

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри

автоматики та робототехнічних систем

ім. акад. І.І. Мартиненка

(назва кафедри)

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

" ____ " _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему "РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ У ПТАШНИКУ З УТРИМАННЯ
БРОЙЛЕРІВ НА БАЗІ КТЗ ОВЕН"**

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

Гарант освітньої програми

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

(підпис)

Заєць Н.А.
(П.І.Б.)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доц.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Цигульов І.Т.
(П.І.Б.)

Виконав

(підпис)

Мойсеєнко М.Є.
(П.І.Б.)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

автоматики та робототехнічних систем

ім. акад. І.І. Мартиненка

(назва кафедри)

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

" ____ " _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи студенту

Мойсеєнку Михайлу Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

1. Тема дипломного проекту бакалавра: "Розробка автоматизованої системи управління параметрами мікроклімату у пташнику з утримання бройлерів на базі КТЗ ОВЕН",

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

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

3. Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра:

- 3.1. Завдання кафедри на виконання дипломного проекту.
- 3.2. Нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації.
- 3.3. Наукова література з тематики дипломного проекту.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

- 4.1. Створення мікроклімату в промислових пташниках для вирощування бройлерів.
- 4.2. Розробка та дослідження математичної моделі температурного режиму в пташнику в літній період.
- 4.3. Обґрунтування та вибір алгоритму керування температурним режимом у пташнику.
- 4.4. Розробка цифрової системи керування та визначення показників якості її роботи.
- 4.5. Схеми системи автоматизації.
- 4.6. Техніко-економічне обґрунтування.
- 4.7. Техніка безпеки та охорони праці.

5. Перелік графічних документів:

- 5.1. Функціональна схема автоматизації системи керування вентиляційним комплексом у пташнику для вирощування бройлерів в літній період.
- 5.2. Система автоматичного керування вентиляційним комплексом у промисловому пташнику для вирощування бройлерів. Схема електрична принципова.
- 5.3. Система автоматичного керування вентиляційним комплексом у промисловому пташнику для вирощування бройлерів. Схема електрична з'єднань.
- 5.4. Система автоматичного керування вентиляційним комплексом у промисловому пташнику для вирощування бройлерів. Схема електрична підключень.
- 5.5. Система автоматичного керування вентиляційним комплексом у промисловому пташнику для вирощування бройлерів. Загальний вигляд щита керування.

Дата видачі завдання "19" листопада 2024 року

Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Цигульов І.Т.
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до
виконання

(підпис)

Мойсеєнко М.Є.
(П.І.Б.)

ЗМІСТ

Вступ	5
РОЗДІЛ 1. Створення мікроклімату в промислових пташниках для вирощування бройлерів	8
1.1 Вплив технологічних параметрів вирощування бройлерів на продуктивність виробництва	8
1.2. Вирощування бройлерів на глибокій підстилці	14
1.3. Перспективні способи охолодження повітря та керування вентиляційним комплексом у промислових пташниках	19
РОЗДІЛ 2. Розробка та дослідження математичної моделі температурного режиму в пташнику в літній період	23
2.1. Визначення продуктивності системи вентиляції у промисловому пташнику в літній період	23
2.2. Розробка та дослідження математичної моделі температурного режиму у пташнику в літній період	28
2.3. Аналіз динаміки об'єкта керування та визначення його передатної функції	32
2.4. Функціональна схема автоматизації системи керування температурним режимом у пташнику в літній період	34
РОЗДІЛ 3. Обґрунтування та вибір алгоритму керування температурним режимом у пташнику	36
3.1. Вибір алгоритму керування	36
3.2. Реалізація алгоритму керування об'єктом	39
РОЗДІЛ 4. Розробка цифрової системи керування та визначення показників якості її роботи	50
РОЗДІЛ 5. Схеми системи автоматизації	50
5.1. Розробка схеми електричної принципової системи керування вентиляцією у пташнику в літній період	56
5.2. Розробка схем електричних з'єднань та підключень САК вентиляцією у пташнику в літній період	60
5.3. Вибір апаратів захисту та керування	62
5.4. Вибір проводів та кабелів	70
5.5. Вибір щита керування	73
РОЗДІЛ 6. Техніко-економічне обґрунтування	75
РОЗДІЛ 7. Техніка безпеки та охорони праці	79
7.1. Безпечність об'єкта проектування	79
7.2. Розрахунок заземлюючого пристрою	81
7.3. Блискавкозахист будівель і споруд	84
Висновки	85
Література	87
Додатки	89

ВСТУП

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

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

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

У зв'язку з цим вирішальним фактором мікроклімату, тобто таким, який у даний момент найбільше впливає на тварину залежно від поєднання інших параметрів, може бути кожен з них. Так, при безвигульному утриманні тварин і забезпеченні нормальних параметрів повітряного середовища вирішальним фактором може бути ультрафіолетова недостатність. У холодні і жаркі періоди року вирішальним фактором є температура повітря, у холодному вогкому приміщенні – вологість підлоги та її температура тощо.

Очевидно, для того щоб одержати від тварин, які перебувають у приміщенні, максимальну продуктивність, необхідно кожен з параметрів мікроклімату підтримувати у певному поєднанні з іншими на оптимальному рівні, який забезпечив би максимальну продуктивність. Це завдання надзвичайно складне і може виявитись економічно не вигідним, тому що витрати для підтримання будь-якого параметра, наприклад температури, цілий рік на рівні оптимального можуть не окупитися за рахунок одержаної додаткової продукції. Тому, коли ми говоримо про оптимальний мікроклімат, то розуміємо таке поєднання усіх його параметрів, яке забезпечує найвищі економічні показники виробництва в цілому. Це означає, що кожний з параметрів слід підтримувати не суворо на оптимальному рівні, а в деяких межах, які забезпечують високі показники виробництва.

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

Численні дослідження показують, що підвищені температури повітря у виробничих приміщеннях пташників негативно впливають на продуктивність птиці. Разом з тим період з підвищеними температурами триваліший, ніж з пониженими. Тому запобігання утворення теплового стресу у тварин повинна бути основною вимогою до пристроїв для регулювання мікроклімату.

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

Предметом досліджень є визначення ефективних технологічних та технічних параметрів режиму охолодження повітря у промислових пташниках в літній період.

Метою дипломного проекту є удосконалення системи автоматичного керування температурним режимом у промисловому пташнику для вирощування бройлерів в літній період, що забезпечить підвищення

продуктивності птиці та якості продукції за рахунок покращення мікрокліматичних умов утримання та зменшення споживання електроенергії вентиляційним обладнанням.

Задачі дипломного проекту: обґрунтування кількісних та якісних показників вентиляційного обладнання, що входить до складу вентиляційного комплексу; розробка математичної моделі створення температурного режиму у пташнику в літній період та визначення його динамічних властивостей; розробка функціональної схеми автоматизації системи керування температурним режимом у пташнику в літній період; вибір технічних засобів автоматизації для реалізації САК температурним режимом; визначення показників якості роботи САК; розробка електричних схем реалізації САК; техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження розробленої САК.

РОЗДІЛ 1

СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРОМИСЛОВИХ ПТАШНИКАХ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ БРОЙЛЕРІВ

1.1. Вплив технологічних параметрів вирощування бройлерів на продуктивність виробництва

Численними дослідженнями встановлено, що продуктивність птахів на 50...60 % визначається якістю кормів та питної води, на 20% якістю догляду, на 20...30% параметрами мікроклімату в приміщенні (температурою та відносною вологістю повітря, газовим складом та швидкістю руху повітря, освітленістю).

Створення і підтримання мікроклімату в приміщеннях для вирощування бройлерів залежить від ряду факторів – місцевого (зонального) клімату, теплозахисних властивостей огорожуючих конструкцій будівель, освітлення, а також технології утримання птахів, щільності їх посадки, типу годівлі та ін.

Створення оптимальних значень параметрів мікроклімату в технологічних приміщеннях забезпечує максимальну продуктивність бройлерів при мінімальних затратах кормів, паливно-енергетичних ресурсів і засобів, оскільки високопродуктивні породи птахів, якими є бройлери, дуже чутливі до умов утримання.

Установлено, що відхід поголів'я, викликаний незадовільними умовами мікроклімату, складає 7...10%, а в деяких випадках досягає 30...40%. Зниження продуктивності по тій же причині може досягати 15% при одночасному збільшенні витрати кормів і погіршенні якості продукції на 10...15%.

В багаточисельних роботах Селянського В.М. та інших дослідників приводяться дані про зв'язок температури з потребою птахів в кормах і воді: при зниженні температури з 18-15°C до 10°C в приміщеннях для вирощування бройлерів прирости їх у віці 5-8 тижнів зменшуються на 48%, тобто біля 6 % на кожен градус зниження температури; при підвищенні температури повітря в пташниках-бройлерниках з 23°C до 32°C у бройлерів спостерігається зниження приростів на 26%, або на 2,9% на кожен градус підвищення температури.

Температура повітряного середовища в приміщенні впливає на організм птахів у комплексі з іншими факторами - вологістю, швидкістю руху повітря і т. д.

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

При високій вологості в пташниках й низькій температурі 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% і тільки в окремі періоди року допускається короткочасне збільшення відносної вологості повітря до 75% або зменшення до 50%.

Тепловіддача організму птахів залежить також від швидкості руху повітря. За даними В. М. Селянського, вона не повинна перевищувати 0,5 м/с, оптимальна - 0,2-0,3 м/с.

Повітрообмін, його інтенсивність впливає як на стан птиці, так і на збереження обладнання. Величина повітрообміну визначається сезоном року та кліматом, породою, віком, рівнем продуктивності курей. Максимальний рівень повітрообміну для птиці з живою масою 1,35-2,25кг при 27°C досягає 7,5м³/год. В зонах з температурою вище 27°C цей показник може складати 9,35 м³/год., а нижче (до 15°C) - 5,6 м³/год. - на один кілограм живої маси. Підвищення повітрообміну до 0,028 м³/хв. не призводить до збільшення продуктивності птиці, порівняно з повітрообміном в 0,014 м³/хв.

В пташниках склад повітря внаслідок життєдіяльності птиці змінюється, накопичуються шкідливі токсичні гази, які підлягають видаленню. Постійними компонентами атмосферного повітря, яким дихає птиця, є азот (78,8%), кисень (20-21%), вуглекислий газ (0,03-0,04%).

Птиця споживає 0,95л кисню за 1 годину на 1кг живої ваги, причому під час руху його кількість збільшується, в години сну - понижується. Вуглекислий газ теж має велике значення в життєдіяльності птиці, оскільки є подразнювачем дихального центру. Він поглиблює та по мірі необхідності прискорює дихання. Концентрація вуглекислоти в пташнику не повинна перевищувати 0,2% (по об'єму). Накопичення його в пташнику в межах 1% і більше викликає отруєння птиці. Виражається це в загальній слабості, в'ялості, нестачі апетиту, що веде до зниження продуктивності та загибелі птиці. При незадовільній вентиляції накопичується не тільки вуглекислий газ, але й інші шкідливі гази, такі як сірководень та аміак.

Вплив освітлення на життєдіяльність птиці

На сьогоднішній день механізми впливу освітлення на курей різного напрямку виробництва є достатньо дослідженими. Основні параметри освітлення, що впливають на життєдіяльність птиці:

- рівень освітленості;
- спектральний склад світла;
- тривалість світлового дня та її зміна.

Встановлено, що ритми денної активності та нічного спокою у курей регулюються епіфізом шляхом виділення ферменту, що відповідає за перетворення серотоніну на мелатонін, при підвищенні рівня якого в крові курки сідають на сідало, засинають, і температура тіла у них знижується. Експерименти довели, що епіфіз є чутливим до світла, однак ця чутливість є різною для різного періоду доби. Припускають, що тривалість доби змінюється за допомогою ендogenous ритму, який складається з двох напівциклів – "світло-чутливого" та "темно-чутливого". Світлова стимуляція відбувається тільки тоді, коли тривалість світлового дня поширюється на "темно-чутливу" частину ендogenous ритму. За останніми даними, світлочутлива фаза для курей настає після 11 годин з часу першого вмикання світла ("світанок") і триває 5 годин, незважаючи на те, що цей період може перериватися короткими періодами темряви (рис. 1.1).

При вирощуванні та утриманні курей важливе значення має інтенсивність освітлення.

У перші дні вирощування рекомендований рівень освітленості є досить високим – 30-40 лк. Така освітленість допомагає курчатам знаходити корм та утворює в напувалці так зване "дзеркало води", що в свою чергу стимулює споживання ними води.

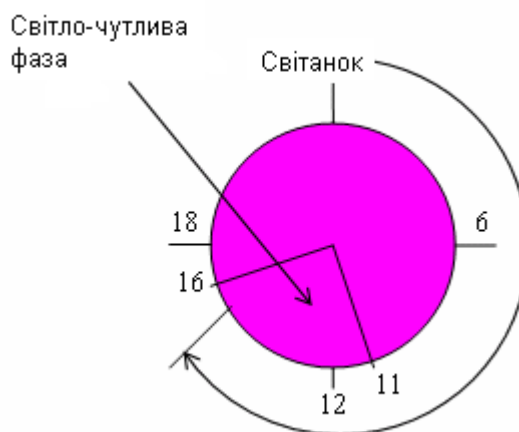


Рис. 1.1. Світлочутлива фаза у курей

Через декілька днів після посадки птиця звикає до будівлі, тому інтенсивність освітлення можна знижувати. Наприкінці циклу рівень освітлення може бути зменшеним до:

- 5 лк для бройлерів, що викличе зниження активності птиці та зменшить кількість енергії, що нею витрачається;
- 10 лк для дорослих курей-несучок;
- 15 лк для батьківського стада.

Слід зазначити, що надлишковий рівень освітлення має негативний вплив на поведінку птахів. Наприклад, при підлоговому утриманні птиця уникає ділянки безпосередньо під лампами, використовуючи їх лише для випорожнення, що стає джерелом надлишку аміаку в певних зонах пташника.

Зниження рівня освітлення також дозволяє зменшити явище розкльову пір'я та канібалізм птахів.

Освітленість птахівничих приміщень варюється в досить широких межах, вона залежить від кількості ламп та віддаленню їх від птахів. Необхідна кількість ламп розраховується за наступними нормативами:

- при використанні флюорисцентних ламп – 1,8-1,0 Вт/м²;
- при використанні ламп розжарювання – 3 Вт/м².

Дослідження показали, що колір освітлення також суттєво впливає на поведінку, зростання та відтворення птиці.

Поведінкою птиці можна маніпулювати, використовуючи спектри з більшою довжиною хвилі, такі, як червоний, жовтогарячий, жовтий, зелений або голубий. Дослідник Марк О. Норе склав діаграму (Додаток А1), на якій представлена залежність поведінки та інших характеристик, що є властивими для птиці, від спектра освітлення.

Так, лампи червоного освітлення знижують агресію, канібалізм та розкльов пір'я при вільному утриманні несучок, хоча дещо знижують тривалість відкладання яєць. Червоно-жовтогарячий колір світла стимулює репродуктивну функцію птиці. Синій колір світла заспокоює птицю. Лампи синє-зеленого освітлення здійснюють сприятливий вплив на зростання бройлерів. При цьому лампи зеленого кольору рекомендують використовувати на ранніх стадіях вирощування бройлерів, а наприкінці циклу їх вирощування доцільно використати лампи синього кольору, які допоможуть знизити активність птиці.

На птахівничих фермах та комплексах замість цілодобового все частіше почали впроваджувати переривне освітлення, оскільки експериментально доказано, що такі режими освітлення крім зменшення витрат електроенергії до 40-50% мають багато інших важливих позитивних сторін – збільшення продуктивності на 15-20%, зменшення витрат кормів і т.д.

Є дані експериментальних досліджень, котрі показують, що при вирощуванні бройлерів в затемнених приміщеннях з освітленими годівницями прирости маси бройлерів збільшувались на 11%, а затрати кормів зменшувались на 9% у порівнянні з звичайним вирощуванням в освітлених приміщеннях.

При розробці програм освітлення для вирощування бройлерів необхідно враховувати деякі важливі моменти. Однією з проблем є те, що бройлери дуже швидко починають нарощувати м'язову масу, але це відбувається за рахунок розвитку скелету, серця та крові-судинної системи, імунних порушень та життєздатності. Таким чином можна виростити крупну

птицю за короткий час, але прибуток від стада знизиться внаслідок проблем з ногами, асцитом, поганою життєздатністю, що призведе до зменшення ефективності споживання кормів. Тому необхідно забезпечити контроль за розвитком бройлерів у ранньому віці, для того, щоб їх серце, легені та скелет встигли достатньо сформуватися перед активним формуванням м'язових тканин. Цього можна досягти за допомогою стримуючих світлових програм та обмеженням споживання корму у ранньому віці. В деяких випадках під час періодів темряви вмикають декілька короткотривалих світлових періодів. Це стимулює активність птиці, дає можливість споживання води та їжі під час періоду відпочинку. Крім того, короткі світлові періоди дозволяють зменшити ймовірність появи пухирів на грудній частині птиці, а також скупчення біля годівниць, що може виникати після тривалих періодів темряви. Високу ефективність показало використання при вирощуванні бройлерів режимів переривчастого освітлення симетричного типу.

1.2. Вирощування бройлерів на глибокій підстилці

Бройлер – гібридне м'ясне курча не старше 10 тижнів (70 днів), будь якої статі, спеціального вирощування, яке відрізняється інтенсивним ростом, високою м'ясною скоростиглістю, високою конверсією корму, відмінними м'ясними якостями, ніжним м'ясом, м'якою еластичною і гладкою шкірою, м'якими хрящами грудної кістки.

Промислове виробництво бройлерів базується на таких основних технологічних принципах:

1. Використання високопродуктивної гібридної птиці (отримують від схрещування спеціалізованих поєднаних ліній курей двох порід – корніш і плімутрок. Найбільш поширеними в нашій країні є такі кроси м'ясних курей:

- "Кобб-500" та "Арбор Ейкрес" (американське походження);
- "Росс-308" (британське);
- "Гібро" (голландське);
- "Ломанн м'ясний" (німецьке);
- "Старбро" (канадське);
- "Хаббард м'ясний" (французьке);

Всі ці кроси є 4-лінійними та 2-х породними.

2. Вирощування бройлерів у безвіконних пташниках, які обладнані сучасними засобами, що забезпечують повну механізацію і автоматизацію виробничих процесів і високу продуктивність праці.

3. Виконання виробничого процесу за технологічним графіком, який забезпечує ритмічне, цілорічне вирощування бройлерів.

4. Використання повнораціонних сухих комбикормів, які відповідають біологічним потребам організму птиці і які дозволяють отримувати високоякісну продукцію при низьких витратах корму на 1 кг приросту.

