

НУБІП України

НУБІП України

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

02.06 – КМР.323"С" 23.03.06.011 ПЗ

НУБІП України

ОБИХОДА РУСЛАНА ПЕТРОВИЧА

2023

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
НИІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 004.8; 681.5

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
(назва ННІ)

В.В. Каплун
(ПІБ)

(підпис)

« » 2023 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

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

В.П. Лисенко
(ПІБ)

(підпис)

« » 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-
ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У
ТЕПЛИЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ
ЗАСОБІВ ОБОВЕН»

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

Освітня програма: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(назва)

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

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

(підпис)

І. М.Болбот
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

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

(підпис)

А.О. Дудник
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Р. П. Обиход
(ПІБ студента)

КІВ – 2023

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
автоматики та робототехнічних
систем ім. акад. Н. Мартиненка

В.П. Лисенко

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Обиходу Руслану Петровичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

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

Освітня програма: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської роботи **«ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
МІКРОКЛІМАТОМ У ТЕПЛИЦІ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСУ
ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОВЕН»**,

затверджена наказом від 06.03.2023 року № 323 «С»

Термін подання студентом магістерської роботи 03.11.2023

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.
2. Дослідження теплиці, як об'єкта автоматизації.
3. Визначення алгоритму керування параметрами мікроклімату та розрахунок параметрів налаштування регулятора.
4. Дослідження системи автоматизації.
5. Розроблення інформаційного забезпечення системи керування.
6. Техніко-економічне обґрунтування.

Дата видачі завдання 06.03.2023

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(Підпис)

Дудник А.О.

(Прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(Підпис)

Обиход Р.П.

(Прізвище та ініціали)

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ОВОЧІВ У ТЕПЛИЦІ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ	12
1.1 Аналіз технологічного процесу вирощування овочів у теплицях	12
1.2 Аналіз різновиду конструкцій теплиць та їх характеристики	17
1.3 Огляд сучасних систем керування мікрокліматом у теплицях	20
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛИЦІ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ	27
2.1 Розробка математичної моделі аналітичним методом	28
2.2 Розробка та дослідження імітаційної моделі технологічного процесу вирощування овочів у теплиці з використанням MATLAB	33
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	37
3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації технологічного процесу вирощування овочів у теплиці	37
3.2 Вибір закону регулювання	38
3.3 Вибір технічних засобів автоматики	40
3.3.1 Вибір сприймаючих елементів САК	40
3.4 Розрахунок періоду дискретизації для системи керування мікрокліматом у теплиці	48
3.5 Розробка структурно-функціональних схем системи автоматизації	51
РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНА ТА АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ТЕПЛИЦІ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧІВ	57
4.1 Розробка інформаційного забезпечення	57
4.1.1 Поняття бази знань та її основних характеристик	57
4.1.2 Застосування бази знань для удосконалення автоматичного керування мікрокліматом у теплицях	59
4.2 Розробка програмного забезпечення системи автоматизованого керування	64

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	74
5.1 Аналіз стану охорони праці у вибраному господарстві	74
5.2 Організаційні і технічні заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів	77
5.3 Експлуатація системи	80
5.3.1 Експлуатація електродвигунів	80
5.3.2 Експлуатація пускозахисної апаратури	82
5.3.3 Експлуатація засобів автоматизації	83
РОЗДІЛ 6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ САК86	
6.1 Джерела економічної ефективності та її розрахунок	86
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	92
ДОДАТОК А	95
ДОДАТОК Б	96
ДОДАТОК В	97
ДОДАТОК Г	98
ДОДАТОК Д	99

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Об'єкти сільськогосподарського виробництва є складними мультипараметричними системами, де результативність виражається у співвідношенні спожитої енергії для виробництва, обсягів продукції, якості та термінів її отримання на сільськогосподарських підприємствах. Тепличні господарства є високоенергетичними підприємствами, які в сучасних умовах стикаються з різними економічними та технічними проблемами.

Протягом останнього десятиріччя в країнах Північної та Центральної Європи активно проводяться роботи з поліпшення конструкції теплиць та оптимізації алгоритмів регулювання мікроклімату. У нашій країні сфера закритого ґрунту відстає від закордонних аналогів через використання застарілого високоенергоємного обладнання та відсутність ефективних систем автоматичного регулювання. Більшість вітчизняних тепличних підприємств вимушені придбати зарубіжні системи керування мікрокліматом, що призводить до великих витрат і всіх наслідків, які з цього випливають.

Перспективними заходами щодо поліпшення стану справ у галузі тепличного виробництва є розвиток нових технологій конструювання теплиць, оптимізація процесів вирощування за рахунок впровадження комп'ютерно-інтегрованих систем управління, ефективних та надійних в експлуатації систем мінерального живлення.

Для досягнення оптимальної продуктивності рослин необхідно, щоб параметри мікроклімату відповідали технологічним вимогам. В більшості теплиць системи управління параметрами мікроклімату не відповідають цим вимогам, і для їх покращення потрібно використовувати сучасні комп'ютерно-інтегровані технології.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності вирощування овочів в умовах споруд закритого ґрунту шляхом удосконалення системи автоматичного керування мікрокліматом у теплиці для вирощування овочів із використанням сучасних засобів автоматизації та інформаційного забезпечення у вигляді бази знань.

Задачі:

1. Проаналізувати технологічний процес вирощування овочів у теплицях, обладнання та вибрати канал регулювання.

2. Проаналізувати існуючі системи автоматичного керування мікрокліматом у теплиці, встановити їх переваги та недоліки.

3. Синтезувати математичну модель перехідного процесу зміни температури та вологості повітря у теплиці аналітичним методом.

4. Провести дослідження з використанням пакету прикладних програм MATLAB та визначити передатну функцію теплиці.

5. Розробити функціональну схему автоматизації.

6. Здійснити обґрунтування та вибір технічних засобів автоматизації.

7. Визначити алгоритм керування та розрахувати параметри налаштування регулятора.

8. Розробити електричну принципову схему САК. Вибрати апарати захисту та керування, проводи керуючої мережі. Вибрати щити та пульти керування.

9. Розробити інформаційне забезпечення у вигляді бази знань.

10. Створити програмне забезпечення системи регулювання.

11. Отримати перехідний процес та визначити показники якості регулювання.

12. Провести техніко-економічний розрахунок доцільності впровадження розробленої системи керування.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ОВОЧІВ У ТЕПЛИЦІ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Аналіз технологічного процесу вирощування овочів у теплицях

Теплиця - це спеціальна структура, зазвичай виготовлена з прозорих або частково прозорих матеріалів, таких як плівка, скло або пластик, яка створює особливий мікроклімат всередині. Основна функція теплиці - забезпечити ідеальні умови для вирощування рослин навіть у будь-яку пору року.

У теплицях застосовуються технічні засоби, такі як системи опалення, вентиляції і освітлення, які дозволяють створити оптимальний мікроклімат для росту рослин. Усі роботи з вирощування овочів і культур у теплицях виконуються всередині самої структури, що дозволяє докладно контролювати умови середовища.

Теплиці дуже корисні для вирощування ранніх і несезонних овочів, так як вони дозволяють розпочати виробництво раніше і закінчити пізніше, порівняно з відкритим ґрунтом. Крім того, теплиці використовуються для вирощування розсади рослин, яку пізніше можна пересадити на відкритий або закритий ґрунт. Такі структури є незамінними для сільськогосподарських підприємств і дачних господарств, де вони дозволяють отримувати врожаї в умовах, коли це б не було можливо без теплиць.

По виду профілю поперечного перерізу теплиці поділяють на ангарні і блокові [1].

Ангарні теплиці - це вид сільськогосподарських споруд, які відрізняються від інших типів теплиць своєю конструкцією та розмірами. Вони мають площу від 600 до 3000 м² та мають характерну двосхилу аркову форму даху, яка дозволяє оптимально використовувати світло для рослин.

Одним з ключових рис ангарних теплиць є відсутність внутрішніх опорних стійок. Це означає, що всередині теплиці не має перешкод для розташування рослин або механізмів вирощування. Несучими опорами для даху в таких теплицях є металеві чи дерев'яні арки, які закріплені безпосередньо на фундаментах або на опорних стійках, які є частиною стін теплиці.

Ангарні теплиці широко використовуються в комерційному сільському господарстві для вирощування різних культур, овочів, квітів, а також для вирощування розсади. Їх розміри і конструкція дозволяють забезпечити оптимальні умови для росту рослин і здійснювати вирощування великих обсягів продукції впродовж усього року.

Блокові теплиці представляють собою інноваційний підхід до організації сільськогосподарського виробництва, який ґрунтується на поєднанні кількох ангарних теплиць у єдиний комплекс. Цей тип теплиць відрізняється від інших теплиць своєю структурою та розмірами. Це об'єднання теплиць утворюється шляхом заміни бокових стійок ангарних теплиць на опорні стійки, що дозволяє їх поєднувати у єдину систему.

Стики даху суміжних секцій блокових теплиць, які мають зазвичай ширину 6,4 метра, з'єднуються жолобами, які виконують не лише роль з'єднання, але й служать для відведення дощової води. В результаті всі секції об'єднуються в одне велике спорудження з площею від 1 до 3 гектарів. Цей підхід сприяє значній економії, оскільки металеві конструкції блокових теплиць виготовляються на заводах, що дозволяє скоротити витрати на будівництво та забезпечує більшу ефективність виробництва.

Оптимальна площа блокової теплиці становить 1 гектар, а комплекс теплиць, який складається з 3 до 10 окремих блоків, може досягати вражаючих розмірів від 18 до 60 гектарів. Ця масштабність дозволяє вирощувати великі обсяги продукції і забезпечувати стабільний сільськогосподарський виробничий процес, навіть у складних кліматичних умовах.

Переваги ангарних і блокових теплиць — краща освітленість, можливість застосування ґрунтообробляючих і транспортних машин. Але через велику висоту і ширину в ангарній теплиці площа світлопроникних огорожень завищена, що збільшує тепловтрати.

Огородні теплиці можуть бути виготовлені з трьох основних видів матеріалів: скло, плівка та стільниковий полікарбонат. Кожен з цих матеріалів має свої переваги та недоліки, і вибір залежить від конкретних вимог та умов вирощування.

Скляні теплиці, які колись були популярні, поступово виходять з використання через декілька обґрунтованих причин. Навіть найміцніше скло є крихким матеріалом, який може ламатися під впливом зовнішніх чинників, таких як вітер, град або снігові навантаження. Крім того, скло гірше пропускає ультрафіолетові промені, що може вплинути на фотосинтез рослин. Однак важливо відзначити, що скляні теплиці все ж можуть зберігати тепло досить ефективно, що дозволяє вирощувати рослини, які потребують стійкості до низьких температур.

Плівкові теплиці виготовлені з поліетиленової плівки і є дешевим та легким варіантом для вирощування рослин. Однак вони можуть бути менш довговічними і потребують регулярного обслуговування та заміни плівки через зношування. Плівкові теплиці добре пропускають світло, але їхні теплозберезувальні властивості можуть бути менш ефективними порівняно з іншими матеріалами.

Теплиці із стільникового полікарбонату, часто називають промисловими теплицями, є популярним вибором. Стільниковий полікарбонат є міцним та довговічним матеріалом, який витримує навантаження, включаючи сніг, і має хорошу теплоізоляцію. Водночас, він добре пропускає світло і розсіює ультрафіолетові промені, що створює сприятливі умови для росту рослин.

Отже, вибір матеріалу для огорожі теплиці залежить від багатьох факторів, включаючи кліматичні умови, вид рослин, бюджет та інші вимоги. Кожен з видів матеріалу має свої переваги та недоліки, і важливо зважити їх при виборі теплиці для конкретного вирощування [2].

Мікрокліматичний режим у культивацийних спорудах, таких як теплиці, відіграє ключову роль у вирощуванні рослин. Цей режим повинен відповідати оптимальним температурним умовам як для повітря, так і для ґрунту, і ці умови можуть змінюватися в залежності від фази росту рослини і їхнього типу. Наприклад, на ранніх стадіях росту деяких рослин може бути необхідна вища температура, в той час як на зрілих стадіях вона може бути знижена. Освітленість також є важливим фактором, оскільки рослини залежать від світла для фотосинтезу.

Міжсезонне або цілорічне вирощування рослин у теплицях ставить підвищені вимоги до контролю мікроклімату. Це вимагає суворого дотримання технологічних

норм, оскільки рослини повинні рости в ідеальних умовах протягом усього року. Це майже неможливо досягти без застосування автоматизованих технологій, які забезпечують постійний контроль і регулювання параметрів мікроклімату в теплицях [8].

Прискорений розвиток сільськогосподарського виробництва в закритому ґрунті, зі збільшенням виробництва продукції і зниженням її собівартості, можливий тільки при широкому впровадженні комплексу заходів, пов'язаних з електрифікацією та автоматизацією технологічних процесів. Такі заходи дозволяють досягти ефективнішого контролю над мікрокліматом, забезпечують оптимальні умови для росту рослин, знижують витрати і підвищують продуктивність сільськогосподарського виробництва в теплицях.

Мікроклімат теплиці. Мікроклімат - це комплекс умов, що характеризують середовище в обмеженому просторі, такому як теплиця або садово-городній ділянці з ізольованим середовищем. Важливими параметрами мікроклімату є температура повітря та ґрунту, вологість, освітленість, рух повітря і його склад. Мікроклімат теплиці піддається постійним змінам і коливанням через різні фактори.

Температура повітря і ґрунту є одними з найважливіших параметрів мікроклімату. Вони можуть змінюватися протягом сезонів року, впливаючи на рост і розвиток рослин. Теплиці закриті зазвичай менше схильні до коливань температури, оскільки скло зберігає тепло всередині і має властивості зберігання тепла. Герметизація теплиці також грає важливу роль у збереженні тепла та стабільності температури.

Вологість повітря є іншим важливим параметром, і її можна регулювати за допомогою поливів рослин, розбризкування води по конструкціях, випаровування з поверхні ґрунту та листя рослин. Підкові теплиці, завдяки кращій герметизації, часто здатні зберігати вологість повітря на більш високому рівні.

Збереження оптимального рівня ґрунтової вологості також є важливим завданням. Для цього використовують регулярні поливи, і дози поливу можуть змінюватися в залежності від віку рослин, їх стану та погодних умов. Посійна ґрунтова вологість сприяє нормальному росту і розвитку рослин.

Загалом, збереження та регулювання мікроклімату в теплицях є важливим аспектом сільськогосподарського виробництва, особливо в умовах, коли рослини вирощуються цілорічно або в екстремальних кліматичних умовах. Автоматизовані технології допомагають досягти оптимальних умов для росту рослин і підвищити продуктивність вирощування [11].

Температура і вологість повітря теплиці в істотному ступені підтримуються режимами вентиляції (провітрювання). Неприпустимо в сонячні дні довго не провітрювати теплицю, коли на її стінках вночі осідає зайва волога, видима зовні суцільним білим нальотом. Це призводить до поразки рослин грибними хворобами,

якщо інфекція присутня поблизу теплиці, або масового захворювання культур за наявності хвороботворних вогнищ всередині. У спекотні дні теплиця повинна бути відкритою тривалий період дня, або навіть цілодобово, особливо для томатів. У похмурі і прохолодні дні можлива короткочасна вентиляція, якщо вона допомагає видалити зайву вологість. Але провітрювання теплиць має почасти й негативний наслідок, видаляючи (віднімаючи у рослин) вуглекислий газ і знижуючи його концентрацію. Хоча з новими порціями повітря приходять і нові порції вуглекислоти, але природного рівня [9].

В теплицях завжди важливі сприятливі світлові умови. Навіть якщо інтенсивне освітлення може іноді спричиняти перегрів листя рослин, особливо огірків, воно також стимулює фотосинтез при низьких зовнішніх температурах. Для створення найкращих умов для рослин у теплицях застосовують різні підходи, такі як використання менш затінюючих конструкцій теплиць, вивірення місця розташування на ділянці, оптимальні схеми розміщення рослин та правильна обрізка.

У порівнянні з відкритим ґрунтом, рівень освітленості в усіх типах теплиць може бути загалом нижчим через покривають матеріали та їх забруднення протягом експлуатації. Проте, плівкові теплиці завжди мають перевагу в освітленості порівняно з зашкльеними теплицями.

Важливо підкреслити, що мікроклімат у теплицях ніколи не буде ідеальним для рослин без постійного контролю та регулювання з боку людини.

1.2 Аналіз різновиду конструкцій теплиць та їх характеристики

Голландські теплиці. Теплиці, розроблені згідно голландськими проектами, є справжніми технологічними дивами на сучасному ринку (рис. 1.1). Голландія відома світовим лідером у будівництві промислових теплиць, і їх досвід є зразком для багатьох інших країн. Ці теплиці не лише будуються «під ключ», але і часто супроводжуються підрядником під час експлуатації. Все це залежить від можливостей виконавця та побажань замовника.

Головною особливістю голландських промислових теплиць є не лише система опалення, але і наявність спеціальних резервуарів для зберігання тепла. Ця конструкція допомагає значно зекономити на опаленні, особливо враховуючи великі розміри промислових теплиць, які можуть досягати 1 гектара і більше.

Голландські теплиці також оснащені системами вертикального і горизонтального зашторювання, системами поливу та рециркуляції повітря, що забезпечується рівномірно розподіленими вентиляторами по всій площі. Крім того, для контролю вологості і можливості охолодження температури використовується система водяного туману під високим тиском. Управління всім цим обладнанням здійснюється автоматично за допомогою комп'ютерних систем.

Крім цього, промислові теплиці за голландськими стандартами комплектуються системами для миття даху, підвісними лотками, сортувальним устаткуванням та засобами для збору врожаю [4].



Рис. 1.1. Зовнішній вигляд голландських теплиць

Ізраїльські тепличні технології. Ізраїльські тепличні технології відомі своєю високою технологічністю та інноваційними підходами до сільськогосподарського виробництва в умовах теплиць. Ці технології розроблені та вдосконалені в Ізраїлі, де вирощування овочів та інших культур у закритих ґрунтових структурах стало популярним і вигідним видом сільського господарства через обмежені ресурси води та кліматичні умови.

Основні особливості ізраїльських тепличних технологій включають:

1. Дріпельний полив і системи автоматизації: Ізраїль відомий своїми розробками у галузі точкового поливу, де вода подається безпосередньо до коренів рослин за допомогою дріпельних систем. Це дозволяє ефективно використовувати воду та добрива та знижує ризик розвитку хвороб. Системи автоматизації контролюють полив, вентиляцію, опалення та інші параметри мікроклімату.

2. Гідропоніка: В ізраїльських теплицях широко використовується гідропоніка, де рослини вирощуються без ґрунту в спеціальних субстратах з контрольованою подачею води та поживних речовин. Це дозволяє досягти високої продуктивності та якості врожаю.

3. Використання шарів і тканин: Ізраїльські тепличні технології включають в себе використання спеціальних шарів і тканин для зменшення випару води, захисту від шкідників та регулювання світла та тепла.

4. Керування кліматом: В ізраїльських теплицях активно використовується системи контролю мікроклімату, включаючи системи вентиляції, кондиціонування повітря та опалення.

5. Використання відновлюваних джерел енергії: Ізраїль дбає про сталу ефективність енергоспоживання в теплицях, і тому використовує сонячні панелі та інші відновлювані джерела енергії.

Ізраїльські тепличні технології допомагають досягти високої продуктивності та стійкості до зовнішніх факторів у вирощуванні овочів та інших сільськогосподарських культур. [7].

НУБІП України



Рис. 1.2. Видля теплиць, виготовлених в Ізраїлі

НУБІП України

При проектуванні систем автоматизації технологічних процесів в теплицях керуються нормативними та інструктивними матеріалами.

НУБІП України

Для блоків теплиць площею менше 3 га обсяг автоматизації визначають завданням на проектування з урахуванням призначення, потужності, конструктивних рішень, інженерного забезпечення та техніко-економічного обґрунтування.

НУБІП України

У блоках теплиць, призначених для цілорічного використання відповідно до ОНТП-СХ. 10-85, передбачено наступне обладнання та функціонал:

6. Автоматичне підтримування заданого рівня температури повітря як вночі, так і вдень, з урахуванням освітленості або за програмою за часом.

7. Автоматичне регулювання вологості повітря.

8. Автоматичний контроль регульованих параметрів та програмне управління системами тепла, а також світлозахисними екранами.

9. Автоматичне керування поливом та подачею CO₂ для живлення рослин в теплицях.

10. Можливість дистанційного контролю метеорологічних факторів зовнішнього середовища, включаючи температуру повітря, швидкість та напрям вітру, інтенсивність сонячної радіації.

11. Систему автоматичної сигналізації при перевищенні граничних відхилень температури повітря та роботи електромагнітних вентилів систем поливу та зволоження, а також циркуляційних насосів систем опалення та поливу.

Діапазон регулювання приймають відповідно до ОНТП-СХ. 10-85:
температура повітря - точність регулювання ± 2 °С (в місці установки датчика), точність контролю ± 1 °С;

- температура теплоносія для обігріву ґрунту 30..50 °С з точністю ± 2 °С;
- температура поливальної води - точність ± 2 °С;
- відносна вологість повітря - точність $\pm 5\%$;
- швидкість технологічних температурних переходів день - ніч і ніч - день - 5 °

С з інтервалом 0,5... 1 ° С/год.

1.3 Огляд сучасних систем керування мікрокліматом у теплицях

Автоматизація в сучасних теплицях є надзвичайно важливою, оскільки вона сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню витрат і покращенню умов вирощування рослин. Ось деякі аспекти автоматизації в сучасних теплицях.

Контроль мікроклімату: системи автоматичного керування дозволяють стежити за температурою, вологістю повітря, рівнем CO₂ та іншими параметрами мікроклімату. Це дозволяє створити оптимальні умови для росту рослин.

Автоматичний полив: системи поливу контролюють рівень вологості ґрунту і подають воду рослинам за необхідністю. Це допомагає зекономити воду та забезпечити рівномірний полив.

Використання гідропоніки: в гідропоніці рослини вирощуються без ґрунту, в спеціальних субстратах, і системи автоматизації дозволяють точно контролювати подачу води та поживних речовин.

Управління освітленням: автоматизовані системи керування освітленням регулюють тривалість і інтенсивність світла в теплицях, що особливо важливо для вирощування рослин в зимовий період.

Системи вентиляції і кондиціонування повітря: автоматичні системи вентиляції забезпечують достатню циркуляцію повітря та забезпечують оптимальну температуру та вологість.

Моніторинг та управління віддалено: завдяки віддаленому моніторингу та керуванню, фермери можуть контролювати теплиці з будь-якого місця через смартфони або комп'ютери.

Система безпеки автоматизація дозволяє встановити системи безпеки, такі як сповіщення про пожежу, витік газу або інші надзвичайні ситуації.

Автоматичний збір врожаю: деякі теплиці використовують роботи для автоматичного збору врожаю, що знижує трудові витрати.

Автоматизація допомагає збільшити продуктивність, зменшити витрати і покращити якість вирощених продуктів в теплицях, що робить її незамінною для сучасного ольського господарства.



