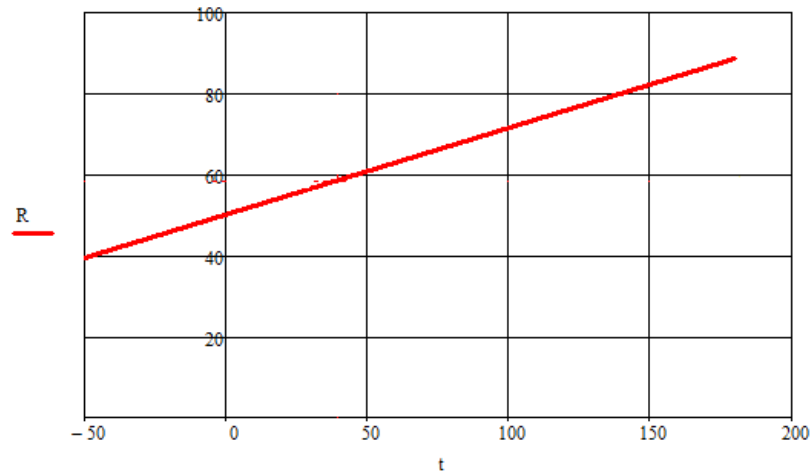


Рис. 4.8. Номінальна статична характеристика термоперетворювача опору ОВЕН ДТС125Л (НСХ 50М)

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

$$k_{CE} = \frac{k_{ПДС} \cdot \Delta I}{\Delta T} = \frac{10 \cdot (20 - 4)}{85 - (-40)} = 1,28 \text{ мА}/^{\circ}\text{C} \quad (4.4)$$

де  $\Delta T$  – різниця значень вимірюваних датчиком температур,  $^{\circ}\text{C}$  (таблиця 4.2);

$\Delta I$  – різниця струмів, що відповідає значенням температур в робочому діапазоні, мА;

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

$$k_{ПДС} = 10.$$

Враховуючи, що показник теплової інерції сприймаючого елемента складає 8 с (таблиця 4.2), передатна функція датчика ОВЕН ДТС125Л

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

### 4.2.3. Вибір виконавчого механізму САК та визначення його передатної функції

Як виконавчий механізм у системі керування брудерним обігрівом курчат використовуються 4 двохкінцеві трубчасті електронагрівача (ТЕНи), які симетрично з чотирьох боків змонтовані всередині кожного з брудерів. ТЕНи використовуються для перетворення електричної енергії на теплову шляхом 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 підтримки заданої температури у підбрудерній зоні використовуються 4 трубчасті 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:

$$k_{BM} = \frac{P_{\max}}{U_{\max}} = \frac{250}{220} = 1,14 \frac{Вт}{В}; \quad (4.5)$$

$T_{BM}$  - постійна часу, визначається як

$$T_{BM} = \frac{G \cdot c}{\lambda \cdot S}, \quad (4.6)$$

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

$\lambda$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(°С·м<sup>2</sup>);  $\lambda = 70$  Вт/(°С·м<sup>2</sup>);

$G$  – вага ТЕНу, кг;

$S$  – площа поверхні трубки, м<sup>2</sup>;

$$S = \pi \cdot D \cdot l. \quad (4.7)$$

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

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 5

### РОЗРОБКА ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Цифрові системи керування – це системи, де безперервні сигнали перетворюються у цифрові коди, а керування реалізується за допомогою алгоритмів цифрової обробки даних. Такі системи забезпечують перетворення сигналів з аналогового виду в цифровий та зворотне перетворення цифрових кодів у безперервні сигнали. Ці функції виконують аналогово-цифрові (АЦП) та цифро-аналогові (ЦАП) перетворювачі, які здійснюють квантування сигналів за часом і рівнем.

#### 5.1. 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

Вибір раціонального періоду квантування є однією з ключових задач у реалізації цифрових систем керування (ЦСК). Зменшення часу квантування підвищує точність керування, але водночас збільшує навантаження на мікроЕОМ через обробку великих обсягів даних. Зі збільшенням часу квантування втрачається значна частина інформації про сигнал, що може унеможливити відновлення вихідного сигналу за дискретними вибірками. Таким чином, постає завдання визначення

оптимального часу квантування, який би збалансовував ці суперечливі вимоги.

Відповідно до теореми Котельникова, для точного відновлення сигналу мінімальна частота квантування має становити не менше ніж  $2\omega_c$ , де  $\omega_c$  – це найвища частота вихідного сигналу, що присутня в амплітудно-частотній характеристиці неперервної частини системи.

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

Визначення передатної функції неперервної частини розімкнутої системи

$$W_{PO3}^{HЧ}(s) = \frac{k_{CE}}{T_{CE} \cdot s + 1} \cdot \frac{k_{OY}}{T_{OY} \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau \cdot s} = \frac{k_{CE} \cdot k_{OY} \cdot e^{-\tau \cdot s}}{T_{CE} \cdot T_{OY} \cdot s^2 + (T_{CE} + T_{OY}) \cdot s + 1} \quad (5.1)$$

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

Передатна функція замкненої неперервної частини

$$W_{3AM}^{HЧ}(s) = \frac{W_{PO3}^{HЧ}(s)}{1 + W_{PO3}^{HЧ}(s)}. \quad (5.2)$$

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

У результаті розв'язання рівняння

$$A(\omega) = \frac{k_{CE} \cdot k_{OY}}{\sqrt{(-T_{CE} \cdot T_{OY} \cdot \omega^2 + 1 + k_{CE} k_{OY})^2 + (T_{CE} \cdot T_{OY})^2 \cdot \omega^2}} = 0,01. \quad (5.3)$$

Скориставшись математичним пакетом Mathcad, отримаємо значення частоти (рис. 5.1) та періоду квантування.

$$j := \sqrt{-1}$$

$$Wou(\omega) := \frac{0.14}{91 \cdot j \cdot \omega + 1} \cdot e^{-22 \cdot j \cdot \omega}$$

$$Wse(\omega) := \frac{1.28}{8 \cdot j \cdot \omega + 1}$$

$$Wroz(\omega) := Wou(\omega) \cdot Wse(\omega)$$

$$Wz(\omega) := \frac{Wroz(\omega)}{1 + Wroz(\omega)}$$

$$Az(\omega) := |Wz(\omega)|$$

$\omega := 0.1$

Given

$$Az(\omega) = 0.01$$

$$\text{Find}(\omega) = 0.133$$

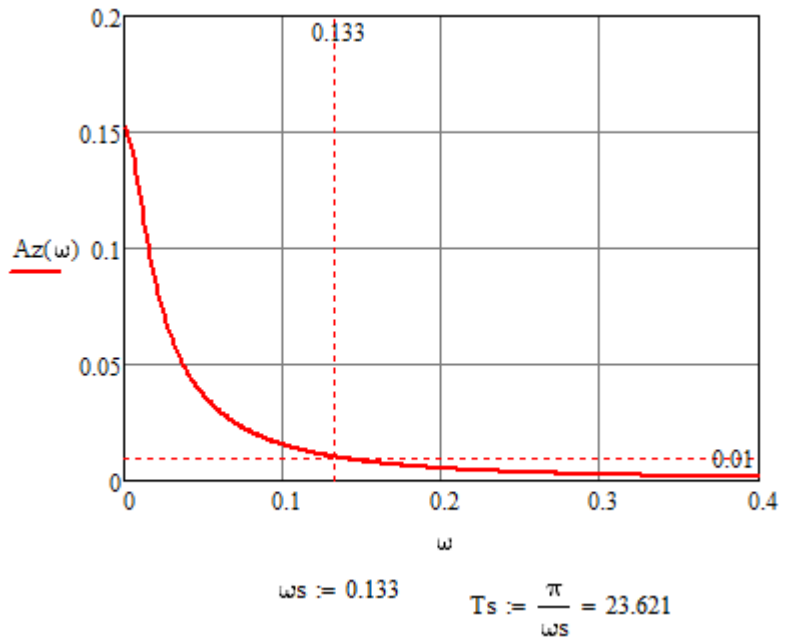
$$\omega := 0, 0.001.. 1$$


Рис. 5.1. Визначення періоду квантування ЦСК у пакеті Mathcad

$$\omega_c = 0,133.$$

Період квантування

$$T_K = \frac{\pi}{\omega_c} = 23,6 \text{ c.} \quad (5.4)$$

## 5.2. Визначення показників якості роботи цифрової системи керування

Аналогічно з неперервними системами, в цифрових системах можна реалізувати ПІ-алгоритм керування (рис 5.2).

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

$$K_i = \frac{K_v}{\lim_{z \rightarrow 1} W_{н.ч.}(z)} \quad (5.5)$$

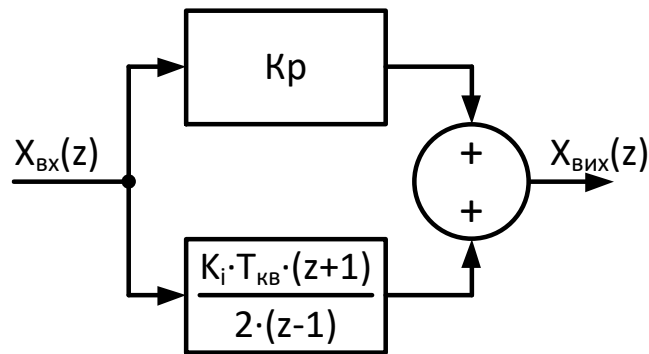


Рис. 5.2. Структурно-алгоритмічна схема цифрового ПІ-регулятора:  $K_p$ ,  $K_i$  – параметри відповідно пропорційної та інтегральної складових ПІ-регулятора,  $T_{кв}$  – період квантування

Добротність за швидкістю визначається залежно від постійної часу об'єкта (табл. 5.1).

