

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Автоматизації технологічних процесів і виробництв
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему: **Розробка та дослідження автоматизованої системи керування кліматичними параметрами теплиці**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи КАМ-61

спеціальності 151

“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Ониськів Д.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Коноваленко І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Козбур І.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Дідич І.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини кваліфікаційної роботи становить 20 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 54 друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – 42 друкованих сторінок формату А4.

Кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів, в яких нараховується 14 рисунків та 2 таблиць з даними. В роботі використано 25 літературних джерел.

Метою даної кваліфікаційної роботи була розробка автоматизованої системи керування кліматичними параметрами теплиці. У цій системі використовується автоматична система крапельного дощового поливу, що дозволяє значно підняти врожайність овочевої продукції. У комплексі також використано систему автоматичного управління мікрокліматом виробничих приміщень, а саме контроль температурно-вологісних параметрів. Ці параметри мають бути якомога ближчими до фізіологічних потреб вирощуваних овочевих культур.

Система керування кліматичними параметрами розроблений на базі мікроконтролера MSP430F1132. Код програмного забезпечення написаний на мові Сі. Апаратно-програмний комплекс контролю параметрів володіє такими особливостями: мінімальна участь оператора в процесі виробництва продукції; використання системи можливе в теплицях різної посадкової площі; ряд обмежень для виключення помилкових станів в процесі роботи; легкість збору та підключення компонентів; можливість багаторазового монтажу та демонтажу.

Ключові слова: ТЕПЛИЦЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, КОНТРОЛЬ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

SUMMARY

Qualification work consists of an explanatory note and a graphic part (illustrative material - slides).

The graphic part of the qualifying work is 20 slides.

The volume of the explanatory note is 57 printed A4 pages (210 × 297), the volume of appendices is 42 printed A4 pages.

The qualification work consists of four sections, in which there are 14 figures and 2 tables with data. 25 literature sources were used in the work.

The purpose of this qualification work was to develop an automated control system for climatic parameters of the greenhouse. This system uses an automatic drip irrigation system, which can significantly increase the yield of vegetable products. The complex also uses a system of automatic control of the microclimate of industrial premises, namely the control of temperature and humidity parameters. These parameters should be as close as possible to the physiological needs of cultivated vegetables.

The climate control system is based on the MSP430F1132 microcontroller. The software code is written in C. The hardware-software complex of control of parameters possesses such features: the minimum participation of the operator in the course of production; use of the system is possible in greenhouses of different planting area; a number of restrictions to exclude erroneous states in the process of work; ease of collection and connection of components; possibility of repeated installation and dismantling.

Keywords: GREENHOUSE, AUTOMATION, CONTROL OF CLIMATE PARAMETERS, SOFTWARE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ В ТЕПЛИЦІ.....	
1.1 Характеристика умов навколишнього середовища при виробництві овочевих культур.....	
1.2 Основи технології вирощування огірків в теплицях	
1.3 Вимоги, що пред'являються до сучасних АСУМТ.....	
1.4 Узагальнена архітектура автоматизованого комплексу підтримки параметрів мікроклімату.....	
1.5 Функціональні можливості комплексу, мета і завдання роботи	
2 СИСТЕМНО-АЛГОРИТМІЧНА МОДЕЛЬ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ	
2.1 Структурна схема АПК контролю параметрів теплиці.....	
2.2 Логічна схема взаємодії компонентів комплексу	
2.3 Вибір апаратних компонентів комплексу.....	
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
3.1 Вибір виконавчих пристроїв.....	
3.2 Командна архітектура комплексу.....	
3.3 Розробка алгоритмів взаємодії компонентів комплексу.....	
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ.....	
4.1 Вибір засобів розробки	
4.2 Програмна реалізація секції ініціалізації комплексу.....	
4.3 Програмна реалізація роботи клавіатурної матриці.....	
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	
5.1 Програмна реалізація 1-Wire інтерфейсу для зв'язку з цифровим термометром	
5.2 Програмна реалізація вимірювання вологості	
5.3 Програмна реалізація відображення інформації на LCD-індикаторі	

5.4 Інструкція користувачеві	
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	
6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів	
6.2 Заходи щодо обмеження негативних впливів небезпечних і шкідливих факторів	
6.3 Пожежна безпека	
6.4 Організація робочого місця оператора ЕОМ.....	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	
ДОДАТОК А	

ВСТУП

Застосування малооб'ємних технологій круглорічного виробництва овочів є одним з перспективних напрямів збільшення їх врожайності та покращення економічної ефективності виробництва сільськогосподарських культур.

Першим етапом розвитку технології вирощування є використання автоматичних систем крапельного дощового поливу, що дозволяє значно підняти врожайність овочевої продукції. Подальшими кроками розвитку даного процесу є впровадження і використання систем автоматичного управління мікрокліматом виробничих приміщень. У складі таких систем і комплексів при складанні технічного завдання передбачають використання можливості не тільки зрошення, але і контролю температурно-вологісних параметрів всередині виробничого приміщення. Ці параметри мають бути якомога ближчими до фізіологічних потреб вирощуваних овочевих культур, а заходи щодо їх підтримки мають використовувати науковообґрунтовані прийоми обробітку продукції рослинництва. Таким чином, для отримання високого врожаю в виробничому тепличному приміщенні необхідно створити оптимальні умови протікання процесу фотосинтезу, як основи зростання і розвитку рослинної клітини. Сутність процесу полягає в утворенні органічних речовин з вуглекислоти та води за допомогою світлової енергії. При цьому значущими чинниками, що мають прямий вплив на цей процес є: температурні параметри навколишнього середовища, вологість повітря і вміст в його складі CO_2 , а також освітленість.

Маючи можливість визначити вплив різних чинників на процес вирощування овочевої продукції постає питання про розробку систем контролю стану параметрів мікроклімату в теплиці. Для цього необхідно застосування апаратно-програмних комплексів автоматизованого управління технологічними параметрами виробництва продукції. Такі комплекси повинні бути універсальними системами, забезпечувати надійність

експлуатації та реалізовувати новітні методи побудови автоматичних систем з використанням сучасних технічних засобів.

Технічні рішення по автоматизації технологічних процесів зазвичай є типовими. Завданням таких систем і комплексів є забезпечення ефективності управління і надійності роботи технологічного обладнання. До складу технічних засобів систем автоматики необхідно включати наступні компоненти:

- автоматичні регулятори, які повинні забезпечувати стабілізацію заданого значення контрольованої величини;
- засоби автоматичного контролю, що виконують функції вимірювання і реєстрації контрольованих параметрів процесу;
- засоби сигналізації, що інформують про досягнення заданими параметрами встановлених граничних значень;
- системи оптимізації, які автоматично визначають і підтримують оптимальний режим протікання технологічного процесу.

Слід зазначити, що збільшення обсягів випуску мікро-ЕОМ і мікроконтролерної техніки призводить до зниження їх вартості та удосконалює технічну базу автоматизації виробництва. Використання комп'ютерів у системах управління збільшує можливості реалізації складних алгоритмів управління з великою кількістю змінних, що визначають хід технологічного процесу.

Таким чином, дана кваліфікаційна робота використовує вище викладені передумови і присвячена розробці апаратно-програмного комплексу контролю параметрів в теплиці та складається з таких основних розділів:

- першого розділу, в якому проводиться аналіз використання апаратно-програмних комплексів для автоматизації процесу вирощування овочевої продукції. Описуються необхідні параметри температури та вологості для різних овочевих культур, періоди їх дозрівання та існуючі схемні рішення для підтримки цих параметрів в заданих межах. Викладено вимоги, що

пред'являються до апаратно-програмного комплексу, визначено мету і завдання проектування;

- у другому розділі розроблена системно-алгоритмічна модель апаратно-програмного комплексу контролю параметрів в теплиці з визначенням логічних зв'язків між її компонентами та описом процесу їх взаємодії. Зроблено вибір апаратних та виконавчих компонентів комплексу та розроблено схему їх підключення. Описано алгоритми підтримки температурних і вологісних параметрів в заданих межах;

- в третьому розділі наведена реалізація програмної частини комплексу, що включає в себе початкову ініціалізацію при включенні живлення, реалізацію підтримки заданої температури і вологості, а також роботу клавіатури і відображення інформації на LCD-індикаторі. На завершення приведена інструкція для користування. Також обґрунтований вибір засобів розробки програмного забезпечення;

- в четвертому розділі розглядаються питання, пов'язані з обмеженням впливу шкідливих і небезпечних факторів при роботі на ЕОМ, питання пожежної безпеки та методи організації робочого місця оператора ЕОМ.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ В ТЕПЛИЦІ

1.1 Характеристика умов навколишнього середовища при виробництві овочевих культур

Овочі є одним з найважливіших компонентів в раціоні людей. У їх складі містяться білки, вуглеводи, органічні кислоти. Овочі багаті вітамінами і мінеральними сполуками, що обумовлює необхідність їх щоденної присутності на нашому столі.

Однак в більшості районів нашої країни вирощування продукції в природних кліматичних умовах можливо лише протягом шести місяців, а в решту часу здійснюється процес виробництва овочевої продукції в закритому ґрунті.

В процесі виробництва рослин в захищеному ґрунті необхідно враховувати такі фактори, які безпосередньо впливають на зростання, розвиток і врожайність овочевих культур:

- температурні параметри мікроклімату приміщення;
- освітленість;
- вологість всередині приміщення.

Вимогливість оброблюваних овочевих культур до температурних параметрів навколишнього середовища залежить від періоду їх життєвого циклу. Насіння, що відносяться до сімейств гарбузових і пасльонових, (теплолюбні рослини) починають проростати при 13-14 °С, а для їх подальшого розвитку необхідна підтримка температури навколишнього повітря в межах 25-30 °С. Культури, що відносяться до холодостійких - коренеплоди, капуста, цибуля, проростання насіння починається при температурах нижче 10 °С, а оптимальна температура подальшого розвитку лежить в межах 18-25 °С.

Одним з агротехнічних засобів підвищення стійкості молодих рослин до добових перепадів температур є загартовування. Для цього на набряклі насіння необхідно впливати зниженою температурою (близько 0 °С) протягом декількох днів, або ж варіювати температуру від 18-20 °С вдень до 5 °С вночі протягом двох тижнів. Зміна температури в режимі день-ніч в межах 3 -7 °С також сприяє посиленню розвитку рослин.

Слід зазначити, що формування кореневої системи значно збільшує врожайність овочевих культур. При високих температурах навколишнього середовища, особливо в нічний час, рослини сильно витягуються і слабшають, що призводить до їх подальшого повільного розвитку і зниження врожайності. При зниженні температури повітря з 18-25 °С вдень до 8-12 °С відбувається прискорений ріст коренів в порівнянні з надземною частиною. Цей агротехнічний прийом необхідно виконувати до появи декількох листків, після чого температуру навколишнього середовища можна підвищити.

Вимогу рослин до освітленості також необхідно враховувати при вирощуванні овочевих рослин у приміщенні. Пасльонові, гарбузові і бобові культури слід розміщувати на найбільш освітлених ділянках. Коренеплідні овочеві культури, а також капустияні і цибулеві менш вимогливі до світлової енергії, що слід враховувати при розробці схеми посіву і виборі місця їх розміщення. Це також важливо при появі паростків, коли більшість поживних елементів витрачено і рослини можуть погано розвиватися внаслідок затінення через велику густоту насадження.

Для максимального забезпечення ранніх овочевих культур сонячною енергією теплиці і парники необхідно розміщувати на південних ділянках схилів, а скла або полімерні покриття тримати в чистому вигляді.

Параметри вологості всередині теплиці необхідно контролювати цілодобово, оскільки в овочевих культур різна потреба у волозі в залежності від часу доби. Особливу увагу цим параметром слід приділяти в період проростання насіння, коли недостатнє зволоження може стати причиною низького сходження рослин. Вологість також значно впливає на врожайність

в період цвітіння. Пересохлий пилок не може запилювати і як наслідок - наявність порожніх кистей без зав'язі, а надзвичайно сухе повітря сприяє появі шкідників..

