

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Факультет денної форми навчання

Кафедра електронних  
приладів і автоматики

## **Кваліфікаційна робота**

**Розробка електронного пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів**

Студент гр. ЕІс2-81к

Т.Т.Кайум

Науковий керівник  
к.т.н., доцент

М. П. Матвієнко

Конотоп 2022

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці електронного пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів. Об'єктом розробки кваліфікаційної роботи є автоматичний електронний пристрій підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів.

Мета роботи – ознайомлення з методами підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів, технологіями забезпечення цього контролю та розробка алгоритму і сучасного електронного пристрою.

При виконанні кваліфікаційної роботи розроблений алгоритм, абстрактна та структурна математичні моделі роботи пристрою.

Використовуючи структурну математичну модель роботи пристрою автоматичного контролю параметрів атмосфери підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів, на основі таблиць переходів та виходів отримані канонічні рівняння для побудови такого пристрою електроніки.

Аналіз і мінімізація отриманих рівнянь роботи пристрою електроніки для автоматичного контролю параметрів атмосфери показали, що найкращим варіантом їх реалізації є логічні програмуємі матриці K556PT1 з застосуванням RS – тригерів.

Робота викладена на 31 сторінці, у тому числі включає 8 рисунків, 4 таблиці, список цитованої літератури із 15 джерел.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПРИСТРІЙ ЕЛЕКТРОНІКИ, ПАРАМЕТРИ АТМОСФЕРИ, СКЛАДИ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ОВОЩІВ, АБСТРАКТНА ТА СТРУКТУРНА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ЛОГІЧНІ ПРОГРАМУЄМІ МАТРИЦІ.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ, ПАРАМЕТРЫ АТМОСФЕРЫ, СКЛАДИ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ОВОЩІВ, АБСТРАКТНАЯ И СТРУКТУРНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, КАНОНИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ, ЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГРАММИРУЕМАЯ МАТРИЦА

**KEY WORDS:** ELECTRONICS DEVICE, ATMOSPHERE PARAMETERS, MUSEUM STORAGE, ABSTRACT AND STRUCTURAL MATHEMATICAL MODELS, CANONICAL EQUATIONS, LOGICAL PROGRAMMABLE MATRIXES

## ЗМІСТ

стор.

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>РОЗДІЛ 1. ПІДГОТОВКА ОБ'ЄКТА, ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИМОГИ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ПІДТРИМКИ ЗАДАНОГО РІВНЯ ТЕМПЕРАТУРИ І ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ В СКЛАДАХ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ОВОЧІВ</b> .....	4
1.1. Підготовка об'єкта до зберігання овочів .....	4
1.2. Використовувані об'єкти та загальні технологічні вимоги, необхідні для підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів .....	7
1.3. Класифікація методів провітрювання, підтримки температури та вологості повітря .....	10
<b>РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ, МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА КАНОНІЧНИХ РІВНЯНЬ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ПІДТРИМКИ ЗАДАНОГО РІВНЯ ТЕМПЕРАТУРИ І ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ В СКЛАДАХ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ОВОЧІВ</b> .....	13
2.1. Розробка алгоритму роботи пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів .....	14
2.2. Розробка абстрактної математичної моделі пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів .....	16
2.3. Розробка структурної математичної моделі пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів.....	19
2.4 Розробка канонічних рівнянь роботи пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів .....	21
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ ПІДТРИМКИ ЗАДАНОГО РІВНЯ ТЕМПЕРАТУРИ І ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ В СКЛАДАХ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ОВОЧІВ</b> .....	23
3.1. Аналіз та вибір елементної бази для побудови пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів .....	23
3.2 Принципи побудови вибраної базової ПЛМ.....	24
3.3. Рекомендації по програмуванню ПЛІС K556PT1.....	25
3.4. Розробка електронного пристрою та програми реалізації канонічних рівнянь роботи пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів.....	26
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	29
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	30

## ВСТУП

Для досягнення ідеальних умов зберігання овочів, необхідно використовувати різноманітні методи для створення оптимального умов для їх зберігання. Для цього необхідно застосовувати найкращі із них, використовуючи, наприклад, принцип адсорбційного роторного осушувача повітря, який дозволяє в сукупності з іншим не просто створити ідеальні умови для зберігання, але й протягом усього часу підтримувати нормальний рівень вологості в сховищах для зберігання овочів і фруктів. Виходячи із цього, в даній кваліфікаційній роботі розглядаються різні методи для виконання цих умов, які разом з класифікацією різних методів і других чинників захисту, дають можливість розробити алгоритм роботи електронного пристрою, який в автоматичному режимі дозволить підтримувати задані параметри атмосфери в сховищах для зберігання овочів і фруктів.