Таблиця 5.1.

## 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  $W_{н.ч.}(z)$  застосовуємо пакет імітаційного моделювання MATLAB (Лістинг 5.1), використовуючи операції завдання передатної функції неперервної системи  $w = tf([K_o], [T_v \cdot T_o \ T_v + T_o \ 1])$  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 5.1. Z-перетворення неперервної частини розімкненої САК у пакеті 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 5.2. 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:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{PI}}(z) &= \frac{K_i \times T z + 1}{2} \frac{1}{z - 1} = \frac{2 \times K_p \times z - 2 \times K_p + K_i \times T \times z + K_i \times T}{2z - 2} = \\
 &= \frac{(2 \times K_p + K_i \times T)z + (K_i \times T - 2 \times K_p)}{2(z - 1)} = \\
 &= \frac{(2 \times K_p + K_i \times T) \left[ z + \frac{K_i \times T - 2 \times K_p}{2 \times K_p + K_i \times T} \right]}{2(z - 1)}
 \end{aligned} \tag{5.6}$$

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

$$K_p := 1$$

Given

$$\frac{K_i T_s - 2 \cdot K_p}{K_i T_s + 2 \cdot K_p} = -0.7716$$

$$\text{Find}(K_p) = 16.357$$

#### 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. 5.3) та отримуємо перехідний процес цифрової системи з ПІ-регулятором (рис. 5.4).

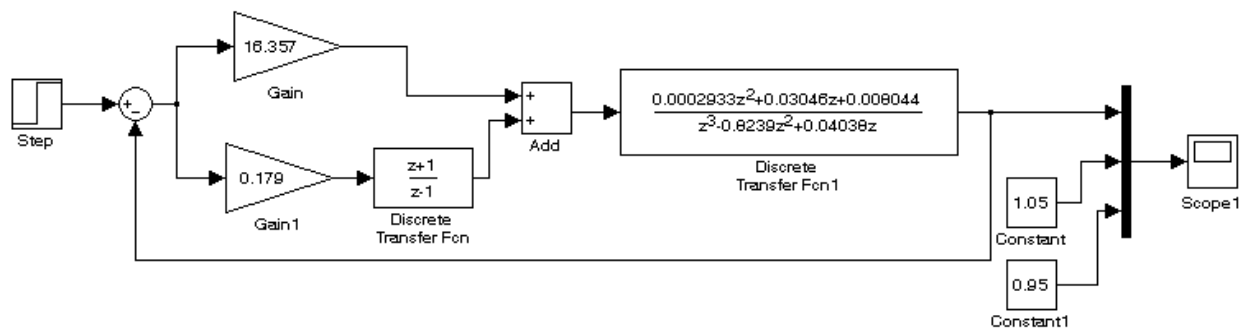


Рис. 5.3. Структурно-алгоритмічна схема цифрової системи керування брудерним обігрівом у пакеті імітаційного моделювання MATLAB/Simulink

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

- час регулювання  $t_p = 190$  с;
- перерегулювання  $\sigma = 21,5\%$ ;
- коливальність  $n=1$ ;
- відсутня статична похибка.

Ці показники задовольняють технологічні вимоги вирощування курчат бройлерів із брудерним обігрівом.

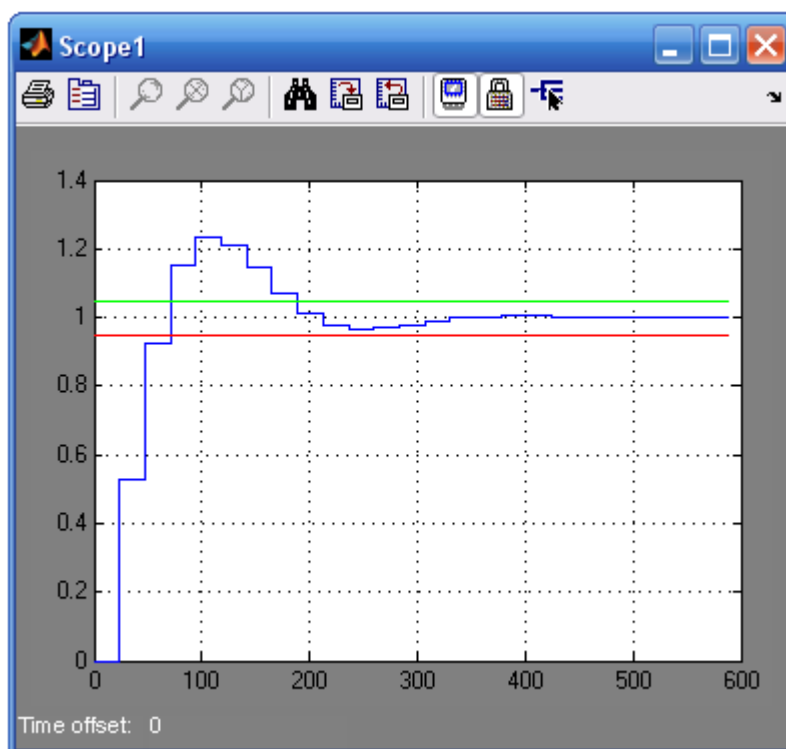


Рис. 5.4. Перехідний процес цифрової САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів

## РОЗДІЛ 6

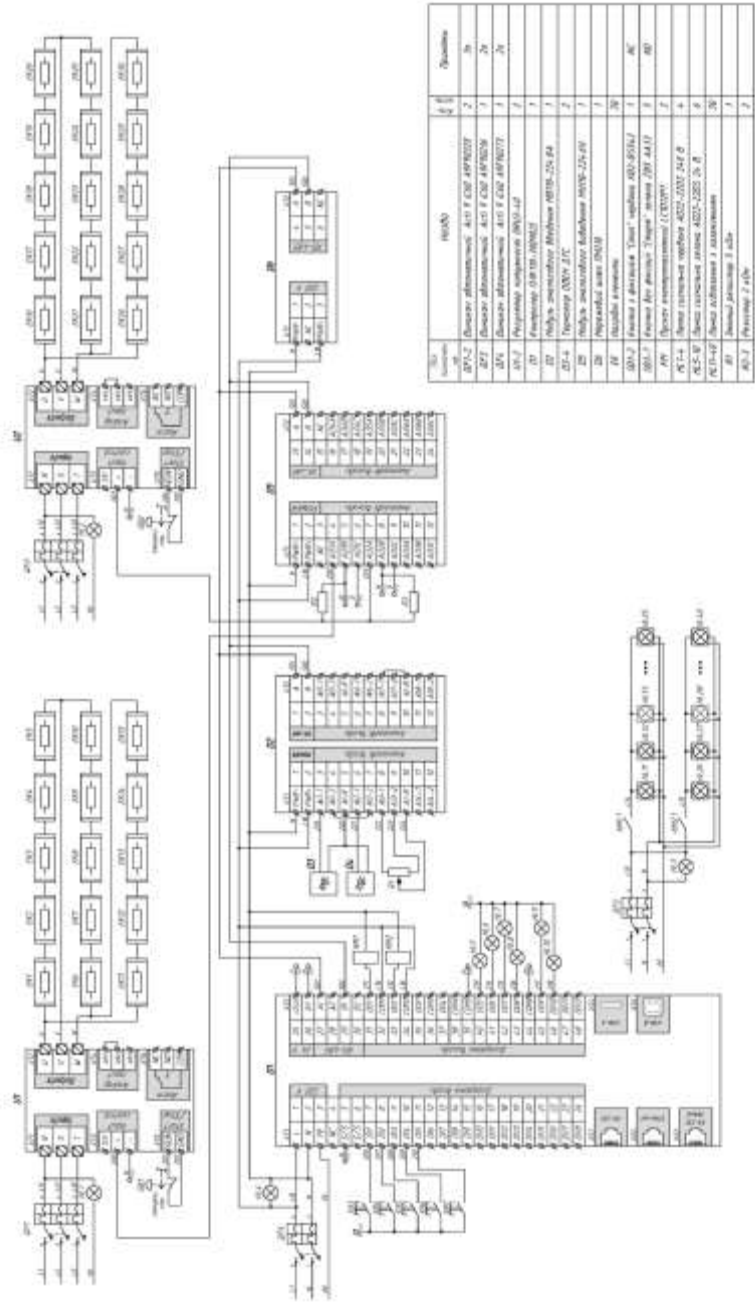
### СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### **6.1. 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 рис. 6.1.

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 (розділ 1), ПЛК реалізує ПІ-алгоритм регулювання температури повітря під брудером, надсилаючи сигнал керування через модуль аналогового виведення **МУ110-224.6У (D5)** на регулятори потужності **DRU3-40 (U1, U2)**. Трифазні регулятори 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 слугує мережевий шлюз **ПМ210 (D6)**, який з'єднується з ПЛК із використанням протоколу MODBUS через інтерфейс RS-485.