5. Суворе дотримання ветеринарно-санітарних правил, які забезпечують високу збереженість птиці.

Великі бройлерні птахофабрики, як правило, працюють за закінченим технологічним циклом (цикл, в якому представлені всі стадії: від виробництва інкубаційних яєць – до отримання готової продукції (м'яса). В багатьох бройлерних господарствах використовують неповний технологічний цикл – процес забою і обробки тушок здійснюється на великих птахокомбінатах. Більшість бройлерних ферм не мають особистих цехів батьківського стада, інкубаторію, і добовими курчатами їх забезпечують інкубаторії птахофабрик. На сучасному етапі здійснюється перехід від технології із замкнутим циклом виробництва до організації комплексів з агропідприємств з функціональною спеціалізацією. Найбільш оптимальним за кількістю поголів'я є об'єднання з виробничою потужністю від 10 до 24 млн. бройлерів на рік. Виробництво із замкнутим циклом виробництва в своїй структурі має такі цехи: батьківського

стада, інкубації, вирощування бройлерів, зооветлабораторію, забійний цех, кормоцех.

В країнах з розвиненим птахівництвом поголів'я бройлерів, включаючи батьківське стадо, переважно утримується на підлозі на м'якій підстилці.

Вирощування бройлерів на глибокій підстилці є одним з найпоширеніших і найефективніших способів вирощування. За цієї технології птицю розміщують у пташниках – приміщення завширшки 12 (вузькогабаритні) або 18м (широкогабаритні) і завдовжки 72, 84, 96м, в яких механізовані процеси кормороздачі, напування і прибирання посліду, автоматизовані режими обігрівання, освітлення та вентиляції.

У дипломному проекті розглядається однозональний безвіконний пташник на 35000 бройлерів. Розмір пташника 72x18 м, розмір зали 66x18 м, висота зали 4м.

До розміщення курчат під час профілактичної перерви (не менше 14 днів) приміщення проходять підготовку: з пташника видаляють підстилку і послід, очищають устаткування від бруду та пилу, проводять первинну дезінфекцію, білять стіни, настиляють підстилку, монтують обладнання, герметизують приміщення, проводять вторинну дезінфекцію і провітрювання витяжною вентиляцією.

Для вирощування бройлера витрачають 1,5кг підстилки (сухі, чисті, непрілі, подрібнені солому і стрижні кукурудзи, лущиння від соняшникового насіння, деревинну стружку або тирсу), яку кладуть шаром 5-7 (до 10) см.

Для повної механізації й автоматизації роздавання кормів, напування, обігрівання, освітлення і вентиляції використовують обладнання ЦБК-10 і ЦБК-20 (таблиця 1.1) або модифіковані ЦБК-12А та ЦБК-18А, а також ОПБ-1 та ОПБ-2, які забезпечують режимне годування бройлерів (періодичне).

На вирощування беруть курчат не раніше 6-8 годин і не пізніше 24 годин після вибирання з інкубаторів. Середня маса одного курчати має бути не

менше 36г. За добу до приймання курчат у приміщенні підтримують температуру +24...+26°C, а під брудером +32...+35°C.

В перший тиждень утримання особливо прискіпливо виконують технологічні настанови, щоб процес адаптації пройшов за найменших збитків: сильних (перша вибірка) відокремлюють від слабших і розміщують під різними обігрівачами; під кожен брудер на 500-550 голів встановлюють зашивку висотою 40см, що захищає курчат від протягів, не дозволяючи далеко відходити від тепла, притримуються чіткого часового режиму харчування; стежать за поведінкою молодняку (велика рухливість – голод; скупчення – при низькій температурі; багато п'є, тікає від джерела тепла, лежить, розпустивши крила – підвищена температура) та ін.

Таблиця 1.1.

Комплекти обладнання ЦБК-10 та ЦБК-20

Показник	ЦБК-10		ЦБК-20		
	Розміри приміщення, м				
	12x84	12x72	18x96	18x84	18x72
Зовнішній бункер приймання, зберігання та роздавання кормів БСК-10	1	1	1	1	1
Кормороздавач трубчастий з бункерними годівницями	1/174	1/144	1/400	1/348	1/288
Годівниця жолобкова	100	80	195	165	135
Годівниця-лист П-1	100	80	195	165	135
Напувалка вакуумна	100	80	195	165	135
Система напування СПА-2 та СПА-3 з чашковими напувалками	1/96	1/78	1/144	1/128	1/104
Система дротової підвіски:					
СПП-1	3	3	4	4	4
СПП-2	6	6	12	12	12
Брудер електричний БП-1А	20	16	39	33	27
Обгородження І-1	20	16	39	33	27
Шафа управління ЦБК-20В-04	1	1	1	1	1
Кількість птиці, тис. гол.	10.0	9.0	20.0	17.8	14.8

Температура повітря значно впливає на курчат, особливо у перший тиждень життя, що зумовлено недостатньою терморегуляцією у цьому віці. Відомо, що температура тіла курчат до 7-денного віку на 1-2°C нижча від норми дорослої

птиці, тому у перші дні життя слід особливо ретельно стежити, щоб у приміщенні і під брудером (рис. 1.2) температура була в межах рекомендованої (таблиця 1.2).



Рис. 1.2. Брудери для обігріву курчат:

- а) – брудер універсальний електричний БУ-1;
б) – брудер інфрачервоний "Мегасан 12"

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

За допомогою вентиляції забезпечується температура та вологість, видаляються шкідливі гази. Мінімальна кількість свіжого повітря, яка має подаватися у пташник у холодну пору року – 1,0-0,7 м³/кг на 1кг живої маси курчат, у теплу – 5,5 м³/кг, допускається зменшення для забезпечення необхідних параметрів повітря. Гранично допустимі норми концентрації шкідливих газів у приміщенні: вуглекислоти (СО₂) – 0,25% за об'ємом, аміаку (NH₃) – 15 мг/м³ (0,015 мг/л), сірководню (H₂S) – 5 мг/м³ (0,005 мг/л).

У пташниках слід регулювати швидкість руху: у холодний та перехідний період її межі 0,1...0,5 м/с, у теплий – 0,2...0,6 м/с у зоні розташування птиці. При більшій швидкості створюються протяги, що призводять до запалення легень.

1.3. Перспективні способи охолодження повітря та керування вентиляційним комплексом у промислових пташниках

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

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

Охолодження вентиляційного повітря, що надходить у пташник, здійснюють двома способами: за допомогою системи туманоутворення із розпиленням мілкодисперсної вологи, або за допомогою випаровувальних охолоджуючих панелей (рис. 1.3).

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

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

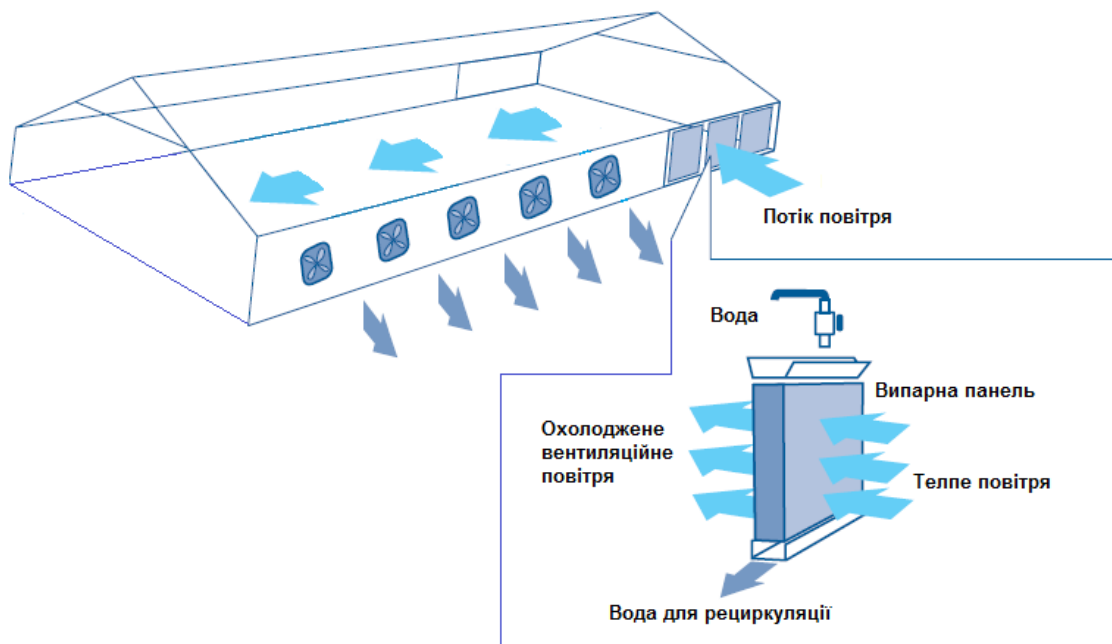


Рис. 1.3. Схема улаштування системи охолодження повітря у пташнику за допомогою випарних охолоджуючих панелей

Як було зазначено, тваринницькі приміщення великої ємності обладнуються системами вентиляції з примусовим повітрообміном. У системах вакуумного типу відпрацьоване повітря видаляється з приміщення осьовими вентиляторами типу ВО-Ф-5,6А та ВО-Ф-7,1А, для приводу яких використовуються спеціальні електродвигуни з підвищеним ковзанням типу 4АПА або АИРП. Вказані двигуни здатні регулювати продуктивність вентиляторів зміною швидкості їх обертання при зміні напруги живлення. Для цього розроблені і широко використовуються станції керування ТСУ-2-КЛУЗ "Климатика-1" та ТСУ-3 КЛУЗ, які забезпечують плавне регулювання частоти

обертання двигунів вентиляторів з метою автоматичного підтримання необхідної вентиляції у приміщенні.

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

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

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

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

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

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

- підвищуються втрати потужності в електродвигунах, оскільки вони працюють при великих ковзаннях. Спостерігаються також випадки, коли при низьких напругах на виході перетворювача частина електродвигунів не запускається, що спричиняє нерівномірну вентиляцію приміщення і знижує повітропродуктивність всієї установки.

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

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

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

Тип і потужність перетворювача частоти вибирається за наступною методикою:

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

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

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

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ В ПТАШНИКУ В ЛІТНІЙ ПЕРІОД

2.1. Визначення продуктивності системи вентиляції у промисловому пташнику в літній період

Для теплого періоду року розрахунок продуктивності системи вентиляції проводиться за видаленням надлишкової теплоти.

Розрахунок необхідного повітрообміну проведемо для дорослих бройлерів, оскільки для них значення виділення тепла та вологи є найбільшими і кратність вентиляції є найбільшою, відповідно продуктивність системи вентиляції повинна забезпечувати цю кратність.

Вихідні дані для розрахунку:

- кількість дорослої птиці у пташнику $n = 35000 \text{ гол.}$;
- вага птиці – 1,6 кг;
- розрахункова температура зовнішнього середовища для теплого періоду року $t_3 = 30^\circ \text{C}$;
- розміри виробничого приміщення 72x18x4 м.

Повітрообмін для літніх умов, кг/год., (максимальна продуктивність вентиляції) визначається за виразом [24]

$$L = \frac{Q_{\text{ПТ}} + Q_{\text{РАД}}}{I_{\text{В}} - I_{\text{З}}}, \quad (2.1)$$

де $Q_{\text{ПТ}}$ – надходження теплоти у виробниче приміщення від птиці, кДж/год.;

$Q_{\text{РАД}}$ – надходження у приміщення тепла від сонячної радіації крізь прозори і непрозорі поверхні, кДж/год.;

I_B, I_3 – ентальпія внутрішнього і зовнішнього повітря, кДж/(кг сухого повітря) (визначають за $I-d$ діаграмою, за емпіричними залежностями або за довідником).

Надходження теплоти від птиці, кДж/год., визначається за виразом

$$Q_{пт} = n \cdot m \cdot Q_{пт}^1 \cdot k, \quad (2.2)$$

де n – кількість птиці даного виду у виробничому приміщенні пташника, шт.;

m – вага птиці, кг;

$Q_{пт}^1$ – кількість теплоти, кДж/год. на 1 кг живої маси птиці даного виду (додаток Б1).

k – поправочний коефіцієнт для визначення виділень теплоти птицею при різних температурах повітря у пташнику (додаток Б2).

Надходження тепла від сонячної радіації, кДж/год., визначається за виразом

$$Q_{рад} = Q_{ог}^c + Q_{ос}, \quad (2.3)$$

де $Q_{ог}^c$ – надходження сонячного тепла крізь непрозорі огороження, кДж/год.;

$Q_{ос}$ – надходження сонячного тепла крізь прозорі (скляні) огороження, кДж/год.

Розрахунок обох складових радіаційного тепла є дуже складним, тому для наближених розрахунків надходження сонячного тепла крізь стіни і покриття визначаються [24] за виразом

$$Q_{ог}^c = 3,6 \cdot \left(K_1 \cdot \frac{F_c}{2} + K_2 \cdot F_{п} \right), \quad (2.4)$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує надходження тепла крізь 1 м² стіни, Вт/м² (приймають 3...4 Вт/м² [24]);

F_c – площа стін будівлі, м²;

K_2 – коефіцієнт, що враховує надходження радіаційного тепла крізь перекриття, Вт/м² (для безгорищних будівель при широті місцевості 45, 55, 65° приймають відповідно 21, 17,5 і 14 Вт/м², а для будівель з горищами 5,8 Вт/м² [24]);

F_{II} – площа горизонтальної проекції покрівлі, м².

Кількість тепла, що надходить крізь освітлене сонцем скло будівлі, приймають рівним 400 Вт/м² [24], але в розрахунок вводиться 0,5 загальної площі скла.

Враховуючи, що у досліджуваному пташнику утримується 35000 бройлерів масою $m = 1,6$ кг та $Q_{III}^I = 28,5$ кДж/год. (додаток Б1), $k = 0,9$ при 30°C (додаток Б2), отримаємо значення кількості виділень тепла птахами

$$Q_{III} = n \cdot m \cdot Q_{III}^I \cdot k = 35000 \cdot 1,6 \cdot 28,5 \cdot 0,9 = 1436400 \text{ кДж / год.}$$

Оскільки досліджуваний пташник має розміри 72x18x4 і є безвіконним, отримаємо

$$F_C = 2 \cdot 72 \cdot 4 + 2 \cdot 18 \cdot 4 = 576 + 144 = 720 \text{ м}^2, \quad (2.5)$$

$$F_{II} = 72 \cdot 18 = 1296 \text{ м}^2. \quad (2.6)$$

$$Q_{РАД} = Q_{ог}^C = 3,6 \cdot \left(K_1 \cdot \frac{F_C}{2} + K_2 \cdot F_{II} \right), \quad (2.7)$$

$$Q_{РАД} = 3,6 \cdot \left(3,5 \cdot \frac{720}{2} + 5,8 \cdot 1296 \right) = 31597 \text{ кДж / год.}$$

Ентальпія (вміст теплоти) повітря, кДж/(кг сух. пов.), визначається за емпіричною [30] залежністю

$$I = 1,0048 \cdot t + 0,001 \cdot d \cdot (2500 + 1,96 \cdot t), \quad (2.8)$$

де t – температура повітря, °C;

d – вміст вологи в пароводяній суміші, г/(кг сух. пов.), при температурі t , визначається [30] за виразом

$$d(\varphi, t) = 622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_n(t)}{100 - \varphi \cdot P_n(t)}, \quad (2.9)$$

де $P_n(t)$ – значення тиску насиченої пари при температурі t .

Значення тиску насиченої пари визначається в залежності від температури повітря за емпіричним рівнянням [30]

$$P_n(t) = \frac{5,3431 + 0,02783 \cdot t + 0,032213 \cdot t^2 - 3,4032 \cdot 10^{-4} \cdot t^3 + 7,7192 \cdot 10^{-6} \cdot t^4}{735,6}. \quad (2.10)$$

Результати розрахунку ентальпії повітря для заданих умов наведені в додатку В1:

$$I_B = 69,99 \text{ кДж}/(\text{кг сух.пов.}), \quad I_3 = 62,08 \text{ кДж}/(\text{кг сух.пов.}).$$

Отже, повітрообмін для літніх умов для досліджуваного пташника за вказаних умов (максимальна продуктивність вентиляції) дорівнює

$$L = \frac{Q_{\text{ПТ}} + Q_{\text{РАД}}}{I_B - I_3} = \frac{1436400 + 31597}{69,99 - 62,08} = 185588 \text{ кг} / \text{год}.$$

Враховуючи, що густина повітря у пташнику дорівнює $\rho_{\text{ПОВ}} = 1,239 \text{ кг} / \text{м}^3$, отримаємо

$$L = 185588 \cdot 1,239 = 229942 \text{ м}^3 / \text{год} = 63,87 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Для забезпечення такого повітрообміну необхідно використати осьові вентилятори ВО-Ф-7,1А, технічні характеристики якого наведені в таблиці 2.1.

Вентилятор осьовий ВО-Ф-7,1А призначений для використання в системах вентиляції сільськогосподарських та виробничих приміщень, а також у складі комплектів обладнання "Клімат-47", "Клімат-2000", "Кліматіка-1" при створенні вентиляції класичного або змішаного типу. Квадратний корпус дозволяє легко монтувати вентилятор у стінні та віконні отвори.

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

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

$$n_{\text{ВЕНТ}} = \frac{229942}{11500} = 19,99 \approx 20 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість $n_{\text{ВЕНТ}} = 20 \text{ шт.}$, встановлених симетрично у бокових стінках по 10 шт. з кожного боку пташника.

Таблиця 2.1.

Технічні характеристики вентилятора ВО-Ф-7,1А

Показник	Значення
Максимальна подача повітря, м ³ /год.	11500
Маса, кг, не більше	30
Електродвигун	АИРП80А6У2
Напруга живлення електродвигуна, в	380±10%
Частота, Гц	50±1
Номінальний 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

Технічні характеристики електродвигуна приводу вентилятора АИРП80А6У2 наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Технічні характеристики електродвигуна АИРП80А6У2

Показник	Значення
Потужність, кВт	0,37
Номінальний струм, А	1,1
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 та дослідження математичної моделі температурного режиму у пташнику в літній період

Будівлі птахівничих підприємств, які розміщені в південних районах України, а в даний час у зв'язку із глобальним потеплінням у світі, внаслідок дії сонячної радіації та високої температури навколишнього повітря, сильно перегріваються. Як вже було зазначено, перевищення нормативних значень температури у пташнику, наприклад від 20 до 30°C, призводить до зниження продуктивності птиці на 25-30%.