Рис. 1.3. Схема пристрою автоматичної системи провітрювання теплиці:
1 – нижня фрамуга; 2 – каркас; 3 – верхні фрамуги; 4 – гнучка тяга нижній фрамуги; 5 – тяга гнучка; 6 – гідравлічний циліндр; 7 – кронштейн; 8 – блоки; 9 – двері

Для автоматизації великих теплиць необхідно встановити автоматизовану систему обігріву, яка забезпечує контроль атмосферних умов всередині приміщення. Сучасні такі системи відрізняються великою ефективністю та простотою в управлінні. Вони включають в себе датчики температури, електромагнітні реле, нагрівачі та електровентилятори.

Автоматичний блок управління, який отримує сигнали від усіх датчиків, активує нагрівачі та вентилятори. Вони починають постачати тепле повітря в теплицю, підтримуючи задану температуру. В холодні місяці така система опалення дозволяє здійснювати ефективну вентиляцію приміщення, при цьому рекомендується тримати двері теплиці постійно закритими..

В наш час теплиці набули широкого вжитку, оскільки враховуючи нестабільні погодні-кліматичні умови з різкими і великими перепадами температури, вологості

досить проблематично займатися вирощуванням сільськогосподарської продукції у відкритому ґрунті. Для усунення таких проблем використовують різного роду апарати для підтримання кліматичних показників на заданому рівні. Сучасна теплиця, як об'єкт управління, характеризується незадовільною динамікою і нестабільністю параметрів, що впливають з особливостей технології виробництва.

У той же час агротехнічні норми потребують високої точності стабілізації температури (± 1 градус), своєчасної її зміни в залежності від рівня фотосинтетичного активного опромінення, фази розвитку рослин і часу доби. Всі ці обставини потребують високих вимог до функціонування та технічного

вдосконалення обладнання апаратного забезпечення. Автоматизація систем управління мікрокліматом в захищеному ґрунті дозволяє: економити 15-25% тепла, покращує умови праці персоналу, підвищувати загальну культуру виробництва, забезпечити чіткі межі регулювання мікрокліматичних умов теплиці, точно

забезпечити подачу поживних речовин рослинам, тим самим збільшуючи їх врожайність. З метою забезпечення високої продуктивності тепличних господарств необхідно підтримувати цілу низку параметрів на певному рівні або у певних межах. До основних параметрів відносять: обігрів повітря в середині теплиці, обігрів ґрунту,

концентрація вмісту вуглекислого газу в повітрі, циркуляція повітря по теплиці, вентиляція, вологість, освітленість. Ринок обладнання пропонує широкий вибір фірм і приладів які займаються автоматизацією кліматичних показників у теплиці і автоматизацією цього процесу. Серед них такі як компанія «ICP DAS», компанія

«ОВЕН», «ЕКФ» і т.д. Приведемо коротку характеристику різного обладнання для забезпечення заданих параметрів у теплиці.

ЕКФ - одна з провідних компаній електротехнічної галузі, що працюють в середньому ціновому сегменті, що займається випуском повного асортименту високоякісної низьковольтної продукції.

Блок управління мікрокліматом призначений для контролю основних параметрів теплиці, оранжереї, гроубокса і т.п. Може контролювати освітлення, полив, температуру, вентиляцію і т.д.

Пульт управління мікрокліматом в автоматичному режимі підтримує задані температурні і вентиляційні режими:

- керує вентиляторами або нагрівачами;
- реалізує будь-які режими освітлення;
- задає програми для поливальних і повітряних насосів.

Основні переваги використання даної системи:

- гнучкість системи;
- простота установки;
- простота настройки та експлуатації;
- вологозахисений корпус;
- можливість використання резервного живлення для збереження налаштувань системи у випадку відключення – електроживлення.

EKF пропонує також 8-ми каналний блок керування мікрокліматом в теплиці на базі мікроконтролера DS1820. Пристрій дозволяє регулювати температуру і вологість повітря та ґрунту в теплиці, підігрівати воду, вмикати і вимикати насоси гідропонних установок, проводити полив та вентиляцію в теплиці. Управління навантаженнями відбувається за допомогою таймера - включення навантаження в заданому інтервалі часу, а також контролювати мікроклімат через установку температури (режим термостата).

Технічна характеристика блоку керування мікрокліматом:

1. Кількість каналів керування: 8.
2. Режими управління по таймеру: включення навантаження в певному проміжку часу; управління навантаженнями по певних днях тижня, дням у місяці, або за обраними місяцями.
3. Режими управління по температурі (термостаткування): управління як охолоджувачем; управління як нагрівачем.
4. Вбудований будильник зі звуком і світлом (підсвічування дисплея): входи для підключення датчиків.
5. Цифровий вхід для підключення датчиків: до 32 датчиків.

6. Кількість аналогових входів: 2.

7. Енергонезалежні годинник реального часу (повний календар з урахуванням високосних років) до 2099

8. Збереження усіх налаштувань в енергонезалежній пам'яті; подовження правильної роботи програми в разі тимчасового відключення від мережі.

9. Виходи: вісім оптично ізольованих сімисторних двоамперних каскадів з можливістю підключення силових сімисторів для управління більш потужними навантаженнями (більше 2 А).

10. Віддалене управління термостатом через COM-порт комп'ютера за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення.

Кількість параметрів, які контролює цей модуль дозволяє використовувати його у невеликих теплицях. У своєму роді його можна назвати одним із кращих. Помірна вартість і простота в експлуатації є позитивною стороною. До недоліків варто

віднести складність у програмуванні. Програмується модуль на мовах як високого так і низького рівня, проте необхідно враховувати синтаксис мови. Для покращення процесу автоматизації компанія «ICP DAS» пропонує використовувати інтелектуальний модуль вводу-виводу WISE-7118Z. Даний модуль має 10 каналів

аналогового вводу та 6 дискретного виводу. Користувач може конфігурувати канали на різні діапазони струму і напруги, а також різні типи термопар для вимірювання параметрів мікроклімату, наприклад, температуру або вологість. За допомогою дискретних виходів можна керувати обігрівом, кватиркою вентиляцією, поливом, системою випарного охолодження, освітленням і т.д. Інтелектуальний модуль WISE-

7118Z буде «невпинно» контролювати стан мікроклімату теплиці, а в залежності від зміни параметрів повітря, ґрунту, освітленості виробляти відповідне управління.

Крім того інтелектуальний модуль WISE підтримує протокол передачі даних Modbus TCP Slave. Це дозволяє об'єднати такі системи в єдиний диспетчерський центр, де використовуючи SCADA систему, користувач може управляти всім процесом і

отримувати актуальну інформацію про стан мікроклімату в кожній теплиці.

Архітектура клімат-комп'ютерів дозволяє повністю в автоматичному режимі керувати типами виконавчих систем теплиці із суворим дотриманням заданого

агрономом режиму. Зростаючі ціни на енергоносії зобов'язують не тільки дбати про підтримання клімату, а й про ефективне витрачання ресурсів, будь то включення системи освітлення або опалення, подача CO₂ або активне відкриття фрамуг. У зв'язку з цим функціональні можливості систем управління дозволяють створювати «стратегію управління», де агроном може в залежності від фази росту рослин та/(або) економічної доцільності вибрати пріоритетне завдання економії енерговитрат або максимального дотримання технології.

Принцип роботи кліматичного комп'ютера. Ядром системи є промисловий

контролер управління, розроблений спеціально для теплиць. Завдяки сучасній

елементній базі з американських і японських комплектуючих контролери мають

високий показник безперебійної і надійної роботи. Крім контролера, система

управління мікрокліматом включає в себе підсистему вимірювальних датчиків,

встановлених всередині теплиці. При необхідності система може бути автоматично

інтегрована з котельні. Для цього є спеціальний модуль, який по інтерфейсу

FIDUFACE передає дані в котельню для управління виробленням тепла, CO₂ і

електроенергії. Стежити за процесом мікроклімату, а також вносити завдання в

зручній формі можна з ПК. Також є доступною функція віддаленого адміністрування

системи через Інтернет.

Функціональні можливості:

- вимірювання параметрів клімату в декількох зонах;
- повний автоматичний контроль систем опалення, вентиляції зашторювання,

CO₂, освітлення;

- створення оптимальної "стратегії управління";
- інтеграція в систему управління котельні (FIDUFACE),
- зручний інтерфейс.

- функція економії енергетичних ресурсів;

- віддалений моніторинг і аналіз з ПК.

Таким чином, проаналізовані засоби та системи автоматичного керування для підтримання мікроклімату в теплиці є досить різноманітними, проте всі вони працюють за найпростішим алгоритмом стабілізації параметрів на заданому

технологіями рівні, що призводить до збільшення енерговитрат та підвищення енергоємності виробництва. Зазначене зумовлює потребу вдосконалення систем керування мікрокліматом у теплицях за рахунок впровадження сучасних технічних та програмних засобів автоматики.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛИЦІ ЯК ОБ'ЄКТА

АВТОМАТИЗАЦІЇ

Метою розділу є розроблення математичної моделі об'єкта керування з урахуванням впливу параметру керування і подальшим створенням на базі рівняння динаміки зміни параметра керування імітаційної моделі ОК і дослідження цієї моделі. Дослідження моделі дає змогу отримати постійну часу об'єкту, розрахувати транспортне запізнення і знайти передатний коефіцієнт об'єкта. Це дає змогу визначити вид регулювання і отримати загальну передатну функцію каналу керування з урахуванням обраних датчиків, регулятора і виконавчого механізму.

Вирощування рослини в закритому ґрунті вимагає використання систем підігріву повітря для створення комфортних умов вирощування рослин. Обігрівання приміщення теплиць виконується паром, пароводяною сумішшю або гарячою водою. Обігрівальні труби прокладаються в ґрунтових теплицях у ґрунті, в стелажних теплицях під стелажми, а також вздовж стін і під скляним дахом.

Температура повітря в розглянутій теплиці регулюється за рахунок зміни подачі гарячої води в опалювальну систему теплиці. В цьому випадку теплиця як об'єкт регулювання температури в якості регулюючого органу буде мати кран в магістралі подачі гарячої води від водогрійного котла до калорифера. При постійній температурі гарячої води, забезпечуваної САК водогрійного котла, відкриття крана призводить до збільшення руху гарячої води через опалювальну систему і збільшення кількості тепла, яке підводиться до теплиці і навпаки. Керуюча дія формується регулятором температури в виді повороту заслінки крана на кут α .

Основними збурюючими діями на об'єкт регулювання, які викликають зміну температури повітря в теплиці при постійному значенні керуючого впливу є атмосферні умови (температура, вологість, вітер, тощо).

Керованою величиною даного об'єкта керування є температура повітря всередині теплиці.

2.1 Розробка математичної моделі аналітичним методом

При створенні математичної моделі опалення теплиці будемо вважати, що вона є об'єктом із зосередженими параметрами. Температура повітря в теплиці однакова для всього об'єму теплиці, а температура води у опалювальних трубах має середньоарифметичне значення між вхідною температурою гарячої води і температурою води на виході з теплиці.

Складемо статичну модель технологічного об'єкту по каналу температури. Для цього представимо об'єкт у вигляді двох ланок, які акумулюють енергію - це ланка води, що гріє, і ланка повітря теплиці, яке ми підігріваємо (рис. 2.1).

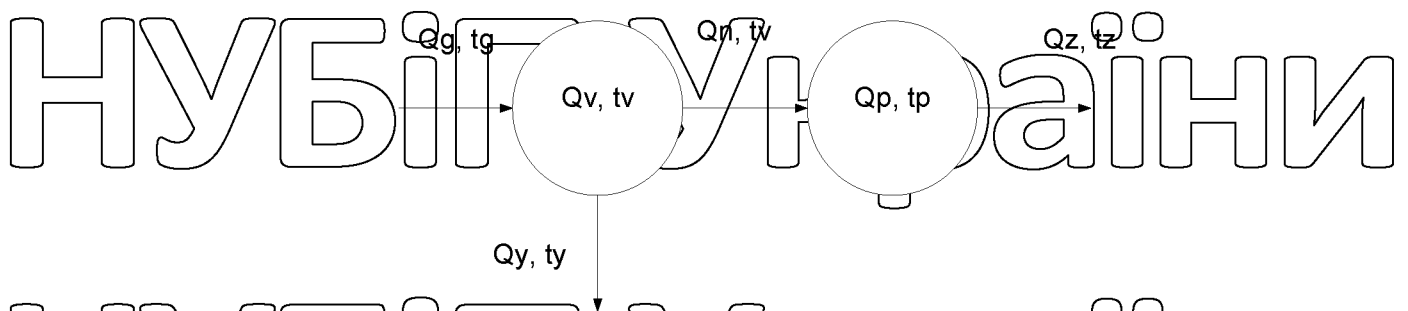


Рис. 2.1. Схема потоків тепла в теплиці

Q_g - тепло введено з водою, Q_y - тепло виведене з водою, Q_n - тепло, що перейшло до повітря, Q_z - тепло втрачене в навколишній простір, Q_v - тепло, що знаходиться у воді, Q_p - тепло, що знаходиться у повітрі.

Рівняння теплових балансів для води:

$$Q_g - Q_y - Q_n = 0,$$

для і повітря теплиці:

$$Q_n - Q_z = 0 \quad (2.1)$$

Значення кількості тепла, що поступило в систему опалення теплиці за секунду і вийшло з нею залежить від теплоємності води C_v , продуктивності насоса G_n , густини води ρ_v і відповідної температури води, а значення кількості тепла, що знаходиться в системі опалення ще й від об'єму води в системі V_v .

Відповідно до цього:

$$Q_g = C_v G_n \rho_v t_g,$$
$$Q_y = C_v G_n \rho_v, \quad (2.2)$$

$$Q_v = C_v G_n \rho_v t_v.$$

Кількість тепла, яка знаходиться в теплиці залежить від теплоємності повітря

C_p густини повітря ρ_v відповідної температури повітря t_p і об'єму теплиці V_p :

$$Q_p = C_p G_p \rho_p t_p, \quad (2.3)$$

Тепло, яке передається через стінку труби до повітря і від повітря через скло теплиці до навколишнього повітря рахуємо за законом Фур'є:

$$Q_n = k_1 F_t (t_v - t_p),$$
$$Q_z = k_2 F_c (t_p - t_z), \quad (2.4)$$

де k_1, k_2 - коефіцієнти теплопередачі через стінку труби системи опалення і через скло поверхні теплиці; F_t, F_c - поверхня труби системи опалення і застелена поверхня теплиці.

Система диференціальних рівнянь у вигляді Коші:

$$\frac{dt_v}{d\tau} = \frac{2G_n}{V_v} (t_g - t_p) - \frac{k_1 F_t (t_v - t_p)}{C_v V_v \rho_v},$$
$$\frac{dt_p}{d\tau} = \frac{k_1 F_t (t_v - t_p) - k_2 F_c (t_p - t_z)}{C_p V_p \rho_p} \quad (2.5)$$

Теплиця площею 5 га має такі параметри: довжина 500м, ширина 100м, висота стін 3 м, висота стелі 1 м, товщина скла теплиці 3,5 мм.

$$Q_g = C_v G_n \rho_v t_g,$$

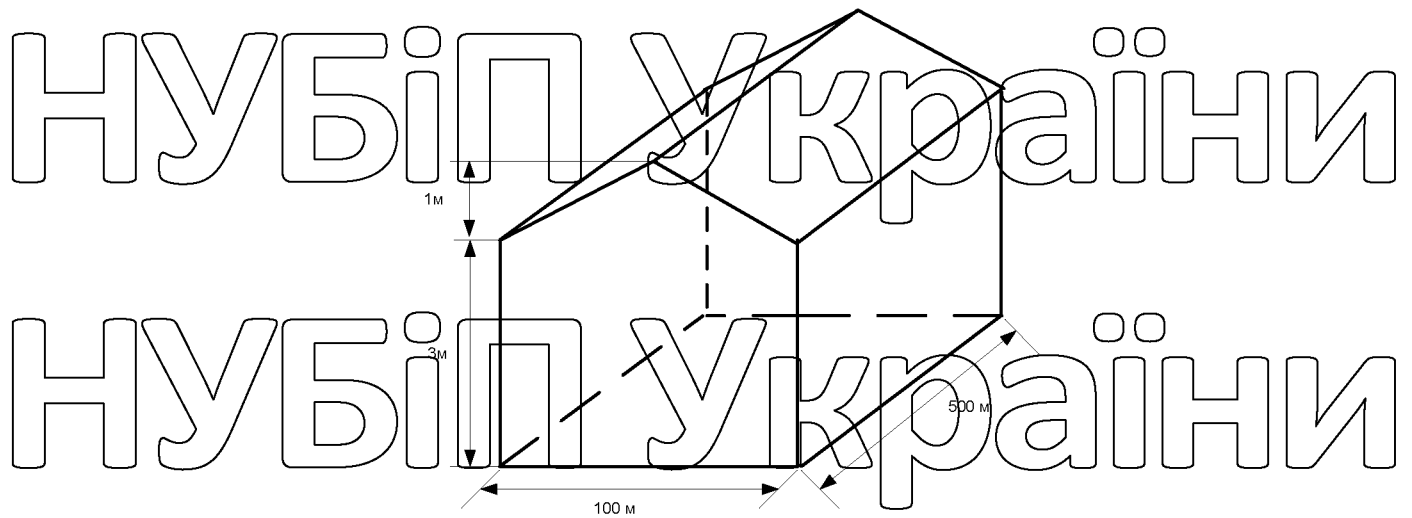


Рис.2.2. Схема теплиці

Об'єм системи опалення $V_p = 250 \text{ м}^3$, який створюють нагрівальні труби зовнішнім діаметром 50мм і товщиною стінок $\sigma = 2,5 \text{ мм}$.

Для створення моделі об'єкту розраховуємо коефіцієнти теплопередачі через стінку труби системи опалення і через скло поверхні теплиці k_1 і k_2 .

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{vt}} + \frac{\delta_t}{\lambda_t} + \frac{1}{\alpha_{tp}}}$$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{pc}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{cz}}}, \quad (2.6)$$

де $\alpha_{vt}, \alpha_{tp}, \alpha_{pc}, \alpha_{cz}$ - коефіцієнти тепловіддачі відповідно від води до стінки труби, від стінки труби до повітря в теплиці, від повітря теплиці до скла стінки теплиці, від скла до зовнішнього повітря; λ_t, λ_c - коефіцієнти теплопровідності відповідно сталі труби і скла стінки; δ_t, δ_c - товщина стінки труби і скла.

Так як $\alpha_{vt} = 1000 \text{ Вт/(м град)}$, $\lambda_t = 15 \text{ Вт/(м град)}$, $\delta_t = 0.002 \text{ м}$, $\alpha_{tp} = 50 \text{ Вт/(м град)}$, $\alpha_{pc} = 7.5 \text{ Вт/(м град)}$, $\lambda_c = 0.74 \text{ Вт/(м град)}$, $\delta_c = 0.002 \text{ м}$, $\alpha_{cz} = 10 \text{ Вт/(м град)}$, то підставивши ці значення у формулу (2.6) отримаємо:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{1000} + \frac{0.002}{50} + \frac{1}{15}} = 11.837 \frac{\text{Вт}}{(\text{м град})}$$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{7.5} + \frac{0.004}{\lambda_c} + \frac{1}{10}} = 4.189 \frac{\text{Вт}}{(\text{м град})}$$

Площа поверхні теплообміну системи опалення

$$F_t = \pi L d, \quad (2.7)$$

де L – довжина нагрівальних труб при об'ємі системи опалення $V_v = 250 \text{ м}^3$;
 d – зовнішній діаметр.

$$L = \frac{V_v}{\frac{\pi d_{\text{вн}}^2}{4}} = \frac{250}{\frac{\pi \cdot 0.05^2}{4}} = 127400 \text{ м}. \quad (2.8)$$

Отже, $F_t = \pi \cdot 127400 \cdot 0.05 = 20000 \text{ м}^2$.

Поверхню заскленої теплиці рахуємо, умовно вважаючи форму теплиці прямокутною:

$$F_c \approx 50000 + 2 \cdot 500 \cdot 4 + 2 \cdot 100 \cdot 4 = 54800 \text{ м}^2$$

а об'єм повітря в теплиці буде дорівнювати:

$$V_p = 100 \cdot 500 \cdot 4 + 100 \cdot 500 = 250000 \text{ м}^3$$

Час запізнення розраховується за наступною формулою:

$$\tau_c = \frac{V_p}{4G_n} \quad (2.9)$$

де $G_n = 670 \text{ м}^3 / \text{год}$ - продуктивність циркуляційного насоса.

$$\tau_c = \frac{250}{4 \cdot \frac{670}{3600}} = 335 \text{ с}. \quad (2.10)$$

Для зручності формування імітаційної блочної моделі введемо додаткові коефіцієнти:

$$a_1 = k_1 F_t = 11.837 \cdot 20000 = 236740,$$

$$a_2 = k_2 F_c = 4.189 \cdot 54800 = 229557,$$

$$b_1 = C_v V_v \rho_v = 4174 \cdot 250 \cdot 1005 = 1.049 \cdot 10^9,$$

$$b_2 = C_p V_p \rho_p = 1005 \cdot 1.293 \cdot 250000 = 3.25 \cdot 10^8.$$

Тоді система диференціальних рівнянь (2.5) матиме вигляд:

$$\frac{dt_v}{dt} = \frac{2G_n}{V_v} (t_g - t_v) - \frac{k_1 F_t (t_v - t_p)}{C_v V_v \rho_v},$$

$$\frac{dt_p}{dt} = \frac{k_1 F_t (t_v - t_p) + k_2 F_c (t_p - t_z)}{C_p V_p \rho_p}. \quad (2.11)$$

Визначаємо потужність вентиляційного пристрою, необхідного для підтримання заданої вологості в приміщенні, а також постійну часу зміни вологи даного ОК, реальний час досягнення заданого вологовмісту в приміщенні. По отриманим даним будемо розгінну криву по каналу регулювання вмісту вологи в повітрі теплиці і залежність зміни витрат вентиляційного повітря в теплиці V_v , м³/с,

і постійної часу по каналу регулювання T_p від вологовмісту навколишнього повітря d_z .

Середнє виділення вологи з однієї рослини складає $w_1 \approx 30$ г/год. Загальна кількість рослин становить $N = 50000$. Температура у приміщенні складає $t_p = 20$ °С, а відносна вологість $\phi = 80$ %. Вологовміст зовнішнього повітря складає $d_z = 2,1$ г/кг сухого повітря. Густина повітря $\rho_p = 1,293$ кг/м³.

Вологовиділення всіх рослин:

$$W_t = \frac{N \cdot w_1}{3600} \quad (2.12)$$

$$W_t = \frac{50000 \cdot 30}{3600} = 416,67.$$

Визначаємо тиск насиченої пари за наступним виразом:

$$P_n = \frac{5,3431 + 0,02787 \cdot t_p + 0,03213 \cdot t_p^2 - 3,4032 \cdot 10^{-4} \cdot t_p^3 + 7,7192 \cdot 10^{-6} \cdot t_p^4}{735,6}$$

$$P_n = \frac{5,3431 + 0,02787 \cdot 25 + 0,03213 \cdot 25^2 - 3,4032 \cdot 10^{-4} \cdot 25^3 + 7,7192 \cdot 10^{-6} \cdot 25^4}{735,6}$$

= 0,032
Вологовміст повітря в приміщенні, г/кг сухого повітря:

$$dp = 622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_n}{100 - \varphi \cdot P_n} \quad (2.13)$$

$$dp = 622 \cdot \frac{80 \cdot 0,032}{100 - 80 \cdot 0,032} = 16,342.$$

Продуктивність системи вентиляції:

$$Vv1 = \frac{Wt}{(dp - dz) \cdot \rho_p} \quad (2.14)$$

$$Vv1 = \frac{416,67}{(16,342 - 2,1) \cdot 1,239} = 23,6.$$

$$b_3 = C_p \cdot \rho_p$$

$$b_3 = 1005 \cdot 1,293 = 1299,465. \quad (2.15)$$

2.2. Розробка та дослідження імітаційної моделі технологічного процесу вирощування овочів у теплиці з використанням MATLAB

Для побудови моделі системи опалення теплиці та отримання розв'язних кривих зміни температур води в трубах і повітря в теплиці використовується програмний пакет Simulink (рис. 2.3).