№	Назва	Модель	К-ть	Примечание
1	Панель управління	АКВ-1	1	
2	Панель управління	АКВ-2	1	
3	Панель управління	АКВ-3	1	
4	Панель управління	АКВ-4	1	
5	Панель управління	АКВ-5	1	
6	Панель управління	АКВ-6	1	
7	Панель управління	АКВ-7	1	
8	Панель управління	АКВ-8	1	
9	Панель управління	АКВ-9	1	
10	Панель управління	АКВ-10	1	
11	Панель управління	АКВ-11	1	
12	Панель управління	АКВ-12	1	
13	Панель управління	АКВ-13	1	
14	Панель управління	АКВ-14	1	
15	Панель управління	АКВ-15	1	
16	Панель управління	АКВ-16	1	
17	Панель управління	АКВ-17	1	
18	Панель управління	АКВ-18	1	
19	Панель управління	АКВ-19	1	
20	Панель управління	АКВ-20	1	
21	Панель управління	АКВ-21	1	
22	Панель управління	АКВ-22	1	
23	Панель управління	АКВ-23	1	
24	Панель управління	АКВ-24	1	
25	Панель управління	АКВ-25	1	
26	Панель управління	АКВ-26	1	
27	Панель управління	АКВ-27	1	
28	Панель управління	АКВ-28	1	
29	Панель управління	АКВ-29	1	
30	Панель управління	АКВ-30	1	
31	Панель управління	АКВ-31	1	
32	Панель управління	АКВ-32	1	
33	Панель управління	АКВ-33	1	
34	Панель управління	АКВ-34	1	
35	Панель управління	АКВ-35	1	
36	Панель управління	АКВ-36	1	
37	Панель управління	АКВ-37	1	
38	Панель управління	АКВ-38	1	
39	Панель управління	АКВ-39	1	
40	Панель управління	АКВ-40	1	
41	Панель управління	АКВ-41	1	
42	Панель управління	АКВ-42	1	
43	Панель управління	АКВ-43	1	
44	Панель управління	АКВ-44	1	
45	Панель управління	АКВ-45	1	
46	Панель управління	АКВ-46	1	
47	Панель управління	АКВ-47	1	
48	Панель управління	АКВ-48	1	
49	Панель управління	АКВ-49	1	
50	Панель управління	АКВ-50	1	
51	Панель управління	АКВ-51	1	
52	Панель управління	АКВ-52	1	
53	Панель управління	АКВ-53	1	
54	Панель управління	АКВ-54	1	
55	Панель управління	АКВ-55	1	
56	Панель управління	АКВ-56	1	
57	Панель управління	АКВ-57	1	
58	Панель управління	АКВ-58	1	
59	Панель управління	АКВ-59	1	
60	Панель управління	АКВ-60	1	
61	Панель управління	АКВ-61	1	
62	Панель управління	АКВ-62	1	
63	Панель управління	АКВ-63	1	
64	Панель управління	АКВ-64	1	
65	Панель управління	АКВ-65	1	
66	Панель управління	АКВ-66	1	
67	Панель управління	АКВ-67	1	
68	Панель управління	АКВ-68	1	
69	Панель управління	АКВ-69	1	
70	Панель управління	АКВ-70	1	
71	Панель управління	АКВ-71	1	
72	Панель управління	АКВ-72	1	
73	Панель управління	АКВ-73	1	
74	Панель управління	АКВ-74	1	
75	Панель управління	АКВ-75	1	
76	Панель управління	АКВ-76	1	
77	Панель управління	АКВ-77	1	
78	Панель управління	АКВ-78	1	
79	Панель управління	АКВ-79	1	
80	Панель управління	АКВ-80	1	
81	Панель управління	АКВ-81	1	
82	Панель управління	АКВ-82	1	
83	Панель управління	АКВ-83	1	
84	Панель управління	АКВ-84	1	
85	Панель управління	АКВ-85	1	
86	Панель управління	АКВ-86	1	
87	Панель управління	АКВ-87	1	
88	Панель управління	АКВ-88	1	
89	Панель управління	АКВ-89	1	
90	Панель управління	АКВ-90	1	
91	Панель управління	АКВ-91	1	
92	Панель управління	АКВ-92	1	
93	Панель управління	АКВ-93	1	
94	Панель управління	АКВ-94	1	
95	Панель управління	АКВ-95	1	
96	Панель управління	АКВ-96	1	
97	Панель управління	АКВ-97	1	
98	Панель управління	АКВ-98	1	
99	Панель управління	АКВ-99	1	
100	Панель управління	АКВ-100	1	

Рис. 6.1. Система автоматичного керування брудерним обігрівом. Схема електрична принципова

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. 6.2). При натисканні кнопки SB3 (%DI1) програма встановлює змінну PR на виконання (TRUE), що означає циклічне відтворювання 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.

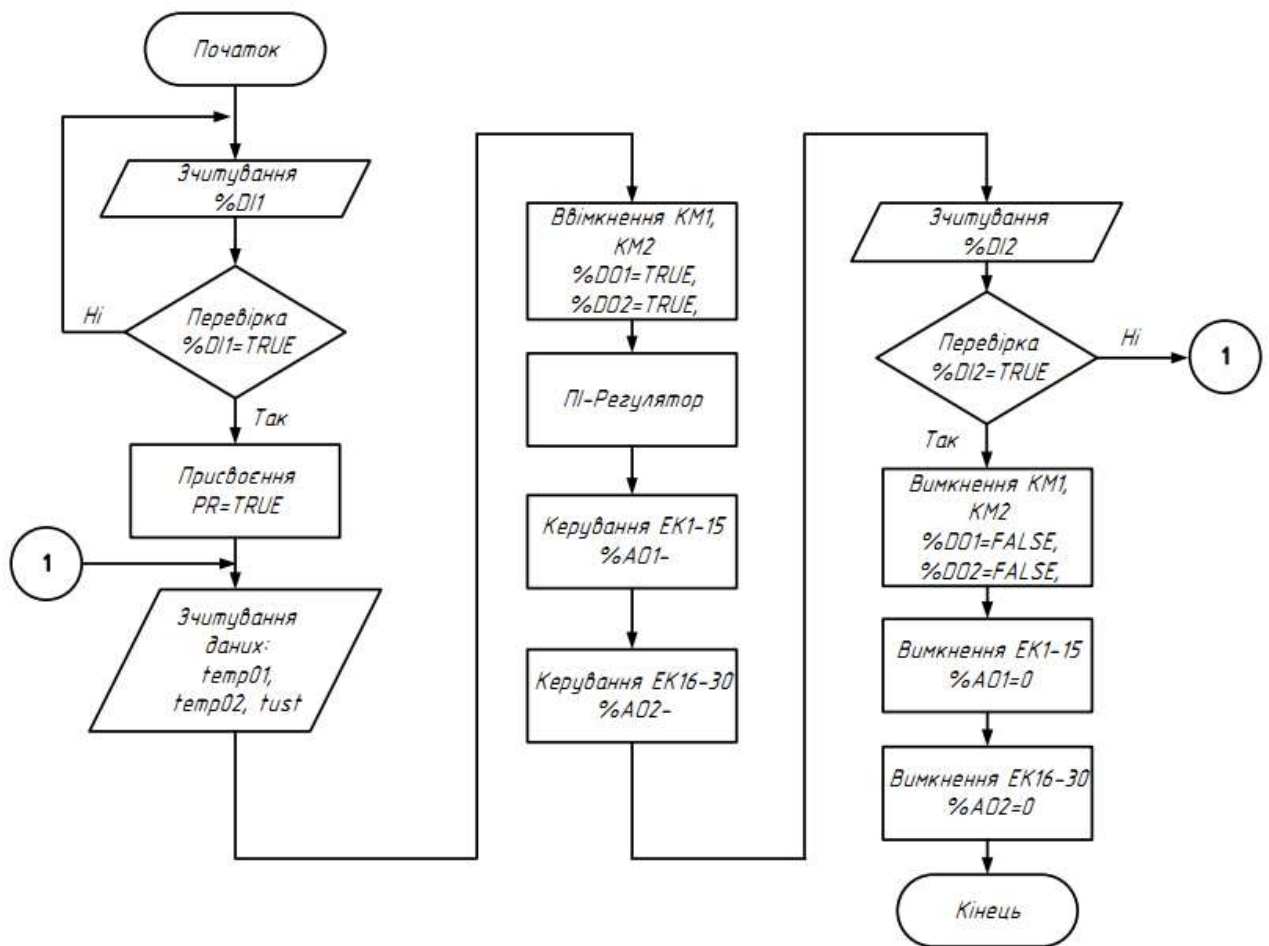


Рис. 6.2. Блок-схема основного алгоритму роботи САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів

Програмна реалізація алгоритму керування брудерним обігрівом виконується у програмному середовищі CoDeSys (версія 2.3.9.41), розробленому для програмування контролерів ОВЕН.

Першим етапом створення програми було обрання технічних засобів шляхом вибору відповідного target-файлу, який містить системну інформацію про параметри ПЛК (кількість входів і виходів, обсяг оперативної пам'яті тощо). Ця інформація використовується середовищем CoDeSys для створення проекту та його завантаження в ПЛК.

Оскільки для роботи передбачено використання хмарних технологій, необхідна версія target-файлу була завантажена з офіційного сайту виробника.