Для запобігання даних проблем необхідно підтримувати вологість повітря всередині теплиці в денний час в межах 60-75%, а вологість ґрунту - 65-80% (в залежності від вирощуваної культури). У нічний час, коли температурні параметри мікроклімату зменшуються значення вологості слід мінімізувати для запобігання розвитку фітофтори.

Таким чином, порушення параметрів мікроклімату при вирощуванні овочевих рослин в теплиці призводить до зниження врожайності та погіршення якості готової продукції, що в свою чергу викликає необхідність використання хімічних препаратів і тягне додаткові грошові витрати.

1.2 Основи технології вирощування огірків в теплицях

Вирощування огірків в теплицях є рентабельним виробництвом цього виду сільськогосподарської продукції, оскільки урожай дозріває в більш ранні терміни, а його кількості в рази більше, ніж при виробництві у відкритому ґрунті [24].

Для тепличного виробництва огірків використовують партенокарпійські сорти і гібриди, які не вимагають запилення розпущених квіток бджолами на відміну від бджолозапильних сортів. Також партенокарпійські сорти огірків менш трудомісткі у догляді, мають високу ступінь облиственності і густоту розміщення.

Технологія вирощування огірків в теплиці складається з наступних етапів:

- знезараження насіння огірків;
- підготовка каркасної системи для зміцнення і підв'язки рослин;
- підтримка заданих параметрів мікроклімату.

Знезараження насіння огірків для знищення цвілі, грибків і бактерій необхідно здійснювати його нагріванням до заданої температури. Протягом перших трьох діб температура нагріву становить 50 °С, а на четверту добу температуру піднімають до 75-78 °С. Також рекомендується обробка пестицидами відповідно до інструкції до препарату і передпосадкове замочування насіння в розчині мікроелементів. Крім того необхідно виконати знезараження ґрунту і повітря всередині теплиці.

Підготовка каркасної системи для зміцнення і підв'язки рослин є другим технологічним етапом. Для цього необхідно зміцнити вертикальні стійки висотою 1,5-2 метри і зв'язати їх дротом або шпагатом. Далі проводиться формування грядок між стійками і подальша висадка підготовленої розсади.

Підтримка заданих параметрів мікроклімату є найбільш важливим завданням виробництва огірків в теплицях. Оптимальною температурою повітря для отримання паростків насіння є 27-28 °С. Після їх появи і до утворення 4-5 листків температурний режим необхідно змінити. Вдень це 15-17 °С, а в нічний час 12-14 °С. Пророслі і загартовані рослини висаджують в тепличний ґрунт з щільністю 3-4 рослини на один квадратний метр. У період зростання і плодоношення температура всередині приміщення повинна знаходитися в межах 22-26 °С в денний час і 18-20 °С в нічний, а вологість складати 75-85%.

Температурні параметри протягом доби необхідно підтримувати в заданих межах, оскільки різкі перепади температури допомагають розвитку різних захворювань, найпоширенішим з яких є коренева гниль, що веде до зниження врожайності рослин і їх повної загибелі.

1.3 Вимоги, що пред'являються до сучасних АСУМТ

Невід'ємною частиною сучасних тепличних комплексів по цілорічному вирощуванню овочів є автоматизовані системи управління мікрокліматом

теплиць (АСУМТ). Це обумовлено наявністю великої кількості виконавчих механізмів, а також високими вимогами, що пред'являються до якості їх функціонування. При цьому слід врахувати вплив зовнішніх параметрів навколишнього середовища на внутрішні параметри мікроклімату.

Основні вимоги, які пред'являються до сучасних АСУМТ враховують розмір теплиці і функціональне призначення. Тут можна виділити такі групи:

1. Тепличні комплекси, що забезпечують промислове виробництво широкого асортименту продукції в поєднанні з високою врожайністю і низькою собівартістю. Розмір комплексу може досягати декількох гектар і розбиватися на блоки або сектори, що відрізняються видами продукції, що виробляється і технологічними схемами її виробництва.

2. Фермерські теплиці, що забезпечують невеликий асортимент продукції в поєднанні з високою якістю і низькою собівартістю. Площа, яку займає така теплиця становить менше 1 гектара.

3. Індивідуальні теплиці, забезпечують виробництва овочевої продукції для особистого споживання і займають площу в кілька десятків або сотень квадратних метрів.

При виборі автоматизованих систем управління мікрокліматом в теплицях також потрібно враховувати наступні фактори:

1. Вартість системи управління, яка визначається індивідуально для кожної теплиці в залежності від застосовуваних технологічних систем і набору функціональних можливостей. Така система включає в себе силові, інтелектуальні та допоміжні компоненти:

- силові компоненти включають в свій склад блоки живлення, комутуюче і захисне обладнання, звукову та світлову сигналізацію та органи аварійного ручного управління;

- інтелектуальні компоненти складаються з основного і периферійного обладнання, яке включає в себе як апаратну, так і програмну частини;

- допоміжні компоненти, представлені лініями дротового або бездротового зв'язку з урахуванням розподільного, з'єднувального і узгоджувального обладнання.

2. Функціональні можливості системи, що забезпечують регулювання параметрів мікроклімату в заданих межах. Тут слід враховувати наявність існуючих виконавчих пристроїв і їх узгоджене управління в залежності від заданих параметрів виробництва продукції.

3. Ступінь автоматизації і методи управління, які визначають ступінь участі оператора в технологічному процесі. Системи, що функціонують в автоматичному режимі, виключають участь оператора на всьому циклі виробництва продукції. Автоматизовані системи припускають наявність оператора і проведення поточних заходів оперативного контролю.

4. Технічну базу системи управління, що включає в себе засоби введення і контролю даних, їх обробку і перетворення, а також дії, що управляють на інтелектуальну і силову складові. Основні характеристики технічного забезпечення наступні:

- структура системи управління, яка враховує в собі централізованість технічних засобів, кількість рівнів управління і структуру побудови мережі передачі даних;

- надійність виконавчого обладнання і застосовуваної елементної бази;

- реалізація можливості поліпшення кількісних показників і збільшення набору функціональних можливостей.

5. Зручність експлуатації та обслуговування, яка визначається наявністю паспортів обладнання, повних комплектів інструкцій по експлуатації, принципових електричних схем, іншої технічної і технологічної документації.

1.4 Узагальнена архітектура автоматизованого комплексу підтримки параметрів мікроклімату

Узагальнена архітектура автоматизованого комплексу підтримки параметрів мікроклімату в теплиці, представлена на рис. 1, являє собою систему, що складається з наступних рівнів:

- нижній рівень;
- верхній рівень (серверна частина);
- клієнтський пристрій.

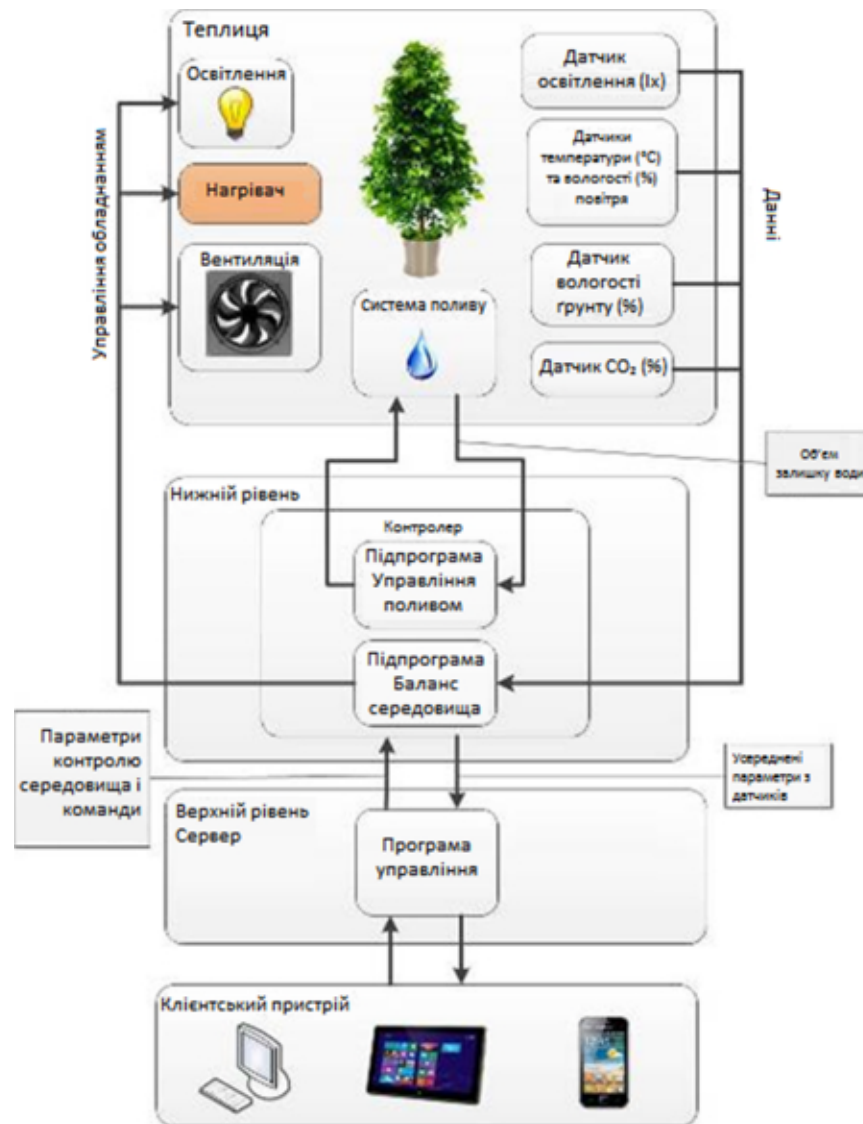


Рисунок 1.1 - Узагальнена архітектура підтримки параметрів мікроклімату в теплицях

Нижній рівень виконаний на основі мікропроцесорної платформи і забезпечує реалізацію таких функцій:

- збір даних від датчиків, розташованих усередині приміщення і передачу цієї інформації через верхній рівень клієнтському пристрою в режимі реального часу;
- здійснення управляючих впливів на виконавчі пристрої забезпечення мікроклімату.

Роботу програмного забезпечення нижнього рівня може бути реалізовано за двома напрямками:

- забезпечення контрольно-керуючих взаємодій;
- забезпечення зв'язку з верхнім рівнем.

Верхній рівень являє собою інформаційну систему, що встановлюється на сервері і клієнтських пристроях і забезпечує зворотний зв'язок між оператором і компонентами нижнього рівня використовуваного комплексу. Система реалізована на клієнт-серверній архітектурі.

Основні функції серверної частини:

- прийом і обробка інформації нижнього рівня про поточний стан комплексу;
- зберігання отриманої інформації;
- взаємодія з клієнтським програмним забезпеченням;
- транзит команд від оператора до мікропроцесорного пристрою нижнього рівня;
- зберігання і передача оптимальних значень параметрів мікроклімату в залежності від вирощуваної культури і її життєвого циклу;
- стеження за оптимальними показниками мікроклімату в режимі реального часу і вжиття заходів оповіщення в разі виникнення аварійних ситуацій.

Клієнтський пристрій може реалізовуватися на персональному комп'ютері, планшеті або мобільному телефоні і взаємодіяти з сервером

використовуючи локальну мережу або Інтернет. До основних функцій клієнтської частини можна віднести:

- запит даних з сервера або передача команд нижнього рівня системи;
- візуалізація даних;
- оповіщення оператора в разі виникнення критичної ситуації.

Дана архітектура поряд з багатьма перевагами має високу вартість компонентів, що в неї входять, що не може забезпечити її застосування в малих тепличних комплексах на основі існуючого обладнання підтримки параметрів мікроклімату виробничого приміщення.

