

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 636.5252/58:62 503.51

ПОГОДЖЕНО

Директор Інституту енергетики,
автоматики і енергозбереження
(назва Інституту)

В.В. Каплун
(ПІБ)

(підпис)

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

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

В.П. Лисенко
(ПІБ)

(підпис)

«__» _____ 2023 р.

«__» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

02.06.-КМР.2067"С".2021.12-08.026.ПЗ

на тему «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ
ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПОТОКАМИ В СТАШНИКУ ІЗ
ПРОГНОЗУВАННЯМ ПРИРОДНИХ ЗБУРЕНЬ З
ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
SIEMENS»

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

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

Гарант освітньої програми

Виконала

(підпис)

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

Є.В. Мироненко
(П.І.Б. студента)

(підпис)

Керівник магістерської роботи

(підпис)

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

КИЇВ-2023

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

В.П. Лисенко

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
(бакалаврської, дипломної)

Мироненко Євгенії Валентинівні

(прізвище, ім'я, по-батькові)

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

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

Тема магістерської роботи «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПОТОКАМИ В ПТАШНИКУ ІЗ ПРОГНОЗУВАННЯМ ПРИРОДНИХ ЗБУРЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ SIEMENS»

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

Термін подання студентом магістерської роботи 14.05.2023 року

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

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз енергетичних характеристик процесів виробництва курячих яєць та обґрунтування шляхів підвищення їх енергоефективності.
2. Передумови створення інтелектуальної системи керування енергетичними потоками у пташнику із прогнозуванням природних збурень.
3. Технічна реалізація інтелектуальної системи керування.
4. Визначення показників якості роботи системи керування.
5. Схеми системи автоматизації.
6. Техніка безпеки та охорона праці.

Дата видачі завдання «10» грудня 2021 року

Керівник магістерської роботи

Завдання прийняла до виконання

Лисенко В.П.

(Прізвище та ініціали)

Мироненко Є.В.

(Прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

НУБІП України

Перелік умовних позначень і скорочень 4

Вступ 5

РОЗДІЛ 1. Аналіз енергетичних характеристик процесів виробництва курячих яєць та обґрунтування шляхів підвищення їх енергоефективності 8

1.1. Птахівництво яєчного спрямування як вагова складова в структурі виробництва продукції АПК 8

1.2. Значення енергетичних витрат у структурі собівартості курячих яєць 11

1.3. Системи створення мікроклімату у промислових спорудах для утримання курей-несучок 14

1.4. Обґрунтування напрямку досліджень і постановка задачі створення системи автоматизованого керування 20

РОЗДІЛ 2. Передумови створення інтелектуальної системи керування енергетичними потоками у пташнику із прогнозуванням природних збурень 28

2.1. Класифікація природних температурних збурень у системі керування 28

2.2. Особливості прийняття рішень з керування енергетичними потоками 41

РОЗДІЛ 3. Технічна реалізація інтелектуальної системи керування 45

3.1. Вибір програмованого логічного контролера 45

3.2. Вибір первинних перетворювачів 47

3.2.1. Датчик температури 47

3.2.2. Датчик якості повітря 48

3.2.3. Вибір виконавчих механізмів 49

3.3. Вибір панелі візуалізації 50

3.4. Розробка програмно-апаратного забезпечення для реалізації алгоритму керування із використанням контролерів 51

3.5. Структура бази даних для реалізації стратегій керування 54

РОЗДІЛ 4. Техніка безпеки і охорона праці 63

Література 68

НУБІП України

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

НУБІП України

АПК – агропромисловий комплекс

БО – біологічний об'єкт

ПЛК – програмований логічний контролер

НУБІП України

ПРА – пуско-регулююча апаратура

САК – система автоматичного керування

ЦСК – цифрова система керування

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations –

Продовольча та сільськогосподарська організація ООН

НУБІП України

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерське управління та збір даних – програмний пакет, призначений для розробки або забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Актуальність теми. Птахівництво - галузь сільськогосподарського

виробництва, основним завданням якої є розведення, годівля, утримання птаці, застосування механізації, автоматизації, проведення ветеринарної профілактики з метою отримання яєць, м'яса та інших продуктів при низьких затратах праці та коштів.

Спочатку автоматизація була лише частковою, тобто автоматизували окремі виробничі процеси та установки. Згодом почали створювати системи комплексної автоматизації, за яких автоматизувались не тільки основні, а й допоміжні виробничі процеси й операції. Нині проводяться науково-дослідні

роботи по створенню оптимальних систем управління. На даний час велика увага приділяється подальшому розвитку автоматизації як важливого фактору прискорення науково-технічному прогресу. Подальше підвищення продуктивності праці в сільському господарстві, а також і ефективності продуктивності, можливе лише при умові максимальної механізації і автоматизації, при скороченні частки ручної праці.

Скорочення частки важкої та малокваліфікованої праці - одна з важливих умов подальшого економічного зростання. Слід зазначити, що мета автоматизації не обмежується лише значенням затрат праці і підвищенням ефективності використання техніки. Вона сприяє створенню енерго- та ресурсозберігаючих технологій, а також підвищенню якості продукції, що виробляється.

Впровадження системи автоматизації, підвищує надійність і продовжує термін служби обладнання, полегшує умови праці і призводить до економії витрат праці. Метою магістерської роботи являється представлення майбутнім

інженерам-електрикам можливість самостійно вирішувати задачі автоматизації технологічних процесів, вміння творчо мислити,

використовувати нові дослідження науки і техніки, використовувати знання для застосування до конкретних умов.

В сільському господарстві автоматизація технологічних процесів набула розвитку тільки з 60-тих років. Цьому сприяли успіхи в комплексній механізації та електрифікації сільськогосподарського виробництва.

Розглядають такі способи вирощування та утримання птиці: підлоговий, клітковий, комбінований.

Для отримання максимально якісного яйця необхідно підтримувати максимально комфортну для птиці температуру у пташнику.

Температурний режим має важливе значення для створення нормального мікроклімату у пташнику. Кури не можуть швидко пристосовуватися до значних змін температури повітря, тому різке її зниження або підвищення впливає на всі їхні життєві функції. Однак для забезпечення високої продуктивності птиці важливо підтримувати в приміщенні не тільки постійну, але і оптимальну температуру.

Завдяки тому що з'явилися нові вдосконалені системи можна значно збільшити не тільки якість продукції, а й її кількість, що, звичайно знизить ціну реалізації. А це, в свою чергу, робить продукцію пташників більш привабливою для споживачів, що дозволить значно збільшити прибуток.

Мета дослідження – підвищення якості курячих яєць використовуючи системи автоматизованого керування температурним режимом.

Об'єкт дослідження – процес керування температурою повітря у пташнику.

Предмет дослідження – зв'язки та закономірності функціонування процесу керування температурним режимом у пташнику та їх вплив на енергоефективність технологічних процесів.

Задачі дослідження:

– дослідити особливості сучасних систем автоматизації процесів керування температурою повітря в пташнику.

– визначити впливи різних параметрів на температурний режим у пташнику для вибору способів їх керування;
– розробити структурну, принципову схеми, реалізувати систему керування температурним режимом у пташнику;

– оцінити енергоефективність автоматизованої системи керування.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1

НАУБІП УКРАЇНИ

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА КУРЯЧИХ ЯЄЦЬ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

1.1. Птахівництво яєчного спрямування як вагова складова в структурі виробництва продукції АПК

Сучасний етап розвитку людства характеризується стрімким зростанням кількості населення планети та погіршенням екологічних умов існування, і за оцінками FAO (Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН) виникає небезпека виникнення глобальної продовольчої кризи. Це змушує уряди більшості країн світу ставити харчову безпеку на один рівень із оборонною. Крім того, спостерігається суттєве удорожчання енергетичних ресурсів – природного газу, рідкого палива та електроенергії, що, в свою чергу, впливає на вартість виробництва продуктів харчування.

Під харчовою безпекою розуміють якісне і достатнє виробництво продуктів, які складають основу щоденного раціону кожної людини, а саме злаків, м'яса і м'ясопродуктів, молока, риби, овочів і фруктів. Вважається, що для забезпечення фізіологічних потреб людського організму необхідно споживати мінімум 150 г білку, при чому бажано 80 г – тваринного походження. Для цього людина має спожити за рік 80-85 кг м'яса і м'ясопродуктів, а також 350-365 шт. яєць [1].

Курячі яйця самі по собі та у складі великої кількості рецептів страв входять до раціону харчування людини з давніх часів, що обумовлене їх поживними якостями, можливістю виробництва і зберігання в різноманітних умовах.

Одне яйце за поживною цінністю можна приблизно порівняти з 40 г м'яса і 200 г коров'ячого молока. Воно забезпечує денну потребу дорослої людини в насичених і полінасичених жирах на 10-15%, у протеїні на 4-5%, у вітамінах А, Е, В₁₂ – на 20% []. У яйці, за різними оцінками, виявляють до 20 амінокислот, до 10 вітамінів і таку ж кількість ферментів, до 8 мінеральних солей.

Жовток яйця є особливо багатим на нутрієнти. Він складається приблизно з 50% сухої речовини, 16% протеїну, 33% жиру та 1% вуглеводів.

Білок яйця містить близько 12% сухої речовини та 10% протеїну. За енергетичною цінністю при усій корисності яйця не вважають висококалорійним продуктом – 155-157 ккал на 100 г (при середній вазі 1 яйця в 60 г його калорійність складає близько 95 ккал), що дозволяє вважати їх цінним дієтичним продуктом харчування.

Поживні речовини курячого яйця завдяки збалансованій кількості засвоюються травною системою людини на 95-98%. Вживання яєць підвищує опірність організму інфекційним захворюванням, нормалізує обмінні процеси організму, сприяє зміцненню нервової системи [].

З точки зору технології виробництва і строку окупності капітальних вкладень, продукція птахівництва має чисельні переваги [] порівняно з виробництвом продукції тваринництва.

- швидкоокупність. Так, оборотність коштів у птахівництві яєчного спрямування складає 1 місяць, при вирощуванні бройлерів – 2 місяці, у той же час при виробництві свинини – 11, яловичини – 18, молока – 8 місяців;

- рівень механізації та автоматизації птахофабрик є одним з найвищих в АПК;

- енергоємність у два рази нижча у порівнянні з виробництвом свинини і яловичини;

- питомі витрати кормових протеїнів на протеїн продукції у птахівництві у 3-5 разів нижчі, ніж у свинарстві та скотарстві;

- можливість за рахунок інтеграції різних птахівничих підприємств утворення виробничого циклу від селекції до споживача кінцевої продукції.

Від початку запровадження у 2004 р. Цільової програми "Птахівництво" Міністерства аграрної політики України [] до початку 2022 р.

галузь стійко та динамічно розвивалася. Основними факторами, що забезпечували зростання обсягів виробництва, були значні інвестиційні приватні надходження у поєднанні з істотною державною підтримкою, що дало змогу збільшувати виробничі потужності птахофабрик із одночасним їх

технічним переоснащенням, запроваджувати сучасний менеджмент, покращувати племінні якості птиці.

За даними Держкомстату України, до складу АПК входять близько 800 птахівничих господарств різних форм власності, спеціалізацією близько 600 з яких є виробництво яєць. Серед них 57 є великими промисловими птахофабриками, що виробляють майже 90% усієї продукції України.

Внаслідок російської збройної агресії проти України було втрачено близько 20% промислового виробництва яєць в Україні []. Так, потужності низки великих виробників були зруйновані або опинилися в окупації через

повномасштабну війну. Через бойові дії припинили свою діяльність або значно скоротили виробництво такі підприємства, як "Дмитрівська птахофабрика" на

Донеччині та філія "Богодухівської птахофабрики" на Харківщині. Один з найбільших птахівничих комплексів України "Чорнобаївський" на Херсонщині

тривалий час знаходився на окупованих територіях, після звільнення Херсону є наближеним до зони бойових дій, тому також припинив виробничу

діяльність. Вказані обставини призвели до суттєвого удорожчання продукції – в серпні-вересні 2022 р. роздрібна вартість десятка яєць зроста з 32 до

подекуди 70 грн.

Найважливіший фактор успіху будь-якого підприємства у ринкових умовах – можливість знижувати ціну продукції за рахунок економії витрат,

тобто зменшення собівартості. Це стосується і птахівництва, і в сучасних умовах підгалузь потребуватиме динамічного відновлення і розвитку.

1.2. Значення енергетичних витрат у структурі собівартості курячих яєць

НУБІП УКРАЇНИ

За даними [1], ефективність промислового виробництва курячих яєць визначає ціла сукупність пов'язаних один із одним показників: несучість курей за період виробництва; собівартість яєць; витрати кормів на одну курку-несучку; вартість кормів та їх якість, а також система годівлі; реалізаційна ціна. Аналіз динаміки собівартості показує, що її підвищення або зменшення

НУБІП УКРАЇНИ

напрямку відповідає динаміці змін реалізаційної ціни: при збільшенні собівартості на 43% на початку 2022 р. порівняно із 2021 реалізаційна ціна зросла на 47,2% [1].

НУБІП УКРАЇНИ

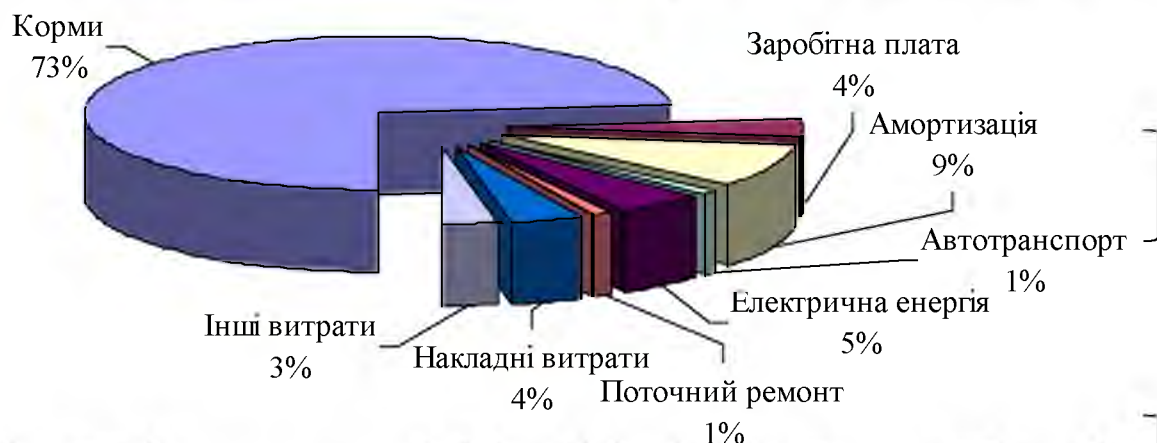


Рис. 1.1. Структура собівартості виробництва курячих яєць за усередненими показниками українських птахівничих підприємств у 2021 р.

Як показує діаграма (рис.1.1), найвагомішу частку у структурі собівартості виробництва курячих яєць складають корми та їх вартість [1]. В середньому по Україні, частина вартості кормів у загальних виробничих витратах у галузі у 2000 р. становила 56,0%, у 2010 р. – 72,3%, у 2020 р. – 75,1%. Це обумовлене насамперед підвищенням вартості кормів: у 2000 році на 89% порівняно із 1998-1999 рр., у 2010 р. на 64,7% порівняно з 2009 р., у 2020 р. на 69% порівняно із 2018-2019 рр. Це вказує на те, що заходи щодо

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

зниження собівартості виробництва курячих яєць необхідно починати з раціонального приготування і використання кормової бази у галузі.

Наступними за вагомістю показником у загальних витратах і структурі собівартості курячих яєць є обсяги використання енергетичних ресурсів та їхня вартість, при чому на долю забезпечення оптимального мікроклімату припадає 60-70% річного енергоспоживання [1]. Тут і зберігається певний резерв для її економії.

На фоні стабільного істотного збільшення цін на енергоресурси зберігається і значна тенденція щодо зростання частки матеріальних затрат.

Так, ціна на електроенергію щорічно зростає на 16-17% [2]; ціна на природний газ наприкінці вересня 2019 р. на Українській енергетичній біржі складала 4,7 тис. грн. за тис. м³, наприкінці січня 2020 р. – 5,8 тис. грн., на кінець грудня 2020 р. – 6,3 тис. грн., а на середину вересня 2021 р. ціна вже зросла до 18,5 тис. грн. за тис. м³ [3].