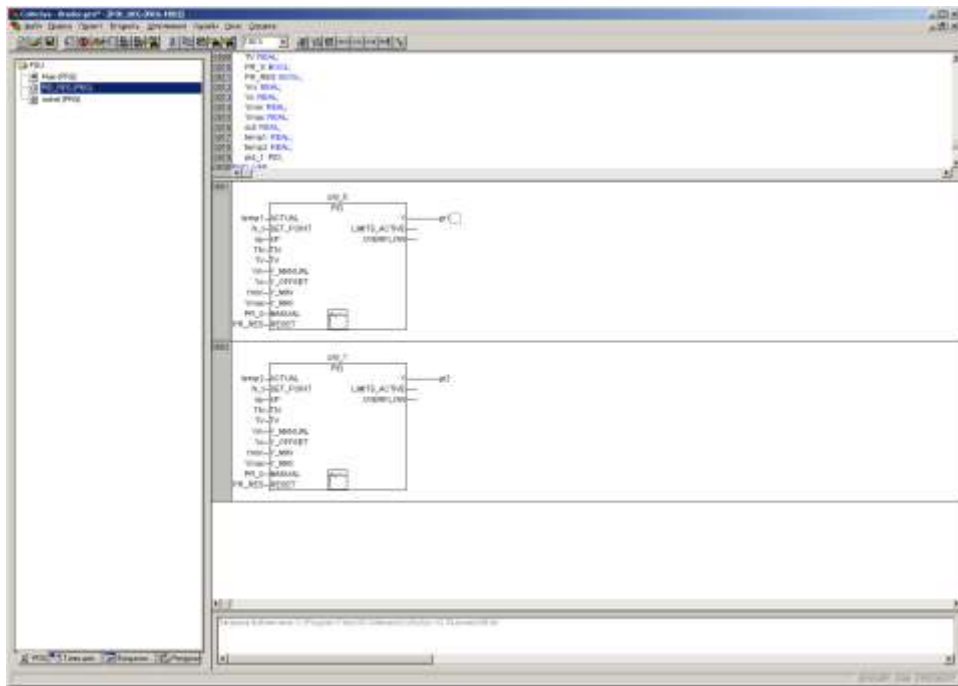


Рис. 6.4. Вікно програми для реалізації ПІ-алгоритму керування по окремим каналам

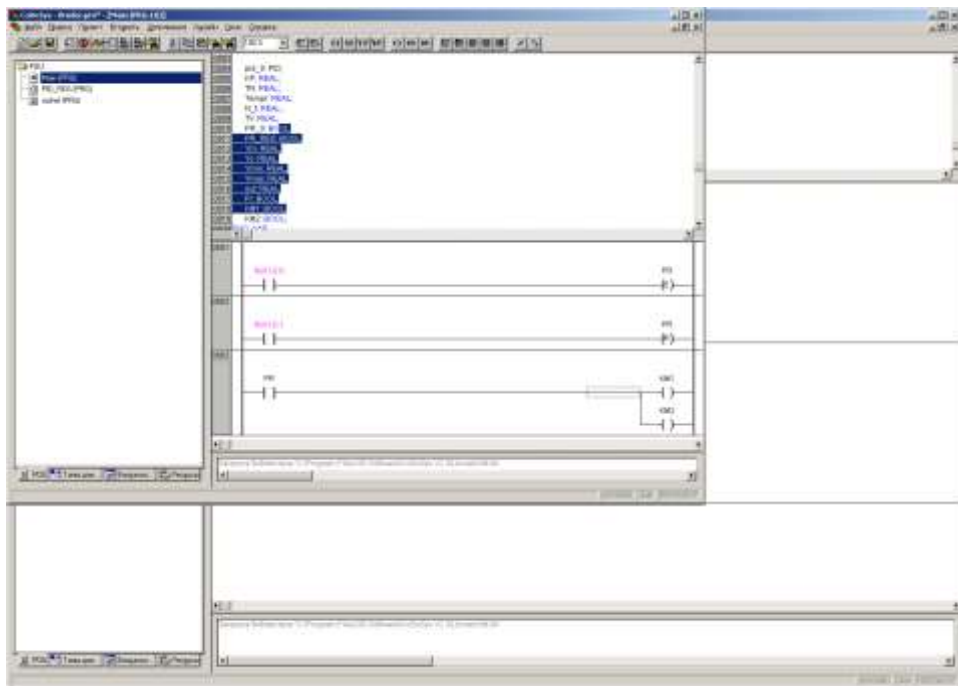


Рис. 6.5. Вікно програми для обробки відповідних команд від кнопок керування

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

Схеми з'єднань показують, як з'єднуються окремі частини установки чи виробу, і створюються на основі принципових схем живлення. Їх використовують під час монтажу та налагодження обладнання. Основні правила розробки схем з'єднань такі:

1. Схеми створюються для одного щита, пульта, статора або станції керування.
2. Усі прилади, апарати та арматура, зазначені в принциповій схемі, мають бути відображені.
3. Позиційні позначення та маркування кіл, вказані в принциповій схемі, повинні зберігатися.

Для виконання схем з'єднань використовують три основні способи: адресний, графічний і табличний. Адресний спосіб є найпоширенішим, оскільки замість зображення ліній зв'язку вказують адресу апарата або елемента, до якого підключений провід. Це значно спрощує читання схеми.

Додаткові правила для адресного та графічного способів:

- Щит або шафа керування зображають в одній площині, відображаючи лише ті конструкції, на яких розміщені прилади.
- Прилади спрощено зображують у вигляді прямокутників із позначенням порядкового номера та позиційного позначення.
- Внутрішні схеми апаратів показують лише за потреби або один раз для ряду однакових елементів.
- Вивідні затискачі зображають колами з маркуванням (заводським або умовним).
- Елементи плат позначають порядковими номерами в колах, а їх позиційні позначення розміщують поруч.

Адресний спосіб дозволяє уникати перевантаження схеми лініями зв'язку, забезпечуючи її простоту і зручність для читання.

Схема електрична з'єднань САК брудерним обігрівом курчат у пташнику для вирощування бройлерів зображена на рис. 6.7.

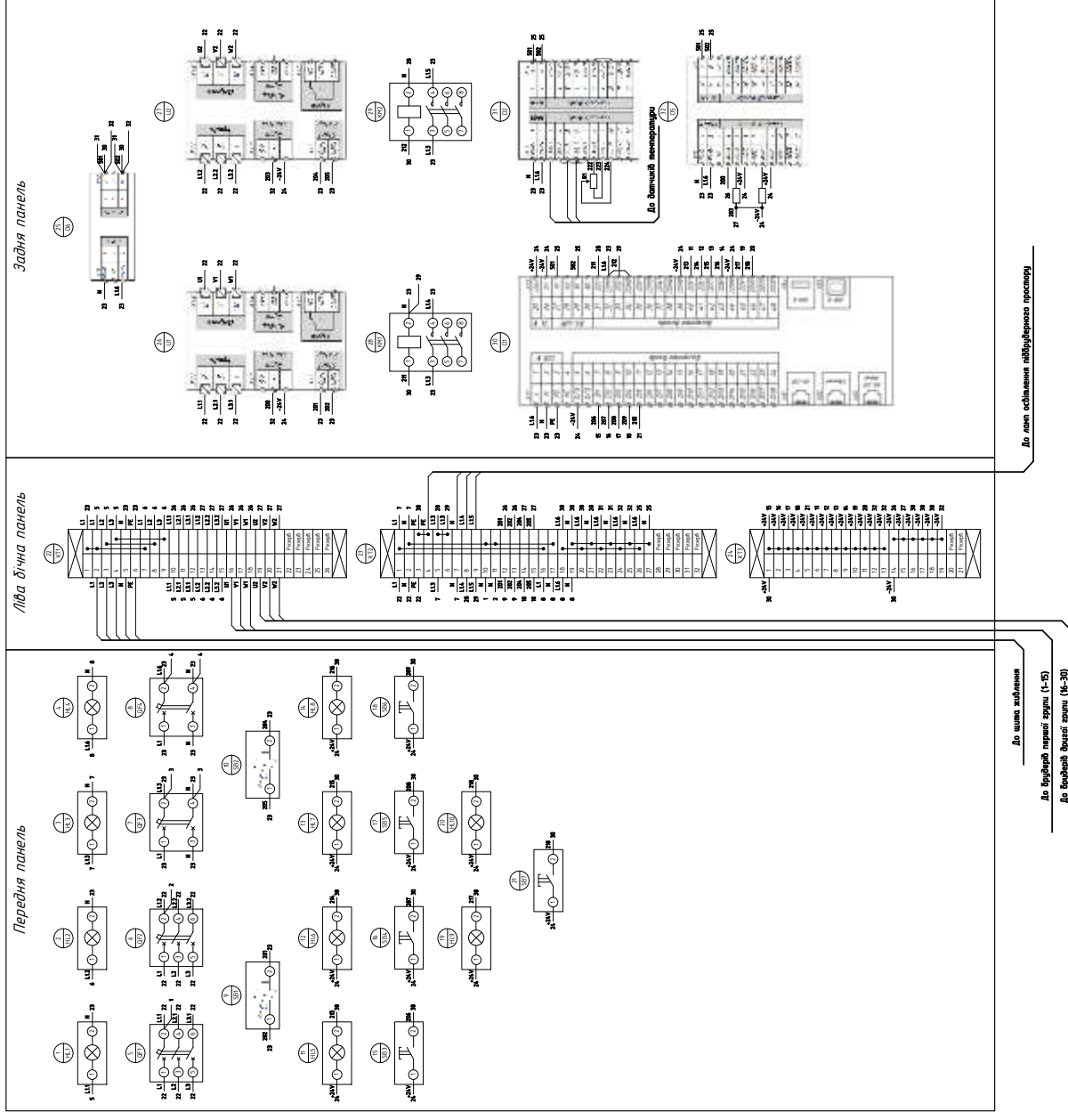


Рис. 6.7. Система автоматичного керування брудерним обігрівом. Схема електрична з'єднань

### 6.3. 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 короткого замикання для двох груп брудерів із відповідним регулятором потужності використовуються автоматичні вимикачі QF1 та QF2;

- для подачі живлення і захисту від короткого замикання для 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 (зокрема, кнопки аварійної зупинки з фіксацією SB1 і SB2), а також 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

$$U_{H.AB} \geq U_{Ж}; \quad (6.1)$$

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

$$I_{H.AB} \geq \sum_{i=1}^n I_{H.i}, \quad (6.2)$$

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

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

$$I_{H.ROЗЧ} \geq \sum_{i=1}^n I_{H.i} ; \quad (6.3)$$

Згідно з принциповою схемою керування брудерним обігрівом та умовами (6.1) - (6.3), 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 6.1.