Тому розробка пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів є актуальним і послужило причиною написання даної кваліфікаційної роботи. Метою цієї кваліфікаційної роботи і є розробка електронного пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів, що дає можливість забезпечити ідеальні умови для їх зберігання.

## РОЗДІЛ 1

### **ПІДГОТОВКА ОБ'ЄКТА, ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИМОГИ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ПІДТРИМКИ ЗАДАНОГО РІВНЯ ТЕМПЕРАТУРИ І ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ В СКЛАДАХ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ОВОЧІВ**

#### **1.1. Підготовка об'єкта до зберігання овочів**

По закінченні сезону зберігання всі приміщення об'єкта для зберігання овочів ретельно очищають від залишків продуктів. Видаляють зі сховища й

негайно спалюють все сміття. При цьому необхідно всі частини де будуть зберігатися овочі обробити 4% розчином хлорного вапна. Всі двері, люки, вікна повинні бути відкриті для провітрювання приміщень. Дезінфекцію сірчистим газом ( $\text{SO}_2$ ) проводять шляхом спалювання комової сірки в спеціальних жаровнях з розрахунку 25-30 г на  $1 \text{ м}^3$  приміщення. По закінченні обробки дезінфіковані приміщення холодильника щільно закривають на 1-2 дні, а потім провітрюють і просушують до повного зникнення хімікатів. Весь інвентар й устаткування сховища протирають 1% розчином формаліну. Інвентарну тару, піддони, столи, настили дезінфікують у підсобних приміщеннях. Якість дезінфекції перевіряється мікробіологічним аналізом, змивом з поверхні стін, стель й устаткування. У всіх камерах для спостереження за режимом зберігання повинні бути встановлені контрольні термометри, психрометри або термографи й гігрографи та, за можливості, системи дистанційного виміру температур і відносної вологості повітря [1,2].

Для контролю параметрів повітря в камерах схову необхідно забезпечити [2,3,4]:

- 1). Розміщення вимірювальних приладів у певних місцях камери;
- 2). Вимір температури повітряних потоків на вході й виході з теплообмінних випарних батарей (різниця не повинна перевищувати  $20\text{C}$ );
- 3). Автоматичну підтримку заданої температури й вологості в повному об'ємі камери;
- 4). Звукову систему попередження про неконтрольовану зміну температури й вологості в камерах схову;
- 5). Постійну реєстрацію й облік температури в камерах схову.

Для обліку показників температури, відносної вологості й газової суміші, повинні бути заведені спеціальні журнали за спеціальною формою.

Необхідно контролювати фактори, які впливають на якість продуктів при зберіганні. При вивченні впливу різних факторів на зберігання плодоовочевої продукції враховуються різноманітні фактори - від якості самої продукції (її зараженості мікрофлорою й механічними ушкодженнями); різноманітні способи

доброби (сортування, мийка, упаковка), залежно від каналів реалізації, до способів зберігання: у холодильниках з вентиляцією, у регульованому газовому середовищі, з вакуумуванням тощо.

Застосування упаковки й належної тари для збереження якісних показників і смакових якостей товару при зберіганні й транспортуванні також є одним з визначальних факторів, що збільшує строки зберігання й прибутковість товаровиробників. Для найбільш успішного зберігання зібраних продуктів варто впроваджувати так званий "холодильний ланцюг" - інфраструктуру холодильних об'єктів, що діє як єдине ціле від поля до споживача. Його початкові ланки - це приміщення для попереднього охолодження поруч з виробництвом (полем, садом). Також необхідне створення малих і середніх холодильних сховищ у зручно розташованих місцях (зони виробництва, розподільні пункти, ринки). Важливим фактором, що збільшує строки зберігання є попереднє охолодження. При цьому усереднені строки попереднього охолодження повинні становити [2,3,5]:

