

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 636.5252/58:62 503.51

ПОГОДЖЕНО

Директор ІНІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
(назва ІНІ)

В.В. Каплун

(підпис)

(ПІБ)

«__» _____ 2023 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

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

В.П. Лисенко

(підпис)

(ПІБ)

«__» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

02.06.-КМР.323"С".2023.03.06.002.ПЗ

на тему «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ПРОЦЕСУ МІКРОКЛІМАТА В ІНКУБАТОРНОМУ ВІДДІЛЕННІ
ІТАШНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ КТЗ ОВЕН»

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

Освітньо-професійна програма:

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(назва)

Гарант освітньої програми

(підпис)

І.М. Болбот, д.т.н., професор

(П.І.Б., науковий ступінь та вчене звання)

Виконав

(підпис)

Н.В. Губиш

(П.І.Б. студента)

Керівник магістерської роботи

(підпис)

Л.Є. Никифорова, д.т.н., проф.

(П.І.Б., науковий ступінь та вчене звання)

КИЇВ-2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІМ. ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
автоматики та робототехнічних
систем ім. акад. Г.І. Мартиненка

В.П. Лисенко

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
(бакалаврської, дипломної)

Губишу Назарію Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

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

Тема магістерської роботи «**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ПРОЦЕСУ МІКРОКЛІМАТА В ІНКУБАТОРНОМУ ВІДДІЛЕННІ
ПТАШНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ КТЗ ОВЕН**», затверджена наказом
від 06.03.2023 року №323 «С»

Термін подання студентом магістерської роботи – 15.11.2023 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 технологічного процесу інкубації яєць як об'єкта автоматизації.
2. Дослідження параметрів мікроклімату повітряного середовища інкубатора.
3. Вибір регулятора та обґрунтування параметрів його налаштувань.
4. Розробка цифрової системи керування.
5. Схеми системи автоматизації.
6. Розробка засобів візуалізації технологічного процесу.
7. Техніко-економічне обґрунтування.

Дата видачі завдання «07» березня 2023 року

Керівник магістерської роботи

(Підпис)

Никифорова Л.Є.

(Прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(Підпис)

Губиш Н.В.

(Прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ	6
Розділ 1. Аналіз технологічного процесу інкубації яєць як об'єкта автоматизації	9
1.1. Біологічні основи промислової інкубації яєць	9
1.2. Класифікація інкубаторів	17
1.3. Характеристика інкубаторного парку України	21
Розділ 2. Дослідження параметрів мікроклімату повітряного середовища інкубатора	28
2.1. Розробка математичної моделі температурно-вологісного стану повітряного середовища інкубаційної камери	28
2.2. Визначення передатної функції інкубатора по каналу керування температурним режимом	45
2.3. Розробка функціональної схеми автоматизації інкубатора	51
Розділ 3. Обґрунтування та вибір алгоритму керування температурним режимом в інкубаторі	54
3.1. Визначення часу квантування САК температурним режимом в інкубаторі та можливості застосування математичного апарату лінійних систем керування для систем із мікропроцесорною технікою	54
3.2. Вибір алгоритму керування та визначення параметрів настройки регулятора	57
3.3. Реалізація алгоритму керування об'єктом	66
3.3.1. Вибір керуючого елемента регулятора	66
3.3.2. Блок-схема алгоритму роботи САК параметрами мікроклімату в інкубаторі	67
3.3.3. Визначення передатних функцій технічних засобів автоматизації для реалізації САК температурним режимом в інкубаторі	72
Розділ 4. Аналіз якості функціонування системи автоматичного керування	79
Розділ 5. Схеми системи автоматизації	83
5.1. Розробка електричної принципової схеми САК параметрами мікроклімату в інкубаторі	83
5.2. Вибір апаратури керування та захисту	87
5.3. Вибір проводів і кабелів	90
Розділ 6. Економічна ефективність САК параметрами мікроклімату в камері інкубатора	92
Розділ 7. Техніка безпеки та охорона праці	98
7.1. Розрахунок повторного заземлювача на вводі в об'єкт проектування	102
7.2. Блискавкозахист об'єкту проектування	106

7.3. Система протипожежного захисту об'єкта проектування.....	108
Висновки.....	110
Література.....	111
Додатки.....	113

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Птахівництво України є однією з найбільш інтенсивних і динамічних галузей сільськогосподарського виробництва. Основною метою птахівництва кожної країни має бути збільшення виробництва дієтичних, висококалорійних продуктів – яєць і м'яса з метою забезпечення людей фізіологічно необхідною нормою харчування. Відомо, що продукти птахівництва є також цінним сировинним матеріалом для промисловості. Все це не можливе без штучного виведення молодняку із яєць сільськогосподарської птиці, тобто без інкубації.

Інкубація буває природною (насиджування) та штучною (в інкубаторі). З переходом птахівництва на промислову основу, інкубація стала однією із ланок технологічного процесу виробництва яєць та м'яса птиці. Вона з успіхом проводиться протягом усього року і не залежить від наявності квочок. Цілорічна інкубація усуває сезонність відтворення птиці та виробництва продукції птахівництва. Вона дозволяє отримувати для вирощування в потрібній кількості великі партії одновікового молодняку і поліпшувати якість птиці та її продуктивність.

Особливо велике значення має штучна інкубація для м'ясного птахівництва. Від м'ясних видів птиці майже всі яйця використовуються для інкубації з метою одержання великої кількості м'ясного молодняку. За допомогою квочок здійснити це не можливо. Таку велику роботу можна виконати лише при штучній інкубації.

Витрати праці на штучну інкубацію і собівартість добового молодняку значно менші, порівняно з виведенням молодняку під квочками.

Штучна інкубація полегшує проведення племінної роботи. За допомогою неї легко впорядкувати облік проходження молодняку, а також індивідуальне виведення, що підвищує ефективність добору і підбору птиці.

НУБІП України

Інкубація яєць проводиться у відповідних цехах птахофабрик, спеціалізованих птахорадгоспах та на міжгосподарських інкубаторно-птахівничих станціях (МІПС), які є практично в усіх регіонах України.

Вивід здорових курчат до числа закладених яєць в середньому по країні у яєчних порід становить близько 80%, у м'ясних - 71%. Найкращі інкубаторії мають більш високі показники: 85-87% вивід курчат яєчних порід та 80% - м'ясних.

Ембріональний розвиток птиці можливий лише при певних зовнішніх умовах, а саме: відповідний обігрів яєць, досить вологе чисте і насичене киснем повітря навколишнього середовища, правильне положення і переміщення яєць під час інкубації. Комплекс усіх цих факторів і називають режимом інкубації.

У природних умовах природний режим інкубації створюється птицею-квочкою. Яйця обігріваються її тілом. Квочка постійно перевертає яйця, перекочує їх із краю в центр гнізда – та навпаки. Наприкінці насиджування, коли яйця самі виділяють велику кількість тепла, квочка не так щільно притискається до них тілом, частіше встає.

У сучасних інкубаторах режим докорінно відрізняється від режиму природної інкубації, але забезпечує ті ж оптимальні умови для ембріонального розвитку.

Однією з особливостей процесу інкубації яєць є те, що динамічні властивості інкубаційної камери залежать не тільки від її фізичних характеристик, але й від біологічних процесів розвитку ембріонів. З теплотехнічної точки зору в інкубаційному процесі можна виділити два стани: перший, коли ембріони активно споживають тепло, і другий, коли відбувається зростання виділень ембріонами тепла і вологи. Тому для створення оптимальних умов для розвитку ембріонів якісні характеристики процесу інкубації повинні бути різними для кожного дня інкубації.

Об'єктом досліджень є процеси створення мікроклімату в промислових інкубаційних камерах.

Предметом досліджень є залежність динамічних властивостей інкубаційної камери від біологічних процесів ембріонального розвитку.

Метою роботи є покращення якісних характеристик процесу промислової інкубації яєць шляхом удосконалення системи автоматичного керування параметрами мікроклімату в інкубаторі з урахуванням біологічних процесів розвитку ембріонів.

Для цього необхідно розв'язати наступні задачі:

для визначення динамічних властивостей інкубаційної камери дослідити та оцінити вплив біологічних процесів розвитку ембріонів на параметри мікроклімату в камері у різні періоди інкубації;

- обґрунтувати вибір сучасних технічних засобів автоматики та програмно-логічного контролера для реалізації системи автоматичного керування параметрами мікроклімату в камері інкубатора;

- провести оцінку показників якості роботи розробленої САК;

- розробити електричні принципові схеми САК параметрами мікроклімату в інкубаторі з відповідним програмним забезпеченням;

провести розрахунки для обґрунтування економічної ефективності розробленої САК параметрами мікроклімату.

РОЗДІЛ 1

НАУБІП УКРАЇНИ

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ІНКУБАЦІЇ ЯЄЦЬ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Біологічні основи промислової інкубації яєць

Інкубація у птахівництві (від лат. *incubatio* – висиджування яєць) – виведення молодняку з яєць птиці в інкубаторах. Інкубація виникла кілька тисячоліть тому в південних країнах. В Європі та США її стали використовувати у другій половині XIX ст., але широкого розповсюдження набула лише з 20-х років XX ст. і є основним способом розмноження сільськогосподарської птиці. Інкубація відіграє велику роль у підвищенні продуктивності та збільшенні поголів'я птиці. Проводиться на інкубаторно-птахівничих станціях та господарствах, де наявним є батьківське стадо (птахофабрики).

Для інкубації можна використовувати яйця усіх видів домашньої птиці в усіх кліматичних зонах у будь-яку пору року за умови наявності біологічно повноцінних яєць.

Зародок птиці розвивається зовні материнського організму. Зовнішнім середовищем для нього є вміст самого яйця. Яйце має міцну шкаралупу, що захищає вміст від механічного впливу та разом із підшкаралупними оболонками (алантоїс, аміон та ін.) від швидкого висихання.

Шкаралупа та підшкаралупні оболонки є проникними для газів та водяної пари.

Білок володіє сильними бактерицидними властивостями і захищає зародок від мікроорганізмів та плісняви. Яйце містить необхідні для життєдіяльності зародка речовини та достатній запас води. Із зовнішнього середовища під час інкубації всередину потрапляє лише кисень. Основним джерелом енергії є жири.

Завдяки високій калорійності у невеликому об'ємі яйця (близько 60 см³) зосереджені значні запаси енергії (80-90 ккал), які забезпечують повний розвиток зародка.

Біологічна повноцінність інкубаційних яєць характеризується двома показниками: запліднюваністю та виводимістю.

Ці якісні показники залежать від племінних властивостей батьківського стада птиці, від умов її утримання та кормління.

Перед інкубацією проводиться відбір яєць. Для отримання *товарного молодняку* видаляється лише явний брак: двожовткові, різко неправильної

форми, з ушкодженою, з тонкою шкаралупою, з великою кількістю вапняних наростів на ній, з рухомою повітряною камерою, з жовтком, що опустився у гострий кінець яйця, або таким, що пристав до шкаралупи, з кров'яними або іншими включеннями. Для отримання *племінного молодняку* відбір є більш

ретельним. Для інкубації у цьому випадку використовують лише яйця середньої або більше середньої ваги для даного стада птиці, правильної форми, зі шкаралупою, що рівномірно просвічується (відсутність ефекту "мармуровості"), з малорухомим жовтком. У племінних господарствах перед

початком інкубації проводять аналіз проби яєць від кожної лінії або групи птахів (приблизно 10 шт.). Питома вага яєць повинна бути не вище 1,075 (чим вищою є питома вага яйця, тим міцнішою є його шкаралупа), індекс білку не нижчий за 0,07, співвідношення ваги білку та жовтку не більше 2. В 1г жовтку повинно міститись вітаміну А не менше 6мкг, каротину 15мкг, вітаміну В2 –

4мкг, вміст інших вітамінів групи В вважається достатнім, якщо слабких новонароджених з ознаками мікромелії не більше 3%, а добового молодняку з ознаками пирозису (захворювання суглоби) та атаксії (запрокидання або підвертання голови та безупинне її обертання) не більше 2%.

Після знесення всередині яйця виникають незворотні зміни, що призводять до зниження виводимості: білок розріджується, вода з нього переходить в жовток, змінюється концентрація іонів водню та ін. Для уповільнення цих процесів яйця до інкубації зберігаються у приміщеннях із

достатньою вентиляцією, при температурі не вище 8-10°C та відносній вологості повітря не нижче 75-80%. Закладають яйця в інкубатор не пізніше 3-6 діб після знесення.

На інкубацію краще відбирати яйця від курей яєчних порід не молодше

7 місяців, м'ясо-яєчних - 7,5, м'ясних - 8, качок та індиків - 8, гусей - 9, цесарок

- 7 місяців, перепелів - 50 днів.

Термін зберігання інкубаційних яєць після знесення для курячих, індичих і перепелиних - не більше 7 днів, качиних - 8, гусячих і цесарських - 10

днів.



Рис. 1.1. Віковий розвиток ембріону у яйці

Розвиток зародка розпочинається ще у яйцеводі птиці. Після знесення

яйця він призупиняється і поновлюється при сприятливому режимі в інкубаторі.

Розвиток зародка (рис. 1.1) характеризується певною періодичністю:

змінюються джерела надходження до зародка живлення та кисню, тип обміну речовин, механізм живлення і дихання та ін. У відповідності з цими періодами

необхідно диференціювати і режим інкубації. Якщо зовнішні умови не будуть

відповідати вимогам зародка в певний період інкубації, то зародки гинуть або

розвиваються незадовільно, і виведений молодяк буде слабким.

У перший період інкубації (перші 5-6 днів) закладаються усі тканини і органи, залози внутрішньої секреції, формується тіло зародка, визначається стать та утворюються ембріональні оболонки (жовтковий мішок, амніон, аллантаїс), через які відбувається живлення та дихання ембріона протягом усього терміну інкубації. Обмін речовин дуже інтенсивний. Особливості режиму інкубації у цей час – посилене обігрівання яєць (в робочих межах температури) та попередження посиленого випаровування вологи.

В другий період інкубації (до 15-16 днів) відбувається замикання аллантаїса: він вкриває весь вміст яйця. Зростання і розвиток ембріона в цей період залежать від інтенсивності надходження до зародка поживних речовин жовтка, білка і шкаралупи. Основним прийомом, що сприяє віддачі поживних речовин зародку, є видалення (шляхом випаровування) з аллантаїсу надлишків води, що утворюються в результаті виділення продуктів обміну речовин.

Зменшення випаровування води з аллантаїсу затримує приплив поживних речовин до зародка та ускладнює виділення продуктів обміну речовин. Наслідки уповільнення обміну речовин після замикання аллантаїсу особливо сильно проявляються в період виведення, викликаючи велику смертність зародків.

Третій період – останні дні інкубації. Зародок повинен повністю використати білок і максимальну кількість жовтка. При нормальному розвитку у зародка в ці дні починає проявлятися здатність до деякої хімічної регуляції обміну речовин, при посиленні обігрівання яєць обмін речовин і теплопродуктивність посилюються. Тому основною вимогою до режиму в останні дні інкубації – забезпечення достатньої тепловіддачі яйцем.

З метою регулювання обігрівання яєць, випаровування ними води та сприяння правильному диханню зародка використовують весь комплекс умов в інкубаторі, що піддаються управлінню та обліку – **температура, вологість, хімічний склад повітря**. Надходження тепла в яйце здійснюється двома шляхами: нагрівання невігрям, що має більш високу температуру (в першу половину інкубації), і радіації тепла сусідніми, більш нагрітими яйцями. Для збереження тепла в яйці нові партії холодних яєць не розміщують поряд; щоб

стілки інкубатора не охолоджувались, температуру приміщення підтримують на рівні 20...22°C; зменшують випаровування води з яєць, скорочуючи тим самим витрати тепла яєць на перетворення води у пар. Видалення надлишків тепла з яєць в другу половину інкубації відбувається шляхом поглинання її повітрям, що має більш низьку температуру, а також підвищенням вологості в інкубаторі, віддачі тепла сусіднім, більш холодним яйцям, або за допомогою системи охолодження повітря.

Випаровування води з яєць у першу половину інкубації знижують, підвищуючи відносну вологість в інкубаторі та зменшуючи при цьому швидкість руху повітря. Після замикання аллантаїса залежність випаровування від зовнішніх впливів зменшується, а в останні дні інкубації майже зовсім зникає. В другу половину інкубації випаровування води з яєць залежить головним чином від інтенсивності обміну речовин. Всякі зміни зовнішніх умов, що викликають посилення обміну речовин, збільшують випаровування води з яєць.

Температурний режим. У сучасних інкубаторах яйця одержують тепло від нагрітого повітря, із всіх сторін яйця обігрів однаковий. Зародок, що розвивається, добре переносить тимчасове зниження температури, але досить чутливий до її підвищення. У різні періоди інкубації той самий рівень температури по різному впливає на ріст і розвиток зародка. У перші дні інкубації розвиток зародка може проходити нормально при незначному підвищенні температури (відносно норми), що в інші періоди інкубації викликає його загибель. Протягом перших днів на підвищення температури зародок реагує прискоренням розвитку росту. У наступні дні швидкість росту під впливом підвищеної температури сповільнюється, а в останні дні інкубації висока температура неприпустима взагалі.

Низька ж температура в будь-який період інкубації затримує ріст і розвиток зародків. При тривалій дії низької температури ембріони, звичайно, відстають у розвитку і не завжди можуть це "відставання" потім компенсувати.

Через недогрівання яєць в них настають глибокі порушення в обміні речовин, що ведуть до патологічних явищ і навіть до загибелі.

З метою запобігання перегріванню ембріонів періодично (через 2-3 год.) контролюють температуру поверхні яєць (кожного дня збільшується кількість фізіологічного тепла, яке виділяє яйце, а значить температура поверхні яйця збільшується відносно температури повітря в інкубаторі). Якщо вона перевищує зазначений рівень, то температуру повітря в інкубаторі знижують і застосовують охолодження. Якщо ж контроль температури на поверхні яйця не проводиться, то починаючи з другого періоду інкубації проводять процедури

охолодження 2 рази на добу. При цьому яйця охолоджують до $31-34^{\circ}\text{C}$ протягом 5-35 хв. Слід зазначити, що в перші дні другого періоду це роблять 5 хв. до 34°C , а далі збільшують тривалість охолодження на 1 хв. кожен раз (на 2 хв. за добу) та зменшують температуру на $0,1^{\circ}\text{C}$ (на $0,2^{\circ}\text{C}$ за добу). З 17-ого дня охолодження проводять 3 рази на добу. На 21-й день автоматичне охолодження припиняється, оскільки воно проходить при відборі курчат.

Вологісний режим. Цей фактор деякою мірою регулює тепловіддачу яйця. Але саме головне значення вологості полягає в тому, що вона впливає на водний обмін у зародків, завдяки чому здійснюється обмін речовин в організмі.

Той самий рівень вологості неоднаково діє на зародок у різні періоди розвитку. Важливий фізичний фактор інкубаційного режиму – відносна вологість повітря. В перші 7-9 днів інкубації висока відносна вологість (60-64%) позитивно впливає на розвиток ембріонів, а низька, навпаки, пригнічує його.

При перевищенні вологості зародки найчастіше гинуть через зайве поглинання навколоплідної рідини із-за недостатньо інтенсивного випаровування у занадто насичене водою повітря. На 19-й день інкубації яйця переводяться в вивідний режим. На 21-й день починається виведення курчат, при цьому відносну вологість підвищують до 68-72%, для того щоб підшкарлупні оболонки не пересохли і курчата змогли прорвати їх.

Повітрообмін в інкубаторі. Через вентиляційну систему інкубатора здійснюється заміна відпрацьованого насиченого вуглекислим газом повітря на

свіже, збагачене киснем. Одночасно із інкубатора видаляють надлишки фізіологічного тепла. Рівень обміну повітря регулюють залежно від завантаження інкубатора, віку ембріонів та виду птиці. На початку інкубації обмін повітря мінімальний. У міру розвитку ембріонів і завантаження інкубатора його поступово збільшують і доводять до 13-18 разів за добу (в тому числі 2 охолодження). Повітрообмін поліщує якісні й кількісні показники інкубації. Ще на самих ранніх стадіях ембріонального розвитку й навіть до закладки яєць в інкубатори, життєздатність і розвиток зародка можуть бути забезпечені тільки за умови нормального повітрообміну та при вмісті в зовнішньому середовищі потрібної кількості кисню.

При наявності в повітрі менше 15% кисню різко зростає смертність зародків. Вуглекислота в концентрації 1% сильно затримує розвиток зародків.

Швидкість руху повітря сприяє тепловіддачі та підсилює випаровування яйцями води. Посилений повітрообмін особливо необхідний в останні дні інкубації.

З інкубатора курчат виймають двічі. Перший раз при виведенні 70-80% курчат, а другий раз - після 8-12 додаткових годин інкубації.

Під час інкубації яйця автоматично перевертають під кутом 45° відносно вертикальної осі, тобто на кут 90° один раз за дві години (12 разів на добу). Нерегулярне і несвоєчасне обертання яєць призводить до того, що жовток спливає і приєднує до шкаралупи, внаслідок чого зародок гине або розвивається каліцтво. Неповне обертання, менш ніж на 45° , може призвести до голодування зародка.

Зведені хронологічні характеристики процесів інкубації наведені в таблицях 1.1–1.4.

1.2. Класифікація інкубаторів

НУБІП УКРАЇНИ

Сучасне птахівництво неможливо уявити без штучної інкубації яєць за допомогою спеціальних машин – інкубаторів. На Україні, за приблизними оцінками, щорічно інкубується приблизно 1 млрд. шт. яєць.

НУБІП УКРАЇНИ

Інкубатори – широко розвинений клас сільськогосподарських машин. Класифікація їх за конструктивним виконанням представлена на рис. 1.2 [13].

За **способом компонування та обслуговування** виділяють інкубатори шафного та кімнатного типів.

НУБІП УКРАЇНИ

Головна відмінність інкубаторів кімнатного типу від шафного полягає у їх розмірі та способі обслуговування. Перші, зазвичай, призначені для одночасної інкубації великої кількості яєць – до 120 тис. і більше.

НУБІП УКРАЇНИ

В інкубаторах шафного типу шафи складаються з окремих теплоізоляційних панелей, які у вигляді модулів, що обладнані основними механізмами, встановлюються в приміщеннях інкубаторію. Інкубатори кімнатного типу вигідніше використовувати при необхідності одночасного виведення великої кількості курчат однакового віку для комплектації одного і

НУБІП УКРАЇНИ

більше літашників.

За **призначенням** інкубатори розрізняють на: попередньої інкубації (до переведення на виведення); вивідні (для інкубації яєць на останній стадії розвитку ембріонів, коли відбувається виведення молодняка); інкубаційно-вивідні (універсальні) (призначені як для інкубації яєць, так і для виведення молодняка).

НУБІП УКРАЇНИ

Розподіл процесу інкубації на два періоди та їх проведення в окремих машинах – інкубаторах попередньої інкубації та вивідних шафах, є загальноприйнятою практикою в промислових інкубаторах. Це пов'язано,

НУБІП УКРАЇНИ

насамперед, із необхідністю забезпечення санітарно-ветеринарних вимог у процесі інкубації та з різними мікрокліматичними умовами, які необхідно

створити для ембріонів на різних стадіях їх розвитку. Тому інкубатори попередньої інкубації та вивідні шафи мають значні відмінності.

У той же час, в інкубаторах невеликої місткості зазвичай усі операції інкубації поєднують в одній машині – інкубаційно-вивідній, що дає можливість знизити витрати на обладнання.

За **способом закладання яєць** на інкубацію інкубатори поділяються на: багатостадійні (яйця в інкубаційних шафах розміщують певними партіями через деякі проміжки часу); одностадійні (в інкубаційній шафі одразу розміщують та інкубують усі яйця).

Більшість сучасних інкубаторів розраховані на одностадійне закладання яєць на інкубацію. У цьому випадку для яєць можна створити найоптимальніші умови на кожній стадії ембріонального розвитку. Спеціалісти відмічають, що одноступенева інкубація сприяє збільшенню виведення курчат на 3-8%, покращити їх якість (однорідність за живою масою та розвитком). В подальшому курчата краще зростають, підвищується їх збереженість, конверсія корму. Ще одна перевага цього способу – можливість повної дезінфекції після кожного циклу інкубації, яка зменшує небезпеку поширення інфекційних захворювань.

У багатоступеневих інкубаторах також проводять санацію, але не так часто. При багатостадійній інкубації спрощується контроль параметрів інкубації, оскільки протягом усього періоду використовується один усереднений режим.

За **способом завантаження яєць** та типом поворотного механізму розрізняють інкубатори барабанного та візкового типів.

Також інкубатори відрізняються за способом обігріву яєць, зволоження, охолодження повітря і т.п

Інкубатор утворює та підтримує фізичні умови повітряного середовища, які є сприятливими для інкубації яєць сільськогосподарської птиці, а також змінює положення яєць у просторі, забезпечуючи рівномірний розвиток ембріонів.

Таблиця 1.5.

Призначення основних вузлів і систем інкубатора

Назва вузла або системи	Призначення
Корпус-термостат	Розміщення вузлів і систем інкубатора. Попередження втрат тепла в навколишнє середовище. Ізоляція внутрішнього об'єму інкубатора від приміщення інкубаторію.
Інкубаційний лоток	Розміщення невеликої кількості яєць. Орієнтація яєць у полі тяжіння. Запобігання ушкодження яєць. Тара для переміщення яєць в інкубаторії. Елемент механізму повороту. Рахункова комірка.
Вивідний лоток	Розміщення невеликої кількості яєць. Запобігання травмування курчат. Ізоляція невеликої групи курчат під час виведення. Накопичення відходів інкубації. Тара внутрішнього використання при транспортних операціях в інкубаторії.
Установка лотків	Формування конфігурації лоткового блоку. Орієнтування лотків по відношенню до пристроїв кондиціонування повітря. Формування системи внутрішньої рециркуляції повітря. Елемент механізму повороту. Транспортний засіб при операціях з великими групами лотків
Система внутрішньої циркуляції повітря	Вирівнювання параметрів повітряного середовища в об'ємі лоткового блоку
Система обігріву	Розігрів інкубаційних яєць від початкової температури до температури інкубації. Розігрів елементів конструкції інкубатора до температури інкубації. Компенсація теплових втрат інкубатора у зовнішнє середовище.
Система охолодження	Відведення надлишкового фізіологічного тепла. Захист інкубатора від аварійного перегріву.
Система зволоження	Зволоження повітря. Збільшення тепловмісту повітря.
Механізм повороту лотків	Переорієнтація лотків або яєць у полі тяжіння із заданою частотою. Вирівнювання фізичних умов інкубації для різних груп яєць.
Система повітрообміну	Підтримання газового складу повітряного середовища. Елемент системи охолодження, у тому числі аварійного.
Система осадження пилу та видалення пуху	Очищення повітря від пилу. Транспортування пуху за межі інкубатора.
Система автоматики	Узгодження роботи вузлів і систем інкубатора. Автоматичне підтримання температури повітря. Автоматичне підтримання відносної вологості повітря. Автоматизація повороту лотків або яєць. Захист інкубатора від перегріву. Контроль параметрів режиму інкубації. Світлова індикація стану виконавчих механізмів. Звукова сигналізація про порушення режиму інкубації. Технологічні блокування (дверей, механізму повороту). Захист електричних приладів від короткого замикання та неповнофазного живлення.

1.3 Характеристика інкубаторного парку України

НУБІП УКРАЇНИ

Основу інкубаторного парку України (до 60%) складають інкубатори типу "Універсал" ("Універсал-45", "Універсал-50", "Універсал-55", випуск припинений в 1987 році), інкубатори попередньої інкубації ІУП-Ф-45 (випускаються з 1987 року замість "Універсал-55") та вивідні ІУВ-Ф-15.