1.5 Функціональні можливості комплексу, мета і завдання роботи

Для визначення мети випускної кваліфікаційної роботи необхідно сформулювати вимоги, що пред'являються до апаратно-програмного комплексу контролю параметрів в теплиці як до складного технологічного об'єкту. Основна функція цього об'єкта - підтримувати заданий рівень параметрів мікроклімату при використанні інтенсивних методів виробництва на основі сучасних комп'ютерних технологій управління. Такі методи вирощування овочевої продукції включають такі технологічні елементи:

- спеціальне програмне забезпечення для підтримки заданих параметрів мікроклімату;
- автоматизовані установки для подачі збалансованих по мікро- і макроелементів водних розчинів поживних речовин;
- системи крапельного поливу з визначенням рН у воді і дренажах;
- штучне освітлення, яке компенсує недолік природного сонячного світла;
- підтримка оптимальних температур в залежності від оброблюваної культури, місяця і часу доби;
- використання сучасних методів вентиляції та вуглекислотної підгодівлі для підвищення врожайності і якості готової продукції

Робочий процес комплексу має здійснюватися в автоматичному режимі з періодичним контролем температурних і вологісних параметрів всередині приміщення, а також контролю параметрів герметичності. При цьому необхідно передбачити реалізацію поточної (оперативної), автоматичної корекції, температурно-вологісних параметрів всередині теплиці в разі їх відхилення від заданих. У разі відсутності герметичності приміщення (відкриті двері) необхідно подавати сповіщає сигнал. При цьому слід передбачити можливість відключення датчиків герметичності (наприклад, в разі проведення підготовчих заходів до чергового циклу виробництва продукції).

Даний апаратно-програмний комплекс повинен забезпечувати можливість його використання при температурі навколишнього середовища від -40 до $+50$ °С, і надавати можливість підтримки внутрішньої температури в межах від $+1$ до $+30$ °С. Так само в комплексі слід передбачити можливість автоматичної підтримки параметрів вологості повітря в заданих межах незалежно від параметрів вологості зовнішнього повітря.

На підставі вищевикладених функціональних вимог метою даної роботи є розробка апаратно-програмного комплексу автоматичної підтримки параметрів мікроклімату в теплиці. Для виконання поставленої задачі необхідно вирішити такі завдання:

Розробити системно-алгоритмічну модель нижнього рівня комплексу з обґрунтуванням її структури і визначенням логічних зв'язків між блоками;

Вибрати апаратні компоненти розробленої моделі і привести алгоритмічну модель їх взаємодії;

Провести програмну реалізацію взаємодії апаратних компонентів;

Провести економічну оцінку прийнятих рішень і обґрунтувати безпечні прийоми роботи на ЕОМ.

2 СИСТЕМНО-АЛГОРИТМІЧНА МОДЕЛЬ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ

2.1 Структурна схема АПК контролю параметрів теплиці

Початковим етапом розробки системно-алгоритмічної моделі апаратно-програмного комплексу контролю параметрів теплиці є визначення кількості функціональних блоків і розробка їх структурних зв'язків. Виходячи з рекомендацій [23, 24] для надійного функціонування АПК необхідно мати такі групи обладнання:

- виконавче обладнання, представлене освітлювальними приладами (для підтримки заданих параметрів освітленості), нагрівальними елементами (для підтримки заданих параметрів температури), вентиляційним обладнанням (для підтримки вологісних параметрів і рівня вуглекислого газу), а також системи поливу (для підтримки вологісного балансу як ґрунту, так і повітря);

- вимірювальне обладнання, представлене датчиками для вимірювання освітленості, температури і вологості повітря, вологості ґрунту і вмісту вуглекислого газу в складі повітря;

- мікроконтролерний блок управління, що зчитує поточні показники датчиків, розташованих усередині теплиці, який проводить обробку цієї інформації і за її результатами здійснює управління виконавчим обладнанням;

- обладнання введення і відображення інформації, представленого клавіатурою і дисплеєм, необхідного для завдання параметрів мікроклімату (температури, вологості, освітленості, концентрації вуглекислого газу) і оперативного відображення поточної інформації.

Для визначення структурної організації комплексу розглянуте обладнання необхідно скомпонувати в функціональні блоки по типу

вирішуваних завдань. Таким чином, структурну організацію системи можна представити у вигляді функціональних блоків, які виконують однотипні завдання:

- блок управління виконавчим обладнанням (лампочками, нагрівальними елементами, вентиляторами, водяним насосом, випарниками);
- блок датчиків (освітленості, температури, вологості, вмісту вуглекислого газу, закриття дверей);
- блок керування;
- блок введення і відображення інформації;

Структурна організація комплексу представлена на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Структурна організація комплексу

Даний комплекс є самостійною системою і розрахований на тривалий, заздалегідь задане автоматичне керування процесом контролю параметрів мікроклімату в теплиці і підтримки їх в межах заданих значень.

2.2 Логічна схема взаємодії компонентів комплексу

Для розробки логічної структури взаємодії компонентів комплексу необхідно визначити перелік компонентів, що входять в кожен з блоків для реалізації покладених на них функцій на основі структурної організації системи.

Для підтримки параметрів мікроклімату в теплиці необхідно проводити вимірювання даних параметрів враховуючи інерційність їх зміни використовуючи наступне обладнання, що входить в структуру комплексу у вигляді блоку датчиків:

- датчик освітлення;
- датчик температури всередині теплиці;
- датчик температури зовні теплиці;
- датчик вологості повітря;
- датчик вологості ґрунту;
- датчик рівня CO₂;
- датчик герметичності приміщення.

Блок управління комплексом необхідно виконати у вигляді центрального керуючого і контролюючого пристрою на основі мікроконтролера. Даний блок, що виконує функції по обробці інформації та загальним управлінням системою повинен мати в своєму складі порти введення-виведення, Flash-пам'ять, щоб зберігати програми, EEPROM-пам'ять для тривалого зберігання налаштованих значень, RAM-пам'ять для оперативного зберігання змінних, АЦП для зчитування сигналів з датчиків, таймери.

Для управління виконавчим обладнанням, що безпосередньо здійснює підтримку заданих параметрів мікроклімату необхідно в блок управління виконавчим обладнанням включити блоки управління наступного призначення:

- включення штучного освітлення;

- виключення штучного освітлення;
- включення нагрівальних елементів;
- вимкнення нагрівальних елементів;
- включення водяного насоса;
- виключення водяного насоса;
- включення вентиляторів;
- виключення вентиляторів;

Для завдання параметрів мікроклімату теплиці, необхідних для вирощування певного виду овочевої продукції до складу блоку введення і відображення інформації необхідно включити наступне обладнання:

- клавіатуру, для введення параметрів або їх зміни;
- дисплей, для відображення введення або контролю поточних параметрів.

Таким чином, логічна схема взаємодії компонентів комплексу з урахуванням розглянутого устаткування представлена на рисунку 2.2.

Робочий процес апаратно-програмного комплексу контролю параметрів в теплиці здійснюється наступним чином. При первинному включенні електроживлення мікроконтролер проводить ініціалізацію системи і переводить її в робочий стан. На LCD-дисплеї відображається поточне значення температури повітря в приміщенні теплиці. Наступною дією є завдання необхідних параметрів мікроклімату, відповідних вирощуваній овочевій культурі. Дана операція виконується за допомогою кнопок клавіатури і відображається на екрані дисплея. Дані параметри включають в себе наступні групи значень:

- температура повітря в теплиці (°C);
- вологість повітря всередині теплиці (%);
- вологість ґрунту (%);
- освітленість;
- тривалість періоду штучного освітлення;
- вміст CO₂ в повітрі;

- значення інтервалу часу вирощування продукції;
- поточне значення часу.

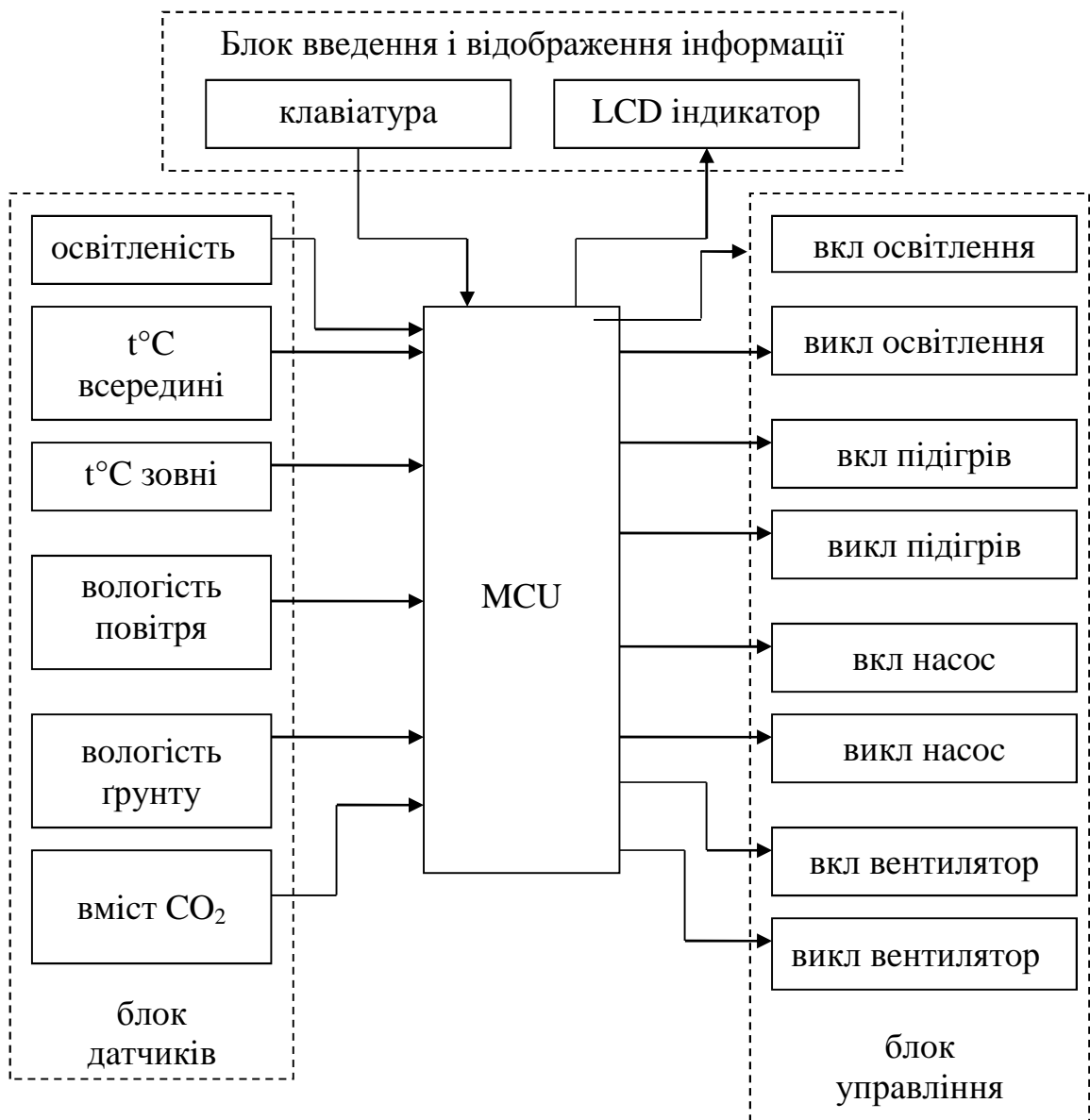


Рисунок 2.2 - Логічна структура взаємодії компонентів комплексу

Після отримання коректних параметрів необхідно задати умову «Старт». З цього моменту починається робота системи по переходу до заданих параметрів, їх автоматичної підтримки під час протікання процесу вирощування овочів.

Таким чином, на даному етапі розробки визначені логічні зв'язки між блоками комплексу і наступним етапом є вибір компонентів апаратної частини.

2.3 Вибір апаратних компонентів комплексу

Для виконання блоками вищевказаних функцій необхідно підібрати апаратні компоненти комплексу.