НУБІП України

НУБІП України

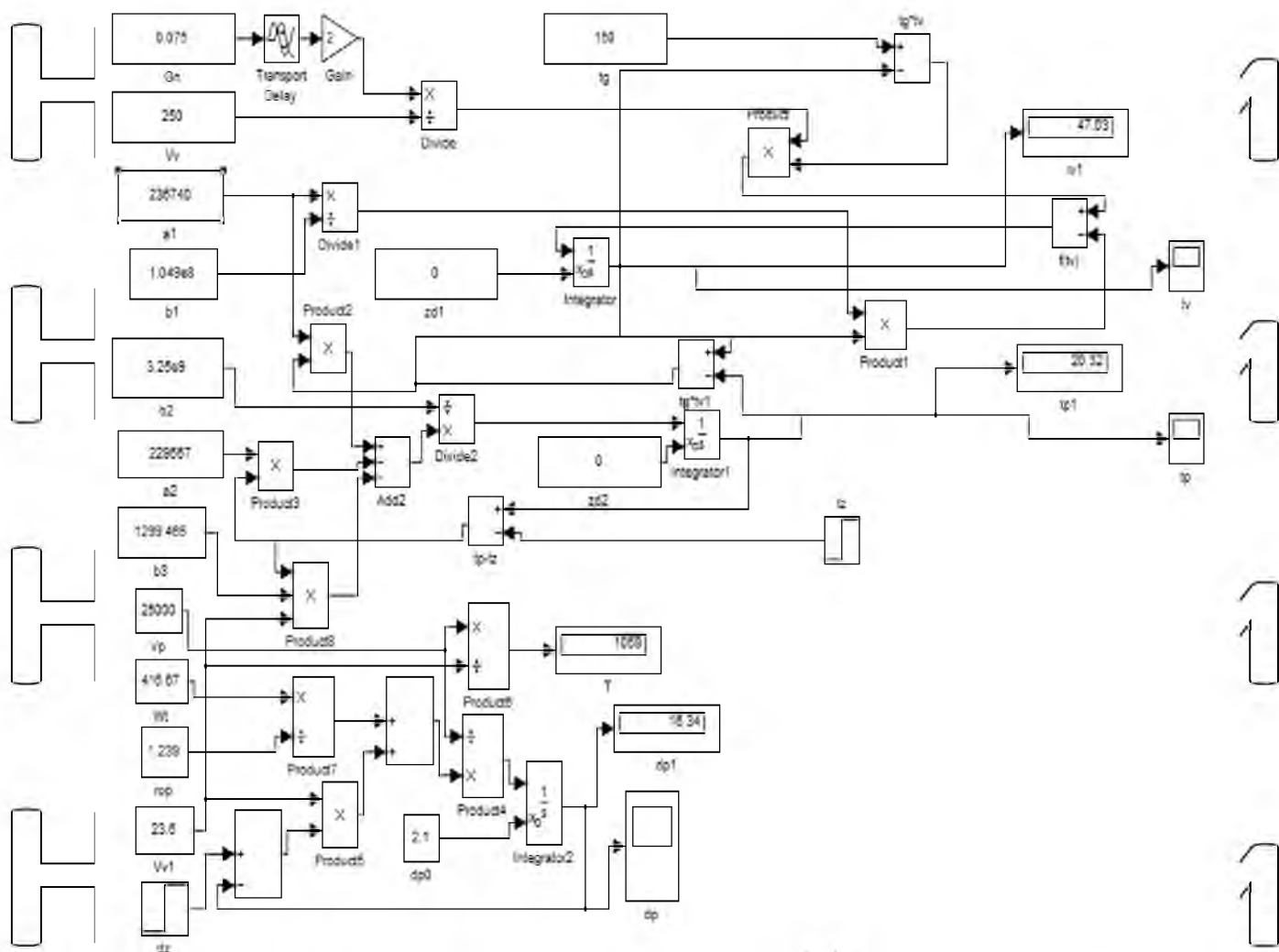
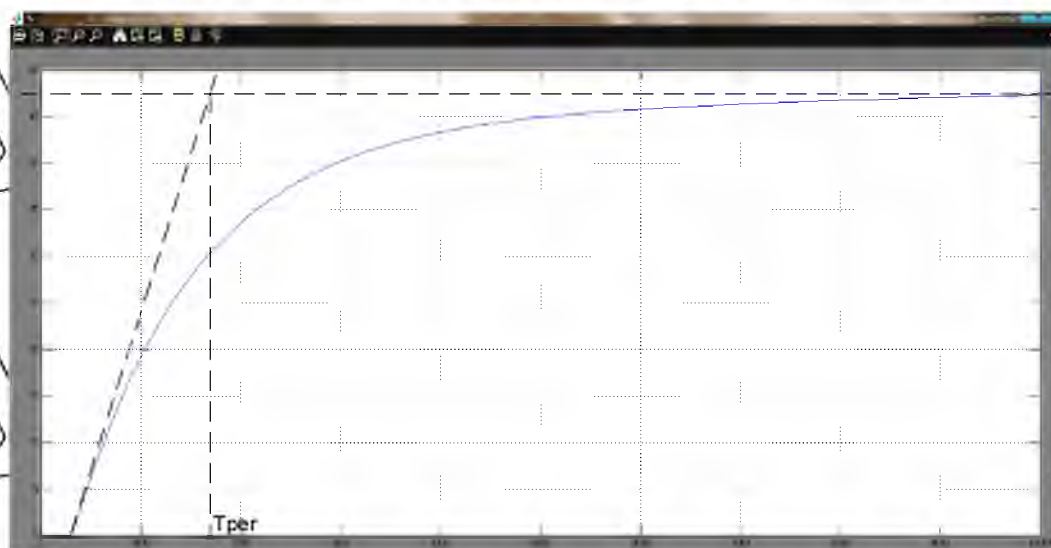


Рис. 2.3. Блок-схема моделі системи опалення теплиці



a)

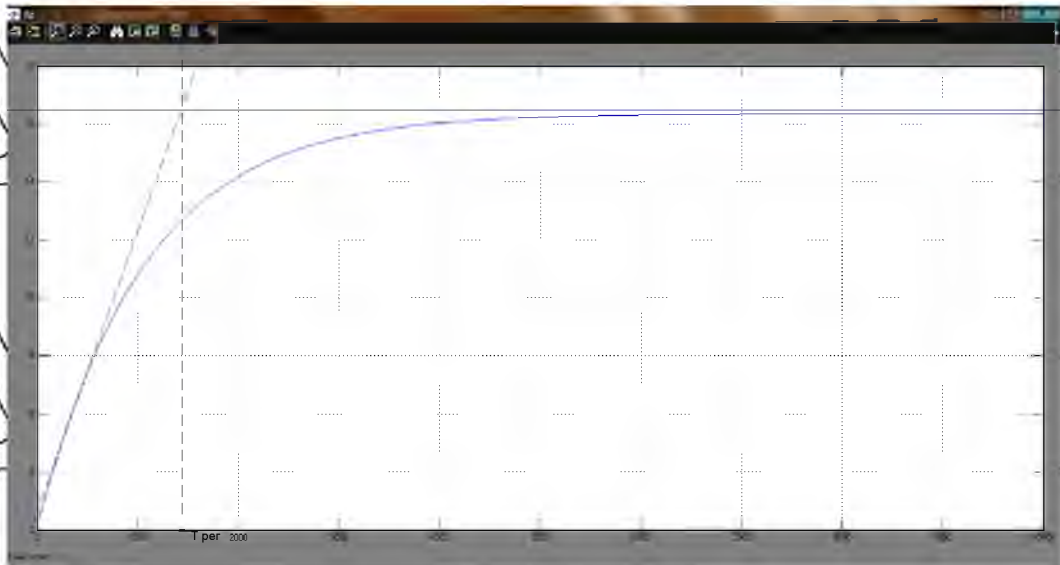


Рис. 2.4. Розгінні криві зміни температури : а) води в опалювальній системі, б) температури в приміщенні теплиці

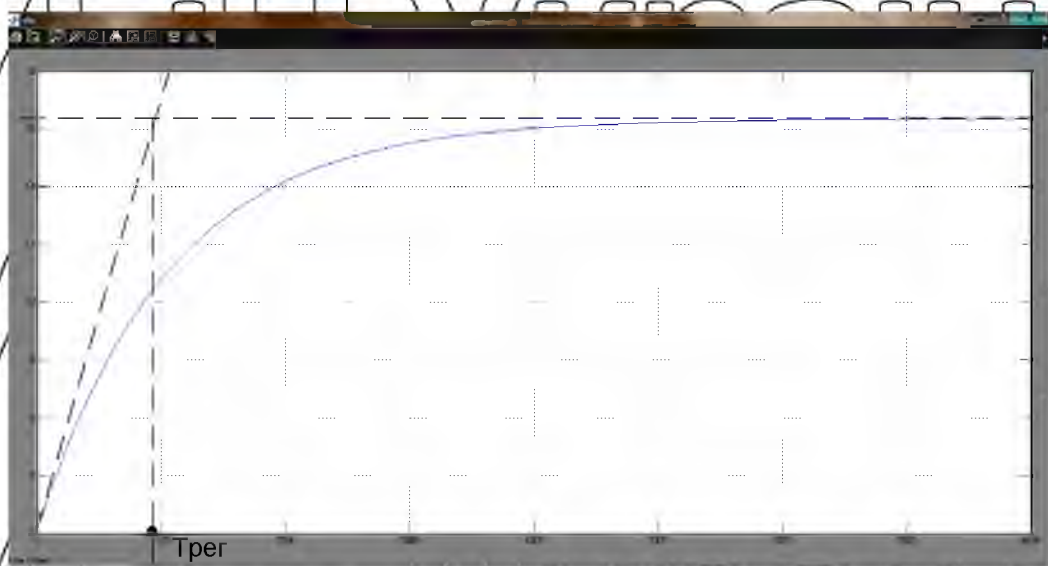


Рис. 2.5. Розгінна крива зміни вологості в приміщенні

Згідно проведених досліджень оптимальна температура повітря в теплиці 20°C

досягається при температурі гарячої води на виході 47 °С. Постійна часу об'єкта дорівнює $T_o = 1700$ с.

Коефіцієнт передачі об'єкта визначається відношенням:

НУБІП України

$$k_o \equiv \frac{\Delta t_p}{\Delta t_v}$$

$$k_o = \frac{20}{47} = 0.42$$

НУБІП України

А для оптимальної вологості постійна часу об'єкта становить 900с, час запізнення 300 с, коефіцієнт передачі 0,7.

Для статичних об'єктів передатна функція матиме таку структуру:

НУБІП України

$$W_o(s) = \frac{k_o \cdot e^{-\tau_o s}}{T_o s + 1}, \quad (2.16)$$

де s – оператор Лапласа.

Отже, передатна функція теплиці як об'єкта регулювання температури повітря

НУБІП України

є інерційною ланкою із запізненням, і має вигляд:

$$W_{o1}(s) = \frac{0.3 \cdot e^{-233s}}{767s + 1} \quad (2.17)$$

а передатна функція теплиці як об'єкта регулювання вологості повітря має вигляд:

НУБІП України

$$W_{o2}(s) = \frac{0.7 \cdot e^{-300s}}{900s + 1}. \quad (2.18)$$

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації технологічного процесу вирощування овочів у теплиці

На рис. 3.1 приведена функціональна схема автоматичного керування температури, освітленості та відносної вологості повітря в теплиці, яка складається з таких елементів:

1 – датчик зовнішньої температури;

2 – датчик температури всередині теплиці;

3 – датчик освітленості;

4 – датчик вологості;

5, 6 – виконавчі механізми – електродвигун із ручним керуванням та регулюючий орган (поворотна заслінка);

7 – розпилювачі води.

Приміщення також обладнане природною вентиляцією – через фрамуги.

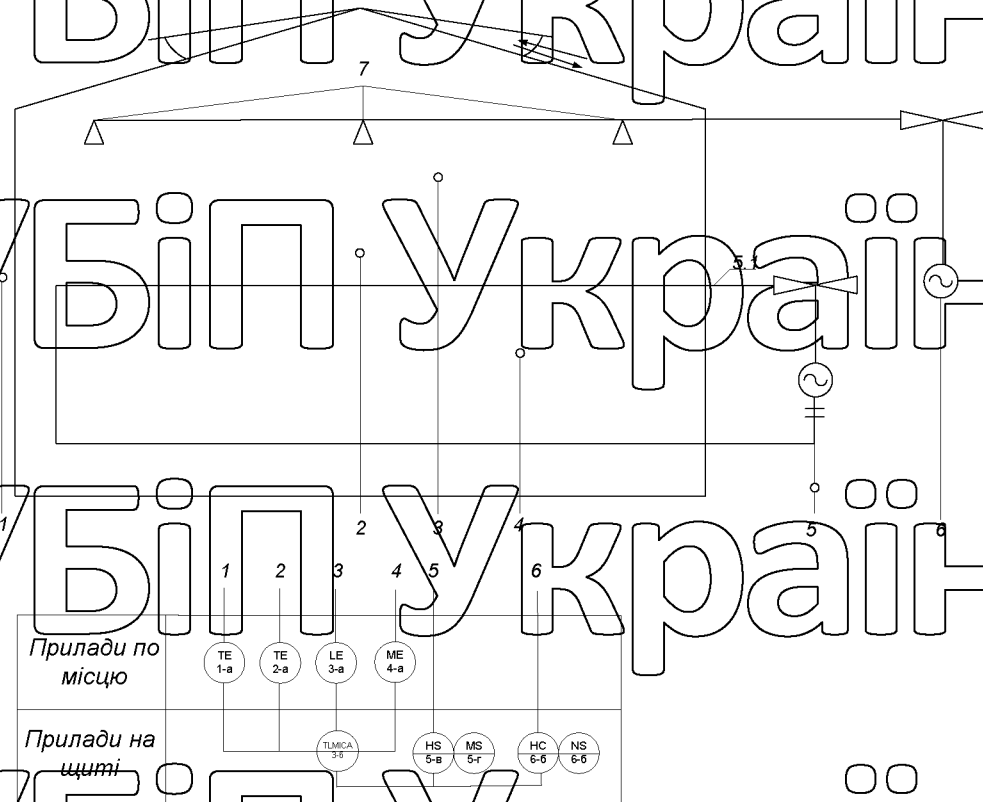


Рис. 3.1. Функціональна схема автоматизації керування мікрокліматом

3.2. Вибір закону регулювання

Динамічні властивості об'єктів керування дають змогу визначити на стадії проектування алгоритм управління. Для цього проаналізуємо співвідношення між сталою часу та часом запізнення об'єкта керування:

- якщо $\tau/T < 0,2$ – то можливо обрати позиційний;
- якщо $0,2 \leq \tau/T \leq 1$ – то можливо обрати лінійний закон регулювання;
- якщо $\tau/T > 1$ – імпульсний алгоритм керування.

При визначенні слід пам'ятати, що структура передаточної функції має відповідати структурі, описаній раніше. Оскільки для нашого об'єкта:

$$\frac{\tau}{T} = \frac{233}{767} = 0,19 \quad (3.1)$$

Так як $0,19 < 0,2$ – то можливо обрати позиційний закон регулювання. Але, так як САК мікрокліматом не потребує надвисокої точності вимірювань, доцільніше вибрати лінійний закон регулювання.

Об'єкт регулювання має такі показники якості:

- максимальне динамічне відхилення $u_1 = 5^\circ\text{C}$;
- статична похибка $\Delta = 0,3^\circ\text{C}$;
- $k_0 = 0,3$;
- $T_0 = 767\text{c}$;

- $T_{\text{рег}} = 1714$;
- перерегулювання за збуренням $\delta = 20\%$

Визначення найкращого алгоритму керування проводиться згідно відомої методики.

1. Визначаємо динамічний коефіцієнт регулювання $R_{\text{д}}$, враховуючи, що об'єкт статичний:

$$R_d = \frac{y_1}{k_o \cdot u_{\max}} = \frac{1.8}{0.3 \cdot 20} = 0.19. \quad (3.2)$$

Об'єкт підпорядковується перехідному процесу із 20 % перерегулюванням.
2. Із залежності динамічного коефіцієнта регулювання від динамічних

властивостей об'єкта знаходимо П – алгоритм керування, та перевіряємо, чи забезпечується при цьому час заданий час регулювання:

$$t = \psi \tau, \quad (3.3)$$

де ψ – відносний час регулювання.

Для пропорційного алгоритму керування $\psi = 4.5$, тоді $t = 4.5 \cdot 233 = 1048c$.

Так як $1048c < 1714c$, то П – алгоритм забезпечує заданий час регулювання.

Перевірка на виникнення статичної похибки:

$$\Delta = k_c \cdot u_{\max} \cdot 0.2, \quad (3.4)$$

де 0.2 – коефіцієнт статичної похибки для П – регулятора згідно графічних залежностей.

$$\Delta = 0.3 \cdot 20 \cdot 0.2 = 1.2^\circ C. \quad (3.5)$$

Як бачимо $1.2 > 0.3$, що не задовольняє технічні умови. Тобто П – алгоритм не задовольняє вимоги для керування об'єктом.

3. Обираємо ІІІ – алгоритм регулювання, та перевіряємо, чи забезпечується при цьому час заданий час регулювання згідно формули (3.3).

Для пропорційного алгоритму керування $\psi = 8$, тоді $t = 8 \cdot 233 = 1864c$. Так як $1864c < 1714c$, то ІІІ – алгоритм забезпечує заданий час регулювання, а статична похибка для нього відсутня.

3.3 Вибір технічних засобів автоматики

3.3.1 Вибір сприймаючих елементів САК

До датчиків САК, як правило, представляють наступні умови: лінійність і однозначність статичної характеристики (допустима нелінійність не повинна перевищувати 0,1-0,3 %); висока чутливість і спроможна здатність, стабільність характеристик, швидкодія, стійкість до хімічного впливу керуючого та оточуючого середовища (первинні перетворювачі розміщені в захисній оболонці), висока перевантажувальна здатність; мінімальна обернена дія на керуючий параметр; легкість монтажу обладнання.

Як правило, датчик вибирають в два етапи. На першому етапі - по роду керуючого параметра і умовам роботи, визначають різновид датчика, на другому, коли вибирають всі елементи САК, по каталогу знаходять його типорозмір. При цьому датчик рекомендується підбирати таким чином, щоб вимірювальна величина знаходилась в межах $\frac{1}{3}$... $\frac{2}{3}$ діапазону його виміру.

Інерційність датчика повинна бути у 15...100 разів менше інерційності об'єкта керування.

Для САК мікрокліматом у теплиці, де керованою величиною є температура та вологість повітря, вибираємо первинний перетворювач, знаючи, що температура може коліватись в межах від 10 °С до 28 °С.

Вибір датчика температури. Вибираємо датчик температури у виді термометра опору, що задовольняє усім попереднім вимогам вимірювань температур, від -50 °С до 200 °С.

$$\frac{T_d}{T_o} = \frac{40}{767} = 0.05 < 0.10. \quad (3.6)$$

Отже, датчик можна вважати безінерційним, по швидкодії датчик задовольняє вимогам об'єкта управління. Температура в об'єкті змінюється в $\frac{2}{3}$ діапазону, на який розрахований датчик.

Для вимірювання температури вибираємо термометр опору ДТС І25 «Овен» [6]

НУБІ

їНИ

НУБІ

їНИ



Рис. 3.3. Термометр опору TCM DTC-125

Інерційність DTC-125 складає 20 с. Оскільки постійна часу об'єкта керування значно вища, ніж даного датчика температури, то він задовольняє нас за технічними параметрами в обраному діапазоні.

Визначаємо коефіцієнт перетворення датчика температури:

$$K_{CE} = R_0 \cdot \alpha \quad (3.7)$$

де R_0 – опір при 0°C , даного датчика, $R_0 = 50\ \Omega$
 α – температурний коефіцієнт опору для платини, $\alpha = 4.28 \cdot 10^{-3}\ 1/^\circ\text{C}$.

Визначаємо коефіцієнт передачі [7]:

$$K_{CE} = 50 \cdot 4.28 \cdot 10^{-3} = 0.214 \quad (3.8)$$

Передачна функція має вигляд:

$$W_{CE} = \frac{K_{CE}}{T_{CE}s + 1} = \frac{0.214}{20s + 1}$$

Вибір датчика вологості. З метою вимірювання вологості повітря у теплиці вибираємо датчик вологості НН 4000-001 (HONEY) фірми [Honeywell International Inc.](http://www.honeywell.com)

Інерційність цього перетворювача (тобто величина його постійної часу $T_{пвп}$) складає 15 с. Для того, щоб цей перетворювач у процесі стабілізації вологості повітря на заданому рівні, не вносив неприпустиму динамічну похибку вимірювання температури повинна виконуватись така нерівність: $T_{пвп} \leq 0.1T_{\phi}$

Постійна часу об'єкта складає $T_0 = 900$ с, а максимальна постійна часу вимірювального перетворювача повинна задовольняти відношення $T_0/10 = 90$ с.

Отже, постійна часу обраного датчика вологості НІН 4000-001 $T = 15$ с, що задовольняє нашу САК.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики датчика вологості НІН 4000-001

Діапазон вимірюваної вологості	0...100 %
Нелінійність показів	0.5 %
Точність (при температурі 25°C)	2 %
Час спрацювання	15 с
Напруга живлення	5 В
Робоча температура	-40...85°C
Температура зберігання	-50...125°C

Датчик вологості НІН 4000-001 має такий зовнішній вигляд:



Рис. 3.3. Зовнішній вигляд НІН 4000-001

Дані датчики вологості мають вихідний сигнал по напрузі, пропорційний вимірюваної вологості. Датчики вологості представляють собою багатошаровий чутливий елемент з чергуванням губчастої платини з полімером, нанесеними на підкладку з кремнію, на якій виконана схема нормалізації і посилення сигналу. Завдяки такій багатошаровій структурі датчика його чутливий елемент захищений від впливів пилу, масел і бруду.

Датчики перетворюють вимірюване значення у вихідний сигнал по температурі або відносній вологості. Вихідна напруга вимірювачів вологості пропорційна вимірюваній значення відносній вологості. Датчики з лазерною обробкою чутливого елемента мають точність $\pm 5\%$, датчики з індивідуальним калібруванням NISC - 2% .

Датчики вологості НН-4000 розроблені спеціально для промислових застосувань. Датчики можуть бути безпосередньо підключені до мікроконтролера або іншого пристрою для обробки лінійного сигналу за напругою. Маючи типовий струм споживання $200 \mu\text{A}$, датчики вологості ідеальні для застосування в пристроях з автономним живленням. Повна взаємозамінність датчиків дозволяє значно скоротити витрати на калібрування. Крім того, можливе постачання датчиків з індивідуальним калібруванням.