Для ефективного зниження температури повітря, що подається у пташник для забезпечення необхідної кратності вентиляції, необхідно використати охолоджуючі панелі (рис. 2.1, б). Повітря, що потрапляє у пташник внаслідок дії системи вентиляції вакуумного типу, проходить через ці панелі, охолоджується, знижуючи температуру повітря у виробничому приміщенні пташника.

Схема роботи системи охолодження повітря зображена на рис. 2.1.

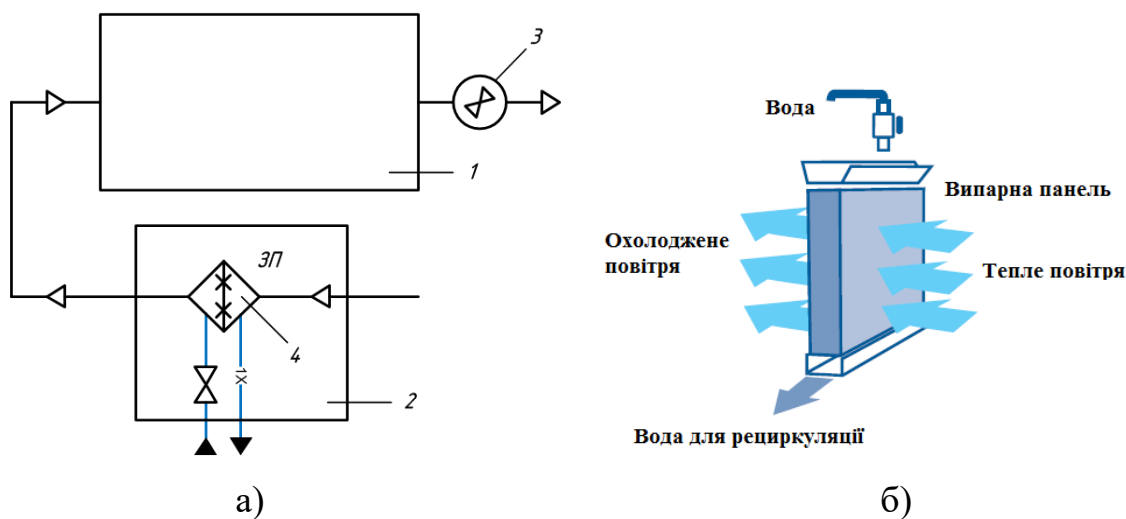


Рис. 2.1. Схема роботи системи охолодження повітря:

а) технологічна схема системи охолодження; б) конструктивна схема охолоджуючої панелі; 1 – виробниче приміщення пташника; 2 – охолоджуюча панель; 3 – втяжні вентилятори системи вентиляції вакуумного типу; 4 – випарна панель

Таким чином, повітря в системі охолодження має такі характеристики:

$t_1, t_2, t_3, \text{ } ^\circ\text{C}$	- відповідно, температура повітря на вході в охолоджувач (температура навколишнього середовища), на виході з охолоджувача, на виході із пташника з вентиляційним повітрям;
$\varphi_1, \varphi_2, \%$	- відповідно вологість повітря навколишнього середовища та на виході з охолоджувача.
$C_p = 1005 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$	- середня питома теплоємність сухого повітря;
$\rho_p = 1,234 \text{ кг}/\text{м}^3$	- густина повітря;
$C_{pa} = 1,97 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$	- кількість теплоти, затраченої на випаровування вологи, приймається рівним значенню середньої питомої теплоємності водяної пари;
$r_0 = 2493 \text{ кДж}/\text{кг}$	- питома теплота пароутворення;
$V_p = 6912 \text{ м}^3$	- об'єм повітря у пташнику;
$V_w, \text{ м}^3/\text{с}$	- витрати вентиляційного повітря у системі вентиляції.

Для моделі приймемо, що теплофізичні параметри повітря не залежать від температури повітря (в межах похибки).

Складемо матеріальний тепловий баланс для системи охолодження повітря у пташнику в теплу пору року для вирощування бройлерів (рис. 2.2).

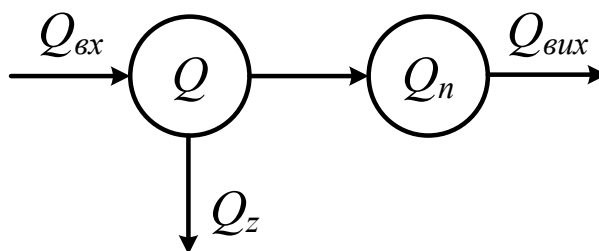


Рис. 2.2. Тепловий баланс при охолодженні повітря у пташнику в теплу пору року

В статичному режимі:

$$Q_{BX} - Q_Z - Q_{ВИХ} = 0, \quad (2.11)$$

де $Q_{BX} = Q_{ПТ} + Q_{РАД}$ - сумарна кількість теплоти, яку необхідно видалити з виробничого приміщення пташника, яка складається з кількості тепловиділень від птиці $Q_{ПТ}$, кДж/год., та теплоти від нагрівання приміщення пташника сонячною радіацією $Q_{РАД}$, кДж/год.;

$Q_{ВИХ}$ - кількість теплоти, що видаляється із пташника з вентиляційним повітрям, кДж/год.;

Q_Z - кількість теплоти, що відбирається з виробничого приміщення пташника при випаровуванні вологи, кДж/год.

В динамічному режимі:

$$\frac{dQ_n}{d\tau} = Q_{BX} - Q_{ВИХ} - Q_Z, \quad (2.12)$$

де Q_n - тепло, що знаходиться у приміщенні пташника.

Враховуючи, що:

$$Q_n = V_P \cdot \rho_P \cdot C_P \cdot t_3, \quad (2.13)$$

$$Q_{BX} = V_W \cdot \rho_n \cdot C_P \cdot t_1, \quad (2.14)$$

$$Q_{ВИХ} = V_W \cdot \rho_n \cdot C_P \cdot t_3, \quad (2.15)$$

$$Q_Z = V_W \cdot \rho_P \cdot (I_2 - I_1), \quad (2.16)$$

де I_1, I_2 - відповідно ентальпія повітря на вході та виході із кондиціонера, Дж/кг сухого повітря.

Підставивши рівняння (2.13-2.16) у рівняння (2.12), отримаємо

$$\frac{dt_3}{d\tau} = \frac{V_W (C_P \cdot t_1 - (I_2 - I_1))}{V_P \cdot C_P} - t_3 \cdot \frac{V_W}{V_P}. \quad (2.17)$$

Значення ентальпії повітря (Дж/кг сухого повітря) знаходимо за виразом (2.8) в залежності від температури та вологовмісту в повітрі (2.9).

Значення тиску насиченої пари визначається в залежності від температури повітря за емпіричним рівнянням (2.10).

Для визначення кількості теплоти, кДж/год., що необхідно видалити із пташника, використаємо рівняння

$$Q_Z = V_P \cdot \rho_P \cdot C_P \cdot (t_1 - t_3), \quad (2.18)$$

а витрати вентиляційного повітря, м³/год. для видалення надлишку теплоти із пташника визначаємо з виразу

$$V_W = \frac{Q_Z}{(I_2 - I_1) \cdot \rho_P}. \quad (2.19)$$

Витрати води на охолодження (кг/с) визначаємо в залежності від різниці вологовмісту повітря на вході та виході охолоджувача повітря:

$$G_W = \frac{V_W \cdot \rho_P \cdot [d(\varphi_2, t_2) - d(\varphi_1, t_1)]}{100}. \quad (2.20)$$

Лістинг математичної моделі охолодження повітря, що складена за допомогою пакету MathCAD, та результати розрахунків і досліджень наведені в додатку В1.

Крива розгону пташника для вирощування бройлерів для каналу "продуктивність системи вентиляції → температура повітря", отримана в результаті розробки математичної моделі охолодження повітря, зображена на рис. 2.3.

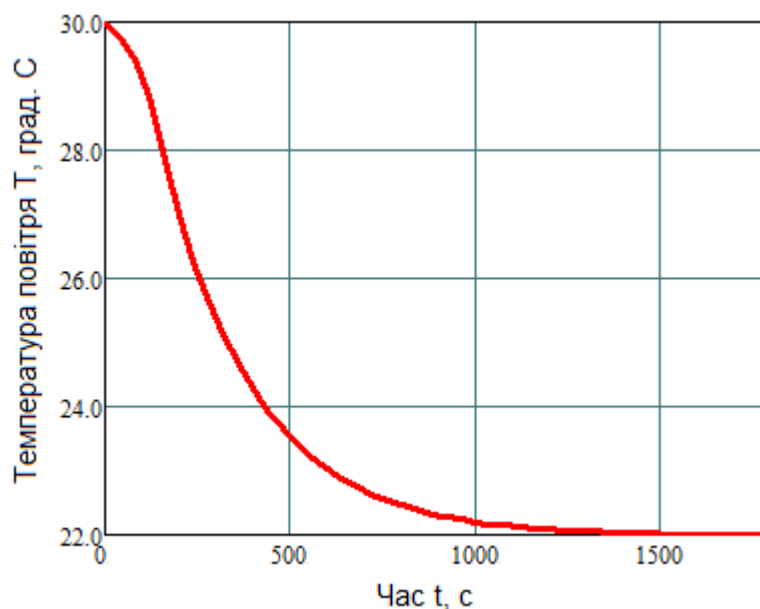


Рис. 2.3. Крива розгону пташника для каналу "продуктивність системи вентиляції → температура повітря"

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

Для визначення передатної функції пташника в літній період для каналу "продуктивність системи вентиляції → температура повітря" був використаний графічний метод [16]. Для цього розгінна характеристика (рис. 2.3), отримана за розробленою математичною моделлю охолодження повітря у пташнику, була пронормована за виразом

$$y^0(t_i) = \frac{y(t_i) - y(t_0)}{y(\infty) - y(t_0)} = \frac{y(t_i) - 30}{22 - 30}. \quad (2.21)$$

Результати розрахунку занесені в таблицю 2.3, нормована розгінна характеристика пташника для каналу керування зображена на рис. 2.4.

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

$$W(s) = \frac{k_{OY} \cdot e^{-\tau_{OY} \cdot s}}{T_{OY} \cdot s + 1}, \quad (2.22)$$

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

Чисельне значення постійної часу T_{OY} та часу запізнення τ_{OY} об'єкта знаходять за допомогою дотичної, яку проводять до точки перегину розгінної характеристики (рис. 2.4). Точка перегину відповідає середині відрізка часу, на якому спостерігається максимальний приріст ординати кривої розгону.

Коефіцієнт передачі об'єкта керування визначаємо за формулою

$$k_{OY} = \frac{T_K - T_{II}}{L_K - L_{II}}, \quad (2.23)$$

де T_K та T_{II} – відповідно кінцева та початкова температура повітря у пташнику, °С;

L_K та L_{II} – відповідно кінцеве та початкове відносне значення продуктивності системи вентиляції у пташнику, %.

$$T_K = 22^\circ C, T_{II} = 30^\circ C; L_K = 70\%, L_{II} = 0\%.$$

$$k_{ov} = \frac{22-30}{70-0} = -0,17 \left[\frac{^\circ C}{\% \text{ продуктивності}} \right].$$

Таблиця 2.3.

Розрахункові дані для побудови нормованої розгінної характеристики пташника для каналу керування

Час t_i, c	Температура $T_i, ^\circ C$	$y(t_i)$	Час t_i, c	Температура $T_i, ^\circ C$	$y(t_i)$
0	30	0	920	22,280	0,965
40	29,768	0,029	960	22,240	0,970
80	29,416	0,073	1000	22,200	0,975
120	28,840	0,145	1040	22,168	0,979
160	27,840	0,270	1080	22,144	0,982
200	26,992	0,376	1120	22,120	0,985
240	26,264	0,467	1160	22,096	0,988
280	25,640	0,545	1200	22,080	0,990
320	25,112	0,611	1240	22,064	0,992
360	24,656	0,668	1280	22,056	0,993
400	24,272	0,716	1320	22,048	0,994
440	23,936	0,758	1360	22,032	0,996
480	23,656	0,793	1400	22,032	0,996
520	23,408	0,824	1440	22,024	0,997
560	23,200	0,850	1480	22,016	0,998
600	23,024	0,872	1520	22,008	0,999
640	22,872	0,891	1560	22,008	0,999
680	22,744	0,907	1600	22,008	0,999
720	22,632	0,921	1640	22,000	1,000
760	22,544	0,932	1680	22,000	1,000
800	22,456	0,943	1720	22,000	1,000
840	22,392	0,951	1760	22,000	1,000
880	22,328	0,959	1800	22,000	1,000

Знак мінус характеризує спадаючий характер зміни температури.

Значення постійної часу та часу чистого запізнення, визначені з нормованої розгінної характеристики, складають

$$T_{ov} = 355 c, \tau_{ov} = 55 c.$$

Передатна функція пташника для каналу "продуктивність системи вентиляції → температура повітря"

$$W_{ov}(s) = \frac{0,17}{355 \cdot s + 1} \cdot e^{-55s}$$

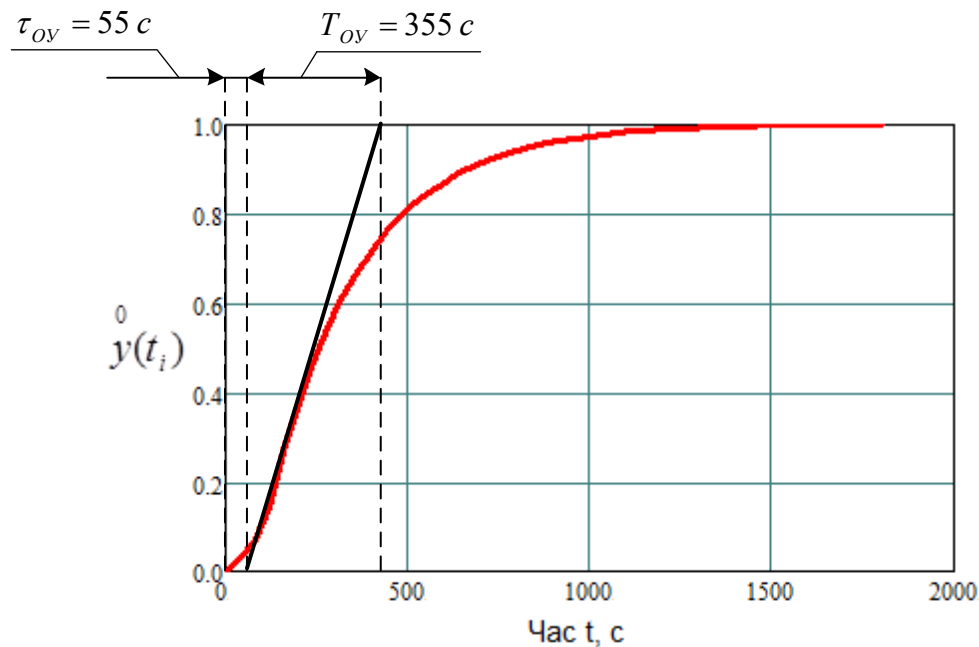


Рис. 2.4. Нормована розгінна характеристика пташника в літній період для каналу "продуктивність системи вентиляції → температура повітря"

2.4. Функціональна схема автоматизації системи керування температурним режимом у пташнику в літній період

Функціональна схема автоматизації системи керування температурним режимом у пташнику в літній період зображена на рис. 2.5.

На ній зображені 2 основні контури керування:

1 контур – контур керування вентиляційним обладнанням. В залежності від температури повітря всередині пташника (вимірюється датчиком температури TE (1-a)) автоматичний керуючий пристрій – частотний регулятор (пристрій, що

конструктивно складається з регулятора температури ТС (1-б) та частотного перетворювача SIC (1-в)) формує сигнал керування витяжними вентиляторами, які працюють постійно. Мінімальна частота обертання вентиляторів відповідає мінімальній кратності вентиляції, яку необхідно забезпечити для нормальної життєдіяльності тварин. При підвищенні температури повітря у виробничому приміщенні вище нормованих значень частотний регулятор збільшує частоту обертання вихідного валу електродвигунів приводу вентиляторів, збільшуючи тим самим продуктивність вентиляції.

2 контур – контур керування охолоджуючими панелями. Якщо значення температури у пташнику перевищує 28°C , двопозиційний регулятор ТІС (2-б) формує напругу керування виконавчим механізмом – електромагнітним клапаном – подачі води на охолоджуючі панелі.

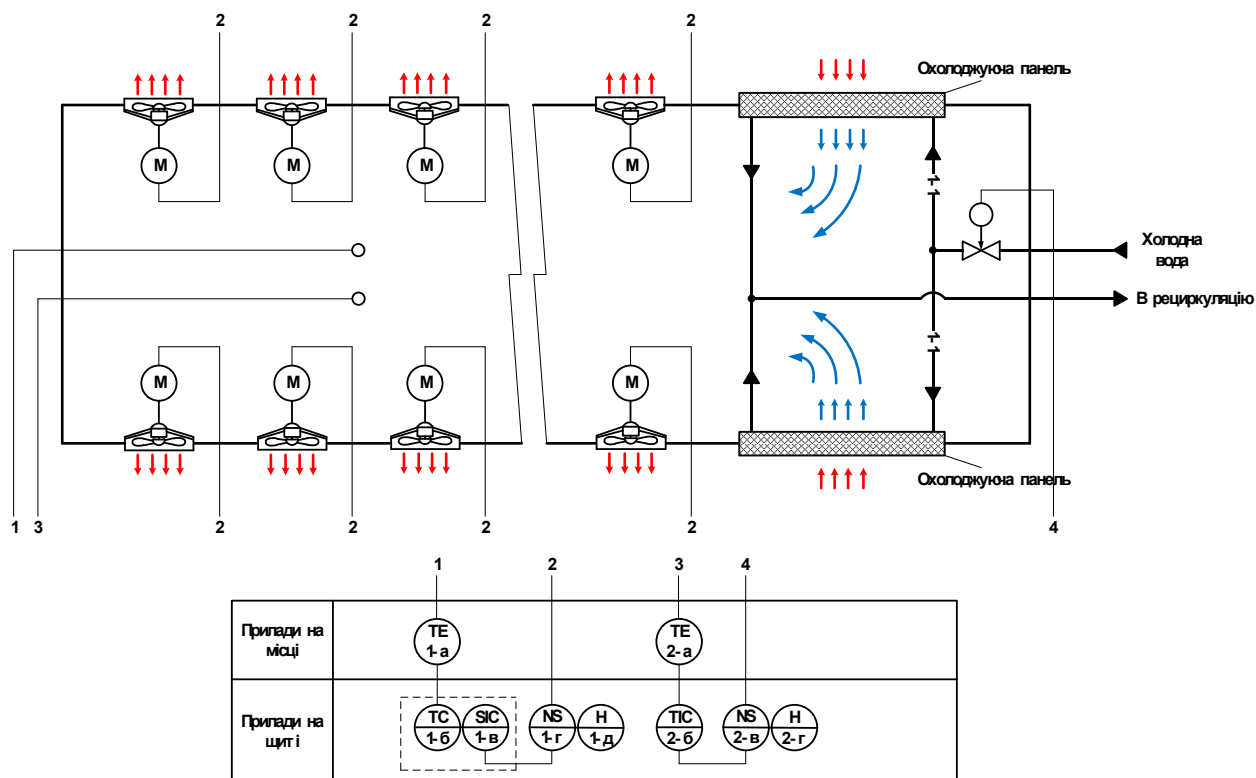


Рис. 2.5. Функціональна схема автоматизації системи керування температурним режимом у пташнику в літній період

РОЗДІЛ 3

ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ У ПТАШНИКУ

3.1. Вибір алгоритму керування

Будь-яка система автоматичного керування складається з регулятора та об'єкта керування. Динамічні властивості останнього відіграють вирішальну роль при виборі найбільш ефективного алгоритму керування. Встановлено, що критерієм для правильного вибору алгоритму регулювання може служити значення відношення часу чистого запізнення об'єкта до його постійної часу, тобто $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}}$ [16].