Таблиця 6.1.

## 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 $I_{H.ROЗЧ}$ , А	25
Уставка за струмом відсічки електромагнітного розчіплювача $I_{ВДС.ROЗЧ}$ , А	$I_{ВДС.ROЗЧ} = 12 \cdot I_{H.ROЗЧ}$
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)

$$U_{H.AB} = U_{Ж} = 380 \text{ В};$$

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

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

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

### 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

$$I_{\text{розр}} = \frac{P}{U_{\text{л}}} = \frac{450}{220} = 2,05 \text{ А}, \quad (6.4)$$

$P$  – 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 (6.1) - (6.3), вибираємо автоматичний вимикач Acti9 iC60 A9F90216 – двополюсний автоматичний вимикач з електромагнітними розчіплювачами, без вільних контактів, без додаткових розчіплювачів, без температурної компенсації, технічні характеристики якого наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2.

#### Технічні характеристики автоматичного вимикача Acti9 iC60 A9F90216

Номінальна напруга $U_{\text{н.ав}}$ , В	380 (50, 60 Гц)
Номінальний струм $I_{\text{н.ав}}$ , А	4
Номінальний струм електромагнітних розчіплювачів $I_{\text{н.розч}}$ , А	4
Уставка за струмом відсічки електромагнітного розчіплювача $I_{\text{відс.розч}}$ , А	$I_{\text{відс.розч}} = 12 \cdot I_{\text{н.розч}}$
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

$$U_{H.ЕП} \geq U_{ж}; \quad (6.5)$$

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

$$I_{H.ЕП} \geq I_H; \quad (6.6)$$

- Номінальна напруга живлення котушки електромагнітного пускача має відповідати напрузі кола керування.

$$U_{H.КОТ} \geq U_{КЕР}. \quad (6.7)$$

- 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 (6.5) – (6.7), 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  $U_{H.КОТ} = 220 \text{ В}$  ( $50 \text{ Гц}$ ).

### **Вибір автоматичного вимикача QF4 захисту кола керування.**

До складу кола керування входять:

- котушки електромагнітних пускачів КМ1 та КМ2 (споживана потужність кожної  $68 \pm 8$  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 (6.1) - (6.3) вибираємо автоматичний вимикач Acti9 iC60 A9F90273 – двополюсний 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. 6.8).



Рис. 6.8. Кнопка аварійної зупинки із фіксацією  
XB2-BS542 (Emergency stop)

#### 6.4. Вибір проводів та кабелів

Переріз струмопровідної жили проводу, шнура або кабелю визначають, враховуючи гранично допустиме нагрівання та необхідну механічну міцність. При розрахунку кількості проводів, які прокладаються в одній трубі (або жил багатожильного провідника), нульову жилу чотирипровідної трифазної системи струму та заземлюючу жилу до уваги не беруть. Вибір площі поперечного перерізу жил здійснюється за тривало допустимим струмом:

$$I_{\text{тр.доп}} \geq I_{\text{розр}}, \quad (6.8)$$

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

Для відгалужень до окремих електроспоживачів максимальні тривалі робочі струми приймаються рівними їх номінальним значенням.

##### **Вибір кабелю живлення кожної групи електробрудерів.**

Враховуючи умову (6.8) та відповідне розраховане значення допустимого струму окремої групи брудерів ((3.3), розділ 3 – 22,8 А), для підключення групи брудерів із регулятором потужності до шафи керування вибираємо кабель АВВГ 3х4 (ГОСТ 16442-70) – провід з алюмінієвими провідниками та полівінілхлоридною ізоляцією, перерізом струмопровідних

жил 4 мм<sup>2</sup>, 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 (6.8) 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 провідниками та полівінілхлоридною ізоляцією, перерізом струмопровідних жил 2,5 мм<sup>2</sup>, 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 мм<sup>2</sup> в полівінілхлоридній оболонці, тривало допустимий струм якого дорівнює 11 А [8].

### **6.5. Вибір щита керування**

Щити та пульти виконують функції керування, контролю та сигналізації на електрифікованих і автоматизованих об'єктах. На них розміщують керуючу апаратуру, контрольно-вимірювальні прилади, засоби сигналізації та захисту. Фасадні сторони щитів і пультів можуть містити мнемонічні схеми, пояснювальні надписи, освітлювальні пристрої тощо.

Вибір щитів і пультів на етапі проектування базується на нормативних документах, таких як ГОСТ 20504-81, ДСТУ 3288-95 (ГОСТ 26032-96) "Система уніфікованих типових конструкцій агрегатних

комплексів. Загальні технічні умови", та ОСТ 36.13-76. До останнього також розроблено додаткові інструкції РМ4-107-82.

Згідно з цими нормативними документами, щити й пульти призначені для роботи в закритих приміщеннях за температури від -30 до +50°C і відносної вологості до 80%. Окрім цього, існують спеціальні щити й пульти, розраховані на екстремальні умови, такі як підвищена або знижена температура, висока вологість чи агресивне середовище. Умовні позначення щитів і пультів визначаються відповідно до вимог ОСТ 36.13-76.

Шафові щити використовуються у виробничих приміщеннях, де спостерігається запиленість, висока вологість або ризик механічного пошкодження апаратури. Вони також служать для розміщення допоміжного обладнання (реле, джерел живлення) всередині щита та забезпечують захист персоналу від дотику до струмоведучих частин апаратури й 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).

## РОЗДІЛ 7

### 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:

$$P_i = C_i + E_n \cdot K_i; \quad (7.1)$$

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:

$$K_n = \frac{1}{(1 + E_{\text{нп}})^t}; \quad (7.2)$$

де:  $t$  - період приведення, років;

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

Проте цей коефіцієнт не відображає реальної вартості капіталу, тому що норматив для приведення різночасових витрат ( $E_{\text{нп}}$ ) 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:

$$NPV = \sum_{t=0}^{t_k} \frac{R_t - Z_t}{(1 + E_{HP})^t} - K; \quad (7.3)$$

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:

$$PI = \frac{1}{K} \sum_{t=t_0}^{t_k} \frac{R_t - Z_t}{(1 + E_{НИ})^t}; \quad (7.4)$$

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 7.2.

Аналіз даних табл. 7.2 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.

## 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 7.2.

## 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 магістерській роботі проведено аналіз сучасного стану автоматизації процесу створення мікроклімату у промисловому пташнику для вирощування бройлерів в умовах утримання птиці на глибокій підстилці.

При виконанні магістерської роботи отримані наступні результати.

1. Для визначення динамічних властивостей промислового пташника для вирощування бройлерів розроблена математична модель температурного стану повітряного середовища із урахуванням залежних від віку птиці нормованих значень температури, продуктивності системи вентиляції, швидкості руху повітря, тепловиділень птиці, а також взаємного впливу систем загального та локального обігріву.

2. Порівняльний розрахунок надійності децентралізованої та централізованої систем автоматизації локального обігріву показав, що при заміні індивідуальних регуляторів температури під брудером одним більшої потужності для керування усіма брудерами ймовірність його безвідмовної роботи  $P_{ID}(t)=0,844$ , що значно вище ймовірності безвідмовної роботи децентралізованої системи керування, що складається із 30 автономних електронних регуляторів температури  $P_C(30)=0,215$ .

3. При улаштуванні централізованої системи керування локальним обігрівом у пташнику необхідна точність підтримання температури під "ведучим" брудером (абсолютна похибка не більше  $\pm 1^\circ\text{C}$ ) забезпечується при діапазоні зміни температури у виробничому приміщенні  $3,86^\circ\text{C}$  при мінімальному повітрообміні ( $K_{vb}=1$ ) та  $2,61^\circ\text{C}$  при максимальному ( $K_{vb}=6$ ).

4. Для технічної реалізації системи керування локальним обігрівом обґрунтований вибір комплексу сучасних технічних засобів автоматизації 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.

5. Цифрова САК брудерним обігрівом забезпечує стійку роботу з наступними показниками якості: коливальність  $n = 1$ ; статична похибка відсутня; час регулювання  $t_p = 190$  с; перерегулювання 21,5%.

6. Розроблені електричні схеми системи автоматичного керування температурним режимом локального та загального обігріву, обґрунтований вибір електротехнічного обладнання, проводів і кабелів.

7. Техніко-економічне обґрунтування підтверджує доцільність прийнятих інженерних рішень, строк окупності розробленої САК температурним режимом у пташнику складає близько 1 року.