В якості блоку управління комплексом, виконаного у вигляді центрального керуючого і контролюючого пристрою вибираємо мікроконтролер MSP430F1132 (рисунок 2.3-2.4), розроблений корпорацією TI (Texas Instruments) виробництва США. Даний мікроконтролер має в своєму складі 16-бітне ядро RISC-архітектури, Flash-memory об'ємом 8 Кбайт і 256 байт RAM. Також є 10-розрядний АЦП і 14 ліній введення-виведення. Діапазон напруги живлення становить 1,8-3,6 V, а споживання струму в активному режимі - 280 мкА. Крім того є 16-бітний таймер А з трьома регістрами захоплення порівняння, вбудований налагоджувальний інтерфейс JTAG, а цикл вибірки інструкцій становить 125 нсек.

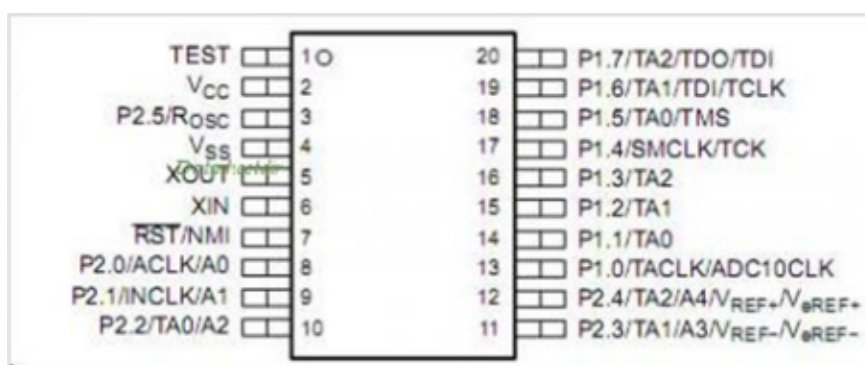


Рисунок 2.3 – Мікроконтролер MSP430F1132

До типової області застосування мікроконтролера MSP430F1132 відносяться контролюючі системи, які фіксують аналогові сигнали, перетворюють їх у цифровий код і після обробки відображають і передають

головній системі. Іншою областю застосування є автономні RF (радіочастотні) датчики. Входи порту вводу-виводу дозволяють виконати одне аналогово-цифрове перетворення інтегруючого типу резистивних датчиків. Серія MSP430F11x - економічні зі змішаною обробкою сигналів мікроконтролери.

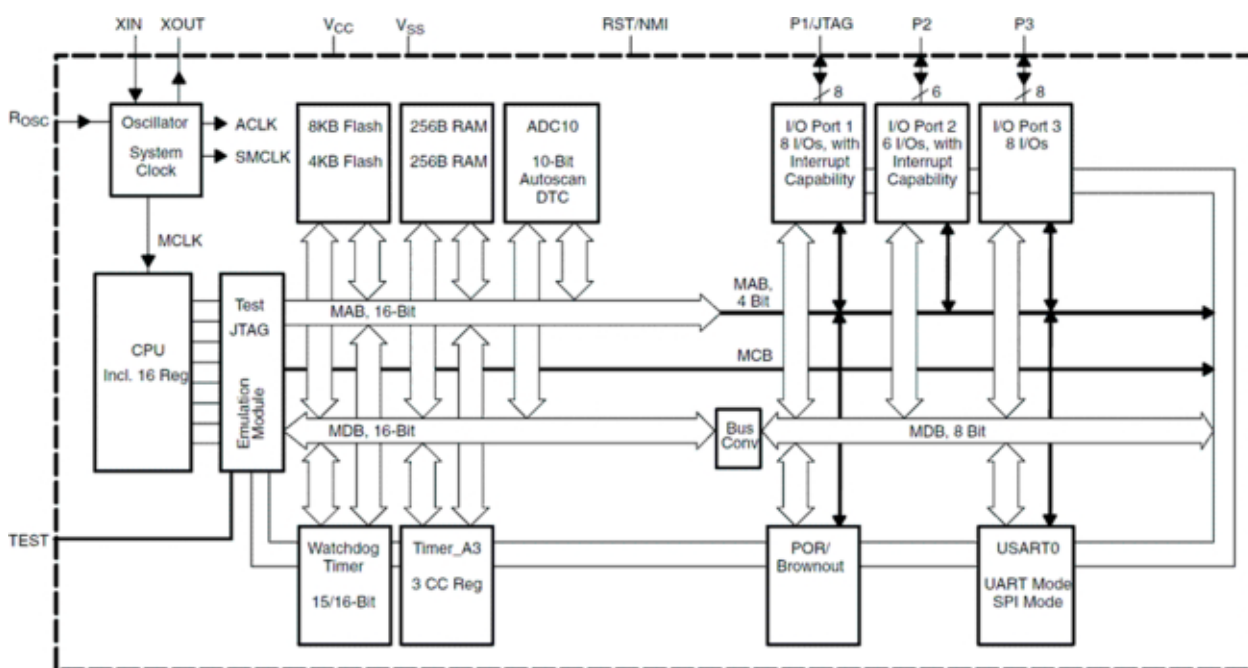


Рисунок 2.4 – Блок-схема мікроконтролера MSP430F1132

В якості датчика температури (рисунок 2.5) використовується DS18B20 [20], який являє собою цифровий термометр із програмованою роздільною здатністю від 9 до 12 біт, який можна зберігати у внутрішній незалежній

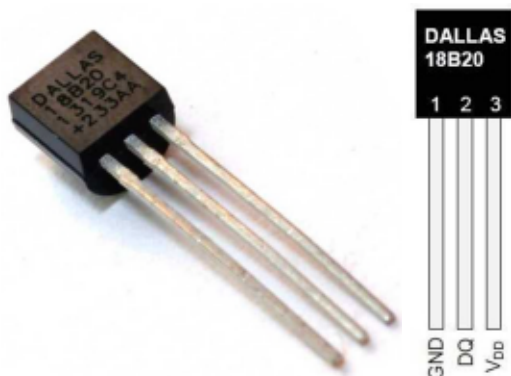


Рисунок 2.5 – датчик температури DS18B20

пам'яті EEPROM. Він обмінюється даними через 1-Wire шину і може бути єдиним пристроєм на лінії та працювати в групі. Всі процеси на шині контролюються вбудованим мікропроцесором. Всі процеси на шині управляються вбудованим мікропроцесором. Діапазон вимірювань від -55 °C до + 125 °C, а від -10 °C до + 85 °C

точність становить 0.1 °С. Крім того, DS18B20 може живитися напругою лінії даних ("parasite power"), якщо відсутнє зовнішнє джерело напруги. Таким чином, даний датчик може застосовуватися як всередині приміщення, так і зовні.



Рисунок 2.6 - Датчик освітлення ОС-100

Датчик освітлення (сонячної радіації) ОС-100 [21] забезпечує контроль інтенсивності денного світла в теплиці (рисунок 2.6). Для застосування всередині приміщення використовується друга модифікація з діапазоном 500 Вт / м². Контрольований спектр 400-1100 нм, ток сигналу виходу 4-20 мА, а довжина кабелю до 500 м. Датчик стійкий до впливу води і різних агресивних середовищ, нечутливий до конденсації вологи, володіє косинусною корекцією і має клас захисту IP65.

Датчик вологості Honeywell НН-4000 [19] призначений для вимірювання цього параметра в діапазоні від 0 - 100% (рисунок 2.7), в діапазоні температур -40 - +85 °С і має на виході напругу пропорційну вологості навколишнього середовища.

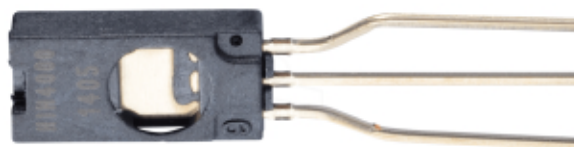


Рисунок 2.7 – Honeywell НН-4000

Датчик вологості ґрунту 10HS [22] дозволяє вимірювати об'ємний вміст вологи у великому обсязі вибірки ґрунту - 1 л. Він працює з точністю $\pm 2,5\%$ при температурі від 10 до 50 °С.



Рисунок 2.8 – Датчик CO100

Датчик контролю CO₂ CO100 [25] призначений для застосування в теплицях (рисунок 2.8). У датчику використовується змінний оптичний газовий сенсор з високою стабільністю. Діапазон 0 ... 2000 ppm, з точністю ± 50 ppm (2% від вимірюваного значення).

Вихід: 0-10 / 4-20 мА. Датчик можна застосовувати в умовах розпилення води.

LCD-індикатор на базі мікроконтролера PCF 8812, керуючий матрицею формату 65x102, має послідовний інтерфейс зв'язку, виробництва фірми Philips.

На цьому компонування системи на рівні апаратної частини завершено, і наступним етапом є вибір засобів розробки програмного забезпечення та визначення алгоритмів роботи системи в цілому.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір виконавчих пристроїв

В системі мікроконтролер повинен керувати освітленням, поливом та обігріванням теплиці.

Для обігріву теплиці часто використовується водяне чи газове оплення або електричні інфрачервоні обігрівачі. Всі вони мають свої особливості, на які слід звернути увагу при виборі обладнання:

1. Водяна установка – нагрівання повітря відбувається при контакті з металевією трубою, по якій циркулює гаряча вода. Основним недоліком цього способу обігріву теплиць є низький ККД. Розігріте повітря піднімається на дах теплиці і збирає прохолоду внизу, саме там, де потрібно більше тепла. Власник повинен збільшити потужність системи опалення для досягнення необхідних параметрів.

2. Газовий тип - принцип дії такий же, як і водяний, але замість води використовується гаряче повітря. Найбільшою проблемою цього методу є його ризик. Завжди існує небезпека пожежі, витoku газу (в такій ситуації він може проникнути в землю та отруїти рослини).

3. Опалення теплиць інфрачервоним випромінюванням (рисунок 3.1) - новітній спосіб обігріву теплицю при будь-якій погоді на вулиці. Це найкращий варіант обігріву для теплиці, але для розрахунку температури, вибору потужностей і монтажу, потрібні фахівці, інакше система працюватиме не ефективно.

ІЧ-обігрівачі під стелею теплиці - новинка в галузі опалення теплиць.

Цей метод вже став одним з найпопулярніших завдяки таким перевагам, як:



Рисунок 3.1 – Інфрачервоні випромінювачі

1. Безпека - робота інфрачервоних приладів не виділяє токсичних речовин, випромінювання є нешкідливим для людей і рослин. При правильному поводженні ризик нещасного випадку близький нулю.

2. Економічність - ефективність цих нагрівачів становить 90-95%, а споживання теплової енергії, необхідне для підтримання потрібної температури, на 1/3 менше, ніж при використанні системи з газом або водою.

3. У додатковому зволоженні теплиці немає необхідності, оскільки інфрачервоні обігрівачі передають тепло на об'єкти в приміщенні, а не на повітря, тому воно не висихає.

Таблиця 3.1 - Порівняння варіантів опалення теплиці

Варіант системи опалення	Орієнтовна ціна на зимові та холодні місяці весни та осені, грн.	Споживання енергії, Вт*год/10 м ²	Час	Опалювальна площа, м ²	Вартість монтажу, грн.
Повітряне	84 100	13200	20–40 хв.	100	від 17 000
Водяне	105 600	14150	3–4 год.	100	від 17 000
Інфрачервоні обігрівачі	36 500	9600	15–20 хв.	100	від 21 000

4. Природність та ефективність - використання інфрачервоного обігріву в теплиці створює умови, максимально наближені до справжнього природнього літа (промені проходять через повітря, нагрівають ґрунт та предмети, і вони виділяють тепло в атмосферу) Навіть при негативних зовнішніх температурах ґрунт в теплиці буде нагріватися до температури, придатної для вирощування овочів і фруктів (при -10 °С за вікном, земля в парнику може прогріватися до + 20 °С)[26].

Отже, для обігріву теплиці будемо використовувати інвачервоне обладнання, оскільки воно володіє багатьма перевагами над іншими типами.