Отже, основними шляхами вирішення проблеми зниження собівартості виробництва курячих яєць є використання ресурсозберігаючих технологій та залучення альтернативних видів енергії: сонця, вітру, переробки виробничих відходів і продуктів життєдіяльності людини.

Так, за умови використання для вирощування промислового стада курей-несучок 4-х ярусних кліткових батарей з відповідним комплектом устаткування замість традиційного обладнання досягається скорочення затрат праці обслуговуючого персоналу на 18-20%. При цьому покращуються мікрокліматичні умови утримання, завдяки чому зростає і продуктивність виробництва [4].

Останнім часом для забезпечення необхідного температурного режиму утримання курей-несучок широко впроваджуються енергоощадні системи обігріву пташників. Застарілі системи опалення від централізованих котелень та теплогенераторів із розгалуженою системою повітропроводів замінюють системами, що складаються з декількох теплогенераторів невеликої потужності, і обігрів приміщення відбувається завдяки безпосередньому

"викиду" нагрітого повітря. Це дозволяє досягнути економії 35-40% енергоресурсів, високого рівня автоматизації та відсутності обслуговуючого персоналу у виробничих приміщеннях задля високого рівня гігієни. Більшого рівня енергоощадності забезпечують безпальвні рекуперативні системи вентиляції []. За рахунок відмови від традиційного тепло-вентиляційного обладнання та теплових мереж досягається 1,5-2 кратного зниження витрат на створення штучного мікроклімату.

З метою економії споживання води для напування птиці, поліпшення гігієнічних умов і мікроклімату у пташнику, подовженню тривалості експлуатації обладнання, сучасні кліткові батареї оснащуються ніпельними напувалками із краплеловлювачами. Системи водозабезпечення комплектуються очищувачами від механічних домішок та лічильниками витрат, а також медикаторами – пристроями, за допомогою яких можна дозовано додати у воду ветеринарні препарати із профілактичною метою [].

Одним із шляхів зниження енерговитрат у птахівництві є використання диференційованого освітлення, що дозволяє екоротити витрати електроенергії, не знижуючи при цьому збереженість птиці, її продуктивність як у період вирощування, так і у період утримання. При цьому на заміну традиційним лампам розжарювання (ЛР) та люмінесцентним лампам (ЛЛ) із їх недоліками (низька світловіддача – 7-17 лм/Вт у ЛР та 50-70 у ЛЛ; недовгий строк служби – 1 тис. год. у ЛР та 10-15 тис. год. у ЛЛ; проблеми з утилізацією ЛЛ та ін.) приходять джерела світла на основі світлодіодів [].

1.3. Системи створення мікроклімату у промислових спорудах для утримання курей-несучок

У світовому виробництві курячих яєць переважна кількість курей-несучок утримується в замкнених спорудах, оснащених керованими механізованими системами годівлі і напування птиці, забезпечення параметрів мікроклімату, створення світлового режиму, збирання яєць, видалення посліду [1]. Із початку промислового виробництва яєць, коли кури-несучки утримувалися на підлозі із вільним пересуванням у просторі, розроблені численні альтернативні системи утримання, але жодна з них не набула такого поширення, як кліткова система. Це пояснюється тим, що використання кліткової системи утримання дозволяє досягти максимального рівня механізації і автоматизації, а також найкращих гігієнічних умов, які забезпечують надійний захист від поширення серед птиці різноманітних хвороб.

Так, за даними [1] порівняння вартості виробництва яєць показує, що утримання курей-несучок у кліткових батареях є економічно найбільш доцільним та продуктивним (таблиця 1.1, 1.2).

Таблиця 1.1.
Вартість виробництва яєць при різних системах утримання курей-несучок

Система утримання	Вартість, євро
Утримання з вільним вигулом	145
У великих вольєрах	125
У міні-вольєрах	112
Кліткове утримання із площею підлоги клітки	
- 750 см ² /гол.	111
- 430 см ² /гол.	98
- менше 400 см ² /гол.	94

Таблиця 1.2.

Показники продуктивності курей-несучок при різних системах утримання

Система утримання	Строк несучості, діб	Яйцено-сність, %	Кількість яєць на 1 курку	Маса яйця, г	Маса яєць на 1 курку, кг	Падж, %	Конверсія корму, кг
Кліткова	370	89,3	319	62,2	19,0	6,3	2,07
Вільний вигул	367	87,7	302	61,6	18,6	9,4	2,26
На підстилці	375	88,2	316	62,5	19,8	9,2	2,28
У вольєрах	391	88,1	325	62,6	20,0	10,7	2,24
Органічне утримання	347	87,5	294	63,7	18,6	6,7	2,27

При утриманні курей-несучок із вільним вигулом або у вольєрах суттєво зростають витрати людської праці у порівнянні із клітковим [1]. Крім того, закрите промислове птахівництво з екологічної точки зору є більш безпечним для оточуючого середовища [2]. Так зване "органічне" птахівництво та вільне утримання на 10-30% більше сприяють глобальному потеплінню порівняно із промисловим виробництвом всередині закритих споруд. До того, використання кліткового утримання птиці на 65-200% зменшують площу ґрунників, з яких складаються птахівничі комплекси.

Враховуючи прагнення України до вступу до ЄС, при проектуванні і будівництві птахівничих комплексів необхідно враховувати положення Директив Ради Європейського Союзу (№ 1988/166/EEC, № 1999/74/EC від 19.07.1999 р.) щодо захисту умов утримання курей-несучок у кліткових батареях та інших виробничих системах. В них, зокрема, встановлюються такі вимоги до кліткових батарей: сумарна площа клітки повинна бути не меншою 2000 см², площа підлоги на одну курку – не менше 750 см², мінімум 12 см простору для їжі на одну курку; не менше 2-х доступних ніпельних або інших типів напувалок на одну тварину; при вигульованому утриманні – доступність гнізда для знесення яєць, наявність підстилки, не менше ніж 15 см насесту на одну курку.

Досягнення високого рівня продуктивності та інтенсивності утримання птиці у промислових птахівничих спорудах вимагає комплексної автоматизації виробничих процесів.

Питаннями досліджень і оптимізації різних технологічних операцій, пов'язаних з утриманням птиці, присвячено багато робіт вітчизняних та зарубіжних дослідників. Значного розвитку автоматизація птахівництва досягла за часів колишнього Радянського Союзу та в сучасній незалежній

Україні, де цій проблемі присвячені численні роботи таких вчених, як Р.М.

Славін [1], Г.Є. Кістень [2], Т.І. Мартиненко [3], Ю.А. Куров [4], І.Ф. Кудрявцев [5], Ю.Н. Пільолкін [6], Д.М. Мурусідзе [7], М.М. Неділько [8], Лисенко В.П. [9].

Як наслідок, сучасні промислові птахівничі комплекси у світі є високотехнологічними виробництвами, з якими за рівнем механізації і автоматизації не може зрівнятися жодна інша галузь тваринництва.

Промисловий пташник для кліткового утримання курей-несучок оснащується наступними системами (1): система годівлі та напування птиці; система вентиляції повітря; система обігріву пташника; система збирання яєць; система освітлення; система видалення пташиного посліду.

Забезпечити оптимальні параметри мікроклімату (2) з мінімальними затратами в приміщеннях для утримання курей-несучок можливо тільки за умови використання раціональних вентиляційно-опалювальних систем на базі високоефективних технічних засобів [10].

За характером створюваного у приміщенні тиску системи вентиляції промислових пташників поділяють на три типи:

- з надлишковим тиском;
- з розрідженням (вакуумного типу);
- системи рівного тиску (припливно-витяжні системи).

У 70-90-х роках минулого століття ці типи вентиляції реалізовувалися за допомогою різноманітних систем та комплектів обладнання. При цьому інженери і науковці досліджували ефективність різних алгоритмів керування в залежності від технічних можливостей регуляторів, централізованих та децентралізованих систем опалення, і т.д.

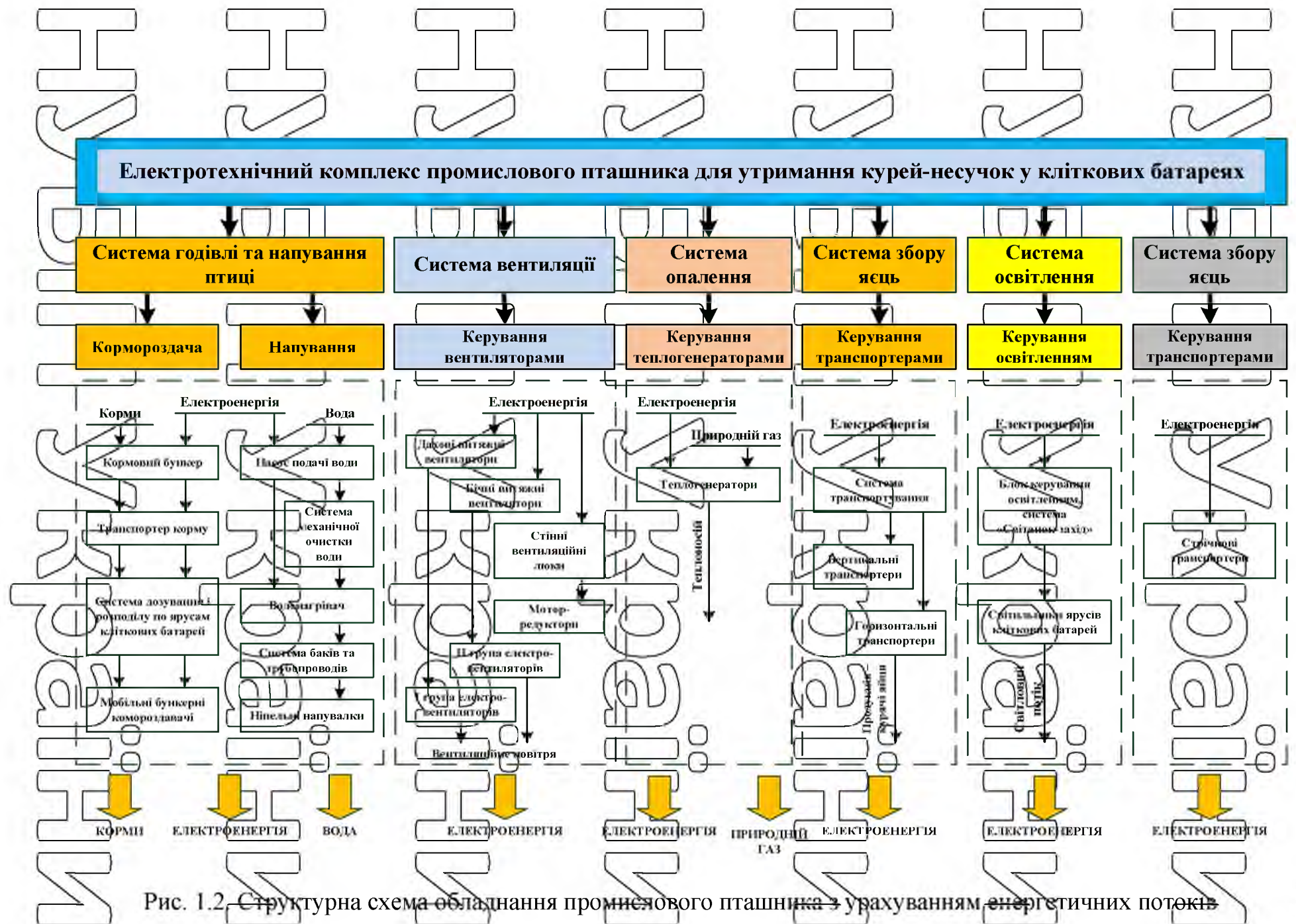


Рис. 1.2 Структурна схема обладнання промислового пташника з урахуванням енергетичних потоків

Комплект обладнання серії "Клімат", призначений для створення у птахівничих приміщеннях необхідного температурного режиму, за допомогою тринозиційного регулятора здійснює автоматичне керування роботою електровентиляторів. Для підтримання температури повітря на заданому рівні (із точністю до $\pm 1,5 \dots 2^\circ\text{C}$) змінюється швидкість обертання та кількість працюючих вентиляторів (керування роботою вентиляторів групами).

Система "Електроклімат" керування температурно-вологісним режимом здійснюється шляхом керування теплопродуктивності калориферів та плавної ступінчастої зміни частоти обертання вентиляторів.

Створення і автоматичне підтримання мікроклімату у тваринницьких приміщеннях забезпечують також системи "Клімат-4" та "Клімат-4М" із їхніми модифікаціями "Клімат-44", "Клімат-45" та "Клімат-47" (відрізняються використанням різних наборів та кількості вентиляторів). На відміну від "Клімат-4" система "Клімат-4М" необхідний повітрообмін реалізують зміною продуктивності вентиляторів за допомогою безступінчастої зміни числа їх обертів (регулювання напругою).

Вентиляційна установка МК-ВА УЗ – аналог системи "Клімат-4", оснащена тиристорним пристроєм керування із плавним регулюванням частоти обертання витяжних вентиляторів залежно від відхилення температури від заданого значення всередині вентиляованого приміщення.

Комплектне обладнання "Клімат-2" та "Клімат-3" призначене для повітряного опалення та припливно-витяжної вентиляції тваринницьких і птахівничих приміщень. Ці системи є удосконаленими версіями "Клімат-4" та "Клімат-4М" і додатково включають водяні калорифери, турбозволожувачі повітря та припливні вентилятори. Принципи регулювання параметрів мікроклімату у них не змінилися порівняно із базовими системами.

З тією ж метою було розроблено комплект припливно-витяжних установок ПВУ-4, ПВУ-6 та ПВУ-9. Для них характерне суміщення притоку та витяжки повітря в одному агрегаті, що виключає необхідність облаштування розподільчих повітропроводів у приміщеннях.

Розробники "Клімат-2000" – системи керування мікрокліматом пташника – декларують зниження затрат на обігрівання, годівлю, споживання електроенергії, витрат на ремонт та обслуговування обладнання, зменшення падіжу птиці, покращення умов утримання курей (зокрема без стресова технологія вирощування птиці) за рахунок створення оптимального мікроклімату.

Найбільш сучасними і розповсюдженими системами підтримання мікроклімату у промислових пташниках у світі є комплекти обладнання Viper та Amacs, що виготовляються компанією Big Dutchman (Німеччина) [1]. Такі системи здійснюють керування вентиляцією, опаленням, зволоженням повітря залежно від внутрішньої та зовнішньої температури та у відповідності з віком птиці. Температура повітря у птахівничому приміщенні підтримується при цьому на певному оптимальному рівні. Крім названого, вони управляють виробничими процесами та реєструють різноманітні параметри (ріст, падіж) та витрати матеріальних ресурсів (корми, вода, електроенергія).

Компанія DACS (Данія) розробила систему керування обладнанням птахівничих комплексів ACS5 [2].

Датська фірма DACS пропонує птахівництву систему керування ACS5 [99]. У приміщенні завжди автоматично підтримуються задані температура та вологість повітря завдяки точному регулюванню взаємозв'язків між процесами вентиляції, опалення та сушіння. За допомогою ACS5 можна також централізувати, відстежувати та регулювати усі виробничі процеси, які стосуються роботи з птицею.

Вітчизняне підприємство ПНВП «Технологічна автоматика» виготовляє системи керування мікрокліматом БРИЗ-М, БРИЗ-4М. Останні забезпечують автоматичну підтримку заданих температурних та вентиляційних режимів шляхом плавного керування нагрівачами та вентиляторами.

Німецька компанія Farmer Automatic GmbH & Co. KG розробила систему створення мікроклімату в пташниках [3], яка дозволяє знизити

кратність повітрообміну у приміщенні за рахунок використання спеціальних дахових розподільвачів повітря, застосування ефекту «windchill». Як наслідок, температура повітря, його відносна вологість та газовий склад утримуються в комфортних межах.

Система керування умовами утримання курей у пташниках фірми VAL-CO (США) – це система, побудована на основі контролера VENTRA, яка дозволяє здійснювати автоматичний контроль і керування такими параметрами, як температура, відносна вологість, тиск, швидкість руху повітря, а також споживання птицею корму та води. Залежно від значень зазначених параметрів вибирається стратегія керування вентиляційним та опалювальним обладнанням.