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 керування;

- якщо $0,2 < \frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} < 1,0$, перевагу віддають неперервному або

цифровому алгоритму (П-, ПІ- або ПІД-алгоритм керування);

- якщо $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} > 1,0$, вибирають спеціальний цифровий регулятор із

екстраполятором, який компенсує запізнювання в контурі керування.

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

В нашому випадку передатна функція пташника для каналу "продуктивність вентиляції \rightarrow температура повітря" $W_{ov}(s) = \frac{0,17}{355 \cdot s + 1} \cdot e^{-55 \cdot s}$,

при цьому відношення $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} = \frac{55}{355} = 0,16 \approx 0,2$, тому необхідно використати неперервний алгоритм керування.

Як було зазначено, у повітрі тваринницьких приміщень в результаті життєдіяльності тварин містяться шкідливі гази (вуглекислий газ, аміак, сірководень) та підвищена вологість, які підлягають видаленню з виробничого. Влітку необхідно видаляти надлишкове тепло. Вказані фактори обумовлюють той факт, що вентиляція у пташнику працює постійно, забезпечуючи мінімальний повітрообмін взимку при роботі опалювального обладнання або максимальний повітрообмін влітку.

Відомо [16], що перехідний процес в САК характеризується часом регулювання t_p , перерегулюванням σ , максимальним динамічним відхиленням y_l та статичною похибкою. При використанні різноманітних алгоритмів керування для одного і того ж об'єкту не вдається добитися одночасної мінімізації відомих показників.

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

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

Для статичних об'єктів:

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

де k_{OY} – коефіцієнт передачі об'єкту керування;

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

y_1 – максимальне динамічне відхилення.

Проведемо розрахунки за умов наступних значень показників якості: максимальне динамічне відхилення $y_1 = 1^\circ\text{C}$; статична похибка $\Delta y = 0,5^\circ\text{C}$; допустимий час регулювання $t_p = 700\text{с}$; перерегулювання за збуренням $\sigma = 0,2$; допустиме можливе значення збурення за навантаженням (у % переміщення регульовального органу) $y_{МАКС} = 30\%$.

За вихідними значеннями величина динамічного коефіцієнту

$$R_d = \frac{1}{0,17 \cdot 30} = 0,17.$$

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

За графічними залежностями [16], визначаємо алгоритм керування – це ПД-алгоритм.

Перевіримо, чи забезпечуватиметься при цьому необхідний час регулювання за виразом

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

де ψ - відносний час регулювання, для статичного об'єкту $\psi = 7$ [16].

Тоді $t_{P.ПД} = \psi \cdot \tau = 7 \cdot 55 = 385$, видно, що $385 < 700$, тобто необхідний час регулювання забезпечується. Перевіримо на виникнення при цьому статичної похибки. За графічними залежностями [16], визначаємо

$$\frac{\Delta y}{k_{OY} \cdot y_{МАКС}} = 0,15, \Delta y = k_{OY} \cdot y_{МАКС} \cdot 0,15 = 0,17 \cdot 30 \cdot 0,15 = 0,9^\circ\text{C}.$$

Умова $0,9^\circ\text{C} < 1^\circ\text{C}$ виконується, тобто ПД-алгоритм керування задовольняє технологічні вимоги.

3.2. Реалізація алгоритму керування об'єктом

Вибір промислового пристрою керування.

У САК температурним режимом у пташнику в літній період в якості пристрою для керування електродвигунами приводу витяжних вентиляторів передбачається використати частотний перетворювач серії ПЧВЗ фірми ОВЕН (рис. 3.1).

Ці перетворювачі оснащені вбудованим модулем реалізації ПІ- або ПІД-алгоритм керування.

Частотні перетворювачі (інвертори) служать для плавного, безступінчастого регулювання швидкості трифазних асинхронних електродвигунів. Регулювання відбувається за рахунок створення на виході трифазного струму змінної частоти. Перетворювач дозволяє відстежувати і відобразити на цифровому табло основні параметри – задану швидкість, вихідну частоту, струм і напругу двигуна, вихідну потужність і момент, стан дискретних входів, загальний час роботи перетворювача і т.д.



Рис. 3.1. Зовнішній вигляд частотного перетворювача ПЧВЗ ОВЕН

Технології, реалізовані у частотних перетворювачах типу ПЧВЗ ОВЕН, роблять дану серію однією з самих досконалих розробок в даному класі. Серія ПЧВЗ охоплює діапазон потужності від 0,75 до 90 кВт.

Перетворювачі даної серії відрізняються невеликими габаритами при різноманітні функції і широко використовуються у промисловості та сільському господарстві.

Можливості перетворювача серії ПЧВЗ:

- діапазон вихідних частот: 0,2-400 Гц;
- 15 програмованих установок швидкості;
- векторне керування із самоналагодженням на двигун або U/f -керування (поєднання векторного керування та функції компенсації ковзання дозволяє забезпечувати не менше 150% від початкового моменту двигуна, починаючи з частоти 1 Гц);
 - функція оптимізації часу розгону/гальмування;
 - вбудований ПІ- (ПІД-) регулятор (із прямою та зворотною характеристикою) може бути використаний, наприклад, для регулювання температури, витрати або тиску;
 - передбачено два способи зупинки двигуна: контрольованим гальмуванням або вільним вибігом;
 - автоматичний перезапуск після провалу живлення із можливістю пуску на двигун, що обертається;
 - вбудований електронний захист від перевантаження за струмом, захист від низької напруги;
 - вбудований інтерфейс RS-485 зв'язку з ПК (швидкість обміну даними складає до 19500 бод).

Потужність перетворювача частоти, або необхідна їх кількість для живлення усіх електродвигунів приводу вентиляторів, визначається за таблицею 4.2.

Таблиця 3.1.

Технічні характеристики моделей перетворювачів частоти
типу ПЧВЗ фірми ОВЕН (ступінь захисту IP54)

Номер за каталогом	Потужність, кВт	Струм в усталеному режимі, А	Перевантаження за струмом, 60 сек., А	Габарити, ВхШхГ	Маса, кг
ПЧВЗ-К75-В-54	0,75	2,2	2,4	143x107x150	2
ПЧВЗ-1К5-В-54	1,5	3,7	4	143x107x150	2
ПЧВЗ-2К2-В-54	2,2	5,3	5,6	143x107x150	2
ПЧВЗ-3К0-В-54	3	7,2	7,9	184x142x150	3,350
ПЧВЗ-5К5-В-54	5,5	12	13,2	184x142x150	3,350
ПЧВЗ-7К5-В-54	7,5	15,5	17,6	232x180x170	6,450
ПЧВЗ-11К-В-54	11	24	24,8	232x180x170	6,450
ПЧВЗ-15К-В-54	15	32	33,6	232x180x170	11,650
ПЧВЗ-18К-В-54	18	37,5	40,7	330x245x190	11,650
ПЧВЗ-22К-В-54	22	44	47,9	330x245x190	26,400

У п. 2.1 було визначено, що для забезпечення необхідного повітрообміну у пташнику необхідна кількість вентиляторів ВО-Ф-7,1А становить 20 шт., по 10 вентиляторів на кожну бічну стінку пташника. Для керування 10 вентиляторів кожної групи, струм споживання яких складає $1,1 \cdot 10 = 11\text{А}$, потужність $0,37 \cdot 10 = 3,7\text{ кВт}$, згідно з табл. 4.2 необхідно використати перетворювач ПЧВЗ-5К5-В-54.

Вибір первинного вимірювального перетворювача САК.

До первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) висуваються наступні вимоги:

- лінійність і однозначність статичної характеристики (допустима нелінійність не повинна перевищувати 0,1...3,0%);
- висока чутливість;
- стабільність характеристик у часі;
- швидкодія;
- стійкість до хімічних впливів контролюючого і навколишнього середовища (первинні перетворювачі, розміщені у захисній оболонці);

- мінімальний зворотній вплив на контролюючий параметр та зручність монтажу і обслуговування.

Вимірювальні перетворювачі, що входять до складу регулятора, вибирають в два етапи:

- на першому етапі за типом контрольованого параметра об'єкта управління та умовами його роботи визначається різновид перетворювача;
- на другому етапі, після вибору всіх елементів регулятора за каталогами, знаходять його типорозмір.

ПВП 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 ПВП і про можливість його підключення до обраного електронного пристрою управління регулятора. При цьому особливу увагу необхідно приділяти швидкодії (інерційності) ПВП, яка характеризується його постійною часу.

Так, при обґрунтуванні вибору ПВП температури у пташнику в літній період необхідно в першу чергу звернути увагу на те, вимірювання якого діапазону зміни температури відповідно до технологічних умов він повинен забезпечити.

Діапазон температури у пташнику за нормативними показниками знаходиться у межах від $+12\dots+16^{\circ}\text{C}$, але влітку підвищення температури може сягати до $+32^{\circ}\text{C}$ і вище.

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

Постійна часу об'єкту $T_{\text{OY}} = 355 \text{ c}$. З огляду на сказане, максимальна постійна часу перетворювача повинна бути не більше $\frac{355}{10} = 35,5 \text{ c}$.

Враховуючи вимоги за діапазоном вимірювання та інерційністю, а також особливості підключення датчиків температури до частотних перетворювачів типу ПЧВЗ-5К5-В-54, для вимірювання температури у пташнику обраний термоперетворювач опору загальнопромислового виконання ТСМУ-2212-50М, технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Основні технічні характеристики термоперетворювача опору ТСМУ-2212

Діапазон вимірюваних температур, °С	-5...+70
Номінальна статична характеристика (НСХ)	50М
Клас допуску	В
Показник теплової інерції, с	8 (при Ø гільзи 6мм)
Ступінь захисту від пилу та вологи	IP55
Матеріал захисної арматури	Ст. 12Х18Н10Т
Діапазон умовного тиску, МПа	0,4...4,0
Стійкість до вібрації	Група вик. N3
Кліматичне виконання	У3

Термоперетворювачі з уніфікованим вихідним сигналом типу ТСМУ призначені для неперервного перетворювання температури середовища (газів, пари, рідин та сипких середовищ) у пропорційний струмовий сигнал 0-5 або 4-20 мА дистанційної передачі.

Датчик складається із вбудованого в головку вимірювального перетворювача із вихідним сигналом 0-5 або 4-20 мА та термозонду (рис. 3.6).

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

Термоперетворювач ТСМУ-2212 відповідає вимогам ДСТУ 2858-94.

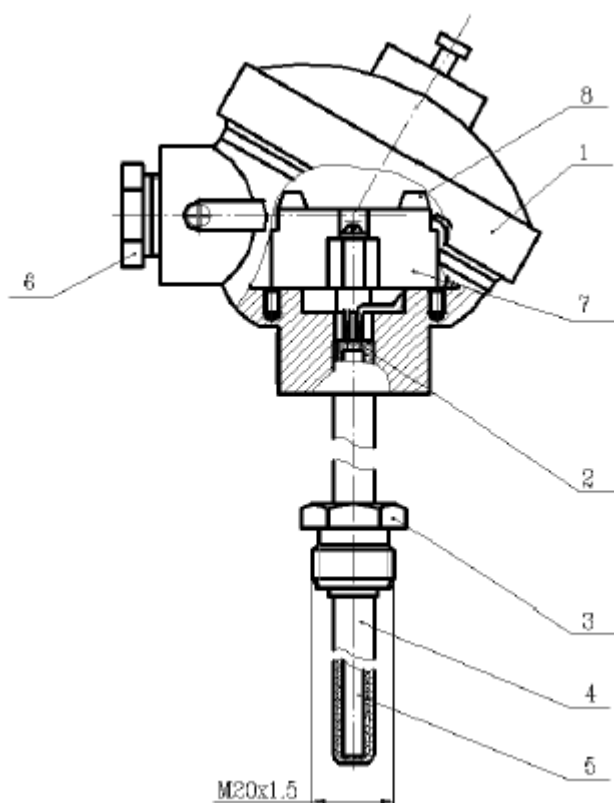


Рис. 3.6. Термоперетворювач опору з уніфікованим вихідним сигналом ТСМУ-2212

1 – корпус вимірювального перетворювача; 2 – пробка; 3 – накидна гайка; 4 – термозонд; 5 – термочутливий елемент; 6 – кабельний вхід; 7 – вимірювальний перетворювач; 8 – колодка вимірювального перетворювача

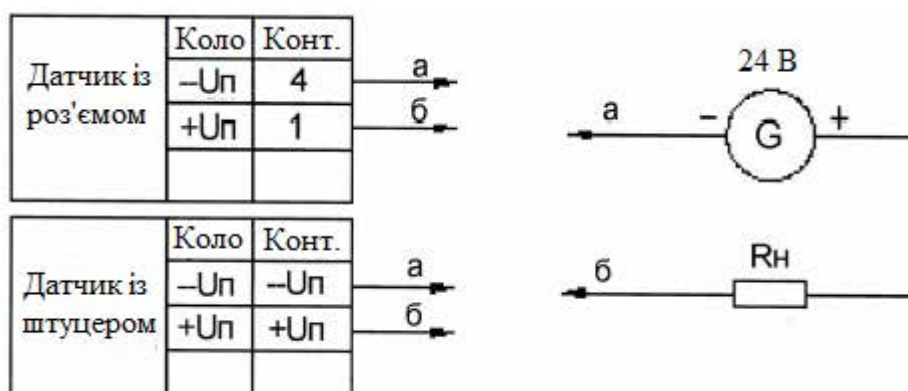


Рис. 3.7. Схема зовнішніх з'єднань датчиків типу ТСМУ із вихідним сигналом 4-20 мА

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

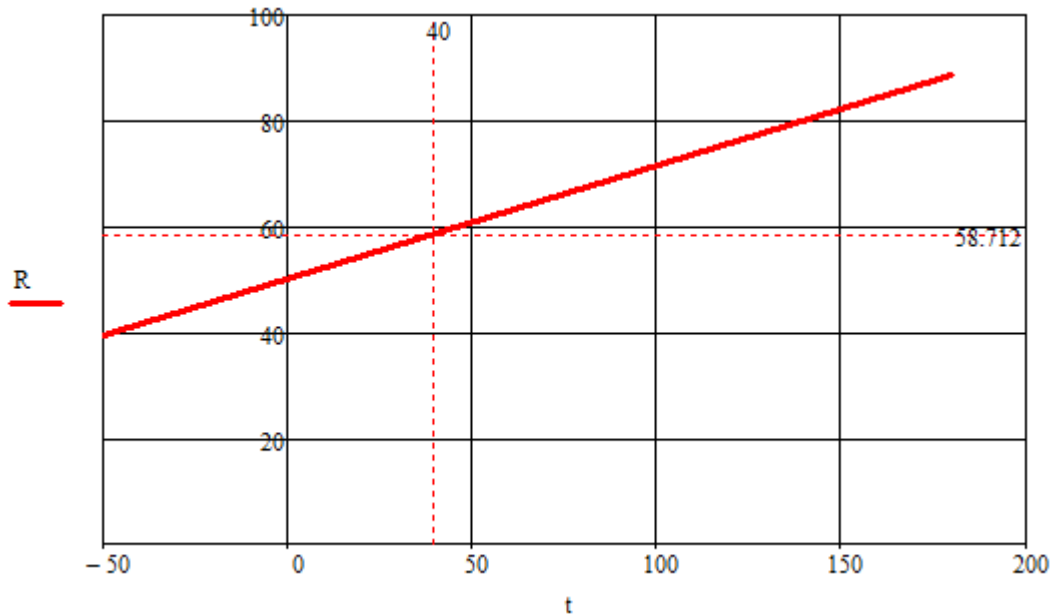


Рис. 3.8. Номінальна статична характеристика термоперетворювача опору ТСМУ-2212 (50М)

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

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

$$k_{ПВП} = \frac{\Delta I}{\Delta T} = \frac{20 - 4}{70 - (-5)} = 0,217 \frac{mA}{^{\circ}C}, \quad (3.8)$$

де ΔT – різниця значень вимірюваних датчиком температур, $^{\circ}C$ (таблиця 3.3);

ΔI – різниця струмів, що відповідає значенням температур в робочому діапазоні, мА.

Враховуючи, що показник теплової інерції сприймаючого елемента складає $T_{ПВП} = 8$ с (таблиця 3.3), передатна функція датчика ТСМУ-2212

$$W_{ПВП}(s) = \frac{k_{ПВП}}{T_{ПВП} \cdot s + 1} = \frac{0,217}{8 \cdot s + 1}.$$

Вибір виконавчого механізму САК та визначення його передатної функції.

Виконавчим механізмом системи автоматичного керування температурним режимом у пташнику в літній період є електродвигун приводу вентилятора ВО-Ф-7,1А АИРП80А6У2.

Найбільш раціональним способом плавного регулювання швидкості обертання є частотний. Можливість зміни швидкості цим способом впливає із виразу для синхронної швидкості обертового магнітного поля статора

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{p}, \quad (3.9)$$

з якого видно, що швидкість ω_0 є прямо пропорційною частоті f напруги, що підводиться до обмоток статора.

Виведемо передатну функцію асинхронного електродвигуна при частотному керуванні. Позначимо через ω_{1V} швидкість обертання поля статора при частоті f_V . Тоді відносна швидкість поля

$$v = \frac{f_V}{f_H} = \frac{\omega_{1V}}{\omega_0}, \quad (3.10)$$

де швидкість ω_0 пов'язана з номінальною частотою мережі виразом (3.9).