Крім того, останнім часом з'явився вітчизняний виробник інкубаторів промислових розмірів – ООО "Инки" (м. Зміїв Харківської області).

НУБІП УКРАЇНИ

Інкубатор ІУП-Ф-45 (рис. 1.4) – універсальна машина, що спеціалізована за місцем у технологічному процесі. В ньому проводять тільки попередню інкубацію яєць курей, качок та гусей.

За своєю конструктивною схемою ІУП-Ф-45 є подібним до інкубатора "Універсал-55": три інкубаційних камери у спільному корпусі, однаковий механізм повороту, схема внутрішньої циркуляції повітря, механізм заслінок (рис. 1.5).

Від інкубатора "Універсал-55" його відрізняють наступні конструктивні та технологічні особливості:

НУБІП УКРАЇНИ

Значно збільшена продуктивність вентиляційної системи за рахунок зміни конфігурації лопатей вентилятора та частоти його обертання. Введено автоматичне натягнення клинового паску за допомогою пружини, що навантажує опорну плиту електродвигуна. Це забезпечило можливість одночасного завантаження камери інкубатора за принципом "повністю повний – повністю пустий".

НУБІП УКРАЇНИ

Введено водяне охолодження. На задній панелі інкубатора в зоні високих швидкостей повітряного потоку встановлений водяний радіатор у вигляді подвійної спіралі, виготовлений із тонкостінної латунної трубки (рис.

НУБІП УКРАЇНИ

1.6 (б)). На вході в трубку змонтовані електромагнітний соленоїдний клапан типу СКН-2 та вентиль, що дозволяє регулювати витрату води в охолоджувачі. Керує водяним охолоджувачем регулятор температури, який подає сигнал на

вмикання соленоїдного клапана у випадку підвищення температури повітря вище заданого значення: вода з водопровідної магістралі через соленоїдний клапан потрапляє в радіатор, нагрівається, скидається в систему зворотного водопостачання інкубаторію, виносячи тепло з інкубатора. При цьому заслінки системи повітрообміну спрацьовують тільки у випадку аварійного підвищення температури повітря ($38,3^{\circ}\text{C}$). Наявність водяного охолоджувача створює умови для стійкої роботи інкубатора при високій (до 30°C і вище) температурі в інкубаційній залі.



Рис. 1.6. Вид зсередини інкубатора МУЦ-Ф-45 (а) та подвійна спіраль водяного охолоджувача (б)

Підприємство ООО "Інки" виробляє декілька моделей промислових інкубаторів: інкубатор попередньої інкубації на 16000 та 21000 яєць (рис. 1.7), інкубаційно-вивідний інкубатор на 16000 яєць, вивідний інкубатор на 10000 яєць, а також інкубатори невеликої потужності для фермерських господарств (на 300, 450, 1400, 3000, 4000 яєць).



Рис. 1.7. Інкубатор попередньої інкубації на 16000 яєць ИНКИ-16000

Технічні характеристики промислових інкубаторів "Инки" наведені в

додатку А.

Лотковий блок інкубаторів встановлюється у візку оригінальної циліндричної форми (рис. 1.8).

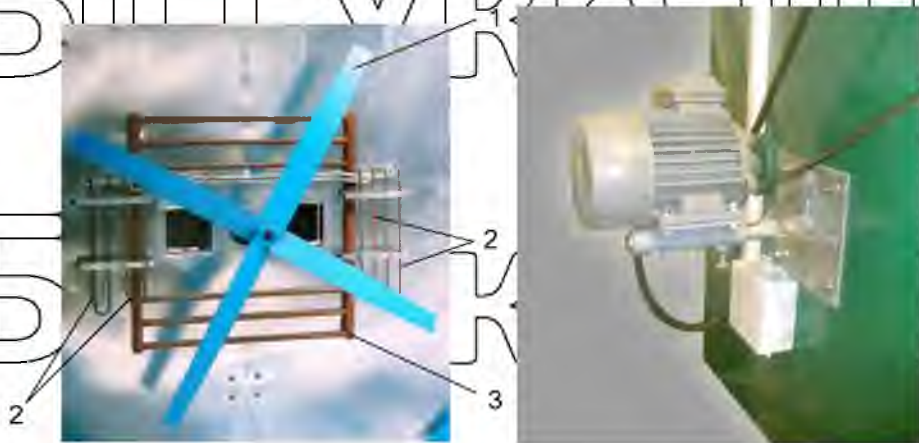


Рис. 1.8. Механізм повороту лотків інкубатора ИНКИ-16000

Обігрів інкубаційної камери здійснюється за допомогою 4 електрообігрівачів (ТЕНів) потужністю 0,5 кВт кожний (рис. 1.9). Станом часом за замовленням інкубатори комплектуються комбінованою системою обігріву – електричного та водяного. Система водяного обігріву підключається до системи опалення приміщення, система електрообігріву вмикається при аварійних режимах та працює від акумуляторних батарей. Крім того, інкубатори оснащуються водяною системою охолодження для

попередження перегріву яєць на випадок високих температур влітку за межами інкубаційної камери.

Усі інкубатори оснащені засобами автоматичного керування температурою, вологістю поворотом лотків. У випадку порушення режимів роботи подається звуковий сигнал.



а) б)
Рис. 1.9. Обладнання для створення мікроклімату в інкубаторі ІНКИ-16000

а.1 – лопаті вентилятора циркуляції повітря; а.2 – ТЕНи; а.3 – трубки водяної системи охолодження повітря; б – електродвигун приводу вентилятора.

Обладнання закордонного виробництва

Одним з найпопулярніших у вітчизняних прахівників є інкубаційне обладнання компанії Pas Reform Hatchery Technologies (Нідерланди). Таке обладнання встановлене в новій інкубаторії ООО "Одеські курчата" (Комітернівський район Одеської області). Проектна потужність інкубаторії – до 40 млн. курчат. Одним з провідних виробників м'яса бройлерів ОАО "Миронівський Хлібопродукт" компанія Pas Reform поставила 102 інкубатори попередньої інкубації "SmartSet™" та 144 вивідних шафи "SmartHatch™" загальною потужністю 200 млн. курчат на рік. Інкубаторами цього виробника також оснащений інкубаторій ООО "Голден кросс" (Харківська область), інкубаторій компанії "Агро Овен" (Дніпропетровська область).

З точки зору енергозбереження, цікавими є розробки бельгійської фірми Petersime. Запатентована система динамічної втрати маси "Dynamic Weight Loss System™" слідує за тим, щоб втрата маси яйцями проходила за оптимальним графіком. Це досягається завдяки герметичності інкубаційних шаф. В результаті, після нетривалої стадії попереднього прогріву яєць, подальший обігрів є майже непотрібним. Загальний час роботи системи обігріву складає всього 4,76% від тривалості періоду інкубації, що дає можливість значно знизити витрати на обігрів.

Система Eco-Drive™ забезпечує мінімізацію витрат електроенергії на роботу вентиляторів шляхом регулювання кількості обертів крильчатки в залежності від необхідності, а також плавного пуску двигуна вентилятора, що дає можливість запобігти пікового зростання споживання електроенергії. Таким чином досягається економія електроенергії до 50%.

Запатентована технологія біологічної адаптації Synchro-Hatch™ дає можливість синхронізувати процеси інкубації та виведення. Система Synchro-Hatch™ відслідковує життєві показники ембріонів і в автоматичному режимі змінює параметри інкубації. Ці дії дають можливість скоротити час виведення, отримати однорідних за якісними показниками курчат. Якщо раніше процес виведення тривав 30-40 годин, то завдяки цій технології він скоротився до 12 годин. Виводимість при цьому збільшується в середньому на 0,77%, витрати електроенергії у вивідних шафах зменшуються на 63%.

В Україні інкубаторами фірми Petersime обладнано 4 інкубаторію комплексу "Агромарс" (Київська область), розраховані на інкубацію до 110 млн. яєць на рік.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ
ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ІНКУБАТОРА2.1. Розробка математичної моделі температурно-вологісного стану
повітряного середовища інкубаційної камери

Повітряне середовище інкубаційної камери є складною динамічною системою з розподіленими параметрами. Однак його стан при управлінні оцінюється за значеннями температури і вологості в одній точці простору розміщення яєць і, як показують дослідні дані, в результаті інтенсивного перемішування повітря зміни (названих параметрів) відбуваються якщо і не однаково, то, практично, одночасно по усьому об'єму цього простору. Тому динаміка стану повітряного середовища інкубаційної камери, як об'єкту управління, може у першому наближенні розглядатися як процес послідовного перетворення змін температури і вологості повітря в зоні обдування у зміну параметрів у зоні розміщення яєць (рис. 2.1). При цьому вважається, що значення параметрів в одній точці зони достатньо характеризують стан в ній усього повітря.

Виходячи з цього, динамічні властивості температурно-вологісного стану повітряного середовища інкубаційної камери, які відображують залежність параметрів, що підлягають управлінню, від факторів, що обумовлюють їх зміни, в загальному вигляді можуть бути визначені рівняннями теплового балансу і матеріального балансу вологи:

$$\begin{aligned}
 C_1 \cdot \frac{\partial \Theta_{zo}(t)}{\partial t} &= \sum_{i=1}^n q_i(t), & (a) \\
 \frac{\partial m_{zo}(t)}{\partial t} &= \sum_{j=1}^p W_j(t), & (б) \\
 C_2 \cdot \frac{\partial \Theta_k(t)}{\partial t} &= \sum_{i=1}^n q_i(t), & (a) \\
 \frac{\partial m_k(t)}{\partial t} &= \sum_{j=1}^p W_j(t), & (з)
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

де $\Theta_{30}(t)$ - температура повітря в зоні обдування, $^{\circ}\text{C}$;

$m_{30}(t)$ - маса вологи в зоні обдування, кг;

$\Theta_K(t)$ - температура повітря в зоні розміщення яєць, $^{\circ}\text{C}$;

$m_K(t)$ - маса вологи в зоні розміщення яєць, кг;

$Q_i(t)$ - i -тий вид потоку тепла, що впливає на зміну стану повітря, ккал/с;

$W_i(t)$ - i -тий вид потоку вологи, що впливає на зміну стану повітря, кг/с;

C_1, C_2 - приведені теплоємності зон камери, ккал/ $^{\circ}\text{C}$;

t - час;

$i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, p$ і т.д. - номери потоків

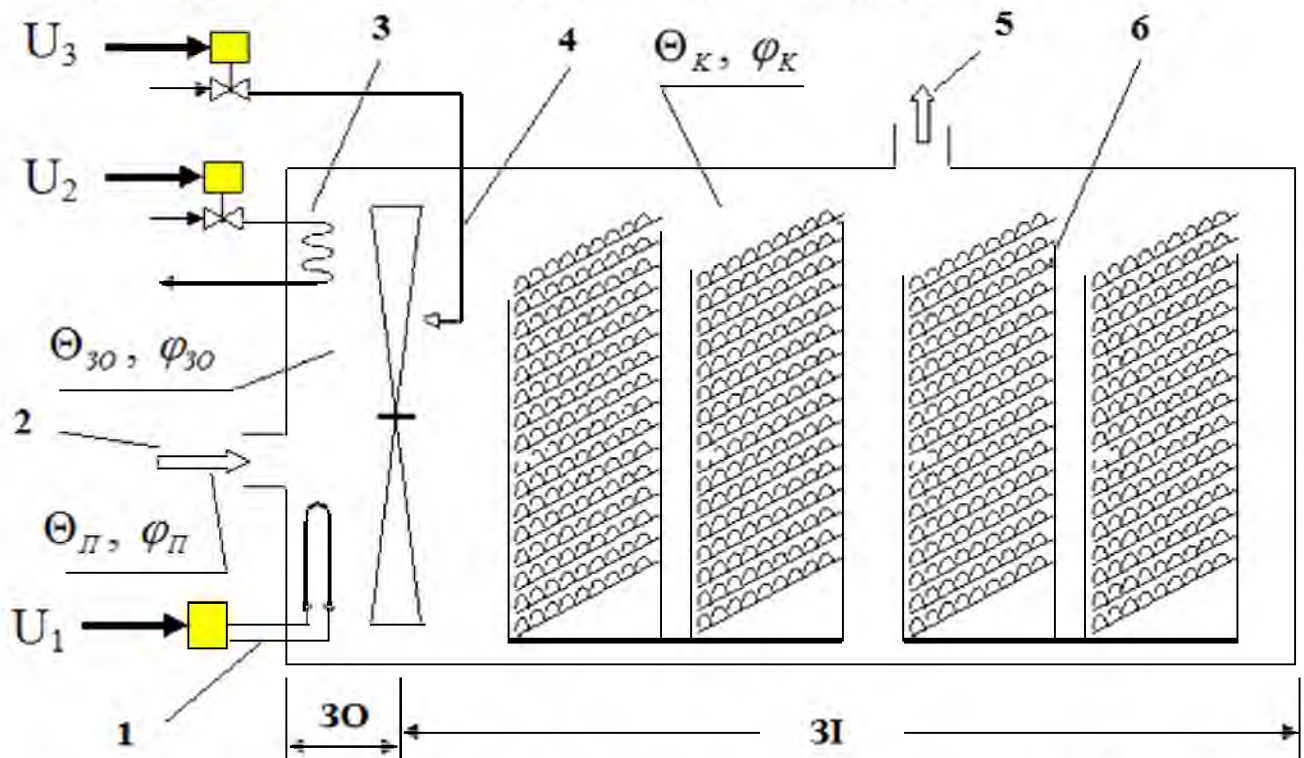


Рис. 2.1. Схема формування повітряного середовища в інкубаційній камері

30 – зона обдування пристроїв формування управляючих впливів; ЗІ – зона інкубації; 1 – нагрівач повітря; 2 – потік повітря з навколишнього середовища; 3 – охолоджувач повітря; 4 – зволожувач повітря; 5 – потік повітря, що видаляється з інкубаційної камери; 6 – яйця, що інкубуються, та пристрої їх розміщення

Рівняння теплового балансу (2.1 а, в) із деталізацією потоків тепла можна представити в наступному вигляді:

$$\left. \begin{aligned} c_1 \cdot \frac{\partial \Theta_{30}(t)}{\partial t} &= Q_H(t) - Q_K^*(t) + Q_1(t) - Q_{30}(t) - Q_{охл}(t) & (a) \\ c_2 \cdot \frac{\partial \Theta_K(t)}{\partial t} &= Q_{30}(t) - Q_2(t) - Q_K^{**}(t) - Q_Y(t) - Q_{зв}(t) \pm Q_{ж}(t) & (б) \end{aligned} \right\}, \quad (2.2)$$

де Q_H - потік тепла, що формується нагрівальним пристроєм, ккал/с;
 Q_K^* , Q_K^{**} - потоки теплових втрат через оболонку камери, відповідно у зонах обдування та інкубації, ккал/с;

Q_Y - потік тепла, що витрачається на зміну температури маси інкубованих яєць та пристроїв, розміщених в інкубаційній шафі, ккал/с;

Q_1 - потік тепла, що вноситься з повітрям з навколишнього середовища, ккал/с;

Q_{30} - потік тепла, що потрапляє із зони обдування в зону інкубації, ккал/с;

Q_2 - потік тепла, що виноситься з повітрям із камери, ккал/с;

$Q_{охл}$ - потік тепла, що відводиться з повітря пристроєм для охолодження повітря, ккал/с;

$Q_{зв}$ - потік тепла, що витрачається на випаровування вологи від зволожувача повітря, ккал/с;

$Q_{ж}$ - потік тепла, що залежить від життєдіяльності ембріонів, ккал/с

Рівняння матеріального балансу вологи (2.1 б, г) з деталізацією потоків вологи можна представити у наступному вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial m_{30}(t)}{\partial t} &= D_1(t) - D_{30}(t) & (a) \\ \frac{\partial m_K(t)}{\partial t} &= D_{30}(t) - D_2(t) + W_{зв}(t) + W_Y(t) & (б) \end{aligned} \right\}, \quad (2.3)$$

де D_1 , D_{30} , D_2 - потоки вологи, відповідно, що вносяться і виносяться повітрям, що проходить через відповідні зони камери, кг/с;

$W_{зв}$ - потік вологи від зволожувача повітря, кг/с;

$W_{\text{я}}$ - потік води, що виділяється у процесі життєдіяльності ембріонів, кг/с.

Оскільки потоки тепла через оболонку камери порівняно з іншими потоками тепла є дуже малими, вони не спричиняють суттєвого впливу на перехідні процеси зміни температури повітря в камері. Тому при побудові моделі стану її повітряного середовища як об'єкта системи управління ними можна знехтувати. Із урахуванням цього, і того, що $\frac{\partial(\Delta x)}{\partial t} = \frac{\partial x}{\partial t}$, рівняння (2.2) та

(2.3) можуть бути записані у відхиленнях наступним чином:

$$\left. \begin{aligned} C_1 \cdot \frac{\partial \Theta_{\text{зр}}(t)}{\partial t} &= \Delta Q_H(t) + \Delta Q_1(t) - \Delta Q_{\text{зо}}(t) - \Delta Q_{\text{охл}}(t) & (a) \\ \frac{\partial m_{\text{зр}}(t)}{\partial t} &= \Delta D_1(t) - \Delta D_{\text{зо}}(t) & (б) \\ C_2 \cdot \frac{\partial \Theta_K(t)}{\partial t} &= \Delta Q_{\text{зо}}(t) - \Delta Q_2(t) - \Delta Q_{\text{я}}(t) - \Delta Q_{\text{зв}}(t) \pm \Delta Q_{\text{ж}}(t) & (в) \\ \frac{\partial m_K(t)}{\partial t} &= \Delta D_{\text{зо}}(t) - \Delta D_2(t) + \Delta W_{\text{зв}}(t) + \Delta W_{\text{я}}(t) & (г) \end{aligned} \right\} (2.4)$$

В умовах нормального функціонування камери мають місце малі відхилення від заданого рівня значень температури і вологості повітря в зоні розміщення яєць, тому обмежимося моделлю об'єкту у першому наближенні, визначивши лінійну інтерпретацію рівнянь (2.4).

Зміни температури повітря практично не впливають на температуру теплообмінної поверхні нагрівального пристрою, і можна вважати, що потік тепла $Q_H(t)$ залежить тільки від управляючого впливу і є пропорційний йому, а

саме

$$\Delta Q_H(t) = \Delta Q_H(U_1) = \beta_1 \cdot \Delta U_1, \quad (2.5)$$

де β_1 - коефіцієнт пропорційності

Потоки тепла, що вносяться у камеру із зовнішнього середовища і виносяться із зони обдування є пропорційними тепловмісту повітря цих

потоків, а саме

$$Q_1 = V \cdot I_1, \quad Q_{\text{зо}} = L \cdot I_{\text{зо}} \quad (2.6)$$

де I_1, I_{30} - тепловміст (ентальпія) повітря, відповідно, що вноситься у зону обдування і що видаляється з неї у зону інкубації, ккал/с;

L - витрати повітря через камеру інкубації, кг/с.

В загальному вигляді тепловміст вологого повітря є нелінійною, але гладкою функцією його температури і вологовмісту [19], а саме $I = f(\Theta, d)$.

Виходячи з цього можна записати

$$Q_1 = L \cdot f(\Theta_{11}, d_{11}), \quad Q_{30} = L \cdot f(\Theta_{30}, d_{30}). \quad (2.7)$$

Визначаючи ці функції у лінійному наближенні розкладанням їх у ряд

Тейлора відносно встановившихся значень змінних та обмежуючись при цьому

першим членом розкладання, отримаємо

$$\begin{aligned} Q_1 &= [Q_1]_0 + a_{11} \cdot \Theta_{11} + a_{12} \cdot \Delta d_{11}, \\ Q_{30} &= [Q_{30}]_0 + a_{21} \cdot \Theta_{30} + a_{22} \cdot \Delta d_{30}, \end{aligned}$$

або у відхиленнях від усталеного режиму

$$\begin{aligned} \Delta Q_1 &= Q_1(t) - [Q_1]_0 = a_{11} \cdot \Theta_{11} + a_{12} \cdot \Delta d_{11} \\ \Delta Q_{30} &= Q_{30}(t) - [Q_{30}]_0 = a_{21} \cdot \Theta_{30} + a_{22} \cdot \Delta d_{30} \end{aligned} \quad (2.8)$$

$$\text{де } a_{11} = L \left(\frac{\partial I_1}{\partial \Theta_{11}} \right)_0, \quad \frac{\text{ккал}}{^\circ\text{C} \cdot \text{с}}; \quad a_{12} = L \left(\frac{\partial I_1}{\partial d_{11}} \right)_0, \quad \frac{\text{ккал}}{^\circ\text{C} \cdot \text{с}};$$

$$a_{21} = L \left(\frac{\partial I_{30}}{\partial \Theta_{30}} \right)_0, \quad \frac{\text{ккал}}{^\circ\text{C} \cdot \text{с}}; \quad a_{22} = L \left(\frac{\partial I_{30}}{\partial d_{30}} \right)_0, \quad \frac{\text{ккал}}{^\circ\text{C} \cdot \text{с}};$$

$[Q_1]_0$ та $[Q_{30}]_0$ - значення потоків тепла в усталеному режимі.

Тепло, яке відводиться від повітря зони обдування охолоджувачем повітря, іде на нагрівання води, що пропускається через охолоджувач. Потік

тепла, що відводиться, є пропорційним різниці температур повітря камери та середнього значення температури води в охолоджувачі

$$\Theta_{CP} = \frac{\Theta_{ВХ}^B + \Theta_{ВХ}^B}{2},$$

де $\Theta_{ВХ}^B, \Theta_{ВХ}^B$ - відповідно, температура води на вході та виході охолоджувача.

Із врахуванням цього кількість теплоти, що передається повітрям камери охолоджуючому пристрою, складатиме

$$Q_{охл}(t) = \alpha_1 \cdot F \cdot [\Theta_{зо}(t) - \Theta_{ср}^B(t)], \quad (2.9)$$

де F - площа теплообмінної поверхні охолоджувача, м²;
 α_1 - коефіцієнт теплопередачі, $\frac{\text{ккал}}{^\circ\text{C} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}}$.

Параметри циркуляції повітря в зоні обдування можна вважати постійними, тобто $\alpha_1 = const$, а потік $Q_{охл}(t)$ - тільки функцією від $\Theta_{зо}(t)$ та $\Theta_{ср}^B(t)$, тобто

$$Q_{охл}(t) = Q \cdot (\Theta_{зо}(t), \Theta_{ср}^B(t)). \quad (2.10)$$

Переходячи до відхилень, цей стан можна записати у вигляді

$$\Delta Q_{охл} = a_{31} \cdot \Delta \Theta_{зо} - a_{32} \cdot \Delta \Theta_{ср}^B, \quad (2.11)$$

де $a_{31} = \left(\frac{\partial Q_{охл}}{\partial \Theta_{зо}} \right)_0$, $\frac{\text{ккал}}{^\circ\text{C} \cdot \text{с}}$; $a_{32} = \left(\frac{\partial Q_{охл}}{\partial \Theta_{ср}^B} \right)_0$, $\frac{\text{ккал}}{^\circ\text{C} \cdot \text{с}}$.

З урахуванням (2.5), (2.8) та (2.11) рівняння (2.4 а) матиме вигляд

$$C_2 \frac{\partial \Theta_{ср}^B}{\partial t} = \beta_1 \cdot \Delta U_1 + a_{11} \cdot \Theta_{пл} + a_{12} \cdot \Delta d_{пл} - a_{21} \cdot \Theta_{зо} - a_{22} \cdot \Delta \Theta_{зо} - a_{31} \cdot \Delta \Theta_{зо} + a_{32} \cdot \Delta \Theta_{ср}^B. \quad (2.12)$$

Зміна температури води $\Delta \Theta_{ср}^B$ в охолоджувачі визначаються рівнянням

теплового балансу

$$C_2 \frac{\partial \Theta_{ср}^B(t)}{\partial t} = \Delta Q_{под}(t) - \Delta Q_{отв}(t), \quad (2.13)$$

де C_2 - приведена теплоємність охолоджувальної системи, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

$\Delta Q_{под}(t)$ - потік тепла, що підводиться до охолоджувача;

$\Delta Q_{отв}(t)$ - потік тепла, що відводиться від охолоджувача.

Зміна потоку теплоти, що відводиться від охолоджувача, складе

$$Q_{отв}(t) = c_B \cdot G_B(t) \cdot \Delta \Theta^B(t), \quad (2.14)$$

де G_B - витрати води через охолоджувач, кг/с;

c_B - питома теплоємність води, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

зміна температури води в охолоджувачі. Вона може розглядатись як функція двох змінних Θ_{BX}^B та Θ_{CP}^B . З урахування цього рівняння (2.14) у відхиленнях запишеться як

$$\Delta Q_{OTB}(t) = a_{41} \cdot \Delta \Theta_{CP}^B + a_{42} \cdot \Delta G_B(t) + a_{43} \cdot \Delta \Theta_{BX}^B(t), \quad (2.15)$$

де $a_{42} \left[\frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \right]$, a_{41} , $a_{43} \left[\frac{\text{ккал}}{\text{°C} \cdot \text{с}} \right]$ - відповідні часткові похідні функції в усталеному режимі.

Зміни витрат $\Delta G_B(t)$ однозначно залежать від управляючого впливу U_2 , який формується системою управління у вигляді відкриття або закриття

клапана охолоджуючої води, і можна вважати, що

$$\Delta G_B(t) = \Delta G(U_2(t)) = \beta_2 \cdot \Delta U_2, \quad (2.16)$$

де β_2 - коефіцієнт пропорційності.

Враховуючи (2.11) та (2.15), а також те, що потік тепла, що потрапляє в

охолоджувач, є потоком тепла, що відводиться від повітря, тобто $\Delta Q_{под}(t) = \Delta Q_{охл}(t)$, рівняння теплового балансу охолоджувача повітря в інкубаторі матиме вигляд

$$C_3 \cdot \frac{\partial \Theta_{CP}^B}{\partial t} = a_{31} \cdot \Theta_{30} - a_{32} \cdot \Theta_{CP}^B - a_{41} \cdot \Theta_{CP}^B - a_{42} \cdot \beta_2 \cdot U_2 - a_{43} \cdot \Delta \Theta_{BX}^B. \quad (2.17)$$

Потоки тепла, що вноситься в зону розміщення яєць із повітрям із зони обдування та що виноситься з інкубаційної камери, пропорційні тепловмісту повітря цих потоків. Визначаючи їх у лінійному наближенні, по аналогії з (2.8),

отримаємо

$$\left. \begin{aligned} \Delta Q_{30} &= a_{51} \cdot \Theta_{30} + a_{52} \cdot \Delta d_{30} \\ \Delta Q_2 &= a_{51} \cdot \Theta_K + a_{52} \cdot \Delta d_K \end{aligned} \right\} \quad (2.18)$$

$$\text{де } a_{51} = L \cdot \left(\frac{\partial I_K}{\partial \Theta_K} \right)_0, \left[\frac{\text{ккал}}{\text{°C} \cdot \text{с}} \right], \quad a_{52} = L \cdot \left(\frac{\partial I_K}{\partial d_K} \right)_0, \left[\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{с}} \right],$$

I_K - тепловміст (ентальпія) повітря, що виноситься з інкубаційної камери.

Якщо вважати, що температура шкаралупи яєць і засобів їх розміщення є однаковими, для потоку тепла, що необхідне для нагріву маси інкубованих яєць і засобів їх розміщення можна записати

$$Q_{Я}(t) = \alpha_{Я} \cdot F_{Я} \cdot (\Theta_{К}(t) - \Theta_{Я}(t)),$$

де $\Theta_{Я}$ - середня температура шкаралупи яєць, °С;

$\alpha_{Я}$ - приведений по масі яєць і засобів їх розміщення коефіцієнт теплопередачі, $\frac{\text{ккал}}{^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}}$

$F_{Я}$ - загальна поверхня яєць та засобів їх розміщення, м².