Проте усі розглянуті вище системи керування параметрами мікроклімату в промисловому пташнику не враховують можливої майбутньої зміни збурюючих дій, зокрема температурних, на технологічний об'єкт протягом усього періоду утримання та реалізують виключно режими стабілізації параметрів, враховуючи миттєві значення збурень, що не завжди є ефективним.

1.4. Обґрунтування напрямку досліджень і постановка задачі створення системи автоматизованого керування

Метою керування технологічними процесами при промисловому утриманні курей-несучок, як і в інших виробництвах сільськогосподарської продукції, є оптимізація показників ефективності життєдіяльності біологічних об'єктів (у даному випадку – птиці).

Процес вирішування і утримання біологічних об'єктів (БО) можна охарактеризувати чисельними показниками ефективності, серед яких у першу чергу виділяють такі:

- максимальна продуктивність БО за період його утримання;
 - мінімальні витрати ресурсів на утримання БО – енергетичних, матеріальних, затрат праці;

- показники якості виробленої продукції;

- показники умов існування БО, які виключають загибель або мінімізують частку втрат найслабших представників незалежно від зовнішніх збурень на об'єкт.

Оптимізація названих показників ефективності життєдіяльності БО

визначає мету керування технологічними процесами виробництва сільськогосподарської продукції, зокрема утримання курей-несучок.

Кількісно оцінити показник ефективності можна за виразом (1.1), у якому $f(x,u)$ – це функція, яка визначається станом БО (x) і прийнятим рішенням (u) щодо керування процесом у межах часу утримання від початку

(t_0) технологічного процесу до його закінчення (t_k)

$$I = \int_{t_n}^{t_k} f(x,u) dt. \quad (1.1)$$

Прийняття рішень про керування умовами утримання БО за названими вище критеріями ефективності в сільськогосподарському виробництві є доволі складним завданням. На стан БО впливають не тільки заздалегідь визначені (детерміновані) дії, але й випадкові збурення, які обумовлені метеорологічними умовами і не можуть бути передбаченими і чітко визначеними. Відповідно, рішення про керування необхідно приймати в умовах невизначеності. Складовою визначення показника ефективності (1.1) стануть також випадкові умови або фактори y

$$I = \int_{t_n}^{t_k} f(x,y,u) dt. \quad (1.2)$$

У цьому випадку задача знаходження оптимального рішення для керування умовами утримання біологічних об'єктів формулюється таким чином: при заданому стані x з урахуванням невідомих факторів y знайти таке

керування u , яке б за можливості звело до максимуму показник ефективності I процесу. Застереження "за можливості" перетворює задачу в категорію задач, в яких вибір рішення здійснюється в умовах невизначеності.

У зв'язку з тим, що невизначеності в сільському господарстві є до деякої міри статистично визначені [], розв'язок таких задач зводиться до знаходження математичного сподівання показника якості

$$\bar{I} = M\{I\} \quad (1.3)$$

При урахуванні наведених вище показників якості при керуванні процесом утримання БО, власне задачу керування необхідно вважати багатокритеріальною, що призводить до істотного ускладнення її розв'язку.

За таких умов постановка задачі, яка формулюється як досягнення максимальної продуктивності БО з високою якістю при мінімальних затратах, повинна бути відкинута []. Тому найбільш прийнятним буде єдиний

критерій I , який максимізує прибуток, що складається з різниці вартості B_n отриманої продукції і вартості B_{ei} основних витрат на її виготовлення, враховуючи невизначеність стану об'єкта

$$I = \sum_{i=1}^k (B_{ni} - B_{ei}) \Rightarrow \max, \quad (1.4)$$

де k – кількість станів у часі, в яких перебуває система упродовж всього виробничого процесу від моменту посадки курей-несучок до припинення утримання.

При цьому в задачі обов'язково повинні враховуватись обмеження на ймовірність загибелі БО або певний відсоток втрат його представників.

В умовах промислового сільськогосподарського виробництва утримання БО передбачається у спорудах із таким технологічним обладнанням, яке значною мірою здатне компенсувати вплив зовнішніх природних збурень на технічний об'єкт. За умови, що максимуму продуктивності БО набуває при певних комфортних умовах, задачі керування зводилися до стабілізації окремих технологічних параметрів. Використання

таких алгоритмів керування сприяла і низька вартість енергетичних ресурсів у недалекому минулому.

Стабілізація технологічних параметрів не є найефективнішим підходом, хоча і повинна забезпечувати найвищу продуктивність БО. По-перше, конструктивні параметри виконавчих елементів систем керування на жодному технічному об'єкті не здатні компенсувати усіх збурень, що можуть виникати впродовж усього періоду утримання БО. Так, за результатами досліджень [1] у пташнику, обладнаному вентиляційним комплексом та системою обігріву, система керування забезпечила режим стабілізації

температури повітря із максимальним показником несучості протягом лише 56% усього часу утримання. По-друге, режим стабілізації у багатьох випадках не забезпечує отримання максимального прибутку при утриманні. Більшого

ефекту а більш у ряді випадків досягають із використанням режимів, які реалізують алгоритми забезпечення постійного повітрообміну на заданому температурному рівні або відпрацьовують алгоритми нелінійних систем. Так, застосування різних режимів роботи системи при керуванні умовами утримання курей-несучок у пташнику дало можливість при незначній втраті несучості (менше 1 %) за рік значно знизити витрати кормів (до 7%) та

енергоресурсів (до 20%).

Такі показники ефективності при керуванні процесами утримання птиці отримані за рахунок не стільки динамічних характеристик птахівничого приміщення як об'єкта управління, а завдяки аналізу зміни показників курей-несучок як БО (витрати кормів, несучість, енерговитрати на утримання) залежно від змін мікрокліматичних параметрів у пташнику.

Період промислового утримання курей-несучок у пташнику триває 13-14 міс. За цей час на пташник можуть впливати різноманітні зовнішні збурення: температура навколишнього середовища може змінюватися у межах від -40 до $+40^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря – від 25 до 100%. При цьому коливання температури, що повторюються із року в рік, дуже рідко

наближуються до вказаних граничних значень, і знаходяться у межах -20...+32°C.

Розробка раціональних алгоритмів керування мікрокліматичними параметрами у промислових пташниках на весь період утримання курей-несучок, де реалізоване урахування та передбачення можливих збурень, є складною науковою задачею. Так, для отримання статистичних даних для оцінювання існуючих алгоритмів керування необхідно накопичити виробничі показники за один період утримання (13-14 міс.) на десяти однакових пташниках, або десять років спостерігати за роботою одного пташника.

Іншими словами, для відпрацювання раціональних алгоритмів роботи системи керування виключно експериментальними методами необхідно витратити забагато часу і матеріальних ресурсів.

Вказані обставини обумовлюють необхідність розробки таких раціональних алгоритмів керування, які базуються на моделюванні характеристик пташника як об'єкта керування і характеристик можливих збурень.

Основним мікрокліматичним параметром, який забезпечує необхідний стан курей-несучок за умови наявності хоча би мінімального повітрообміну, є температура повітря у виробничому приміщенні [1].

Однією з біологічних ознак курей-несучок як БО є здатність до терморегуляції, тобто підтримання температури тіла на більш-менш сталому рівні [2]. Терморегуляційний ефект поєднує діяльність багатьох систем організму, які спрямовані на підвищення виробітку тепла і обмеженню тепловіддачі при охолодженні тіла з одного боку, так і на обмеження теплопродукції і збільшення тепловіддачі при його нагріванні з іншого.

Життєдіяльність БО із терморегуляційними ознаками у природному середовищі демонструє їх спроможність зберігати свої фізіологічні характеристики та виживати при значних змінах параметрів зовнішніх умов, таких як температура та відносна вологість повітря, його газовий склад, тиск і т.д. При цьому загальний обмін речовин в організмі змінюється залежно від

значень названих параметрів. Мінімальний рівень обміну речовин відбувається лише при певних нейтральних температурах середовища, які різні для різних організмів та їх станів. Відхилення параметрів навколишнього середовища від нейтральних температур викликає стрес в організмі та вимагає додаткових енергетичних затрат на його подолання. Організм адаптується до нових умов шляхом фізіологічних змін, які допомагають зберегти сталість енергетичного потенціалу та відновити стабільність внутрішнього стану (активних життєвих параметрів і продуктивності), що є критерієм адаптації.

Якщо значення температури оточуючого середовища виходить за нижню або верхню критичну межу (для курей-несучок це відповідно 0 та 43°C), БО гине.

Отже, стани БО відрізняються один від одного в залежності від знаходження його у певній температурній зоні. При цьому відрізняються показники росту, споживання кормів, продуктивність. Тому постає необхідність у дослідженні адаптаційних механізмів курей-несучок, змін показників ефективності утримання в залежності від температури оточуючого середовища.

Таким чином, для розробки системи керування, алгоритм функціонування якої визначається критерієм (1.3), коли \bar{I}^c математичним сподіванням прибутку від отриманої продукції, керування процесом утримання необхідно здійснювати залежно від фізичного стану БО із урахуванням температурних збурень на об'єкт керування. Таке керування можливо реалізувати, розв'язавши наступні задачі:

- визначити типи природних температурних збурень, створити базу даних для розпізнавання їх образів, визначити можливі варіанти керування при дії таких збурень;

- розробити алгоритм прийняття рішень для керування процесом утримання БО;

- розробити програмне забезпечення для роботи з базою даних і прийняття управляючих дій;

провести вибір технічних засобів для реалізації керування.

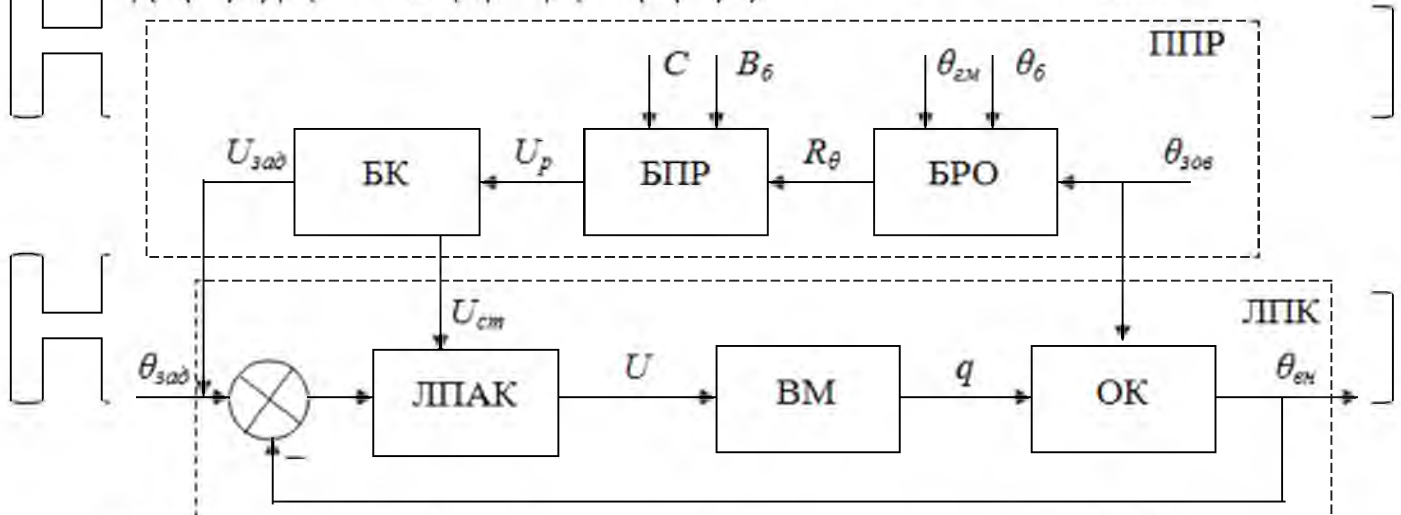


Рис. 1.3. Функціональна структурна схема САК процесом утримання курей-несучок в промисловому пташнику

Для вирішення поставлених задач визначимо структуру САК процесом утримання курей-несучок у промисловому пташнику. Вона повинна мати структуру дворівневої адаптивної системи Π і складатися з таких блоків: верхній рівень – підсистема прийняття рішень (ППР), складається з блоку розпізнавання образів (БРО), блоку прийняття рішень (БПР), блоку керування (БК);

нижній рівень – локальна підсистема керування (ЛПК), включає локальний пристрій автоматичного керування (ЛПАК), виконавчі механізми (ВМ), об'єкт керування (ОК).

Блок розпізнавання образів використовується для визначення образів на основі таких сигналів:

- змін прогнозованих температурних збоїв θ_{zm} , які надає Український ГМЦ для даної місцевості;

- значень від датчиків зовнішньої температури пташника θ_{306} за останні 20 годин для реалізації стаціонарних (40 годин для квазістаціонарних) процесів шляхом порівняння з образами можливих реалізацій θ_6 у накопиченій базі даних.

Розпізнаний образ R_0 передається у блок прийняття рішень. Тут у базі даних для кожного з образів зберігаються варіанти дій керування, а також показники якості R_0 для кожної з них дій (у фізичних одиницях – енергетичні та матеріальні витрати, продуктивність виробництва). У цей блок спрямовані також складові показники прибутку C , і з їх урахуванням за допомогою теорії ігор та статистичних рішень відбувається вибір оптимальної стратегії управління U_p .

Функція блоку управління – зміна заданої дії $U_{зад}$ для нового образу стратегії управління $U_{ст}$ у локальному пристрої автоматичного керування.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2

ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПОТОКАМИ У ЦИТАШНИКУ ІЗ ПРОГНОЗУВАННЯМ ПРИРОДНИХ ЗБУРЕНЬ

2.1. Класифікація природних температурних збурень у системі керування

Характеристики природних температурних збурень на виробничий об'єкт визначаються тією кліматичною зоною, де він розташований. Для виконання даної магістерської роботи використані статистичні дані, отримані у дослідженнях [1] за 10 років спостережень за температурою повітря у південних причорноморських регіонах України із помірним кліматом. У зазначеній місцевості за вказаний період найбільшні коливання температур відмічені у межах від $+26$ до $+38^{\circ}\text{C}$. З діаграми (рис. 2.1), яка відображає ймовірність P появи різних значень температур θ , видно, що близько 85% усіх температурних збурень знаходяться у межах від -5 до $+30^{\circ}\text{C}$.

Температурним максимумом за десять років спостережень було значення $+38^{\circ}\text{C}$ із ймовірністю його появи, що не перевищує 0,006 (0,6%). Ймовірність виникнення температурних значень вище $+20^{\circ}\text{C}$ дорівнює приблизно 0,2 (або 20%).

За допомогою даних, отриманих від Українського ГМЦ для вищезазначеної місцевості, було побудовано річні часові ряди (реалізації) коливань температури повітря $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$. Ці часові ряди являють собою нестационарний випадковий процес, визначення статистичних характеристик якого є дуже складною задачею. Однак аналіз окремих ділянок часових рядів (річних реалізацій) показав, що вони можуть бути прогнєзованими [2], оскільки реалізаціями або стационарних випадкових процесів, або етационарних процесів з адитивними детермінованими складовими.

Адитивні (такі, що додаються) детерміновані складові – це комбінація таких елементів, як:

- тренд u_i , який визначає головну тенденцію часового ряду;
- цикли W_i – регулярні коливання відносно тренду;
- сезонна складова S_i – періодичні коливання.

Математична модель ділянок часових рядів визначається виразом

$$\theta_i = u_i + W_i + S_i + \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

де до вказаних елементів додається випадкова складова ε_i .