Кристал датчика оброблений лазером і поєднує чутливий ємнісний елемент з термореактивного полімеру з мікросхемою посилення сигналу. Багат шарова структура чутливого елемента забезпечує відмінні характеристики приладів навіть у важких умовах експлуатації: підвищена вологість, забрудненість, присутність масляних речовин та інших хімічних реактивів. Напруга живлення $4 \dots 5.8 \text{ В}$. Діапазон робочих температур $-40 \dots 85 \text{ }^\circ\text{C}$.

Створення математичної моделі ПВП:

$$W_{\text{ПВП}}(s) = \frac{k_{\text{ПВП}}}{T_{\text{ПВП}}s + 1} \quad (3.9)$$

Де $k_{\text{ПВП}}$ визначасмо із залежності вихідної напруги від вологості:

Так як значенню вологості $100\% = 4\text{В}$ напруги, що видно з рис.1 тоді $k_{\text{ПВП}} =$

$\frac{4}{100} = 0.04$, а час спрацювання датчика $T_{\text{ПВП}} = 15 \text{ с.}$, то передатна функція датчика

буде мати вигляд:

$$W_{\text{ПВП}}(s) = \frac{k_{\text{ПВП}}}{T_{\text{ПВП}}s + 1} = \frac{0.04}{15s + 1} \quad (3.10)$$

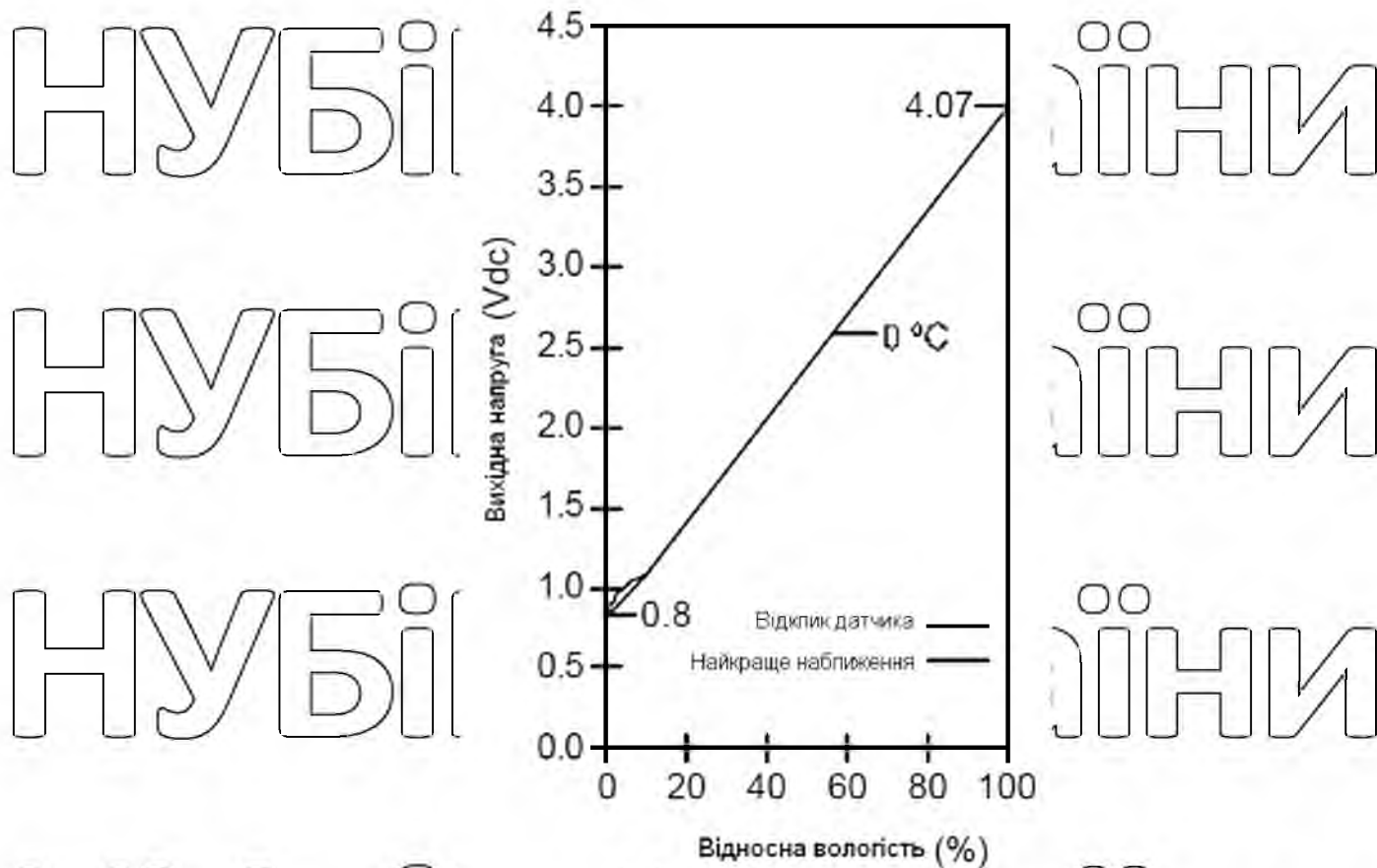


Рис. 3.4. Залежність вихідної напруги датчика від відносної вологості

3.3.2 Вибір датчика освітлення в теплиці

Датчик видимого світла типу OC100M стійкий до вологості приміщення, систем поливу, зрошення. Має три модифікації. Датчик для використання за межами теплиці з діапазоном 1000 Вт/м^2 , всередині теплиці - 500 Вт/м^2 , для системи управління досвічування - 200 Вт/м^2 . Контролюючий спектр 400-1100 Нм. Вихід - 4-20мА, довжина кабелю 500м. Зовнішній вигляд представлено на рис. 3.5.



Рис. 3.5. Зовнішній вигляд датчика освітленості OC100M

3.3.3. Вибір регулюючого органу

Регулюючий орган - один із самих відповідальних елементів САУ (від його працездатності багато в чому залежать надійність системи в цілому і надійність регулювання), безпосередньо діючих на об'єкт управління.

В якості регулюючого органу я обрав дросельну заслінку **ПРЗ-40** (рис.3.6).

Поворотно-регулюючі затвори призначені для використання в якості запірної арматури і для дроселювання рідин в системах:

- холодного та гарячого водопостачання,
- опалення,
- вентиляції та кондиціонування повітря,
- в установках харчової, хімічної та фармацевтичної промисловості.

Переваги дискових затворів:

- мала вага і компактні розміри;
- герметичне перекриття потоку робочого середовища в обох напрямків;
- невеликий опір, який чиниться поворотним затвором потоку робочого середовища;
- невисока ціна, широка область застосування, запірні та регулюючі функції;

Затвори приводяться в дію за допомогою металевої рукоятки з фіксацією в 10 положеннях, включаючи положення відкрито / закрито.



Рис. 3.6. Зовнішній вигляд заслінки дросельної ПРЗ-40

Характеристики:

Діаметр умовного проходу $D_v = 40$ мм.

Умовний тиск $1,6$ МПа

- Температура середовища від -30 °С до $+135$ °С.

- Температура навколишнього повітря від -40 ° до $+50$ °С.



Рис.3.7. Залежність коефіцієнта витрати $k_v = K_v / K_{vs}$ від кута повороту диска дросельної заслінки

Математична модель дросельної заслінки:

$$W_{PO}(s) = k_{PO} \quad (3.5)$$

$$\text{де } k_{PO} = \frac{k_v}{\alpha} = \frac{69}{90} = 0,77. \quad (3.6)$$

Отже передатна функція PO буде мати вигляд:

$$W_{PO}(s) = 0,77. \quad (3.7)$$

3.3.5. Вибір виконавчого механізму

Електричний однооборотний виконавчий механізм (скорочено - МЕО) - електромеханічна система, призначена для приведення в дію запірно-регулюючої трубопровідної арматури в системах автоматичного регулювання технологічними

процесами, у відповідності з командними сигналами регулюючих і керуючих пристроїв.

Принцип роботи виконавчих механізмів полягає в перетворенні електричної енергії в обертальне переміщення вихідного валу згідно із сигналом надходить від регулюючого або керуючого пристрою. Виконавчі механізми МЕО встановлюються безпосередньо поблизу регулюючих органів і жорстко пов'язані з ними за допомогою тяг і важелів. Виконавчі механізми непрямої дії з'єднуються безпосередньо з регулюючим органом об'єкта управління.

Таким чином, з таблиці технічних характеристик однообертових виконавчих механізмів, обираю двигун типу МЕО 1.6/40 (рис.3.8).



Рис. 3.8. Зовнішній вигляд МЕО

Таблиця 3.3

Характеристики МЕО 1.6/40

Тип	МЕО 1.6/40
Номінальний момент на валу Н*м	1.6
Пусковий момент Н*м	23.5
Час одного оберту с	40
Максимальний кут повороту вих. валу, град.	90
Напруга живлення, В	220/380
Споживана потужність В*А	23

Математична модель виконавчого механізму:

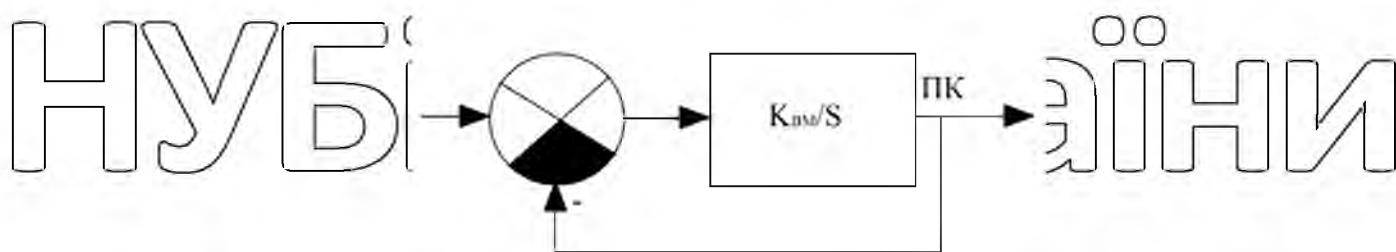
$$W_{\text{BM}}(s) = \frac{k_{\text{BM}}}{s} \quad (3.8)$$

де $k_{\text{BM}} = 40$.

Отже передатна функція ВМ буде мати вигляд:

$$W_{\text{BM}}(s) = \frac{0,025}{s} \quad (3.9)$$

Згідно з рекомендаціями виробників ВМ слід охоплювати від'ємним місцевим зворотнім зв'язком за положенням вихідного валу.



Еквівалентна передатна функція:

$$W'_{\text{BM}}(s) = \frac{W_{\text{ПК}}(s)}{(1+W_{\text{ПК}}(s) \cdot W_{\text{ЗЗ}}(s))} = \frac{\frac{k_{\text{BM}}}{s}}{1+\frac{k_{\text{BM}}}{s}} = \frac{1}{\frac{1}{k_{\text{BM}}}s+1} = \frac{1}{40 \cdot s+1}$$

Інтегруюча ланка перетворюється в інерційну.

3.4 Розрахунок періоду дискретизації для системи керування мікрокліматом у теплиці

При проектуванні цифрової системи керування виникає питання, які треба накладати обмеження на частоту квантування. При збільшенні частоти квантування точність керування цифровою системою збільшується, але при цьому зростає навантаження мікропроцесора. При зменшенні частоти квантування втрачається важлива інформація про сигнал, що може призвести до неможливості відтворення вихідного сигналу за дискретними вибірками.

Відомо, що найменша частота квантування повинна бути не меншою за $2\omega_c$, де за ω_c приймається найбільшу суттєву частоту у спектрі неперервного сигналу. Оскільки амплітуди високочастотних складових значно ослаблені, то при заданій точності відтворення сигналу ми можемо вважати, що він має обмежений спектр.

Цю межу спектра ω_s визначають за формулою:

$$|W_{\text{зам.н.ч.}}| \leq \theta_{\text{зад}},$$

де $|W_{\text{зам.н.ч.}}|$ – амплітудно-частотна характеристика неперервної частини замкненої автоматичної системи; $\theta_{\text{зад}}$ – задана допустима похибка відтворення

первинного неперервного сигналу, яка повинна бути забезпечена на виході системи.

Оскільки частота квантування $\omega_s = \frac{2\pi}{T}$, і повинна виконуватись нерівність

$\omega_s \leq 2\omega_c$ то допустимий період квантування визначатиметься за формулою

Згідно з цією нерівністю можна сформулювати імпульсну теорему.

Неперервний сигнал може бути описаний із заданою точністю своїми значеннями,

вимірними у дискретні моменти часу з інтервалом T_u .

Нехай неперервна частина цифрової системи керування має передатну функцію:

$$W_{\text{роз.н.ч.}}(s) = \frac{0.05}{613600 \cdot s^3 + 46820 \cdot s^2 + 827 \cdot s + 1}$$

Необхідно знайти допустимий період квантування, що забезпечує максимальну похибку відтворення первинного неперервного сигналу $\theta_{\text{зад}} = 0.1\%$

Передатна функція неперервної частини замкненої системи:

$$W_{\text{зам.н.ч.}}(s) = \frac{0.05}{613600 \cdot s^3 + 46820 \cdot s^2 + 827 \cdot s + 1 + 0.005} = \frac{0.05}{613600 \cdot s^3 + 46820 \cdot s^2 + 827 \cdot s + 1.005}$$

Амплітудно-фазова частотна характеристика (АФЧХ) неперервної частини

замкненої системи:

$$W_{\text{зам.н.ч}}(j\omega) = \frac{0.05}{613600 \cdot (j\omega)^3 + 46820 \cdot (j\omega)^2 + 827 \cdot (j\omega) + 1.005}$$

$$= \frac{0.05}{j \cdot 613600 \cdot \omega^3 - 46820 \cdot \omega^2 + j \cdot 827 \cdot \omega + 1.005}$$

$$= \frac{0.05}{(1.005 - 46820 \cdot \omega^2) + j \cdot (827 \cdot \omega - 613600 \cdot \omega^3)}$$

Амплітудно-частотну характеристику неперервної частини замкненої системи

знайдемо як модуль АФЧХ цієї системи:

$$A(\omega) = |W_{\text{зам.н.ч}}(j\omega)| = \frac{0.05}{\sqrt{(1.005 - 46820 \cdot \omega^2)^2 + (827 \cdot \omega - 613600 \cdot \omega^3)^2}}$$

Графік АЧХ неперервної частини системи побудуємо за допомогою команди

>> bode(w) у MATLAB (рис.3.9):

```
>> W=tf([0.05],[613000 46820 827 1],'inputdelay', 233)
```

```
W =
```

$$\exp(-233 \cdot s) \cdot \frac{0.05}{613000 s^3 + 46820 s^2 + 827 s + 1}$$

```
Continuous-time transfer function.
```

```
>> bode(W)
```

```
>> |
```

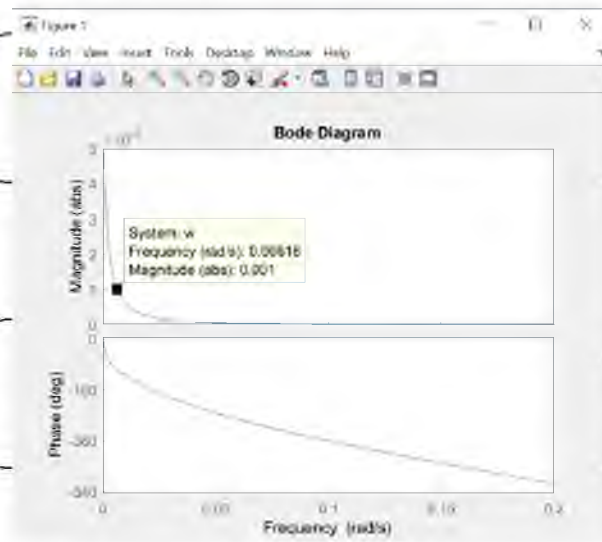


Рис. 3.9. Амплітудно-частотна характеристика неперервної частини системи
 Найбільша суттєва частота

$$\omega_c = 0.06.$$

Максимально допустимий період квантування, що забезпечує максимальну похибку $\theta_{зад} = 0.1\%$.

$$T_u = \frac{\pi}{\omega_c} = \frac{3.14}{0.06} \approx 52 \text{ c}$$

3.5. Розробка структурно-функціональних схем системи автоматизації

Структурно-функціональна схема САК являє собою графічне зображення динамічних властивостей функціональних елементів системи, яка описує математичну модель процесу управління. Вона показує з яких динамічних типових ланок складається система і як вони з'єднуються між собою.

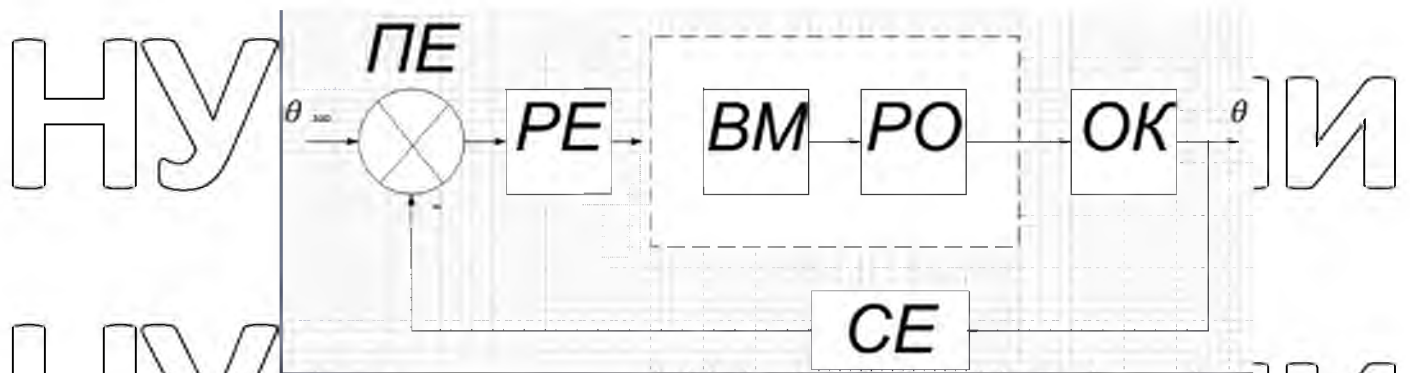


Рис. 3.10. Структурно-функціональна схема системи керування

На структурно - функціональній схемі САК зображені такі елементи :

$\theta_{зад}$ – задане значення температури;

PE – елемент порівняння;

ВМ – виконавчий механізм ;

РО – регулюючий орган;

ОК – об'єкт керування (теплиця);

СЕ – сприймаючий елемент (датчик температури);

ФП – формуючий пристрій.

Передатна функція ПІ - регулятора має вигляд:

$$W_{пер}(s) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right), \quad (3.28)$$

де k_p – коефіцієнт передачі пропорційної складової регулятора, який визначається із відношення:

$$k_p = \frac{0.7}{k_o \cdot T}, \quad (3.29)$$

І дорівнює : $k_p = \frac{0.7}{0.3 \cdot 0.3} = 7.78$.

T_i – час ізодрому, $T_i = 0.7 T = 539.9$ с.

Отже, передатна функція ПІ – регулятора має вигляд:

$$W_{пер}(s) = 7.78 \left(1 + \frac{1}{539.9s}\right)$$

Передатні функції елементів системи:

1) Об'єкта керування - $W_{o1}(s) = \frac{0.3 \cdot e^{-233s}}{767s+1}$, $W_{o2}(s) = \frac{0.7 \cdot e^{-233s}}{900s+1}$

2) Передатна функція ЄЕ приймача - $W_{CE}(s) = 1$

4) Виконавчого елемент - $W_{BE}(s) = \frac{0.07}{40s+1}$

5) Регулятора - $W_{pe}(s) = 8.3(1 + \frac{1}{1198s})$

За допомогою програмного забезпечення MatLab Simulink будемо

математичну модель системи керування та отримуємо графік перехідного процесу

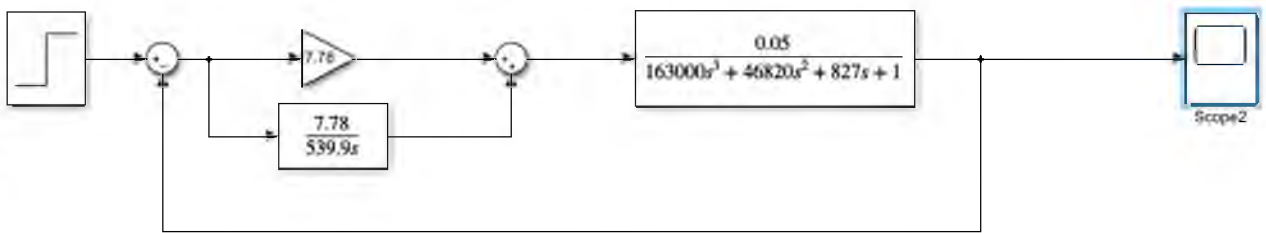


Рис. 3.10. Математична модель системи керування

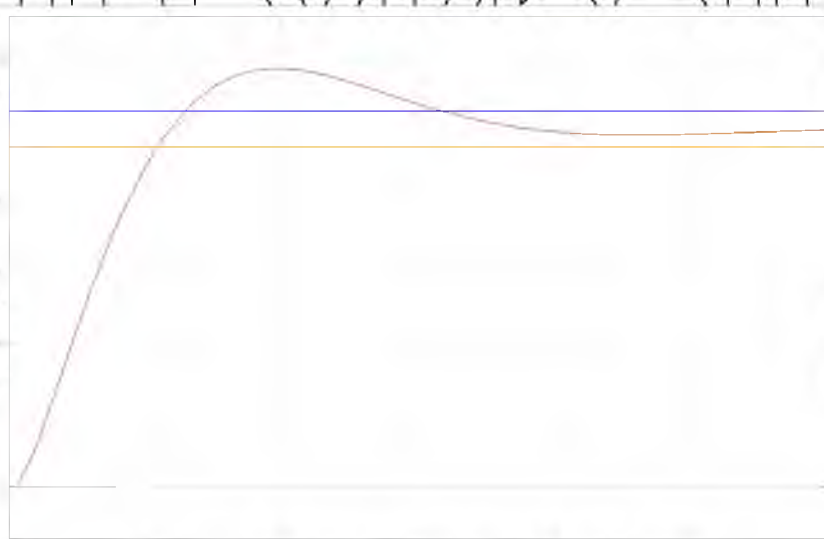


Рис. 3.11. Графік перехідного процесу системи керування температурою із використанням ПІ-регулятора

Перехідний процес САК виходить на усталене значення за час регулювання

$$T_{\text{рег}} = 1500 \text{ с, перерегулювання } \sigma = \frac{U_{\text{макс}} - U_{\text{уст}}}{U_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{1.16 - 1}{1} \cdot 100\% = 16\%,$$

статична похибка відсутня.

Отже, розроблена система автоматичного керування мікрокліматом у теплиці (по каналу регулювання температури повітря) задовольняє вимоги технологічного процесу і забезпечує задані показники якості роботи.

ОВЕН TRM210 - ПІД- регулятор температури , тиску або інших фізичних величин, призначений для точної підтримки заданих параметрів в різних технологічних процесах. Використовується в складі складного технологічного устаткування.