У порівнянні з перехідними процесами змін температури повітря камери зміни коефіцієнта $\alpha_{Я}$ відбуваються значно повільніше, тому в першому наближенні його можна вважати постійним і розглядати потік тепла $Q_{Я}(t)$ як функцію тільки температури шкаралупи яєць $\Theta_{Я}(t)$ та температури повітря камери $\Theta_{К}(t)$, тобто $Q_{Я}(t) = Q_{Я}(\Theta_{Я}, \Theta_{К})$.

Визначаючи цю функцію в лінійному наближенні та використовуючи розклад її у ряд Тейлора, отримаємо

$$\Delta Q_{Я}(t) = a_{61} \cdot \Delta \Theta_{К} - a_{62} \cdot \Delta \Theta_{Я}, \quad (2.19)$$

де $a_{61} = \left(\frac{\partial Q_{Я}}{\partial \Theta_{К}} \right)_{\Theta_{Я}, \Theta_{К} = \Theta_{К0}}$, $a_{62} = \left(\frac{\partial Q_{Я}}{\partial \Theta_{Я}} \right)_{\Theta_{К}, \Theta_{Я} = \Theta_{Я0}}$ - значення часткових похідних функції в установлених режимах, $\frac{\text{ккал}}{^{\circ}\text{C} \cdot \text{с}}$

Зміни потоку тепла, що витрачається повітрям зони розміщення яєць на випаровування вологи, що вноситься в нього пристроєм зволоження, є пропорційними змінам потоку вологи, що випаровується

$$\Delta Q_{ЗВ}(t) = r \cdot \Delta W_{ЗВ}(t), \quad (2.20)$$

r - питома теплота випаровування (пароутворення), ккал/кг.

Потік вологи, що вноситься зволожувачем, визначається управляючою дією U_3

$$\Delta W_{ЗВ}(t) = \Delta W(U_3), \quad (2.21)$$

і його можна вважати пропорційною управляючій дії. З урахуванням цього

$$\Delta Q_{\text{ж}}(t) = r \cdot \Delta W(U_3) = r \cdot \beta_3 \cdot \Delta U_3, \quad (2.22)$$

де β_3 - коефіцієнт пропорційності.

Зміни теплового потоку $\Delta Q_{\text{ж}}$ відбуваються під впливом життєдіяльності ембріонів яєць, що інкубуються. Теплообмінні та інші процеси підпорядковуються біологічним закономірностям. Протягом циклу інкубації відбуваються зміни споживання та генерації тепла яйцями, виділення та споживання вологи, зміни газообмінних процесів та ін., удосконалюються механізми саморегуляції тепло- і масообмінних процесів ембріону з навколишнім середовищем. Усі ці процеси є функцією етапу розвитку ембріонів, тобто часу інкубації.

Зміни теплового потоку $\Delta Q_{\text{ж}}(t)$ формуються під впливом явних тепловиділень яйцями $\Delta Q_{\text{я}}(t)$ і потоку прихованого тепла, що витрачається на випаровування вологи, яка випаровується яйцями, і пропорційна її кількості:

$$\Delta Q_{\text{ж}}(t) = \Delta Q_{\text{я}}(t) - r \cdot \Delta W_{\text{я}}(t), \quad (2.23)$$

де r - теплота пароутворення;

$\Delta W_{\text{я}}$ - зміни виділень вологи сукупністю ембріонів, що розвиваються в камері.

З урахуванням (2.18) - (2.20), (2.23), (2.24), рівняння (2.4 в) виглядатиме наступним чином

$$C_3 \frac{\partial \Theta_K}{\partial t} = a_{21} \cdot \Delta \Theta_{30} + a_{22} \cdot \Delta d_{30} - a_{61} \cdot \Delta \Theta_K + a_{62} \cdot \Delta \Theta_{\text{я}} - a_{51} \cdot \Delta \Theta_K - a_{42} \cdot \Delta d_K + r \cdot \beta_3 \cdot \Delta U_3 + \Delta Q_{\text{я}}(t) - r \cdot \Delta W_{\text{я}}(t), \quad (2.24)$$

Яйця і засоби розміщення акумулюють тепло, що до них підводяться, і згідно до зроблених припущень, швидкість зміни їх температури можна вважати пропорційною до величини акумульованого потоку тепла, а саме

$$\frac{\partial \Theta_{\text{я}}}{\partial t} = \frac{1}{C_{\text{я}}} \cdot \Delta Q_{\text{я}},$$

де $C_{я}$ - приведена теплоємність маси яєць і засобів їх розміщення, $\frac{\text{ккал}}{^{\circ}\text{C}}$

Із урахуванням (2.19) це співвідношення можна записати як

$$C_{я} \cdot \frac{\partial \Theta_{я}}{\partial t} + a_{72} \cdot \Delta \Theta_{я} = a_{71} \cdot \Delta \Theta_{к}. \quad (2.25)$$

Вважаючи вологе повітря сумішшю сухого повітря та водяної пари, потоки вологи, що вносяться і виносяться повітрям, що проходить через зони камери, та кількість вологи у повітрі зон камери визначаються співвідношенням

$$D_1 = L \cdot d_{п}, \quad D_{30} = L \cdot d_{30}, \quad D_2 = L \cdot d_{к}, \quad m_{30} = G_{30} \cdot d_{30}, \quad m_{к} = G_{к} \cdot d_{к},$$

де $d_{к}$ і $d_{п}$ - відповідно, вологовміст повітря, що виходить з камери, та вологовміст повітря, що потрапляє в камеру з приміщення інкубаторію;

d_{30} - вологовміст повітря, що потрапляє в зону розміщення яєць;

G_{30} і $G_{к}$ - маса сухого повітря, відповідно, в зоні обдування і розміщення яєць, кг.

Враховуючи викладене і те, що кількість вологи, що вноситься зволожувачем, можна вважати пропорційним керуючій дії U_3 , рівняння (2.4 б,

г) запишуться у вигляді

$$\left. \begin{aligned} G_{30} \cdot \frac{\partial d_{30}}{\partial t} &= L \cdot \Delta d_{п} - L \cdot \Delta d_{30} \\ G_{к} \cdot \frac{\partial d_{к}}{\partial t} &= L \cdot \Delta d_{30} - L \cdot \Delta d_{к} + \beta_3 \cdot \Delta U_3 + \Delta W_{я}(t) \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

де β_3 - коефіцієнт пропорційності.

Таким чином, із урахуванням (2.12), (2.17), (2.24) - (2.26), система рівнянь (2.4) приводиться до наступного вигляду

$$\begin{aligned}
 C_1 \cdot \frac{\partial \Theta_{30}}{\partial t} &= \beta_1 \cdot \Delta U_1 + a_{11} \cdot \Theta_{\Pi} + a_{12} \cdot \Delta d_{\Pi} - a_{21} \cdot \Theta_{30} - a_{22} \cdot \Delta d_{30} \\
 C_2 \cdot \frac{\partial \Theta_K}{\partial t} &= a_{31} \cdot \Delta \Theta_{30} + a_{32} \cdot \Delta \Theta_{CP}^B - a_{41} \cdot \Theta_{CP}^B - a_{42} \cdot \beta_2 \cdot U_2 - a_{43} \cdot \Delta \Theta_{BX}^B \\
 &\quad - a_{51} \cdot \Delta \Theta_K - a_{42} \cdot \Delta d_K - r \cdot \beta_3 \cdot \Delta U_3 \pm \Delta Q_{Я}(t) - r \cdot \Delta W_{Я}(t) \\
 C_3 \cdot \frac{\partial \Theta_{CP}^B}{\partial t} &= a_{31} \cdot \Theta_{30} - a_{32} \cdot \Theta_{CP}^B - a_{41} \cdot \Theta_{CP}^B - a_{42} \cdot \beta_2 \cdot U_2 - a_{43} \cdot \Delta \Theta_{BX}^B \\
 C_{Я} \cdot \frac{\partial \Theta_{Я}}{\partial t} + a_{72} \cdot \Delta \Theta_{Я} &= a_{71} \cdot \Delta \Theta_K \\
 G_{30} \cdot \frac{\partial d_{30}}{\partial t} &= L \cdot \Delta d_{\Pi} - L \cdot \Delta d_{30} \\
 G_K \cdot \frac{\partial d_K}{\partial t} &= L \cdot \Delta d_{30} - L \cdot \Delta d_K + \beta_3 \cdot \Delta U_3 + \Delta W_{Я}(t)
 \end{aligned} \tag{2.27}$$

Вологовміст повітря d з його відносною вологістю пов'язує залежність

[18].

$$\varphi = \frac{P_B \cdot d}{P_H \cdot (622 + d)}$$

де P_H - тиск насиченої пари,

P_B - барометричний тиск.

Тиск насиченої пари є функцією температури повітря Θ , тобто

$P_H = P(\Theta)$. В цілому, відносна вологість є нелінійною, але гладкою функцією

двох змінних: вологовмісту і температури, тобто $\varphi = \varphi(d, \Theta)$.

У контексті питань, що розглядаються, це означає

$$\varphi_{30}(t) = \varphi\{d_{30}(t), \Theta_{30}(t)\},$$

$$\varphi_K(t) = \varphi\{d_K(t), \Theta_K(t)\},$$

$$\varphi_{\Pi}(t) = \varphi\{d_{\Pi}(t), \Theta_{\Pi}(t)\}.$$

Визначаючи ці функції в лінійному наближенні, отримаємо для відхилень

$$\Delta \varphi_{30} = a_{71} \cdot \Delta d_{30} - a_{72} \cdot \Delta \Theta_{30},$$

$$\Delta \varphi_K = a_{81} \cdot \Delta d_K - a_{82} \cdot \Delta \Theta_K,$$

$$\Delta \varphi_{\Pi} = a_{91} \cdot \Delta d_{\Pi} - a_{92} \cdot \Delta \Theta_{\Pi},$$

або

$$\Delta d_{30} = \frac{1}{a_{71}} \cdot \Delta \varphi_{30} + \frac{a_{72}}{a_{71}} \cdot \Delta \Theta_{30}$$

$$\Delta d_K = \frac{1}{a_{81}} \cdot \Delta \varphi_K + \frac{a_{82}}{a_{81}} \cdot \Delta \Theta_K, \quad (2.28)$$

$$\Delta d_{II} = \frac{1}{a_{91}} \cdot \Delta \varphi_{II} + \frac{a_{92}}{a_{91}} \cdot \Delta \Theta_{II}$$

де $a_{71} = \left(\frac{\partial \varphi_{30}}{\partial d_{30}} \right)_0$; $a_{72} = \left(\frac{\partial \varphi_{30}}{\partial \Theta_{30}} \right)_0$; $a_{81} = \left(\frac{\partial \varphi_K}{\partial d_K} \right)_0$; $a_{82} = \left(\frac{\partial \varphi_K}{\partial \Theta_K} \right)_0$;

$$a_{91} = \left(\frac{\partial \varphi_{II}}{\partial d_{II}} \right)_0; \quad a_{92} = \left(\frac{\partial \varphi_{II}}{\partial \Theta_{II}} \right)_0, \quad \text{°C}^{-1}.$$

З урахуванням (2.28) рівняння (2.27) приймуть вигляд

$$T_1 \cdot \frac{\partial \Theta_{30}}{\partial t} + \Delta \Theta_{30} = \beta_1 \cdot B_1 \cdot \Delta U_1 - B_1 \cdot \frac{a_{22}}{a_{71}} \cdot \Delta \varphi_{30} + B_1 \cdot \left(a_{11} + \frac{a_{12} \cdot a_{92}}{a_{91}} \right) \cdot \Delta \Theta_{II} +$$

$$+ B_1 \cdot \frac{a_{12}}{a_{91}} \cdot \Delta \varphi_{II} + B_1 \cdot a_{32} \cdot \Delta \Theta_{CP}^B$$

$$T_2 \cdot \frac{\partial \Theta_K}{\partial t} + \Delta \Theta_K = B_2 \cdot \left(a_{21} + \frac{a_{22} \cdot a_{72}}{a_{71}} \right) \cdot \Delta \Theta_{30} - B_2 \cdot \frac{a_{22}}{a_{71}} \cdot \Delta \varphi_{30} - B_2 \cdot \frac{a_{52}}{a_{81}} \cdot \Delta \varphi_K +$$

$$+ B_2 \cdot a_{62} \cdot \Delta \Theta_{Я} - r \cdot \beta_3 \cdot B_3 \cdot \Delta U_3 \pm B_3 \cdot \Delta Q_{Я} - r \cdot B_3 \cdot W_{Я}$$

$$T_3 \cdot \frac{\partial \Theta_{CP}^B}{\partial t} + \Delta \Theta_{CP}^B = B_3 \cdot a_{31} \cdot \Delta \Theta_{30} - B_3 \cdot a_{42} \cdot \beta_2 \cdot \Delta U_2 - B_3 \cdot a_{43} \cdot \Delta \Theta_{BX}^B$$

$$T_4 \cdot \frac{\partial \Theta_{Я}}{\partial t} + \Delta \Theta_{Я} = \frac{a_{61}}{a_{62}} \cdot \Delta \Theta_K$$

$$T_5 \cdot \frac{\partial \Theta_{30}}{\partial t} + \Delta \Theta_{30} = -\frac{1}{a_{72}} \cdot \left(T_5 \cdot \frac{\partial \varphi_{30}}{\partial t} + \Delta \varphi_{30} \right) + B_4 \cdot \Delta \varphi_{Я} + B_4 \cdot a_{92} \cdot \Delta \Theta_{II}$$

$$T_6 \cdot \frac{\partial \Theta_K}{\partial t} + \Delta \Theta_K = -\frac{1}{a_{72}} \cdot \left(T_6 \cdot \frac{\partial \varphi_K}{\partial t} + \Delta \varphi_K \right) + B_5 \cdot \Delta \varphi_{30} + B_5 \cdot a_{72} \cdot \Delta \Theta_{30} +$$

$$+ \frac{B_5 \cdot a_{71} \cdot \beta_3 \cdot \Delta U_3}{L} + \frac{B_5 \cdot a_{71} \cdot \Delta W_{Я}}{L} \quad (2.29)$$

де $T_1 = \frac{C_1}{B_1}$; $T_2 = \frac{C_2}{B_2}$; $T_3 = \frac{C_3}{B_3}$; $T_4 = \frac{C_{Я}}{a_{72}}$; $T_5 = \frac{G_{30}}{L}$; $T_6 = \frac{G_K}{L}$ - постійні часу, с;

$$B_1 = \left(a_{21} + a_{31} + \frac{a_{22} \cdot a_{72}}{a_{71}} \right) \cdot \frac{\text{°C} \cdot \text{с}}{\text{ккал}}; \quad B_2 = \left(a_{61} + a_{51} + \frac{a_{52} \cdot a_{82}}{a_{81}} \right) \cdot \frac{\text{°C} \cdot \text{с}}{\text{ккал}};$$

$B_3 = \frac{a_{32}}{a_{32} + a_{41}} \cdot \frac{e}{\text{ккал}}$, $B_4 = \frac{a_{77}}{a_{72} \cdot a_{61}} \cdot \text{°C}$; $B_5 = \frac{a_{81}}{a_{82} \cdot a_{71}} \cdot \text{°C}$

Переходячи до відносних змін змінних, модель температурно-

вологісного стану повітряного середовища, що відображує у лінійному

наближенні залежність керованих параметрів від факторів, що обумовлюють їх зміни, буде описуватись системою рівнянь

$$T_1 \cdot \frac{\partial z_1}{\partial t} + z_1 = k_{11} \cdot y_1 - k_{12} \cdot z_2 + k_{13} \cdot z_3 + k_{14} \cdot f_1 + k_{15} \cdot f_2$$

$$T_2 \cdot \frac{\partial x_1}{\partial t} + x_1 = k_{21} \cdot z_1 + k_{22} \cdot z_2 - k_{23} \cdot x_2 - k_{24} \cdot y_3 + k_{25} \cdot z_4 \pm f_Q^A + f_W^A$$

$$T_3 \cdot \frac{\partial z_3}{\partial t} + z_3 = k_{31} \cdot z_1 - k_{32} \cdot y_2 - k_{33} \cdot f_3$$

$$T_4 \cdot \frac{\partial z_4}{\partial t} + z_4 = k_{41} \cdot x_1$$

$$T_5 \cdot \frac{\partial z_2}{\partial t} + z_2 = -k_{51} \cdot \left(T_7 \cdot \frac{\partial z_1}{\partial t} + z_1 \right) + k_{52} \cdot f_1 + k_{53} \cdot f_2$$

$$T_6 \cdot \frac{\partial x_2}{\partial t} + x_2 = k_{61} \cdot y_3 + k_{62} \cdot z_1 + k_{63} \cdot z_2 - k_{64} \cdot \left(T_6 \cdot \frac{\partial x_1}{\partial t} + x_1 \right) + k_{65} \cdot f_W^A$$

де x_1, x_2 - відносні зміни температури та вологості повітря в камері;

z_1, z_3, z_4 - відповідно, відносні зміни значень температури повітря в

зоні обдування, води в охолоджувачі, шкаралупи яєць та пристроїв їх розміщення в камері;

z_2 - відносні зміни вологості повітря в зоні обдування;

$f_1, f_2, f_3, f_Q^A, f_W^A$ - збурюючі дії, що відображують відносні зміни,

відповідно, температури і вологості повітря зовнішнього середовища, температури води на вході в охолоджувач, тепловиділення і вологовиділення яєць,

k_{ij} - постійні коефіцієнти.

В операторній формі ця система рівнянь матиме наступний вигляд:

$$\begin{aligned} Z_1 &= k_{11} \cdot W_1(s) \cdot Y_1 - k_{12} \cdot W_1(s) \cdot Z_2 + k_{13} \cdot W_1(s) \cdot Z_3 - k_{14} \cdot W_1(s) \cdot \Phi_1 + k_{15} \cdot W_1(s) \cdot \Phi_2 \\ Y_1 &= k_{21} \cdot W_2(s) \cdot Z_1 + k_{22} \cdot W_2(s) \cdot Z_2 - k_{23} \cdot W_2(s) \cdot Z_3 - k_{24} \cdot W_2(s) \cdot Y_2 + k_{25} \cdot W_2(s) \cdot Z_4 \pm \\ &\quad \pm W_2(s) \cdot \Phi_Q^A + W_2(s) \cdot \Phi_W^A \\ Z_3 &= k_{31} \cdot W_3(s) \cdot Z_1 - k_{32} \cdot W_3(s) \cdot Y_2 - k_{33} \cdot W_3(s) \cdot \Phi_3 \\ Z_4 &= k_{41} \cdot W_4(s) \cdot X_1 \end{aligned} \quad (2.31)$$

$$\begin{aligned} Z_5 &= -k_{51} \cdot Z_1 + k_{52} \cdot W_5(s) \cdot \Phi_1 - k_{53} \cdot W_5(s) \cdot \Phi_2 \\ X_2 &= k_{61} \cdot W_6(s) \cdot Y_3 + k_{62} \cdot W_6(s) \cdot Z_1 + k_{63} \cdot W_6(s) \cdot Z_2 - k_{64} \cdot X_1 + k_{65} \cdot W_6(s) \cdot \Phi_W^A \end{aligned}$$

де $W_1(s) = \frac{1}{T_1 \cdot s + 1}$, $W_2(s) = \frac{1}{T_2 \cdot s + 1}$, ..., $W_6(s) = \frac{1}{T_6 \cdot s + 1}$,

$X_1 = \int_0^{\infty} x_1(t) \cdot e^{-st} dt$, $X_2 = \int_0^{\infty} x_2(t) \cdot e^{-st} dt$ і т.д. – зображення відповідних змінних, s - оператор Лапласа.

Структурна схема моделі стану повітряного середовища інкубаційної камери, що відповідає (2.31), зображена на рис. 3.2.

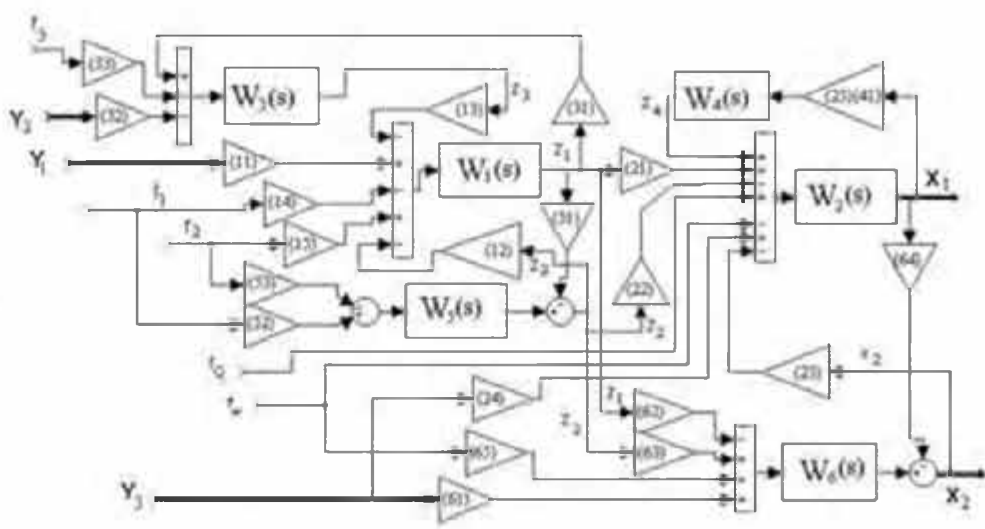


Рис. 2.2. Структурна схема математичної моделі температурно-вологісного стану повітряного середовища інкубаційної камери.

Як видно з рис. 2.2, модель температурно-вологісного стану інкубаційної камери має вигляд динамічної системи з трьома вхідними впливами, що перетворюються у вхідні параметри аперіодичними ланками, що мають між собою перехресні зв'язки.

Отриманий математичний опис являє у лінійному наближенні структурну ідентифікацію динаміки стану повітряного середовища інкубаційної камери, відображаючи якісно у загальному вигляді процеси, що в ній відбуваються.

Аналітично визначити чисельні значення коефіцієнтів побудованої моделі вкрай важко, у тому числі і тому, що їх значення залежать не тільки від фізичних характеристик інкубаційної камери, але й від біологічних процесів розвитку ембріонів. У відповідності з цим якісні характеристики моделі повинні бути різними для кожного дня інкубації. Тому для отримання чисельної моделі інкубаційної камери необхідні експериментальні дослідження. Отримана загальна математична модель дозволяє визначити стратегію експериментального знаходження параметрів математичних моделей, що відображують якісні характеристики динамік стану повітряного середовища по конкретному контрольованому зовнішньому впливу відносно вихідних параметрів.

З теплотехнічної точки зору в інкубаційному процесі можна виділити два стани: "*стан 1*", коли ембріони активно споживають тепло, і "*стан 2*", коли відбувається зростання виділень ембріонами тепла і вологи.

В результаті досліджень з біології інкубації яєць птиці [12], вплив процесів життєдіяльності ембріонів на повітряне середовище інкубаційної камери має вигляд, зображений на рис. 2.3.

Модель інкубаційної камери для "*стану 1*" буде частинним випадком отриманої моделі (2.31) при $Y_0 = 0$, $\Phi_3 = 0$, $\Phi_Q^Я = 0$, $\Phi_W^Я = 0$ для "*стану 2*" – частинним випадком (2.31) при $Y_N = 0$ та $Z_4 = Z_5 = 0$, оскільки яйця виступають тут у ролі джерела збурень, а не акумуляторів тепла, що підводиться із зовнішнього середовища, а середня температура засобів розміщення яєць практично співпадає із середньою температурою шкаралупи.

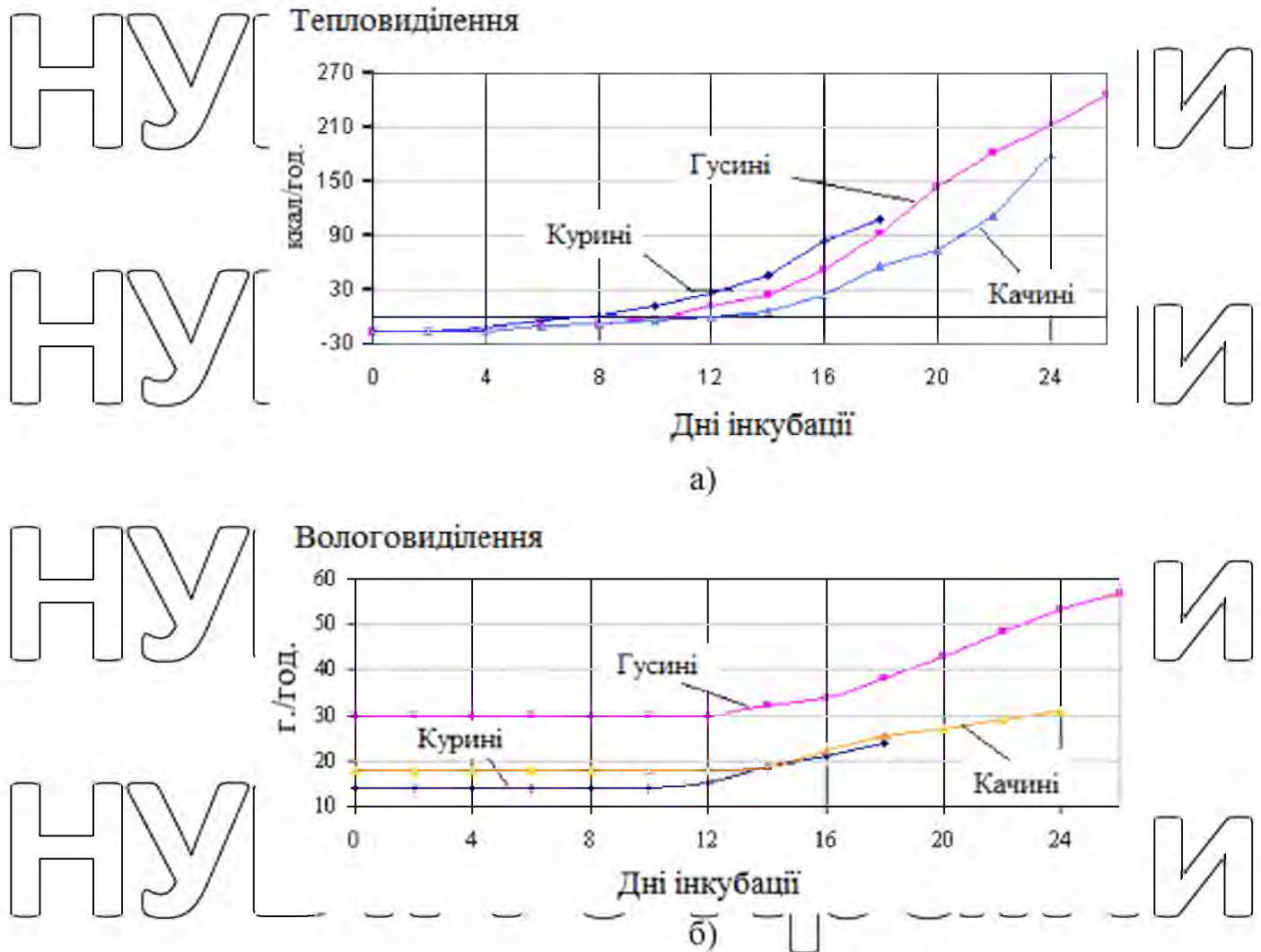


Рис. 2.3. Вплив процесу життєдіяльності ембріонів яєць птиці на інкубаційне середовище (дані нормовані на 1000 шт. яєць)

Для інкубаційних камер, заповнених інкубаційними яйцями, експериментальне отримання кривих перехідних процесів нашоується на обмеження конструктивного характеру і необхідності збереження її біологічного статусу:

- можливий діапазон зміни температури повітря в камері має природне обмеження "знизу" – температура повітря в приміщенні інкубаторію (тривалість знаходження на цьому рівні технологічно безпечна протягом декількох хвилин);

- "верхнє" значення температури не може складати навіть короткочасно 39°C;

управляюча дія по нагріву може мати тільки вигляд одиничного прямокутного імпульсу, тривалість якого обмежена часом досягнення температури деякого допустимого рівня. Технологічно безпечним можна вважати короткочасне значення температури повітря інкубаційної камери на рівні 38,5°C. Якщо при знятті кривої перехідного процесу не обмежити час дії управляючого впливу, то температура повітря може значно перевищити допустимий рівень;

- рівень температури в інкубаційній камері, при якому швидкість її зміни на момент нанесення управляючої дії можна практично вважати такою, що дорівнює нулю, може бути досягнута вимиканням системи життєдіяльності та повним відкриванням дверей. Цей рівень дорівнює значенню температури приміщення інкубаторію.