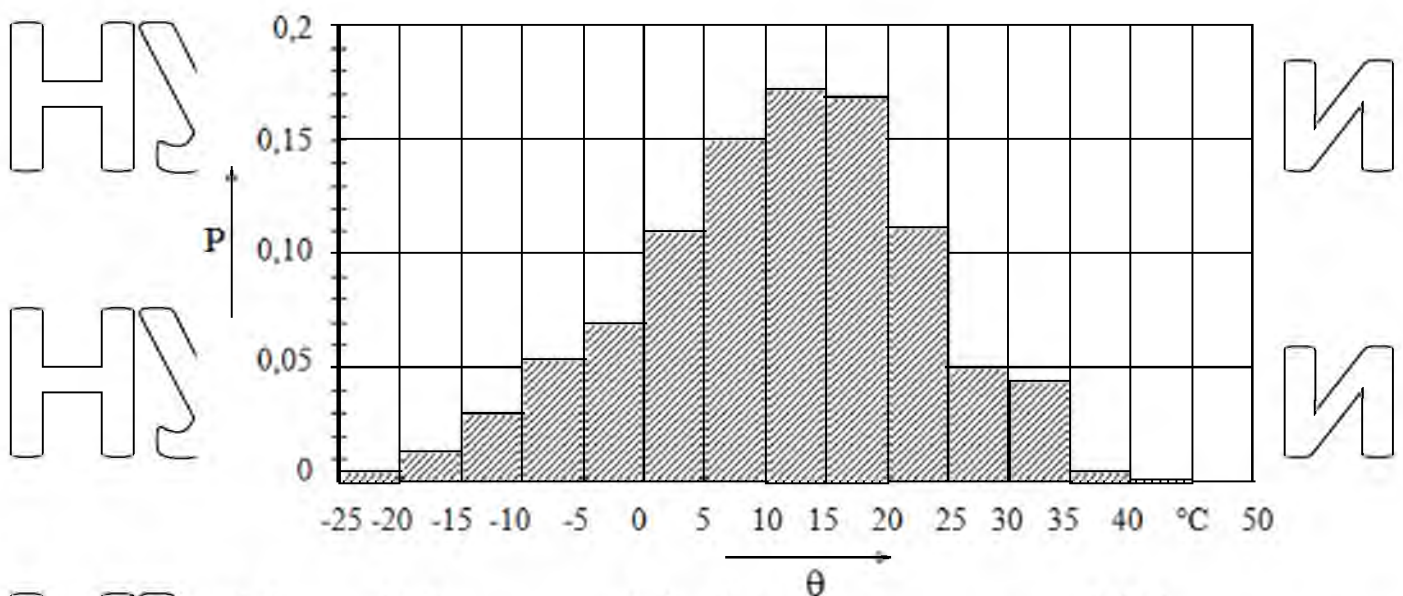


Рис. 2.1. Розподіл ймовірностей виникнення різних температурних збурень у південних причорноморських регіонах України за 10-р. спостережень

За вказаний десятирічний період спостережень виділено 569 ділянок.

Для того, щоб класифікувати температурні ділянки за їх ознаками, а потім спрогнозувати їх посяву, був виконаний кластерний аналіз названих відрізків часового ряду за еталонним методом К-середніх [1].

На першому етапі була визначена сукупність ознак ділянок [1] та їх числові значення для відокремлених 569 відрізків часового ряду. Ці ділянки описуються детермінованими та ймовірнісними (випадковими) ознаками.

Детермінованими ознаками є такі:

- мінімальне, середнє та максимальнє значення температури на ділянці;
- тривалість ділянки у часі;
- коефіцієнт a лінійного тренду $a+b \cdot t$;
- коефіцієнт b лінійного тренду $a+b \cdot t$;
- для гармонічних складових - амплітуда, період та зсув фази ділянки синусоїдального вигляду.

До імовірнісних (випадкових) належать наступні:

- дисперсія, математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення (для вихідних ділянок, ділянок без лінійного тренду $a+b \cdot t$, ділянок без лінійного тренду $a+b \cdot t$ та гармонічної складової);
- параметри α і β кореляційної функції $R(\tau) = D \cdot e^{-\alpha|\tau|} \cos(\beta\tau)$ ділянки без лінійного тренду $a+b \cdot t$ і гармонічної складової.

На наступному етапі – етапі початкової класифікації та створення алфавіту класів – був виконаний аналіз впливу на керування технологічними параметрами утримання курей-несучок як БО на основі їх адаптаційних можливостей, а також відомостей про роботу традиційних систем керування.

Із урахуванням того, що кожна ділянка температурних збурень може мати детерміновані та випадкові ознаки, кількісні характеристики для різних реалізацій розраховуються за такою методикою.

1. Зміни математичного сподівання у часі для кожної ділянки

визначаються за виразом

$$\hat{\theta}_i = \theta_{\text{поч}} \pm kt, \quad (2.2)$$

де $\theta_{\text{поч}}$ – початкове значення температури повітря;

k – коефіцієнт урахування змін температури у часі (приймається у

межах $k = 0,1 \dots 0,2$).

2. Зі значення θ'_i центрованого випадкового процесу, що визначається за виразом (2.3) віднімається регулярна синусоїдальна складова θ_i , яку отримують за формулою (2.4).

$$\theta'_i = \theta_i - \hat{\theta}_i \quad (2.3)$$

$\hat{\theta}_i = A \sin(\omega t + \varphi)$ (2.4)
де A , ω і φ – відповідно амплітуда, частота й фаза регулярних коливань.

За умови, що регулярні коливання визначаються змінами температури

за добу, тобто період $T_\delta = 24$ год., циклічна частота дорівнює:

$\omega = \frac{2\pi}{T_\delta} = 0,2618 \frac{\text{рад}}{\text{год.}}$ (2.5)

3. Значення амплітуди отримуємо за дискретними формулами Фур'є для коефіцієнтів першої гармоніки:

$S_c = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \theta'_i \cos(\omega \cdot i \cdot \Delta t); S_s = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \theta'_i \sin(\omega \cdot i \cdot \Delta t)$ (2.6)
де S_c і S_s – косинусоїдальний і синусоїдальний коефіцієнти для 1 гармоніки відповідно,

N – довжина часового ряду (кількість точок ділянки);

Δt – крок вимірювання, що складає $\Delta t = 3$ год.

4. Значення амплітуди і фази для першої гармоніки розраховуються за виразами:

$$A = \sqrt{S_c^2 + S_s^2}, \quad (2.7)$$

$\varphi = \arctg \frac{S_c}{S_s}$ (2.8)

5. Характеристикою центрованого чистого випадкового процесу є

$$\theta''_i = \theta_i - A \sin(\omega t + \varphi). \quad (2.9)$$

6. Кореляційна функція:

$R(N \cdot \Delta t) = \frac{1}{N-n+1} \sum_{i=0}^{N-n} \theta''_i \cdot \theta''_{i+n}$ (2.10)

Ця операція розрахунку часової кореляційної функції на обмеженому інтервалі при припущенні, що випадковий процес є ергодичним, визначає наближену функцію по всьому ансамблю можливих вибірок; ця функція теж є випадковою. Математичне сподівання такого наближення співпадає з таким значенням кореляційної функції і є незміщеною оцінкою []. Відомо, що для досить точних оцінок кореляційної функції необхідно використовувати вибірки великого об'єму, де $N > 2000$. Наші ділянки нараховують від 30 до 170 точок. Тому точність оцінок кореляційної функції досить невисока. Для апроксимації характеристик за формулою (2.10) використовується метод найменших квадратів, який здійснює мінімізацію похибки ділянки кореляційної функції до першого перетину або наближення точок до осі абсцис.

Точність обрахунків статистичних характеристик температурних ділянок досить невисока. Показник точності P становить 15...20% [] ($P = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{X}} \cdot 100\%$, де $S_{\bar{x}}$ – помилка середнього арифметичного, яка дорівнює $S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$, S – середньоквадратичне відхилення, n – кількість спостережень, \bar{X} – середнє арифметичне).

Результати визначення статистичних характеристик 569 ділянок показали, що вони можуть бути апроксимовані стаціонарними випадковими процесами з кореляційними функціями сірого (2.11) й рожевого (2.12) шумів:

$$R(\tau) = D \cdot e^{-\alpha|\tau|}, \quad (2.11)$$

$$R(\tau) = D \cdot e^{-\alpha|\tau|} \cos(\beta\tau). \quad (2.12)$$

При цьому значення дисперсії D змінювались від 0,224 до 18,9 $^{\circ}\text{C}^2$. Коефіцієнт показника степеня α змінювався в межах 0,02...0,524, а значення β від 0,02 до 0,582.

Амплітуди регулярних синусоїдальних коливань знаходились у межах $3 < A < 7^{\circ}\text{C}$.

Для виконання кластерного аналізу ділянок температурних збурень виділено три основні апріорні ознаки: максимальне значення температури на ділянці, коефіцієнт b лінійного тренду $a-b \cdot t$ та амплітуда гармонічної складової. Діаграма розсіювання вихідних даних за вказані 10 років спостережень зображена на рис. 2.2.

Додатковою ознакою для виділення окремого класу збурень є максимальне значення температури на ділянці. Оскільки максимальні значення температури є критичними при утриманні птиці, вони потребують особливих керуючих дій. Так, при наявності на певній ділянці температурних значень вищих за $+20^{\circ}\text{C}$, така ділянка належить до класу, коли використовується максимальний рівень повітряного обміну в пташнику як образ в якості керуючої дії.

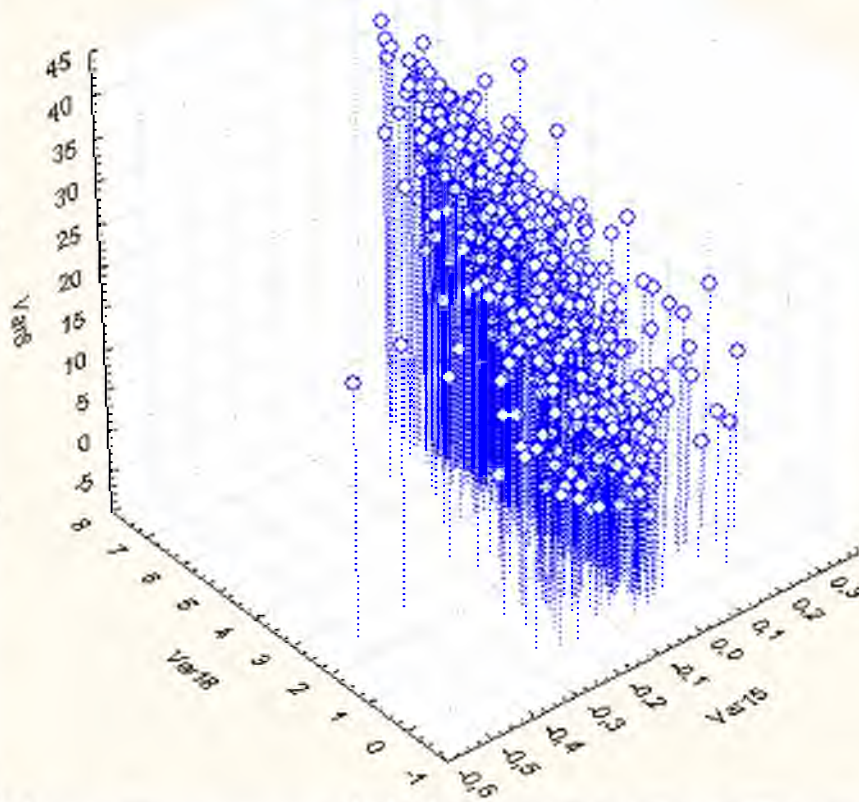


Рис. 2.2. Схема розсіювання вихідних даних основних апріорних ознак температурних збурень півдня України за 10 років спостереження

Var8 – максимальне значення температури на ділянці, °С;

Var15 – коефіцієнт b лінійного тренду $a + b \cdot t$, °С/год.

Var18 – амплітуда гармонічної складової, °С

При виключенні з переліку основних апріорних ознак максимальні значення температур на ділянках, схема розсіювання вихідних даних (рис. 2.2) виглядатиме, як зображено на рис. 2.3.

За умови, коли дві основні апріорні ознаки приймають логічні значення "0" або "1", кількість можливих комбінацій цих ознак дорівнює чотирьом:

"0" – коефіцієнт b лінійного тренду $a + b \cdot t$ або амплітуда гармонічної складової A дорівнює або близький до 0;

"1" – коефіцієнт b лінійного тренду $a + b \cdot t$ або амплітуда гармонічної складової A не дорівнюють 0.

За вказаних обставин при проведенні кластерного аналізу за допомогою методу К-середніх виділяємо 4 кластери. Нанесемо штриховими лініями межі ділянок і отримаємо на рис. 2.3 таку схему розподілу.

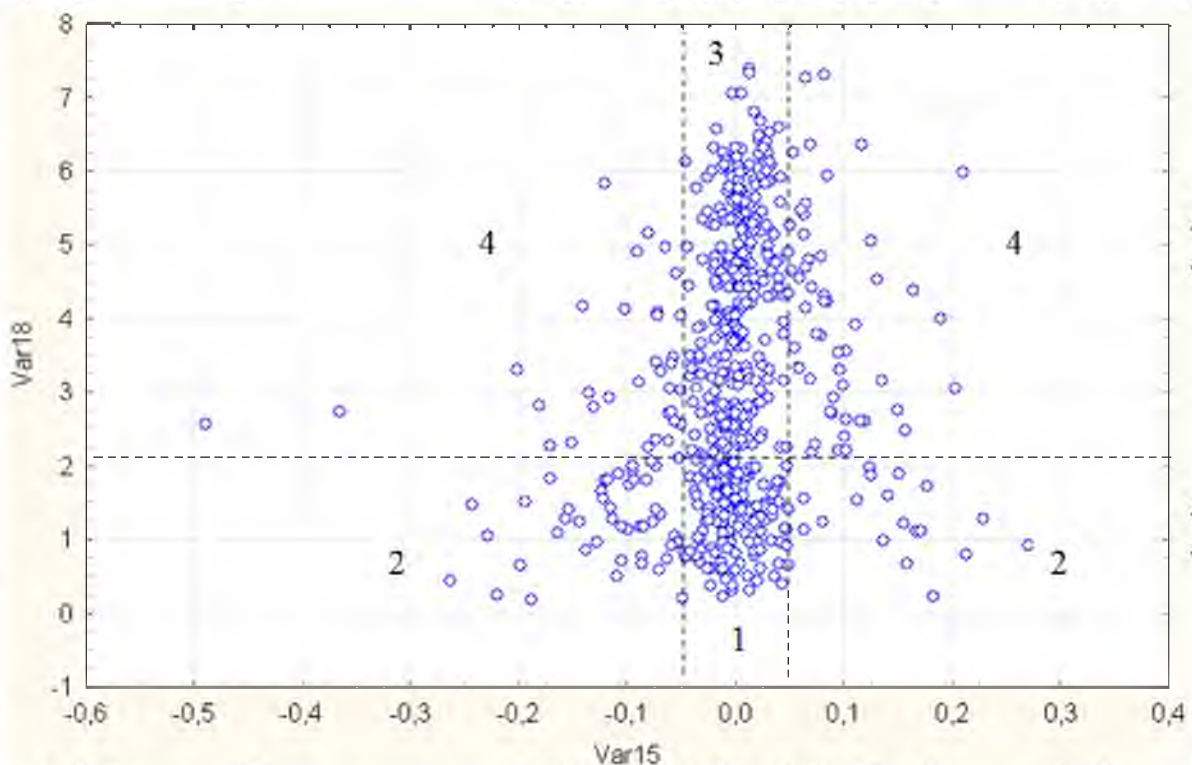


Рис. 2.4. Схема розподілу вихідних даних основних (апріорних) ознак температурних збурень на півдні України за 10 років спостережень:

Var15 – коефіцієнт b лінійного тренду $a+b \cdot t$, °C/год.; Var18 – амплітуда гармонічної складової, °C; 1, 2, 3 та 4 – позначення областей, обмежених штриховими лініями, до яких потрапили об'єкти 1-го, 2-го, 3-го та 4-го класів відповідно.

До п'ятого окремого класу виділяємо такі об'єкти, для яких характерні значення $\geq 20^\circ\text{C}$ і більше (це було зазначено вище) незалежно від того, до якого класу вони (ділянки) потрапили у результаті кластерного аналізу. Схематично розподіл об'єктів за 5-ма класами зображено на рис. 2.4.