Рис. 3.12. Зовнішній вигляд регулятора ОВЕН TRM210

Функціональні можливості:

- універсальний вхід для підключення широкого спектру датчиків температури, тиску, вологості та ін.;
- ПІД-регулювання виміряної величини з використанням «нагрівача» або «холодильника»;
- автоналаштування ПІД-регулятора відповідно сучасному ефективному алгоритму;
- дистанційний пуск і зупинка ПІД-регулятора за допомогою зовнішнього пристрою, підключеного до додаткового входу 2;
- сигналізація про аварійну ситуацію двох типів:

- про вихід регульованої величини за задані межі;
- про обрив в ланцюзі регулювання (LBA);

регулювання потужності (наприклад, для управління інфрачервоною лампою) спільно з приладом ОВЕН БУСТ при використанні струмового виходу 4 ... 20 мА;

- безконтактне управління навантаженням через зовнішнє реле;
- два виходи в будь-яких комбінаціях: електромагнітне реле, оптосимістори, оптотранзистори, «струмова петля» 4 ... 20 мА, уніфіковане напруга 0..10 В, спеціалізований вихід для управління зовнішнім реле;

- вбудований інтерфейс RS-485 (протокол ОВЕН, Modbus ASCII / RTU);
- конфігурація на ПК або з передньої панелі приладу;
- рівні захисту параметрів для різних груп фахівців.

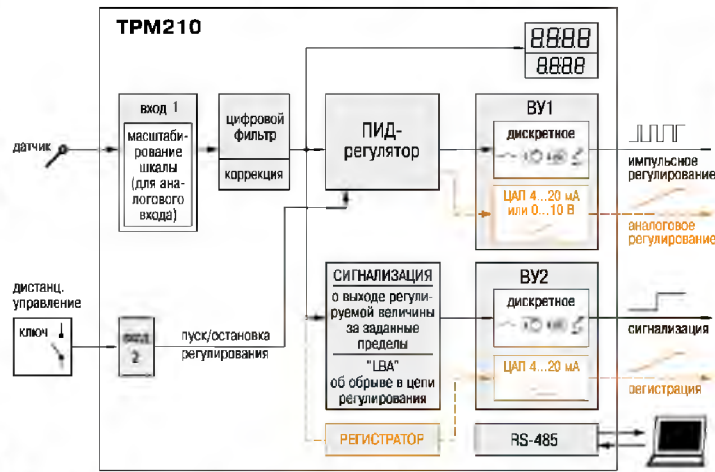


Рис. 3.13. Функціональна схема ОВЕН TPM210

Технічні характеристики регулятора наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Технічні характеристики ОВЕН TPM 210

Діапазон напруги живлення	від 90 до 245 В змінного струму
Споживана потужність, ВА, не більше	18
Час опитування одного каналу, с	1
Кількість вихідних пристроїв	2

Інтерфейс зв'язку з комп'ютером	RS-485
Швидкість передачі даних по протоколу, кбіт/с:	2,4; 4,8; 9,6; 14,4; 19,2; 28,8; 38,4; 57,6; 115,2
протоколу, кбіт/с: OVEN, Modbus-RTU, Modbus-ASCII	
Маса приладу, кг, не більше	1,0
Температура повітря, °С	+1...+50
Атмосферний тиск, кПа	86...106,7
Відносна вологість повітря, %	30...80

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНА ТА АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ТЕПЛИЦІ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧІВ

4.1 Розробка інформаційного забезпечення

4.1.1 Поняття бази знань та її основних характеристик

База знань – це технологія, що використовується для зберігання складної структурованої і неструктурованої інформації, і застосовується у комп'ютерних системах. Початок їх використання пов'язаний з експертними системами, які були першими системами, заснованими на знаннях.

Інтелектуальна система складається з бази знань, яка являє собою факти і логічні висновки, котрі можуть на основі тих фактів і правил та інших форм логіки вивести нові факти чи виокремити невідповідності.

Термін «база знань» відрізняється від більш поширеного терміну база даних. У 1970-ті роки практично всі великі інформаційні системи управління містили свої дані в деяких ієрархічних або реляційних базах даних. У цей момент в історії інформаційних технологій відмінність між базою даних і базою знань було ясным і недвозначним.

База даних має наступні властивості:

- «Плоскі» дані.
 - Дані, як правило, представлені в табличному форматі з рядків.
 - Декілька користувачів.
- Звичайна база даних повинна підтримувати більш одного користувача.
- Суттєвою вимогою для бази даних є збереження цілісності та узгодженості даних, доступ до яких здійснюється одночасно декількома користувачами.
 - Такі властивості як атомарність, цілісність і надійність.
 - Значні за об'ємом, довготривалі дані.

Корпоративна база даних необхідна для підтримки сотні тисяч рядків даних. Така база даних, як правило, повинна зберігати дані роками і десятиліттями, а не протягом використання того чи іншого програмного забезпечення, що працює з цією базою даних.

Перші інтелектуальні системи мали потребу в даних, які були протилежністю цих вимог до баз даних.

Експертна система вимагає структуровані дані. Не тільки таблиці з чисел і рядків, але покажчики на інші об'єкти, які в свою чергу мають додаткові вказівники.

Ідеальне уявлення для бази знань є об'єктна модель з класами, підкласами та примірниками.

Ранні експертні системи також не мали необхідності для декількох користувачів. Дані для ранніх експертних систем використовувались, щоб знайти певну відповідь, медичний діагноз, дизайн молекули або рішення надзвичайної ситуації.

Вимоги для бази знань у порівнянні із звичайними базами даних також були різні. Експертні системи перетворилися в корпоративні середовища, тому вимоги до зберігання даних швидко почали перетинатися з вимогами стандарту баз даних для декількох розподілених користувачів з підтримкою транзакцій.

Наступним етапом еволюції для терміна бази знань став Інтернет. З появою інтернет - документів, гіпертексту і підтримки мультимедіа для будь-якої корпоративної бази даних великих таблиць даних або відносно невеликих об'єктів було недостатньо.

У разі попередніх систем, заснованих на знаннях знання було в першу чергу для використання автоматизованої системи, міркувати про і робити висновки про світ. З продуктами з управління знаннями знання перш за все призначений для людей, наприклад, щоб служити в якості сховища навчальних посібників, процедур, політики, передовому досвіду, багаторазові конструкцію та коду, і т.д. Звичайно, в

обох випадках відмінності між використанням та видів систем були погано визначені. Оскільки технологія розширені рідко можна було знайти систему, яка дійсно може бути чітко класифікується як заснованої на знаннях в сенсі експертної системи, який

виконував автоматичну міркування і заснованої на знаннях в сенсі управління знаннями, що за умови знання у формі документи і засоби масової інформації, як могли б бути використані людьми.

4.1.2 Застосування бази знань для удосконалення автоматичного керування мікрокліматом у теплицях

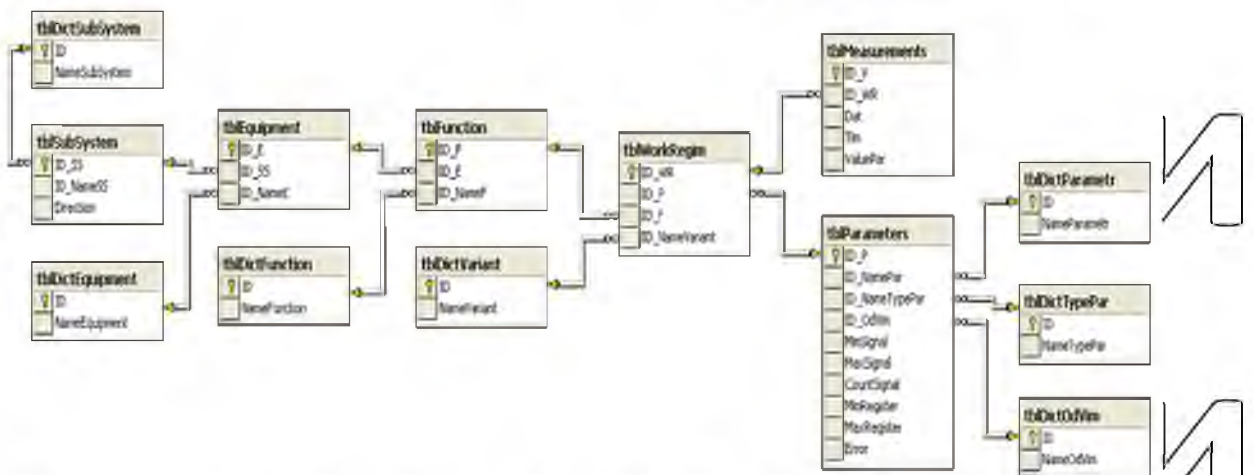


Рис. 4.1. База даних тепличного підприємства

Продукційні правила

1. **ЯКЩО** температура повітря **НИЖЧЕ НОРМИ**
I вологість повітря **ВИЩЕ НОРМИ**
ТО температуру в системі опалення **НЕОБХІДНО ЗБІЛЬШИТИ**.
2. **ЯКЩО** температура повітря **В НОРМИ**
I вологість повітря **ВИЩЕ НОРМИ**
ТО температуру в системі опалення **НЕОБХІДНО ЗБІЛЬШИТИ**.
3. **ЯКЩО** температура повітря **В НОРМИ**
I вологість повітря **В НОРМИ**,
ТО температура в системі опалення **В НОРМИ**.
4. **ЯКЩО** температура повітря **В НОРМИ**
I вологість повітря **НИЗЬКА**,
ТО температуру в системі опалення **НЕОБХІДНО ЗМЕНШИТИ**.
5. **ЯКЩО** температура повітря **ВИЩЕ НОРМИ**

Г вологість повітря В НОРМІ

Т0 температуру в системі опалення НЕОБХІДНО ЗБІЛЬШИТИ.

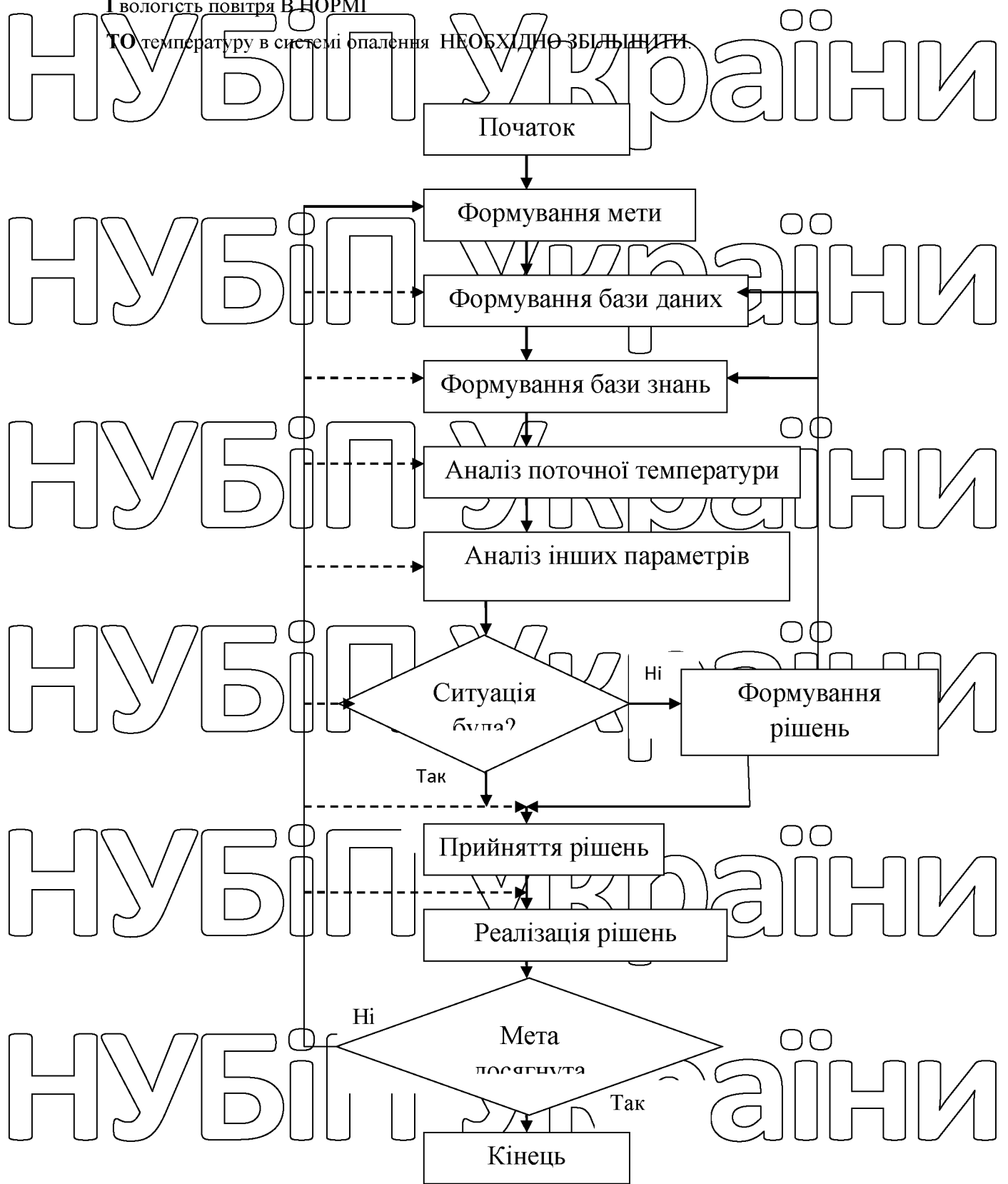


Рис. 4.2. Алгоритм роботи системи регулювання з використанням бази знань

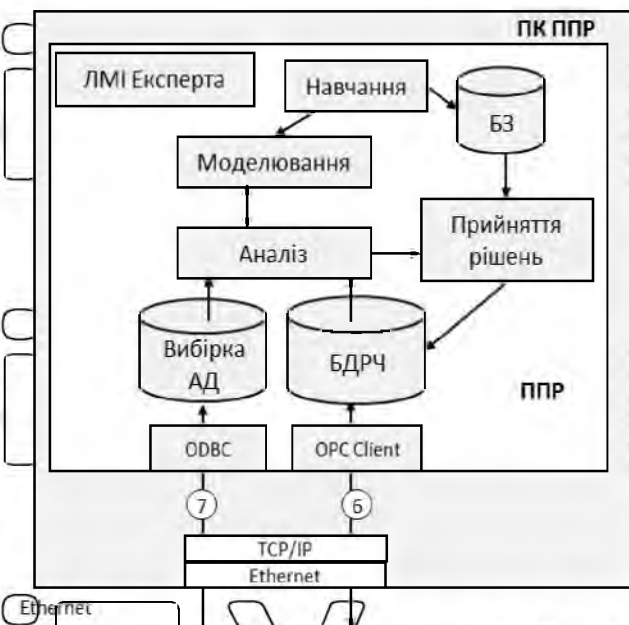


Рис. 4.3. Структура інформаційного забезпечення системи автоматичного керування мікрокліматом у теплиці

Підсистема ППР включає свою копію бази даних реального часу, яка формується даними з БДРЧ виробництва. Для обміну використовується технологія OPC, в якому ППР являється OPC-клієнтом. Така структура дає можливість підключити ППР до будь-якої іншої системи, що підтримує OPC. Дані реального часу також включають змінні для дорадчих дій, які формуються модулем прийняття рішень.

Для аналізу ППР потребує архівні дані, які формуються в результаті вибірки даних з БД АД. Для доступу до архівних даних використовується технологія ODBC.

Таким чином ППР постійно аналізує стан виробничого процесу. Швидкість доставки даних реального часу від ТП до ППР порядку 5-10 с, що достатньо для автоматичних систем. При виникненні нештатної ситуації ППР може провести вибірку архівних даних.

База даних є способом зберігання всієї інформації, необхідної для функціонування системи в цілому та управління доступом до неї.

На основі бази даних виконується аналіз проблемної області, результатом якого є побудова різних моделей, що дозволяють оцінити систему з різних точок зору. Для інформаційного забезпечення проєктують модель даних. При

проектуванні використано програмний продукт ERWin Modeler у вигляді ERD – діаграми. На діаграмі показані сутності проблемної області і зв'язки між ними (E – сутність, R – зв'язок, D – діаграма). На другому етапі – виконується побудова структури бази даних на основі побудованої діаграми в середовищі обраної СУБД.

На третьому етапі виконується розробка алгоритмів та відповідного прикладного програмного забезпечення, яке, власне, і реалізує всі основні завдання.

На рисунку зображена модель даних у вигляді ERD – діаграми:

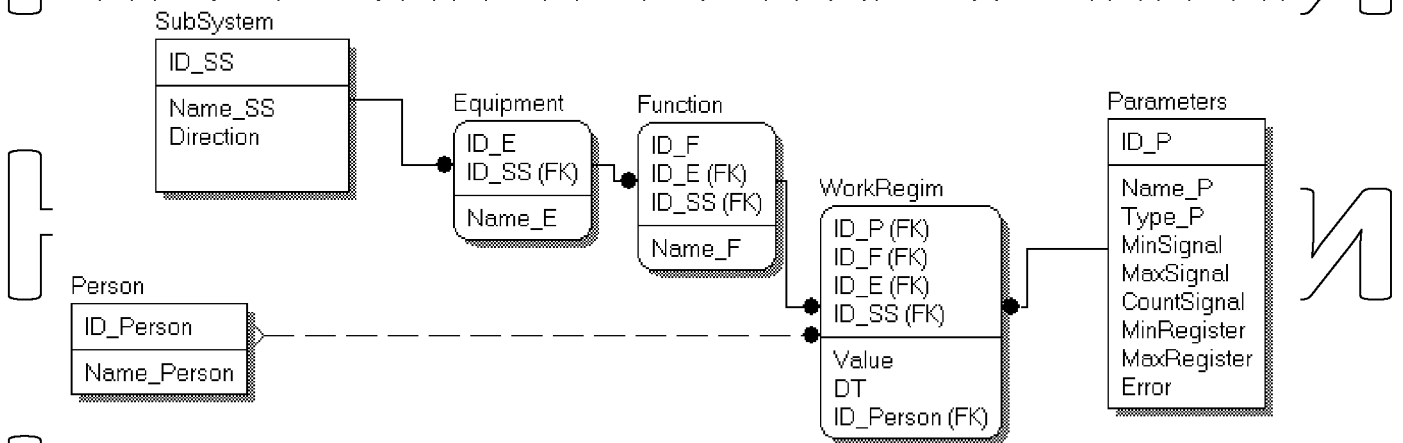


Рис. 4.4. Модель даних

Діаграма (модель даних) складається з 6-ти сутностей. Кожна сутність має ім'я (зверху над прямокутником) і атрибути (усередині прямокутника). Атрибути у верхній частині прямокутника – ключі, в нижній частині – звичайні атрибути.

Сутність SubSystem. Призначення: Опис підсистем тепличного підприємства.
Атрибути: ID_SS – деяке ідентифіковане значення конкретної підсистеми,

наприклад, Дф (абревіатура) або 1 (числове значення) або поєднання і того й іншого;
Name_SS – назва підсистеми; Direction – призначення підсистеми.

Сутність Equipment. Призначення: Опис всього технологічного обладнання.
Атрибути: ID_E – деяке ідентифіковане значення конкретного технологічного

обладнання (наприклад, СБВ або якесь число або комбінація будь-яких символів);
ID_SS – ідентифікатор підсистеми, якій належить це обладнання;

Name_E – назва обладнання.

Сутність Function. Призначення: Опис усіх виконуваних функцій (завдань).

ID_F – ідентифікатор функції (довільний, прийнятий розробниками системи);

ID_E – ідентифікатор обладнання; Name_F – назва функції

Сутність Parameters. Призначення: Опис воляжких вимірюваних параметрів.

ID_P – ідентифікатор параметра; Name_P – назва параметра; Type_P – вид

сигналу. MinSignal – мінімальне допустиме значення сигналу; Max_Signal –
максимальне допустиме значення сигналу; CountSignal – кількість сигналів;

MinRegister – мінімальне значення діапазону вимірювання параметра;

MaxRegister – максимальне значення діапазону вимірювання параметра; Error –
абсолютна допустима похибка.

Сутність Person. Призначення: Опис можливих варіантів введення даних.

Атрибути: ID_Person – ідентифікатор варіантів введення даних; Name_Person
– назва варіантів введення даних.

Сутність WorkRegim. Призначення: Фіксація оперативної інформації від
системи автоматизації. Атрибути: Value – значення вимірюваного параметра;

ID_P – ідентифікатор параметра; ID_F – ідентифікатор функції; DT – дата і час
вимірювання; ID_Person – ідентифікатор варіантів введення даних.

Програмне забезпечення бази знань наведено в четвертому розділі та в
додатках і складається з двох частин: база даних, яка зберігається на сервері

MSSQLServer та клієнтський додаток для роботи БД, розроблений в Delphi. В

додатках наведені скріншоти (ім'я сервера, провайдер даних, зміст БД, словники,
підсистеми, зв'язки між ними, функції та обладнання підсистем, їх параметри, запис

інформації від систем автоматизації). Для кожної підсистеми визначено
характеристики функцій, які реалізуються з відображенням назви технологічного

обладнання, функцій (задач), параметрів контролю, діапазону зміни сигналу та
допустимі похибки. Основою формування бази знань обрано продукційні моделі, які

використовують експертну інформацію та результати аналізу нечітких когнітивних
карт.

4.2 Розробка програмного забезпечення системи автоматизованого керування

Для аналізу обліку інформації про регульовану температуру в теплиці використовується система реально часу, яка дозволяє знімати і записувати значення температури в теплиці у певний проміжок часу.

Датчик температури взаємодіє з COM - портом ПК через інтерфейс RS 485.