Для поливу будемо використовувати крапельну систему. Вона складається з труб, крапельниць та електроклапана для води. Електромагнітний клапан призначений для включення або виключення подачі рідини або газу в трубопроводі при подачі на нього відповідного електричного сигналу. Будемо використовувати клапан 2W21(рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Клапан 2W21

Для вентиляції буде використано вентилятори. Завдяки ним буде поступати свіже повітря і одночасно витягуватися тепле повітря та вологість.

Освітлення в теплиці буде виконане за допомогою світлодіодних світильників. На сьогоднішній день для організації ефективного освітлення теплиць все частіше використовують світлодіодні лампи, які випромінюють світло в потрібному діапазоні, що дозволяє мінімізувати ризики захворювань, знизити час дозрівання культури, поліпшити показники врожайності і т.д. Ефективність світлодіодних ламп для освітлення теплиць, в порівнянні з іншими освітлювальними приладами, вже доведена на практиці і в теорії.

Вагомою перевагою світлодіодів перед газорозрядними або люмінесцентними освітлювальними приладами є можливість створення оптимального співвідношення червоного та синього світла, що підходить для всіх без винятку культур. Іншими плюсами світлодіодів є: мінімальна витрата електроенергії; достатня інтенсивність потоку світла; тривалий термін експлуатації (до 80 000 годин); високий ККД (більше 95%); низька пульсація і мерехтіння світла; екологічна безпека (прилади не містять ртуті).

3.2 Командна архітектура комплексу

Командна архітектура апаратно-програмного комплексу контролю параметрів в теплиці на рисунку 3.3.

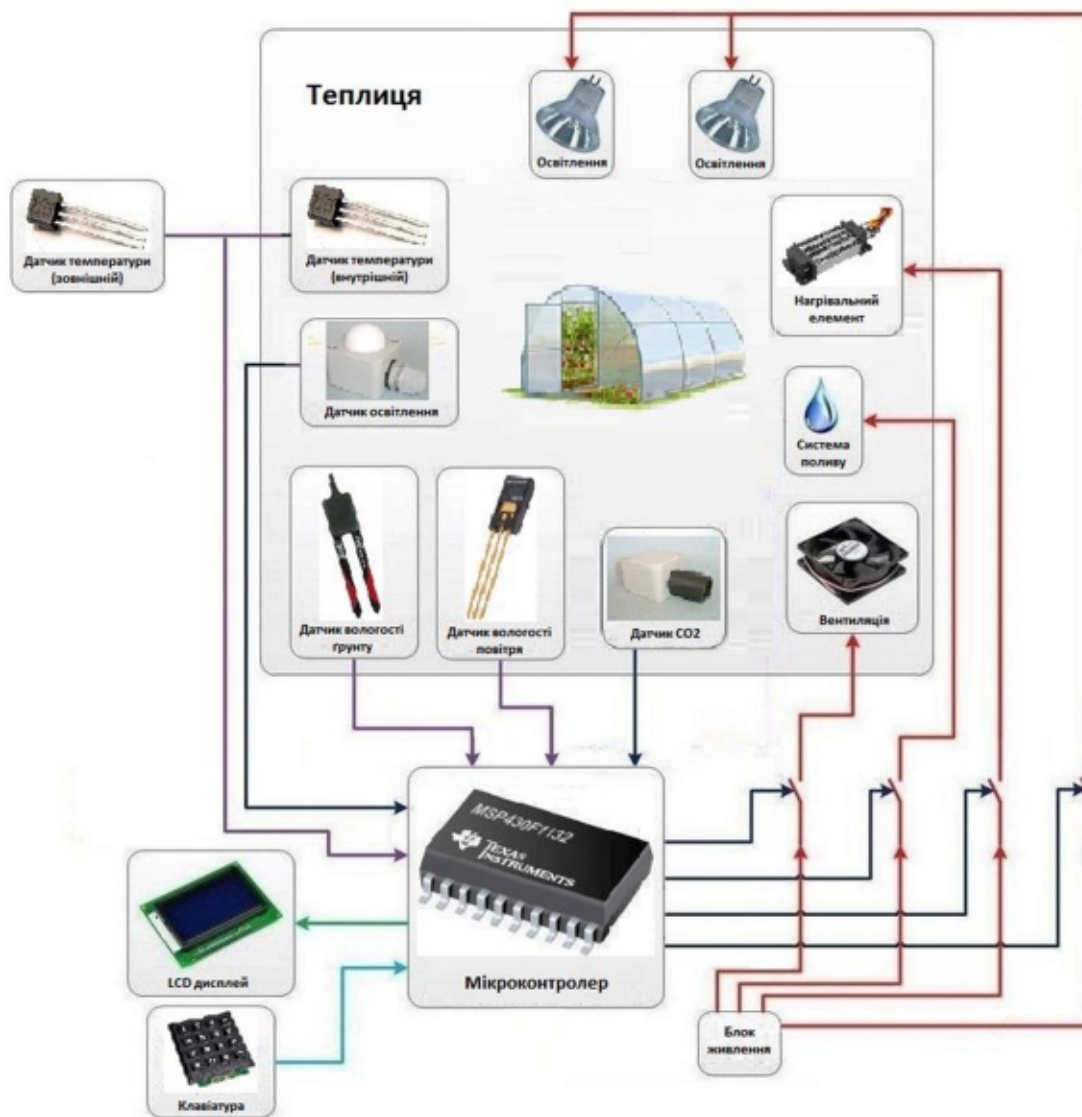


Рисунок 3.3 – Командна архітектура комплексу

Для вирощування овочевої культури необхідно поставити оптимальні значення параметрів. Для цього оператору відповідно до інструкції користувача необхідно задати значення даних параметрів. Після запуску системи комплекс в автоматичному режимі буде контролювати введені значення параметрів за допомогою керованих пристроїв.

Слід зазначити, що в зв'язку неоднорідністю промокання ґрунту під час поливу використовуються подвійну кількість датчиків вологості ґрунту, що сприяє більш точному визначенню такого параметра як вологість ґрунту.

3.3 Розробка алгоритмів взаємодії компонентів комплексу

Основними параметрами, необхідними для успішної реалізації процесу вирощування овочевої продукції є температура і вологість, тому при розробці алгоритмів взаємодії компонентів комплексу необхідно реалізувати два основних алгоритму:

- алгоритм підтримки заданої температури приміщення;
- алгоритм підтримки заданої вологості ґрунту.

Алгоритм підтримки заданої температури являє собою послідовності виконуваних дій, спрямованих на підтримку заданого параметра температури всередині приміщення теплиці.

Даний алгоритм показаний на рисунку 3.4. Він реалізується після проведення початкової ініціалізації і переходу системи в основний робочий режим. Тут необхідно поставити рекомендовану температуру всередині приміщення ($t_{\text{зад}}$), а також максимальну (t_{max}) і мінімальну температуру (t_{min}), в межах яких допускається зростання і розвиток рослин. Якщо температурні параметри виходять за межі цього інтервалу, то це може привести до загибелі рослин.

Процес підтримки заданих параметрів температури викликається годинами реального часу з інтервалом в 5 хвилин. Проводиться вимір поточного значення температури усередині теплиці з відображенням його на індикаторі. Результат вимірювання ($t_{\text{пот}}$) порівнюється з заданими граничними (мінімальним і максимальним) значеннями.

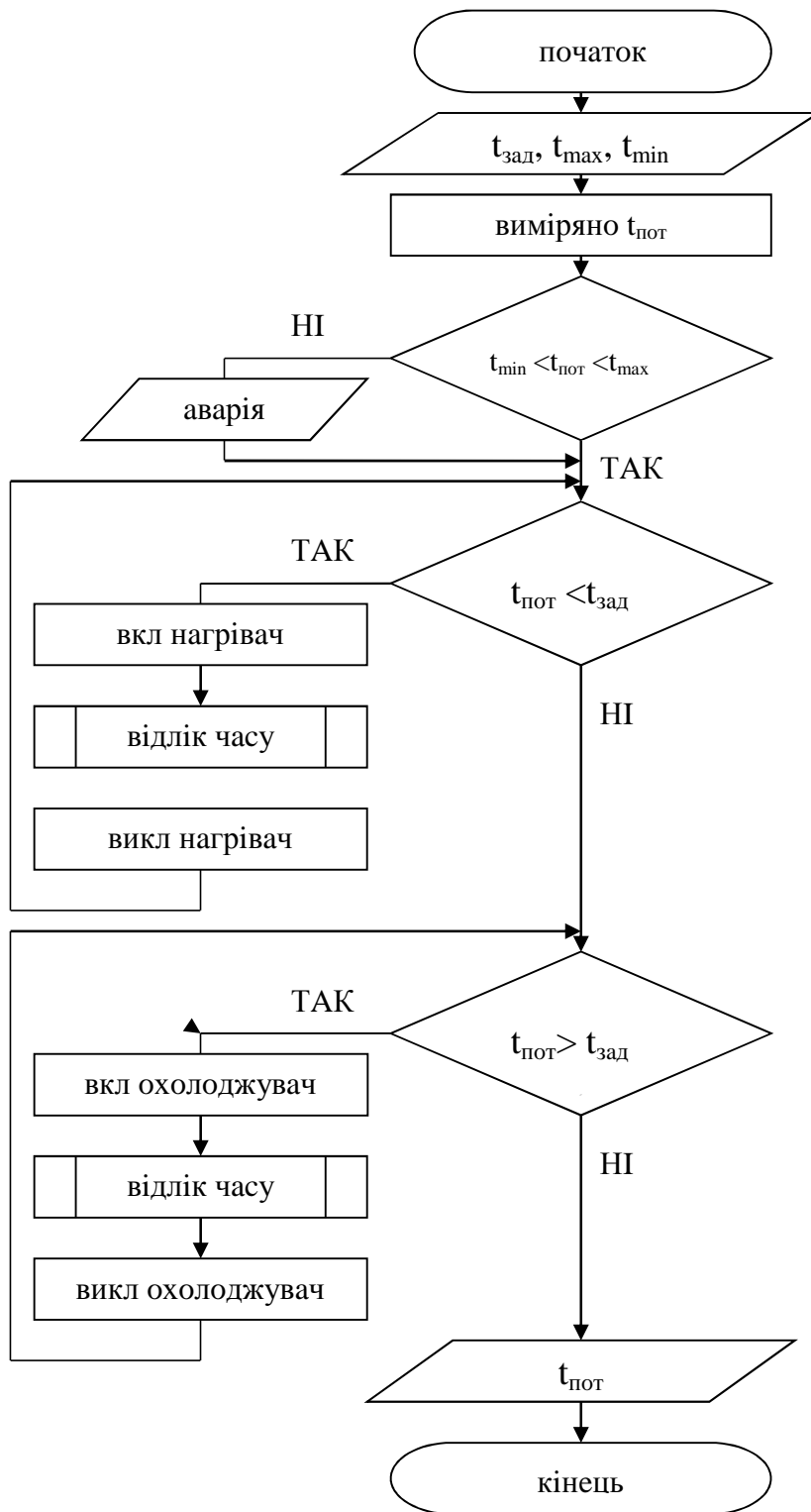


Рисунок 3.4 – Алгоритм підтримки заданої температури

У разі, якщо температура лежить за межами цього інтервалу, то на екран дисплея виводиться повідомлення нештатної (аварійної) ситуації.

При цьому комплекс не припиняє процес регулювання температури і в автоматичному режимі намагається повернути параметри температури в заданий інтервал. Такий варіант можливий при короткочасному збої в електроживленні комплексу.

Якщо поточне значення параметра лежить всередині дозволеного температурного інтервалу, то проводиться порівняння $t_{\text{пот}}$ з $t_{\text{зад}}$. При збігу даних параметрів (регулювання не потрібно) проводиться відображення поточного значення температури на дисплеї і завершується черговий цикл вимірювань.