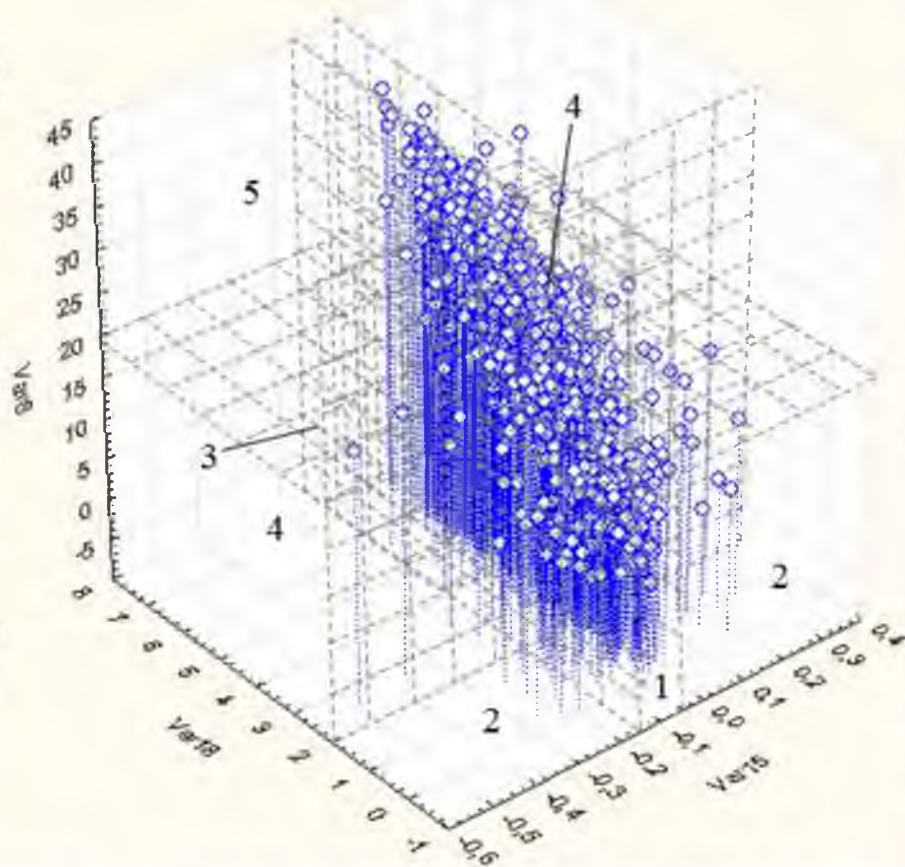


Рис. 2.4. Схема розподілу вихідних даних основних апріорних ознак температурних збурень на півдні України за 10 років спостережень за класами Var8 – максимальне значення температури на ділянці, °C; Var15 – коефіцієнт b лінійного тренду $a+b \cdot t$, °C/год.; Var18 – амплітуда гармонічної складової, °C; 1, 2, 3, 4 та 5 – позначення областей у просторі координат Var8, Var15 та Var18, обмежених площинами, до яких потрапили об'єкти 1-го, 2-го, 3-го, 4-го та 5-го класів відповідно.

Отже, до 1 класу температурних збурень відносяться такі об'єкти, які є ділянками стаціонарного випадкового процесу і характеризуються значеннями сталого математичного сподівання, тобто лінійним трендом, паралельним вісі часу (рис. 2.5).

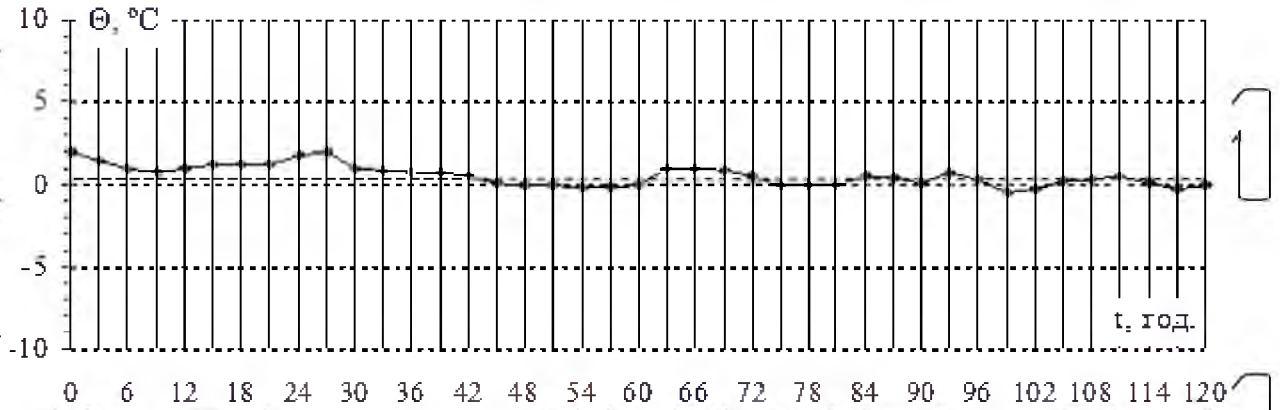


Рис. 2.5 Зміни температурних збурень у часі, що вважаються реалізаціями стаціонарного випадкового процесу із сталим математичним сподіванням (1 клас)

Існують такі ділянки змін збурень температури, що характеризуються змінним математичним сподіванням. Крім того, вказані зміни завжди апроксимуються прямими лініями (рис. 2.6, 2.8). Другий клас температурних

збурень поєднує ділянки із випадковими коливаннями та змінним математичним сподіванням (рис. 2.6).

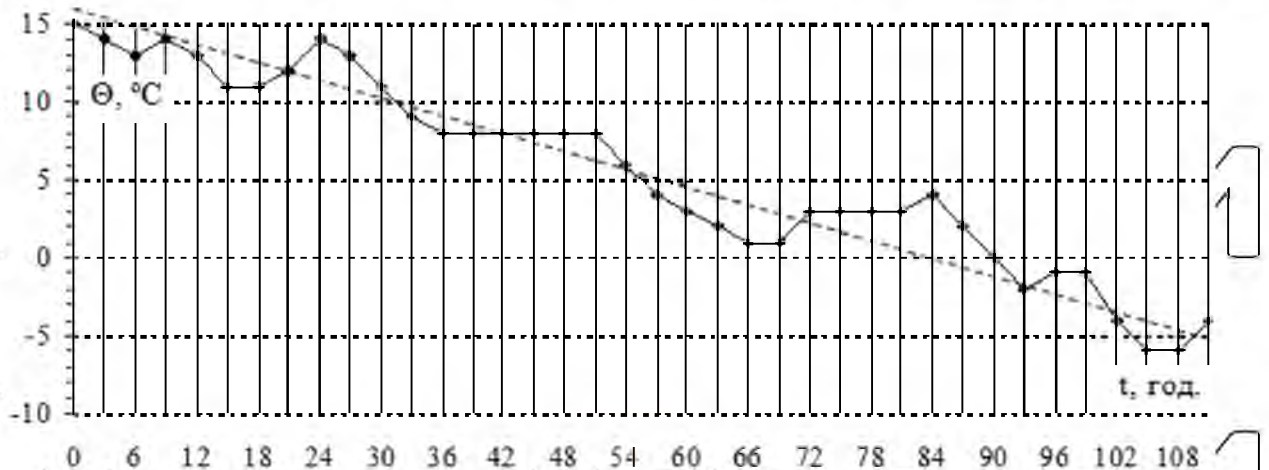


Рис. 2.6. Зміни температурних збурень у часі, які слід вважати реалізаціями стаціонарного випадкового процесу із змінним математичним сподіванням (2 клас)

До третього класу відносяться такі ділянки, де до випадкових складових додається гармонічна, яка виникає під дією регулярних добових змін температури (рис. 2.7).

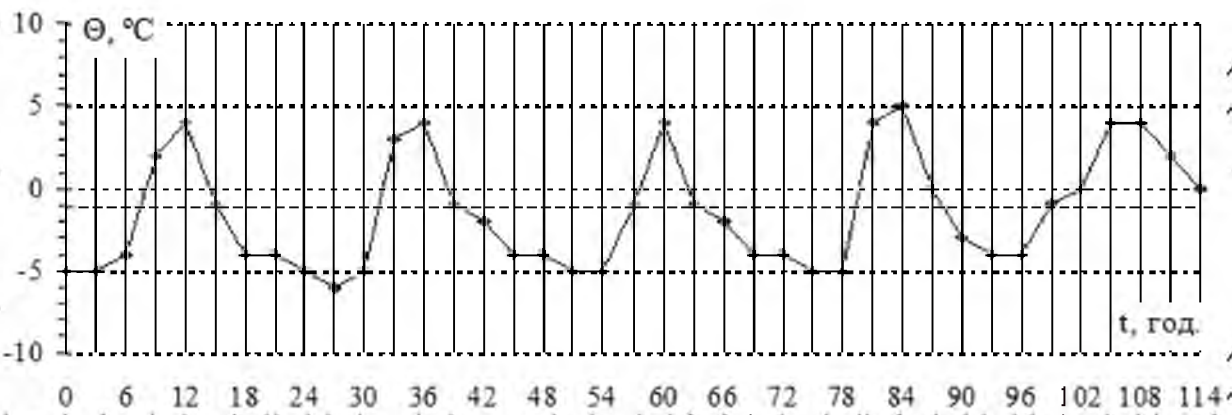


Рис. 2.7. Зміни температурних збурень у часі, які, крім випадкової, мають детерміновану складову з постійним добовим періодом і усередненою амплітудою коливань, сталим математичним сподіванням (3 клас)

До четвертого класу належать ділянки, які характеризуються змінним математичним сподіванням, випадковими коливаннями та наявністю гармонічних складових (рис. 2.8).

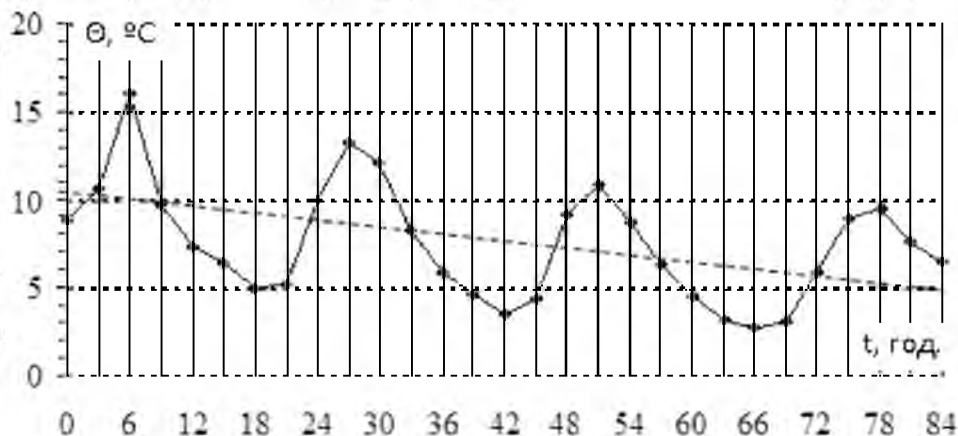


Рис. 2.8. Зміни температурних збурень у часі, що вважаються реалізаціями стаціонарного випадкового процесу із періодичними коливаннями та змінним математичним сподіванням (4 клас)

І нарешті, 5-ий клас збурень, який характеризується лише значеннями температури і не залежить від характеру її зміни. Він визначається залежно від кросу птиці, конструктивних особливостей і потужностей технічних пристроїв системи керування. У такого класу збурень визначальним є значення максимальної температури ділянки збурень. При появі таких ділянок усі виконавчі пристрої встановлюють максимальну потужність, і це є єдиною так званою стратегією керування. Тут і надалі під стратегією керування розуміється сукупність керуючих дій у системі для досягнення певної мети, у нашому випадку – максимального прибутку при виробництві курячих яєць.

Варто зауважити, що серед реалізацій температурних збурень за зазначені 10 років мають місце ділянки переходу, на яких за порівняно короткий час (5...10 год.) трапляються значні зміни температури (5...15 °С), які не можна віднести до жодного з перелічених класів. Тому до описаної вище системи образів додамо ще один клас під назвою «Нерозпізнаний образ». Проте такі ділянки становлять не більше 2 % усього часу. Упродовж цих проміжків доцільно реалізовувати стратегію керування у вигляді стабілізації температури повітря на рівні максимальної продуктивності біологічного об'єкта.

Однією з робочих ознак кожного образу класів є середнє значення температури повітря, значення якого у суміжних образах відрізняється на 1 °С. Враховуючи можливі зміни температури на даній території за цим показником кожний клас буде мати 45 образів. Але при однаковому середньому значенні температури можливі різні флуктуації й різна залежність появи цих флуктуацій.

Для визначення ймовірності появи різних флуктуацій проаналізовано понад 500 кореляційних функцій різних ділянок, які показали, що за

величиною флуктуації ділянки можуть бути віднесені до двох основних груп.

Перша група характеризується незначними відхиленнями, які при $\pm 2\sigma$ (σ – середньоквадратичне відхилення) залишаються в межах, менших ніж $\pm 3^\circ\text{C}$ (у

середньому $\pm 2^\circ\text{C}$). Друга група з досить значними відхиленнями: 2σ

становить у середньому $\pm 5^\circ\text{C}$. Ймовірності появи відхилень першої і другої

груп становлять відповідно 0,65 і 0,35. Що стосується зміни залежності появи флуктуацій, то за цим показником поділяти образи немає необхідності.

Залежність появи флуктуацій визначається коефіцієнтом у показнику степеня

α в формулах (2.11, 2.12). Найбільші значення цього показника не

перевищують 0,524, а це значить, що залежність зміни температурних збурень

зникає приблизно через 17 год., тоді як у пращинку ця залежність зникає не пізніше, ніж через 1 год. навіть при мінімальному повітряному обміні.

Таким чином, кожен з чотирьох класів повинен складатись з 90

образів, які характеризуються середнім значенням температури і величиною

дисперсії флуктуацій. Останній клас має тільки один образ, який характеризується максимальною температурою $\theta_{max} = 20^\circ\text{C}$. Усього – 361

образ, що описує усі можливі збурення. Для класів з відмінними від нуля

детермінованими складовими, крім статистичних характеристик, повинні бути

визначені ще й параметри детермінованих складових, як от амплітуда регулярних коливань та коефіцієнти лінійного тренду.

Одним із найважливіших параметрів при прогнозуванні природних

коливань температури повітря є довжина реалізації температурних змін,

характеристики якої можна оцінити з необхідною точністю. Прогнозування на

короткі проміжки часу або взагалі миттєві значення збурень не дозволяють застосовувати значну кількість можливих стратегій керування, з яких

вибирається найбільш ефективна. Єдиною стратегією у цих випадках є

стратегія стабілізації температурного параметра в технічному об'єкті на рівні,

який забезпечує найефективніше керування. Тому бажано, щоб часовий

відрізок прогнозованої ділянки температурної реалізації був якомога довшим.

Метеоспостереження показують, що кожна майбутня подія залежить від попередніх метеоумов, хоча ця залежність слабшає з подовженням інтервалу часу між послідовними подіями. Характерна особливість метеоподій полягає в їх прагненні з'являтися переважно групами, іншими словами, ізольована їх поява спостерігається рідко.

Введемо поняття стійкості метеоподій. Стійкість є проявом, так званої, метеорологічної інерції або тенденції атмосферної циркуляції до збереження свого стану. У роботі [] наводяться приклади кількісної оцінки стійкості метеоподій за Бекконом та іншими дослідниками. Розглядається серія подій як неперервна послідовність появи подій. Показано, що стійкість метеосистеми можна застосовувати для оцінки стійкості разом із довжиною серії подій. Передбачалось для розуміння ефекту стійкості розглянути число серій різної довжини, очікуваних в ряді, де стійкість відсутня. Однак, такий підхід не дозволив нам оцінити ймовірність появи серій різної довжини в реальних реалізаціях температурних полів.

Тому нами запропоновано дещо інший підхід до визначення появи серій з однаковими подіями. Вихідним для визначення серій є квартална реалізація зміни температурного поля, тому що, по-перше, квартал має приблизно однаковий характер зміни температур, по-друге, його реалізація досить тривала, і вплив обривів температур в кінці кварталу майже не позначається на накладці різних серій, як це мало б місце, наприклад, на реалізації тривалістю 1 місяць. Після цього реалізація поділяється на ряд ділянок, кожна з яких характеризується приблизно постійним математичним сподіванням і коливаннями приблизно з однаковими показниками як за величиною, так і за точністю появи ().