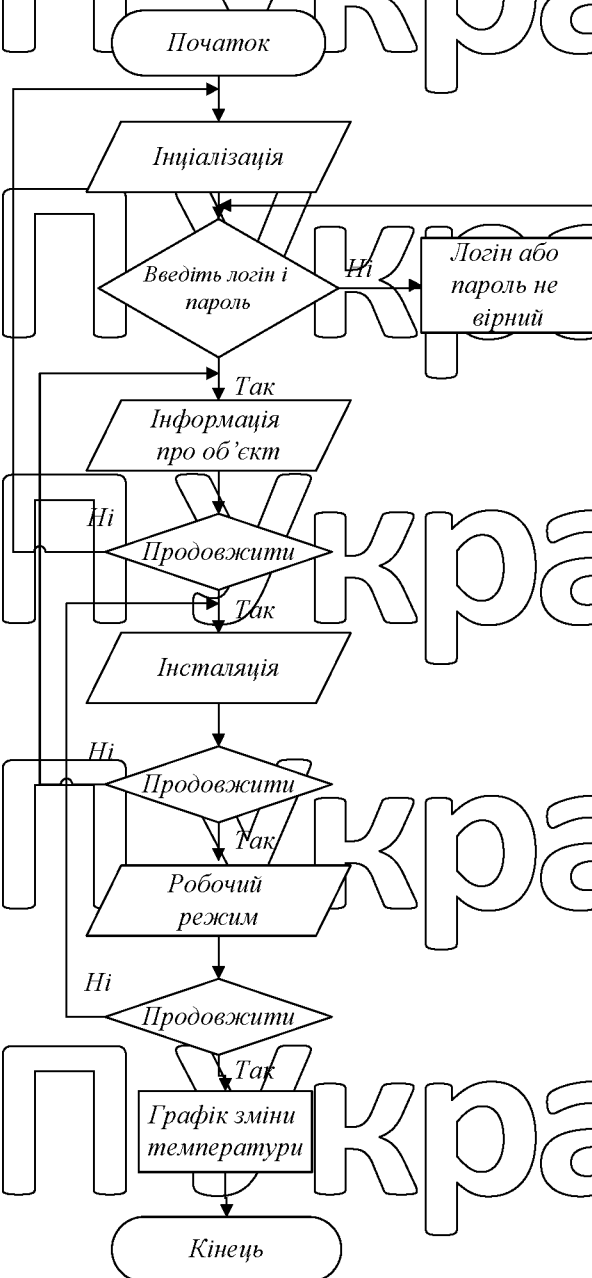
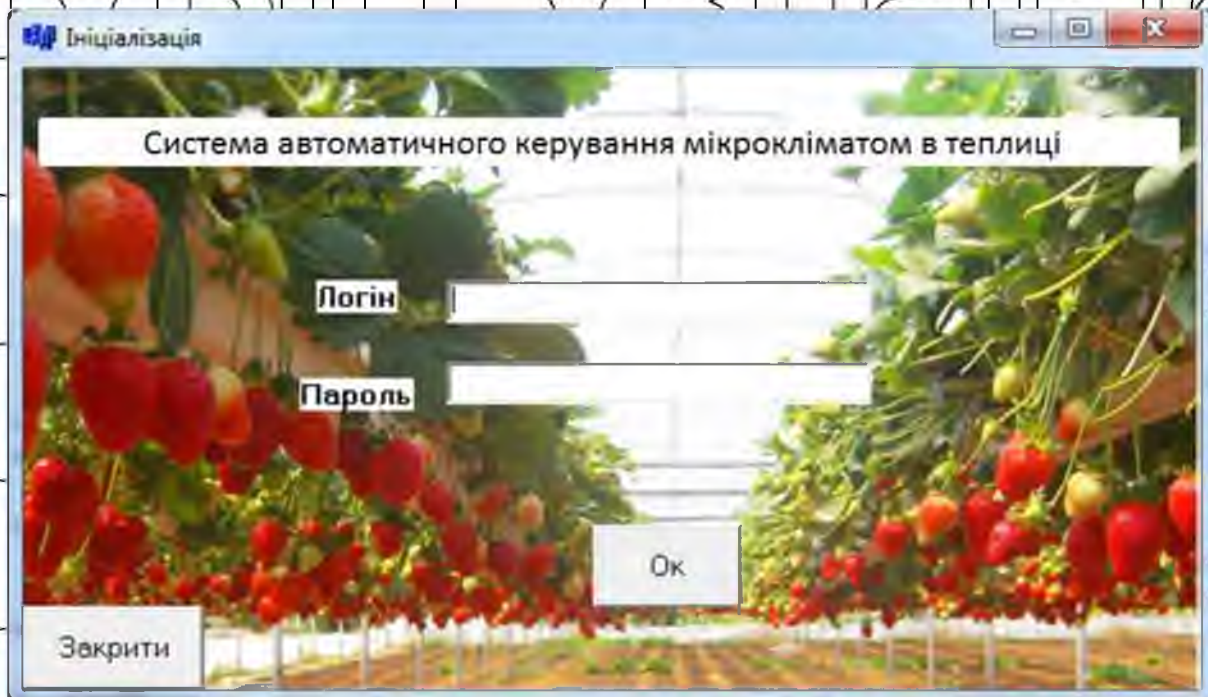


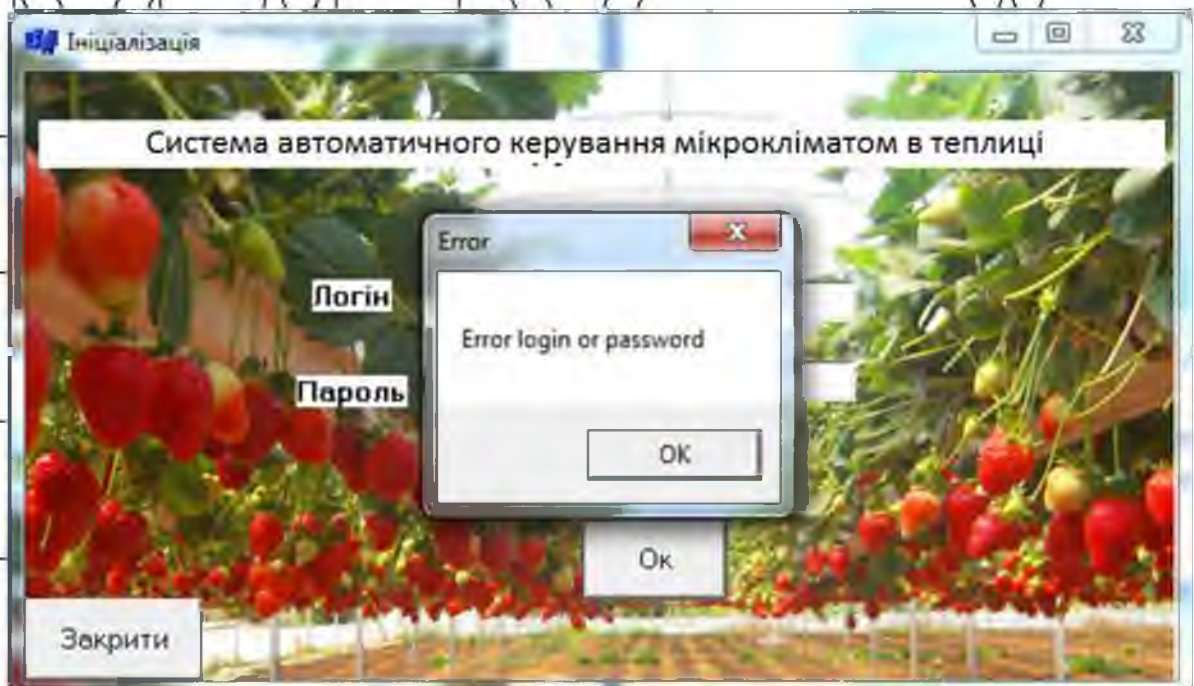
Рис. 4.5. Блок-схема алгоритму управління системою реального часу

Покрокове виконання програми:

1.



а)



б)

Рис. 4.6. Вікно «Ініціалізація»

а) введення логіну і паролю,

б) при невірному введенні логіну або паролю

2.

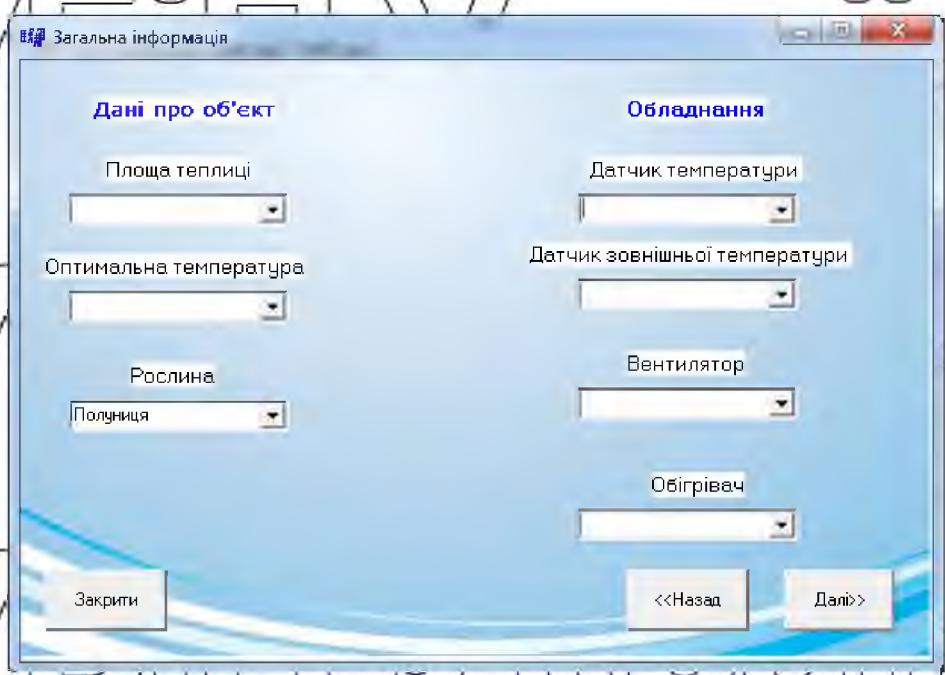


Рис. 4.7. Інформація про об'єкт та обладнання

Для переходу до наступного вікна потрібно натиснути на кнопку «Далі», для повернення – «Назад», для завершення програми натиснути на кнопку «Закрити», при цьому форми закриваються по черзі.

3.

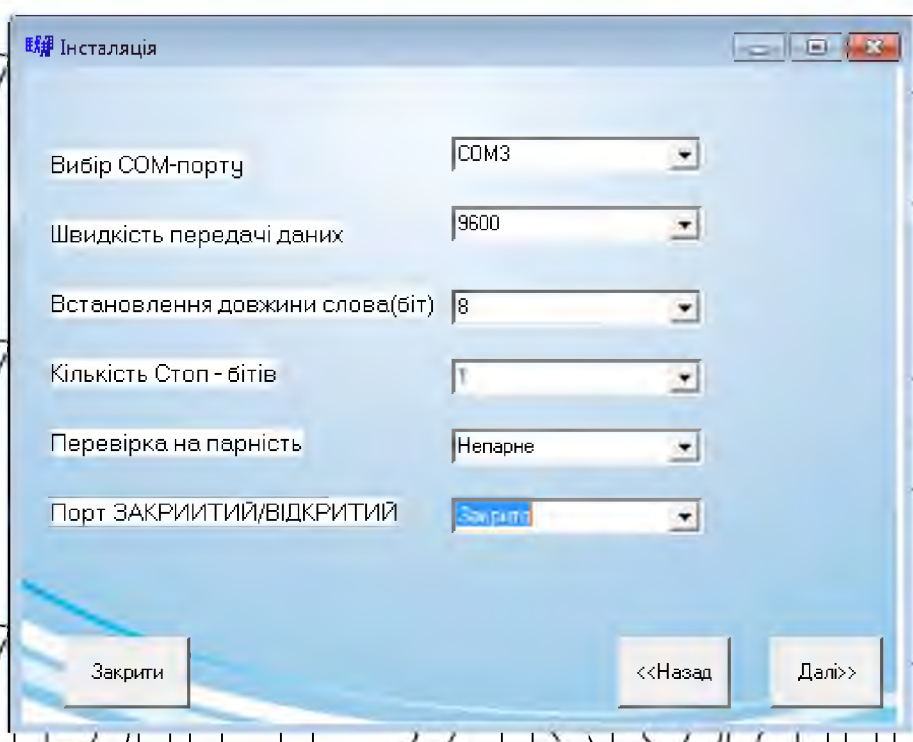


Рис. 4.8. Вікно «Інсталяція». Інсталяція об'єкта управління з ПК

4.



Рис. 4.9. Вікно «Режим роботи». Дані робочого режиму

5.

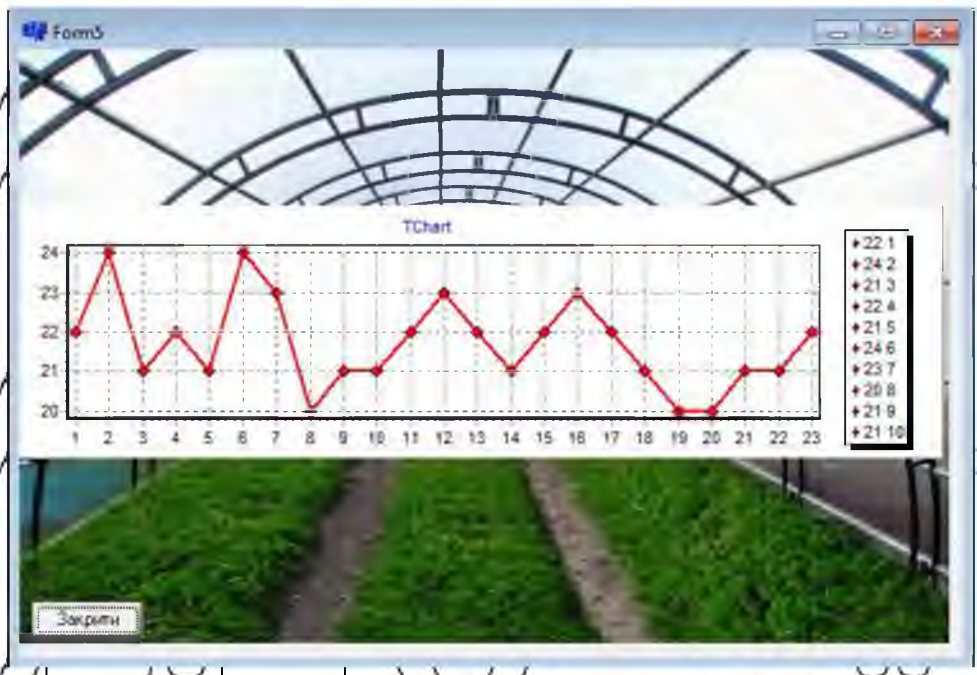


Рис. 4.10. Графічне зображення зміни температури в теплиці за добу

Для розробленої системи керування параметрами мікроклімату подібним чином виглядають вікна програмного забезпечення, у яких відображається зміна величини вологості, освітленості, концентрації вуглекислого газу тощо.

4.5. Технічна реалізація розробленої системи керування мікрокліматом у теплиці

4.5.1. Вибір автоматичних вимикачів

Вибір автоматичних вимикачів QF1, QF2 виконують за такими умовами:

а) за типом або серією;

б) за номінальною напругою за умовою:

$$U_{ав} \geq U_{мереж.} \quad (4.1)$$
$$230 \text{ В} \geq 220 \text{ В}$$

де $U_{ав}$ - номінальна напруга автоматичного вимикача, В;

$U_{мереж.}$ - номінальна напруга електричної мережі, В; 35

в) за номінальним струмом за умовою:

$$I_{ном.ав} \geq I_{ном.уст} \quad (4.2)$$

$$3,15 \text{ А} \geq 3 \text{ А}$$

де $I_{ном.ав}$ - номінальний струм автоматичного вимикача, А;

$I_{ном.уст}$ - номінальний струм установки, А;

г) за номінальним струмом теплового розчіплювача.

$$I_{ном.розч.} \geq I_{ном.уст} \quad (4.3)$$

$$3,15 \text{ А} \geq 3 \text{ А}$$

де $I_{ном.розч.}$ - номінальний струм теплового розчіплювача автоматичного вимикача, А;

д) за ступенем захисту від дотику обслуговуючого персоналу з частинами, по яким проходить струм, які знаходяться в середині корпусу, від потрапляння під корпус сторонніх твердих тіл і потрапляння в нього води, згідно ГОСТ 14254-69;

е) за кліматичним виконанням і категорією розміщення, згідно ГОСТ 11543-70 і ГОСТ 15150-69.

Вибір автоматичного вимикача QF2 виконують за такими ж умовами, що й

QF1:

а) за типом або серією;

б) за номінальною напругою за умовою (5.1);

НУБІП України

в) за номінальним струмом за умовою (5.2):

$$230 \text{ В} \geq 220 \text{ В.}$$

$$1,6 \text{ А} \geq 1,5 \text{ А.}$$

г) за номінальним струмом теплового розчіплювача (5.3):

$$1,6 \text{ А} \geq 1,5 \text{ А.}$$

НУБІП України

Технічні характеристики наведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1

	C60N A9F74202	C60N A9F74201
Номінальний струм $I_{\text{ном.ав}}$, А	4	2
Номінальна напруга мережі, В	230	230
Кількість полюсів	2	2
Група механічного використання по ГОСТ 17516.1	M3;M4;M6	M3;M4;M6
Ступінь захисту	IP20	IP20
Категорія розміщення	УХЛ2	УХЛ2
Загальна кількість включення/виключення	100000	100000

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП



аїни

НУБІП



аїни

4.5.2. Вибір електромагнітних пускачів

Електромагнітні пускачі призначені для дистанційного пуску, зупинки та реверсу трифазних асинхронних двигунів, а також вони можуть використовуватись для автоматичного керування електродвигунами та іншим електрообладнанням.

Вибір електромагнітного пускача виконують за наступними умовами:

а) за типом або серією;

б) за номінальною напругою за умовою:

$$U_{н.мп.} > U_{н.} \quad (4.4.)$$
$$230 \text{ В} > 220 \text{ В}$$

де $U_{н.мп.}$ - номінальна напруга магнітного пускача, В;

$U_{н.}$ - номінальна напруга електромережі, В;

в) за номінальним струмом за умовою:

$$I_{н.мп.} \geq I_{н.} \quad (4.5.)$$
$$4 \text{ А} \geq 1,5 \text{ А}$$

де $I_{н.мп.}$ - номінальний струм магнітного пускача, А;

$I_{н.}$ - номінальний струм навантаження, А.

г) за номінальною напругою котушки електромагнітного пускача за умовою:

$$U_{к.мп.} > U_{к.} \quad (4.6.)$$
$$24 \text{ В} > 24 \text{ В}$$

де $U_{к.мп.}$ - номінальна напруга котушки магнітного пускача, В.

$U_{к.}$ - напруга кола керування, В.

д) за ступенем захисту;

НУБІП



україни

є) за кліматичним виконанням і категорією розміщення.

Згідно розглянутих умов здійснюємо вибір пускача електродвигуна.
Вибираємо електромагнітний пускач LCD09M7.

Таблиця 4.2. Технічні характеристики

Номинальний струм, А	4
Ступінь захисту	IP20
Номинальна напруга котушки, В	230
Напруга мережі, В	до 380
Наявність теплового реле	-



4.5.3. Вибір кабелю живлення шафи керування

Тривало допустимий струм шафи керування визначаємо за виразом:

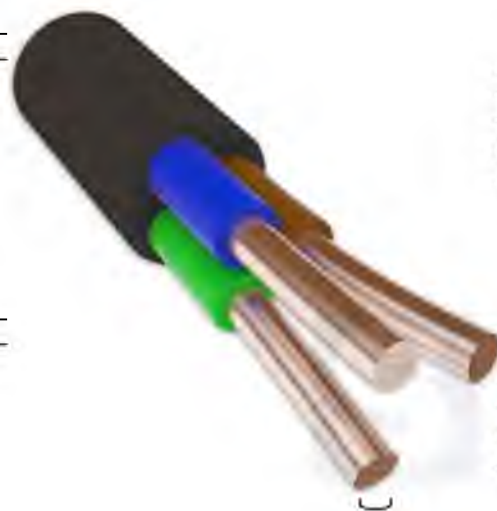
$$I_{ш.тр.доп} = \sum I_{тр.доп} = 4 \text{ А} + 1,5 \text{ А} = 5,5 \text{ А} \quad (5.7)$$

де $\sum I_{тр.доп}$ – сума тривало допустимих струмів силового кола і кола керування.

Для живлення шафи керування вибираємо кабель ВВГнгд 3х2,5 (ГОСТ 7399-97) –

кабель з мідними жилами, полівінілхлоридною ізоляцією, в полівінілхлоридній оболонці, тривало допустимий струм якого дорівнює 22 А.

НУБІГ



аїни

НУБІГ

аїни

НУБІП України

4.3.4. Вибір проводів живлення виконавчого механізму.

Переріз струмопровідної жили проводу, шнура або кабелю вибирають, виходячи з умов гранично допустимого його нагрівання та достатньої механічної міцності. Для відгалужень до окремих електроспоживачів за максимальні тривалі робочі струми беруть їх номінальні струми.

Оскільки струм, який споживає виконавчий механізм не перевищує 1А, то вибираємо кабель ПВС 1х0,5 (ГОСТ 22483) – кабель з мідними жилами, полівинілхлоридною ізоляцією, перерізом силових жил 0,5 мм², тривало допустимий струм якого дорівнює 10 А.

НУБІП України

НУБІГ



аїни

НУБІП України

4.3.5. Вибір кабелю живлення коли керування.

Враховуючи, що номінальний струм живлення проміжних реле і магнітних пускачів кола керування не перевищує 4А, для живлення кола керування вибираємо провід ПВЗ-1 (ГОСТ 22483) - кабель з мідними жилами, полівінілхлоридною ізоляцією, перерізом силових жил 1 мм², тривало допустимий струм якого дорівнює 10 А.

НУБІП України



НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз стану охорони праці у вибраному господарстві

Відповідно до правил влаштування електроустановок від ураження струмом людей і сільськогосподарських тварин при дотиканні до струмоведачущих частин електроустановки необхідно захищати надійною електричною ізоляцією струмоведачущих частин, недоступність для випадкового дотику до них, автоматичною сигналізацією про небезпеку дотику до струмопровідних частин або наближення до них написами плакатами, захисними засобами і пристроями.

Жодний з наведених засобів не може окремо гарантувати безпеки при дотиканні, тому безпечних умов експлуатації електроустановок застосовують відповідний комплекс таких засобів.

Небезпека дотикання до струмоведачущих частин у першу чергу, досягається надійністю електричної ізоляції і підтриманням її у справному стані. Основна функція ізоляції струмопровідних частин – запобігання проходження струму небажаними шляхами. Стан ізоляції повинен відповідати вимогам ПЗЕ. Цими правилами передбачене періодичне випробування ізоляції та зовнішній огляд. Так ізоляція електроустановок, що працюють у вологих і особливо вологих приміщеннях, нежеже та вибухонебезпечних приміщеннях і приміщеннях з хімічно активним середовищем щорічно перевіряють і вимірюють опір ізоляції між фазами так і між фазою і землею. Ізоляцію електроустановок у приміщеннях з нормальним середовищем, перевіряють один раз на 2 роки.

Недоступність для випадкового дотику до струмоведачущих частин обладнання досягається спеціальними огороженнями частин електроустановок, що знаходяться або можуть бути під напругою, встановленням блокувальних пристроїв. Сигнальні пристрої сповіщають людину про наближення до електроустановки на відстань ближче 1 м. Виготовлені у вигляді малогабаритних приладів сигналізатори прикріплюють до спеціального монтажу на захисному шоломі.

Вводи повітряних ліній у приміщення захищають від прозових перенапруг. Для цього заземлюють такі і штирі на дерев'яних опорах, а на залізобетонних

опорах, крім того арматуру. Не можна розміщувати заземлювачі пристрої призначені для грозозахисту біля входів у приміщення і в місцях, де часто можуть знаходитись люди.

Проводи і кабелі, що використовуються у теплицях, мають відповідати умовам середовища. З'єднувати проводи площею перерізу до 12 мм^2 закручуванням забороняється.

Місце з'єднань проводів ізолюють подвійним шаром ізоляційної стрічки так, щоб її початок і кінець перекривали ізоляцію проводу не менше 10 см .

Відкрита проводка ізолюваними проводами менше 2 м від підлоги і в приміщеннях з підвищеною небезпекою або особливо небезпечних на висоті менше $2,5 \text{ м}$,

повинна бути захищена від механічних пошкоджень. Опір ізоляції проводів має

бути не менше $0,5 \text{ кОм}$. На ділянці між суміжними запобіжниками або за останнім запобіжником між двома будь-якими провалами. Якщо опір виявиться менше $0,5$

кОм ізоляцію випробують протягом 1 хв змінною напругою 1000 В від спеціальних

вимірювального трансформатора або випрямленою від мегометра напругою 2500

В . Якщо в результаті випробувань опір ізоляції не зменшується, то проводка може бути залишена до її заміни під час планового ремонту.