У разі розбіжностей поточної температури з заданою, система виконує її корекцію. При виконанні умови $t_{\text{пот}} < t_{\text{зад}}$ проводиться включення нагрівача і передається керування підпрограмі відліку часу. Дану дію необхідно виконувати протягом декількох хвилин (в залежності від обсягу теплиці і кількості нагрівальних елементів) оскільки нагрівання повітря є інерційним процесом.

Після відліку часу роботи нагрівача, він відключається і відбувається повторний замір температури в приміщенні. У разі недостатньої температури повітря проводиться повторне нагрівання. Ці дії повторюються, поки температура не досягне оптимального (встановленого) значення.

При виконанні умови $t_{\text{пот}} > t_{\text{зад}}$ проводиться включення вентилятора, при роботі якого відбувається охолодження приміщення. Дії з регулювання процесу охолодження аналогічні діям по нагріванню приміщення.

Алгоритм підтримки заданої вологості являє собою послідовності виконуваних дій, спрямованих на підтримку заданого параметра вологості всередині теплиці і представлений на рисунку 3.5. Даний алгоритм також реалізується після проведення початкової ініціалізації і переходу системи в основний робочий режим. Тут необхідно поставити рекомендовану вологість ґрунту ($w_{\text{зад}}$), а також максимальну (w_{max}) і мінімальну вологість (w_{min}), в межах яких допускається зростання і розвиток рослин. Якщо параметри

вологості знаходяться поза цим інтервалом, то рослини можуть засохнути, або навпаки згнити.

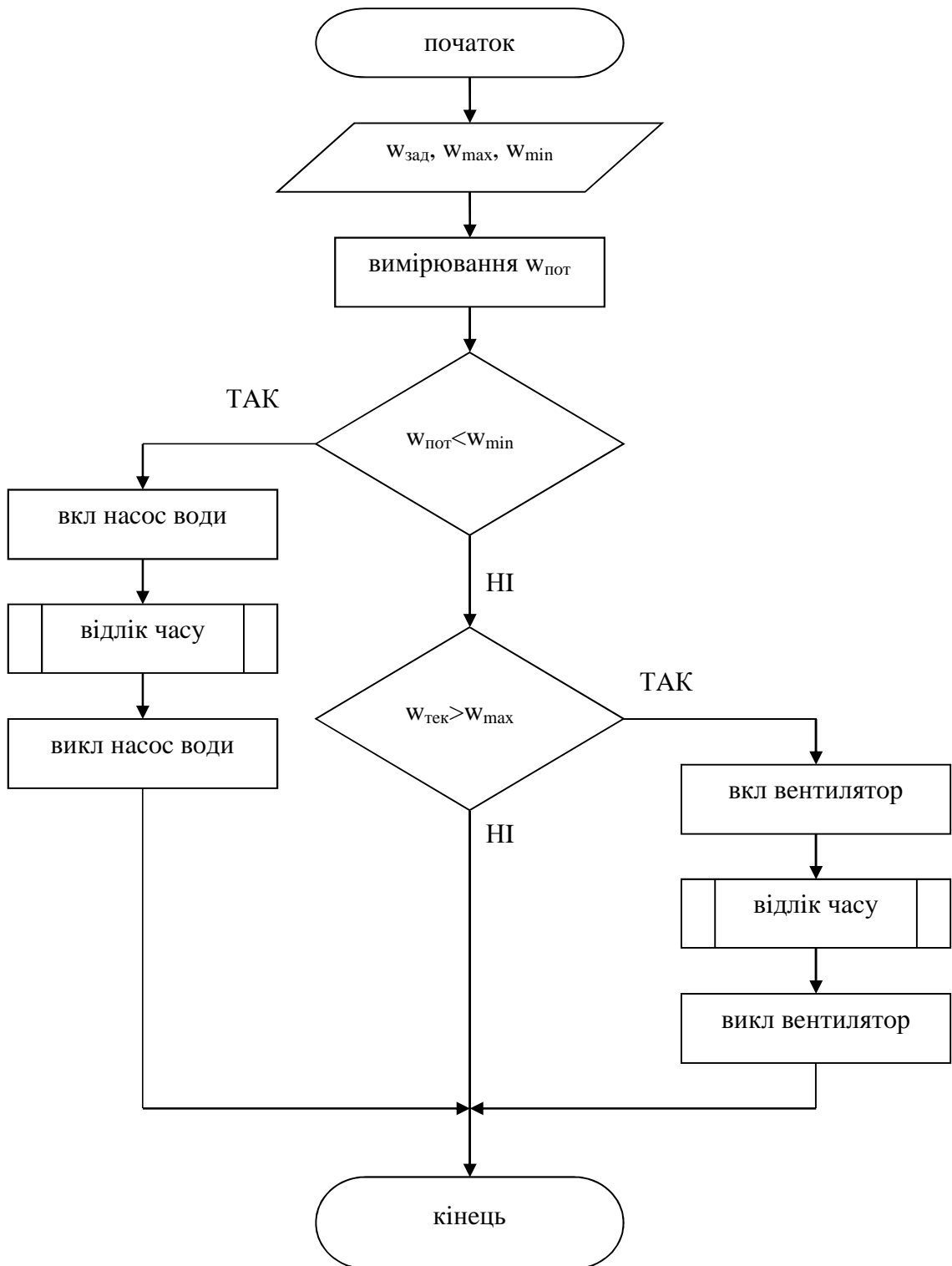


Рисунок 3.5 – Алгоритм підтримки заданої вологості

Для регулювання параметрів вологості блок мікроконтролерного керування проводить вимірювання за допомогою відповідного датчика. У разі, якщо вимірюваний параметр менше мінімального порогового значення, то включається насос подачі води на заздалегідь запрограмований час. Після процесу повітряно-краплинного розпилення води насос вимикається і повторне вимірювання вологості відбувається через 12 годин.

У разі, якщо вологість більше заданої, то включається система вентиляції на заданий час. Це призводить до поліпшення природної циркуляції повітря всередині приміщення.

Слід зазначити, що періодичне включення системи вентиляції як для регулювання температурних параметрів, так і параметрів вологості забезпечує циркуляцію повітря. Така примусова циркуляція здійснює балансування вмісту вуглекислого газу всередині приміщення і наближає цей параметр до природного значення в складі повітря.

Таким чином, на даному етапі проектування розробка системно-алгоритмічної моделі апаратно-програмного комплексу автоматичного контролю параметрів мікроклімату теплиці завершена і подальшими кроками є програмна реалізація розроблених алгоритмів.

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ

4.1 Вибір засобів розробки

Для розробки ПО мікроконтролера MSP430F1132 була вибрана мова Сі, як найбільш універсальна мова для програмування вбудованих систем. Код Сі може бути скомпільований без змін майже на всіх моделях комп'ютерів, але він має деяку надмірність, тому для написання відповідальних фрагментів був використаний асемблер.

Мова Сі характеризується стислістю, стандартним набором структур управління потоками, структурами даних та великим набором операцій. Мова цінується за ефективність. Це найпопулярніша мова для розробки системного програмного забезпечення. Вона часто використовується при розробці додатків. Хоча Сі не була розроблена для початківців, вона активно використовується у навчанні програмуванню. Пізніше синтаксис Сі став основою багатьох інших мов. Мова Сі має багато особливостей, таких як:

1. Вона є будівельним елементом для багатьох інших відомих нині мов. Мова С має різноманітні типи даних і потужні оператори. Завдяки цьому програми, написані мовою С, ефективні, швидкі та легкі для розуміння.

2. Сі - дуже портативна мова. Це означає, що програми, написані для одного комп'ютера, можуть легко працювати на іншому комп'ютері без будь-яких змін або шляхом невеликих змін.

3. В ANSI мови Сі є лише 32 ключові слова, і його сила полягає у вбудованих функціях. Доступно кілька стандартних функцій, які можна використовувати для розробки програм.

4. Ще однією важливою перевагою Сі є його здатність поширюватися. Програма Сі - це, в основному, сукупність функцій, які підтримуються бібліотекою Сі. Це полегшує додавання наших власних функцій до

бібліотеки мови. Завдяки наявності великої кількості функцій програмування стає простим.

5. Мова Сі - це структурована мова програмування. Це змушує користувача думати про проблему з точки зору функціональних модулів або блоків. Колекція цих модулів складає повну програму. Ця модульна структура полегшує налагодження, тестування та обслуговування програм.

4.2 Програмна реалізація секції ініціалізації комплексу

Ініціалізація комплексу необхідна для налаштування вбудованого обладнання мікроконтролера згідно його технічним описом шляхом запису даних в реєстри управління.

Для обміну інформацією з контролером РСF8812 використовується програмно реалізований послідовний SPI-інтерфейс (додаток А).

4.3 Програмна реалізація роботи клавіатурної матриці

Модуль роботи з клавіатурною матрицею реалізований на мові асемблер і використовує апаратні особливості мікроконтролера. Для опитування кнопок на лінії стовпців матриці виставляється нульовий рівень сигналу, і дозволяються переривання по входах, закріплених за рядками матриці на порту мікроконтролера. Натиснуті кнопки викличуть апаратні переривання порту. В процесі обробки переривань буде запрограмований таймер, який створить апаратну затримку довжиною 50 мс, для усунення ефекту брязкоту механічного контакту. Після цього в обробнику переривання по таймеру буде вираховано код натиснутої клавіші і переданий в основний модуль програми. Таким чином, достатньо короткого програмного звернення для ініціювання опитування матриці (додаток А).

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Програмна реалізація 1-Wire інтерфейсу для зв'язку з цифровим термометром

Фрагмент програми управління цифровим термометром DS-1820 взятий із прикладів застосування мікроконтролерів MSP 430 фірми TI, наявних на сайті виробника у вільному доступі. І реалізований на мові асемблера в зв'язку з тим, що 1-Wire інтерфейс чутливий до зміни часових характеристик. Асемблер надає можливість врахувати тривалість циклів використовуваних команд. У зв'язку з цим, перед використанням циклу обміну інформацією, необхідно заборонити всі апаратні переривання і дозволити їх на виході з програми (додаток А).

Після зчитування даних з цифрового термометра їх необхідно перетворити в десяткову систему числення для виведення на індикатор.

5.2 Програмна реалізація вимірювання вологості

Для підтримки заданої вологості всередині камери необхідно зчитати інформацію з датчика вологості. Оскільки дана інформація представлена в аналоговому вигляді, її необхідно перетворити в цифровий код для подальшої обробки. Для цього скористаємося вбудованим АЦП. Отримане цифрове значення необхідно порівняти з заданим, і вдатися до дій за результатами порівняння (додаток А).

5.3 Програмна реалізація відображення інформації на LCD-індикаторі

Мікроконтролер графічного індикатора має організацію 102x65 пікселів, при цьому видимих на екрані 96x64 пікселя. Для зручності використання екран умовно розділений на дві частини. У нижній частині

реалізовано відображення цифрових значень вимірюваних параметрів, а у верхній - назва даних параметрів. Для наочності зображення цифрової інформації необхідно використовувати матрицю з розміром символу 15x32 пікселя, що може бути програмно реалізовано зі стандартної цифрової матриці 5x7 (додаток А).

Для відображення назви режимів роботи можливе використання матриці з розміром символу 6x16 пікселя, реалізовано програмно з матриці 6x8.

5.4 Інструкція користувачеві

При первинному включенні пристрою запрограмовані наступні початкові параметри: температура - 20°C, вологість - 75%, автоматична підтримка температури - вимкнено. Комплекс знаходиться в стані вимірювання і індикації поточної температури всередині приміщення. Перегляд і програмування параметрів здійснюють за допомогою трьохкнопкової клавіатури. Кнопки мають аббревіатуру: «вліво», «вправо» і «введення». За допомогою кнопок «вліво» чи «вправо» в режимі індикації поточної температури можливий перегляд параметрів у вигляді однорядкового меню: поточна температура, поточна вологість і поточний день вирощування продукції. Відображення значення запрограмованого параметра значення установок на екрані здійснюється натисканням кнопки «введення». Якщо запрограмоване значення змінювати не потрібно, то повторним натисканням кнопки «введення» повертаємося до попереднього стану. При необхідності зміни значення обраного параметра необхідно скористатися кнопками «вліво» чи «вправо».