Кожна спостережувана ділянка є серією, що складається з певної кількості діб; при цьому кожна доба описується однаковими характеристиками. Дані про спостережувані ділянки наведені в табл. 2.1.

Далі визначається кількість серій по n діб, які укладаються в кожну спостережувану серію. Сума всіх серій по n діб заноситься до наступного

рядка табл. 2.1. В останньому рядку таблиці визначається ймовірність появи кількості діб, яка належить сукупності діб в серіях з n діб.

Таблиця 2.1
Ймовірності появи кількості діб за 3 місяці спостережень у серіях по n діб

Показники	Серії з n діб																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Досліджуваний інтервал	жовтень, листопад, грудень																	
Спостережувані серії	0	2	0	4	3	3	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Кількість серій по n діб	92	44	25	19	11	8	4	4	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Ймовірність появи кількості діб в серіях з n діб	1	0,956	0,815	0,826	0,6	0,52	0,3	0,35	0,29	0,11	0,12	0,13	0,14	0	0	0	0	0

Для прийняття рішення з керування умовами утримання біологічних об'єктів, як уже відзначалось, бажано брати найтривалішу серію, але необхідно, щоб ймовірність кількості діб в цих серіях була досить значною. За даними табл. 2.1 очевидно, що це є серія з 4 діб.

Як показують розрахунки, ймовірність появи кількості діб у серіях з 4 діб завжди перевищує 0,7, тому для прийняття рішень з керування температурними параметрами у пташниках було прийнято 4-добову ділянку реалізації температурних полів.

2.2. Особливості прийняття рішень з керування енергетичними потоками

У процесі промислового утримання курей-несучок на пташник (об'єкт керування) визначальний (для системи керування виробництвом) вплив здійснюють зовнішні метеорологічні умови []. Як було показано вище, вони носять стохастичний характер і не можуть бути точно визначеними та передбаченими. Таким чином, у ході технологічного процесу доводиться приймати керуючі рішення в умовах невизначеності. У такій ситуації статистичні ігри є основним підходом в теорії прийняття рішень, що було доведено А. Вальдом [], якого вважають творцем сучасної теорії статистичних рішень.

Статистичні моделі представляють собою гру двох сторін (людини і природи) з використанням людиною додаткової статистичної інформації про стани природи. У ширшому розумінні під «природою» розуміють сукупність невизначених факторів, які впливають на ефективність рішень, що приймаються. Такими чинниками можуть вважатися як навколишнє середовище, погодні умови у даному районі, так і умови ринку, які визначають попит на продукцію, обсяг перевезень, певне поєднання виробничих факторів тощо []. У даній системі керування під природою мається на увазі зовнішні метеорологічні умови, зокрема температура повітря як основний вид збурення на об'єкт керування.

Статистична гра (гра з природою) суттєво відрізняється від антагоністичної гри двох осіб з нульовою сумою, де виграш одного рівний програшу іншого []. Ситуація в грі з природою не має вираженого конфліктного забарвлення: ніхто нікому не протидіє. Природа не є розумним гравцем, який намагається вибрати для себе оптимальні стратегії. Цей гравець не зацікавлений у виграші. Невідомі умови (метеорологічні фактори) зовнішнього середовища залежать не від свідомої і активної протидії суперника, а від об'єктивної дійсності. Інша справа – людина, у даному випадку статистик. Вона переслідує мету виграти гру з уявним суперником, тобто з природою.

Гравець-природа не вибирає оптимальної стратегії, зате статистик повинен прагнути до визначення ймовірностей станів природи або застосувати деяку оптимальну стратегію, яка дозволить отримати найбільший виграш або найменший програш []. Природа діє абсолютно випадково, можливі стратегії визначаються як її стани (у нашій системі керування – реалізації температурних змін протягом часового інтервалу). Отже, основними відмінностями статистичної гри від стратегічної є такі:

- відсутність прагнення до виграшу у гравця-природи, тобто відсутність антагоністичного противника;

- можливість другого гравця – статистика виконати статистичний експеримент для отримання додаткової інформації про стратегії природи.

Варто зауважити, що статистиком або другим гравцем у нашому випадку є система керування із програмним забезпеченням, якій людина доручає здійснювати керуючі дії за розробленим алгоритмом.

Таким чином, теорія статистичних рішень є теорією проведення статистичних спостережень, їх обробки та використання []. що було виконано у даній роботі для створення системи образів природних температурних збурень. Процес зміни температури повітря для певної території визначається повторюваними ситуаціями (безперервна послідовність (квазі)стаціонарних ділянок температурних змін), тому його усереднені характеристики володіють тенденцією до стабілізації, і з'являється можливість використання методів дослідження і прогнозування стаціонарних випадкових процесів, що було успішно застосовано для розробки системи керування. Запропонована методика дозволяє достатньо точно передбачити образ (тенденцію) зміни температури повітря протягом найближчих декількох діб. Таким чином вдається отримати деяку інформацію про можливі стратегії природи і частково усунути повну невизначеність появи температурних збурень. Проте

обчислити ймовірності появи стратегій природи (часових реалізацій температурних флуктацій), маючи дані десятирічних спостережень для

території досліджуваного пташника, неможливо. Для цього необхідно проаналізувати принаймні сторічну статистику даного показника.

Гра з природою є парною матричною грою, описується матрицею, як і скінченна антагоністична гра [1]. Елементами такої матриці у даній системі керування є величини прибутків, які можна отримати при застосуванні відповідних стратегій керування при появі тих чи інших стратегій природи. Детальне представлення матриці та її аналіз наведено далі.

Оскільки при передбаченні температурних збурень імовірності появи стратегій природи (чіткі представлення реалізацій змін температури повітря у часі) невідомі, для вибору оптимальних стратегій керування можна використовувати такі критерії: недостатньої підстави Лапласа, песимізму-оптимізму Гурвіца, Ходжа-Лемана, мінімаксного ризику Севіджа, максимаксу або максимінний критерій Вальда [1]. У зазначеній низці підходів від

крайнього песимізму до нестримного оптимізму компромісним є критерій Гурвіца помірною оптимізму або узагальненого максимуму. Він рекомендує при прийнятті рішень не керуватися крайніми позиціями песимізму і оптимізму, а міру останнього вибирати виходячи із властивостей системи (у нашому випадку – це точність передбачення стратегій природи, особливості біологічного об'єкту, його здатність до адаптації до оточуючого середовища тощо). Тому для аналізу платіжної матриці гри з природою і вибору оптимальної стратегії керування при розробці системи було вибрано саме критерій Гурвіца. Механізм його функціонування описано нижче.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ

НУБІП України

Для забезпечення роботи алгоритму керування системою враховуючи позиційний закон регулювання обираємо програмуємий логічний контролер CPU 1214C DC/DC/DC 6ES7214-1AG40-0XB0 фірми Siemens.



Рис. 3.1. Програмуваний логічний контролер, CPU 1214C DC/DC/DC

6ES7214-1AG40-0XB0

Тип	CPU 1214C DC / DC / DC
Програмного забезпечення	Step 7 V10.5 або вище
Номинальне значення (DC)	24 V
допустимий діапазон, нижня межа (DC)	20,4 V
допустимий діапазон, верхня межа (DC)	28,8 V
Споживання струму, макс.	1,5 А; 24 В постійного струму
Потік струму, макс.	12 А; на 28,8 В постійного струму

Втрата потужності, тип.	12 Вт
Час спрацювання бітових операцій	0,1 мкс; / Операція
- для операцій зі словом	12 мкс; / Операція
- для арифметики з плаваючою точкою	18 мкс; / Операція
Кількість цифрових входів	14; Інтегрований
Кількість цифрових виходів	10
Аналогові входи	
Кількість аналогових входів	2
Кількість аналогових виходів	0
Тип інтерфейсу	PROFINET
Фізичний	Ethernet
Ізольований	Так
Протоколи	
PROFINET ІО контролер	Так
Підтримує протокол для PROFINET ІО	Ні
PROFIBUS	Ні
AS-інтерфейс	Ні
Протоколи (Ethernet)	
• TCP / IP	Так
Відкрите зв'язок ІЕ	
• TCP / IP	Так
• ISO-ой-TCP (RFC1006)	Так
ПІД-регулятор	Так
IP20	Так
Вага, прибл.	415 g

3.2. Вибір первинних перетворювачів

Первинний вимірювальний перетворювач (датчик) рекомендується підбирати таким чином, щоб забезпечити можливість його підключення до обраного електронного пристрою, особливу увагу необхідно приділяти швидкодії, чи інерційності вимірювального перетворювача, яка характеризується його постійною часу ТПВП.

3.2.1. Датчик температури

Датчики температури - це пристрої, які представляють собою напівпровідникові резистори, що мають негативний температурний коефіцієнт опору (ТКС), - це опір змінюється в залежності від тієї чи іншої температури навколишнього середовища. Якщо порівнювати металеві терморезистори і напівпровідникові то другі мають раз в 10 більше значення ТКС, тобто зміна температури впливає на різку зміну їх опору.

Беручи до уваги затребувані для системи параметри, підходить наступний (рис. 3.2.):



Рис. 3.2 Датчик температури Pt100

Технологія: Pt100, реостатний;

Інші характеристики: з мінеральною ізоляцією;

температура: МІН.: -50 °С (-22 °F); МАКС.: 400 °С (752 °F)

3.2.2. Датчик якості повітря

Датчик якості повітря фіксує вологість повітря, концентрацію вуглекислого газу та азоту. Принцип дії датчика побудований на зміні електричних властивостей окремих матеріалів (оксид вольфраму, оксид олова) при контакті з повітрям навколишнього середовища.

Датчик типу QPM2102D повністю задовольняє потреби системи.



Рис. 3.3. Датчик якості повітря QPM2102D

Глибина занурення: 70 ... 135 мм

Робоча напруга: AC 24 V, DC 15 ... 35 V

Споживана потужність: 2 ВА

Аналоговий вихід, сигнальний: DC 0 ... 10 V

Діапазон вимірів: CO₂: 0 ... 2000 ppm, CO₂ + VOC: 0 ... 2000 ppm

Макс. швидкість потоку: ≤ 10 м / с

Температура навколишнього середовища, робота: -5 ... 45 °C

Дисплей: LCD

Постійна часу: CO₂: < 5 хв., Вологість: < 20 с, Температура: < 3.5 хв.

Електричні підключення: гвинтові затискачі

Клас захисту: IP54

Розміри (Ш x В x Г) 80 x 88 x 243 мм.

3.2.3. Вибір виконавчих механізмів

Інфрачервоний обігрівач фірми «БІОЛЮКС» П4000 призначений для опалення промислових. Дана модель - старша в торговому ряду промислового довгохвильового обладнання Білюкс. Основне призначення П4000 - опалення виробничих площ.

Технічні характеристики:

Потужність номінальна, 3600 Вт

Потужність споживана 1300Вт.

Напруга, 400/50 В/Гц

Габаритні розміри 1540/436/42мм

Вага, 20,4 кг

Опалення, до 40 м² (основне)

Опалення, до 80 м² (додаткове)



Рис. 3.4. Інфрачервоний обігрівач П4000

Підтримання оптимальної вологи та складу повітря відбувається завдяки системі вентиляції, де виконавчим механізмом виступають осьові вентилятори Турбоvent ВСХ. Вентилятори, які застосовуються в сільському господарстві, переважно для тваринництва (птахоферми, кролікоферм, корівники, свиноферми і т.д.), в інших приміщеннях с / г призначення, а також в кухнях, складах, де немає їдкою, легкозаймистого повітря. Найкраще підходять для приміщень, де створюється відхінний біогаз.

Основні особливості осьових промислових вентиляторів Турбовент ВСХ: висока продуктивність (до 44500 м³/год); відносно низький рівень шуму; економічність; водонепроникність; пилонепроникність; зручність при експлуатації.

Технічні характеристики

Модель: ВСХ 44.5

Швидкість обертання: 450 об/хв

Продуктивність: 44500 м³/год

Шум: 65 ДБ

Потужність: 11кВт

Напруга живлення: 220/380 В

Вага: 87 кг

Діагональ: 50 дюймів

Розміри: 1380x400x1380 мм.



3.3. Вибір панелі візуалізації

Для полегшення і точного контролю роботи, розроблена візуалізація всього процесу, для цього потрібна HMI панель з екраном в кольорі та певних розмірів. HMI панель фірми Siemens SIMATIC HMI TP700 Comfort, задовольняє потреби.



Рис. 3.6. SIMATIC HMI TP700 Comfort

Модель дисплея	TFT 7"и
Діагональ екрану	152,4 mm
Ширина дисплея	91,4 mm
Висота дисплея	167,77 216
Число кольорів	пост. струм
Вид напруги живлення	24 V
Номінальне значення (пост. струм)	19,2 V
Допустимий діапазон, нижня межа (пост. струм)	28,8 V
Допустимий діапазон, верхня межа (пост. Струм)	0,5 A
Споживання струму (номінальне)	12 V
Нормальна споживана потужність	X86
Тип процесора	

3.4. Розробка програмно-апаратного забезпечення для реалізації алгоритму керування із використанням контролерів

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) – інтегроване середовище розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів від рівня приводів і контролерів до рівня людсько-машинного інтерфейсу. Являється витісненням концепції комплексної автоматизації та повністю розвинуеного сімейства систем автоматизації Simatic компанії Siemens AG.



Фиг. 3.7. Головне меню TIA Portal

У TIA Portal інтегровано наступні програмні пакети:

- Simatic Step 7 для програмування контролерів S7-1200, S71500, S7-300, S7-400 і WinAC;
- Simatic WinCC для розробки людино-машинного інтерфейсу (від найпростіших кнопоквих панелей до складних змін рівня SCADA);
- Sinamics StartDrive для параметрування, програмування та діагностики приводів Sinamics.
- Simatic PLC SIM - симулятор PLC
- Simatic Step 7 Safety
- Simatic Visualization Architect
- Simatic Energy Suite

Розробка програмного забезпечення на прикладі автоматичного режиму. Для розробки коду використано програмний пакет Simatic Step 7, який є частиною TIA Portal.

Основна частина коду знаходиться в додатках, представлений далі код відповідає автоматичній роботі системи, тобто, головний режим.

Спочатку було розроблено схематичний алгоритм керування, аби від початку бачити процес і не допускати помилок далі.