Введемо поняття фіктивного ковзання

$$s_\phi = \left(\frac{\omega_{1V}}{\omega_0} \right) \cdot s = v \cdot s. \quad (3.11)$$

Дійсна швидкість обертання при частоті f_V

$$\omega = \omega_{1V} \cdot (1 - s). \quad (3.12)$$

Підставляючи у (3.12) значення ω_{1V} із (3.10) з урахуванням (3.11), визначимо

$$\omega = \omega_0 \cdot (v - s_\phi). \quad (3.13)$$

Для малих значень ковзання обертаючий момент двигуна пропорційний ковзанню

$$M = \left(\frac{M_H}{s_H} \right) \cdot s_\phi. \quad (3.14)$$

Підставляючи (3.13) та (3.14) у вихідне рівняння

$$M - M_C = J \cdot \frac{d\omega}{dt}, \quad (3.15)$$

(вважаючи при цьому $M_C = 0$) $J \cdot s \cdot \omega = M$, отримаємо

$$J \cdot s \cdot \omega_0 \cdot (v - s_\phi) = \left(\frac{M_H}{s_H} \right) \cdot s_\phi. \quad (3.16)$$

Цей вираз можна представити як

$$\frac{J \cdot \omega_0 \cdot s_H}{M_H} \cdot s \cdot \frac{s_\phi}{s_H} + \frac{s_\phi}{s_H} = \frac{J \cdot \omega_0}{M_H} \cdot s \cdot v. \quad (3.17)$$

Якщо за вхідну величину прийняти відносну швидкість поля v , а за вихідну – відносне ковзання $\sigma = \frac{s_\phi}{s_H}$, то вираз (3.17) матиме вигляд

$$T_{M1} \cdot s \cdot \sigma + \sigma = T_{M2} \cdot s \cdot v, \quad (3.18)$$

$$\text{де } T_{M1} = \frac{J \cdot \omega_0 \cdot s_H}{M_H} \text{ та } T_{M2} = \frac{J \cdot \omega_0}{M_H}.$$

Тоді передатна функція асинхронного електродвигуна при частотному керуванні

$$W(s) = \frac{\sigma(s)}{v(s)} = \frac{T_{M2} \cdot s}{T_{M1} \cdot s + 1}. \quad (3.19)$$

На практиці при частотному керуванні часто використовують іншу методику визначення передатної функції.

Передатна функція асинхронного електродвигуна у цьому випадку

$$W_{BM}(s) = \frac{k_{BM}}{T_{BM} \cdot s + 1}, \quad (3.20)$$

$$k_{BM} = \frac{\omega_H}{f}; \quad (3.21)$$

$$T_{BM} = \frac{J_{3B}}{\beta}, \quad (3.22)$$

де J_{3B} - зведений момент інерції електродвигуна та робочої машини (в даному випадку – вентилятора);

β - жорсткість механічної характеристики;

$$\beta = \frac{2 \cdot M_{KP}}{\omega_0 \cdot s_{KP}}, \quad (3.23)$$

де M_{KP} - критичний момент електродвигуна;

s_{KP} - критичне ковзання електродвигуна.

Розрахуємо необхідні величини для визначення передатної функції за виразами (3.20) - (3.23). Вихідні дані – каталожні значення для електродвигуна (таблиця 2.2).

$$M_H = 9550 \cdot \frac{P_H}{n_H} = 9550 \cdot \frac{0,37}{840} = 4,21 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.24)$$

$$M_{KP} = M_H \cdot \mu_{KP} = 4,21 \cdot 1,6 = 6,74 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.25)$$

$$S_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0} = \frac{900 - 840}{900} = 0,07. \quad (3.26)$$

$$\mu_1 = \frac{\mu_{KP}}{\mu_{ПВСК}} = \frac{1,6}{1,4} = 1,14. \quad (3.27)$$

$$S_{KP} = \frac{S_H + \sqrt{S_H \cdot \frac{\mu_{KP} - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{S_H \cdot \frac{\mu_{KP} - 1}{\mu_1 - 1}}} = \frac{0,07 + \sqrt{0,07 \cdot \frac{1,6 - 1}{1,14 - 1}}}{1 + \sqrt{0,07 \cdot \frac{1,6 - 1}{1,14 - 1}}} = 0,4. \quad (3.28)$$

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_0}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 900}{60} = 94,2 \text{ рад./с}. \quad (3.29)$$

$$\omega_H = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_H}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 840}{60} = 87,9 \text{ рад./с}. \quad (3.30)$$

$$J_{ПР} = J_{ДВ} + J_{РМ} = 0,0015 + 0,0003 = 0,0018 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (3.31)$$

Тоді

$$\beta = \frac{2 \cdot M_{KP}}{\omega_0 \cdot s_{KP}} = \frac{2 \cdot 6,74}{94,2 \cdot 0,4} = 0,36 \frac{H \cdot m}{рад./c}$$

$$T_{BM} = \frac{J_{3B}}{\beta} = \frac{0,0018}{0,36} = 0,005 c.$$

$$k_{BM} = \frac{\omega_H}{f} = \frac{87,9}{50} = 1,76 \frac{рад./c}{Гц}.$$

$$W_{BM}(s) = \frac{k_{BM}}{T_{BM} \cdot s + 1} = \frac{1,76}{0,005 \cdot s + 1}.$$

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЇЇ РОБОТИ

На сучасному етапі розвитку автоматизації основним видом регуляторів стають цифрові. При виконанні імпульсної теореми для визначення їх параметрів налаштування можна застосовувати аналітичні і графічні методи. Проте, при необхідності аналізу процесів у самому цифровому регуляторі, самостійного створення програми, що реалізує алгоритм керування, при дослідженні впливу періоду квантування та дискретного характеру сигналів на динамічні характеристики цифрової системи, більш точним буде метод синтезу регулятора у Z-перетворенні.

У цьому пункті розглядається методика розрахунку параметрів налаштувань ПД-регулятора при апроксимації неперервної частини систем другого порядку у вигляді послідовного з'єднання двох інерційних ланок:

$$W_{нч}(s) = \frac{K}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}. \quad (4.1)$$

Передатна функція цифрового ПД-регулятора має вигляд:

$$W_{пп}(z) = K_p + \frac{K_i T(z+1)}{2(z-1)} + \frac{K_d(z-1)}{Tz} = \frac{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T}{2Tz(z-1)} \left(z^2 + \frac{K_i T^2 - 2K_p T - 4K_d}{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T} z + \frac{2K_d}{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T} \right) \quad (4.2)$$

Якщо в знаменнику неперервної частини є два полюси z_1 і z_2 , то знаменник має поліном другого степеня $z^2 - (z_1 + z_2)z + z_1 z_2$. Синтез цифрового ПД-регулятора полягає у знаходженні значень коефіцієнтів налаштування K_p , K_i та K_d , які визначаються таким чином, щоб компенсувати два полюси Z-перетворення неперервної частини системи, що відповідають двом інерційним ланкам. При цьому отримується система двох рівнянь з трьома невідомими:

$$\begin{cases} \frac{K_i T^2 - 2K_p T - 4K_d}{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T} = -(z_1 + z_2) = d \\ \frac{2K_d}{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T} = z_1 z_2 = c \end{cases} \quad (4.3)$$

Оскільки рівняння (4.2) та (4.3) мають зайву змінну, то один з параметрів слід визначати за додатковими технологічними умовами. Наприклад, коефіцієнт інтегральної складової регулятора рекомендується визначати за добротністю за швидкістю K_V , яка визначається як величина, обернена коефіцієнту похибки за швидкістю C_1 при поданні динамічної похибки $\Delta x(t)$ у вигляді нескінченного ряду

$$\Delta x(t) = C_0 \cdot x_{ex}(t) + C_1 \cdot \frac{dx_{ex}(t)}{dt} + \frac{C_2}{2!} \cdot \frac{d^2 x_{ex}(t)}{dt^2} + \dots \quad (4.4)$$

Для астатичної системи добротність за швидкістю можна визначити як відношення швидкості зміни вхідного сигналу $\frac{dx_{ex}(t)}{dt} = \dot{x}_{ex}$ до усталеної похибки

$$K_V = \frac{\dot{x}_{ex}}{\Delta x_{уст}} \quad (4.5)$$

при лінійній зміні вхідного сигналу $x_{ex}(t) = kt$. Тоді швидкість $\dot{x}_{ex} = const = k$, а Z -зображення вхідного сигналу $X_{ex}(z) = \frac{kTz}{(z-1)^2}$.

Зображення динамічної похибки матиме вигляд:

$$\Delta X(z) = \frac{X_{ex}(z)}{1 + W_{роз}(z)} = \frac{X_{ex}(z)}{1 + W_{pez}(z)W_{нч}(z)} \quad (4.6)$$

Згідно з теоремою про кінцеве значення Z -перетворення усталена похибка буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} \Delta x_{уст} &= \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} \Delta X(z) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} \frac{X_{ex}(z)}{1 + W_{pez}(z)W_{нч}(z)} = \\ &= \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} \frac{\frac{kTz}{(z-1)^2}}{1 + W_{pez}(z)W_{нч}(z)} = \frac{kT}{\lim_{z \rightarrow 1} [(z-1)(1 + W_{pez}(z)W_{нч}(z))]} = \\ &= \frac{kT}{\lim_{z \rightarrow 1} [(z-1) \cdot W_{pez}(z)W_{нч}(z)]} \end{aligned} \quad (4.7)$$

Враховуючи, що $\dot{x}_{\text{вх}} = k$, отримаємо:

$$\Delta x_{\text{уст}} = \frac{\dot{x}_{\text{вх}}}{\frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} [(z-1) \cdot W_{\text{рег}}(z) W_{\text{нч}}(z)]}. \quad (4.8)$$

Тоді для систем з ПД-регулятором:

$$\begin{aligned} K_V &= \frac{\dot{x}_{\text{вх}}}{\Delta x_{\text{уст}}} = \frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} [(z-1) \cdot W_{\text{рег}}(z) W_{\text{нч}}(z)] = \\ &= \frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} \left[(z-1) K_p + (z-1) \frac{K_i T (z+1)}{2(z-1)} + (z-1) \frac{K_d (z-1)}{z} \right] W_{\text{нч}}(z). \end{aligned} \quad (4.9)$$

Остаточно, добротність за швидкістю для систем з ПД-регулятором

$$K_V = \lim_{z \rightarrow 1} W_{\text{нч}}(z) \cdot K_i. \quad (4.10)$$

При цьому похибка слідкування при лінійній зміні вхідного сигналу $x_{\text{вх}}(t) = kt$ буде дорівнювати:

$$\Delta x_{\text{уст}} = \varepsilon_{tr} = \frac{k}{K_V} \quad (4.11)$$

Коефіцієнт інтегруючої складової регулятора тоді визначається:

$$K_i = \frac{K_V}{\lim_{z \rightarrow 1} W_{\text{нч}}(z)} \quad (4.12)$$

Рекомендовані значення коефіцієнта добротності за швидкістю залежать від постійних часу об'єкту (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Залежність коефіцієнту добротності за швидкістю від постійних часу об'єкта

Постійні часу об'єкту T , с	Коефіцієнт добротності за швидкістю K_V
≈ 1	3..10
≈ 10	0,3..1
≈ 100	0,01..0,04
≈ 1000	0,004..0,012

У подальших розрахунках нехтуємо інерційною складовою передатної функції електродвигуна, оскільки постійна часу є дуже малою (0,005 с).

Тоді неперервна частина системи керування має передатну функцію:

$$W(s) = \frac{0,17}{355 \cdot s + 1} \cdot \frac{0,217}{8 \cdot s + 1} \cdot 1,76 = \frac{0,065}{2840 \cdot s^2 + 363 \cdot s + 1}$$

Визначаємо дискретну передатну функцію неперервної частини системи, до якої входить і фіксатор нульового порядку (за допомогою програми MATLAB):

```
>> w=tf([0.065],[2840 363 1]).
```

Будуємо АЧХ неперервної частини (рис. 4.1) системи та визначаємо час квантування:

```
>>bode(w).
```

$$T_{к.маx} = \frac{\pi}{\omega_c} = \frac{3,14}{0,106} = 30сек.$$

Час квантування задаємо 30 сек. Оскільки максимальний час квантування $T_{к.маx} = 30сек.$

```
>> wz=c2d(w,30)
```

$$wz = \frac{0,03297z + 0,01663}{z^2 - 0,9931z + 0,1227}$$

Sample time: 30 seconds

Discrete-time transfer function.

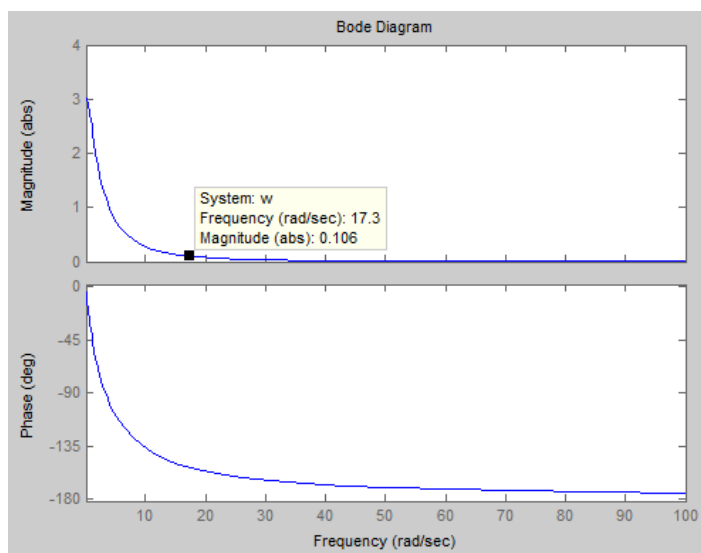


Рис. 4.1. АЧХ неперервної частини системи

Коефіцієнт K_i визначаємо, виходячи із заданої добротності за швидкістю:

$$K_v = \frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} (z-1) W_{pez}(z) W_{нч}(z) = \lim_{z \rightarrow 1} W_{нч}(z) \cdot K_i \approx 3.018 K_i.$$

$$K_i = 0.015.$$

$$\frac{K_i T^2 - 2K_p T - 4K_d}{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T} = -0.9931;$$

$$\frac{2K_d}{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T} = 1.1227.$$

$$K_p = 2.821; K_d = 12.781.$$

Дискретна передатна функція цифрового ПІД-регулятора

$$W(z) = 2.821 + \frac{0.015(z+1)}{(z-1)} + \frac{12.781(z-1)}{z}.$$

Створюємо модель цифрової системи з ПІД-регулятором в середовищі MATLAB/Simulink (рис. 4.2) та будуємо перехідний процес (рис. 4.3).

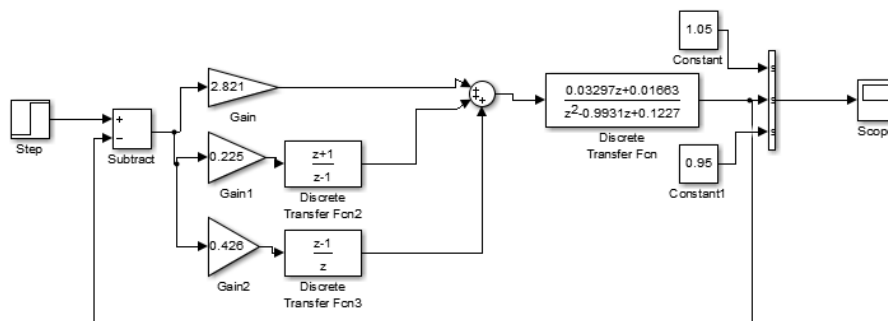


Рис. 4.2. Simulink-модель цифрової системи з ПІД-регулятором

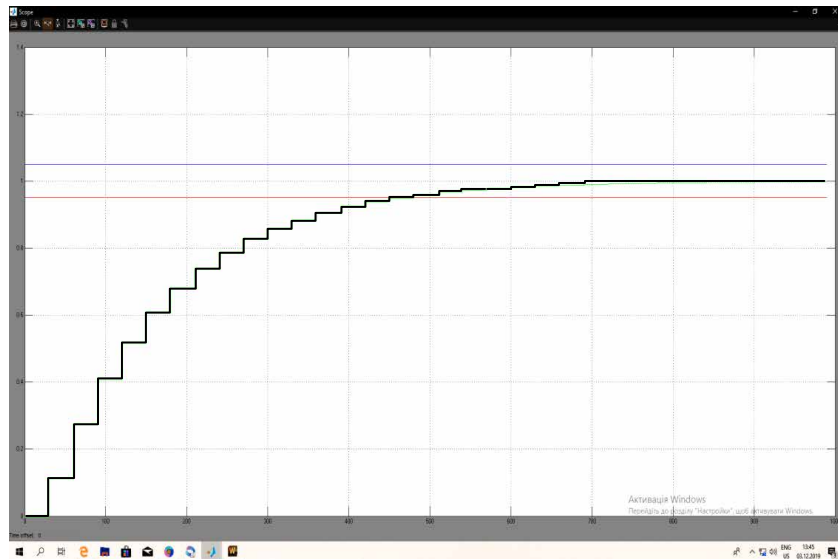


Рис. 4.3. Перехідний процес цифрової системи з ПІД-регулятором

1) Статична похибка:

$$\delta = X_{\text{зад}} - X_{\text{уст}} = 1 - 1 = 0.$$

2) Час регулювання:

$$t_p = 450 \text{ с.}$$

3) Перерегулювання:

$$\sigma = \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{уст}}}{X_{\text{уст}}} \times 100\% = \frac{1 - 1}{1} \times 100\% = 0\%.$$

4) Коливальність: $n = 0$.

За завданням $t_p < T_{\text{ок}}$; $\sigma = 0\%$; $\delta < 0,01$, $n = 0$. Видно, що показники якості повністю задовольняють вимогам технологічного процесу.

Також робимо висновок що система стійка, оскільки в ній відсутні коливання.

РОЗДІЛ 5

СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1. Розробка схеми електричної принципової системи керування вентиляцією у пташнику в літній період

При заміні в станції керування вентиляційною установкою ТСУ-2-КЛУЗ "Климатика-1" у блоці регулятора тиристорного регулятора напруги на перетворювач частоти можливі два варіанти схемних рішень (додаток Г1, Г2).

За першим варіантом (додаток Г1) блок перемикача залишається без змін. В блок регулятора замість блоку силових тиристорів і плат керування вмонтовується перетворювач частоти необхідної потужності.

На платі управління і сигналізації монтуються перемикачі режимів роботи SA1, датчики температури R2, R3 та частоти струму R1 та сигнальна арматура HL4. Робота перетворювача частоти передбачена в ручному і автоматичному режимі. Режим роботи задається перемикачем SA2. При роботі в ручному режимі сигнал керування на вхід перетворювача подається від датчика температури ВК, в коло якого вмикається джерело живлення AU1 напругою 24В.