1). Від 1 до 3 годин після збору для продуктів, що швидко псуються, таких як виноград, суниця й інші ягоди;

2). Менш ніж через 24 години – для стійких до псування продуктів, таких як яблука й деякі види кісточкових фруктів;

3). Повільне охолодження або відсутність попереднього охолодження припускається для таких продуктів, як цитрусові, банани, а також картопля, цибуля, часник. Тривалість зберігання залежить також від способу й умов зберігання. При цьому важливим фактором є ефективна вентиляція штабеля, що забезпечує:

- відведення тепла з поверхні продуктів;
- рівномірність температурного поля в об'ємі охолоджуваного приміщення;
- усунення утворення застійних зон у камері;
- усунення накопичення етилену в камері схову.

Виконання всіх цих правил забезпечує строки зберігання плодоовочевої продукції, які впливають на її додану вартість [1, 6,7].

## 1.2. Використовувані об'єкти та загальні технологічні вимоги, необхідні для підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів і фруктів

На сьогоднішній день широко використовуються холодильні камери для зберігання овочів (картопля, морква, цибуля, помідори...) [1,4,5], див. рис. 1.2.1 і фруктів (яблука, персики, абрикоси, банани, апельсини, мандарини) [1,2,4], див. рис. 1.2.2. Овоче –фруктосховища призначені для тривалого зберігання продуктів в заданому температурному режимі (+2...+5 С). Це товар, який є потребує в магазинах, супермаркетах, а особливо він цінний в зимовий період, коли ціна на нього зростає в декілька разів.



Рис. 1.2.1. Холодильна камера для зберігання овочів.



Рис. 1.2.2. Холодильна камера для зберігання фруктів

На рис.1.2.3 *а* рис. 1.2.3 *б* приведені інші конструктивні установи холодильників для зберігання других фруктових запасів [1,3,6],.



*а*



*б*

Рис.1.2.3 Холодильні установи для зберігання різних фруктових запасів

Холодильні камери можуть бути збудовані у вже існуючому приміщенні (обшите сандвіч панелями), або ж на метало каркасі ззовні. Для зменшення тепло припливів краще будувати сховище в приміщенні. Для панлей можна використати пінополіуретан 80 мм ) і пінополістирол 100 мм.



Підлогу часто не ізолюють, хоча, щоб навантаження на холодильне обладнання зменшити, це варто зробити – 50 мм екструдованого пінополістиролу.

Технологічно двері необхідно зробити розпашні, відкатні, розпашні двохстворчасті. Для зручності двері монтуються без порогу, для того, щоб змогла з легкістю проїхати навантажувальна погрузчики - розгрузчики.

Для невеличких камер, є варіант зробити мобільну камеру, яка легко змонтовується і легко, розмонтовується (2 години/15м.куб.). Камера називається збірно-розбірна, яка має на панелях з'єднувальні елементи типу шип-паз. Ці камери на 30% є дорожчими за стаціонарні.

Продукція приїжджає у вже готових пластикових, або картонних ящиках і штабелюється на піддонах з відступами мінімум 20 сантиметрів один від одного, для безперебійного проходу холодного повітря з повітроохолоджувача по камері зберігання. До стін відступ повинен бути мінімум 30 сантиметрів.

Кількість компресорів має бути достатньою, для надійності функціонування сховища. Необхідно встановити на кожен компресор захист по маслу, тиску, температурі. Для цього використовують компресори відомих виробників Bitzer (Німеччина) Frascold (Італія) [1,3,6]. Якщо камера прямокутної форми, томожна ставити один повітроохолоджувач, який буде дути і продувати повністю всю камеру. Якщо ж вона квадратна, то варто поставити мінімум два, а то й три повітроохолоджувачі, щоб запобігти тих зон, які можуть не мати повітрообміну. Ідеальним рішенням є повітроохолоджувачі двох поточні, які встановлюють по середині камери і вони забирають повітря знизу і роздувають його однаково в дві сторони – дорожчі від звичайних на 20%. Також дорожчим, але наймовірно хорошим варіантом є фруктові повітроохолоджувачі, які зменшують усушку охолоджуючого продукту до мінімуму. Вони коштують на 25% дорожче звичайних, але окупаються за 1 рік, зберігаючи масу продукту.