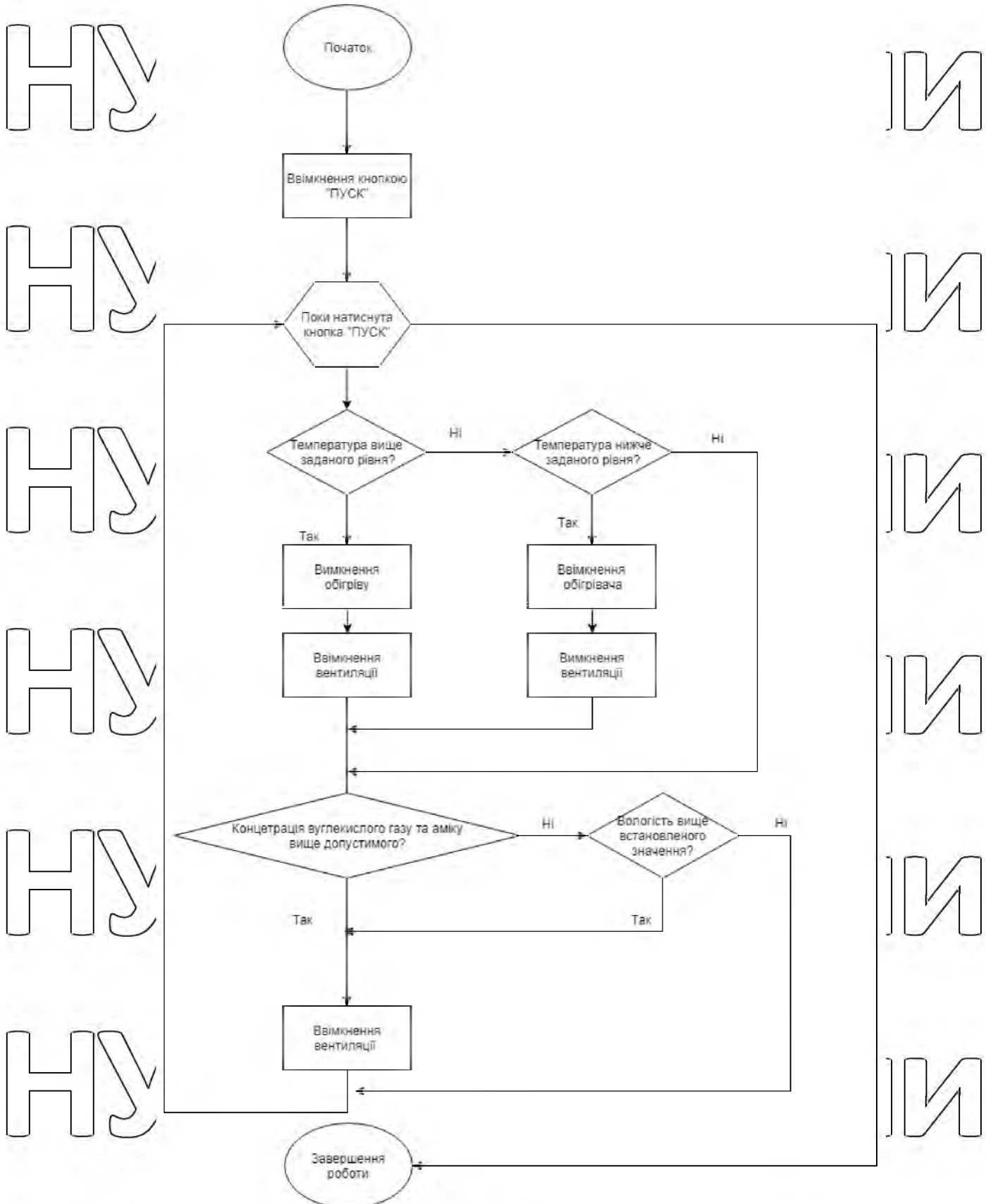


Рис. 3.8. Алгоритм керування

3.5. Структура бази даних для реалізації стратегій керування

Особливістю сучасних систем автоматизованого керування технологічними процесами і виробництвами є використання великих обсягів інформації, яка використовується як у режимі реального часу для прийняття миттєвих рішень та контролю за роботою системи, так і для аналізу і статистичної обробки даних та вироблення нових стратегій роботи системи.

Із зростанням обсягу інформації зростає час доступу до неї і, відповідно, час, необхідний для прийняття рішення щодо керування робочим процесом, тобто, час реакції системи. Але останній обчислюється заздалегідь, виходячи з особливостей того чи іншого технологічного процесу або виробництва, і перевищувати його не допустимо.

Тому можна стверджувати, що для сучасних систем автоматизованого керування важливою і актуальною є задача оптимізації технології збереження і доступу до даних.

Розроблена система керування передбачає фіксацію даних, отриманих з датчиків температури, вологості, лічильників витрат електроенергії, кормів, води, та на основі цих даних прийняття рішень щодо керування мікрокліматом у пташнику. Одночасно із заданого керування реалізується моніторинг роботи системи, який дозволяє:

- 1) контролювати всі робочі параметри системи;
- 2) отримувати статистичні звіти за певний період функціонування пташника;
- 3) прогнозувати зміни деяких важливих параметрів (таких як витрати електроенергії, кормів, води);
- 4) прогнозувати величину прибутку пташника тощо.

Таким чином, інформаційне забезпечення системи має бути спільним інформаційним простором як для задач керування, так і для задач моніторингу роботи системи [135].

Організаційно інформаційне забезпечення зберігається на потужному промисловому комп'ютері, який може знаходитися як у приміщенні пташника, так і в окремому приміщенні, наприклад у будівлі адміністрації птахівничого заводу.

Для створення та керування інформаційним забезпеченням використано СУБД (система управління базою даних) Microsoft SQL Server. Вона дозволяє розробити структуру інформаційного забезпечення у вигляді нормалізованих таблиць, забезпечує швидкий доступ до даних на рівні транзакцій, гарантує безпеку даних та управляє синхронізацією інформації. Інформація, яка зберігається у базі даних, може використовуватися багаторазово різними користувачами з різних робочих місць.

На ефективність роботи бази даних найбільше впливає гнучкість структури інформаційного забезпечення. При розробці структури інформаційного забезпечення, тобто структури бази даних, було детально проаналізовано проблемну область і всі задачі, які необхідно розв'язувати у процесі функціонування системи в цілому.

1. Задача фіксації значень параметрів мікроклімату у пташнику.

Температура повітря, як було зазначено вище, вимірюється трьома датчиками – два температурних датчики розташовані усередині пташника, один – зовні. Відносна вологість вимірюється одним датчиком. Він розташований усередині пташника. Покази з цих первинних перетворювачів передаються на комп'ютер, на якому спеціальним програмним забезпеченням заносяться до бази даних.

2. Задача фіксації параметрів ефективності процесу утримання курей-несушок. Фактори, що впливають на економічну ефективність функціонування пташника, можуть бути зведені до трьох змінних експлуатаційних параметрів.

Позитивний вплив на економічну ефективність пташника здійснює підвищення продуктивності курей. Негативно впливає підвищення витрат кормів, води і збільшення споживання електроенергії.

3. Задача визначення цінових показників. Для розрахунку значення прибутку у процесі виробництва курячих яєць мати величини вартостей електроенергії, кормів та яєць. Ці дані вводяться у базу даних оператором пташника щоразу, як тільки вони змінюються.

4. Задача визначення стратегій керування. Програмне забезпечення, що встановлено на комп'ютері та керує інформаційним забезпеченням, дозволяє вводити нові стратегії керування та змінювати існуючі.

5. Задача розпізнавання образів природних температурних коливань. Вибору оптимальної стратегії передуює визначення температурного збурення.

Для реалізації алгоритму розпізнавання образів у базі даних передбачено таблицю *Parameters_Realization*, яка містить статистичні та детерміновані характеристики можливих температурних збурень. Кожен температурний образ визначається своїм кодом (*Code_realiz*), номером класу (*Frame*), тривалістю (*Duration*), математичним сподіванням (*Tangens* і *Koef_1*), параметрами періодичної складової реалізації (*Amplitude* і *Faza*), дисперсією нормалізованої реалізації (*Dispersy*), середньоквадратичним відхиленням нормалізованої реалізації (*Sx2*), параметрами кореляційної функції нормалізованої реалізації (*Koef_2* і *Frequency*), коефіцієнтами передаточної функції формуючого фільтра для відтворення образу (*Koef_3*, *Koef_4*, *Koef_5*, *Koef_6*).

Структуру таблиці *Parameters_Realization* із вищезазначеними характеристиками представлено на рис. Е.6.

Програмне забезпечення алгоритму розпізнавання образів розроблено на мові C++ у середовищі CodeGear RAD Studio. Воно, програмне забезпечення, виконує функції реалізації зв'язку з нижнім рівнем, яке представлено контролером, внесення інформації про параметри роботи системи до бази даних та виконує спеціальні сервісні функції.

Для реалізації алгоритму розпізнавання образів розроблено додатковий програмний модуль «Розпізнавання образу», який інтегровано у загальне

програмне забезпечення системи керування. Інтерфейс роботи з цим модулем представлено на рис. 3.9.

Имя столбца	Тип данных
Code_realiz	nvarchar(4)
Date_1	datetime
Date_2	datetime
Time_1	datetime
Time_2	datetime
Frame	nvarchar(50)
Duration	real
Tangens	real
Koef_1	real
Amplitude	real
Faza	real
Dispersy	float
Sx2	float
Koef_2	float
Frequency	real
Koef_3	real
Koef_4	float
Koef_5	real
Koef_6	real

Рис. 3.9. Структура таблиці *Parameters_Realization*

Прогноз УГМЦ або вводиться оператором пташника, або отримується з сайту УГМЦ за допомогою спеціального програмного забезпечення. Цей прогноз у вигляді чотирьох значень (мінімальна і максимальна денна температура, мінімальна та максимальна нічна температури повітря) зберігається у таблиці PREDICTION.

Після того, як образ визначено, результати заносяться до таблиці PATTERN.

6. Задача вибору оптимальної стратегії керування. Вибір оптимальної стратегії базується на можливості попереднього розрахунку параметрів ефективності, які відповідають комбінаціям стратегій керування та стратегій природи. Для збереження цієї інформації використовуються таблиця EFFECT_PARAM. Назви можливих стратегій керування та стратегій природи зберігаються відповідно у таблицях STRATEG_CONTROL та STRATEG_NATURAL.

7. Задача загального керування базою даних. База даних потребує коректного і надійного супроводу. Крім того, система, для якої вона створюється, розвивається, доповнюється, а це вимагає розробки додаєкових таблиць. Тому було розроблено таблиці, що описують структуру бази даних, можливі команди керування та останню версію системи.

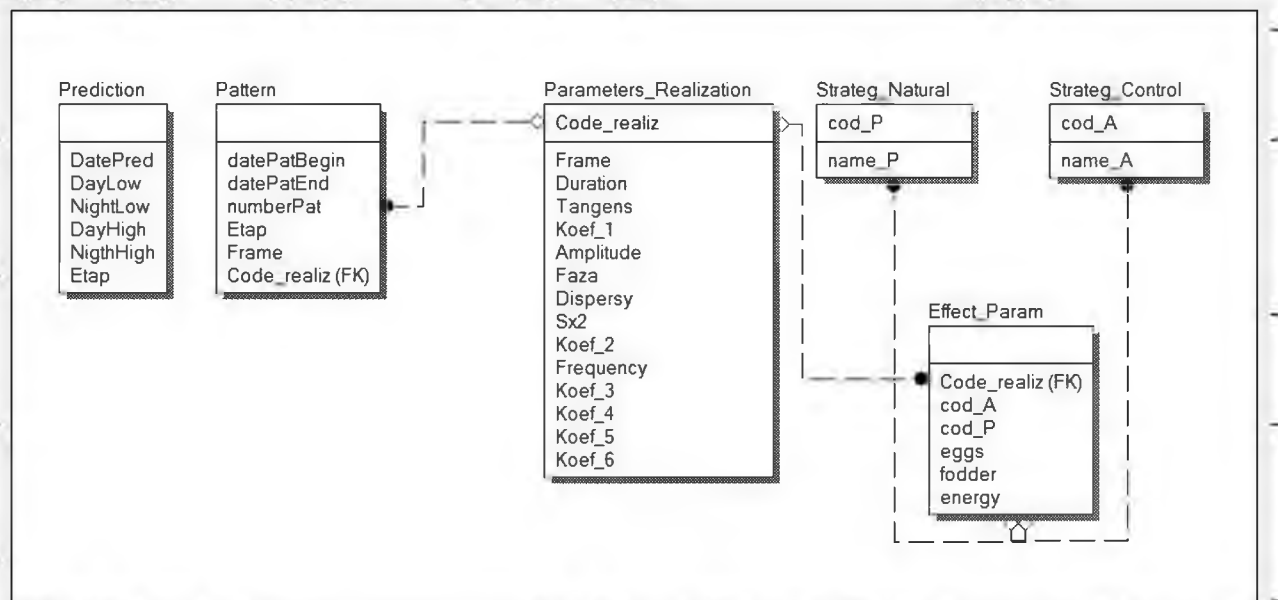


Рис. 3.10. Діаграма моделі даних «Оптимальне керування»

Отже, інформаційне забезпечення розробленої системи представлено реляційною базою даних у третій нормальній формі.

Для керування базою даних, введення, пошуку та зміни даних розроблено спеціальне програмне забезпечення, яке з одного боку виконує усі перераховані вище задачі, а з іншого – виконує задачі зв'язку між системою та людиною (оператором пташника), тобто реалізує інтерфейс системи.

Як було зазначено вище, нижній рівень комп'ютерно-інтегрованої системи побудовано на базі промислового контролера ICP CON I-8837 виробництва компанії ICP DAS. Даний засіб є порівняно недорогим і використовується для керування невеликими та середніми промисловими об'єктами. Він відрізняється високим рівнем надійності, функціональністю, простотою експлуатації. Окрім того, такий контролер є PC-сумісним, що

надзвичайно важливо для налагодження роботи системи, передачі даних до структур системи вищого рівня.

Програмування ICP CON I-8837 може виконуватися двома шляхами: за допомогою Borland C++ та з використанням SoftLogic-системи ISaGRAF.

Проте ISaGRAF досить дорогий програмний пакет, який поставляється окремо від контролера, тому його застосування вимагає значних додаткових витрат на розробку системи керування, у той час як у середовищі Borland C++ створення програмного забезпечення зовсім не потребує додаткових витрат.

Останній інструмент є гнучким і зручним, часто використовується для програмування подібних автоматичних систем, оскільки володіє широкими можливостями для керування структурами низького, апаратного рівня.

У алгоритмі роботи контролера відсутні цикли взагалі, крім одного основного. Така особливість надзвичайно важлива для уникнення «зависань» програми і, як наслідок, зриву роботи автоматичної системи, яка працює в реальному часі, та порушень у технологічному процесі. Окрім того, усі операції виконуються строго одна за одною без будь-яких затримок та очікувань.

Комплекс операцій, пов'язаних із вимірюванням параметрів і керуванням технологічним обладнанням, тобто тіло основного циклу програми виконується один раз на 30 секунд. Цей час не перевищує сталої часу пташника, в якому встановлено систему.

Повноцінна, коректна робота системи можлива за умов працездатності і функціональності усіх її елементів: датчиків, виконавчих механізмів, робочих органів тощо. Зважаючи на зазначене, обов'язковою є безперервна перевірка працездатності обладнання та сповіщення обслуговуючого персоналу у разі виникнення аварій. Для прикладу у на рис. Е.9 наведено фрагмент програмного аналізу працездатності групи із трьох вентиляторів, де тестуються відповідні вхідні цифрові канали модуля ICP CON I-87054. До цих каналів підключені датчики руху повітря, закріплені на шляху потоків через зазначені вентилятори. У зазначеному фрагменті ManipulateExhausters

змінна, вміст якої у двійковому представленні показує необхідний стан вентиляторів; channel_exhauster_0, 1, 2 – номери каналів на модулі I-87054; E_exhauster_0, 1, 2 – змінні для запису помилок у роботі вентиляторів; D0data_i87054_N0 – змінна, вміст якої у двійковому представленні показує стан датчиків руху; NoError та FailureExhausterChannel – коди помилок, «вентилятор працює/датчикий» і «вентилятор не працює» відповідно.

```

=====
//-----emergency analysys of exhausters-----
//=====
if(((ManipulateExhausters >> channel_exhauster_0) & 0x1) == 1 &&
((ManipulateExhausters >> channel_exhauster_1) & 0x1) == 1 &&
((ManipulateExhausters >> channel_exhauster_2) & 0x1) == 1)
{
    E_exhauster_0 = NoError;
    E_exhauster_1 = NoError;
    E_exhauster_2 = NoError;
    if(((D0data_i87054_N0 >> channel_exhauster_0) & 0x1) != 1)
        E_exhauster_0 = FailureExhausterChannel;
    if(((D0data_i87054_N0 >> channel_exhauster_1) & 0x1) != 1)
        E_exhauster_1 = FailureExhausterChannel;
    if(((D0data_i87054_N0 >> channel_exhauster_2) & 0x1) != 1)
        E_exhauster_2 = FailureExhausterChannel;
}
else
{
    E_exhauster_0 = NoError;
    E_exhauster_1 = NoError;
    E_exhauster_2 = NoError;
    if(((D0data_i87054_N0 >> channel_exhauster_0) & 0x1) != 0)
        E_exhauster_0 = FailureExhausterChannel;
    if(((D0data_i87054_N0 >> channel_exhauster_1) & 0x1) != 0)
        E_exhauster_1 = FailureExhausterChannel;
    if(((D0data_i87054_N0 >> channel_exhauster_2) & 0x1) != 0)
        E_exhauster_2 = FailureExhausterChannel;
}
}

```

Рис. 3.11. Фрагмент програми контролера із аналізом справності групи трьох вентиляторів

Стан працездатності датчиків (температури, вологості, витрат корму) проявляється через вихід їх сигналів за межі допустимих значень (наприклад, 4...20^v mA). Зважаючи на це, варто програмно постійно перевіряти чи потрапляє вимірювана перетворювачем величина у визначений діапазон.