У кожному пункті меню в режимі програмування кнопки «вліво» і «вправо» мають свої функції:

- при зміні температури кнопка «вліво» дозволяє додавати цілу частину значення (одиниці градусів). Дійшовши до значення 35 відбувається перехід

на значення 01, таким чином, перебір значень здійснюється по колу, від меншого до більшого. Кнопка «вправо» аналогічно змінює десяті частки градуса від 0 до 9.

- при зміні вологості кнопка «вліво» зменшує, а кнопка «вправо» збільшує значення програмованої вологості з дискретністю 5% в діапазоні від 0 до 100%.

- при зміні часу вирощування овочів (подобово) кнопка «вліво» зменшує, а «вправо» - збільшує кількість діб в інтервалі 0 - 290 з кроком в 1 добу. Стан «0» символізує відмову від автоматичного процесу вирощування.

Після зміни обраних значень для їх збереження необхідно натиснути кнопку «введення». При відмові від обраних дій (не завершених кнопкою «введення») система через 30 сек перейде в стан показань поточної температури без збереження програмованого параметра.

Старт автоматичної підтримки параметрів зберігання овочів здійснюється тільки при умові завдання хоча б однієї доби часу зберігання.

При зміні значення програмованого параметра часу вирощування продукції, відлік показань поточного значення починається з нуля.

Після закінчення періоду обробітку овочів система автоматично відключається і переходить в стан індикації поточної температури всередині камери. Запрограмоване значення періоду вирощування стає рівним нулю.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

При роботі за комп'ютером людина піддається впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що впливають на працездатність і здоров'я людини [1]. До цих факторів можна віднести:

- порушений мікроклімат - підвищена або недостатня вологість повітря, підвищена температура, завдяки теплу, що виділяється комп'ютером і допоміжним обладнанням, а також освітлювальними приладами. Існують також зовнішні джерела тепла - тепло, яке надходить через вікна приміщення і через огорожувальні конструкції;

- підвищений рівень шуму, який виникає через роботу друкуючих пристроїв, установок кондиціонування, перетворювачів напруги;

- запиленість повітря;

- недостатня освітленість робочої зони;

- статичну електрику, що накопичується в результаті складного процесу контактної електризації, при якому відбувається утворення і поділ позитивних і негативних електричних зарядів на межі розділу двох середовищ.

- електричний струм, оскільки комп'ютер є електроустановкою;

- психофізичні чинники, такі як розумове перенапруження, що виникає в результаті необхідності обробки великого обсягу інформації і постійного розумового напруження при написанні програми, перенапруження зорових аналізаторів в зв'язку з постійною концентрацією зору на моніторі комп'ютера;

- пожежна безпека.

Вплив зазначених несприятливих факторів призводить до зниження працездатності, що викликане розвинутою втомою.

Мікроклімат впливає на організм людини, тому він вивчається і нормується. Він визначається температурою, швидкістю руху і вологістю повітря, температурою поверхонь, інтенсивністю теплового опромінення і атмосферним тиском. Вологість і температура повітря впливають на терморегуляцію людини, підвищена вологість є несприятливим фактором, як при низьких температурах, так і в жарких умовах. Дослідження показали, що високі температури при високій вологості повітря суттєво впливають на працездатність оператора. При таких умовах різко збільшується час сенсомоторних реакцій, порушується координація рухів, збільшується кількість помилок. Висока температура негативно позначається і на ряді психологічних функцій людини. Зменшується об'єм інформації, що запам'ятовується, різко знижується здатність до асоціацій, погіршується перебіг асоціативних і рахункових операцій, знижується увага.

Сильний шум викликає труднощі в розпізнаванні колірних сигналів, знижує швидкість сприйняття кольору, гостроту зору, порушує сприйняття візуальної інформації, а також знижує здатність швидко і точно виконувати координовані рухи, що зменшує на 5-12% продуктивність праці. Окрім зниження продуктивності, високий рівень шуму спричиняє погіршення слуху і появи приглухуватості.

Ряд речовин в пилоподібному стані справляє на організм людини фіброгенну дію, викликає подразнення слизових оболонок дихальних шляхів, осідає в легенях. Пил може призводити до розвитку професійних бронхітів, пневмоній, астми. Під її впливом розвиваються кон'юнктивіти, лущення, екземи, дерматити та ін. Деякі речовини, потрапляючи інгаляційним шляхом в організм людини, діють як канцерогени.

Недостатня освітленість приміщення згубно позначається на зорових органах людини, викликає підвищену стомлюваність очей.

Електростатичне поле сприяє осіданню пилу і аерозольних часток на обличчі, шиї, руках. Так, в залежності від природи аерозольних забруднюючих частинок у деяких особливо чутливих до подібного впливу

людей можуть виникати ті чи інші шкірні реакції - сухість, алергія. Ще один потенційно шкідливий вплив електростатичного поля - це вплив на іонний склад повітря. Одним з основних поглиначів аероіонів повітря є кінескопи телевізорів і моніторів. Аероіони (негативно заряджені іони, заряд «-») підвищують розумову і фізичну працездатність, зміцнюють нервову систему.

При роботі з електроприладами велика ймовірність ураження електричним струмом. За кількістю травм при роботі з комп'ютером, ураження електричним струмом посідає друге місце після травм, отриманих в результаті виконання будь-яких інших робіт.

До зниження працездатності призводить вплив таких психофізичних чинників, як розумова перенапруга, перенапруження зорових і слухових аналізаторів, а також монотонність праці. Вплив монітора, крім різних випромінювань характеризується фактором сприйняття зображення людиною. Справа в тому, що око із труднощами фокусується на зображенні, яке залишає на екрані електронний промінь, що веде до підвищеної стомлюваності і появи головного болю.

6.2 Заходи щодо обмеження негативних впливів небезпечних і шкідливих факторів

Для підтримки здоров'я і працездатності людини в нормальних межах розроблені ДСанПіН 3.3.2.007-98, в яких представлені оптимальні і допустимі значення параметрів мікроклімату.

Там де робота на комп'ютері є основною і пов'язана з нервово-емоційним напруженням, повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату, передбачені діючими санітарними нормами виробничих приміщень (таблиця 4). У виробничих приміщеннях, де робота на ПЕОМ є допоміжною, параметри мікроклімату повинні підтримуватися відповідно до категорії основних робіт. До категорії 1а відноситься сидяча робота і не потребує фізичної напруги, при якій витрата енергії складає до 120 ккал / год;

до категорії 1б відносяться роботи, що виконуються сидячи, стоячи або ходячи, супроводжуючись фізичними навантаженнями, при яких споживання енергії становить від 120 до 150 ккал / год.

Таблиця 6.1 - Оптимальні норми мікроклімату для приміщень з ПЕОМ

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м / с.
холодний	легка - 1а	22-24	40-60	0,1
	легка - 1б	21-23	40-60	0,1
теплий	легка - 1а	23-25	40-60	0,1
	легка - 1б	22-24	40-60	0,2

З метою профілактики несприятливого впливу мікроклімату використовують захисні заходи: системи місцевого кондиціонування повітря, повітряне душування, компенсацію несприятливого впливу одного параметра мікроклімату шляхом заміни іншим, спецодяг та інші засоби індивідуального захисту, приміщення для відпочинку і обігріву, перерва в роботі, скорочення робочого дня і ін.

Санітарно-епідеміологічні правила і норми ДСанПіН 3.3.2.007-98 регламентують шум, створюваний ПЕОМ і шум на робочому місці. Шум у виробничих приміщеннях, де робота на комп'ютері є основною або допоміжною, не повинен перевищувати гранично допустимих рівнів, передбачених для даних видів робіт.

Для запобігання згубних впливів шуму необхідно дотримувати правильну експлуатацію обладнання, його профілактичне обслуговування і своєчасний ремонт.

Для зниження шуму застосовують глушники з використанням звукопоглинальних матеріалів, екрани, що захищають працюючого від прямого впливу звукової енергії. Для боротьби з шумом на шляху його поширення встановлюють звукоізолюючі і звукопоглинаючі конструкції, а також глушники аеродинамічних шумів. Серед засобів індивідуального

захисту можна виділити протишумові шоломофони, навушники, заглушки. Боротьба з джерелами шуму дуже затруднена, так як вони (джерела) закладені в конструкцію виробу. Найбільш дієвим способом полегшення робіт, є короточасні відпочинки протягом робочого дня при вимкнених джерелах шуму.

Для підтримки в приміщеннях нормального, що відповідає гігієнічним вимогам, складу повітря, видалення з нього шкідливих газів, парів і пилу використовують вентиляцію. Механічна вентиляція, в залежності від напрямку руху повітряних потоків, може бути витяжною (відсмоктує), припливною (нагнітаючою) і припливно-витяжною. Якщо вентиляція відбувається в усьому приміщенні, то її називають загальнообмінною. Вентиляція, зосереджена в будь-якій зоні, називається місцевою (локалізуючою).

Також необхідно, щоб в приміщенні кожен день проводилося вологе прибирання. У приміщенні не повинно бути скупчення паперових виробів. Меблі повинні бути з екологічно чистих матеріалів.

Природне освітлення повинно здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ і північний схід і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,2% в зонах зі стійким сніжним покривом і нижче 1-5% на решті території. Зазначені значення КПО нормуються для будівель, розташованих в III світловому кліматичному поясі. Розрахунок КПО для інших поясів світлового клімату проходить за загальноприйнятою методикою відповідно до ДБН "Природне і штучне освітлення». Розташування робочих місць з ВДТ і ПЕОМ для користувачів в підвальних приміщеннях не допускається. У випадках виробничої необхідності, експлуатація ПЕОМ в приміщеннях без природного освітлення може проводитися тільки за погодженням з органами і установами Державного санітарно-епідеміологічного нагляду. Штучне освітлення в приміщеннях експлуатації ПЕОМ повинне здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративно-

громадських приміщеннях, у разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (до загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення, призначені для освітлення зони розташування документів). Місцеве освітлення не повинно створювати відблисків на поверхні екрану і збільшувати освітленість екрана більш 300 лк. Слід обмежувати прямі відблиски від джерел освітлення. При цьому яскравість світлових поверхонь (вікна, світильники тощо.), що знаходяться в полі зору, повинна бути не більше 200 кд/кв.м. Слід обмежувати відбиті блиски на робочих поверхнях (екран, стіл, клавіатура та ін.) за рахунок правильного вибору типів світильників і розташування робочих місць по відношенню до джерел природного та штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на екрані ВДТ і ПЕОМ не повинна перевищувати 40 кд/кв.м та яскравість стелі, при застосуванні системи відбитого освітлення, не повинна перевищувати 200 кд / кв.м. Слід обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору користувача ВДТ і ПЕОМ, при цьому співвідношення яскравості між робочими поверхнями не повинно перевищувати 3: 1 - 5: 1, а між робочими поверхнями і поверхнями стін і устаткування 10: 1.

В якості джерел світла при штучному освітленні повинні застосовуватися переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. При влаштуванні відбитого освітлення у виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях допускається застосування металогалогенних ламп потужністю до 250 Вт. Допускається застосування ламп розжарювання в світильниках місцевого освітлення. Загальне освітлення слід виконувати у вигляді суцільних або переривчастих ліній світильників, розташованих збоку від робочих місць, паралельно лінії зору користувача при рядному розташуванні ПЕОМ. При розташуванні комп'ютерів по периметру, лінії світильників повинні розташовуватися локалізовано над робочим столом ближче до його переднього краю, зверненого до оператора. Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50 до 90 градусів з

вертикаллю в подовжній і поперечній площинах повинна складати не більше 200 кд/кв. м, захисний кут світильників повинен бути не менше 40 градусів. В Україні безпеку рівнів іонізуючих випромінювань комп'ютерних моніторів регламентується ДСанПіН 3.3.2.007-98 . Він обмежує потужність дози рентгенівського випромінювання величиною 100 мкР / год на відстані 5 см від поверхні екрану монітора.