При налагодженні перетворювач АФ настраюється так, щоб закон регулювання напруги від зміни частоти був $U \propto f^2$.

За другим варіантом (додаток Г2) у блоці перемикача замість перемикача SQ передбачена установка двох контакторів КМ1 і КМ2. Контактор КМ1 вмикає станцію на роботу в некерованому режимі, контактор КМ2 – в керованому. Як контактори можна використати реверсивний магнітний пускач відкритого виконання, номінальний струм якого дорівнює або дещо більший за номінальний струм перетворювача. Перемикання режимів здійснюється перемикачем SA1.

Застосування контакторів дає можливість автоматично переводити систему в некерований режим роботи при частоті струму, близькій до 50 Гц, наприклад, при 45 Гц. При цьому зменшується час роботи перетворювача частоти АФ під навантаженням, особливо в літній період, коли вентиляція тривало працює на повну потужність. Таким чином зменшуються втрати енергії в системі керування, подовжується строк роботи перетворювача і знижується ризик пошкодження ізоляції електродвигунів імпульсними перенапругами, які виникають на виході перетворювача частоти. Дослідження з перетворювачами частоти [15] показали, що при частоті 50 Гц напруга на виході перетворювача 380В, а при частоті 45 Гц – 320В, що в 1,2 рази менше, а значить, нижча амплітуда імпульсних перенапруг.

У даній роботі прийнятий другий варіант – із установкою двох контакторів.

Сигнал на перемикання знімається з виходів АМ та 5 перетворювача частоти, напруга на цьому виході змінюється пропорційно частоті струму від 0 до 50 Гц відповідно 0 – 5В. Сигнал з виходу АМ підсилюється пристроєм АУ2. Навантаженням пристрою АУ2 є обмотка реле КV. Контакти КV увімкнені в кола керування контакторами КМ1 і КМ2 та сигнальних ламп НL4, НL5. Пристрій АУ2 складено на компараторі К554СА3А. До прямого входу компаратора підводиться напруга від виходів АМ і 5 перетворювача частоти. На інверсний вхід компаратора подається опорна напруга, яка формується подільником R1 – R3, підключеним до джерела струму напругою 24В. Сигнал з виходу компаратора підсилюється транзистором VT, навантаженням якого є реле КV1. Резистором R2 подільника схема налаштовується так, щоб реле спрацьовувало при напрузі на виході АМ перетворювача струму 4,5В, що відповідає частоті струму 45 Гц.

Про те, в якому автоматичному режимі – керованому чи некерованому працює станція, сигналізують лампи НL4, НL5, увімкнені через контакти реле КV1.

Перетворювач частоти ПЧВ3-5К5-В-54 від струмів перевантаження захищається вбудованим в нього блоком захисту. Електродвигуни вентиляторів, як і при існуючих станціях керування, від струмів короткого замикання автоматичними вимикачами, змонтованими у вентиляційному приміщенні поряд з вентиляторами.

Схема електрична принципова системи керування вентиляційним комплексом у пташнику в літній період зображена на 2 аркуші графічної частини дипломного проекту. На ній, окрім вказаної *системи керування вентиляційним обладнанням*, зображена також *система керування охолоджуючими панелями*.

Схема керування охолоджуючими панелями передбачає роботу в автоматичному та ручному режимі.

Сигнал від датчика температури RK1, який встановлений у виробничому приміщенні пташника, надходить до регулятора А1 (двопозиційний регулятор ОВЕН 2ТРМ1) (рис. 5.1). Якщо температура у пташнику перевищить значення 28°C, регулятор своїм замикаючим контактом подає напругу керування на котушку проміжного реле KV3, яке, в свою чергу, подає напругу живлення на електромагнітний клапан подачі води на охолоджуючі панелі.

Технічні характеристики регулятора ОВЕН 2ТРМ1 наведені в таблиці 5.1.

Регулятор ОВЕН 2ТРМ1-13Р забезпечує:

- два універсальних входи для підключення широкого спектру датчиків температури, тиску, вологості, витрати, рівня і т.п.;
- два канали регулювання або реєстрації вхідної величини:
 - двопозиційне регулювання;
 - аналогове П-регулювання;
 - реєстрація на струмовому виході 4...20 мА.
- цифрова фільтрація та корекція вхідного сигналу, масштабування шкали для аналогового входу;

- розрахунок та індикація квадратного кореня з вимірюваної величини (наприклад, для регулювання миттєвої витрати);
- вимірювання різниці двох вимірюваних величин та її індикація (наприклад, для підтримання вологості психрометричним методом);
- універсальне джерело живлення. Дозволяє жити прилад як від джерела змінного струму напругою 90...245 В при 47...63Гц (номінал 220В), так і від джерела постійного струму напругою 20...375 В (номінал 24 В);
- вбудоване джерело живлення 24В для живлення активних датчиків, вихідних аналогових пристроїв (ЦАП) та ін.;
- програмування кнопками на лицевій панелі приладу;
- збереження налагоджувальних налаштувань при відключенні живлення;
- захист налаштувань від несанкціонованих змін.

Таблиця 5.1.

Технічні характеристики ОВЕН 2ТРМ1

Споживана потужність	не більше 7ВА
Кількість універсальних входів	2
Час опитування входу: - для термоперетворювачів опору - для інших датчиків	не більше 0,8 с не більше 0,4 с
Границя основної приведенної похибки вимірювання: - для термоелектричних перетворювачів - для інших датчиків	$\pm 0,5\%$ $\pm 0,25\%$
Кількість вихідних пристроїв	2
Тип вихідних пристроїв (для модифікації Р)	електромагнітне реле
Макс. струм контактів електромагнітного реле при 220В 50Гц	8А
Габаритні розміри та ступінь захисту корпусу	Щ1 96x96x65, IP54
Діапазон вимірювань	0...100%
Вимірювальна здатність	0,1%
Температура навколишнього середовища	-20...+50°C
Відносна вологість повітря	30...80%



Рис. 5.1. Зовнішній вигляд двопозиційного регулятора ОВЕН 2ТРМ1

5.2. Розробка схем електричних з'єднань та підключень САК вентиляцією у пташнику в літній період

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

Схеми з'єднань виконують на підставі таких загальних правил:

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

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

- щит або шафу керування розвертають в одну площину, показуючи лише ті їхні конструкції, на яких розміщуються прилади та засоби автоматизації при цьому зберігають взаємне розміщення приладів та засобів автоматизації;

- прилади та засоби автоматизації показують спрощено без збереження масштабу у вигляді прямокутників, над якими розміщують кола, розподілені рисою навпіл; цифри над рисою вказують порядковий номер виробу (номера присвоюються по-панельно зліва направо і зверху вниз), а під рисою – позиційне позначення цього виробу (відповідно до принципової електричної схеми). За потребою показують внутрішню схему апаратів.

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

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

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

Адресний спосіб є найбільш поширеним і полягає в тому, що лінії зв'язку між окремими елементами апаратів, які встановлюють на щиті або на пульті, не показують, а замість цього у місці приєднання проводу на кожному апараті або елементі проставляють цифрову або літерно-цифрову адресу того апарата або елемента, з яким він електрично має бути зв'язаний (позиційне

позначення згідно з принциповою схемою) або порядковий номер елемента. Це не загромаджує схему лініями зв'язку, що дає змогу її легко читати.

Схема електрична з'єднань САК вентиляційним комплексом у пташнику в літній період зображена на 3 аркуші графічної частини дипломного проекту, схема електрична підключень – на 4 аркуші.

5.3. Вибір апаратів захисту та керування

Як було зазначено, у САК вентиляційним комплексом у пташнику в літній період використовуються дві групи електродвигунів по 10 шт. у кожній. При цьому для керування кожною з груп із 10 вентиляторів використовується перетворювач ПЧВ3-5к5-В-54 ОВЕН (обґрунтовується у 4 розділі дипломного проекту).

За електричною принциповою схемою САК вентиляційним комплексом у пташнику в літній період, для керування та захисту електродвигунів приводу вентиляторів використовується наступне обладнання:

- для пуску, зупинки та захисту групи електродвигунів та перетворювача частоти від струмів короткого замикання використовується автоматичний вимикач QF1;

- для захисту кожного окремого із 10 електродвигунів M2-M11 від струмів короткого замикання та перевантажень використовуються автоматичні вимикачі QF2-QF11, які встановлюються у місцях розташування електродвигунів для можливості технічного обслуговування окремого електродвигуна без вимикання усієї вентиляційної системи;

- для дистанційного керування електродвигунами M2-M11 використовуються електромагнітні пускачі KM1 та KM2;

- для захисту групи електродвигунів М2-М11 згідно з рекомендаціями по експлуатації частотного перетворювача ПЧВ3-5к5-В-54 ОВЕН [31] від перевантажень використовується теплове реле КК1;

- в колі керування для перемикання режимів роботи використовуються пакетні перемикачі SA1, SA2; для комутації окремих ділянок кола управління використовується проміжне реле напруги KV1; для світлової сигналізації в колі управління використовуються сигнальні лампи HL1-HL5.

Для приводу кожного з вентиляторів ВО-Ф-7,1А використовується електродвигун АИРП80А6У2 (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1.

Технічні характеристики електродвигуна АИРП80А6У2

Показник	Значення
Потужність, кВт	0,37
Номинальний струм, А	1,1
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

Вибір автоматичного вимикача QF1. При виборі автоматичного вимикача для захисту електричної лінії, яка живить декілька електродвигунів, необхідно дотримуватись наступних умов:

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

$$U_{H.AB} \geq U_{Ж}; \quad (5.1)$$

- номінальний струм автоматичного вимикача і номінальний струм електромагнітного розчіплювача повинні дорівнювати або перевищувати суму номінальних струмів одночасно працюючих електродвигунів

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

де $I_{H.i}$ - номінальний струм i -го одночасно працюючого двигуна, А;

- номінальний струм електромагнітного (та теплового за наявності) розчіплювача має дорівнювати або перевищувати суму номінальних струмів одночасно працюючих електродвигунів

$$I_{H.Р0Зч} \geq \sum_{i=1}^n I_{H.i}; \quad (5.3)$$

- струм відсічки електромагнітного розчіплювача в даному випадку

$$I_{ВДС.Р0Зч} \geq 1,8 \cdot \left(\sum_{i=1}^n I_{H.i} + I_{ПУСК.НАЙБ.} \right), \quad (5.4)$$

$I_{ПУСК.НАЙБ.}$ - пусковий струм найбільшого за пусковим струмом електродвигуна, А.

При роботі вентиляційної установки одночасно працюють усі електродвигуни.

$$\sum_{i=1}^{10} I_{H.i} = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ А}; \quad 1,8 \cdot \left(\sum_{i=1}^{10} I_{H.i} + I_{ПУСК.НАЙБ.} \right) = 1,8 \cdot (11 + 1,1 \cdot 4) = 27,72 \text{ А}.$$

Згідно з принциповою схемою керування вентиляційною установкою та умовами (5.1) - (5.4), вибираємо автоматичний вимикач ВА47-29 ЗР 25А 4,5кА – автоматичний вимикач з електромагнітним розчіплювачем, без вільних контактів, без додаткових розчіплювачів, без температурної компенсації, технічні характеристики якого наведені в таблиці 5.2.

$$U_{H.AB} = U_{Ж} = 380 \text{ В};$$

$$I_{H.AB} \geq \sum_{i=1}^n I_{H.i}, \quad 25 \text{ А} > 11 \text{ А};$$

$$I_{H.Р0Зч} \geq \sum_{i=1}^n I_{H.i}, \quad 25 \text{ А} > 11 \text{ А};$$

$$I_{ВДС.Р0Зч} \geq 1,8 \cdot \left(\sum_{i=1}^n I_{H.i} + I_{ПУСК.НАЙБ.} \right),$$

$$I_{ВДС.Р0Зч} = 12 \cdot I_{H.Р0Зч} = 300 \text{ А}, \quad 300 \text{ А} > 27,72 \text{ А}.$$

Таблиця 5.2.

Технічні характеристики автоматичного вимикача ВА47-29 3Р 25А 4,5кА

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

Вибір автоматичних вимикачів QF2-QF11. При виборі автоматичного вимикача для захисту окремого електродвигуна, необхідно дотримуватись наступних умов:

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

$$U_{H.AB} \geq U_{Ж}; \quad (5.5)$$

- номінальний струм автоматичного вимикача повинен дорівнювати або перевищувати номінальний струм електродвигуна

$$I_{H.AB} \geq I_{H.ДВ}, \quad (5.6)$$

- номінальний струм електромагнітного та теплового розчіплювача повинен дорівнювати або перевищувати номінальний струм електродвигуна з подальшим регулюванням струму неспрацювання теплового розчіплювача на номінальний струм електродвигуна

$$I_{H.РОЗЧ} \geq I_{H.ДВ}; \quad (5.7)$$

- струм відсічки електромагнітного розчіплювача має становити не менше 1,5...1,6 пускового струму електродвигуна

$$I_{ВДС.РОЗЧ} \geq (1,5...1,6) \cdot I_{ПУСК.ДВ}, \quad (5.8)$$

Згідно з принциповою схемою керування та умовами (5.5) - (5.8), для захисту кожного окремого асинхронного електродвигуна АИРП80А6У2 вибираємо автоматичний вимикач ВА47-29 ЗР 4А 4,5кА – 3-х полюсний автоматичний вимикач з електромагнітними та тепловими розчіплювачами, з регулюванням номінального струму теплових розчіплювачів, технічні характеристики якого наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3.

Технічні характеристики автоматичного вимикача ВА47-29 ЗР 4А 4,5кА

Номінальна напруга $U_{H.AB}$, В	380 (50, 60 Гц)
Номінальний струм $I_{H.AB}$, А	4
Номінальний струм електромагнітних розчіплювачів $I_{H.ROZЧ}$, А	4
Уставка за струмом відсічки електромагнітного розчіплювача $I_{ВДС.РОЗЧ}$, А	$I_{ВДС.РОЗЧ} = 12 \cdot I_{H.РОЗЧ}$
Регулювання струму теплових розчіплювачів у межах, А	$0,9 \cdot I_{H.РОЗЧ} \dots 1,15 \cdot I_{H.РОЗЧ}$
Кількість полюсів	3
Категорія використання	А
Механічне виконання	М3, М4
Кліматичне виконання	У3
Клас зносостійкості	Б
Ступінь захисту (за ГОСТ 14254-96)	IP20 (корпус вимикача) IP00 (затискачі приєднання)

$$U_{H.AB} = U_{Ж} = 380 \text{ В};$$

$$I_{H.AB} \geq I_{H.ДВ}, \quad 4\text{А} \geq 1,1\text{А};$$

$$I_{H.РОЗЧ} \geq I_{H.ДВ}, \quad 4\text{А} \geq 1,1\text{А};$$

$$I_{ВДС.РОЗЧ} \geq (1,5 \dots 1,6) \cdot I_{ПУСК.ДВ}, \quad I_{відс.розч.} = 12 \cdot I_{H.РОЗЧ.} = 12 \cdot 4 = 48 \text{ А};$$

$$I_{ПУСК.ДВ} = 4 \cdot I_{H.ДВ} = 4 \cdot 1,1 = 4,4 \text{ А};$$

$$48 > (1,5 \dots 1,6) \cdot 4,4 = 6,6 \dots 7,04 \text{ А}.$$

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

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

$$U_{H.EП} \geq U_{Ж}; \quad (5.9)$$

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

$$I_{H.EП} \geq I_H; \quad (5.10)$$

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

$$U_{H.КОТ} \geq U_{КЕР}. \quad (5.11)$$

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

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

Враховуючи умови (5.9) – (5.11), для даної системи автоматичного керування вибираємо електромагнітні пускачі ПМЛ-1160ДМ (ДСТУ ІЕС 60947-4-1) – нереверсивний, без оболонки, без теплового реле, із ступенем захисту IP20, із змінним струмом кола управління, з додатковими контактами кола управління, номінальним робочим струмом (категорія використання АС-3) при напрузі $U_{H.EП} = 380 \text{ В}$ силового кола $I_{H.EП} = 16 \text{ А}$, номінальною напругою втягуючої котушки $U_{H.КОТ} = 220 \text{ В}$ (50 Гц).

Вибір теплового реле КК1. Теплові реле для захисту групи електродвигунів від перевантажень вибирають за наступними умовами:

- струм теплового реле повинен дорівнювати або бути більшим за номінальний струм групи електродвигунів:

$$I_{H.ТР} \geq I_H; \quad (5.12)$$

- струм неспрацювання теплового реле повинен дорівнювати або бути більшим за номінальний струм групи електродвигунів з подальшим регулюванням струму неспрацювання:

$$I_{\text{НЕСПР.ТР}} \geq I_{\text{Н}}. \quad (5.13)$$

Враховуючи умови (5.12) – (5.13) та значення номінальних струмів електродвигунів М2-М11, вибираємо теплове реле типу РТЛ1016 з наступними показниками (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4.

Технічні характеристики теплового реле КК1

Електро-двигун за принциповою схемою	Номінальний струм електродвигуна, $I_{\text{Н.і}}, A$	Теплове реле за принциповою схемою	Тип теплового реле	Номінальний струм теплового реле, $I_{\text{Н.ТР}}, A$	Діапазон регулювання струму неспрацювання, $I_{\text{НЕСПР.ТР}}, A$
М2-М11	11	КК1	РТЛ1016	25	9,5 – 18,0

Вибір пакетних перемикачів SA1, SA2.

Вибір пакетного перемикача SA1. Згідно з принциповою схемою, для перемикачів в колі керування режимів "Керований" або "Некерований", вибираємо пакетний перемикач типу ПМО, призначений для комутації електричних кіл управління, сигналізації та захисту напругою від 12 до 220В постійного струму та від 24 до 380В змінного струму частотою 50, 60 та 400Гц при струмах від 0,25 до 6,3А в стаціонарних установках.

Структура умовного позначення ПМОФ 90-444444/І-Д46 УЗ:

ПМО – перемикач малогабаритний загальнопромисловий;

Ф – конструктивне виконання (Ф – з фіксацією);

90 – положення фіксації (90 – через 90°);

444444 – рухомі контакти (шість сегментів на 4 положення (1-0-2-3));

І – виконання за установкою (І – з монтажного блоку);

Д46 – номер схеми за каталогом виробника;

УЗ – кліматичне виконання і категорія розміщення (за ГОСТ 15150-69 та ГОСТ 15543.1-89 відповідно).

Перемикач працює в усіх режимах, встановлених ГОСТ 16708-84.