Якщо ні – нехтувати показами цього вимірювача і сповістити про вихід датчика із стану працездатності.

Програма оперує значною кількістю змінних, які повинні бути доступними у будь-якому місці алгоритму, тобто мають бути глобальними.

Проте оперативна пам'ять промислових контролерів має незначний об'єм (у

(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory – постійно запам'ятовуючий пристрій з можливістю перепрограмування та електричного видалення даних) у вигляді ASCII-коду (American Standard Code for Information Interchange – американський стандартний код для інформаційного обміну), який відповідає такому символу. У першому рядку зазначені поля позначають наступне: «010» – номер стратегії; «-15.0» – значення зовнішньої температури, при якій відпрацьовується дана стратегія; «000» – стан групи торцевих вентиляторів (0 – вимкнений, 1 – ввімкнений); «0000» – частота обертання торцевих вентиляторів; «0000000» – стан вентиляторів, установлених на стелі пташника; «00» – ступінь повороту заслінок бокових вентиляційних отворів у відсотках від максимального відкриття. Механізм корекції стратегій під час функціонування системи передбачено у програмному забезпеченні високого рівня і протоколі обміну між системним контролером та промисловим комп'ютером.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ОХОРОНА ПРАЦІ

Електробезпека. Монтаж та експлуатація електрообладнання повинні виконуватися згідно з стандартами і нормативно-правовими актами з охорони праці та експлуатаційної документації на нього.

Безпечність електроустановок повинна забезпечуватися:

- надійністю ізоляції;
- безпечним розміщенням струмопровідних частин;
- заземленням або зануленням корпусів електрообладнання.
- попереджувальною сигналізацією, блокуванням, знаками безпеки;

Усі заново під'єднані, реконструйовані електроустановки повинні підлягати приймально-здавальним випробовуванням і прийманню комісією відповідно до діючих положень.

Уведення в експлуатацію електроустановок можливе тільки за наявності відповідного електротехнічного персоналу і призначеної особи, яка відповідає за електрогосподарство.

Працівники, які обслуговують електроустановки, повинні знати вимоги нормативно-правових актів у межах своєї компетенції.

На кожну електроустановку в підприємстві, крім технічної документації з експлуатації, має бути затверджена проектна документація, акт здачі електроустановки в експлуатацію, паспорт на обладнання, апаратуру й прилади, виконавча схема електричних з'єднань, блокувань, сигналізації, розміщення, протоколи електричних випробувань, вимірів, налагодження окремих пристроїв тощо.

Струмовеідучі частини електроустановок повинні мати захист від випадкового доторкання.

Усі електродвигуни повинні бути заземлені і мати відповідний захист від короткого замикання й перевантажень.

Металеві частини електроустановок 380/220 В із глухозаземленим нульовим проводом, які можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції, повинні заземлюватися відповідно до Правил улаштування електроустановок.

Забороняється влаштування заземлювачів у місцях проходу людей і тварин, на вході у приміщення, на вигульних майданчиках.

Зовнішні електропроводки в місцях, де вони можуть піддаватися дії механічних пошкоджень, повинні прокладатися у сталених або пластмасових трубах, коробах, каналах.

Електропроводки й електрообладнання у приміщеннях з підвищеним умістом пилу (кормоцехи, цехи сушіння посліду, трав'яного борошна тощо) повинні бути пиловибухозахищеного виконання.

Електропроводки, що з'єднують машини з іншим електрообладнанням у місцях, небезпечних щодо механічних пошкоджень, повинні прокладатися в сталевих або пластмасових трубах, металорукавах, коробах, каналах тощо.

Не допускається установлення вимикачів і запобіжників у проводах, які використовуються для захисного заземлення.

Заземлений нульовий провід внутрішньої електропроводки повинен мати розпізнавальні позначення або пофарбування.

Надійність заземлення і його загальний стан повинні перевірятися шляхом заміру один раз на рік, а також після кожного капітального ремонту і тривалої перерви в роботі установки.

При виявленні відхилення опору заземлення від значень, вказаних у Правилах улаштування електроустановок, слід ужити заходів щодо приведення його до нормативних.

Зовнішній огляд стану заземлювальних провідників (шин) повинен проводитися один раз на 6 місяців, у вологих і особливо вологих приміщеннях – кожні 3 місяці.

При порушенні або несправності заземлювального пристрою установку негайно відключають до ліквідації несправності.

Штепсельні рознімання повинні бути захищені від випадкового дотику до частин під напругою і розміщені таким чином, щоб їхнє приєднання здійснювалося без ускладнень.

Штепсельні розетки для підключення опромінювальних установок до електричної мережі повинні мати третій заземлювальний контакт.

У приміщеннях підвищеної небезпеки (вологість понад 90%, запиленість понад 800 мг/м³) потрібно влаштовувати герметичні штепсельні

розетки зі спеціальними гніздами для приєднання до захисного нульового проводу.

Штепсельні з'єднання (розетки, вилки), що застосовуються в мережі з напругою 12-42 В, за своїм конструктивним виконанням повинні відрізнитися від звичайних штепсельних з'єднань, щоб запобігти включенню вилок на 12-42 В у штепсельні розетки на 127-220 В.

Огляд, обслуговування й ремонт приймачів та еноживачів електроенергії слід проводити тільки після відключення їх від електромережі.

На засобах відключення електроенергії (вимикачі, запобіжники тощо)

вивішується плакат "Не вмикати! Працюють люди!".

Роботу на машинах та обладнанні з електроприводом дозволяється доручати тільки персоналу з групою електробезпеки не нижче І.

Виробничі, допоміжні і складські будівлі й приміщення потрібно обладнувати блискавкозахистом відповідно до інструкції по улаштуванню.

Для зменшення вірогідності проникнення кульових блискавок у приміщення, перед початком грози слід запобігати утворенню протягів у приміщеннях (закривати двері, вікна люки та інші прорізи й отвори).

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку аварійної ситуації (появі сторонніх шумів під час роботи обладнання, запаху горілого, диму, виявленні несправностей, іскрінні електрообладнання, появі електричної напруги на деталях, підвищеному

нагріванні поверхні підшипників, редукторів, інших частин машин, порушенні цілості захисних пристроїв, бункерів, емкостей, забиванні вихідних отворів горловин тощо) необхідно зупинити роботу машин, обладнання в порядку, передбаченому правилами їх експлуатації, в першу чергу, відключивши подачу електроенергії, пари, води, пального, хімічного розчину.

При наявності загрози здоров'ю і життю слід покинути небезпечну зону, попередивши працівників, що знаходяться поблизу неї.

Забороняється проводити ремонт, усувати несправності в аварійній ситуації без зупинки машин і обладнання. Після аварійної зупинки і при повторному запуску машина повинна бути звільнена від продукту переробки.

При виникненні пожежі чи загоранні необхідно терміново повідомити про це (по телефону, через посильного) керівника робіт, пожежно-сторожову охорону, пожежну частину, підняти тривогу звуковим сигналом (сирена, радіостанція, дзвінок), приступити до гасіння пожежі наявними засобами (вогнегасник, пожежний кран, пісок тощо).

Під час гасіння пожежі ізолюють горючу речовину від кисню, повітря, охолоджуючи до температури, що перешкоджає горінню, і при цьому слідкують за тим, щоб не з'явилися інші небезпечні фактори (вибухи, обвали, замикання електропроводів тощо). Великі об'єми горючого матеріалу розтягують і гасять кожен частину окремо.

Легкозаймісті рідини (пальне) гасять вогнегасником, направляючи струмінь під основу полум'я або закидають горючу поверхню піском, землею чи накривають мокрим брезентом.

Вибухові речовини (кормовий і борошняний пил, вибухонебезпечна концентрація аміаку) рясно поливають розпиленним струменем води із гідранта.

Більшість твердих горючих речовин (сіно, солома тощо) гасять водою, накривають кошмою, закидають піском або землею.

При загорянні електропроводів слід негайно від'єднати лінію від струму, вимкнувши рубильник. Якщо це зробити неможливо, потрібно сокирою або лопатою з сухою дерев'яною ручкою перерубати проводи по одному попереду місця їх загорання. При цьому необхідно стати на суху дерев'яну підставку або гумовий килимок і надіти гумові рукавиці чи ізолювати руки вовняною тканиною (шарфом, картузом тощо). Гасити проводи електрообладнання необхідно тільки сухим піском.

При загоранні пересувної машини по можливості відбуксирують її в безпечне для інших об'єктів місце, подають сигнал пожежної тривоги і приступають до гасіння.

При відключенні кормороздавального обладнання в аварійних ситуаціях слід дотримуватися застережних заходів для запобігання нещасних випадків - не торкатися проводів, металевих частин технологічного обладнання при підозрі появи електричної напруги на ньому або пошкодженні проводів, не підходити близько до небезпечних механізмів, технологічних матеріалів або інших предметів, застосовувати засоби захисту (рукавиці, гумове взуття, вогнегасники тощо).

При нещасних випадках в першу чергу усувається небезпечний фактор (подача пари, хімічного розчину, електроенергії, зупинка механізмів, що рухаються, і т.п.), надається потерпілому перша (долікарська) допомога і відправляється потерпілий в медичний заклад. По можливості, зберігається до розслідування на робочому місці обстановка і стан обладнання такими, якими вони були на момент випадку (якщо це не загрожує життю і здоров'ю оточуючих і не порушує безперервність технологічного процесу).

ЛІТЕРАТУРА

1. Бородай В. П. Запорюка вапного успіху – обладнання фірми "Біп Дачмен Інтернешнл ГМБХ" / В. П. Бородай // Сучасне птахівництво. – 2010. – № 1-2 (86-87). – С. 7-8.
2. Брукс К. Применение статистических методов в метеорологии / К. Брукс, Н. Карузерс. – Л.: Гидрометеиздат, 1963 – 416 с.
3. Вентцель Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
4. Вольф В. Г. Статистическая обработка опытных данных / В. Г. Вольф. – М.: Колос, 1966 – 225 с.
5. Вуколов Э. А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ, 2008. – 464 с.
6. Гарасимчук І. Д. Енергоспоживання системами створення мікроклімату в пташниках-бройлерниках: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.16 / Ігор Дмитрович Гарасимчук. – К.: 2001. – 196 с.
7. Глобальне потепління і птахівництво // Ефективне птахівництво. – 2019. – № 2 (50). – С. 2.
8. Дубров А. М. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе / А. М. Дубров, Б. А. Лагоша, Е. Ю. Хрусталева. – М.: Финансы и статистика, 2000
9. Зюдкамп Х. Viper – компьютер для управления микроклиматом и производством на птицефабриках / Х. Зюдкамп, А. Бакалец // Птицеводство. – 2009. – № 5. – С. 45-46.
10. Кістень Г. Є. Комплексна автоматизація у тваринництві / Г. Є. Кістень, А. Д. Носач. – К.: Урожай, 1980. – 135 с.
11. Кудрявцев И. Ф. Автоматизация производственных процессов на животноводческих фермах и комплексах / И. Ф. Кудрявцев, О. Б. Карасев, Л. Н. Матюнина. – М.: Агропромиздат, 1985. – 223 с.
12. Купер Дж. Вероятностные методы анализа сигналов и систем / Дж. Купер, К. Макгиллем. – М.: Мир, 1989 – 376 с.
13. Куров Ю. А. Комплексна механізація у птахівництві / Ю. А. Куров. – К.: Урожай, 1973. – 264 с.
14. Лисенко В. П. Адаптивне енергоощадне управління умовами утримання біологічних об'єктів в агропромислових спорудах з використанням прогнозування збурень та методів теорії ігор / В. П. Лисенко, В. Л. Щербатюк // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки» Луцького НТУ. – 2010. – № 6. – С. 177-181.
15. Лисенко В. П. Метод оцінки ефективності роботи систем управління умовами утримання біологічних об'єктів для промислового виробництва продукції сільського господарства / В. П. Лисенко, В. Л. Головінський // Аграрна наука. – 2005. – т. 6, № 3-4. – С. 127-133.

16. Лисенко В.П. Наукові основи керування електротехнічними комплексами для виробництва сільськогосподарської продукції. – Дисертація д-ра техн. наук: 05.09.03, Кабінет Міністрів України, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – Київ, 2014. – 370 с.
17. Лучший микроклимат и снижение затрат на отопление на 50 % DACS A/S из Дании // Эффективное птахівництво. – 2009. – № 10 (58). – С. 15.
18. Мартыненко И. И. Автоматизация управления температурно-влажностными режимами сельскохозяйственных объектов / И. И. Мартыненко, Н. Л. Гирнык, В. М. Полищук. – М.: Колос, 1984. – 152 с.
19. Мартыненко И. И. Автоматика и автоматизация производственных процессов / И. И. Мартыненко, Б. Л. Головинский, Р. Д. Проценко, Т. Ф. Резниченко. – М.: Агропромиздат, 1985. – 335 с.
20. Мельник Ю. Ф. Машины для тваринництва та птахівництва: навч. посіб. / Ю. Ф. Мельник, Ю. Я. Лузан, О. О. Шевченко та ін. – Дослідницьке: Укр. НДІ прогнозування та випробування техніки і технологій для с.-г. вир-ва ім. Л. Погорілого, 2009. – 207 с.
21. Мурусидзе Д. Н. Установки для создания микроклимата на животноводческих фермах / Д. Н. Мурусидзе, А. М. Зайцев, Н. А. Степанова и др. – М.: Колос, 1979. – 327 с.
22. Недилько Н. М. Исследование параметров микроклимата и разработка методов и технических средств электрификации и автоматизации температурно-влажностных режимов и вентиляции птичников: дисс. ... канд. техн. наук / Н. М. Недилько. – К.: 1969. – 146 с.
23. Пигарев И. В. Клеточное содержание птицы / И. В. Пигарев. – М.: Колос, 1974. – 224 с.
24. Про розвиток галузі птахівництва в Україні. Наказ Міністерства аграрної політики України та Української академії аграрних наук №485/131 від 31.12.2003 р.
25. Пчелкин Ю. Н. Устройства и оборудование для регулирования микроклимата в животноводческих помещениях / Ю. Н. Пчелкин, А. И. Сорокин. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 216 с.
26. Славин Р. М. Автоматизация процессов в животноводстве и птицеводстве / Р. М. Славин. – М.: ВО Агропромиздат, 1991. – 400 с.
27. Славин Р. М. Механизация и электрификация птицеводства / Р. М. Славин, А. Т. Зайцев. – М.: Колос, 1971. – 528 с.
28. Трухачев В.И. Светодиодное освещение в промышленном птицеводстве: монография / В.И. Трухачев, М.Ф. Зонов, В.В. Самойленко. Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: АГРУС, 2012. – 108 с.
29. Філоненко О. Показники ефективності виробництва продукції птахівництва в ринкових умовах / О. Філоненко // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 6(9) – С. 22-27.
30. Щербатюк В.Л. Автоматизоване керування процесом виробництва курячих яєць з прогнозуванням збожень: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.07 / Вадим Леонідович Щербатюк. – К.: 2014. – 187 с.

31. Jan Hulzebosch. Wide range of housing options for layers / Jan Hulzebosch // World Poultry. – 2006. – Vol. 22 No 6. – P. 20-22.

32. Rik van Emous. From cages to alternative systems requires different skills / Rik van Emous // World Poultry. – 2003. – Vol. 19 No 6. – P. 24-27.

33. Через війну втрачено 20% виробництва курячих яєць. Економічна правда. Електронний ресурс.

Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/news/2022/10/14/692620/>

34. Вартість електроенергії для підприємств. Як затримати ріст цін?

Електронний ресурс. Режим доступу: <https://inteleng.com.ua/blog-uk/vartist-elektroenergh-dlya-pidpriie/>

35. Як змінювалася біржова ціна на газ у 2020-2021 роках. Слово і діло.

Аналітичний портал. Режим доступу:

<https://www.slovoidilo.ua/2021/09/15/infografika/svit/vartist-gazu-yevropi-bye-rekordy-yak-zminyuvalasya-birzhova-czina-ostanni-dva-roky>

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України