Для забезпечення електробезпеки господарських приміщень потрібно використовувати пристрої для вирівнювання електричних потенціалів або ізолюючі

вставки.

Автоматичні регулятори діляться на регуляторів прямої і непрямой дії.

Регуляторами прямої дії називають регулятори, чутливі елементи яких безпосередньо розвивають зусилля, необхідні для переміщення регулюючих органів,

не використовуючи для цього енергії ззовні. Регулятори прямої дії застосовують для

автоматичного регулювання температури, тиску, рівня, витрати і інших параметрів рідин і газів.

Регулятори непрямой дії використовують допоміжну енергію, можуть бути електричними (електронними), пневматичними, гідравлічними або комбінованими.

Усі вони, як правило, встановлюються в щитових приміщеннях або по місцю для екерочення довжини сполучних ліній і зменшення запізнювань в системі. По

конструктивному виконанню розрізняють регулятори приладового або агрегатного типу.

Приладні регулятори вбудовують у вторинний реєструючий або показуючий прилад, перевіряють і ремонтують разом з ним регулювання. Вони реалізують ПД-закон, а також двух- і трипозиційні закони.

Регулятори агрегатного типу виконують у вигляді окремих блоків, що реалізують різні функції. Конкретну систему регулювання зобрають з функціональних блоків: складання, множення, демпфування, кондукційного розподілу і тому подібне. Це дозволяє гнучко створювати досить складні системи із структурою, що змінюється, взаємними зв'язками і т. д.

Відстані від вимірювального-прилада (датчика) до регулятора і від регулятора до виконавчого механізму мають бути мінімальними (5-10 м), щоб зменшити запізнювання сигналів. Якщо немає спеціальних вимог по зменшенню запізнювання сигналів, регулятори можна встановлювати на відстані до 300 м, найдоцільніше - на корпусі вторинного приладу.

Перед установкою усі регулюючі пристрої проходять передмонтажну перевірку на працездатність зі зняттям градувальних характеристик.

Використання мікропроцесорних контролерів в системах автоматизації дозволяє отримати великий економічний ефект за рахунок підвищення якості керування і скорочення витрат: на проектні роботи - в два рази, на монтаж апаратури - в п'ять разів, на наладку і експлуатацію - в три рази. Значно скоротяться виробничі площі, займані апаратурою систем автоматизації.

Монтаж електродвигуна приводу вентилятора включає наступні основні операції:

- установку і вивірку фундаментної плити і підшипникових стояків;
- заведення ротора в статор;
- установку нижніх вкладишів підшипників;
- установку статора разом з ротором на фундаментну плиту;
- установку напівмуфт і центрування валів, перевірку зазорів у підшипниках і пригін останніх;

- вивірку повітряних зазорів і сполучення магнітних осей статора і ротора;
- підливу фундаментних плит і болтів бетонною сумішшю, перевірку центрування валів після підливи фундаментних плит;

- остаточну збірку підшипників і перевірку їхнього ущільнення; установку щіткової траверси і регулювання щіток і щіткотримачів;

- приєднання зовнішніх кабелів, повітроохолоджувачів, мастилопроводів і заземлення, установку захисних кожухів, щитів і огорожень.

Фундаментні плити для монтажу електроприводу, що поставляються разом з ними, виготовляють з товстої листової сталі або швелерів і балок великого перетину.

Для приводних двигунів, як правило, поставляють тільки окремі плити. Для додання твердості до стінок фундаментних плит приварені спеціальні ребра. Фундаментні плити кріплять до фундаменту спеціальними анкерними болтами. Між фундаментом

і фундаментною плитою вентиляційної установки обов'язково потрібно прокласти ізоляційний матеріал (гума, повсть). У місцях розташування підшипникових стояків на фундаментну плиту укладають регульовальні металеві й ізолюючі прокладки під одним або двома стояками.

Перед установкою статора і ротора протирають їхня поверхня від пилу дрантям або сухими ганчірками, а обмотки й активну сталь продувають сухим стисненим повітрям при тиску 0,2 Мпа. З вала ротора видаляють антикорозійне покриття. Потім статор і ротор піддають зовнішньому оглядові. Після установки статора і ротора перевіряють зазори між заточеннями шийок вала і торцями вкладишів підшипника, що служать для забезпечення осьового розбігу вала в підшипниках при роботі машини.

5.2 Організаційні і технічні заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Робочий персонал виробничих цехів повинні добре знати і виконувати правила технічної безпеки, затверджених для теплиць. При влаштуванні на роботу вони

проходять ввідний інструктаж. Інструктаж проводить інженер з охорони праці з наступним оформленням відповідних документів.

Після ввідного інструктажу персонал проходить інструктаж на робочому місці за програмою затвердженою головним інженером, з показом безпечних прийомів праці, аналізом імовірних причин порушень вимог безпеки та їх наслідки. Кожні три місяці механік тепличного цеху проводить повторний інструктаж. При встановленні обладнання нових конструкцій, або порушенні робітниками правил технічної безпеки, виробничої санітарії а також з робочими які приступили до роботи, після того як трапився з ними нещасний випадок і відновлення їх працездатності,

проводять поза плановий інструктаж. Всі види інструктажу оформляють в журналі, де особи які отримали інструктаж і проводили інструктаж розписуються. Контроль за дотриманням правил технічної безпеки покладений на майстрів, бригадирів, головного електрика з залученням суспільних інспекторів, представників адміністрації профсоюзної організації і врача медпункту. Результати перевірки, стан технічної безпеки і виробничої санітарії участка або цеха періодично, але рідше одного разу в місяць розглядають у директора або в головного інженера.

Технічні засоби автоматики і прилади для монтажу приймаються лише ті, які пройшли стендову перевірку. Перед прийманням до стендової перевірки перевіряють:

- відсутність видимих механічних пошкоджень;
- відповідність технічних характеристик проектним специфікаціям;
- відповідність комплектності апаратури специфікації проекту і комплектним відомостям.

Прилади і технічні засоби автоматизації повинні бути заземленими. Проводи заземлення приєднують до контурів заземлення системи електропостачання і силового обладнання за виключенням спеціальних приладів, які за специфічними умовами роботи або вимогами заводів-виробників не допускається об'єднувати із системою заземлення інших електроустановок. Для них передбачають окремий заземлюючий пристрій, який повинен відповідати всім вимогам, які висувуються до захищеного заземлення.

Двигуни з'єднувальним шнуром за допомогою роз'ємів, які знаходяться в даному блоці керування. У середині блоку знаходиться індикатор, що забезпечує по чергову індикацію температури.

Щити і пульти, які вже змонтовано, здають в експлуатацію сумісно із загальною задачею завершених систем автоматизації після встановлення приладів на щитах і пультах, вводу і підключення до них проводок.

Для монтажу електропроводок систем автоматизації потрібно використовувати типи проводів і кабелів, передбачених проектом.

Трасу електропроводки вибирають таким чином, щоб вона проходила по найкоротшому шляху паралельно стінам і була розташована як найдалі від технологічного обладнання, там, де вона доступна для монтажу і обслуговування з найменшою кількістю поворотів і перетинів.

При виборі траси електропроводки треба врахувати допустимі відстані від кабелів, які перетинаються. При монтажу проводок засобів автоматики відстань між кабелями з неметалевими оболонками та іншими кабелями до приладів і засобів автоматизації повинна бути не менше 50 мм.

Проведення пусконаладжувальних робіт виконують після закінчення монтажу і комплексної збірки змонтованих контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації.

Від налагодження залежить подальша надійність і безвідмовність роботи обладнання, приладів і засобів автоматизації. До задач налагодження входять доведення виробництва до нормального експлуатаційного режиму. Перед запуском в роботу системи автоматичного регулювання температури повітря треба провести налагодження електрообладнання і системи в цілому.

Налагодження проводять у такій послідовності:

- необхідно провести перевірку працездатності і якості електромонтажних робіт згідно з проектом;

- перевірити установки блоків керування та зняття характеристик приладів і засобів автоматизації;

випробування апаратури автоматичного керування, первинних і вторинних кіл, кабельних ліній, що зв'язують первинні перетворювачі із системою автоматичного управління, контурів заземлення,

- перевірити і налаштувати електричну схему контролю, блокування;
- налаштування системи автоматичного регулювання, їх елементів, узгодження датчиків та вторинних приладів.

Перед початком пусконаладжувальних робіт підбирають і вивчають інструкції з монтажу, налагодження і експлуатації, організовуються технічні курси для налагоджувачів, проводиться інструктаж з безпеки праці і техніки безпеки при проведенні пусконаладжувальних робіт, проводять підготовку пристроїв і обладнання для налагодження.

Перед відкриттям системи автоматичного регулювання, її готують до роботи.

До підготовки входить:

- візуальна перевірка цілісності комплектів системи та наявності заземлення;
- перевірка величини електричного опору ізоляції між силовим клемником і корпусом, величина якого в нормальних кліматичних умовах не менше 0,5 МОм.

5.3 Експлуатація системи

5.3.1 Експлуатація електродвигунів

При прийомі електродвигуна в експлуатацію проводять огляд двигуна, передавального пристрою між електродвигуном і робочою машиною, пускозахисної апаратури, заземлення і кріплення всього електроприводу. Перевіряють можливість вільного обертання валу. На електродвигуні і приводних механізмах стрілками вказують напрям обертання машини.

При прийомі в експлуатацію вимірюють опір ізоляції електродвигуна, значення якого відповідно до ПТЕ повинне бути не нижче 0,5 МОм. Такий же опір ізоляції повинна мати пускозахисна апаратура.


Корпуси електричних машин надійно заземляють, заземлюючи провідники (забарвлені в чорний колір) повинні бути доступними для огляду і при необхідності мати захисні пристрої для запобігання від можливих механічних дій.

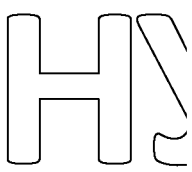
Безпосередньо перед пуском визначають початки і кінці обмотки статора електродвигуна. Пуск асинхронного електродвигуна включає ряд операцій. При цьому перевіряють: опір ізоляції обмоток легкість обертання машини (від руки); працездатність пускової апаратури і правильність захисту електродвигуна; симетрію напруги мережі і його відповідність номінальному значенню напруги електродвигуна.

Асинхронні коротко замкнуті електродвигуни включають в мережу, як правило, безпосередньо під повну напругу мережі.

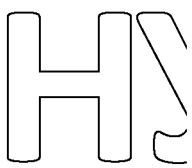
Для зниження пускових струмів асинхронних коротко замкнутих електродвигунів застосовують наступні способи: пуск електродвигуна з перемиканням обмотки із зірки на трикутник, автотрансформаторний пуск і пуск за допомогою реактора.

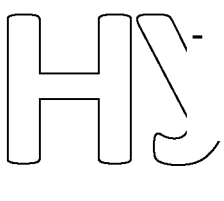
У процесі технічного обслуговування персонал, працюючий по обслуговуванню електродвигунів, кожного дня оглядає їх та усуває дрібні несправності, попередньо вимкнувши електродвигуни. При цьому необхідно:

 - очистити корпус електродвигуна від пилу і бруду стиснутим повітрям або за допомогою обтирального матеріалу і впевнитися в тому, що нема тріщин у станині, підшипниках, щитах і фланцях;

 - перевірити, як затягнуті болти і гайки, чи надійно кріпиться електродвигун до фундаменту або робочої машини; підтягнути ослаблені болти і гайки;

- проконтролювати щільність посадки шківу, полумуфти, якщо потрібно, закріпити їх;

 - перевірити, чи надійно заземлений корпус електродвигуна; розібрати ослаблені і окислені контакти, зачистити поверхні до металевого блиску, змастити технічним вазеліном, зібрати і затягнути; замінити заземлюючий провід (при обриві);

 - зняти кришку коробки виводів і перевірити цілісність ізоляційного покриття вивідних кінців обмоток електродвигуна і проводів, які



підводять живлення, закріпити контакти, а ті, що окислились і підгоріли, розібрані, зачистити їх поверхні, зібрати та ізолювати;

- з'ясувати, чи добре змащені підшипники; якщо потрібно, наповнити камеру змащувальним матеріалом;

виміряти опір ізоляції обмотки статора між фазами і між фазами та корпусом (повинно бути не менш 0,5 МОм), попередньо вимкнувши електродвигун; у разі значного зниження опору підсушити обмотки;

перевірити чи нема заїдання в підшипниках і чи не зачіпає ротор за статор, обертаючи рукою ротор вимкненого електродвигуна;

увімкнути електродвигун і впевнитися в тому, що нема сторонніх шумів, що характерні для несправного двигуна або робочої машини;

проконтролювати ступінь нагрівання корпусу і підшипникових щитів.

5.3.2 Експлуатація пускозахисної апаратури

До пускозахисної апаратури відносяться щити, пульти керування напругою до 660В які мають рубильники, автоматичні вимикачі, магнітні пускачі, реле керування і захисту, запобіжники, кнопки та кнопкові станції, пакетні вимикачі.

Апаратура застосовується у сухих і вологих приміщеннях, може мати корпуси замкненого виконання. У вологих та особливо вологих або пильних приміщеннях з хімічно-активним середовищем передбачається застосування апаратів у пиле-водозахисній оболонці або відповідно виконаних шафах.

Перелік робіт, які виконують при технічному обслуговуванні пускозахисної апаратури:

- зняти напругу з апарату,
- очистити від пилу та бруду,
- перевірити надійність кріплень апарату,
- перевірити вільний хід рухомих частин,
- перевірити затяжку гвинтових з'єднань та підтягнути ослаблені,
- перевірити стан пружин,

- перевірити одночасність ввімкнення контактів,
- очистити контакти від нагару,
- вивнитися у відсутності нагрівання контактів,
- у щитах керування перевірити роботу сигнальних ламп та їх контактних з'єднань,
- подати напругу та випробувати апарат у роботі.

Перелік робіт, які виконують при поточному ремонті пускозахисної апаратури [4, с 173]:

- розібрати апарат,
- перевірити і підтягнути усі його кріплення,
- очистити від пилу та бруду,
- очистити контакти від нагару,
- підфарбувати оболонку,
- зібрати апарат і відрегулювати його вузли,
- теплове реле після ремонту настроїти,
- перевірити апарат в зібраному виді на прашездатність,
- встановити на робоче місце і перевірити у роботі.

5.3.3 Експлуатація засобів автоматизації

До засобів автоматизації відносять апарати для контролю і регулювання температури, вимірювання тиску і розрідження, для вимірювання рідких та сипких середовищ, сигнальна апаратура, реле часу.

Перелік робіт які виконують при технічному обслуговуванні та поточному ремонті систем автоматизації:

- очистити прилад від пилу та бруду,
- перевірити контакти, знежирити їх,

для засобів вимірювання тиску перевірити герметичність та стан мембрани, перевірити нечутливість контактів до опору ізоляції між корпусом ті струмоведучими частинами,

- для засобів вимірювання сипучих та рідких середовищ оглянути стан мембрани та очистити поверхню поплавця.

Перелік робіт які виконують поточному ремонті систем автоматизації:

- розібрати очистити від пилу та бруду, перевірити змазку,

- для засобів вимірювання тиску при виявленні на мембрані зносу у вигляді глибоких канавок або тріщин замінити її, перевірити погрішність при розмиканні контактів,

- для засобів вимірювання сипучих та рідких середовищ при необхідності замінити поплавець,

- перевірити стан контактів, при необхідності замінити.

- Для попередження передчасного виходу елементів автоматики зі строю і утримування їх в працездатному стані проводять ряд профілактичних заходів. В систему профілактичних заходів входять:

- а) поточне обслуговування і догляд за роботою систем автоматичного регулювання, результати роботи фіксуються в журналах експлуатації;

- б) періодичне обстеження і випробування, які виконуються за графіком. Вони дозволяють виявити як загальний стан систем автоматичного регулювання і його окремих елементів, так і ознаки прихованих пошкоджень. При цьому фіксують стан ізоляції, апаратури, головного обладнання і його окремі частини, які необхідно замінити. Все це виконують майстри - наладники;

- в) планово-попереджувальні ремонти (які часто виконують після приведених вище випробувань), які дозволяють негайно усунути виявлені дефекти і забезпечити справний стан всіх елементів САР. При виконанні ремонтних робіт

- бригада керується протоколом випробувань і записами в журналах експлуатації, де відмічаються несправності, які виявляються черговим персоналом;

- г) профілактична заміна зношеного обладнання або його окремих частин. Її виконують за даними ремонтної бригади, така заміна необхідно зробити до

закінчення терміну початку нового чергового ремонту. Цю роботу проводить обслуговуючий персонал, керуючись розпорядженням керівника ремонтної бригади, у терміни, які погоджені з постановкою запасних частин і можливостями

експлуатації. До заміни зношених частин або обладнання за ними доглядає черговий персонал. Вилучення надійних елементів обладнання в міжремонтний період дозволяє підвищити надійність роботи САР та подовжити міжремонтний період.

- Профілактичні заходи планують на 1-2 роки, термін проведення окремих робіт визначають в залежності від особливостей системи автоматизації підприємства, виходячи з вимог діючих правил та інструкцій. Необхідно суворо дотримуватися послідовності проведення робіт в системі профілактики.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

6.1. Джерела економічної ефективності та її розрахунок

Визначення джерел ефективності являється найважливішим завданням при здійсненні оцінки ефективності використання автоматизованої інформаційної системи. Для успішного вирішення завдання необхідно всебічно розглянути можливі наслідки використання системи.

В загальному випадку автоматизація виробництва може привести до наступних результатів:

- економії прямих витрат праці – зменшення обслуговуючого персоналу;
- росту продуктивності праці, збільшення обсягу виробництва продукції, покращення її якості;
- економії витрат на електроенергію;
- покращення умов праці – зменшення чисельності персоналу від стомлюючої або важкої фізичної праці та роботи в небезпечних або шкідливих для здоров'я умовах;
- до спрощення технологічних схем, зменшення витрат на виробництво.

В даній роботі на підприємстві до автоматизації працювало 2 робітники, а в результаті впровадження засобів автоматизації контролю виробничого процесу достатньо 1-го. Отже, в даному випадку додається економія по фонду заробітної плати, по сумі відрахувань по соціальному страхуванню, а також економія витрат на споживання газу.

Головним показником ефективності капіталовкладень в розвиток автоматизації є зведені розрахункові витрати. Вони враховують частку капіталовкладень, що припадає на один рік та річні експлуатаційні витрати. Для підрахунку зведених витрат користуються формулою:

$$B_{зв} = C + E_n / K, \quad (6.1)$$

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

K - капітальні витрати, грн ;

C - річні експлуатаційні витрати, грн./рік;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

Витрати на електроенергію визначаються виходячи з суми витрат на електроенергію і її тарифів

$$C_e = P \cdot \Gamma / 4 \text{ грн./кВт}, \quad (6.2)$$

де: P - потужність промислового об'єкта, кВт; Γ - кількість годин роботи на рік, год.

Економію часу при автоматизації приймаємо $\Delta T = 0,3 = 30\%$. Таким чином річні експлуатаційні витрати складатимуть:

$$C = C_s + C_y + C_e + C_d, \quad (6.3)$$

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

$$C = \sum C_i \cdot 1,01 \quad (6.4)$$

Торгівельно-транспортні витрати беруть рівними 11% від вартості технічних засобів.

$$K_{tm.} = 0,11 \cdot K_z \quad (6.5)$$

Витрати на монтажні роботи слід визначати за сьогоднішніми цінами на монтажні роботи. Приблизно витрати на монтаж складають 15...20 % від вартості технічних засобів, які потрібно змонтувати:

$$K_m = 0,15 \dots 0,20 \cdot K_z \quad (6.6)$$

Для нашого випадку приймаємо середнє значення - 17 %.

Інші витрати приймають рівними 2% від загальної суми капітальних вкладень $K_i = 0,02 \cdot K_z$. Отже:

$$K = K_z + K_{tm.} + K_m + K_{tr} + K_i \quad (6.7)$$

В даному випадку загальна вартість технічних засобів автоматизації буде складати.

$$K_3 = K_{en} + K_{kop} + K_{цпкс} \quad (6.8)$$

K_{en} - загальна вартість виконавчих механізмів та первинних перетворювачів (Таблиця 6.1. та Таблиця 6.2.),

$$K_{en} = 17\,711,2 \text{ грн.} \quad (6.9)$$

Таблиця 6.1.

Загальний кошторис на основі попередніх розрахунків

п/н №	Кількість	Найменування	Ціна 1шт, грн..	Ціна сумарна, грн.
1	1	Вентилятор 630-S \ В	4 900,00 грн.	4 900,00 грн.
2	2	Привід	2 106,00 грн.	2 106,00 грн.
3	1	Датчики температури та вологості	143,00 грн.	143,00 грн.
4	1	Датчик освітленості	62,00 грн	62,00 грн
5	1	Привід фрамуги	10 500,00 грн	10 500,00 грн
6	1	Шафа	3 428,00 грн.	3 428,00 грн.

Загалом: 21 139,0 грн.

Сума електротехнічного обладнання становить 3 376,06 грн.

Отже, маємо:

$$K_3 = 3\,376,06 + 21\,139,0 = 24\,515,06 \text{ (грн.)} \quad (6.10)$$

Торгівельно-транспортні витрати будуть становити:

$$K_{тт} = 0,11 \cdot K_3 = 0,11 \cdot 24\,515,06 = 2\,696,66 \text{ (грн.)} \quad (6.11)$$

Витрати на монтаж технічних засобів становить:

$$K_m = 0,17 \cdot K_3 = 0,17 \cdot 24\,515,06 = 4\,167,56 \text{ (грн.)} \quad (6.12)$$

Решта капітальних витрат буде становити 2% від суми капітальних вкладень:

$$K_i = 0,02 \cdot 24\,515,06 = 490,3 \text{ (грн.)} \quad (6.13)$$

Визначивши суму капітальних вкладень, що дорівнює:

$$K = K_3 + K_{mm} + K_m + K_i = 24\,515,06 + 2\,696,66 + 4\,167,56 + 490,3 = 31\,869,58 \text{ (грн.)} \quad (6.14)$$

Можна знайти відрахування на амортизацію:

$$C_a = 0,142 \cdot K = 0,142 \cdot 14\,400,62 = 4\,525,48 \text{ (грн.)} \quad (6.15)$$

Витрати на поточний ремонт становлять:

$$C_{pr} = 0,18 \cdot K = 0,18 \cdot 98981,77 = 5\,736,52 \text{ (грн.)} \quad (6.16)$$

Тоді утримання основних засобів виробництва складуть:

$$C_y = C_a + C_{pr} = 4\,525,48 + 5\,736,72 = 10\,262,2 \text{ (грн.)} \quad (6.17)$$

Витрати на енергоресурси будуть становити:

$$C_e = P_{nom} \cdot \Gamma \cdot 4, \quad (6.18)$$

де P_{nom} - потужність виконавчих механізмів, кВт, $P_{пот} = 0,845$ кВт; Γ - кількість годин роботи, $\Gamma = 365 \cdot 24 = 8\,760$ (год) теплиця працює 365 днів на рік.