Вибір пакетного перемикача SA2. Згідно з принциповою схемою, для перемикачів режимів "Ручний" або "Автоматичний", вибираємо пакетний перемикач УП5313-С229, призначений для комутації електричних кіл управління, сигналізації та захисту напругою від 12 до 220В постійного струму та від 24 до 380В змінного струму частотою 50, 60 та 400Гц при струмах від 0,25 до 6,3А в стаціонарних установках.

Вибір проміжного реле KV1. Проміжні реле для кола управління вибирають

- за напругою кола керування:

$$U_{H.PELE} \geq U_{K.UIP}; \quad (5.14)$$

- максимальною комутаційною здатністю допоміжних контактів (струм кола управління повинен дорівнювати або бути меншим за номінальний струм реле):

$$I_{H.PELE} \geq I_{K.UIP}; \quad (5.15)$$

- за кількістю та призначенням допоміжних контактів (нормально розімкнені, нормально замкнені, перемикаючі).

Згідно з принциповою схемою та умовами (5.14) та (5.15), вибираємо реле загального призначення типу РП-21-210 УХЛЗ (з 1 замикаючим, 1 розмикаючим, 1 перемикаючим контактом).

Перевагами цього типу реле є малі габаритні розміри, економічність, висока якість виконання контактів, велика комутаційна здатність, тривалий строк служби. Технічні характеристики реле наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5.

Технічні характеристики реле РП-21-210 УХЛЗ

Номинальна напруга, В	240 (50 Гц)
Напруга управління, В	~ 12...220 , - 6...220
Номинальний струм контактів, А	5
Мінімальний струм контактів, А	0,025
Кількість контактів	(1з) + (1р)+(1п)
Механічний ресурс, циклів	20 млн.
Робоча температура, °С	- 40...+ 55
Кліматичне виконання	УХЛ (за ГОСТ 15150-69)
Категорія розміщення	3 (за ГОСТ 15150-69)
Ступінь захисту корпусу / контактів	IP40 / IP00

Вибір ламп світлової сигналізації HL1-HL5. Для світлової сигналізації в колі керування вибираємо сигнальні лампи СКЛ-16.2 А-ЖМ-220 (жовта) (HL1) та СКЛ-16.2 А-ЗМ-220 (зелена) (HL2 – HL5) з підсвічуванням світлодіодною матрицею на 220 В, з вигнутим 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.

5.4. Вибір проводів та кабелів

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

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

$$I_{TR.ДОП} \geq I_{РОЗР}, \quad (5.16)$$

де $I_{РОЗР}$ - розрахунковий струм ділянки електричної мережі, А.

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

Для трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором тривало допустимий струм визначається за формулою

$$I_{РОЗР.ДВ} = \frac{10^3 P_{Н.ДВ}}{\sqrt{3} U_H \eta_H \cos \varphi_H}. \quad (5.17)$$

Розрахунковий струм магістралі, від якої живиться декілька електродвигунів, визначається за виразом

$$I_{М.РОЗР} = K_O \cdot \sum_{i=1}^m I_{РОЗР.ДВ.i}, \quad (5.18)$$

де K_O - коефіцієнт одночасності роботи електродвигунів;

$\sum_{i=1}^m I_{РОЗР.ДВ.i}$ - сума всіх розрахункових сил струму, А.

Вибір кабелю живлення кожного окремого електродвигуна М2-М11.

Визначимо тривало допустимі струми для електродвигунів за виразом (5.17).

Тривало допустимий струм кожного з електродвигунів М2-М11 приводу вентиляторів

$$I_{РОЗР.ДВ} = \frac{10^3 \cdot 0,37}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,675 \cdot 0,78} = 1,1 \text{ А}.$$

Розрахунковий струм магістралі, від якої живляться електродвигуни М2-М11

$$I_{М.РОЗР} = K_O \cdot \sum_{i=1}^m I_{РОЗР.ДВ.i} = 1 \cdot 10 \cdot 1,1 = 11 \text{ А}.$$

Враховуючи умову (5.16) та відповідне розраховане значення тривало допустимого струму окремого електродвигуна та групи електродвигунів, для підключення групи електродвигунів до шафи керування вибираємо кабель АПВ 3х2,5 (ГОСТ 16442-70) – провід з алюмінієвими жилами, полівінілхлоридною

ізоляцією, перерізом струмопровідних жил 2,5 мм², тривало допустимий струм якого дорівнює 19 А [9]. Кабель прокладається в трубі.

Вибір проводів живлення кола керування.

До складу кола керування входять:

- котушки електромагнітних пускачів КМ1 та КМ2 (споживана потужність кожної 68±8 ВА);
- котушка проміжного реле КV1 (споживана потужність 3,5 ВА);
- лампи світлової сигналізації HL2-HL5 (світлодіодні лампи);
- електродвигун М1 охолодження шафи керування (електродвигун двохфазний ТС7063.Н002 з напругою живлення 220В та споживаним струмом 0,055А).

Оскільки вказане електрообладнання є малопотужним, можна вважати, що струм кола керування не перевищує 5А. Тому для живлення кола керування вибираємо провід ПВ1х0,5 (ГОСТ 6323-79) – провід з мідною жилою перерізом 0,5 мм² в полівінілхлоридній оболонці, тривало допустимий струм якого дорівнює 11 А [9].

Вибір кабелю живлення шафи керування. Тривало допустимий струм на вході в шафу керування дорівнює сумарному струму кола керування та електродвигунів

$$I_{M.ROZP} = I_{UIP} + K_O \cdot \sum_{i=1}^m I_{ROZP.DB.i} \quad (5.19)$$

Оскільки електродвигуни працюють одночасно, коефіцієнт одночасності $K_O = 1$.

$$I_{M.ROZP} = I_{UIP} + K_O \cdot \sum_{i=1}^m I_{ROZP.DB.i} = 5 + 10 \cdot 1,1 = 16 \text{ А}$$

Для живлення шафи керування вибираємо кабель АВВГ 4х2,5 (ГОСТ 16442-70) – кабель з алюмінієвими жилами, полівінілхлоридною ізоляцією, в полівінілхлоридній оболонці, перерізом силових жил 2,5 мм², тривало допустимий струм яких дорівнює 19 А [9]. Кабель прокладається в трубі.

5.5. Вибір щита керування

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

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

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

Шафові щити використовують:

- у виробничих приміщеннях, що характеризуються запиленістю, великою вологістю та можливістю механічного пошкодження апаратури й внутрішньощитових проводів;
- для розміщення допоміжної апаратури (реле, джерел живлення) всередині щита;

- для захисту обслуговуючого персоналу від дотиків до відкритих струмоведучих частин апаратури та затискачів.

Враховуючи габаритні розміри всіх пристроїв схеми керування вентиляційною установкою, а також наявність системи охолодження для перетворювача частоти ПЧВЗ-5к5-В-54 ОВЕН, вибираємо щит шафвий малогабаритний типу ЩШМ (600x400x350)V4IP30 (ОСТ 36.13-76) [16].

РОЗДІЛ 6

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

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

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

де: P_i - приведені витрати;

C_i - експлуатаційні витрати;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

K_i - розмір капіталовкладень при i -му варіанті.

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

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

де: t - період приведення, років;

E_{III} - норматив для приведення різночасових витрат.

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

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

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

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

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

Розраховують PI за формулою:

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

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

Вихідними даними при розрахунку впровадження системи автоматичного керування температурним режимом у пташнику є:

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

Основні показники для розрахунку економічної ефективності запровадження проекту наведено в таблиці 6.1.

При аналізі інвестиційного проекту розраховано наступні показники ефективності:

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

Основні показники ефективності проекту наведені в таблиці 6.2.

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

Таблиця 6.1.

Основні показники інвестиційного проекту

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

Таблиця 6.2.

Показники ефективності впровадження САК температурним режимом у пташнику в літній період

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 беззбитковості 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

РОЗДІЛ 7

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

7.1. Безпечність об'єкта проектування

При здійсненні екологічної експертизи необхідно визначитись з факторами впливу птахівничого комплексу на природне середовище та з його кількісними показниками. Найголовнішим завданням проекту і є розробка лінії прибирання й утилізації посліду. Розробкою лінії прибирання посліду ми забезпечуємо його концентрацію в одному визначеному місці (послідосховищі), це дає можливість якісно знезаражувати, утилізувати й використовувати послід як добриво на полях. У процесі розпаду органічних азотних речовин, що знаходяться у посліді, виділяється аміак.

Санітарний стан господарства визначається його загальним об'ємом виділення. Саме для цього проектом і передбачається своєчасне прибирання і утилізація посліду. Процес біотермічного знезараження відбувається до шести місяців, з яких два місяці повинні припадати на теплі періоди року. Крім виділення аміаку, у пташниках виділяється ще й вуглекислий газ при диханні тварин, викиди шкідливих речовин в атмосферу наведенні в таблиці 7.1.

Для досягнення нормальних параметрів мікроклімату в приміщеннях пташників здійснюється необхідний повітрообмін. Його визначено розрахунком для кожної вікової групи тварин згідно з кількісними показниками виділення теплоти, водяної пари та вуглекислого газу.

Таблиця 7.1.

Викиди шкідливих речовин в атмосферу

Об'єкт викиду	Забруднююча речовина	Фактичні викиди забруднюючої речовини		Допустимі викиди забруднюючої речовини	
		г/с	т/рік	г/с	т/рік
Пташник	Аміак	0,317	10,0	0,423	12,0
	Окисли азоту	3,091	50,3	3,15	52,3

Аналізуючи дані таблиці викидів шкідливих речовин ми можемо зробити висновки, що впровадження засобів механізації видалення і утилізації посліду, а також система вентиляції у пташниках, відповідають вимогам охорони навколишнього природного середовища, а особливо повітряного басейну. Викиди забруднюючих речовин не вищі їх допустимих норм викидів.

Виробнича діяльність господарства також негативно впливає і на ландшафт території навколо сільськогосподарського об'єкта та його водний режим. Основним засобом захисту підземних водних запасів від забруднення навколо артсвердловини передбачене огороження та створення санітарної зони в радіусі 30м.

Птахофабрику має огорожу та відділяється від найближчого житлового району санітарно-захисною зоною радіусом 500 м.

7.2. Розрахунок заземлюючого пристрою

Заземлюючий пристрій виконуємо у вигляді контуру із сталевих штаб з прямокутним поперечним перерізом 20x4 мм з вертикальними електродами 0,012 м довжиною 5 м, викладеного на глибину $t = 0,8$ м від поверхні землі з двошаровою структурою : $\rho_1 = 240 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\rho_2 = 180 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $h_1 = 3,5$ м, $\rho_1/\rho_2 = 1,33$.

В якості природного заземлювача використовується залізобетонний фундамент споруди (площа якого 50 м^2).

1) Висуваємо вимоги мережі 0,38 кВ .

Малюємо схему заміщення (рис. 7.1):

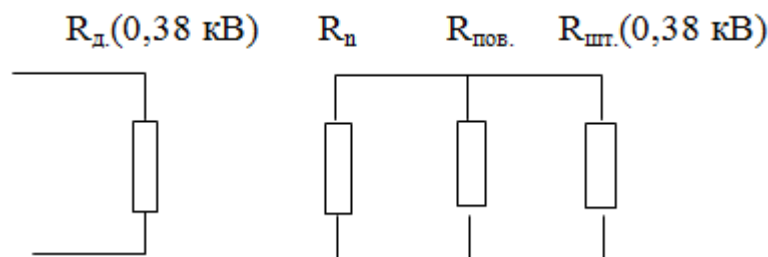


Рис. 7.1. Схема заміщення

Для визначення допустимої величини заземлюючого пристрою вираховуємо еквівалентний питомий опір двошарового ґрунту за формулою:

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot l}{\rho_1(t + kl - h_1) + \rho_2(h_1 - t)}, \quad (7.1)$$

$k=1$ при $\rho_1 > \rho_2$.

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{240 \cdot 180 \cdot 1 \cdot 5}{240(0,8 + 5 - 3,5) + 180(3,5 - 0,8)} = 208,09 \quad (\text{Ом}\cdot\text{м})$$

Визначаємо опір природного заземлювача:

$$R_{\text{пр}} = 0,5 \frac{\rho_{\text{екв}}}{\sqrt{S}}, \quad (7.2)$$

де $\rho_{\text{екв}}$ - еквівалентне значення питомого опору ґрунту, Ом·м

$$\rho_{\text{БТМ}} = \rho_1 \left(1 - e^{-\alpha \frac{h_1}{\sqrt{S}}} \right) + \rho_2 \left(1 - e^{-\beta \frac{\sqrt{S}}{h_1}} \right), \quad (7.3)$$

де α, β - коефіцієнти, $\rho_1 > \rho_2$ - $\alpha = 3,6, \beta = 0,1$;

$$\rho_{\text{эф}} = 240 \left(1 - e^{-3,6 \frac{3,5}{7,07}} \right) + 180 \left(1 - e^{0,1 \frac{7,07}{3,5}} \right) = 233,88 \quad (\text{Ом} \cdot \text{м})$$

$$R_{\text{пр}} = 0,5 \frac{233,88}{\sqrt{50}} = 16,5 \quad (\text{Ом})$$

$$R_{\text{л}} = 10 \frac{208,09}{100} = 20,8 \quad (\text{Ом})$$

$$R_{\text{пз}} = 30 \cdot 2,08 = 62,4 \quad (\text{Ом})$$

Згідно із розрахунками, кожен повторний заземлювач повинен мати опір 62,4 Ом, а загальний опір їх на кожній лінії має становити не більше 21 Ом.

$$R_{\text{л1}} = \frac{R_{\text{пз}}}{n_{\text{л1}}} = \frac{62,4}{7} = 8,9 \quad (\text{Ом}) < 21 \quad (\text{Ом})$$

$$R_{\text{л2}} = \frac{R_{\text{пз}}}{n_{\text{л2}}} = \frac{31,2}{2} = 15,6 \quad (\text{Ом}) < 21 \quad (\text{Ом})$$

$$R_{\text{л3}} = \frac{R_{\text{пз}}}{n_{\text{л3}}} = \frac{62,4}{6} = 10,4 \quad (\text{Ом}) < 21 \quad (\text{Ом})$$

Загальний опір повторних заземлювачів:

$$R_{\text{п}} = \frac{R_{\text{л1}} R_{\text{л2}} R_{\text{л3}}}{R_{\text{л1}} R_{\text{л2}} + R_{\text{л2}} R_{\text{л3}} + R_{\text{л1}} R_{\text{л3}}} = \frac{8,9 \cdot 15,6 \cdot 10,4}{8,9 \cdot 15,6 + 15,6 \cdot 10,4 + 8,9 \cdot 10,4} = 3,6 \quad (\text{Ом})$$

Визначаємо $R_{\text{екв}}$:

$$R_{\text{пр.ек}} = \frac{R_{\text{п}} R_{\text{л}}}{R_{\text{п}} + R_{\text{л}}} = \frac{16,5 \cdot 3,6}{16,5 + 3,6} = 3,002 \quad (\text{Ом})$$

Оскільки $R_{\text{екв}}$ менше $R_{\text{д}}$, то штучного заземлювача можна було б і не виконувати, але правила вимагають обов'язкової наявності $R_{\text{шт}}$, тому $R_{\text{шт}}$ приймаємо максимально допустиме рівне 63 Ом.

Схема заземлювального контуру зображена на рис. 7.2

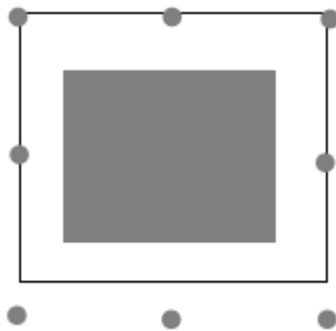


Рис. 7.2. Схема заземлювального контуру зображена

Визначаємо опір розтікання струму горизонтальної полоси:

$$R_{\Gamma} = \frac{k_c \rho_{\text{екв.Г}}}{2\pi l} \ln \frac{2l_{\Gamma}^2}{bt},$$

де : b - ширина горизонтальної полоси = 0,04 м

$\rho_{\text{екв.Г.}}$ - еквівалентний питомий опір для горизонтального заземлювача , його розраховують шляхом інтерполяції

L_{Γ} - довжина одного горизонтального заземлювача =5 м.

Розрахунок $\rho_{\text{екв.Г}}$ ведемо використовуючи дані з таблиці «Відносні значення еквівалентного питомого опору $\rho_{\text{ст}}/\rho_{\Gamma}$. двошарової землі для розрахунку опору простого горизонтального заземлювача.

$$\frac{\rho_{\text{екв.Г}}}{\rho_2} = 1,9 \quad \rho_{\text{екв.Г.}} = 1,9 \cdot 180 = 342 \text{ (Ом*М)}$$

$$R_{\Gamma} = \frac{1,5 \cdot 342}{6,28 \cdot 5} \ln \frac{2 \cdot 25}{0,04 \cdot 0,8} = 119,87 \text{ (Ом)}$$

$$q_{\Gamma} = \frac{1}{R_{\Gamma}} = 0,083 \text{ (См)}$$

$$\text{Опір штучного заземлювача : } R_{\text{шт}} = \frac{1}{\eta \cdot (n \cdot q_e + q_2)},$$

де η - коефіцієнт використання складного заземлювача , його вибираємо з одноіменної таблиці.

$$\frac{h}{l_B} = \frac{3,5}{7,2} = 0,48 \quad \frac{a}{l_B} = \frac{3,6}{7,2} = 0,5$$

Для визначення η також застосовується метод інтерполяції

$$R_{\text{ум}} = \frac{1}{0,425(8 \cdot 0,0225 + 0,083)} = 8,3 \text{ (Ом)} < 10,79 \text{ (Ом)} - \text{ умова виконується.}$$

7.3. Блискавкозахист будівель і споруд

Птахівничі приміщення за класифікацією відносяться до класу П-Ша та згідно з чинними нормативними матеріалами підлягають блискавкозахисту за III-ю категорією. Як будівля, відноситься до II-го ступеню вогнестійкості.

Захист від прямих ударів блискавки виконується блискавкоприймальною сіткою, розміщеною на даху будівлі.

Такий тип блискавкозахисту застосовується для будівель з плоским дахом, довжина яких не перевищує 25м. Конструктивне виконання блискавкозахисту передбачає площу сітки не більше 150 м². Блискавкоприймальна сітка виконана із сталюго дроту діаметром 6 мм. Сітка сполучується струмовідводами із заземлювачами, виконаними з круглої сталі діаметром 10 мм та з'єднаними сталюю штабою розмірами 4x40мм (рис. 7.3).