Перераховані обмеження визначають особливості проведення експериментів та вибору методів обробки даних, що отримуються у їх результаті. Зокрема, для інкубаційної камери неможливо експериментальне отримання розгінних кривих у класичному вигляді. Для визначення чисельних значень параметрів передатних функцій інкубаційної камери як об'єкта управління можливе отримання лише ділянок розгінних кривих в діапазоні

$\Theta(t_0) \leq \Theta(t) \leq 39^\circ \text{C}$ (рис. 2.4), де $\Theta(t_0)$ - початкове значення температури на момент прикладення управляючої дії, яке дорівнює значенню температури в приміщенні інкубаторію.

2.2. Визначення передатної функції інкубатора по каналу керування температурним режимом

Експериментальне визначення значень температури повітря в інкубаційній камері інкубатора ИУП-Ф-45 у перехідному режимі як відгуку на стрибкоподібну зміну управляючої дії обмеженої тривалості проводилося дискретно у часі із шагом дискретизації 32 с. Реєстрація відгуків проводилася з

трьохкратною повторюваністю з інтервалами між дослідями 2,5 год. на 2-ий, 4-ий та 6-ий та 8-ий дні інкубації. Перехідні процеси на 2-й день інкубації проводились незалежно у двох інкубаційних камерах. Реєстрація даних вимірювань здійснювалась автоматично в пам'яті комп'ютера, в який сигнал потрапляв з вимірювального каналу контролера системи управління температурним режимом інкубаційної камери.

При обробці експериментальних даних, отриманих на 2-ий та 4-ий дні інкубації, бралися значення температури з моменту прикладення управляючої дії та у моменти часу, що знаходяться на рівній відстані один від одного на 160

с. Середні значення даних реєстрації температури в кожній із серій дослідів наведені в додатку Б, а на рис. 2.5 та 2.6 зображені розгінні криві по каналу управління температурним режимом на 2-ий, 4-ий та 6-ий дні інкубації.

Середні значення даних реєстрації температури у серії дослідів на 8-ий день інкубації наведені в таблиці 2.1, а розгінна крива по каналу управління температурним режимом, що відповідає цим значенням, зображена на рис. 2.7. Для подальших розрахунків скористаємось саме цими даними.

За результатами експериментальних досліджень (рис. 2.6) можна зробити висновок, що в процесі інкубації зменшується значення постійної часу камери як об'єкта управління (зменшується інерційність об'єкта) при незмінному коефіцієнті передачі:

- 2-й день інкубації

$$W_{ov}^2(s) = \frac{0,2}{145 \cdot s + 1}$$

- 4-й день інкубації

$$W_{ov}^4(s) = \frac{0,2}{1020 \cdot s + 1}$$

- 6-й день інкубації

$$W_{ov}^6(s) = \frac{0,2}{870 \cdot s + 1}$$

Тому при розробці САК параметрами мікроклімату в інкубаційній камері цю особливість необхідно враховувати.

Для визначення передатної функції інкубаційної камери по каналу керування температурним режимом повітря був використаний графічний метод [16].

Для визначення передатної функції ця розгінна характеристика була пронормована за виразом

$$y(t_i) = \frac{\Theta(t_i) - \Theta(t_0)}{\Theta(\infty) - \Theta(t_0)} = \frac{\Theta(t_i) - 18,00}{38,00 - 18,00} = \frac{\Theta(t_i) - 18,00}{20,00}. \quad (2.32)$$

Результати розрахунку занесені до таблиці 2.1, нормована крива розгону зображена на рис. 2.7.

Коефіцієнт передачі об'єкта управління визначаємо за формулою:

$$k_{ov} = \frac{\Theta_k - \Theta_n}{P_k - P_n}, \quad (2.33)$$

де Θ_k та Θ_n — відповідно кінцева та початкова температура в камері інкубатора, °С;

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

Таблиця 2.1.

Зміни температури повітря в інкубаційній камері на 8-ий день інкубації при вмиканні нагрівальних елементів на обмежений інтервал часу

t, с	0	32	64	96	128	160	192	224	256
Θ , °С	18,00	18,72	19,52	20,40	21,32	22,25	23,17	24,08	24,98
$y(t_i)$	0	0,036	0,076	0,120	0,166	0,213	0,259	0,304	0,349
	288	320	352	384	416	448	480	512	544
	25,86	26,72	27,57	28,39	29,20	29,99	30,77	31,53	32,27
	0,393	0,436	0,479	0,520	0,560	0,600	0,639	0,677	0,714
	608	640	672	704	736	768	800	832	864
	33,71	34,41	35,09	35,76	36,41	37,05	37,68	37,89	38,00
	0,786	0,821	0,855	0,888	0,921	0,953	0,984	0,995	1,000

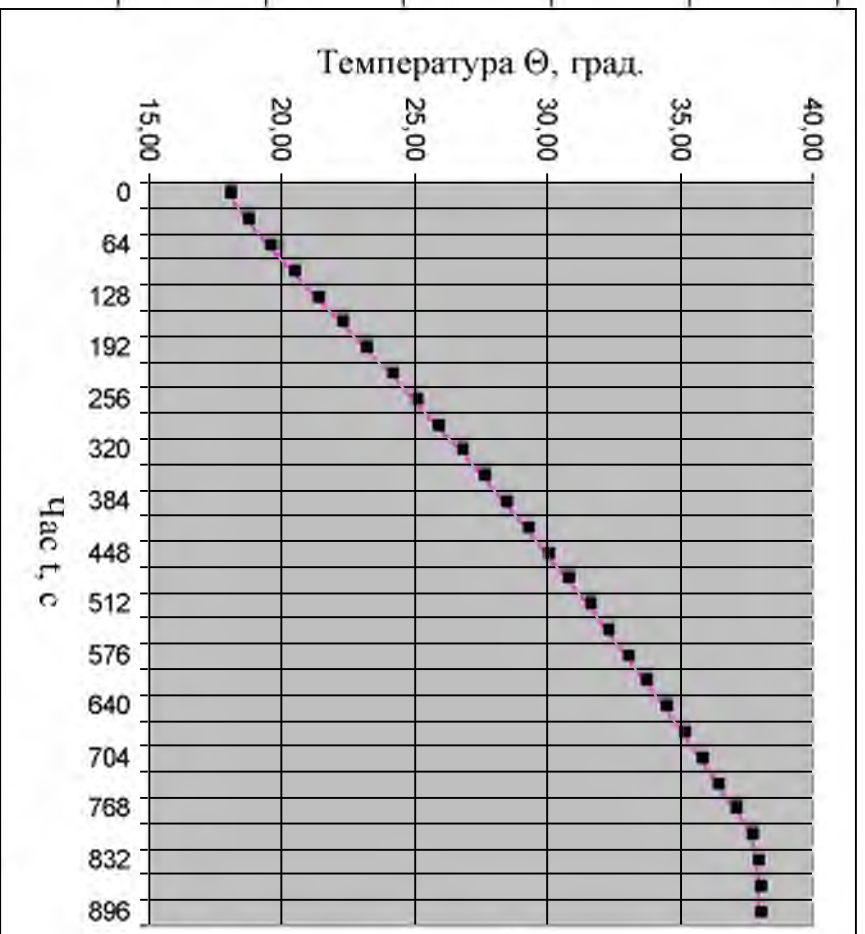


рис. 27. Розпінна характеристика інкубаторної камери до початку жерування температурним режимом на 8-ий день інкубації

НУБІП Україна

НУБІП Україна

$$P_k = 38^\circ C, P_{II} = 18^\circ C;$$

$$k_{\alpha} = \frac{38 - 18}{100 - 0} = 0,2$$

$$P_k = 100\%, P_{II} = 0\%.$$

% порожкості надів.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

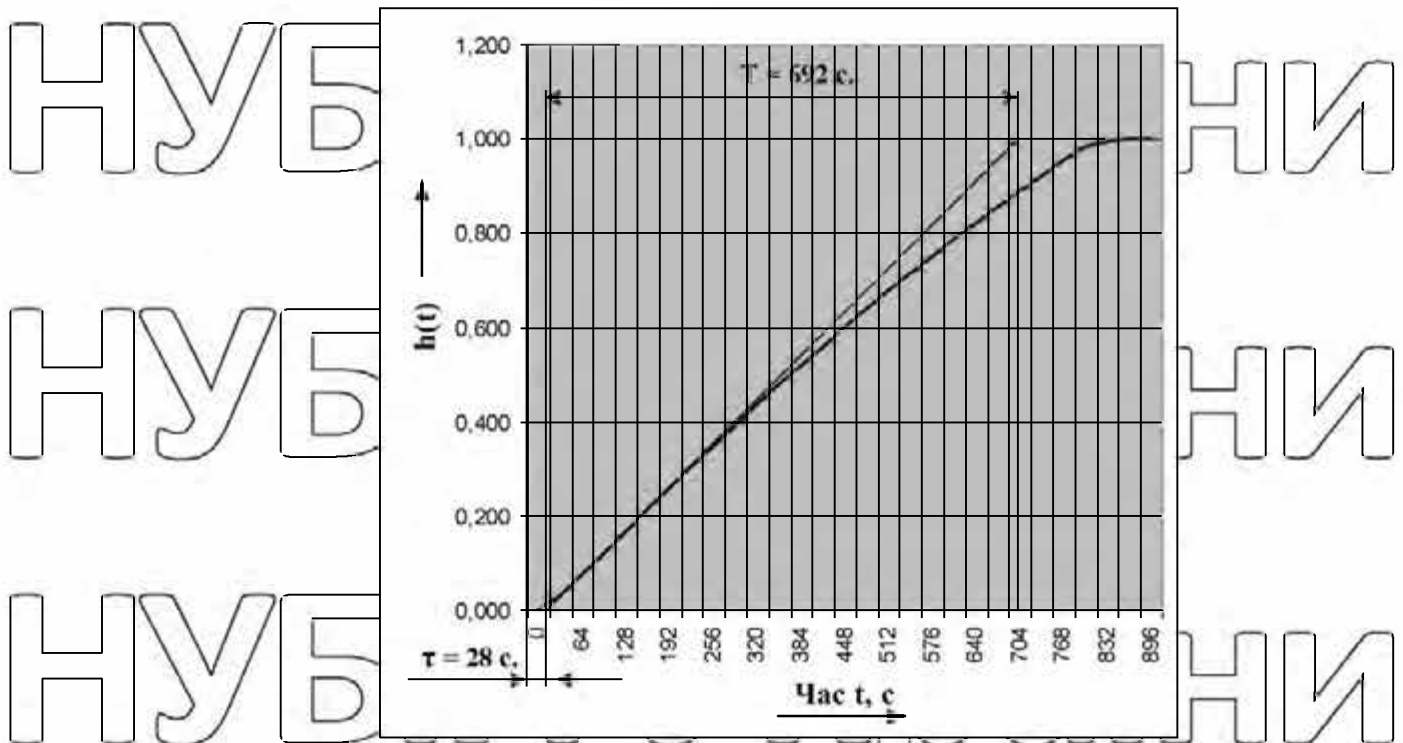


Рис. 2.7. Нормована розгінна характеристика інкубаційної камери по каналу управління температурним режимом на 8-ий день інкубації

Постійну часу та час запізнення визначасмо з нормованої розгінної характеристики. $T_{0y} = 692$ с, $\tau_{0y} = 28$ с.

Передатна функція інкубаційної камери по каналу регулювання температури визначається інерційною ланкою першого порядку:

$$W_{0y}(s) = \frac{0,4}{692 \cdot s + 1} \cdot e^{-28s} \quad (2,34)$$

Для подальших розрахунків необхідно зазначити наступне. Передатна функція інкубаційної камери для каналу керування температурним режимом отримана експериментальним шляхом за допомогою зазначеного вище технологічного обладнання. Це обладнання характеризується певними динамічними характеристиками:

- ТЕНам, за допомогою яких здійснюється нагрів повітря в інкубаторі, властива суттєва інерційність: після подачі на них номінального значення напруги живлення $U_{ж}$ для досягнення робочої температури нагріву на поверхні витрачається певний час;

термометри опору як датчики температури також характеризуються певною інерційністю.

Тому при визначенні параметрів настрійки регулятора, дослідженні САК температурним режимом на стійкість та визначенні параметрів якості регулювання вважаємо, що у передатній функції інкубаційної камери **враховані динамічні властивості** ТЕНів як виконавчого механізму та датчика температури як первинного вимірювального перетворювача.

У цьому випадку функціонально-структурна схема САК температурним режимом в інкубаційній камері матиме наступний вигляд (рис. 2.8).

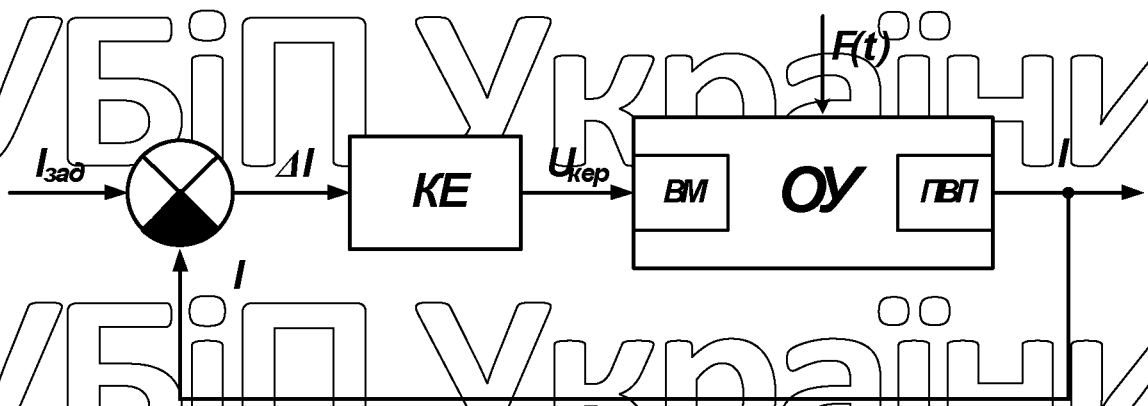


Рис. 2.8. Функціонально-структурна схема САК температурним режимом

в інкубаційній камері із експериментально визначеною передатною функцією

2.3. Розробка функціональної схеми автоматизації інкубатора

НУБІП України

Функціональна схема автоматизації інкубатора ИУП-Ф-45 зображена на

рис. 2.9.

НУБІП України

Інкубаційну камеру можна умовно поділити на дві зони:

- зона інкубації яєць;
- зона регулювання параметрів мікроклімату.

НУБІП України

В зоні інкубації розташовані інкубаційні лотки з яйцями, елементи системи повороту лотків з датчиками положення лотків (ГЕ) (два крайніх та одне середнє положення), датчики температури (ТЕ) та відносної вологості (МЕ) повітря. Лотки повертаються на кут 45° від горизонтального положення 1 раз на годину за допомогою асинхронного електродвигуна потужністю 0,27кВт з редуктором РЧУ-63А, яким керує реле часу (GKS).

НУБІП України

В зоні регулювання параметрів мікроклімату розміщене наступне технологічне обладнання:

- ЕНП – два трубчастих електронагрівача (ТЕНи) для нагрівання повітря в інкубаційній камері потужністю 1кВт кожний;

НУБІП України

- ВЦД – вентилятор циркуляції повітря, що необхідний для вирівнювання температури у всьому об'ємі інкубаційної камери. Вентилятор обертається за допомогою асинхронного електродвигуна потужністю 0,55кВт;

- ОП – охолоджувач повітря, що являє собою трубчастий теплообмінник, всередині якого (при необхідності) циркулює холодна вода;

НУБІП України

- ПЗ – дві повітряних заслінки, що використовуються для повітрообміну з навколишнім середовищем. Заслінки приводяться в дію за допомогою тягового електромагніту;

- ФЗП – форсунка системи зволоження повітря, вода на яку подається відкриттям електромагнітного клапану.

НУБІП України

Принцип роботи САК температурним режимом в інкубаторі наступний: поточне значення температури повітря в інкубаторі вимірюється датчиком температури (ТЕ), який перетворює його у напругу, що по каналу зв'язку передається до автоматичного керуючого пристрою (ТМІРС) на базі мікропроцесора. Тут воно виводиться на індикатор щита управління, порівнюється із заданим значенням температури. Автоматичний керуючий пристрій формує керуючі сигнали (напругу управління), що подаються до виконавчих механізмів за допомогою електромагнітних пускачів. Якщо температура нижча за необхідну, працюють трубчасті електронагрівачі (ТЕНи),

якщо вища за необхідну – ТЕНи не працюють, а у трубчастій теплообмінник системи охолодження повітря подається холодна вода. Вентилятор працює постійно, забезпечуючи тим рівномірність температури у просторі інкубатора.

Відносна вологість повітря регулюється за допомогою електромагнітного клапану, який подає воду на форсунку дрібно-дисперсного розпилення. Електромагнітним клапаном керує також автоматичний керуючий пристрій (ТМІРС).

РОЗДІЛ 3

ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ
ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ В ІНКУБАТОРІ3.1. Визначення часу квантування САК температурним режимом в
інкубаторі та можливості застосування математичного апарату лінійних
систем керування для систем із мікропроцесорною технікою

Згідно з теоремою Котельнікова для можливості безпомилкового відтворення сигналу, як показує аналіз амплітудних спектрів імпульсної системи, найменша частота квантування повинна дорівнювати $2 \cdot \omega_c$, де ω_c – найвища частота вхідного сигналу, яка має місце в амплітудно-частотній характеристиці неперервної частини системи.

Теорема стверджує, якщо сигнал не містить в собі частот вище, ніж ω_c , рад/с, він повністю описується своїми значеннями, вимірними у дискретні моменти часу з інтервалом

$$T_k \leq \frac{\pi}{\omega_c} \quad (3.1)$$

При заданій точності відтворення сигналу можна вважати, що спектр сигналу

$$|W_{з.нч}(j \cdot \omega)| \leq \theta_{зад}, \quad (3.2)$$

де $|W_{з.нч}(j \cdot \omega)|$ – амплітудно-частотна характеристика неперервної частини замкненої автоматичної системи;

$\theta_{зад}$ – необхідна точність, що повинна бути забезпечена на виході системи.

Оскільки у попередньому розділі встановлено, що передатна функція інкубаційної камери як об'єкта керування отримана експериментальним шляхом і враховує динамічні властивості електронагрівача як виконавчого механізму (ВМ) та датчика температури як первинного вимірювального перетворювача (ПВП), передатна функція розімкненої САК

$$W_{роз}(s) = W_{об}(s) = \frac{0,2 \cdot e^{-28s}}{692 \cdot s + 1} \quad (3.3)$$

Передатна функція замкненої САК

$$W_{замк}(s) = \frac{W_{роз}(s)}{1 + W_{роз}(s)} = \frac{0,2 \cdot e^{-28s}}{1 + \frac{0,2 \cdot e^{-28s}}{692 \cdot s + 1}} = \frac{0,2 \cdot e^{-28s}}{692 \cdot s + 1 + 0,2 \cdot e^{-28s}} \quad (3.4)$$

Оскільки САК температурного режиму в інкубаторі повинна забезпечувати високу точність, прийемо, що необхідна точність на виході системи $\theta_{зад} = 0,01$ (1%).

Визначимо ω_c за допомогою математичного пакету MathCAD (лістинг 3.1).

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

$$W_{ou}(\omega) := \frac{0,2}{692 \cdot j \cdot \omega + 1} \cdot e^{-28 \cdot j \cdot \omega}$$

$$W_z(\omega) := \frac{W_{ou}(\omega)}{1 + W_{ou}(\omega)}$$

$$A_z(\omega) := |W_z(\omega)|$$

$$\omega := 1$$

Given

$$A_z(\omega) = 0,01$$

$$\text{Find}(\omega) = 0,067$$

Лістинг 3.1. Визначення ω_c за допомогою MathCAD

$$\omega_c = 0,067 \text{ 1/с.}$$

Тоді період квантування

$$T_{\text{ц}} = \frac{\pi}{\omega_c} = \frac{3,14}{0,067} = 46,8 \text{ с.}$$

Приймаємо $T_{\text{ц}} = 47 \text{ с.}$

Амплітудно-частотна характеристика замкненої системи, побудована за допомогою математичного пакету MathCAD, зображена на рис. 3.1.

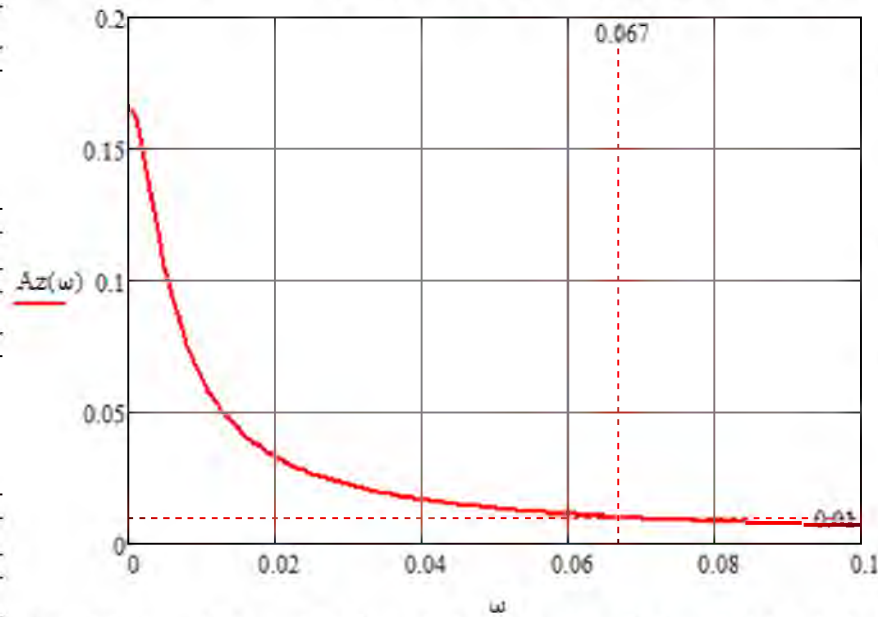


Рис. 3.1. Амплітудно-частотна характеристика замкненої САК

температурним режимом в інкубаторі

За отриманіс АЧХ можна зробити висновок, що із заданого похилою 1% сигнал не містить в собі частот вище, ніж $\omega_c = 0,067 \text{ 1/с}$, він повністю описується своїми значеннями, вимірними у дискретні моменти часу з інтервалом $T_{\text{ц}} < 47 \text{ с}$

Враховуючи, що для технічної реалізації САК температурним режимом в інкубаторі як керуючий пристрій планується використати програмно-логічний контролер ОВЕН ПЛК160 (п. 3.3), фабрично встановлений період квантування якого за паспортними даними складає 10мс із можливістю регулювання (додажок Г), умова 3.1 буде виконана

3.2. Вибір алгоритму керування та визначення параметрів настройки регулятора

Будь-яка система автоматичного керування складається з регулятора та об'єкта керування. Динамічні властивості останнього відіграють вирішальну роль при виборі найбільш ефективного алгоритму керування.

Встановлено, що критерієм для правильного вибору алгоритму керування може служити значення відношення часу чистого запізнення об'єкта до його

постійної часу, тобто $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}}$ [16]. Для цього передатна функція для статичного об'єкта повинна бути представлена у вигляді виразу (2.3). При виборі типу регулятора рекомендується [16] орієнтуватися на величину відношення

запізнення до постійної часу об'єкта $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}}$:

– якщо $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} < 0,2$, перевагу віддають позиційному (релейному)

алгоритму керування, але можливе використання і неперервного алгоритму.

Рішення приймається в залежності від технологічних вимог до процесу управління.

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

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

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

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

враховуватись при виборі усіх технічних засобів, що входять до складу системи автоматичного керування.

В нашому випадку передатна функція інкубаційної камери для каналу керування температурним режимом дорівнює $W_{ov}(s) = \frac{0,2}{692 \cdot s + 1} \cdot e^{-28 \cdot s}$, для неї

$$\text{відношення } \frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} = \frac{28}{692} = 0,04.$$

Інкубаційна камера за умовами технологічного процесу інкубації яєць відноситься до об'єктів, для яких висувуються підвищені вимоги до дотримання параметрів мікроклімату: система автоматичного керування повинна забезпечити не тільки задане значення температури повітря, але й виключити її значні коливання. Як було зазначено, виконавчим механізмом даної САК є трубчасті електронагрівачі (ТЕНи), які характеризуються значною інерційністю, і враховуючи, що інкубаційна камера має підвищені теплоізоляційні властивості, можна зробити висновок, що використання позиційного закону керування може призвести до недопустимих температурних коливань режиму інкубації. Тому лише за співвідношенням

$\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}}$ обирати позиційний закон керування неможна. Алгоритм керування

повинен бути обраний неперервний.

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

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

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

Для статичних об'єктів:

$$R_D = \frac{y_1}{k_{OY} \cdot y_{МАКС}}, \quad (3.5)$$

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

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

y_1 – максимальне динамічне відхилення.

Проведемо розрахунки за умов наступних значень показників якості:

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

За вихідними значеннями значення динамічного коефіцієнту

$$R_D = \frac{1}{0,2 \cdot 30} = 0,17.$$

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

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

Перевіримо, чи забезпечуватиметься при цьому необхідний час регулювання за виразом

$$t = \psi \cdot \tau, \quad (3.6)$$

де ψ – відносний час регулювання (додаток В), для статичного об'єкту $\psi = 12$.

Тоді $t_{р,ПІ} = \psi \cdot \tau = 12 \cdot 28 = 336$, видно, що $336 < 700$, тобто необхідний час регулювання забезпечується.

Перевіримо на виникнення при цьому статичної похибки.

За графічними залежностями [16], визначаємо

$$\frac{\Delta y}{k_{OY} \cdot y_{MAXC}} = 0,15, \quad \Delta y = k_{OY} \cdot y_{MAXC} \cdot 0,15 = 0,2 \cdot 30 \cdot 0,15 = 0,9^\circ C.$$

Умова $0,9^\circ C < 1^\circ C$ виконується, тобто пропорційно-інтегральний

алгоритм керування задовольняє технологічні вимоги.

ПІ-регулятори на практиці є одними з найбільш поширених, яким властиві наступні переваги:

- забезпечують нульову статичну похибку регулювання;
- є достатньо простими в налагодженні, оскільки мають тільки два

параметри настройки – коефіцієнт підсилення k_P і постійну часу інтегрування T_I . В таких регуляторах існує можливість оптимізації величини співвідношення $\frac{k_P}{T_I} \rightarrow \min$, що забезпечує управління з мінімально можливою

середньоквадратичною похибкою регулювання;

- мала чутливість до шумів у каналі вимірювання (на відміну від ПІД-регуляторів).