Якщо сховище має велику місткість, є варіант поставити систему моніторингу, яка буде сповіщати про неполадки в системі, і запобігати їх виникненню.

До загальних технологічних вимог для підтримки заданого рівня температури і вологості повітря необхідно віднести:

1. У приміщеннях сховищ повинен бути добовий повітрообмін, який повинен забезпечувати гарну циркуляцію і перемішування повітря.

2. При холодному зберіганні повинно підтримуватися температура повітря згідно з нормами, які вказуються для конкретних овочів і фруктів.

3. Швидкість повітря в приміщеннях для зберігання повинна знаходитися в межах 0,1- 0,3 м/с.

4. Вологість повітря в приміщеннях для зберігання повинна знаходитися в межах норм, які вказуються для конкретних овочів і фруктів.

5. Мінімальна витрата зовнішнього повітря для кожного сховища визначається типм зберігаємої продукції та її об'ємом з розрахунку санітарних норм.

### **1.3. Класифікація методів провітрювання, підтримки температури та вологості повітря**

Методи провітрювання можна класифікувати за наступними характерними ознаками [2, 3, 5]:

1. За способом створення тиску для переміщення повітря: із природним і штучним (механічним) спонуканням;

2. За призначенням: приточні й витяжні;

3. За зоною обслуговування: місцеві й загально обмінні;

4. За конструктивним виконанням: каналні й безканалні.

**Природна вентиляція** – переміщення повітря в системах природної вентиляції внаслідок:

1. Різниці температур зовнішнього (атмосферного) повітря й повітря в приміщенні, так званої аерації;

2. Різниці тисків «повітряного стовпа» між нижнім рівнем (обслуговуваним приміщенням) і верхнім рівнем – витяжним пристроєм (дефлектором), установленим на покрівлі ;

3. У результаті впливу так називаного вітрового тиску.

У сховищах з надлишками тепла повітря завжди тепліше зовнішнього. Більш важке зовнішнє повітря, надходячи в сховище, витісняє з нього менш щільне тепле повітря.

При цьому в замкнутому просторі сховища виникає циркуляція повітря, визвана джерелом тепла, подібним до тієї, яку викликає вентилятор.

У природній вентиляції, у якій переміщення повітря створюється за рахунок різниці тисків повітряного стовпа, мінімальний перепад по висоті між рівнем забору повітря із приміщення і його викидом через дефлектор повинен бути не менш 3 м. При цьому рекомендована довжина горизонтальних ділянок повітряходів не повинна бути більше 3 м, а швидкість повітря у повітряходах – не перевищувати 1 м/с.

Системи природної вентиляції прості й не вимагають складного встаткування й витрати електроенергії. Але ефективність таких систем залежить від багатьох змінних факторів (температури повітря, напрямки й швидкості вітру), тому вони не вважаються надійними.

При механічній вентиляції використовується устаткування й прилади (вентилятори, електродвигуни, повітрянагрівачі, пиловловлювачі, автоматика й ін.), що дозволяють переміщати повітря на значні відстані. Витрати електроенергії на їхню роботу можуть бути більшими. Така вентиляція може подавати і видаляти повітря з локальних зон приміщення в необхідній кількості, незалежно від умов, які змінюються в навколишньому повітряному середовищі. При необхідності повітря піддають різним видам обробки (очищенню, нагріванню, зволоженню), що практично неможливо при використанні природної вентиляції.

При **штучній вентиляції** використаються встаткування, що дозволяє переміщати повітря на значні відстані. При штучній вентиляції повітря в необхідних кількостях незалежно від умов, що змінюються, навколишнього середовища може подаватися у будь – які сховища, але витрати на їхнє підтримання можуть бути досить значним.

На практиці часто передбачають так названу змішану вентиляцію, тобто одночасно природну й механічну вентиляцію.

**Приточна вентиляція** служить для подачі у вентилявані сховища чистого повітря замість вилученого. Приточне повітря в необхідних випадках піддається

спеціальній обробці (очищенню, нагріванню, зволоженню й т.д.)