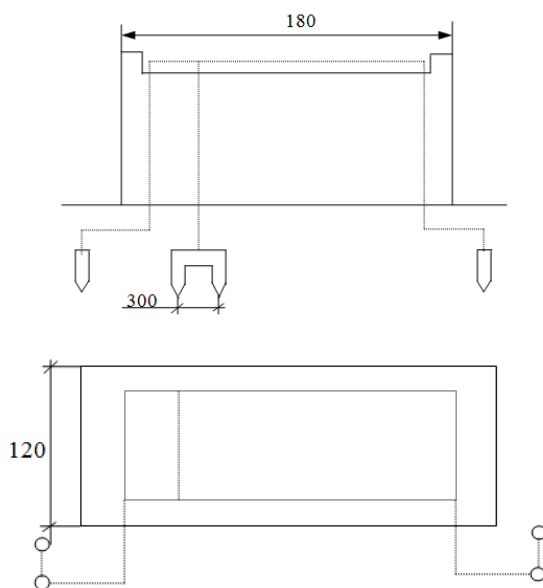


Рис. 7.3. Конструктивне виконання блискавкозахисту

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті проведено аналіз сучасного стану автоматизації процесу створення мікроклімату у промисловому пташнику для вирощування бройлерів.

При виконанні дипломного проекту отримані наступні результати:

1. Розрахунок необхідного повітрообміну у пташнику на 35000 бройлерів показав, що для забезпечення зоотехнічно обґрунтованої кратності вентиляції в літній період необхідно використати 20 вентиляторів ВО-Ф-7,1А з електродвигуном АИРП80А6У2 потужністю 0,37 кВт.

2. Встановлено, що перспективним напрямком підвищення ефективності зниження температури системами вентиляції у промислових пташниках є заміна тиристорних регуляторів напруги в станціях керування вентиляторів на частотні перетворювачі, зокрема типу ПЧВЗ фірми ОВЕН у поєднанні із улаштуванням у пташниках додаткової системи охолодження повітря за допомогою випарних охолоджуючих панелей.

3. Розроблена функціональна схема автоматизації системи керування температурним режимом у пташнику в літній період.

4. На основі рівнянь теплового балансу за допомогою математичного пакету Mathcad розраховані чисельні значення математичної моделі температурного режиму у пташнику та отримана його передатна функція для каналу "продуктивність системи вентиляції → температура повітря" в літній період

$$W_{ov}(s) = \frac{0,17}{355 \cdot s + 1} \cdot e^{-55s}.$$

5. Обґрунтований вибір комплексу сучасних технічних засобів автоматизації для реалізації САК температурним режимом з використанням датчика температури ТСМУ-2212 та перетворювача частоти ПЧВЗ-5К5-В-54, що реалізує ПД-алгоритм керування.

6. Цифрова САК температурним режимом забезпечує стійку роботу з наступними показниками якості: коливальність $n = 0$; статична похибка: $\delta = 0$ %; час регулювання $t_p = 450$ с; перерегулювання відсутнє.

7. Розроблені електричні схеми системи автоматичного керування вентиляційним комплексом у пташнику в літній період.

8. Обґрунтований вибір електротехнічного обладнання, проводів і кабелів.

9. Економічними розрахунками обґрунтована доцільність прийнятих технічних рішень, строк окупності розробленої САК вентиляційним комплексом у пташнику в літній період складає 1 рік.

ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва / І.І. Мартиненко, Б.Л. Головінський, В.П. Лисенко, О.І. Мартиненко, В.М. Решетюк, за ред. І.І. Мартиненка – К.: Урожай, 1995.- 224 с.
2. Бесулін В. І. Птахівництво і технологія виробництва яєць та м'яса птиці: підруч. [для студ. зооінж. ф-тів вищ. аграр. закл. освіти III-IV рівнів акредитації] / [В. І. Бесулін, В. І. Гужва, С. М. Куцак та ін.]. – Біла Церква: Білоцерк. держ. аграр. ун-т, 2003. – 447 с.
3. Гончар В.Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок: Навч. Посібник. / В.Ф. Гончар, Л.П. Тищенко. – К.: Вища школа. Головне вид-во, 1989. – 343 с.
4. Горобець В. Г. Експериментальне дослідження охолодження припливного повітря у птахівничих приміщеннях / В. Г. Горобець, В. І. Троханяк, Ю. О. Богдан. // Науковий вісник НУБіП України "Техніка та енергетика АПК". – К.: ВЦ НУБіП України, – 2015. – №224. – С. 204–208.
5. Грицаєнко В. І. Механізація і автоматизація птахівництва: підручн. / В. І. Грицаєнко, В. І. Приходченко. – К.: Вища школа, Головне видавництво, 1987. – 272 с
6. Гусєв О. Обладнання для птахівництва від Big Dutchman / О. Гусєв // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 11 (14). – С. 15-16.
7. Дзюбенко П.К. Вентиляція і мікроклімат птахівничих приміщень. – К.: Урожай. 1972. – 124 с.
8. Довідник сільського електрика / В.С. Олійник, В.М. Гайдук, В.Ф. Гончар та ін.; за ред. В.С. Олійника. – 3-є вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1989. – 264 с.
9. Зюдкамп Х. Вірег – комп'ютер для керування мікрокліматом і виробництвом на птахофабриках / Х. Зюдкамп, А. Бакалец // Птахівництво. – 2009. – № 5. – С. 45-46.
10. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: Підручник / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк; За ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.: іл. ISBN 966-95995-2-0.
11. Кістень Г. Є. Автоматизація виробничих процесів у птахівництві / Г. Є. Кістень. – К.: Урожай, 1971. – 69 с.
12. Кістень Г. Є. Електро-автоматизація технологічних процесів у птахівництві / Г. Є. Кістень. – К.: Урожай, 1975. – 96 с.
13. Куров Ю. А. Комплексна механізація у птахівництві / Ю. А. Куров. – К.: Урожай, 1993. – 264 с.

14. Курсове і дипломне проектування. Монтаж, обслуговування та ремонт електротехнічних установок в АПК: навчальний посібник / [Кашенко П.С., Біленко О.І., Устименко О.А та ін.]. – Київ: Аграрна освіта, 2008. – 502 с.
15. Мартиненко І.І., Лавріненко Ю.М., Решетюк В.М., Лавінський Д.С. Система автоматичного керування витяжною вентиляцією у пташниках та свинарниках з частотним регулюванням. Рекомендації для птахофабрик та тваринницьких компл. – Київ: НАУ, 2003. – 31 с.
16. Теплотехніка / [Б.Х.Драганов, О.С.Бессараб, А.А.Долінський та ін.] ; під ред. Б.Х. Драганова. – [2-е вид.]. – Київ: в-во «Фірма «ІНКІОС», 2005. – 400 с.
17. Філоненко О. Показники ефективності виробництва продукції птахівництва в ринкових умовах / О. Філоненко // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 6(9). – С. 22-27.
18. <https://owen.ua/>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А1

Залежність біологічних характеристик птиці
від кольору системи освітлення

Параметр	Червоний	Жовто-гарячий	Жовтий	Зелений	Голубий
Збільшення приросту ваги				■	■
Уповільнення статевого розвитку				■	■
Прискорення статевого розвитку	■	■	■		
Зниження стресу	■				
Зниження канібалізму	■				■
Підвищення ячної продуктивності	■	■			
Зниження ячної продуктивності			■		
Збільшення розмірів яйця			■		
Збільшення плодючості самців				■	■

ДОДАТОК Б1

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

Примітка.

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

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

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

ДОДАТОК Б2

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

Температура $t_B, ^\circ C$	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 В1

Лістинг математичної моделі охолодження повітря,
що складена за допомогою пакету MathCAD

Температура повітря навколишнього середовища
(на вході у пташник через охолоджуючу панель), град. С

$$t1 := 30$$

Відносна вологість повітря навколишнього середовища
(на вході у пташник через охолоджуючу панель), %

$$\phi1 := 45$$

Температура повітря на вході у пташник після охолоджувальної панелі, град. С

$$t2 := 25$$

Відносна вологість повітря на вході у пташник після охолоджувальної панелі, %

$$\phi2 := 85$$

Задана температура повітря у пташнику, град. С

$$t3 := 18$$

Середня питома теплоємність сухого повітря, Дж/(кг*град. С)

$$Cp := 1005$$

Густина повітря у пташнику, кг/м³

$$\rho p := 1.239$$

Об'єм повітря у пташнику, м³

$$Vp := 6912$$

Продуктивність системи вунтиляції у пташнику, м³/с

$$Vw := 90$$

Об'єм повітря у просторі між охолоджувачем і входом у пташник, м³

$$Vk := 300$$

Тиск насиченої пари при температурі,

$$PN(t) := \frac{5.3431 + 0.02783 \cdot t + 0.03213 \cdot t^2 - 3.4032 \cdot 10^{-4} \cdot t^3 + 7.7192 \cdot 10^{-6} \cdot t^4}{735.6}$$

$$PN(t1) = 0.04372$$

$$PN(t2) = 0.03238$$

Вологовміст пароводяної суміші, г/кг с.п.

$$d(\bar{f}_i, t) := 622 \cdot \frac{\bar{f}_i \cdot PN(t)}{100 - \bar{f}_i \cdot PN(t)}$$

$$d(\phi_1, t_1) = 12.482$$

$$d(\phi_2, t_2) = 17.603$$

Ентальпія вологого повітря, Дж/кг с.п.

$$I(\bar{f}_i, t) := [1.0048 \cdot t + 0.001 \cdot d(\bar{f}_i, t) \cdot (2500 + 1.96 \cdot t)] \cdot 1000$$

$$I(\phi_1, t_1) = 62083.487$$

$$I(\phi_2, t_2) = 69990.547$$

Кількість теплоти, яку необхідно вивести з виробничого приміщення пташника, Дж

$$Q_z := 2093830 \cdot 10^3$$

Витрати вентиляційного повітря для видалення надлишкової теплоти, м³

$$V_v := \frac{Q_z}{(I(\phi_2, t_2) - I(\phi_1, t_1)) \cdot \rho_p} = 213724.881$$

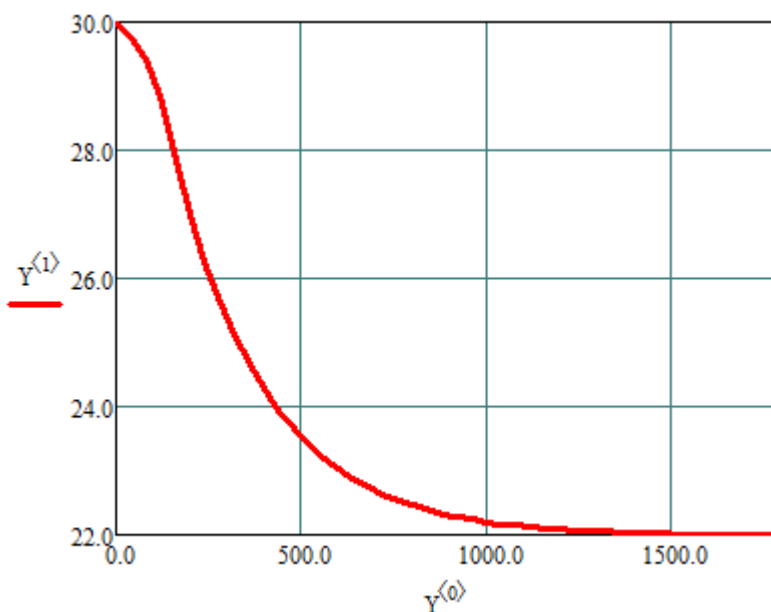
Витрати води на охолодження повітря, кг/с

$$G_w := \frac{V_w \cdot \rho_p \cdot (d(\phi_2, t_2) - d(\phi_1, t_1))}{1000} = 0.571$$

$$Q_2(\tau, t) := \frac{V_w \cdot [C_p \cdot t_1 - (I(\phi_2, t_2) - I(\phi_1, t_1))]}{V_p \cdot C_p} - t \cdot \frac{V_w}{V_p}$$

$$t_0 := 30$$

$$Y := \text{rkfixed}(t, 0, 4000, 100, Q_2)$$



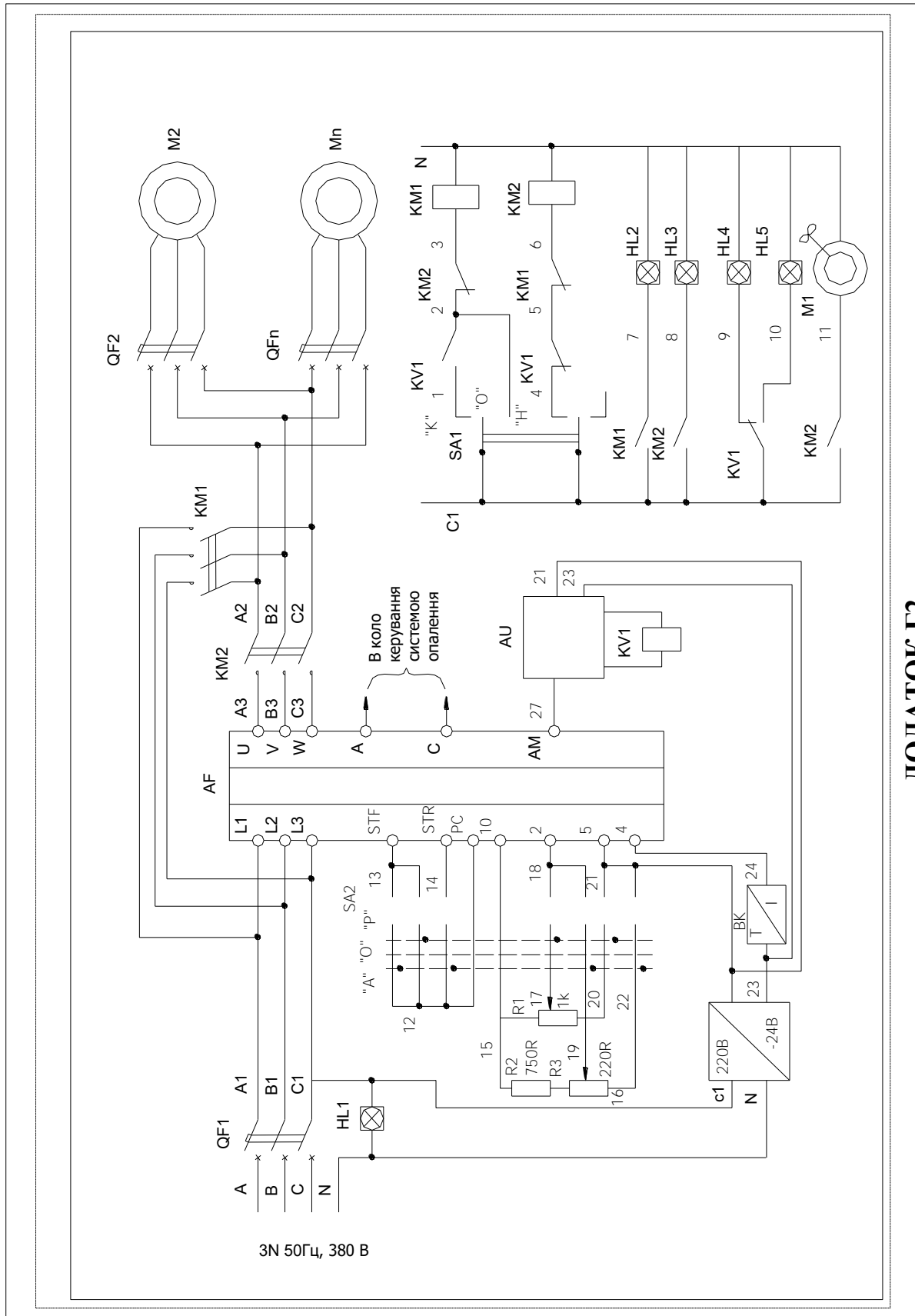


Схема електрична принципова системи керування вентиляційною установкою з контакторами в блоці перемикання

Додаток Д1

Розрахунок показників надійності системи

Надійність визначають як властивість об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах.

Кількісними показниками надійності є такі:

- *Ймовірність безвідмовної роботи* $p(t)$ - це ймовірність того, що в заданому інтервалі часу при заданих режимах роботи не виникає відмови виробу. Ймовірність безвідмовної роботи – це статистичний показник, що визначається за формулами:

$$p(t) = e^{-k\lambda t} \quad (Д1)$$

де k – коефіцієнт, що враховує вплив навколишнього середовища (приймаємо 1);

λ – інтенсивність відмови, що наведена в технічній документації на виробу;

t – час експлуатації.

- *Інтенсивність відмов* $\lambda(t)$ – це ймовірність виникнення відмови виробу, що не відновлюється (не ремонтується), на одиницю часу після даного моменту часу за умови, що відмова до цього не виникла:

$$\lambda(t) = \frac{\Delta N(t)}{N_n(t)}, \quad (Д2)$$

де $N(t)$ – кількість виробів, що відмовили за час t , год;

$N_n(t)$ – кількість працездатних виробів на початку інтервалу i , i – інтервал часу спостереження.

- *Середнє напрацювання на відмову:*

$$T_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (Д3)$$

де t_i - час напрацювання до відмови i -го виробу;

n – кількість виробів, що відмовили.

Інтенсивності їх відмов та результиуючої наведено в таблиці Д1.

Таблиця Д1.

Складові елементи та інтенсивності їх відмов

№ п/п	Тип ЕРЕ	N_i	Середнє значення інтенсивності відмов 10-6С/год-	Результиуюча інтенсивність, 10-6 год--
1.	ПЧВ3-5К5-В-54	2	0.05	0.1
2.	ТСМУ-2212-50М	2	0.015	0.30
3	ОВЕН 2ТРМ1-13Р	1	0.037	0.037
4	УП5313-С229	1	0.06	0.06
5	АИРП80А6У2	28	5.24	146.72
6	ВА47-29 3Р 4А 4,5кА	28	0.02	0.056
7	ПМЛ-1160ДМ	28	3.2	89.6
8	УП5313-С229	28	0.175	4.9
9	РП-21-210 УХЛЗ	1	0.25	0.25
10	РТЛ1016	28	0.5	14
11	ПМОФ 90-444444/І-Д46 У3	28	0.160	4.48

Отже, результиуюча інтенсивність відмови всіх елементів буде становити:
 $\lambda_p = (0.1+0.30+0.37+3.36+0.06+146.72+0.056+89.6+4.9+0.25+14+4.48) \cdot 10^{-6} = 2.641 \cdot 10^8$

Нехай термін експлуатації системи становитиме $i = 10 \cdot 10^3$ год, тобто результиуючу ймовірність безвідмовної роботи системи визначимо за виразом

$$P_{рез}(t) = e^{-1.2.641 \cdot 10^8 \cdot 10^4} = 0,785$$

Враховуючи попередні розрахунки, можна зробити висновок, що на протязі 1000 годин ймовірність відмови складає 0,785.