На стадії проектування розрахунок параметрів настройки ПІ-регуляторів, за якими їх вибирають, ведуть здебільшого за трьома інженерними методиками:

- на заданий амплітудний показник коливальності;
- на заданий частотний показник коливальності;
- на заданий кореневий показник коливальності.

Параметри настройки ПІ-регулятора для керування температурним режимом в інкубаційній камері виконаємо за першою методикою.

Для розімкненої системи з ПІ-регулятором можна записати:

$$\begin{aligned} W_{PO3}(j \cdot \omega) &= k_P [1 - (j/T_I \cdot \omega) \cdot W_{OY}(j \cdot \omega)] = \\ &= k_P \cdot W_{OY}(j \cdot \omega) - j \cdot [k_P \cdot W_{OY}(j \cdot \omega)]/T_I \cdot \omega \end{aligned} \quad (3.7)$$

У разі підключення ПІ-регулятора до об'єкта, кожний вектор цього об'єкта збільшуватиметься в k_P раз і до нього ще додаватиметься вектор $[k_P W_{OY}(j \cdot \omega)]/T_I \cdot \omega$.

Для забезпечення заданого запасу стійкості системи за модулем C при різних співвідношеннях k_p та T_i необхідно, щоб АФЧХ розімкненої системи проходила через точку D з координатами $((1-C), j0)$, тобто вектор OE_i має описати у третьому квадранті комплексної площини геометричне місце точок - півколо, радіус якого становить $(1-C)/2$, а центр міститься в точці з координатами $-(1-C)/2, j0$ (рис. 3.2).

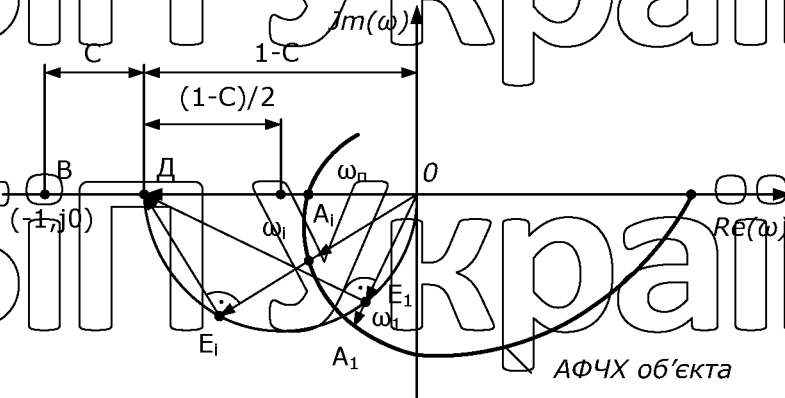


Рис. 3.2. Методика розрахунку параметрів ПІ-регулятора за умов обмеження системи на заданий запас стійкості за амплітудою

Значення параметрів K_p і T_i , що забезпечують необхідний запас стійкості за амплітудою C , знаходять за виразами:

$$\begin{aligned} \overline{OD} = W(j \cdot \omega_i) &= \overline{OE_i} + \overline{ED_i} = k_p \cdot W_{OY}(j \cdot \omega) - \frac{k_p \cdot W_{OY}(j \cdot \omega)}{T_i \cdot \omega} \\ &= k_p \cdot \overline{OA_i} - j \cdot \frac{k_p \cdot \overline{OA_i}}{T_i \cdot \omega} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Звідки

$$\begin{aligned} \overline{OE_i} &= k_p \cdot \overline{OA_i}, \quad k_p = \frac{\overline{OE_i}}{\overline{OA_i}}, \quad (3.9) \\ \overline{ED_i} &= \frac{k_p \cdot W_{OY}(j \cdot \omega)}{T_i \cdot \omega} = \frac{\overline{OE_i}}{T_i \cdot \omega}, \end{aligned}$$

$$T_i = \frac{\overline{OE_i}}{\omega_i \cdot \overline{ED_i}}. \quad (3.10)$$

Для конкретної частоти вищенаведені векторні співвідношення перетворюються на скалярні.

Розрахуємо параметри ПІ-регулятора за заданим амплітудним показником коливальності $C = 0.8$ у математичному пакеті Mathcad.

$$r = \frac{1-C}{2}, d = 2r \quad (3.11)$$

де d – діаметр кола; r – радіус кола; C – показник коливальності.

Передатна функція ОУ $W_{os}(s) = \frac{0.2}{692 \cdot s + 1} \cdot e^{-28 \cdot s}$

Будуємо графік АФЧХ, будемо коло, проведемо декілька відрізків, які відсікають на АФЧХ відрізки OA на колі OE та ED (рис. 3.3).

Заданий амплітудний показник коливальності

$$Cz := 0.8$$

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

$$\omega := 0, 0.000001.. 0.2$$

$$i := 1.. 12$$

$$r := \frac{1 - Cz}{2}$$

$$r = 0.1$$

$$d := 2 \cdot r$$

$$d = 0.2$$

$$x := 0, -0.00001.. -d$$

$$y(x) := \sqrt{r^2 - (x+r)^2}$$

Визначимо довжину відрізків OA , OE , ED .

Вектор OE

$$ax_i := \quad ay_i :=$$

0	0
-0.0796	-0.0979
0	0
-0.1064	-0.0998
0	0
-0.1304	-0.0952
0	0
-0.1543	-0.0840
0	0
-0.1755	-0.0656
0	0
-0.1925	-0.0379

Вектор ED

$$bx_i := \quad by_i :=$$

-0.2	0
-0.0796	-0.0979
-0.2	0
-0.1064	-0.0998
-0.2	0
-0.1304	-0.0952
-0.2	0
-0.1543	-0.0840
-0.2	0
-0.1755	-0.0656
-0.2	0
-0.1925	-0.0379

Вектор OA

$$cx_i := \quad cy_i :=$$

0	0
-0.0069	-0.0094
0	0
-0.0068	-0.0066
0	0
-0.0068	-0.0051
0	0
-0.0064	-0.0035
0	0
-0.0060	-0.0023
0	0
-0.0060	-0.0012

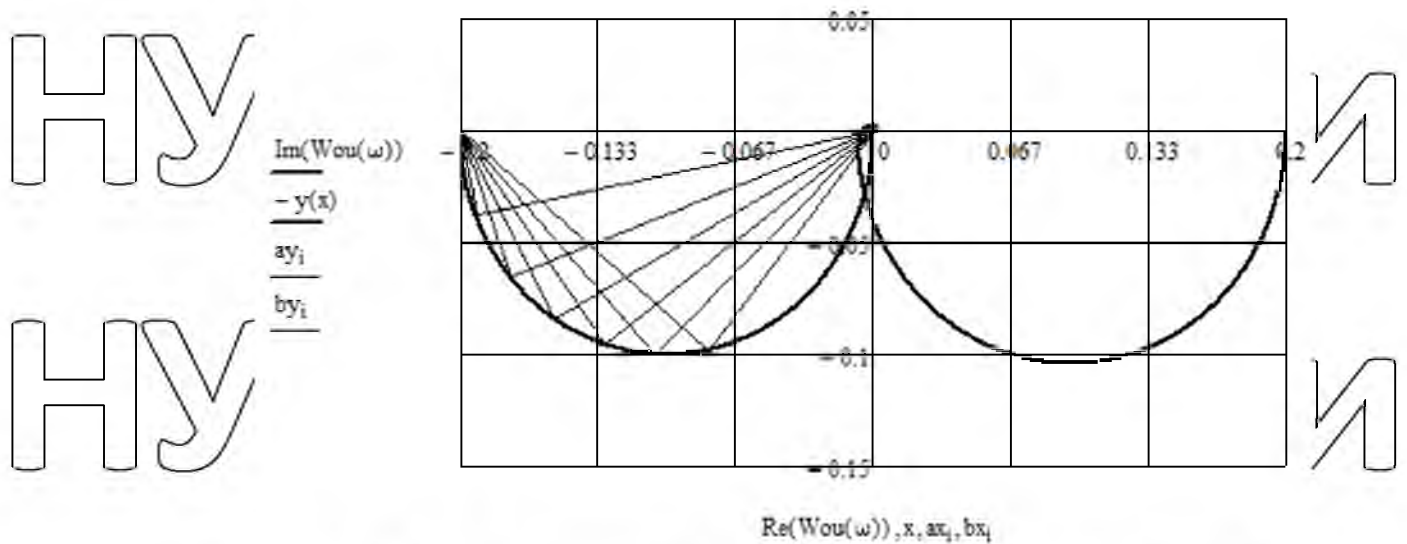


Рис. 3.3. До розрахунку параметрів ПІ-регулятора за умов обмеження системи на заданий запис стійкості за амплітудою

Визначаємо частоти, при яких відбувається перетин АФЧХ та відрізків (рис. 3.4).

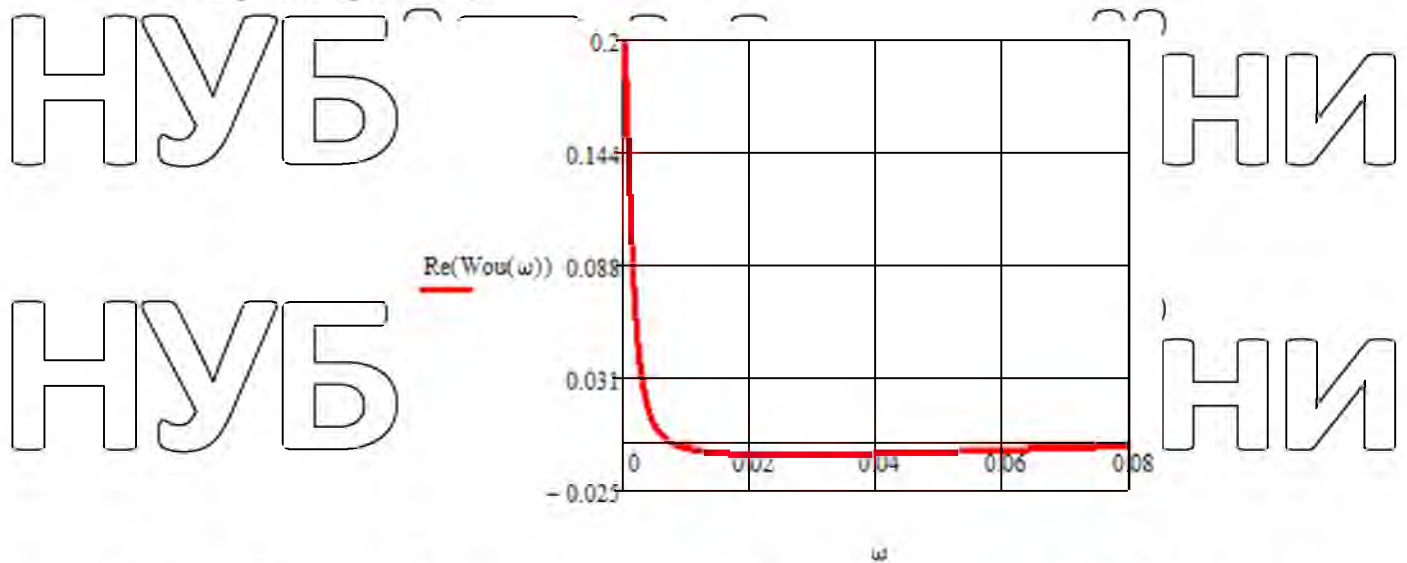


Рис. 3.4. Визначення частот, при яких відбувається перетин АФЧХ та відрізків

$OE_i =$	$ED_i =$	$OA_i =$	$\omega_i =$
0.126	0.155	0.012	0.027
0.146	0.137	$9.476 \cdot 10^{-3}$	0.031
0.161	0.118	$8.5 \cdot 10^{-3}$	0.035
0.176	0.096	$7.295 \cdot 10^{-3}$	0.039
0.187	0.07	$6.426 \cdot 10^{-3}$	0.041
0.196	0.039	$6.119 \cdot 10^{-3}$	0.047

Визначаємо параметри настройки регулятора K_p та T_{iz} .

$$Kp_i := \frac{OE_i}{OA_i} \quad Tiz_i := \frac{OE_i}{\omega_i \cdot ED_i} \quad Opt_par_i := \frac{Kp_i}{Tiz_i}$$

$Kp_i =$	$Tiz_i =$	$Opt_par_i =$
10.821	30.116	0.359
15.394	34.395	0.448
18.995	39.08	0.486
24.084	47.13	0.511
29.158	65.306	0.446
32.064	107.519	0.298

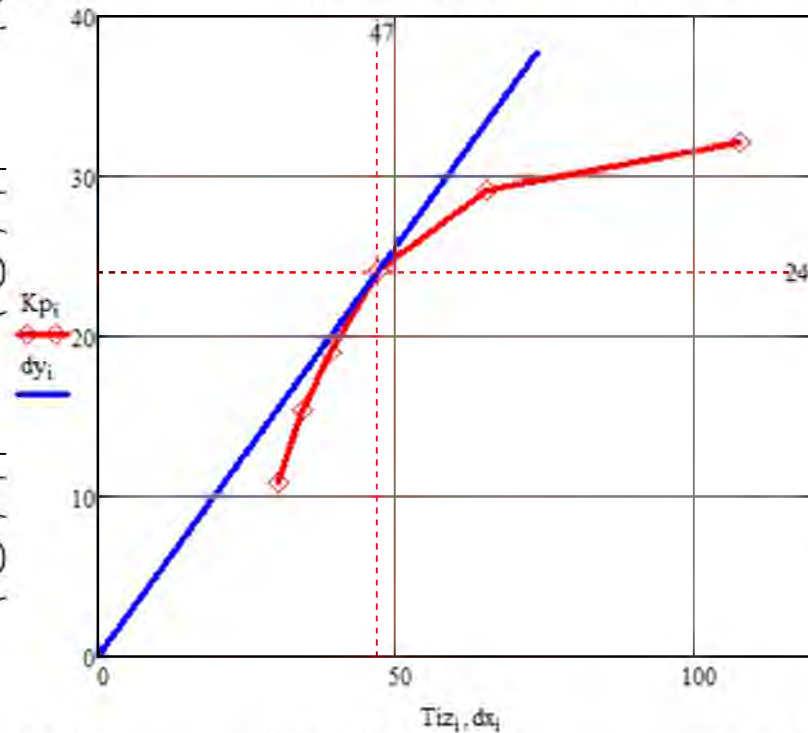


Рис. 3.5 Визначення оптимальних параметрів настройки ПІ-регулятора

Оскільки необхідний запас стійкості S може бути забезпечений при різних співвідношеннях k_p і T_i , то постає задача щодо вибору оптимального співвідношення. Ці параметри можуть бути знайдені у разі проведення дотичної з початку координат до лінії межових співвідношень (осями координат з k_p та T_i на рис. 3.5).

Будуємо лінію межових співвідношень та дотичну до неї.

$$k_p = 24, T_i = 47 \text{ с.}$$

Передатна функція ПІ-регулятора

$$W_{PI}(s) = 24 \cdot \left(1 + \frac{1}{47s} \right).$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3.3. Реалізація алгоритму керування об'єктом

3.3.1. Вибір керуючого елемента регулятора

Для технічної реалізації системи автоматичного керування параметрами мікроклімату в інкубаційній камері пропонується використати програмно-логічний контролер ОВЕН ПЛК160 (рис. 3.6)



Рис. 3.6. Програмно-логічний контролер ОВЕН ПЛК160

ОВЕН ПЛК160 – лінійка програмованих лінійних моноблокових контролерів із дискретними та аналоговими входами/виходами на борту для автоматизації систем середнього рівня та розподілених систем керування.

Рекомендується для використання у системах керування кліматичним обладнанням, у системах HVAC, у сфері ЖКГ (ГТП, ЦТН), в АСК водоканалів (водопідготовка, насосні станції), для керування харчопереробними та пакувальними апаратами, а також у сфері виробництва будівельних матеріалів.

Відмінними особливостями лінійки контролерів ПЛК160 є:
– потужні обчислювальні ресурси та великий об'єм пам'яті;

- наявність дискретних та аналогових входів/виходів на борту контролера;

- наявність послідовних портів (RS-232, RS 485) на борту контролера;

- наявність порту Ethernet для увімкнення у локальні або глобальні мережі верхнього рівня;

- підтримання протоколів обміну Modbus (RTU, ASCII), OVEN, DCON;

- можливість роботи безпосередньо з портами контролера, що дозволяє підмикати зовнішні пристрої з нестандартними протоколами.

Крім того, контролер має вбудований годинник, що дозволяє створювати системи керування з урахуванням реального часу, а також вбудований акумулятор, який дозволяє організувати низку додаткових сервісних функцій (можливість короткочасного перечікування зникнення живлення, переведення вихідних елементів у безпечний стан).

Технічні характеристики програмно-логічного контролера OVEN ПЛК160 наведені в додатках Г, Д.

3.3.2. Блок-схема алгоритму роботи САК параметрами мікроклімату в інкубаторі

Блок-схема алгоритму роботи системи керування параметрами мікроклімату в інкубаційній камері зображена на рис. 3.7.

Згідно із блок-схемою, САК параметрами мікроклімату в інкубаторі працює наступним чином:

1. Запуск електродвигуна М1 приводу вентилятора, що забезпечує рівномірність температурного поля всередині інкубатора.

2. Опитування датчика температури.

3. У випадку, якщо значення температури повітря є меншим за встановлене значення, формується керуюча дія за ПІ-алгоритмом керування

(реалізується за допомогою бібліотеки стандартних алгоритмів, що містяться у пам'яті програмно-логічного контролера)

У випадку, якщо температура повітря перевищує встановлене значення, робота ТЕНів припиняється. ПЛК160 формує керуючу дію на відкриття електромагнітного клапану для подачі холодної води в труби охолоджувача повітря

Розробка програми реалізації алгоритму керування температурного режиму в інкубаторі.

Програмна реалізація виконується за допомогою програмного середовища CoDeSys v.2.3, яке розроблене для програмування лінійки контролерів ОВЕН.

Першим кроком при створенні програми було необхідно обрати технічні засоби в блоці Hardware Config (рис. 3.8).

Наступним кроком оголошуються змінні та їх адреси, які будуть використовуватись при розробці програми (рис. 3.9).

Основний блок програми написано на мові LAD (рис. 3.10).

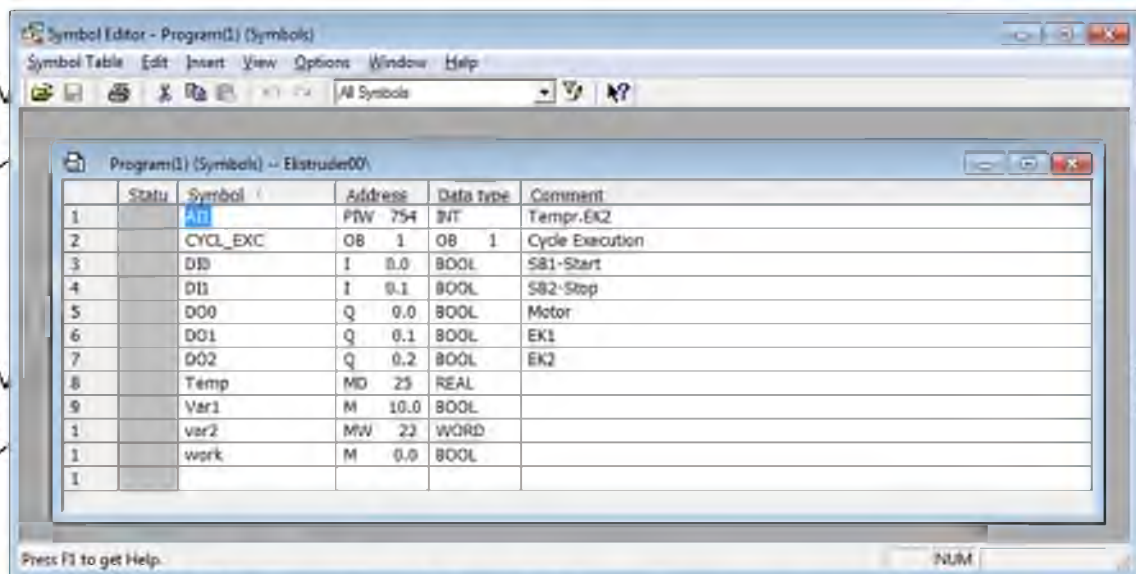


Рис. 3.9. Загальний вид вікна CoDeSys v.2.3 Symbol Editor

Для перевірки працездатності системи регулювання використовувалась симуляція логічного контролера ОВЕН ПЛК160 із завантаженою програмою (рис. 3.11).

Симуляція виконання розробленої програми керування температурним режимом в інкубаторі підтвердила свою працездатність та може бути використана при програмуванні на виробництві.

3.3.3. Визначення передатних функцій технічних засобів автоматизації для реалізації САК температурним режимом в інкубаторі

Обґрунтування вибору вимірювального перетворювача.

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

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

ПВП рекомендується підбирати таким чином, щоб межі його вимірювання охоплювали діапазон зміни контролюваної ним величини і були якнайближчими до них, не забуваючи про необхідність забезпечення необхідної перевантажувальної здатності ПВП і про можливість його підключення до обраного електронного керуючого пристрою регулятора. При цьому особливу увагу необхідно приділяти швидкодії (інерційності) ПВП, яка характеризується його постійною часу.

Так, при обґрунтуванні вибору ПВП температури в інкубаційній камері необхідно в першу чергу звернути увагу на те, вимірювання якого діапазону зміни температури відповідно до технологічних умов він повинен забезпечити. Діапазон температури в інкубаторі за нормативними показниками (розділ 1) повинен знаходитися у межах від +37,1...+38,3оС.

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

Постійна часу об'єкту $T_{ov} = 692$ с. З огляду на сказане, максимальна постійна часу перетворювача повинна бути не більше $(692/10) = 69,2$ с.

Враховуючи вимоги за діапазоном вимірювання та інерційністю, а також особливості підключення датчиків температури до програмно-логічних контролерів ОВЕН ПЛК160, для вимірювання температури повітряного середовища в інкубаторі обраний термоперетворювач опору загально-промислового виконання ОВЕН ДТС125Л, технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Основні технічні характеристики термоперетворювача опору

Характеристика	Значення	
	ДТС125	ДТС125Л
Діапазон вимірюваних температур, °С	-50...+100	-40...+85
Показник теплової інерції, с	10...30	8
Клас допуску за ДСТУ 6651	В	А,В,С
Номинальна статична характеристика (НСХ)	50М, 100М, 100П, Pt100	100М, Pt100
Клас точності	0,5%, 1,0% (50М, 100М)	0,25%, 0,5% (100П, Pt100)
Кількість чутливих елементів, шт	1	
Схема внутрішніх з'єднань провідників	двохпровідна	двохпровідна, трьохпровідна, чотирьохпровідна
Виконання комутаційної головки	пластмаса	
Виконання сенсора відносно корпусу	ізольоване	

Матеріал захисної арматури	сталь 12х1810Т
Ступінь захисту за ГОСТ 14254	IP54, IP65, IP67
Середнє напруження на відмову при номінальній температурі експлуатації, годин, не менше	32000
Середній строк служби, років, не менше	8

Термоперетворювачі ОВЕН ДТС125Д (ДСТУ 2858-94) (рис. 3.12) призначені для роботи із контролерами ОВЕН ПЛК, з пристроями ОВЕН ТРМ133, ТРМ148, ТРМ151, МВА8, а також сумісні із контролерами інших вітчизняних та закордонних виробників.

Термоперетворювачі з уніфікованим вихідним сигналом типу ОВЕН ДТС125Д призначені для неперервного перетворення температури повітря в автоматизованих системах вентиляції, опалення та кондиціонування повітря у пропорційний струмовий сигнал 4-20 мА дистанційної передачі. Датчик складається із вбудованого в головку вимірювального перетворювача із вихідним сигналом 4-20 мА та термозонду.



Рис. 3.12. Термоперетворювач опору з уніфікованим вихідним сигналом ОВЕН ДТС125

Вимірюваний параметр – температура – лінійно перетворюється термочувливим елементом у пропорційну зміну омичного опору, який, в свою

чергу, перетворюється вимірювальним перетворювачем у струмовий вихідний сигнал

Для визначення передатної функції ПВП скористаємось його номінальною статичною характеристикою (рис. 3.13).

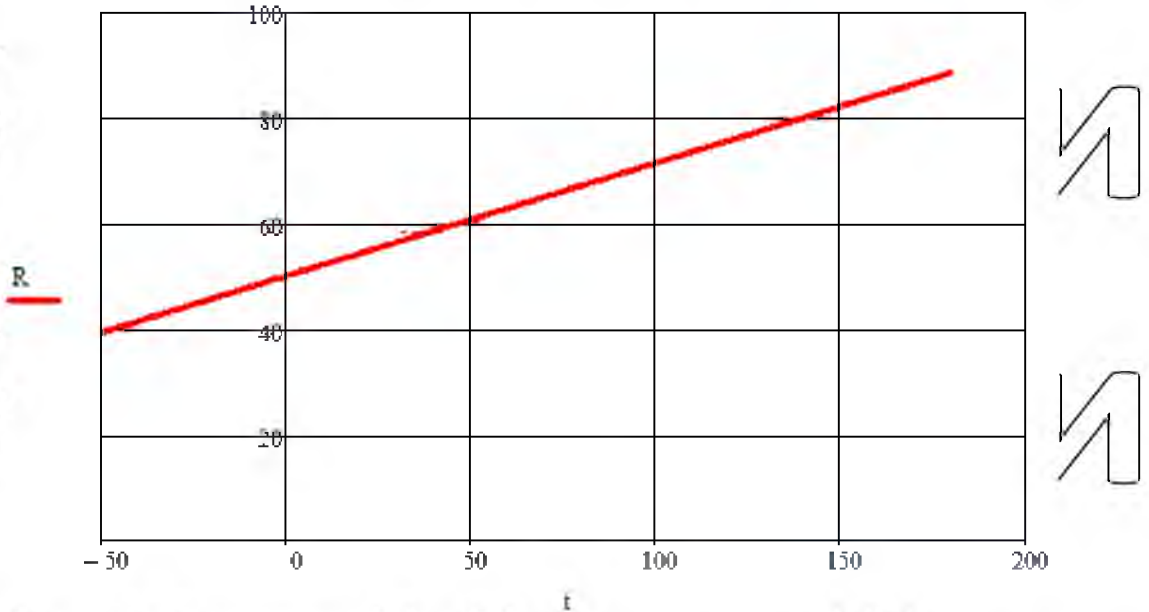


Рис. 3.13 Номінальна статична характеристика термоперетворювача опору ОВЕН ДТС125Л (НСХ 50М)

За динамічними властивостями датчик є інерційною ланкою,

передатна функція якого має вигляд $W_{пвп}(s) = \frac{k_{пвп}}{T_{пвп} \cdot s + 1}$.

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

$$k_{пвп} = \frac{\Delta I}{\Delta T} = \frac{20 - 4}{85 - (-40)} = 0,128 \frac{мА}{^{\circ}C} \quad (3.12)$$

де ΔT – різниця значень вимірюваних датчиком температур, $^{\circ}C$ (таблиця 3.1);

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

Враховуючи, що показник теплової інерції сприймаючого елемента складає $T_{пвп} \in 8c$ (таблиця 3.1), передатна функція датчика ОВЕН ДТС125Л

$$W_{пвп}(s) = \frac{k_{пвп}}{T_{пвп} \cdot s + 1} = \frac{0,128}{8s + 1}$$

Визначення передатної функції виконавчого механізму. Як

виконавчий механізм використовуються двоохіцевих трубчастих електронагрівача (ТЕНи), які змонтовані між задньою стінкою інкубатора та вентилятором, що призначений для вирівнювання температури повітря в об'ємі інкубатора. ТЕНи призначені для перетворення електричної енергії в теплову за допомогою конвекції, теплопровідності та випромінювання. На рис. 3.14 зображено внутрішню будову двоохіцевого ТЕНа, а на рис. 3.15 – структуру умовного позначення за ГОСТ-13268.