## ЛІТЕРАТУРА

1. САПР технологічних об'єктів і автоматизованих систем. Навчальний посібник / В.П.Лисенко, М.О.Кіктьєв, Р.М.Вдовин. – К., ЦП «Компринт», 2016. – 353 с.
2. Вентилятор осьовий ВО-7,1 [Електронний ресурс] // Electrokom. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://electrokom.kiev.ua/product/ventilyator-osevoj-vo-71-klimat-47?srsltid=AfmBOooO9-Ra0RvAhVicyMYUrXXkpxh3uanRldQlxqCybukHwv5NHQJ0>.
3. Технічні засоби автоматизації (Частина 1) / М.В. Лукінюк, В.П. Лисенко, В.Є. Лукін, А.М. Гладкий, С.А. Шворов, А.А. Руденський, А.А. Заверткін. – Ніжін.: Видавець П.П. Лисенко М.М., 2017. –567 с.
4. Монтаж, налагодження та експлуатація систем автоматики (Лабораторний практикум, частини 1-3) / М.В.Чапний, С.М,Осінов, М.О.Кіктьєв – К.: Вид. центр Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2014. – 220 с.
5. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів: монографія. / Ладанюк А.П., Заєць Н.А., Власенко Л.О. - К.: видавництво Ліра-К, 2016. - 312с.
6. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів / В.Лисенко, Є.Чернишенко, В.Решетюк, В.Мірошник, Н.Заєць, І.Цигульов – К.: АграрМедіаГруп, 2016. – 476 с.
7. Автоматизація технологічних процесів та виробництв. Використання обладнання OWEN : навчальний посібник / М. О. Кіктьєв, А. О. Дудник, В. П. Лисенко. - К. : , 2019. - 77 с.
8. Положення про підготовку і захист кваліфікаційної магістерської роботи у національному університеті біоресурсів і природокористування України [Електронний ресурс] // НУБіП. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u341/polozhennya\\_pro\\_pidgotovku\\_ta\\_zahist\\_kvalifikaciyanoi\\_magisterskoyi\\_roboti.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u341/polozhennya_pro_pidgotovku_ta_zahist_kvalifikaciyanoi_magisterskoyi_roboti.pdf)
9. Як грамотно організувати вентиляцію пташника [Електронний ресурс] // Ventura – Режим доступу до ресурсу: <https://ventura.com.ua/articles/yak-gramotno-oragnizuvaty-ventylyacziyu-ptashnyka>.
10. ДТС125Л-И. Термоопори для вимірювання температури повітря з вихідним сигналом 4..20мА [Електронний ресурс] // AqTech – Режим

доступу до ресурсу: <https://aqteck.com.ua/ua/arhiv-produkciji/dts1251-i-termoopory-dlja-vymirjuvannja-temperatury-povitrja-z-vuhidnym-sygnalom-4-20ma/tehnichni-harakterystyky>

11. DRU3. Тиристорні регулятори потужності для активного навантаження [Електронний ресурс] // АqTech – Режим доступу до ресурсу: <https://aqteck.com.ua/ua/arhiv-produkciji/meuertec-dru3-tyrystorni-reguljatory-potuzhnosti-dlja-aktyvnogo-navantazhennja/shemy-pidmykannja>
12. ПМ210. Шлюз мережевий для доступу до сервісу OwenCloud RS-485 / GPRS [Електронний ресурс] // АqTech – Режим доступу до ресурсу: <https://aqteck.com.ua/ua/prystroji-zvjazku/pm210-shljuz-merezhevyj-dlja-dostupu-do-servis-owencloud-rs485-gprs>.
13. ПЛК110. Програмований логічний контролер [Електронний ресурс] // АqTech – Режим доступу до ресурсу: <https://aqteck.com.ua/ua/arhiv-produkciji/plk110-programovanyi-logichnyi-kontroler>

**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 <sub>2</sub> , л/год.	Водяної пари, г/год.
<b>Доросла птиця</b>				
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
<b>Молодняк птиці</b>				
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.

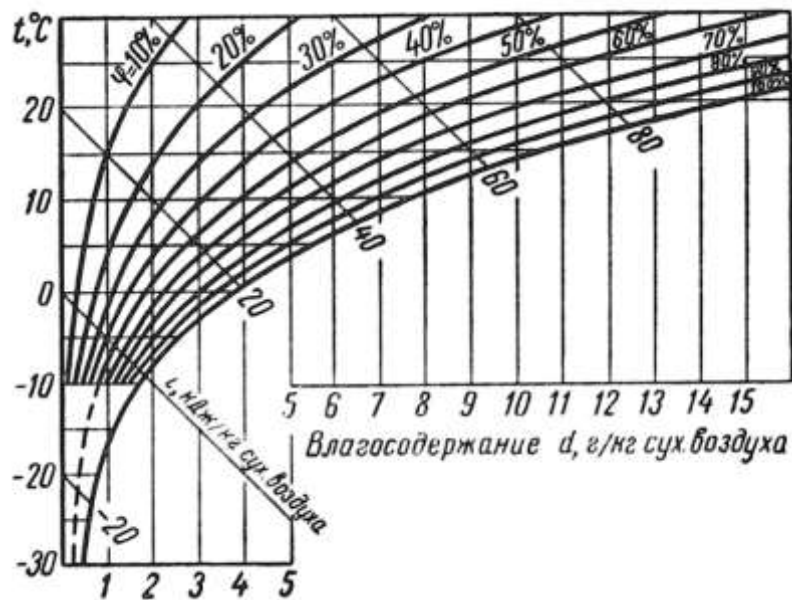
## ДОДАТОК А2

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

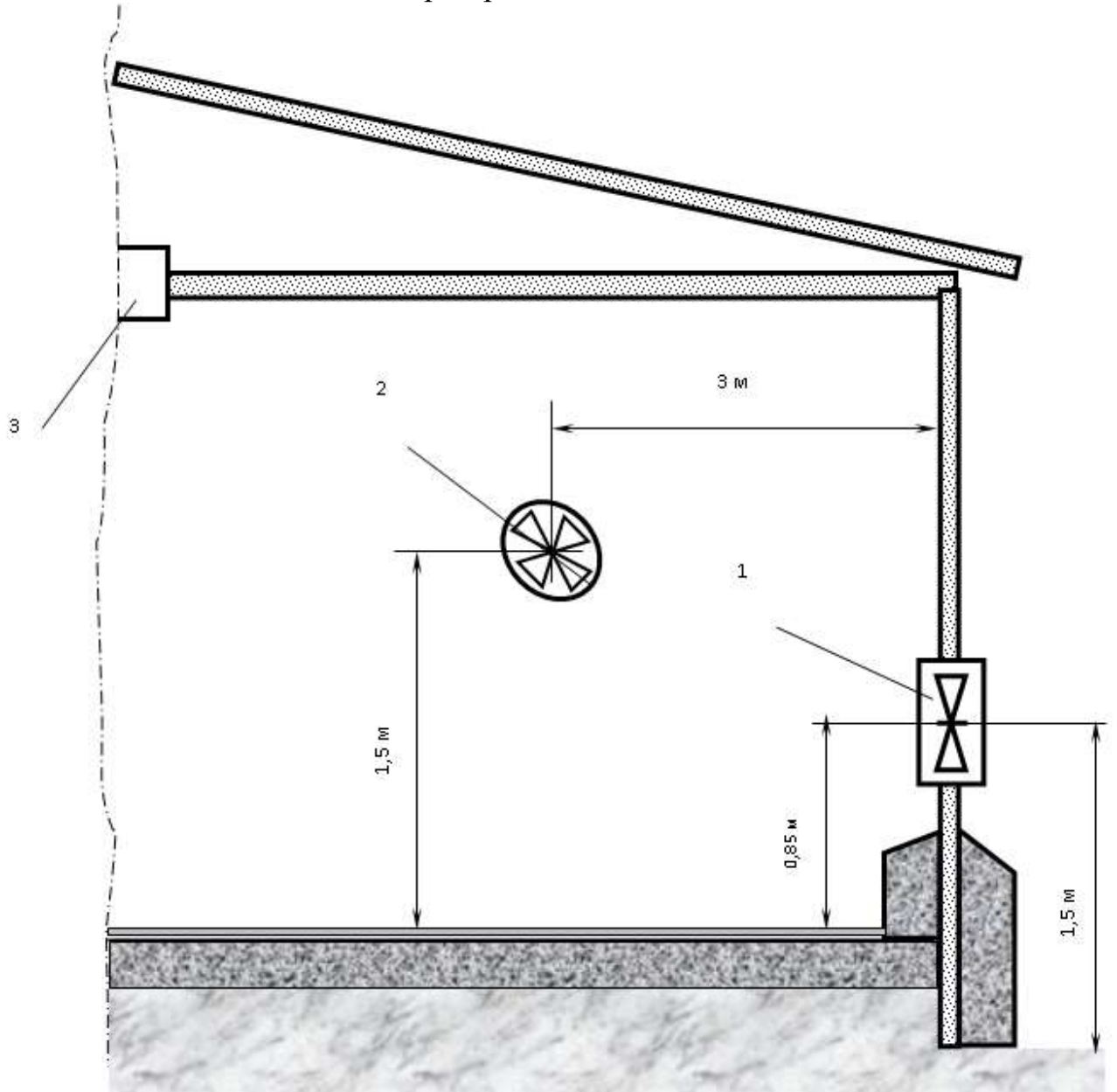
Спрощена  $i-d$  - діаграма вологого повітря для малих значень температури,  
з розрахунку на барометричний тиск 99,3кПа



## ДОДАТОК Б1

Схема просторового розміщення технологічного обладнання для створення мікроклімату в об'ємі пташник