Електричні і електромагнітні поля, створювані комп'ютером, регламентуються ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Крім цього монітор комп'ютера повинен відповідати стандарту ТСО'99 або ТСО'92.

Необхідно уникати односпрямованих електромагнітних випромінювань, дотримуватися робочої відстані від джерел випромінювання.

З огляду на шкідливий вплив електростатичних полів, розроблені ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Тому необхідно забезпечити гарне кондиціонування повітря і вентиляцію, а також частіше провітрювати приміщення з комп'ютерною технікою.

При проведенні налагоджувальних і профілактичних робіт, а також в процесі експлуатації засобів обчислювальної техніки може виникнути можливість ураження людини електричним струмом. Людина може доторкнутися до провідників, які знаходяться під напругою електричного струму. У зв'язку з цим обслуговування діючих обчислювальних машин, проведення різних переключень і ремонтних робіт вимагають суворого виконання ряду організаційних і технічних заходів і засобів, покликаних забезпечити захист людей від небезпечного впливу електричного струму і статичної електрики. Обсяг і зміст організаційних і технічних заходів, а також необхідні технічні засоби визначають виходячи з величини напруги електроустановки, умов навколишнього середовища та категорії робіт.

Електрообладнання обчислювальних центрів (ОЦ), в основному, відноситься до установок до 1000В, виняток становлять дисплеї, в яких напруга живлення анодів електронно-променевої трубки становить кілька кіловольт. Щоб позбутися від небезпеки ураження електричним струмом або

хоча б звести її до мінімуму, необхідні запобіжні заходи. З цією метою з майбутнім працівником проводять первинний і вступний інструктаж. Для усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, тобто при замиканні на корпус використовуємо захисне заземлення, дія якого заснована на малому опорі заземлювача. Заземлення здійснюють за допомогою заземлюючого пристрою, що складається з заземлювача і заземлюючих провідників.

6.3 Пожежна безпека

В сучасних ПЕОМ дуже висока щільність розміщення елементів електронних схем. У безпосередній близькості один від одного розташовуються сполучні дроти, комутаційні кабелі. При протіканні по них електричного струму виділяється значна кількість теплоти, що може привести до підвищення температури окремих вузлів до 80 - 100 ° С. При цьому можливе плавлення ізоляції сполучних проводів, їх оголення і, як наслідок, коротке замикання, яке супроводжується іскрінням, веде до неприпустимих перевантажень елементів електронних схем.

Пожежа на виробництві може виникнути внаслідок причин неелектричного і електричного характеру.

До причин неелектричного характеру відносяться:

- несправність виробничого обладнання та порушення технологічного процесу;
- халатне і необережне поводження з вогнем (паління, залишення без нагляду нагрівальних приладів);
- неправильне влаштування та несправність вентиляційної системи;
- самозаймання речовин.

До причин електричного характеру відносяться:

- коротке замикання;

- перевантаження проводів;
- великий перехідний опір;
- іскріння;
- статична електрика.

У приміщенні не повинно бути легкозаймистих матеріалів. Воно повинно бути обладнане вуглекислотними або порошковими вогнегасниками. Вони повинні бути розміщені на видному легкодоступному місці на висоті не більше 1,5 м від підлоги і на відстані від можливого загоряння не далі 20 м, тому що приміщення належить до категорії В.

У разі виникнення пожежі електроприладів, то необхідно залишити приміщення, повідомити в пожежну службу, відключити електроенергію і, якщо спалах локальний, здійснити гасіння вогнегасниками.

На кожному вогнегаснику є етикетка із зазначенням його марки, описом підготовки до роботи і приведенням його в дію.

Якщо використовуються вуглекислотні вогнегасники, то необхідно бути обережним і не торкатися до розтруба, який може сильно охолодитися. Також слід врахувати, що вуглекислий газ витісняє повітря і знаходження в такому приміщенні небезпечно. При гасінні необхідно піднести вогнегасник за ручку до вогнища спалаху, направити розтруб на вогонь, висмикнути чеку, натиснути важіль. Можна багато разів запускати вогнегасник в роботу.

Порошковий вогнегасник доставляється до місця загоряння на відстань не далі 5 м, висмикують чеку, відхиляють горловину в сторону від себе і натискають на важіль. Подавати порошок можна багаторазово.

У разі, коли вогонь швидко поширюється, необхідно провести евакуацію людей з будівлі згідно з планом евакуації.

6.4 Організація робочого місця оператора ЕОМ

При розміщенні робочих місць з ПЕОМ відстань між робочими столами з моніторами (у напрямі тилу поверхні одного відеомонітора і

екрану іншого відеомонітора) повинно бути не менше 2,0 м, а відстань між бічними поверхнями відеомоніторів - не менше 1,2 м.

Робочі місця з ПЕОМ в приміщеннях з джерелами шкідливих виробничих факторів повинні розміщуватися в ізольованих кабінах з організованим повітрообміном. Робочі місця з ПЕОМ при виконанні творчої роботи, що вимагає значного розумового напруження або високої концентрації уваги, рекомендується ізолювати один від одного перегородками висотою 1,5 - 2,0 м.

Екран відеомонітора повинен знаходитися від очей користувача на відстані 600 - 700 мм., Але не ближче 500 мм. з урахуванням розмірів алфавітно-цифрових знаків і символів. Конструкція робочого столу повинна забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання з урахуванням його кількості і його конструктивних особливостей. При цьому допускається використання робочих столів різних конструкцій, що відповідають сучасним вимогам ергономіки. Поверхня робочого столу повинна мати коефіцієнт відбиття 0,5 - 0,7.

Конструкція робочого столу (крісла) повинна забезпечувати підтримку раціональної робочої пози під час роботи на ПЕОМ, дозволяти змінювати позу з метою зниження статичного напруження м'язів шийно-плечової області і спини для попередження розвитку втоми. Тип робочого стільця (крісла) слід вибирати з урахуванням росту користувача, характеру і тривалості роботи ПЕОМ.

Робочий стілець (крісло) повинен бути підйомно-поворотним, регульованим по висоті і кутам нахилу сидіння і спинки, а також відстані спинки від переднього краю сидіння, при цьому регулювання кожного параметра повинне бути незалежним, легкоздійснюваним і мати надійну фіксацію.

Поверхня сидіння, спинки та інших елементів стільця (крісла) повинна бути напівм'якою, з нековзним і повітронепроникним покриттям.

ВИСНОВОК

У даній роботі був розроблений апаратно-програмний комплекс контролю параметрів в теплиці, що володіє наступними технічними і технологічними особливостями:

1. Мінімальна участь оператора в процесі виробництва продукції, що виражається в завданні параметрів і передачі управління всім процесом вирощування автоматичній системі.

2. Використання комп'ютерного регулювання технологічних режимів дозволяє застосовувати дану систему в теплицях різної посадкової площі.

3. Комплекс має докладну інструкцію по вирощуванню рослин (завдання технологічних параметрів), що забезпечує його придатність для широкого кола користувачів.

4. Завдання параметрів вирощування продукції відбувається в ручному режимі і має ряд обмежень для виключення помилкових станів в процесі роботи:

- обмеження по тривалості світлового дня (не більше 20 годин);
- обмеження по освітленості (Не більше 3300 люкс, при більшій рослини можуть загинути);
- обмеження по температурному режиму;
- обмеження по вологості.

5. До складу комплексу входять широкорозповсюджені комплектуючі, що мають невисоку вартість і забезпечуються спеціальними роз'ємами, що виключають неправильність збірки, підключення вузлів і компонентів.

6. Комплекс має модульний принцип побудови і розрахований на багаторазовий монтаж і демонтаж, а також зміну його конфігурації за допомогою додавання або видалення датчиків і керованих елементів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Арустамов Е. А. Безпека життєдіяльності: підручник / Під ред. Е.А. Арустамова. - М .: Данилов і Ко, 2010. - 456 с.
2. Білов А. В. Посібник по мікропроцесорній техніці / А.В. Білов - СПб .: Наука і Техніка, 2003. - 224 с.
3. Більські М. І. Мова програмування Сі. Довідник: Пер з англ. / М.І. Більські.- М .: Радіо і зв'язок, 1988. - 96 с.
4. Бродін В. Б. Системи на мікроконтролерах і БІС програмованої логіки / В. Б. Бродін, А. В. Калінін. - М .: ЕКОМ, 2002. - 235 с.
5. Бурькова Е. В. Проектування мікропроцесорних систем: методичні вказівки до курсового проектування / Е. В. Бурькова. - Оренбург, ГОУ ОДУ, 2008. - 32 с.
6. Васильєв В. Н. Електронні промислові пристрої / В. М. Васильєв, Ю. М. Гусєв, В. Н. Миронов. - М .: Вища школа, 1988. - 303 с.
7. Каган Б. Н. Основи проектування мікропроцесорних пристроїв автоматики / Б. Н. Каган, В. В. Сташін - М .: Вища школа, 1987. - 304 с.
8. Керниган Б. В. Мова програмування С / Б. Керниган, Д. М. Рітчі. - Вільямс, 2009. - 304 с
9. Корніїв В. В. Сучасні мікропроцесори / В. В.Корнеев, А. В. Кисельов. - М .: Нолидж, 2000. - 320 с.
10. Новиков Ю. В. Основи мікропроцесорної техніки / Ю. В. Новіков, П. К. Скоробогатов. - М .: ІНТУІТ.РУ. «Інтернет-Університет Інформаційних технологій», 2003. - 440 с.
11. Новиков Ю. В. Основи цифрової схемотехніки. Базові елементи і схеми. Методи проектування / Ю. В. Новіков. - М .: Світ 2001.-379 с.
12. Предко М. Посібник по мікроконтролерах. Том I / М. Предко. - М .: Постмаркет, 2001. - 416 с.

13. Пухальський Г. І. Проектування мікропроцесорних пристроїв: навчальний посібник для вузів / Г. І. Пухальський. - СПб.: Політехніка, 2001. - 544 с.
14. Сімейство мікроконтролерів MSP 430. - М.: ЗАТ Компелл, 2005. - 544 с.
15. Сімейство мікроконтролерів MSP 430x1xx. Посібник користувача. - М.: ЗАТ Компелл, 2004. - 368 с.
16. Семенов Б. Ю. Мікроконтролери MSP 430: Перше знайомство / Б. Ю. Семенов. - М.: Солон-прес, 2006. - 128 с.
17. Texas Instruments: веб-сайт. URL: <http://www.ti.com> (дата звернення: 17.09.2020).
18. Датчики вологості корпорації Honeywell: веб-сайт. URL: <http://www.honeywell.com> (Дата звернення: 10.10.2020).
19. Датчик температури DS18B20 веб-сайт. URL: <http://mypractic.ru/ds18b20.html> (дата звернення: 26.11.2020).
20. Датчик освітленості (сонячної радіації) ОС-100: веб-сайт. URL: http://econix.com/catalog/datchiki_osveshchennosti (дата звернення: 05.09.2020).
21. Датчик вологості ґрунту 10HS: веб-сайт. URL: <https://labdepot.ru/oborudovanie/> (дата звернення: 19.10.2020).
22. Науково-виробнича фірма «Фіто»: веб-сайт. URL: <http://www.fito-system.ru> (дата звернення: 10.08.2020).
23. Вирощування огірків в теплицях: веб-сайт. URL: <http://www.rostepliza.ru> (дата звернення: 05.09.2020).
24. Науково-виробнича фірма «Еконікс»: веб-сайт. URL: <http://www.econix.com/files/e1/agrohim.pdf> (дата звернення: 28.08.2020).
25. Оптимальне опалення теплиць: веб-сайт. URL: <http://unitedcountry.com.ua/statya/2020/uk/.html> (дата звернення: 07.09.2020).

Додатки