Трубчасті електронагрівачі мають ряд переваг над іншими видами нагрівачів: стійкі до вібрацій та ударних навантажень; існує можливість їх експлуатації в безпосередньому контакті із середовищем, що нагрівається: газ, рідина, тверді частини; мають різноманітні форми конструкції; відсутня електрична енергія на поверхні оболонки ТЕНа; середній час напрацювання становить близько 10000 годин.



Рис. 3.14 Внутрішня будова двоохіцевого трубчастого електронагрівача: D – діаметр оболонки; L – розгорнута довжина ТЕНа; L_k – довжина контактних стержнів всередині ТЕНа

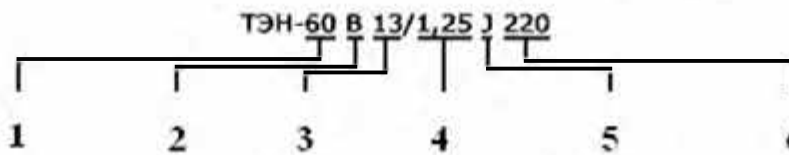


Рис. 3.15. Структура умовного позначення ТЕНа за ГОСТ-13268: 1 – розгорнута довжина, см.; 2 – умовне позначення довжини контактних стержнів; 3 – діаметр, мм; 4 – номінальна потужність, кВт; 5 – умовне позначення середовища, що нагрівається, та матеріалу оболонки; 6 – номінальна напруга живлення, В

Для швидкого розігріву повітря та підтримка заданої температури в інкубаторі використовуються 2 трубчастих U-подібних двоохіцевих

електронагрівача ТЕН-100В12/1.00К220 потужністю 1 кВт кожний, технічні характеристики яких, згідно структури умовного позначення (рис. 3.15), є наступними: розгорнута довжина 100см; діаметр 12мм; потужність 1кВт; для повітряного середовища, оболонка із нержавіючої сталі; напруга живлення 220В; вага 0,5кг.

Передатна функція ТЕНу є інерційною ланкою:

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

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

$$k_{BM} = \frac{P_{max}}{U_{max}} = \frac{1000}{220} = 4,55 \frac{Вт}{В}; \quad (3.13)$$

T_{BM} – постійна часу, визначається як

$$T_{BM} = \frac{G \cdot c}{\lambda \cdot S}, \quad (3.14)$$

де c – питома теплоємність, Дж/(°С·кг); для сталі $c = 460$ Дж/(°С·кг);

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

G – вага ТЕНу, кг;

S – площа поверхні трубки, м²;

$$S = \pi \cdot D \cdot l. \quad (3.15)$$

Тоді $T_{BM} = \frac{0,5 \cdot 460}{70 \cdot 3,14 \cdot 0,012 \cdot 1,0} = 87$ с.

$$W_{BM}(s) = \frac{k_{BM}}{T_{BM} \cdot s + 1} = \frac{4,55}{87 \cdot s + 1}$$

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ
СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Найважливішою вимогою до систем автоматичного регулювання – їх стійка робота, що полягає в тому, що система, яка вийшла з рівноваги під дією зовнішньої збурюючої дії, знову повертатиметься до вихідного положення або нового стійкого стану.

Існують різні критерії стійкості систем (Максвелла, Вишнеградського, Раута, Гурвиця, Найквіста, Михайлова та ін.), кожен з яких має свої переваги та недоліки, і, як наслідок, визначену область застосування. Наприклад, критерій Гурвиця зручно застосовувати для визначення стійкості лінійних систем не вище 5-го порядку, критерій Найквіста має більш універсальний характер.

Частотні характеристики автоматичних систем дозволяють не тільки здійснювати оцінку їх стійкості, але дають можливість визначити запаси стійкості, а також проводити вибір раціональних параметрів керуючих пристроїв.

Частотний критерій стійкості Найквіста формулюється наступним чином. Якщо лінійна система в розімкненому стані стійка та її амплітудно-фазова частотна характеристика при зміні частоти вхідних коливань від 0 до ∞ не охоплює точку на комплексній площині з координатами $(-1; j0)$, то після замикання від'ємним зворотнім зв'язком система буде стійкою. Якщо АФЧХ охоплює цю точку, замкнена система буде нестійкою, а проходження АФЧХ через цю точку відповідає знаходженню системи на границі стійкості.

Передатна функція розімкненої системи:

$$W_{роз}(s) = \frac{R(s)}{Q(s)} e^{-s\tau} \quad (4.1)$$

де $R(s)$ та $Q(s)$ - поліноми від s m -го та n -го ступеня ($n \geq m$);

τ - час чистого запізнення.

Для одержання АФЧХ системи необхідно замінити $s \rightarrow j\omega$ і виділити дійсну та уявну частину:

$$W_{\text{роз}}(j\omega) = \frac{R(j\omega)}{Q(j\omega)} e^{-j\omega\tau} = \text{Re}(\omega) + j\text{Im}(\omega). \quad (4.2)$$

Розраховуючи $\text{Re}(\omega)$ та $\text{Im}(\omega)$ при зміні ω від 0 до ∞ , одержимо дані для побудови годографа АФЧХ розімкнутої автоматичної системи.

Для визначення стійкості за критерієм Найквіста скористаємось пакетом імітаційного моделювання MATLAB.

Передатна функція розімкнутої САК температурним режимом в інкубаторі

$$W_{\text{роз}}(s) = 24 \left(1 + \frac{1}{47 \cdot s} \right) \cdot \frac{0.2}{692 \cdot s + 1} e^{-0.28s} = \frac{1128 \cdot s + 24}{47 \cdot s} \cdot \frac{0.2}{692 \cdot s + 1} e^{-0.28s} = \frac{225,6 \cdot s + 4,8}{32524 \cdot s^2 + 47 \cdot s} \cdot e^{-0.28s}$$

```
>> Wreg=tf([1128 24],[47 0])
```

Wreg =

```
1128 s + 24
-----
47 s
```

Continuous-time transfer function.

```
>> Mou=tf([0.2],[692 1])
```

Mou =

```
0.2
-----
692 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

```
>> figure(1)
```

```
>> Nr=series(Wreg,Mou)
```

Nr =

```
225.6 s + 4.8
-----
32524 s^2 + 47 s
```

Continuous-time transfer function.