Отже:

$$C_e = 0,845 \cdot 8\,760 \cdot 4 = 29\,608,8 \text{ (грн.)} \quad (6.19)$$

Витрати на оплату праці персоналу, який зв'язаний з експлуатацією систем автоматики (в нашому випадку 1 оператор наладчик) становить:

$$C_3 = 1 \cdot 41,66 \cdot 300 \cdot 8 = 100\,000 \text{ (грн.)}, \quad (6.20)$$

де: 1 - кількість операторів і наладчиків, чол.; 41,66 грн/год - ставка оператора наладчика за годину роботи; 300 - кількість днів роботи за рік; 8 - кількість робочих годин на добу.

Отже річні експлуатаційні витрати будуть становити:

$$C = C_{\text{г}} + C_{\text{е}} + C_{\text{з}} = 10\,262,2 + 29\,608,8 + 100\,000 = 139\,871 \text{ (грн.)} \quad (6.21)$$

Знайшовши річні експлуатаційні витрати і капітальні вкладення можна

знайти зведені витрати:

$$B_{\text{зд}} = C + E_n \cdot K = 50\,071 + 0,15 \cdot 31\,869,58 = 54\,851,437 \text{ (грн.)} \quad (6.22)$$

Тоді чистий прибуток буде визначатися за формулою:

$$\text{Ч} = \Delta C_3, \text{ грн.}$$

де: ΔC_3 – прибуток за рахунок економії заробітної платні, грн.:

$$\Delta C_3 = C_3 - (1,2 \cdot F_{\text{проб}} \cdot 0,1) = 100\,000 - (1,2 \cdot 8\,760 \cdot 1 \cdot 0,1) = 98\,948,8 \text{ (грн.)} \quad (6.23)$$

Чистий прибуток складатиме:

$$\text{Ч} = 98\,948,8 \text{ (грн.)} \quad (6.24)$$

Обраховуємо термін окупності установки за формулою (для однієї секції системи опалення).

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K}{\text{Ч}} = \frac{31\,869,58}{98\,948,8} = 1,32 \text{ року,} \quad (6.25)$$

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень буде складати:

$$E = 1/T_{\text{окуп}} = 3,125 \quad (6.26)$$

$$E(3,125) > E_n(0,15) \quad (6.27)$$

Отже, з вище приведених розрахунків ми бачимо, що чистий прибуток складає 98 948,8 грн., а саме установка автоматики окупується за 1,32 роки.

Отже, теплицю автоматизувати доцільно.

НУБІП України

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній магістерській роботі проведено аналіз технологічного процесу вирощування у теплицях. При дослідженні процесу керування мікрокліматом розроблено математичну модель технологічного процесу та реалізовано модель у математичному середовищі MATLAB Simulink. З імітаційної моделі виведено передатну функцію об'єкта керування, який досліджено. Розроблено функціональну схему автоматизації технологічного процесу керування мікрокліматом у теплиці та вибрано закон керування. Розроблено ПІ-алгоритм керування, тому що він забезпечує час регулювання, який вимагається технологіями.

Відповідно до заданих характеристик об'єкта керування, було вибрано відповідні технічні засоби автоматизації. Розроблені функціональна схема автоматизації, принципова електрична схема, схема електричних з'єднань, схема підключень, загальний вигляд щита керування.

Функціонування даної системи автоматичного керування відбувається за допомогою регулятора ОВЕН ТРМ210, показує такі характеристики — перегулювання — складає 0%, статична похибка — 0,05, а час регулювання — 260 с.

Систему вдосконалено за рахунок розроблення інформаційного та програмного забезпечення на основі бази знань та інтерфейсу оператора.

Наведено аналіз стану охорони праці у теплиці та розкрито правила експлуатації системи. Розраховано економічну ефективність впровадження системи і для визначення доцільності впровадження системи розраховано термін окупності, який складає 1,32 роки.

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Калісова В.А. Мікроклімат культиванійних споруд зі скляним покриттям. - 1996р.

2. Гіль Л.Г. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту Ч.1. / Гіль Л.Г., Пашковський А.І., Суліма Л.Т. — Вінниця: Нова книга, 2008. — 368 с.

3. Економіка підприємства // О.С. Іванілов. (Підручник для вищ. навч. Закладів) К. – 2009, с. 728/ ISBN – 978-966-364-885-6.

4. Єрмолаєв, С. О. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК : рекомендовано Мін. освіти : навч. посібник / С. О. Єрмолаєв, В. О. Мунтян, В. Ф. Яковлев. - К. : Мета, 2003. - 543 с. : іл.

5. Лисенко В.П., Решетюк В.М., Штепа В.М., Заєць Н.А. та ін. Системи штучного інтелекту: нечітка логіка, нейронні мережі, нечіткі нейронні мережі, генетичний алгоритм. – К: НУБІП України, 2014. – 336с.

6. Ладанюк А.П., Заєць Н.А., Власенко Л.О. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів: монографія. - К.: видавництво Ліра-К, 2016. - 312с.

7. Інтелектуальні системи керування біотехнічними об'єктами / В.Лисенко, Н.Заєць, М. Гачковська, О. Савчук. – К.: КомПрінт, 2019. – 549 с.

8. Оптимальні та адаптивні системи: конспект лекцій / С. В. Соколов. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 165 с.

9. Шуруб Ю.В., Дудник А.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з Теорії автоматичного керування: - К.: Видавничий центр НУБІП України, 2015. – 92 с.

10. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.

11. Лисенко В.П., Кузьменко Б.В., Головінський Б.Л. Оптимальні системи автоматичного управління. – К.: ВЦ НАУ, 2003. – 96 с.

12. Лисенко В.П., Шворов С.А. Моделювання та оптимізація систем керування. – К.: Наук світ, 2012. – 133 с.

13. Лисенко В.П., Кузьменко Б.В., Ботвін Б.Л., Кондратюк В.Г. Математичні моделі технологічних процесів та розрахунки за ними на ПК. – К.: ВЦ НАУ, 2001. – 35 с.

14. Лисенко В.П., Головінський Б.Л., Голуб Б.Л., Руденський А.А. Методи і засоби сучасного автоматизованого управління. Навчальний посібник, – Київ, НАУ, 2007. – 76 с.

15. Навчально-інформаційний портал ННІ енергетики і автоматики

16. Lysenko V. Fuzzy Regulator Synthesis in Microclimate Control System in the Greenhouses /O. Pylypenko O., A. Dudnyk, N. Zaets // Автоматика – 2018: Матеріали XXV Міжнародної конференції з автоматичного управління. - Львів, 2018. – С.56-57.

17. Lysenko V. Intelligent Control System of Biotechnological Objects with Fuzzy Controller and Information Channel Filtration Unit // V. Lysenko, A. Dudnyk, N. Zaets, D. Komarchuk, T. Lendel and I. Yakymenko // PIC S&T'2018 International Scientific and Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology». - Kharkiv, 2018.

18. Lysenko V. P., Dudnyk A. O., Yakymenko I. Yu. Neuro-fuzzy control system of electrotechnical complexes in greenhouses. // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології і автоматизація – 2017"

19. Lysenko V. Phytomonitoring in a Greenhouse Based on Arduino Hardware // V. Lysenko, T. Lendiel, D. Komarchuk // PIC S&T'2018 International Scientific and Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology». - Kharkiv, 2018.

20. Dudnyk A. Features of Intelligent Control Systems of Biotechnological Objects // A. Dudnyk / Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "НУБІП України" / Nowy Sacz, Poland, 2018. - P. 161-162.

21. Dudnyk A. Method of designing a resource-effective control system for vegetable growing modes in greenhouses. - Науковий вісник НУБІП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. - Випуск 263. С. 81-88. (<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica/article/view/11425/10012>).

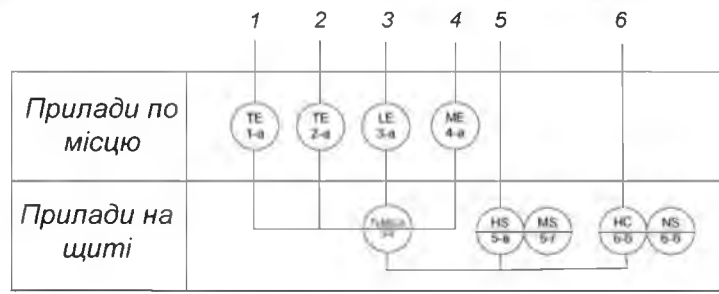
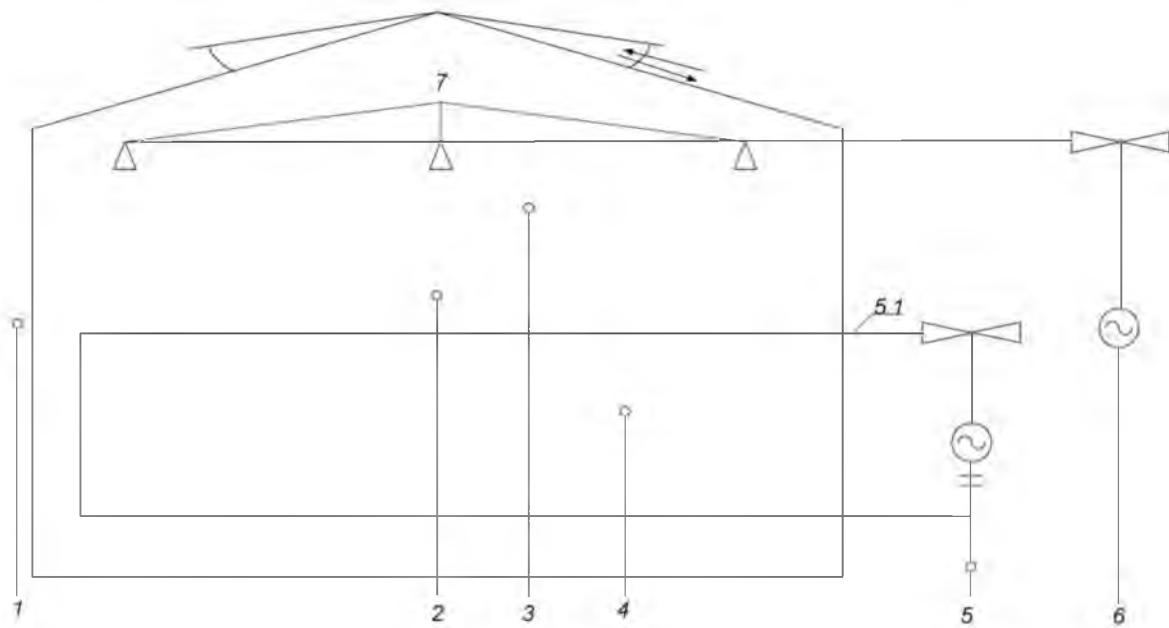
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Обухай Р.П.		
Перевір.	Дудник А.О.		
Затвердив	Лисенко В.П.		

02.06.- КМР .323" С ".23.03.06.011. ТХ

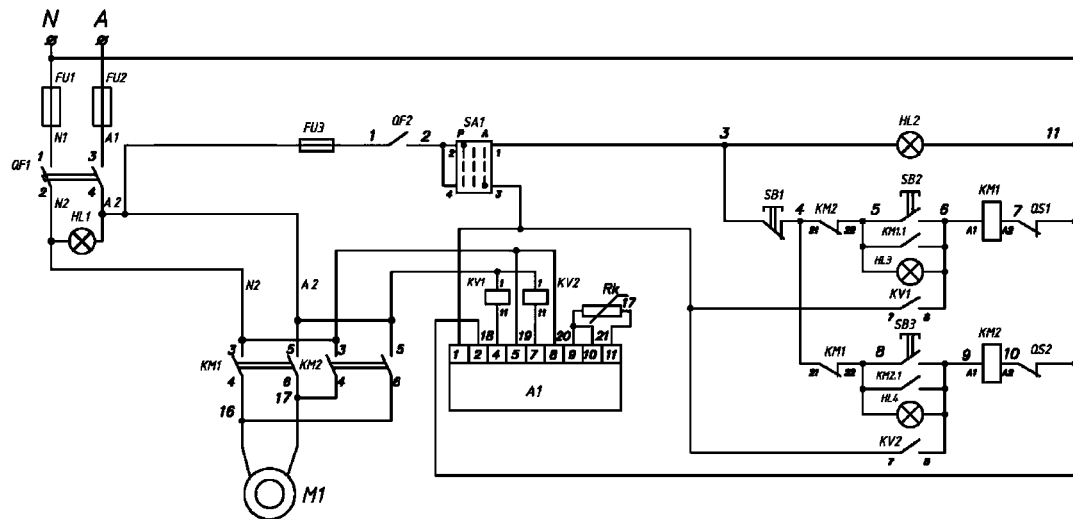
Функціональна схема автоматизації

Літ.	Маса	Масштаб
Лист 1	Листів 5	

Дослідження та впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи керування мікрокліматом у теплиці із використанням КТЗ ОБЕН

НУБІП України

ДОДАТОК А

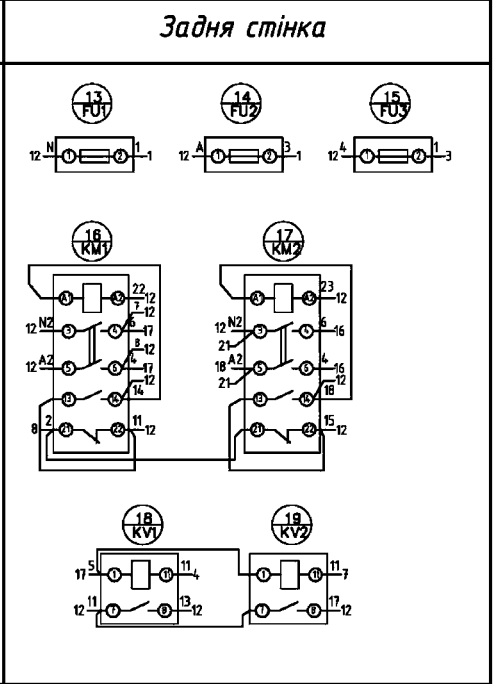
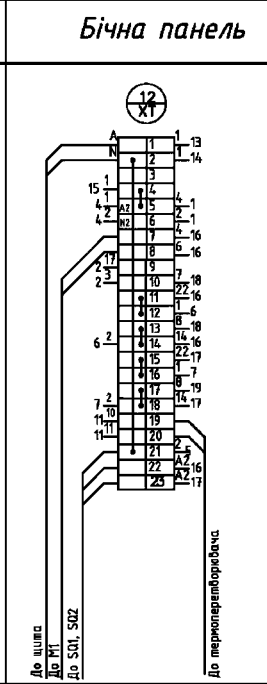
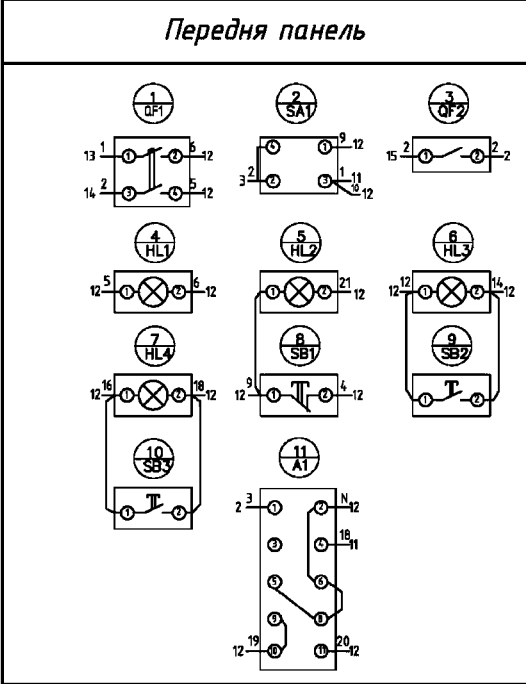


Позначіння	Найменування	Кількість	Примітка
Забезпечення			
FU1, FU2	Ст. №21 ш. №6 А4	3	
FU3	Ст. №23 ш. №6 А4	1	
QF1	Автоматичний вимикач СВВ-9-14	1	
QF2	Автоматичний вимикач СВВ-9-24	1	
SA1	Перемикач ручний 2ВВ9-13.01.2.1.3	1	
A1	Контактор ОВЧ1 ТМ-20	1	
Лампи			
SB1	Кнопка "Стоп" 105-А413	1	
SB2, SB3	Кнопка "Вперед" 105-А421	2	
Світлодіодні лампи			
HL1	АВН605	1	Знак
HL2	АВН605	1	Сиг.
HL3	АВН605	1	Знак
HL4	АВН605	1	Сиг.
Електромагнітні пристрої			
KM1, KM2	1СВН99-1.4	2	
Реле нагріву			
KV1, KV2	мт 9	1	
Випробувальні пристрої			
М1	МД14/4	1	
OS	ВВ11	1	
Кнопки вимикачів			
OS1, OS2	105-В104	2	

02.06.- КМР .323" С " .23.03.06.011.E3

Ек. Листа	№ Вироби	Підпис	Дата	Електрична принципова схема	Лист	Маса	Листів
Розробив	Об'єкт Р. П.				Лист 2		Листів 5
Перевір.	Директор А. О.			Додаток до бізнес-плану лист "техно-дизайн" системи керування перемикачем у великій та димаризацією КТЗ 0001			
Замовив	Лисенко В. П.			НУБІП України			

ДОДАТОК Б



Позичка	Найменування	Кількість	Примітка
1	Автоматичний вимикач АВ 10Д	1	
2	Легковисхідний автоматичний вимикач АВ 10Д 10 А	1	
3	Автоматичний вимикач АВ 10Д 10 А	1	
4	АВВБ	1	Замки
5	АВВБ	1	Зап.
6	АВВБ	1	Замки
7	АВВБ	1	Зап.
8	Реле часу "Тепло" ТРВ ААА	1	
9	Реле часу "Тепло" ТРВ ААА	1	
10	Терморегулятор ТРВ 100-100	1	
11	Контактний елемент	1	
12	СВК-1-10 А	10	
13	СВК-1-10 А	10	
14	СВК-1-10 А	10	
15	СВК-1-10 А	10	
16	СВК-1-10 А	10	
17	СВК-1-10 А	10	
18	СВК-1-10 А	10	
19	СВК-1-10 А	10	
20	СВК-1-10 А	10	
21	СВК-1-10 А	10	
22	СВК-1-10 А	10	
23	СВК-1-10 А	10	
24	СВК-1-10 А	10	
25	СВК-1-10 А	10	

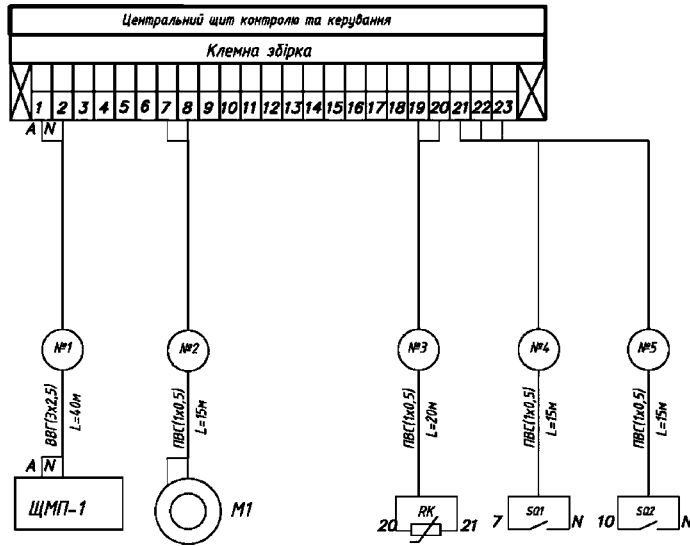
02.06.- КМР.323" С "23.03.06.011.E4

Схема електричних з'єднань

№	Дата	Рисувальник	Перевірник

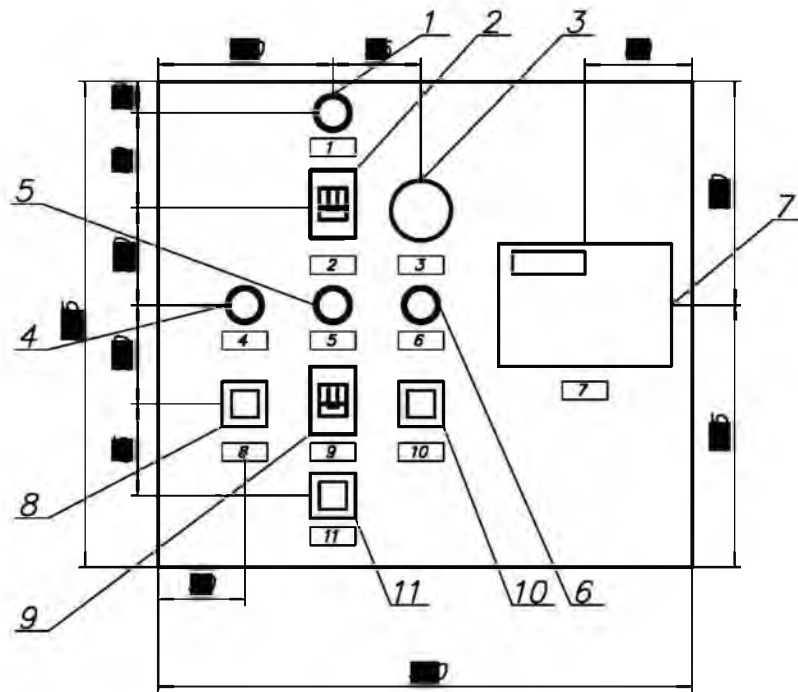
НУБІП України

00 ДОДАТОК В



Назва обладнання	Щит живлення	Виконавчий механізм	Датчик температури	Кінцевий вимикач	Кінцевий вимикач
Тип	ЩРП-1	МEO1,6/40	DHT11	MEB104	MEB104

				02.06.- КМР.323" С ".23.03.06.011.E6		
				Схема електричних підключень		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Обухов Р.П.					
Перевір.	Дудник А.О.					
				Лист 4	Листів 5	
				Дослідження та вдосконалення кочів'яно-вигарбаної системи керування мікрокліматом у теплиці із використанням КТЗ OVEN		
Затвердив	Лисенко В.П.			НУБІП України		



Надписи на таблі і в рамках

№ елемента	Напис	Кількість	№ елемента	Напис	Кількість
1	Світ. діє системи	1	7	Метростанція ТРМ-20	1
2	Вибір системи	1	8	Індикатор Н1	1
3	Світлодіод системи	1	9	Табличка зовн. зручності	1
4	Світ. при роботі Н1	1	10	Дисплей Н1	1
5	Світ. при роботі зовн. зруч.	1	11	Індикатор Н1	1
6	Світ. при роботі Н1	1			

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	Світлодіод зовн. зруч.	1	
2	Автоматичний клапан СМН	1	
3	Позначення дисплея ТРМ-20	1	
4	Світлодіод зовн. зруч.	1	
5	Світлодіод зовн. зруч.	1	
6	Світлодіод зовн. зруч.	1	
7	Метростанція ТРМ-20	1	
8	Світлодіод зовн. зруч.	1	
9	Табличка зовн. зруч.	1	
10	Дисплей "Ори" А121	1	
11	Автоматичний клапан СМН	1	
	Світлодіод зовн. зруч.	1	
	Світлодіод зовн. зруч.	1	

02.06.- КМР .323" С " 23.03.06.011.E5

Зм. Назв.	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Листів
Розроб	Облась Р.П.				
Перевр.	Лудяк А.О.				
Листовий	Лисенко В.П.				

Загальний вигляд шафи керування

Лист 5 з 5
НУБІП України