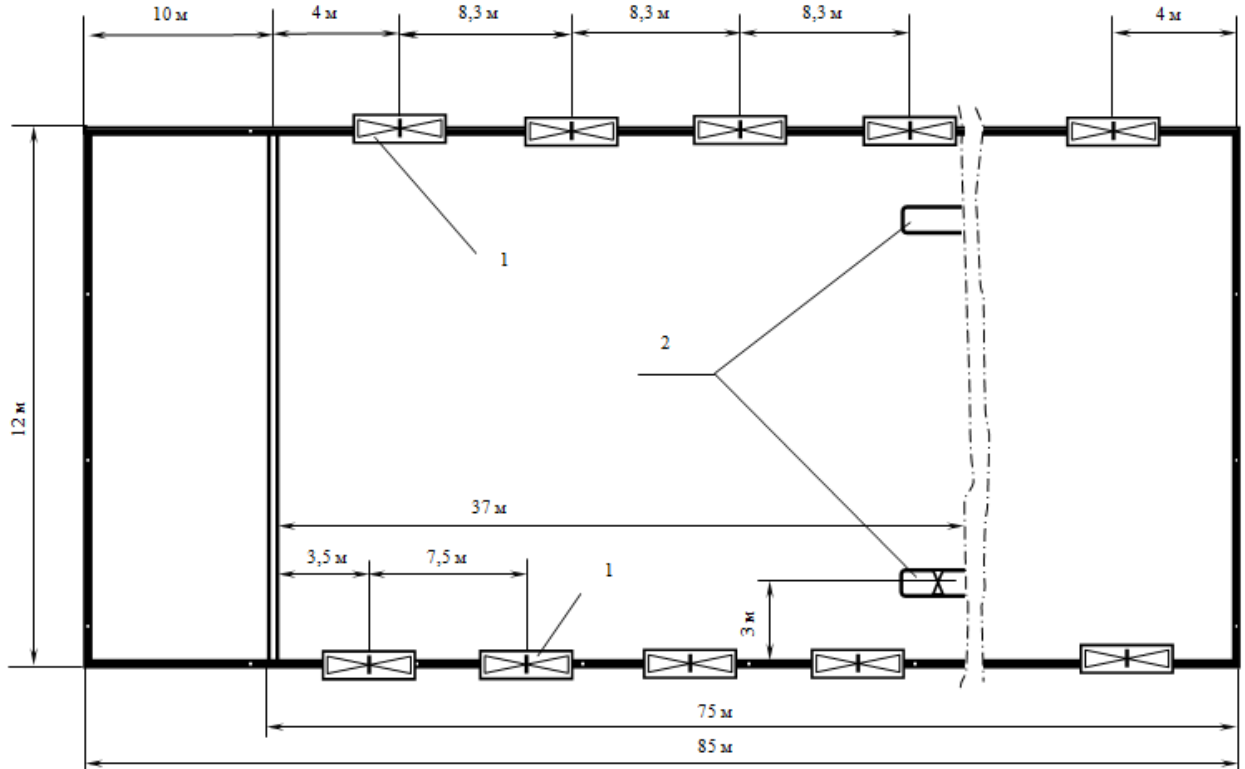
- 1 – витяжні вентилятори комплекту; 2 – теплогенератори;  
3 – отвори припливної вентиляції



## ДОДАТОК Б2

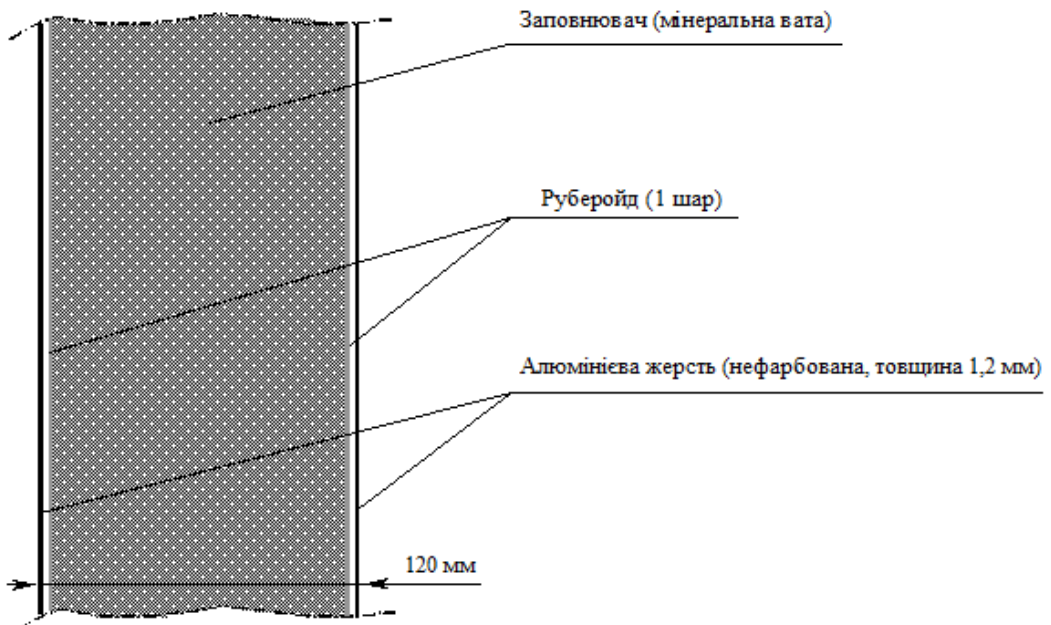
Схема просторового розміщення технологічного обладнання для створення мікроклімату в об'ємі пташника

1 – витяжні вентилятори комплекту; 2 – теплогенератори



## ДОДАТОК Б3

Огороджуючі конструкції пташника для вирощування бройлерів



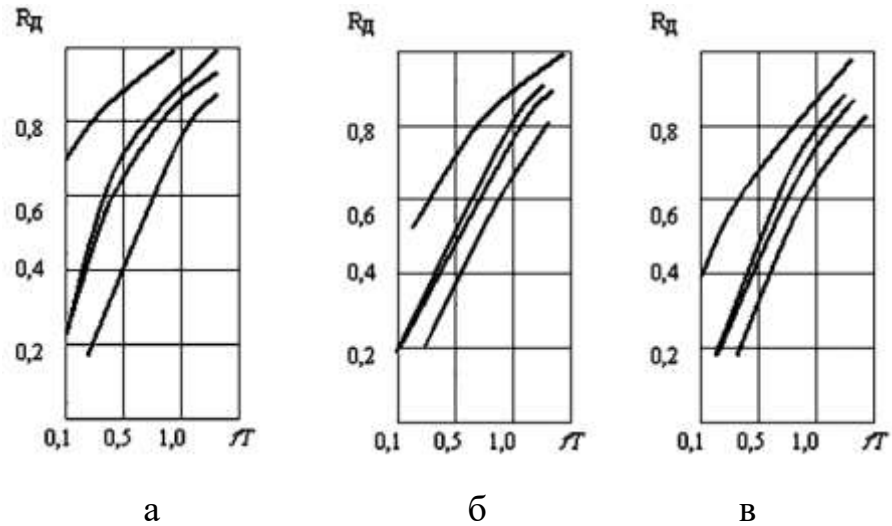
## ДОДАТОК В1

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

<i>Час <math>t_i, c</math></i>	<i>Температура <math>T_i, ^\circ C</math></i>	${}_0 y(t_i)$	<i>Час <math>t_i, c</math></i>	<i>Температура <math>T_i, ^\circ C</math></i>	${}_0 y(t_i)$
0	18	0	230	31,510	0,965
10	18,406	0,029	240	31,580	0,970
20	19,022	0,073	250	31,650	0,975
30	20,030	0,145	260	31,706	0,979
40	21,780	0,270	270	31,748	0,982
50	23,264	0,376	280	31,790	0,985
60	24,538	0,467	290	31,832	0,988
70	25,630	0,545	300	31,860	0,990
80	26,554	0,611	310	31,888	0,992
90	27,352	0,668	320	31,902	0,993
100	28,024	0,716	330	31,916	0,994
110	28,612	0,758	340	31,944	0,996
120	29,102	0,793	350	31,944	0,996
130	29,536	0,824	360	31,958	0,997
140	29,900	0,850	370	31,972	0,998
150	30,208	0,872	380	31,986	0,999
160	30,474	0,891	390	31,986	0,999
170	30,698	0,907	400	31,986	0,999
180	30,894	0,921	410	32,000	1,000
190	31,048	0,932	420	32,000	1,000
200	31,202	0,943	430	32,000	1,000
210	31,314	0,951	440	32,000	1,000
220	31,426	0,959	450	32,000	1,000

## ДОДАТОК Г1

Залежність динамічного коефіцієнта регулювання  
від динамічних властивостей ОК



1 – П-алгоритм керування; 2 – І-алгоритм керування; 3 – ПІ-алгоритм;  
4 – ПІД-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 Г2

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 Д1

## Технічні характеристики ПЛК 110 (M02) ОВЕН

Параметр	Показник
<b>Живлення</b>	
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
<b>Дискретні (цифрові) входи</b>	
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
<b>Дискретні виходи (контакти електромагнітних реле ПЛК110-Х.Х-Р)</b>	
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: COM1-COM2 COM3 COM4 COM5 COM6	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
<b>Дискретні виходи (транзисторні ключі ПЛК110-Х.Х-К)</b>	
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
<b>Інтерфейси зв'язку, кількість</b>	
RS-485	2
RS-232	1
RS-232-Debug	1
Ethernet 100 Base-T	1

Параметр	ПЛК110	ПЛК110 [M02]
<b>Обчислювальні ресурси</b>		
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 Д2

## Технічні характеристики мережевого шлюзу ПМ210 ОВЕН

Параметр	Показник
<b>Живлення</b>	
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
<b>Інтерфейси</b>	
Інтерфейс обміну	RS-485
Швидкість	від 1200 до 115200 біт/с
<b>GSM</b>	
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
<b>Умови експлуатації</b>	
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 ДЗ

## Технічні характеристики регулятора потужності DRU3 MEYERTEC

Параметр	Показник
<b>Живлення</b>	
Діапазон напруги живлення від трифазної мережі змінного струму	200...440 В (номінальне значення 400 В)
Частота напруги живлення	47...63 Гц
<b>Аналоговий вхід</b>	
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)
<b>Дискретний вхід</b>	
Тип входу	логічний
Призначення	Аварійний "стоп"
<b>Дискретний вихід</b>	
Тип виходу	"Сухий контакт"
<b>Тип контактів</b>	
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
<b>Силовий вихід</b>	
Тип силових ключів	тиристори
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

## ДОДАТОК Е1

### Вибір технологічного обладнання для підлогового утримання бройлерів

*Система напування.* Забезпечення чистої питної води є важливим фактором для підвищення продуктивності птиці. Вода повинна бути доступною постійно, у достатній кількості, чистою, свіжою та легкою для доступу птиці. Розробляються різні системи напування, що підходять як для м'ясних порід, так і для курей-несучок

Типи систем напування:

- Ніпельні поїлки з чашкою для збору крапель або без неї.
- Ніпельні системи для напування індиків.
- Круглі чашкові поїлки.