```
>> nyquist(Nr),grid on
```

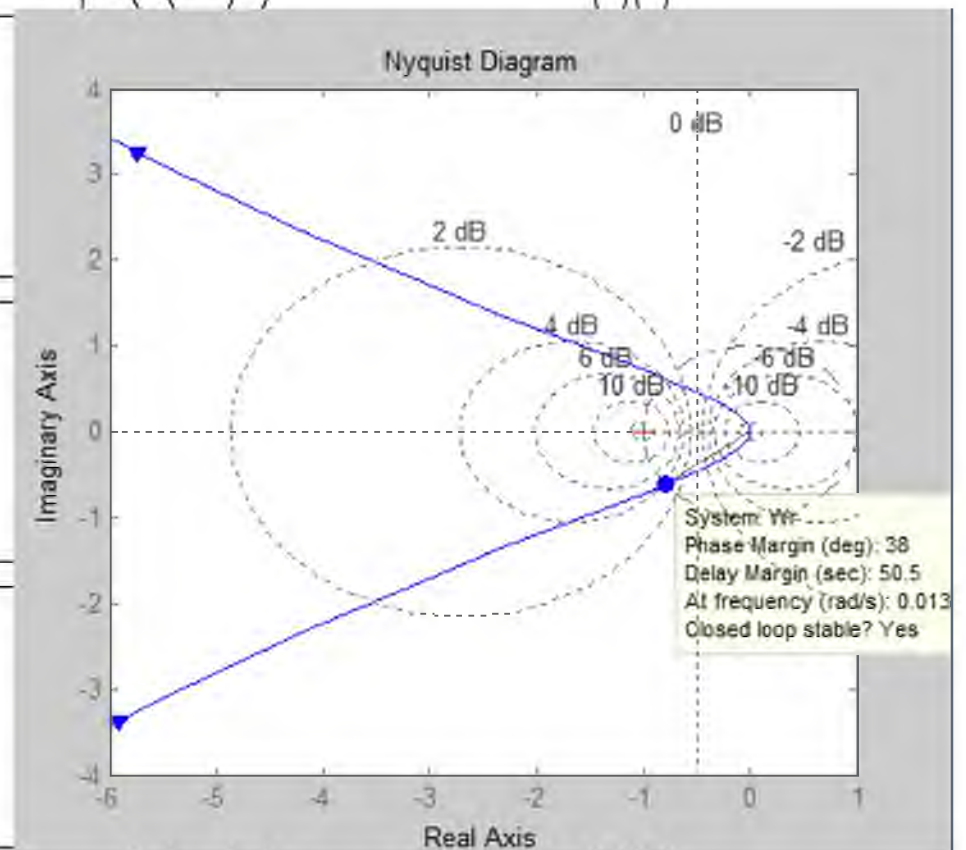


Рис. 4.1. Визначення стійкості за критерієм Найквіста за допомогою пакету MATLAB

За отриманим графіком АФЧХ за критерієм Найквіста система є стійкою, при чому запас стійкості за амплітудою (рис. 4.1) складає $\Delta L = 50,5 \text{ дБ}$, запас стійкості за фазою складає $\Delta \varphi = 38^\circ$.

Для визначення показників якості роботи системи зазвичай проводять аналіз реакції системи на різні типові впливи (одинична сходишка, одиничний імпульс, гармонійний вплив, стаціонарний випадковий процес).

Якість роботи системи автоматичного керування визначається рядом

показників, основними з яких є:

- швидкодія системи оцінюється часом $t_{\text{рег}}$, який визначається проміжком часової вісі від моменту прикладення впливу до моменту, коли різниця між заданою та вихідними величинами в усі наступні моменти часу стає меншою за величину $\Delta = \pm 5\%$ від усталеного значення вихідної величини $y(\infty)$;

- перерегулювання $\sigma\%$ характеризує величину максимального динамічного відхилення системи у перехідному процесі

$$\sigma = \frac{y_{\text{MAX}} - y(\infty)}{y(\infty)} \cdot 100\%, \quad (4.3)$$

де y_{MAX} – максимальне значення регульованої величини;

- кількість напівколивань n за час перехідного процесу $t_{\text{рег}}$ є мірою коливальності;

- статична похибка в усталеному режимі $\delta(t)$.

Для визначення показників якості роботи системи використаємо програму імітаційного моделювання Simulink середовища Matlab.

Імітаційна модель системи автоматичного керування температурним режимом в інкубаційній камері зображена на рис. 4.2, а графік перехідного процесу системи керування – на рис. 4.3.

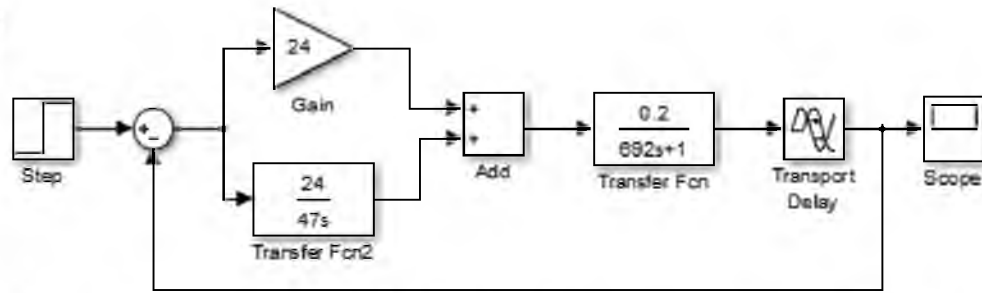


Рис. 4.2. Імітаційна модель САК температурним режимом в інкубаційній камері

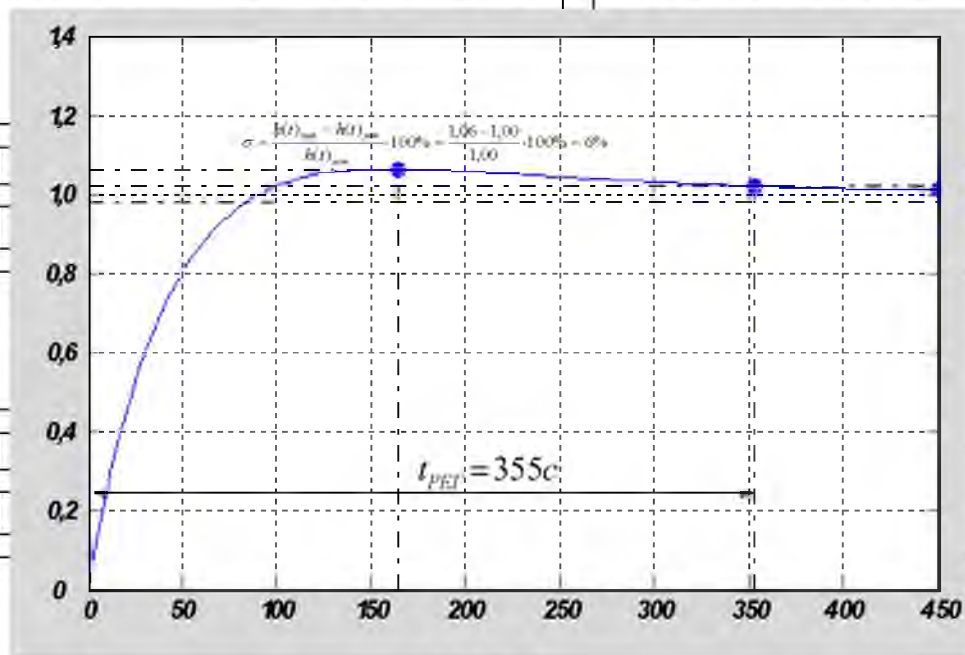


Рис. 4.3. Графік перехідного процесу САК температурним режимом в інкубаційній камері в середовищі MATLAB

З рис. 4.3 видно, що система має прийнятні показники якості:

- перерегулювання $\sigma = \frac{h(t)_{\max} - h(t)_{\text{уст}}}{h(t)_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{1,06 - 1,00}{1,00} \cdot 100\% = 6\%$;
- коливальність $n = 1$;
- час регулювання $t_{\text{рег}} = 355 \text{ c}$;
- відсутня статична похибка

РОЗДІЛ 5

СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

НУБІП України

5.1. Розробка електричної принципової схеми САК параметрами мікроклімату в інкубаторі

НУБІП України

Принципові електричні схеми – це проектний документ, що визначає

повний склад електричних елементів, зв'язків між ними та дає повне уявлення щодо принципів роботи схеми. При виконанні принципових електричних схем слід керуватися такими нормативними документами:

- ГОСТ 2.702-75 "Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем";

• ГОСТ 2.708-81 "Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники";

- ГОСТ 2.710-81 "Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах".

• ГОСТ 2.701-2008 "ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению".

Регулювання параметрів мікроклімату

Запроектоване обладнання здійснює керування параметрами мікроклімату (температури та відносної вологості повітря) в інкубаторі за рахунок керування виконавчими механізмами (ТЕНами та електромагнітним клапаном подачі води на форсунки розпилення води).

Схема електрична принципова САК параметрами мікроклімату в інкубаторі зображена на рис. 5.1.

НУБІП України

Як буде зазначено, як керуючий пристрій регулятора параметрів мікроклімату використовується програмно-логічний контролер ОВЕН ПЛК160.

Вимірювання температури повітря в інкубаційній камері здійснюється за допомогою датчика температури ОВЕН ДТС125Л, вимірювання відносної вологості повітря – за допомогою датчика вологості повітря ДВТ-03.НЕ.

Керування трубчастими електронагрівачами ЕК1 та ЕК2 здійснюється за допомогою ШИМ (широтно-імпульсної модуляції) із використанням твердотільних реле HD1025.LA.

Для керування двома повітряними заслінками, що використовуються для повітрообміну з навколишнім середовищем, використовується сервопривод Belimo LM230ASR-TP.

САК параметрами мікроклімату в інкубаторі працює за алгоритмом, блок-схема якого наведена на рис. 3.7.

Керування механізмом повороту лотків

Схема електрична принципова керування механізмом повороту лотків інкубатора зображена на рис. 5.2.

Командний пристрій АМ механізму повороту лотків складається з апаратури, що необхідна для подачі команд на поворот реле часу, трансформатора 220/36В, запобіжника, затискачів для зовнішніх підключень і гальванічних елементів.

Реле часу обладнане фігурним програмним диском, що рухається за допомогою мікроелектродвигуна. Диск приводить в дію шток мікроперемикача Д-703, що закріплений на платі реле часу. Через замикаючі контакти мікроперемикача подається напруга 36В на одну котушку, а через розмикаючі – на іншу котушку реверсивного пускача механізму повороту лотків.

В колі котушок реверсивного магнітного пускача KM1-KM2 з електричним блокуванням розміщені кінцеві вимикачі SQ1 та SQ2, які вимикають електродвигун певороту М у крайніх положеннях рухомого сектору.

У положенні перемикача SA1 "Автоматичний поворот" напруга 36В подається із вторинної обмотки трансформатора TV командного пристрою А1 через контакти реле часу КТ. Стан контактів змінюється через кожну годину за рахунок впливаючої дії програмного диску, закріпленого на валу мікроелектродвигуна.

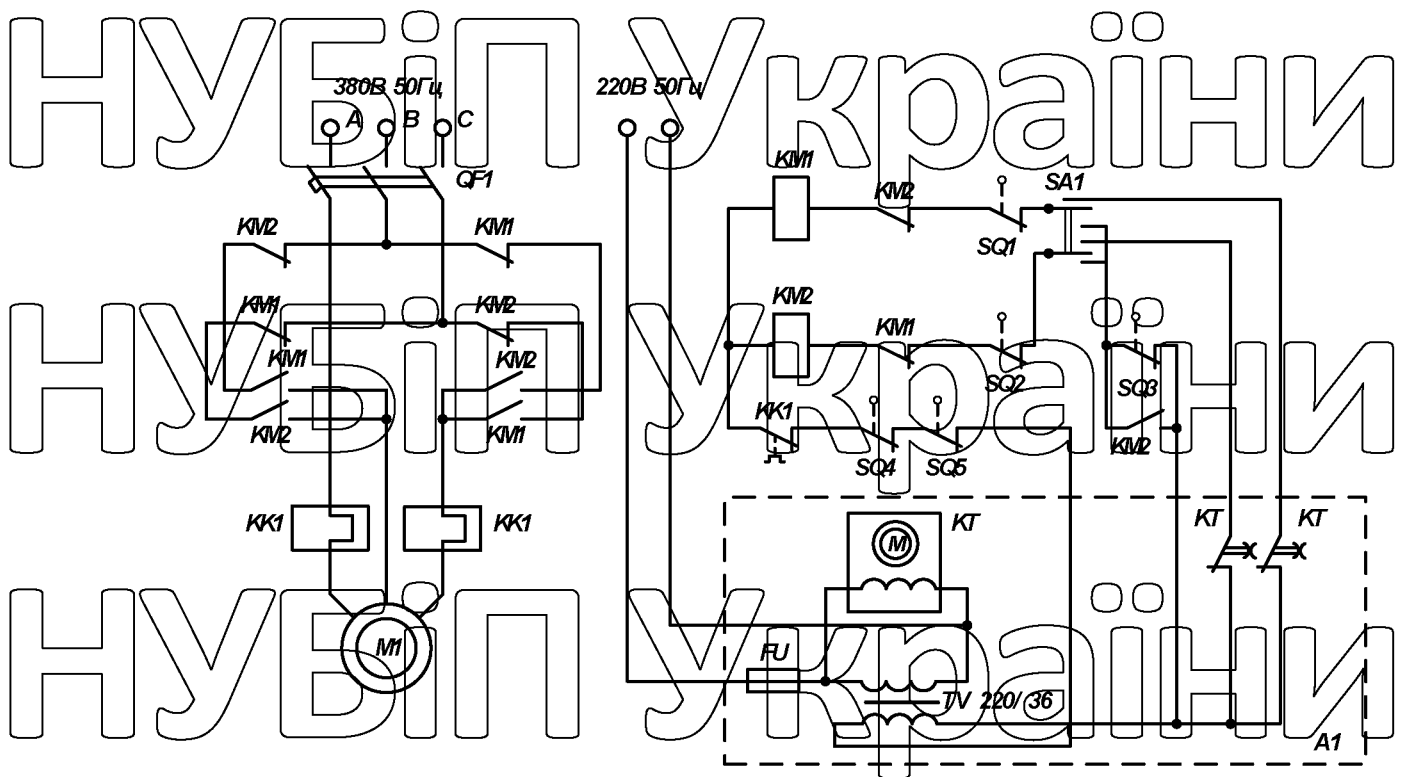


Рис. 5.2. Схема електрична принципова управління

механізмом повороту лотків інкубатора

Для запобігання випадіння лотків при нахилі барабанів останні оснащені спеціальними замками. В загальне коло котушок реверсивного пускача KM1-KM2 включені кінцеві вимикачі SQ4 та SQ5, контакти яких замкнені тільки в тому випадку, коли замки барабанів є зачиненими.

Для встановлення лотків у горизонтальне положення тумблер SA1 встановлюється в положення "Горизонт". При цьому напруга від

командного пристрою подається незалежно від стану контактів реле КТ, а у коло котушок пускача включається кінцевий вимикач SQ3, встановлений на середньому припливі передньої опори. Кінцевий вимикач SQ3 вимикає механізм повороту при горизонтальному положенні лотків.

Підключення паралельно кінцевому вимикачу SQ3 контактів пускача КМ2 забезпечує відключення механізму повороту при виході лотків у горизонтальне положення тільки з положення нахилу до задньої стінки інкубаційної камери. В цьому випадку замки лотків є розвантаженими і легко відкриваються.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

5.2. Вибір апаратури керування та захисту

НУБІП України

Вибір апаратури керування та захисту необхідно провести для наступного силового обладнання:

- для електродвигуна приводу вентилятора САК температурним режимом в інкубаторі (використовується електродвигун АІРМ71А4У3, технічні характеристики якого наведені в таблиці 5.1);

Таблиця 5.1.

Технічні характеристики двигуна АІРМ71А4У3
приводу вентилятора

Тип	Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв.	Сила струму при напрузі 380 В, А	ККД, %	cos φ	$I_{пуск}/I_n$
АІРМ71А4У3	0,55	1500	1,70	70,5	0,70	4,5

- для електромагнітного клапану системи зволоження повітря в інкубаторі Geva75-S (рис. 5.3) (напруга живлення 220 В, котушка Y42B 30Вт, IP65);

- для 2 трубчастих електронагрівачів ТЕН-100В12/1,00К220 загальною потужністю 2 кВт.



Рис. 5.3. Електромагнітний клапан зволоження повітря Geva75-S

Вибір автоматичного вимикача QF1 для захисту електродвигуна

М1. Вибираючи автоматичний вимикач для захисту електродвигуна, слід дотримуватися таких умов:

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

$$U_{ав} \geq U_{м}; \quad (5.1)$$

- номінальний струм автоматичного вимикача має дорівнювати номінальному струму електродвигуна або трохи перевищувати його:

$$I_{ном.ав.} \geq I_{ном.ел.дв.}; \quad (5.2)$$

- номінальний струм теплового й електромагнітного розчіплювачів має дорівнювати номінальному струму електродвигуна або трохи перевищувати його з подальшим регулюванням струму неспрацювання теплового розчіплювача на номінальний струм електродвигуна:

$$I_{ном.розч.} \geq I_{ном.ел.дв.}; \quad (5.3)$$

- струм відсічки електромагнітного розчіплювача має становити не менш як 1,5...1,6 від пускового струму електродвигуна:

$$I_{від.розч.} \geq (1,5...1,6) I_{пус.}; \quad (5.4)$$

Згідно з принциповою схемою, для захисту електродвигуна від струмів короткого замикання та перевантажень доцільно використати автоматичний вимикач ВА47-29 3Р 4А 4,5кА. Автоматичні вимикачі цього типу розроблені спеціально для пуску та захисту електродвигунів невеликої потужності.

Технічні характеристики автоматичного вимикача ВА47-29 3Р 4А 4,5кА наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Технічні характеристики автоматичного вимикача

ВА47-29 3Р 4А 4,5кА

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

Вибраний автоматичний вимикач повністю відповідає наведеним умовам (5.1) – (5.4):

$$U_{ав} \geq U_m, 400 \text{ В} > 380 \text{ В};$$

$$I_{ном.ав.} \geq I_{ном.ел.дв.}, 4 \text{ А} > 1,7 \text{ А};$$

$$I_{ном.розч.} \geq I_{ном.ел.дв.}, 4 \text{ А} > 1,7 \text{ А};$$

$$I_{від.розч.} \geq (1,5 \dots 1,6) I_{пус.}, I_{пус.} = 4,5 \cdot I_{ном.ел.дв.} = 7,65 \text{ А},$$

$$20 > 7,65 \cdot 1,6 = 12,24.$$

Вибір електромагнітного пускача КМ1. Електромагнітні пускачі є основними апаратами автоматичного керування електроустановками, зокрема електродвигунами. Їх вибирають за напругою мережі живлення ($U_p \geq U_m$), за струмом ($I_{ном.п.} \geq I_{ном.дв.}$), за струмом неспрацювання теплового реле ($I_{неспр.} \geq I_{ном.дв.}$) з подальшим регулюванням струму неспрацювання на $I_{ном.дв.}$, номінальною напругою котушок в колі керування, за конструкцією і виконанням.

Оскільки задана принципова схема не містить теплових реле захисту, то вибір проводиться лише за першими двома критеріями.

Використасмо для захисту електромагнітні пускачі ПМЛ-1160ДМ (ТУ У 3.11-05814256-097-97) з номінальним струмом 10 А, нереверсивний без теплового реле, ступенем захисту IP54, без кнопок, без допоміжних контактів, номінальною напругою котушки 230 В, номінальним струмом допоміжних контактів 10 А, кліматичного виконання О і категорією розміщення 4 (за ГОСТ 15150-69), виконанням комутаційної зносостійкості Б (1,5 млн. циклів).

5.3. Вибір проводів і кабелів

Вибір проводів живлення двигуна М1, ТЕНів ЕК1-ЕК2 та електромагнітного клапана УА. Переріз струмопровідної жили проводу, шнура або кабелю вибирають, виходячи з умов гранично допустимого його нагрівання та достатньої механічної міцності. Під час визначення кількості проводів, які прокладають в одній трубі (або жил багатожильного провідника), нульовий робочий провід чотирьохпровідної системи трифазного струму (або заземлюючу жилу) не враховують.

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

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

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

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

Оскільки в схемі один двигун та два ТЕНи, то тривало допустимий струм буде складати:

$$I = 2 \cdot I_{\text{ТЕН}} + I_{\text{дв.}} = 2 \cdot 6,5 + 1,7 = 14,7 \text{ А.}$$

Через неодночасне, послідовне вмикання та вимкнення двигуна та ТЕНів вибираємо кабель ВРГ 4х2,5 – кабель з мідними жилами, перерізом $2,5\text{ мм}^2$, тривало допустимий струм якого дорівнює 25А.

Вибір проводу живлення кола керування. Враховуючи, що номінальний струм кола керування $I_{к.кер.}$ не перевищує 5А, для живлення кола керування вибираємо провід ПВ 1х0,5 (ГОСТ 6323-79) – провід з мідною жилою перерізом $0,5\text{ мм}^2$ в полівінілхлоридній оболонці, тривало допустимий струм якого дорівнює 11А.

Вибір кабелю живлення шафи керування. Тривало допустимий струм шафи керування визначаємо за виразом:

$$I_{ш.тр.доп} = \sum I_{тр.доп.} = I_{довк.} + 2 \cdot I_{ТЕН} + I_{к.кер.} = 1,7 + 2 \cdot 6,5 + 5 = 19,7\text{ А.} \quad (5.9)$$

де $\sum I_{тр.доп.}$ – сума тривало допустимих струмів електродвигуна, ТЕНів та кола керування.

Для живлення шафи керування вибираємо кабель ВРГ 4х2,5мм² – кабель з мідними жилами, полівінілхлоридною ізоляцією, в полівінілхлоридній оболонці, перерізом силових жил $2,5\text{ мм}^2$, тривало допустимий струм якого дорівнює 25 А.

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ САК ПАРАМЕТРАМИ
МІКРОКЛІМАТУ В КАМЕРІ ІНКУБАТОРА

Автоматизація технологічних процесів має забезпечувати збільшення виробництва продукції, підвищення продуктивності праці (зменшення витрат праці), зменшення енергоємності та собівартості продукції, терміну окупності капітальних витрат.

Узагальнюючим показником ефективності капітальних вкладень в розвиток автоматизації є зведені розрахункові витрати, які враховують річні експлуатаційні витрати і частку капіталовкладень, що припадає на один рік.

Зведені витрати визначають за виразом.

$$B_{зв} = C + E_H \cdot K, \quad (6.1)$$

де: $B_{зв}$ – зведені витрати, грн./рік;

C – річні експлуатаційні витрати, грн./рік;

K – капітальні витрати, грн.;

E_H – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,

приймають $E_H = 0,15$.

До складу експлуатаційних витрат входять:

– витрати на оплату праці персоналу (C_3);

– утримання основних засобів виробництва (C_v);

– оплата електроенергії (C_E);

– інші прямі витрати (C_I).

Витрати на оплату праці персоналу з експлуатації систем автоматизації

визначають виходячи з витрат праці і годинних ставок з урахуванням різних

додаєкових нарахувань та доплат. Ці витрати складають $C_3 = 29,2$ грн./год. з

01.09.2021 р.

Витрати на утримання основних засобів виробництва C_v складаються з відрахувань на амортизацію C_A (визначають у відсотках від балансової вартості обладнання приладів і засобів автоматизації, приймають $C_A \equiv 14,2\%$) та відрахувань на поточний ремонт $C_{пр}$ (також визначають у відсотках від балансової вартості обладнання приладів і засобів автоматизації, приймають $C_{пр} \equiv 18\%$).

Витрати на електроенергію визначаються за споживаною потужністю приладів і тарифами на електроенергію для виробничих цілей (приймається у розмірі 2,40 грн./кВт·год. за цінами 2021 року):

$$C_E = P_{сп} \cdot Г \cdot 2,40, \quad (6.2)$$

де $P_{сп}$ – потужність споживачів електроенергії;

$Г$ – кількість годин роботи споживачів на рік.

Інші прямі витрати приймають рівними 1% від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$C_I = 0,01 \cdot (C_3 + C_A + C_{пр} + C_E). \quad (6.3)$$

При визначенні капітальних вкладень необхідно враховувати:

- вартість технічних засобів автоматизації (K_3);
- торгівельно-транспортні та складські витрати ($K_{ТТ}$);
- витрати на монтаж технічних засобів (K_M);
- витрати на електропроводки ($K_{пр}$);
- інші капітальні витрати, пов'язані зі здійсненням автоматизації (K_I).

Торгівельно-транспортні та складські витрати зазвичай приймаються рівними 11% від вартості технічних засобів:

$$K_{ТТ} = 0,11 \cdot K_3. \quad (6.4)$$

При визначенні витрат на монтажні роботи приблизно вважають, що вони складають 15...20% від вартості технічних засобів. Для розрахунку прийемо значення 17%:

$$K_M = 0,17 \cdot K_3. \quad (6.5)$$

Витрати на електропроводки складаються з вартості кабелів (проводів) та вартості їх прокладання. В практичних розрахунках приймають, що вартість прокладання 1м кабелю (проводу) відкритим способом складає 15 грн., в трубі – 25 грн.

Інші капітальні витрати, пов'язані зі здійсненням автоматизації, приймаються у розмірі 2% від вартості технічних засобів автоматизації:

$$K_I = 0,02 \cdot K_{ТЗА} \quad (6.6)$$

Загальна вартість технічних засобів автоматизації складає

$$K_3 = K_{ТЗА} + K_I, \quad (6.7)$$

$K_{ТЗА}$ – вартість технічних засобів автоматики у складі САК, грн.;

K_I – вартість плат та провідників, грн.

Вартість технічних засобів автоматизації визначається з кошторису системи управління (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1.

Кошторис на систему автоматичного керування

№ п.п.	Кільк., шт.	Познач.	Найменування	Тип, марка	Ціна за шт., грн.	Сумарна ціна, грн.
1	1	QF1	Автоматичний вимикач 3-х полюсний	ВА47-29 3Р 4А	144,00	144,00
2	1	QF2	Автоматичний вимикач 2-х полюсний	ВА47-29 2Р 10А	105,00	105,00
3	1	D1	Програмно-логічний контролер	ОВЕН ПЛК160	13500,00	13500,00
4	2	D2.1, D2.2	Реле твердотільне	HD- 1025.LA	678,00	1356,00
5	1	D3	Сервопривод	Belimo LM230 ASR-TP	3515,00	3515,00
6	1	D4	Датчик температури	ОВЕН ДТС125D	232,00	232,00
7	1	D5	Датчик вологості	ДВГ-03.МЕ	1270,00	1270,00

Продовження таблиці 6.1.

№ п.п.	Кільк. шт.	Познач.	Найменування	Тип, марка	Ціна за шт., грн.	Сумарна ціна, грн.
8	2	EK1, EK2	Трубчастий електро-нагрівач	ТЕН-100В12/1,00 K220	984,00	1968,00
9	5	SB1-SB5	Кнопка управління	KE011Y3	109,00	545,00
10	6	HL1-HL6	Лампа сигнальна	СКЛ1620 А-3М-220	65,00	390,00
11	1	KM1	Пускач електро-магнітний	ПМЛ-1160ДМ	497,00	497,00
12	2	YA1, YA2	Електро-магнітний клапан	GEVA-75-S	3712,00	7424,00
Разом, грн.:					30946,00	

Вартість технічних засобів автоматики у складі САК К_{ТЗА} = 30946,00 грн.

Вартість провідників визначається з кошторису провідників (табл. 6.2).

Таблиця 6.2. Кошторис плат та провідників

№ п.п.	Кількість, м	Найменування	Ціна за шт., грн.	Сумарна ціна, грн.
1	5	Кабель з'єднувальний силовий	25,00	125,00
2	5	Кабель з'єднувальний системи керування	20,00	100,00
3	10	Кабель мережевий	10,00	100,00
Разом, грн.:				325,00

Вартість плат та провідників К_П = 325 грн.

Загальна вартість технічних засобів автоматизації складає

$K_3 = K_{ТЗА} + K_{П} = 30946,00 + 325,00 = 31241,00$ грн.

Торгівельно-транспортні та складські витрати

$$K_{TT} = 0,11 \cdot K_3 = 0,11 \cdot 31241,00 = 3439,81 \text{ грн.}$$

Витрати на монтажні роботи

$$K_M = 0,17 \cdot K_3 = 0,17 \cdot 31241,00 = 5310,97 \text{ грн.}$$

Інші капітальні витрати, пов'язані зі здійсненням автоматизації

$$K_I = 0,02 \cdot K_3 = 0,02 \cdot 31241,00 = 624,82 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення складають

$$K = K_3 + K_{TT} + K_M + K_I = 31241,00 + 3439,81 + 5310,97 + 624,82 =$$

$$= 40616,6 \text{ грн.}$$

Після визначення розміру капітальних вкладень можна визначити:

- відрахування на амортизацію

$$C_A = 0,142 \cdot K = 0,142 \cdot 40616,6 = 5756,56 \text{ грн.};$$

- відрахування на поточний ремонт

$$C_{ПР} = 0,18 \cdot K = 0,18 \cdot 40616,6 = 7310,99 \text{ грн.};$$

- утримання основних засобів виробництва

$$C_U = C_A + C_{ПР} = 13067,55 \text{ грн.};$$

- витрати на електроенергію

$$C_E = P_{СП} \cdot T \cdot 2,40.$$

Оскільки потужність споживачів електроенергії (2 ТЕНи, електродвигун приводу вентилятора, електродвигун приводу повороту лотків) $P_{СП} = 3,1 \text{ кВт}$, а

кількість годин роботи інкубатора за 1 рік (інкубатор працює протягом 300 діб)

складає $T = 300 \cdot 24 = 7200 \text{ год.}$, витрати на електроенергію

$$C_E = P_{СП} \cdot T \cdot 2,40 = 3,1 \cdot 7200 \cdot 2,40 = 53568 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці персоналу з експлуатації системи автоматики

(в нашому випадку 1 оператор-наладчик) становить

$$C_3 = 1 \cdot 29,2 \cdot 300 \cdot 8 = 70080 \text{ грн.}$$

де T – кількість операторів-наладчиків;

29,2 грн./год. – ставка оператора-наладчика за 1 год. роботи;

300 – кількість робочих днів за рік; 8 - кількість робочих годин за 1 добу.

Інші прямі витрати

$$C_I = 0,01 \cdot (C_3 + C_A + C_{\text{ПР}} + C_E) = 0,01 \cdot (70080 + 5756,56 + 7310,99 + 53568) = 1367,16 \text{ грн.}$$

Тоді річні експлуатаційні витрати становитимуть

$$C = C_3 + C_A + C_{\text{ПР}} + C_E + C_I = 136715,55 + 1367,16 = 138082,71 \text{ грн.}$$

Зведені витрати становитимуть

$$B_{\text{ЗВ}} = C + E_H \cdot K = 138082,71 + 0,15 \cdot 40616,6 = 144175,2 \text{ грн.}$$

Чистий прибуток, років, можна визначити за виразом

$$Ч = \Delta C_3 + \Delta C_E, \quad (6.8)$$

де ΔC_3 – прибуток за рахунок економії заробітної плати, грн.;

ΔC_E – прибуток за рахунок економії електричної енергії, грн.

$$\Delta C_3 = C_3 - (29,2 \cdot \Gamma \cdot n_{\text{роб}} \cdot 0,7) = 70080 - (29,2 \cdot 7200 \cdot 1 \cdot 0,3) =$$

$$= 70080 - 49056 = 21024 \text{ грн.}$$

$$\Delta C_E = C_E - (P_{\text{СП}} \cdot \Gamma \cdot 2,40 \cdot \Delta \Pi) = 53568 - (3,1 \cdot 7200 \cdot 2,40 \cdot 0,85) =$$

$$= 53568 - 45533 = 8035 \text{ грн.}$$

$$\text{Тоді } Ч = \Delta C_3 + \Delta C_E = 21024 + 8035 = 29059 \text{ грн.}$$

Термін окупності установки складатиме

$$T_{\text{ОКУП}} = K / Ч = 40616,6 / 29059 = 1,4 \text{ року.}$$

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень

$$E = 1 / T_{\text{ОКУП}} = 0,71.$$

Після проведених розрахунків можна зробити висновок, що термін окупності при впровадженні розробленої САК параметрами мікроклімату в інкубаторі складе 1,4 року, що вказує на доцільність її використання у виробництві.

РОЗДІЛ 7

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

НУБІП України

Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Основними завданнями заходів з безпеки праці є забезпечення здоров'я і безпечних умов праці, ліквідації професійних захворювань і виробничого травматизму.

Система безпеки праці включає в себе цілу сітку законопроектних актів із відповідними соціально-економічними, технічними, гігієнічними і організаційними заходами, які забезпечують безпеку, здоров'я, збереження працездатності людини в процесі праці.

Адміністрація приділяє велику увагу питанням охорони праці на виробництві. Працівники різних виробничих галузей повинні добре знати і неукліпно виконувати правила техніки безпеки.

При прийнятті на роботу працівника проходить ввідний інструктаж з ілюстрацією плакатів, схем та інших засобів. Інструктаж проводить інженер з охорони праці, який оформляє відповідні документи.

Після ввідного інструктажу, працівники проходять інструктаж на робочих місцях по програмі, яку затвердив головний інженер, з показом безпечних прийомів праці, аналізом можливих причин порушень вимог безпеки і їх наслідків.

При встановленні машин нових конструкцій або порушенні працівниками правил техніки безпеки (ТБ) і виробничої санітарії, а також з працівниками які приступають до роботи після нещасних випадків, проводять позаплановий інструктаж

Усі види інструктажу оформляють в журнал, де особи, які отримали і проводили інструктаж, ставлять підписи.

НУБІП України

Контроль за дотриманням правил з ТБ покладений на майстрів, бригадних, начальників служб, головного механіка та електрика із залученими представниками адміністрації.

Результати перевірки стану ТБ і виробничої санітарії інкубаторію, цехів, всього підприємства періодично, але не рідше одного разу в місяць, розглядають у директора або головного інженера з начальником технічної служби, і назначають конкретні заходи по знешкодженню знайдених недоліків і порушень із визначенням строків та відповідальних осіб.

В кінці року за даними кожної виробничої ділянки проводиться кваліфікаційний аналіз виробничого травматизму і розробляються заходи з охорони праці. Основні причини виробничого травматизму – недоліки організаційного та технічного характеру.

До організаційних недоліків відносять: неправильно організована праця, неправильне розташування обладнання (недотримання норм встановлення обладнання), недостатня кваліфікація експлуатаційного та ремонтного персоналу, недостатній або неякісний інструктаж робочого персоналу, порушення режиму та умов праці, відсутність або незадовільний стан індивідуального захисту, спецодягу, відсутність або недостатнє число засобів з попереджувальними написами про безпеку.

До технічних причин відносять: несправний стан інструментів, приладдя, відсутність або недостатній ступінь механізації важких робіт, відсутність або несправність засобів автоматизації.

Безпечність об'єкта проектування

Об'єктом автоматизації, що розглядається в даній роботі, є приміщення інкубаторію. При виникненні аварійної ситуації в інкубаторії може відбутися ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом. Тому робота електроустановок повинна контролюватися не тільки обслуговуючим персоналом, але й спеціальними автоматичними пристроями, які контролюють режим роботи устанівки.

Визначення класу та категорії приміщень проєктованого об'єкту проводиться для можливості оптимальної організації безпеки робітником на запропонованому об'єкті. Визначення класу та категорії здійснюється на основі відповідних нормативних документів.

Заходи щодо забезпечення належних умов праці персоналу

Головною умовою безпечного обслуговування обладнання інкубаторію є точне виконання обслуговуючим персоналом інструктажів та організація роботи операторів. Основними документами, на основі яких ведеться облік роботи операторів, є вахтовий журнал господарства. Журнал ведеться позмінно самими операторами протягом всієї роботи.

При технічному огляді інкубаторію оператор зобов'язаний перевірити:

- стан кріплень мережі;
- цілісність та надійність пуско-захисної апаратури;
- стан силового електрообладнання.

Оператор після огляду електрообладнання зобов'язаний доповісти про зауваження, неполадки, які виникли в процесі роботи. В журналі робляться відмітки про пошкодження та ненормальні режими роботи обладнання.

Для захисту персоналу від безпосереднього дотикання до струмоведучих частин електрообладнання застосовується робоча ізоляція струмоведучих частин, а також встановлення знаку "Обережно електрична напруга!" на дверях щитів керування. Для захисту від дотикання до пошкодженого електричного обладнання передбачено захисне заземлення та занулення конструкції щитів.

Для захисту від ураження електричним струмом при дотиканні до струмоведучих частин електроустаткування, а також від ураження електричним струмом у разі зменшення опору ізоляції менше допустимих значень, застосовується пристрій захисного вимикання (ДІЗВ) з магнітним пускачем, або автоматичні вимикачі, які призначені для комплексного захисту ланцюгів від коротких замикань, перевантажень і пошкоджень ізоляції.

Розрахунок потреби та вибір захисних засобів