Вибір відповідної системи залежить від виду птиці, її призначення, особливостей приміщення та побажань замовника.

Ніпельні поїлки. Ніпельні системи зарекомендували себе як надійні та гігієнічні рішення для сучасного птахівництва. Вони включають такі компоненти:

- Блок регулювання тиску з промивною установкою (1), кріплення до труби з одного боку, обох боків або посередині залежно від довжини лінії напування.
- Регулятор тиску (3) для забезпечення перепаду висоти лінії від 10 до 15 см.
- Відкидний деаератор (4) або автоматичний (5, опційно) з індикатором рівня води.
- Насадка деаератора з вентилем (6), що дозволяє вихід повітря в робочому режимі.
- Алюмінієвий профіль (7) або кругла труба з тросом (8).
- Ніпельна труба з різними типами ніпелів: стандартний (9), оранжевий (10) та СаніСтар (11).
- Система підвіски (12).

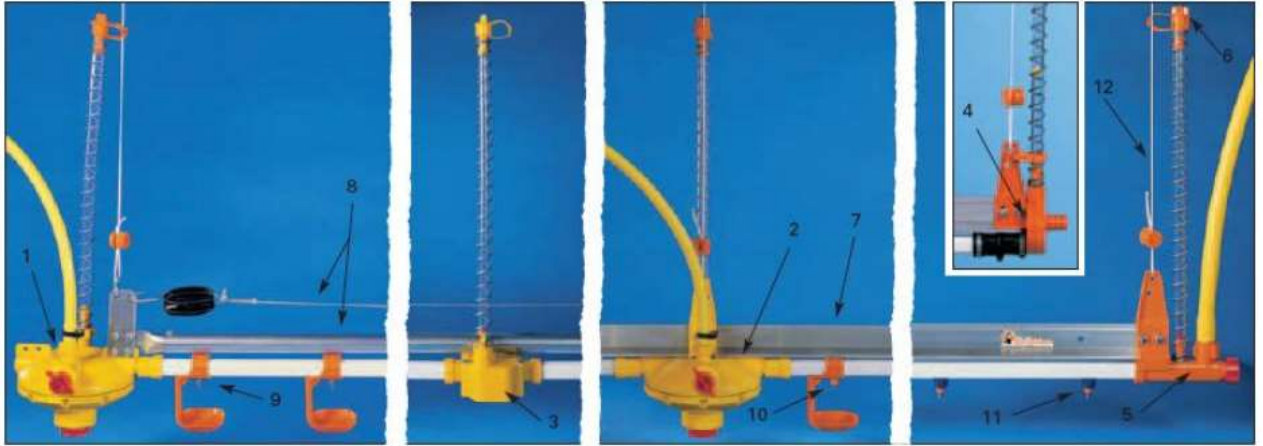


Рис. Е.1. Зовнішній вид ніпельної поїлки ЮМБО-Б

Таблиця Е1

## Технічні характеристики ніпельної поїлки ЮМБО-Б

Діаметр, мм	Висота, мм	Вага без грузу, кг	Збереження загруженого бочка, л	Мін. робочий тиск, бар	Макс. робочий тиск, бар	Оптимальне положення води в жолобі, мм
400	640	1,75	7	0,2	0,5	10-20

Медикатор – пристрій для точного дозування медикаментів через питну воду. Він інтегрується в систему водопостачання та забезпечує введення необхідних вітамінів і медикаментів у питну воду. Дозування препаратів виконується з високою точністю, оскільки їх подача відбувається пропорційно фактичному споживанню води. Змішування води з препаратом здійснюється безпосередньо на виході з ємності змішувача, що виключає контакт двигуна з добавками, запобігає заклинюванню ніпелів та забезпечує тривалий термін служби. Розчинений препарат подається безпосередньо з оригінальної упаковки, а порошкоподібні чи в'язкі речовини додаються в ємність змішувача за допомогою циркуляційного насоса.

**Переваги:**

- Ефективне дозування при будь-якому обсязі водопотоку.

- Широкий діапазон дозування і можливість роботи з великими обсягами води.
- Довговічність і надійність завдяки використанню якісних матеріалів, за умови регулярного обслуговування.
- Наявність комплекту запчастин для своєчасної заміни деталей, що піддаються зносу.



а



б

Рис. Е.2. Зовнішній вигляд:

а – медикатора, б – ємкість для змішування медикаментів, 60л

**Система годівлі.** Компанія Repromatic Big Dutchman розробила систему Repromatic, яка враховує специфічні вимоги для утримання батьківського стада бройлерів та курей-несучок. Основною метою під час вирощування є забезпечення однорідного фізичного та статевого розвитку птиці. У виробничій фазі пріоритетом стає стабільність функціонування та продовження продуктивності, що вимагає контролю за споживанням корму та його обмеження для курочок.

Система Repromatic оптимально підтримує ці завдання завдяки поєднанню переваг ланцюгового та чашкового годівництва. Для подачі корму використовується високопродуктивна та надійна кормороздавальна установка Челленджер. Годування відбувається за допомогою спеціально розробленої чашкової годівниці, що забезпечує 16 кормових місць.

Основні елементи системи годівлі:

1. Зважування корму.

Точне зважування корму є ключовим для обмеженого годування птиці. Для цього пропонується використання ваги Автоліміт. Максимальна вантажопідйомність становить 1,5 тонни, а необхідна кількість корму зважується безпосередньо в бункері. Об'єм бункера може бути 1250 або 1850 літрів, що дозволяє забезпечити точність і ефективність процесу годівлі.



Рис. Е.3. Зовнішній вигляд установки «Автоліміт»

2. *Електродвигун.* Завдяки конструктивному відокремленню двигуна кормового ланцюга від кормової колонки, систему роздачі корму можна легко адаптувати до будь-яких умов у пташнику.

- Швидкість руху кормороздаткового ланцюга становить 36 м/хв.
- Потужність двигуна залежить від довжини ланцюга і може складати 1.1, 1.5 або 2.2 кВт.



Рис. Е.4. Зовнішній вигляд двигуна

3. *Кормороздавальний канал із ланцюговою системою.* Ланцюг ЧЕЛЕНДЖЕР забезпечує швидку передачу значних обсягів корму:

- Продуктивність транспортування – до 2 т/год.
- Висока зносостійкість.
- Плавний рух ланцюга в каналі.
- Відкрита конструкція для легкого обслуговування.

4. *Кутник на 90°:* гарантія безпечної роботи. Спеціально спроектований кутник характеризується надійністю та довговічністю.

- Загартована система напрямного механізму для ланцюга..



Рис. Е.5. Зовнішній вигляд 90° – кутника

- Пластиковий підшипник, який не потребує змазування, забезпечує довговічність.

Особливості кормушки **FluxxBreeder** для стадії вирощування курок-несучок:

- Механізм наповнення кормушки під кутом 360° забезпечує максимальний рівень заповнення кормом.

- Завдяки 8 лопатям зовнішнього циліндра зводяться до мінімуму втрати корму, а встановлення корму залишається простою та надійною.
- Плоска чаша з роздільними ребрами гарантує рівномірний розподіл корму без втрат.
- Чотири дренажні отвори на дні чаші дозволяють воді вільно стікати.
- Зручний механізм відкриття чаші забезпечує легке та ретельне очищення після кожного годування.

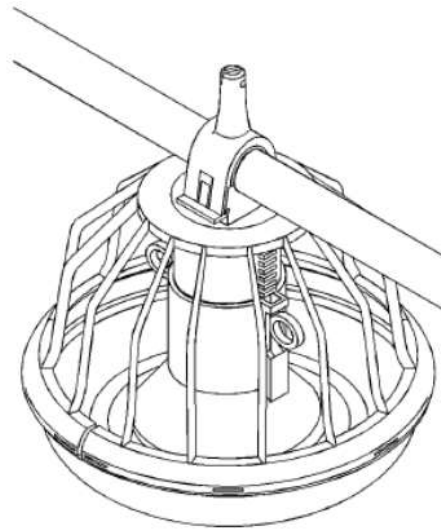


Рис. Е.6. Зовнішній вигляд годівниці

*Окреме годування півнів* має важливе значення для забезпечення високого рівня запліднення. Воно дозволяє точно контролювати кількість корму, необхідну для півнів, та забезпечувати його склад, який відрізняється від корму для курок. У системі роздачі корму використовується труба зі шнеком, а годівниці розташовуються на такій висоті, щоб кури не могли до них дістатися.

Годівниця MALE PAN діаметром 330 мм оснащена решіткою з важелями, що розрахована на годування 7–9 півнів. Завдяки надійному кріпленню до труби, вона здатна витримувати значні навантаження під час годування. Якщо використовується годівниця MALE PAN, її дозувальний механізм у центральній частині забезпечує швидке, рівномірне та одночасне наповнення всіх годівниць.