Кількість діелектричних засобів захисту для нормальної експлуатації визначається в залежності від кількості електроустановок у відповідності з додатком БП і ПТБ – "Норми комплектування засобів захисту" (таблиця 7.1).

Таблиця 7.1.

Кількість діелектричних засобів захисту

№, п/п	Діелектричні захисні засоби.	Марка, тип.	ГОСТ або ТУ	Кількість шт.
1	Діелектричні чергові калощі	ДГ	ГОСТ 1597-78	4
	рукавички	ДШК	ГОСТ 9509-69	4
2	Показчик напруги кінці ізольовані	УКН - 1		1
3	Захисні окуляри	С - 12		2
4	Електровимірювальні кліщі	К - 1000		1
5	Індикатор напруги	ИН - 91	ТУ 34-09-10130-80	2
6	Діелектричні килими		ГОСТ 4997-75	5
7	Переносні заземлювачі	ЗПТ-1	ТУ 34-38-20-77	2
8	Комплект електромонтажних інструментів з ізольованими ручками	КСМИ - 2	ТУ 34-288072-78	2
9	Плакати по використанню діелектричних захисних засобів		ГОСТ 124.013-75 ГОСТ 12.4-026	2

7.1. Розрахунок повторного заземлювача на вводі в об'єкт проектування

Для забезпечення безпечної роботи обслуговуючого персоналу, у відповідності із вимогами ППЕ і ПУЕ, усі металеві корпуси електрометалоприймачів, металоконструкцій які можуть у випадку пошкодження ізоляції опинитись під небезпечною напругою, повинні бути заземленими і підключеними до загального заземлюючого пристрою (ЗП).

ЗП інкубаторно буде використовуватись, як повторне заземлення та в якості заземлюючого пристрою, до якого приєднаний блискавкозахист.

Згідно з ПУЕ опір повторного заземлювача не повинен перевищувати $R_{\text{повн}} \leq 30$ Ом при умові, що питомий опір ґрунту ρ не перевищує 100 Ом.

В якості заземлюючого пристрою пропонується використовувати круглі сталеві стержні довжиною 5 м та діаметром $d_1 = 0,012$ м із закладанням вершини на глибину $t = 0,8$ м, вертикальні стержні будемо з'єднувати між собою сталевими стержнями діаметром $d_2 = 0,01$ м. Збивати стержні будемо на відстані 10 м один від одного. Оскільки ґрунт має два шари з різними значеннями розрахункового питомого опору верхнього і нижнього шарів (ρ_1 і ρ_2), будемо розраховувати заземлюючий пристрій для двошарового ґрунту. Глибина залягання другого шару ґрунту $h = 3,5$, а $\rho_1 = 270$ Ом·м і $\rho_2 = 140$ Ом·м (дані зазначені для Київської області).

Оскільки ґрунт має двошарову структуру, необхідно знати його питомий еквівалентний опір $\rho_{\text{екв}}$, що визначається як

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \sqrt{B}}{(l_e - h + t)\rho_1 + (h - t)\rho_2} \quad (7.1)$$

де: l_e – довжина вертикального заземлювача, м;

t – глибина розташування у ґрунті верхнього кінця заземлювача, м;

h – товщина верхнього шару двох шарів землі, м;

ρ_1, ρ_2 – питомі опори ґрунту, Ом·м.

$$\rho_{екв} = \frac{270 \cdot 140 \cdot 5}{(5 - 2,8 + 0,8) \cdot 270 + (2,8 - 0,8) \cdot 140} = \frac{189000}{1090} = 173,394 \text{ Ом} \cdot \text{м}. \quad (7.2)$$

Враховуючи, що $\rho_{екв} = 173,394 \text{ Ом} \cdot \text{м} > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, приймаємо опір повторного заземлювача

$$R_{д.пов} = \frac{30 \cdot \rho_{екв}}{100} = \frac{30 \cdot 173,394}{100} = 52,0182 \text{ Ом}. \quad (7.3)$$

З урахуванням питомого опору ґрунту і розмірів стержня заземлювача, визначаємо величину опору одного вертикального стержня як

$$R_{верт} = \frac{\rho_{екв}}{2 \cdot \pi \cdot l_v} \left(\ln \frac{2 \cdot l_v}{d} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot l_v + 7 \cdot t}{l_v + 7 \cdot t} \right), \quad (7.4)$$

де d – діаметр заземлювача із круглої сталі, м.

$$R_{верт} = \frac{173,394}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 5 + 7 \cdot 0,8}{5 + 7 \cdot 0,8} \right) = 39,575 \approx 40 \text{ Ом}.$$

Визначаємо попередню кількість вертикальних стержнів

$$n = \frac{R_{д.пов}}{R_{верт}} = \frac{52,0182}{40} = 1,3 \quad (7.5)$$

Отже, за умовами "гребінки" ($n \geq 2$) приймаємо два стержні при відстані

між ними 10 м.

Довжину горизонтальної з'єднувальної штанги визначаємо за формулою

$$l_{гор} = 1,05 \cdot a \cdot n \quad (7.6)$$

де: a – відстань між вертикальними електродами, м;

n – кількість вертикальних електродів.

$$l_{гор} = 1,05 \cdot 10 \cdot 2 = 21 \text{ м}.$$

Розрахунок коефіцієнта використання заземлювача типу "гребінка"

виконується за умовами

$$\eta = B_2 \cdot n^{-\beta_2}, \quad (7.7)$$

$$\text{де: } B_2 = 0,83 (\rho_1 / \rho_2)^{0,0645} = 0,866;$$

$$\beta_2 = 0,242 (\rho_1 / \rho_2)^{0,083} = 0,229;$$

$$\eta = 0,897 \cdot 2^{-0,229} = 0,739$$

Визначаємо загальний розрахунковий опір за формулою

$$R_{\text{верт.р}} = \frac{R_{\text{верт}}}{n \cdot \eta} \quad (7.8)$$

$$R_{\text{верт.р}} = \frac{40}{2 \cdot 0,739} = 27,064, \text{ Ом.}$$

Опір горизонтального заземлювача $R_{\text{гориз}}$ визначаємо за формулою:

$$R_{\text{гориз}} = \frac{\rho_{\text{екв.гор}}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{гор}}} \cdot \ln \frac{l_{\text{гор}}^2}{d \cdot t} \quad (7.9)$$

де: $\rho_{\text{екв.гор}}$ – еквівалентний питомий опір двох шарів землі;

$l_{\text{гор}}$ – довжина горизонтального заземлювача, м;

d – діаметр заземлювача із круглої сталі, м;

t – глибина розташування у ґрунті горизонтального заземлювача, м.

$$\rho_{\text{екв.гор}} = \frac{\rho_{\text{екв.гор}}}{\rho_2} \cdot \rho_2 \quad (7.10)$$

де: $\frac{\rho_{\text{екв.гор}}}{\rho_2}$ – співвідношення, значення якого визначаємо за

довідниковими даними шляхом лінійної інтерполяції:

$$\frac{\rho_{\text{екв.гор}}}{\rho_2} = 1 + \frac{1-1}{30-20} \cdot (21-20) = 1; \quad (\rho_1/\rho_2=1; h=3,5; l_{\text{гор}}=21)$$

$$\frac{\rho_{\text{екв.гор}}}{\rho_2} = 1,79 + \frac{1,76-1,79}{30-20} \cdot (21-20) = 1,787; \quad (\rho_1/\rho_2=2; h=3; l_{\text{гор}}=21)$$

$$\frac{\rho_{\text{екв.гор}}}{\rho_2} = 1,86 + \frac{1,81-1,86}{30-20} \cdot (21-20) = 1,855; \quad (\rho_1/\rho_2=2; h=5; l_{\text{гор}}=21)$$

$$\frac{\rho_{\text{екв.гор}}}{\rho_2} = 1,787 + \frac{1,855-1,787}{5-3} \cdot (3,5-3) = 1,804; \quad (\rho_1/\rho_2=2; h=3,5; l_{\text{гор}}=21)$$

$$\frac{\rho_{\text{екв.гор}}}{\rho_2} = 1 + \frac{0,804-1}{2-1} \cdot (1,929-1) = 1,747; \quad (\rho_1/\rho_2=1,929; h=3,5; l_{\text{гор}}=21)$$

$$\rho_{\text{екв.гор}} = 1,747 \cdot 140 = 244,58 \text{ Ом}\cdot\text{м.}$$

Тоді згідно (7.8) опір горизонтального заземлювача буде:

$$R_{гор} = \frac{244,58}{2 \cdot 3,14 \cdot 21} \ln \frac{21^2}{0,01 \cdot 0,8} = 20,247 \text{ Ом} \quad (7.11)$$

Визначимо результуючі значення опору розтікання струму горизонтального заземлювача.

$$R_{гор,р} = \frac{R_{гор}}{\eta_{гор}} \quad (7.12)$$

де: $\eta_{гор}$ – коефіцієнт використання горизонтального електрода з урахуванням вертикальних електродів, згідно графіків $\eta_{гор} = 0,64$.

$$\text{Тоді } R_{гор,р} = \frac{20,247}{0,64} = 31,64 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір заземлюючого пристрою:

$$R_{шт} = \frac{1}{\eta \cdot (n \cdot q_{верт} + q_{гор})} \quad (7.13)$$

де η – коефіцієнт використання складного заземлювача;

n – кількість вертикальних стержнів, шт.;

$q_{верт}$ – провідність вертикальних стержнів, Ом⁻¹;

$q_{гор}$ – провідність горизонтального заземлювача, Ом⁻¹;

$q_{верт}$ – провідність вертикального заземлювача.

$$q_{верт} = \frac{1}{R_{верт}} = \frac{1}{40} = 0,025 \text{ Ом}^{-1} \quad (7.14)$$

Провідність горизонтального заземлювача буде:

$$q_{гор} = \frac{1}{R_{гор}} = \frac{1}{20,247} = 0,049 \text{ Ом}^{-1} \quad (7.15)$$

Отже, згідно (7.13) опір заземлюючого пристрою буде:

$$R_{шт} = \frac{1}{0,739 \cdot (2 \cdot 0,025 + 0,049)} = 13,668 \text{ Ом} \leq 52,0182 \text{ Ом} \quad (7.16)$$

Оскільки опір штучного заземлювача менший опору, який допускається в даному випадку $R_{шт} < R_{дз}$, то заземлення розраховано правильно, отже залишається попередньо вибрана кількість стержнів.

Нижче наведено ескіз заземлюючого пристрою (рис. 7.1).

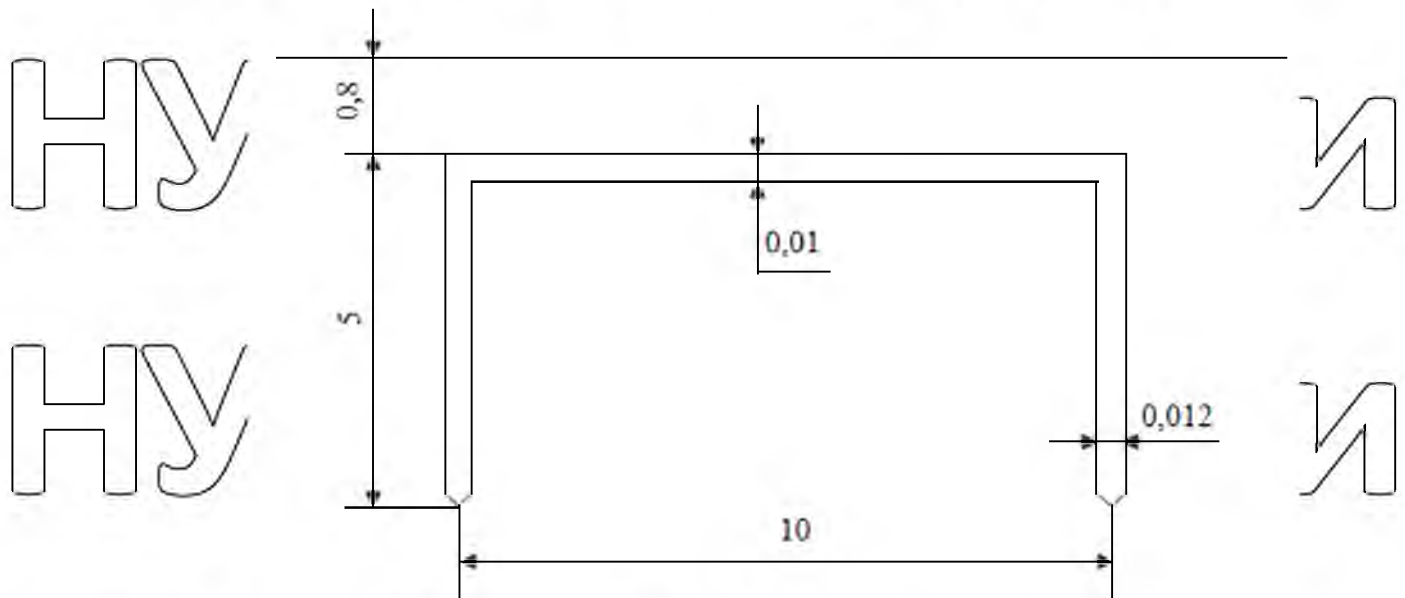


Рис. 7.1. Ескіз заземлюючого пристрою

7.2. Блискавкозахист об'єкту проектування

Зона блискавковідводу – це частина простору, всередині якого будівля чи споруда захищена від прямих ударів блискавки із визначеним ступенем надійності.

Інкубаторій являє собою прямокутну будівлю з розмірами $84 \times 4 \times 18$ м, блискавкозахист якої здійснюється за допомогою одиночного тросового блискавковідводу пристрою, утвореного горизонтальним тросом, закріпленим на двох опорах, по кожній з яких прокладається стумовідвід, що приєднується до окремого заземлювача.

Щоб визначити середнє число ударів блискавки, необхідно, користуючись картою "Середньорічної тривалості тривалої діяльності",

визначити інтенсивність грозової діяльності за рік. Для Київської області вона становить 60 – 80 год. Далі, користуючись довідниковою літературою, визначаємо ймовірну кількість ударів блискавки, яка буде рівною 5. Зону захисту блискавководу приймаємо тип Б (95% захисту)

Очікуване число уражень блискавкою будівель і споруд висотою не більше, як 60 м не обладнаних захистом від блискавки, визначається за формулою:

$$N = (a + 3 \cdot h_x) \cdot (b + 3 \cdot h_x) \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (7.14)$$

де a, b, h_x – ширина, довжина і висота бокових сторін будівлі;

n – середнє число ударів блискавки на 1 км² земної поверхні протягом року.

Визначаємо очікуване число уражень блискавкою:

$$N = (18 + 3 \cdot 4) \cdot (84 + 3 \cdot 4) \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 0,014 \quad (7.15)$$

Розміри зони захисту одиночного тросового блискавководу для зони захисту типу Б знаходимо за формулою:

$$h_o = 0,92 \cdot h, \text{ м} \quad (7.16)$$

де $h = h_{on} - 2 = 10 - 2 = 8$ м – зона захисту на рівні землі.

Тоді, $h_o = 0,92 \cdot 8 = 7,36$ м.

Межі зони захисту на рівні землі визначаємо за формулою:

$$r_o = 1,7 \cdot h, \text{ м} \quad (7.17)$$

$$r_o = 1,7 \cdot 8 = 13,6 \text{ м.}$$

Знаходимо межі зони захисту на рівні h_x :

$$r_x = 1,7 \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right), \text{ м} \quad (7.18)$$

$$r_x = 1,7 \left(8 - \frac{8}{0,92} \right) = 4,361 \text{ м.}$$

На рис. 7.2 зображена зона захисту тросового блискавководу із стержнями однакової висоти, з якого видно, що даний блискавкозахист надійно захищає не тільки споруду інкубаторію, а й територію навколо нього.

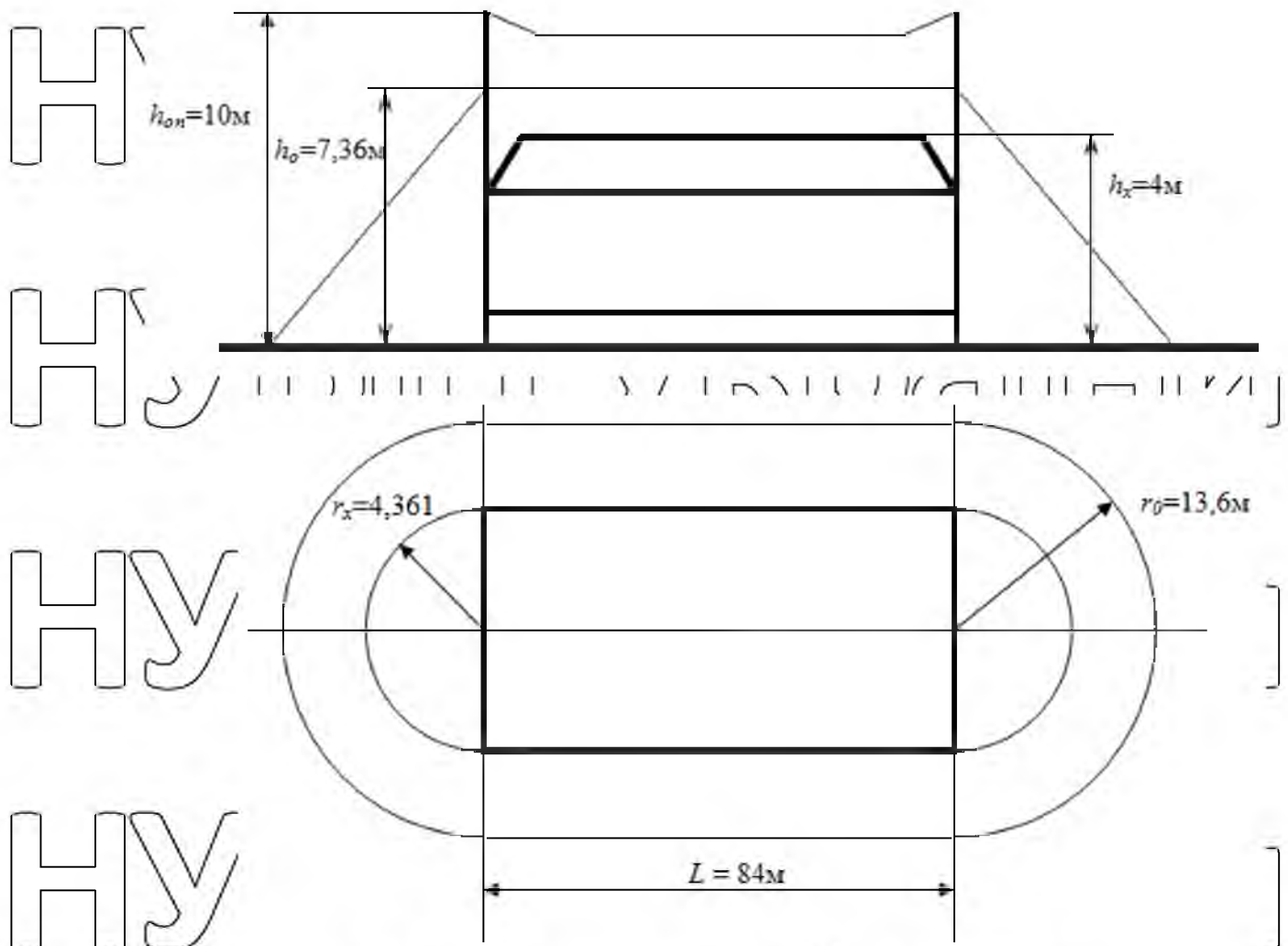


Рис. 7.2. Зона захисту тросового блискавковідводу

7.3. Система протипожежного захисту об'єкта проектування

Протипожежна профілактика поділяється на організаційну і технічну.

Проектом передбачені наступні організаційні заходи:

- створення добровільної дружини;
- проведення масової роз'яснювальної роботи серед робітників.

Технічні заходи:

- застосування електрообладнання, апаратури, керування захисту відповідно до умов огочуючого середовища;
- передбачено блискавкозахист будівель;

для ліквідації пожежі передбачено протипожежну сміть.

Пожежі в електроустановках, що знаходяться під напругою, необхідно гасити ручними або перевізними вуглекислотними вогнегасниками.

Застосування пінних вогнегасників заборонено, оскільки піна і піноутворюючі розчини проводять електричний струм.

Перелік необхідної кількості пожежного обладнання та інвентарю для інкубаторію наведений в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2.

Перелік необхідної кількості засобів пожежогасіння

№ п/п	Найменування засобів пожежогасіння	Тип, марка	Місце встановлення	Кількість
1.	Вогнегасник вуглекислотний	ОУ-5	всередині приміщення	4
2.	Вогнегасник порошковий	ОП-2Б	пожежний щит	4
3.	Пожежне відро		пожежний щит	2
4.	Багор		пожежний щит	2
5.	Сокира		пожежний щит	2
6.	Лопата совкова		пожежний щит	2
7.	Ящик		пожежний щит	2

ВИСНОВКИ

НУБІП України

У магістерській роботі досліджений процес створення мікроклімату в сучасних промислових інкубаційних камерах, зокрема інкубатора ИУП-Ф-45.

НУБІП України

В результаті дослідження отримані наступні результати:

1. Динамічні властивості інкубаційної камери залежать не тільки від її фізичних характеристик, але й від біологічних процесів розвитку ембріонів.

2. Встановлено, що в процесі інкубації зменшується значення

НУБІП України

постійної часу камери як об'єкта управління (зменшується інерційність об'єкта): на другий день інкубації $T_{ov}^2 = 1145$ с., на четвертий - $T_{ov}^4 = 1020$ с., на шостий - $T_{ov}^6 = 870$ с., на восьмий - $T_{ov}^8 = 692$ с., що вказує на необхідність

внесення коректив до алгоритмів роботи обладнання для створення мікроклімату в залежності від періоду інкубації.

НУБІП України

3. Для реалізації САК параметрами мікроклімату використане наступне обладнання: датчик температури ОВЕН ДТС125, датчика вологості повітря ДВТ-03.НЕ, програмно-логічного контролера ОВЕН ПЛК160,

розроблені електричні принципові схеми САК з відповідним програмним забезпеченням на основі середовища CoDeSys. Показники якості роботи системи: запас стійкості за амплітудою складає $\Delta L = 50,5$ дБ, запас стійкості за фазою - $\Delta\varphi = 38^\circ$, перерегулювання 6%; коливальність $n = 1$, час регулювання t_p

= 355 с.

НУБІП України

4. За результатами економічних розрахунків встановлено, що термін окупності при впровадженні розробленої САК параметрами мікроклімату в інкубаторі складе 1,4 року, що вказує на доцільність її використання у

виробництві.

НУБІП України

ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматика и автоматизация производственных процессов / И.И. Мартиненко, Б.Л. Головинский, Р.Д. Проценко, Т.Ф. Резниченко. – М.: Агропромиздат, 1985. – 335 с.
2. АСУ влажностно-тепловыми параметрами/Сост. С.В. Мищенко, И.Ф. Бородин. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 223 с.: ил.
3. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. – М.: Агропромиздат, 1996.
4. Валге А.М. Обработка экспериментальных данных и моделирование динамических систем при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства. СПб. СЗНИИМЭСХ, 2002. – 176с.
5. Волков А.А. Организация и технология инкубации яиц сельскохозяйственной птицы. – М.: Высшая школа, 1977.
6. Гинзбург С.А. и др. Основы автоматики и телемеханики, под общ. ред. С.А. Гинзбурга, изд. 4-е переработ. – М.: «Энергия», 1968. – 512 с.
7. Давтян Ф.А. Управление микроклиматом в птицеводческих помещениях. Ж. «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №11, 1984. с.35-38.
8. Димин Д. Управление процессом инкубации в XXI веке. Ж. Сельскохозяйственный вестник, №5, 2002. с.7-9.
9. Довідник сільського електрика / В.С. Олійник, В.М. Пайдук, В.Ф. Гончар та ін.; за ред. В.С. Олійника – 3-є вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1989. – 264 с.
10. Еременко С.В. Инкубатор с микропроцессорной системой управления. В кн. «Проблемы создания машин и оборудования для животноводства и кормопроизводства» М. ВНИИКОМЖ, 1988. (Соавторы: Агеев Б.А., Радовичский А.Л.), с.191-195.
11. Еременко С.В. Информационные системы нового поколения оборудования для промышленной инкубации яиц. Сб. докладов международной научно-технической конференции «Автоматизация сельскохозяйственного производства». М. 2004. 2 с. (соавтор: Шеповалов В.Д.).
12. Еременко С.В. Экспериментальное определение параметров математической модели инкубационной камеры как объекта управления по температуре. Сб. докладов международной научно-технической конференции «Автоматизация сельскохозяйственного производства». М. 2004. 4с. (соавтор: Шеповалов В.Д.)
13. Инкубация яиц: Справочник / Ю.З. Буртов, Ю.С. Голдин, И.П. Кривонишин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.: ил.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

14. Костянкин Л.Н. Математическая модель инкубации яиц и вопросы ее реализации. Ж. «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №1, 1984. С.42-46.
15. Мартыненко И.И., Головинкий Б.Л., Проценко Р.Д., Резниченко Т.Ф. Автоматика и автоматизация производственных процессов. М.:1985. - 336с.
16. Мартиненко И.И., Лисенко В.Ф. Проектирование систем автоматики. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1990. - 243 с.
17. Микропроцессорные системы автоматического управления / В.А. Бесекерский, Н.Б. Ефимов, С.И. Зиятдинов и др., под общ. ред. В.А. Бесекерского. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1988. - 365 с.
18. Минина О.М. Определение динамических характеристик и параметров типовых регулируемых объектов. Изд.АН СССР, М. 1963г.
19. Нестеренко А. В. Экспериментальные исследования тепло- и массообмена при испарении жидкости со свободной поверхности, Ж. "Техническая физика, АН СССР, т.24, №4, 1954г.
20. Прыгунов Ю.М., Новак В.А., Серый Г.П. Микроклимат животноводческих и птицеводческих зданий. К.: Будівельник, 1986. - 80 с.
21. Пчелкин Ю.Н., Сорокин А.И. Устройства и оборудование для регулирования микроклимата в животноводческих помещениях. - М.: Россельхозиздат, 1977. - 216 с.
22. Сельскохозяйственные здания и сооружения / Д.Н. Толчий, В.А. Бондарь, О.Б. Кошлатый, Н.П. Олейник, В.И. Хазин - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: ВО «Агропромиздат», 1985. - 480 с.
23. Температурные поля камеры и яйца в лабораторном инкубаторе, Ж. «Механизация и электрификация с.х.», №5, 1987.
24. www.seveks.ru/Matemat_model.htm
25. www.oven.ua
26. www.honeywell.com

НУБІП України

НУБІП України

ДОДАТКИ

НУБІП України

ДОДАТОК А

Технічні характеристики промислових інкубаторів "Инки"

Показники	ИНКИ-21000	ИНКИ-16000Т	ИНКИ-10000
Призначення	Попередньої інкубації	Інкубаційно-вивідний	Вивідний
Місткість, яєць	20655	16416	10350
Система завантаження яєць	Лотковий блок і транспортний візок циліндричної форми		
Встановлена потужність, кВт	4,7	4,7	4,7
Габаритні розміри, мм			
довжина	3400	3400	2700
ширина	2150	2150	2150
висота	2200	2200	2200
Система обігріву	Електрообігрів (можливе оснащення системою водяного обігріву), або комбінована (електричний та водяний)		
Система вентиляції	Осьовий вентилятор		
Діаметр крильчатки вентилятора, мм	1750		
Система охолодження повітря	Водяна		

ДОДАТОК Б
Відносний час регулювання

Закон керування	Об'єкт	ψ тимчасового перехідного процесу		
		аперіодичного	із 20%-м перерегулюванням	із мінімальним інтегральним критерієм
П	Статичний	4,5	6,5	9,0
	Астатичний	6,0	8,0	-
ПІ	Статичний	8,0	12,0	16,0
	Астатичний	14,0	16,0	18,0
ПІД	Статичний	5,5	7,0	10,0
	Астатичний	9,0	12,0	13,0

Додаток Г

Технічні характеристики програмно-логічного контролера

ОВЕН ПЛК160

Загальні відомості

Габаритні розміри, не більше	(208 × 110 × 73) ± 1 мм
Вага, не більше	0,75 кг
Ступінь захисту корпусу за ГОСТ 14254-96	IP20 зі сторони передньої панелі, IP00 зі сторони клем
Індикація на передній панелі	Світлодіодна
Середнє напрацювання на відмову	100 000 год.
Середній термін служби	10 років

Живлення

Напруга живлення:

ПЛК160-24.X-X

ПЛК160-220.X-X

з 22 по 28 В постійного струму
(номінальна 24 В)від 90 до 264 В змінного струму
(номінальна 110/220 В)

частотою 47-63 Гц

(номінальне значення 50 Гц)

40 ВА

Споживана потужність, не більше

Параметри вбудованого джерела
живлення

Акумулятор резервного живлення

Вихідна напруга 24±3 В,

струм споживання не більше 400 мА

LIR2477 (термін служби залежить

від умов експлуатування, але не

більше 5 років)

Цифрові (дискретні входи)

Кількість входів

із них швидкодіючих

Тип входів за ГОСТ р 52931-2008

Напруга живлення дискретних
входівМаксимальний вхідний струм
дискретного входуСигнал "логічної одиниці", який
відповідає стану "Увімкнено",
дискретних виходів для постійної
напруги (струм у колі)Сигнал "логічного нуля", який
відповідає стану "Вимкнено",
дискретних входів для постійної
напруги (струм у колі)

16

4 (DI1-DI4)

1 і 2

24 ± 3 В

не більше 7 мА при живленні 24 В,

не більше 8,5 мА при живленні 27 В

від 15 до 30 В (струм від 3 до 15
мА)

від мінус 3-5 В (струм 15 мА)

НУВБІП України
 Минимальна тривалість імпульсу,
 який сприймається дискретним
 входом

- для звичайних входів
- для швидкодіючих

1 мс
 0,02 мс

Вхідні пристрої, які підмикаються

– комутаційні пристрої (контакти
 кнопок, вимикачів, перемикачів,
 реле, тощо);

НУВБІП України
 датчики, які мають на виході
 транзистор n-p-n або p-n-p типу з
 відкритим колектором;

– дискретні сигнали 24 ± 3 В

Групова

НУВБІП України
 Гальванічна розв'язка
 Електрична міцність ізоляції між
 групою дискретних входів та:

- колами живлення
- групами кіл дискретних виходів
- групами інших кіл

Групова

1780 В

1780 В

560 В

НУВБІП України
 Дискретні виходи (контакти електромагнітних реле)
 Кількість релейних вихідних
 каналів

Гальванічна розв'язка

12

Індивідуальна (для DO1-DO8),
 групова (DO9-DO10),
 групова (DO11-DO12)

НУВБІП України
 Електрична міцність ізоляції між
 групами дискретних виходів
 та групами інших кіл

Максимальний струм,
 який комутований контактами реле,
 не більше

1780 В

3 А (для змінної напруги не більше
 250 В, частотою 50 Гц та $\cos \varphi > 0,4$)

– навантаження для категорії
 використання АС-15

за ГОСТ р 50030.1-2000)

3 А (для постійної напруги не
 більше 30 В – навантаження для

категорії використання DC-13

за ГОСТ р 50030.1-2000)

НУВБІП України
 Час перемикання контактів реле із
 стану «лог. 0» у «лог. 1» та назад,
 не більше

50 мс (виходи DO1-DO12)

Механічний ресурс реле не менше 300 000 циклів перемикань при максимальному комутованому навантаженні;

- не менше 500 000 циклів перемикання при комутації навантаження менше половини від максимального

Аналогові входи

Кількість аналогових входів
Тип уніфікованих сигналів,
що підтримуються

Струм від 0 (4) 20 мА;
Струм від 0 до 5 мА;
Напруга від 0 до 10 В;
14 біт

АЦП

Вхідний опір.

У режимі вимірювання струму

Не більш ніж 170 Ом

У режимі вимірювання напруги

Не менше 200 кОм

Період опитування аналогових входів

10 мс

Межа основної зведеної похибки перетворення

$\pm 0,25\%$

Межа додаткової зведеної похибки перетворення на кожні 10 градусів змінення температури

$\pm 0,05\%$

Гальванічна ізоляція аналогових входів

Групова (8 входів)

Електрична міцність ізоляції між групою аналогових входів та:

- колами живлення

1780 В

- групами кіл дискретних

1780 В

виходів

560 В

- групами інших кіл

Аналогові виходи

Кількість аналогових виходів

4

Тип вихідного сигналу (залежно від модифікації)

Універсальний, струм від 4 до 20 мА, напруга від 0 до 10 В

Межа основної зведеної похибки ЦАП

$\pm 0,5\%$

ЦАП

Розрядність ЦАП

ПЛК160-X.A – 12 біт

ПЛК160-X.V – 10 біт

ПЛК160-X.I – 10 біт

ПЛК160-X.II – 10 біт

Мінімальний період оновлення виходів

100 мс

Живлення аналогових виходів

Зовнішнє (24 ± 3 В)

Гальванічна ізоляція аналогових виходів

Індивідуальна

Електрична міцність ізоляції між групами аналогових виходів

1780 В

та групами інших кіл

Межа допустимої додаткової зведеної похибки аналогових виходів, яка

викликана зміненням температури навколишнього повітря від

нормальної на кожні 10°C змінення температури

не більше 0,5 межі допустимої основної зведеної похибки аналогових виходів

Інтерфейси зв'язку

RS-485

Кількість

1

Гальванічна розв'язка

Індивідуальна

Електрична міцність ізоляції

1780 В (між інтерфейсом RS-485 та іншими групами кіл)

Ethernet 100 Base-T

Кількість

1

Гальванічна розв'язка

Індивідуальна

Електрична міцність ізоляції

1780 В (між інтерфейсом RS-485 та іншими групами кіл)

RS-232**

Кількість

1

Гальванічна розв'язка

Відсутня

RS-232-Debug **

Кількість

1

Гальванічна розв'язка

Відсутня

USB-пристрій*

Кількість

1

Гальванічна розв'язка

Відсутня

* – точність вказана без застосування програмної корекції.

** – кола зазначених інтерфейсів не мають між собою гальванічної ізоляції.

Електрична міцність ізоляції між групою зазначених кіл:

– колами живлення – 1780 В;

– групами кіл дискретних виходів – 1780 В;

– групами інших кіл – 560 В.

НУБІП України

Ресурси та додаткове обладнання

Центральний процесор

RISC-процесор на базі ядра ARM-9,
32 розряду, 180МГц

Об'єм оперативної пам'яті
(тип пам'яті)

8 Мб (SDRAM), із них 1 Мб для
коду користувальницької програми,
128 кб для змінних
користувальницької програми

Об'єм енергонезалежної пам'яті

4 Мб (DataFlash), із них 3 Мб
доступно для зберігання файлів та
архівів

Розмір Retain-пам'яті

не більше 16 кб (за умовчанням
встановлено значення 4кб.)

Час виконання одного циклу
програми

– Мінімальний (що не
стабілізується) -250 мкс;

– встановлений за умовчанням
(стабілізований) - 1 мс
(налаштовується у вікні

Додаткове обладнання

Конфігурація ПЛК
(PLC Configuration) ПЗ CoDeSys

– Годинник реального часу з
автономним акумуляторним
живленням (точність ходу – не
більше 3 хв на добу);

– Збудоване джерело видавання
звукового сигналу;

– Функціональна кнопка на
передній панелі контролера

НУБІП України

НУБІП України

Додаток Д
Інтерфейси зв'язку та програмування
контролера ОВЕН ПЛК160

Інтерфейс и зв'язку	Протоколи (тип зв'язку та особливості роботи)	Формат передавання даних	Швидкість передавання	Довжин а кабелю, м, не більше	Рекомендован ий тип кабелю
RS-485	Modbus-RTU, ModBus ASCII-DCON, ОВЕН	7 або 8 біт, парність є/немає/не використовуєтьс я, 1 або 2 стоп біти	2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, 115200 біт/с	1200	КШТЗВ 1×2×0,6 (ТУ 16.К99-008- 2001) або аналогічні
RS-232	Modbus-RTU, ModBus ASCII-DCON, ОВЕН	7 або 8 біт, парність є/немає/не використовуєтьс я, 1 або 2 стоп біти	1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200 , 28800, 38400 , 57600, 11520 0 біт/с	3	
RS-232- Debug	ModBus-RTU (тільки slave), ModBus- ASCII, DCON, GateW ay (тільки для Debug RS-232), ОВЕН	тільки 8 немає 1	1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400 , 57600, 115200 біт/с	1,8	
Ethernet 100 Base-T	ModBus-TCP Gateway TCP- IP, UDP-IP, Codesys Network Variables (over UDP) CDC	-	10-100 Мбіт/с	100	Категорія 5/ тип UTP (звиті пари без екрану), STP або FTP (звиті пари в екрані)
USB- Device	-	-	115200 біт/с	1,8	Стандартний із з'єднувачами типу А та В

Додаток Ж

НУБІП України

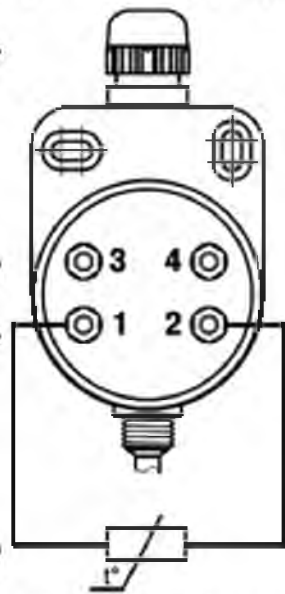
Схеми підключення провідників до клем комутаційних головок датчиків типу ОВЕН ДТС125 та ОВЕН ДТС125Л із одним чутливим

елементом

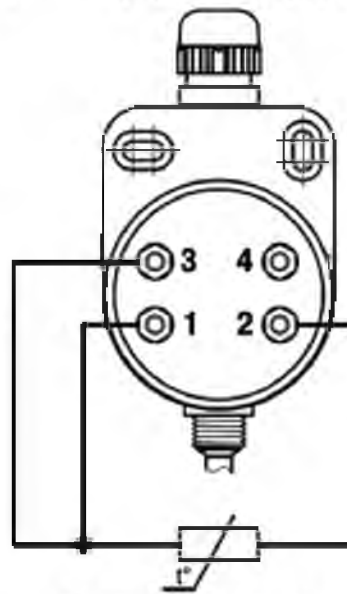
НУБІП України

НУ

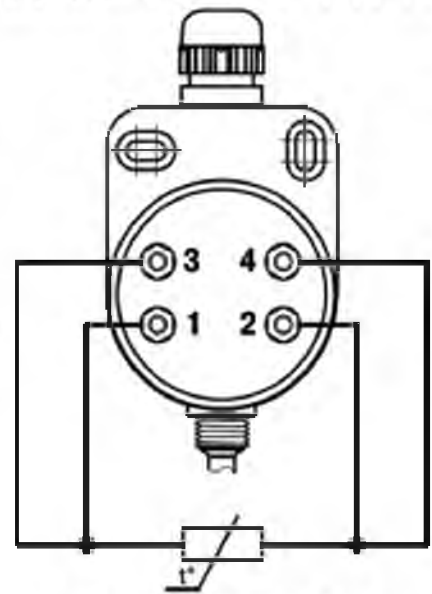
НУ



а) двохпровідна



б) трьохпровідна



в) чотирьохпровідна

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України