**Витяжна вентиляція** видаляє із приміщення забруднене або нагріте відпрацьоване повітря.

Як приточна, так і витяжна вентиляція може влаштовуватися на робочому місці (місцева) або для всього сховища (загальнообмінна).

**Місцевою вентиляцією** називається така, при якій повітря подають на певні місця (місцева приточна вентиляція) і забруднене повітря видаляють тільки від місць утворення шкідливих виділень (місцева витяжна вентиляція).

До **місцевої приточної вентиляції** ставляться повітряні душі (зосереджений приплив повітря з підвищеною швидкістю), повітряні оазиси (ділянки приміщень, відгороджені від іншого приміщення пересувними перегородками висотою 2-2,5 м, у які нагнітається повітря зі зниженою температурою).

**Місцеву витяжну вентиляцію** застосовують, коли місця шкідливих виділень у приміщенні локалізовані й можна не допустити їхнє поширення по всьому приміщенню.

Приточно-витяжна вентиляція ґрунтується на створенні двох зустрічних потоків. Вона може бути створена або на основі незалежних підсистем припливу й витяжки повітря – із власними вентиляторами, фільтрами й т.д., або на основі однієї відповідної установки, що працює як на приплив, так і на витяжку.

**Загальнообмінні системи вентиляції** – як приточні, так і витяжні, призначені для здійснення вентиляції в приміщенні в цілому або в значній його частині. Загальнообмінні витяжні системи відносно рівномірно видаляють повітря із усього приміщення, що обслуговує, а загальнообмінні приточні системи подають повітря й розподіляють його по всьому обсязі вентиляваного приміщення.

Загально обмінна приточна вентиляція влаштовується для асиміляції надлишкового тепла й вологи, розведення шкідливих концентрацій пар і газів, не вилучених місцевою й загальнообмінною витяжною вентиляцією, а також для забезпечення розрахункових санітарно-гігієнічних норм.

Найпростішим типом загальнообмінної витяжної вентиляції є окремий

вентилятор (звичайного осьового типу) з електродвигуном на одній осі, розташований у вікні або в отворі стіни. Така установка видаляє повітря з найближчої до вентилятора зони приміщення, здійснюючи лише загальний повітрообмін.

**Зволоження та осушення повітря відбувається так.** Зволоження повітря в сховищах застосовують, якщо повітря стає сухим. У якості зволожувачів повітря застосовують різні зволожувачі. Але найбільш розповсюдженим є зволожувач, який працює на вприск вологості в заданий об'єм за відповідний проміжок часу [1,3].

**Осушення повітря** застосовують в сховищах, якщо повітря стає вологим. Відомі три основні методи осушення повітря всередині сховищ.

**Асиміляція.** Метод заснований на фізичній здатності теплого повітря утримувати більшу кількість водяної пари в порівнянні з холодним, Він реалізується засобами вентиляції з попереднім підігрівом свіжого повітря.

**Адсорбція.** Цей метод заснований на сорбційних (волопоглинаючих) властивостях деяких речовин – сорбентів. Маючи пористо капілярну структуру, сорбенти витягають водяну пару з повітря. У міру насичення сорбенту вологою ефективність осушення знижується. Тому сорбент потрібно періодично регенерувати, тобто випарювати з нього вологу шляхом продування потоком гарячого повітря. Незважаючи на підвищене енергоспоживання у зв'язку з наявністю безповоротних втрат явного і прихованого тепла даний метод більш економічний. На відміну від асиміляції здійснюється нагрів відносно невеликої кількості повітря в регенеруючому плечі (25-30% від кількості повітря, що циркулює в основному контурі) до значно більш високих температур (близько 50 °С). До недоліків методу відноситься обмежений термін служби сорбенту, особливо у разі використання солей літію, схильних до вимивання при відхиленні від номінальних технологічних режимів роботи. Більш практичним є використання силікагелю на стекловолонних носіїв.

**Конденсація.** Цей метод заснований на принципі конденсації водяної пари, що містяться в повітрі, при охолодженні його нижче точки роси.

Метод реалізується з використанням принципу теплового удара, створюваного при роботі холодильного контуру, з розташованими безпосередньо один за одним випарником і конденсатором.

Переваги конденсаційного та адсорбційного методів осушення повітря наочно представлені на графіку, рис. 1.3.1.

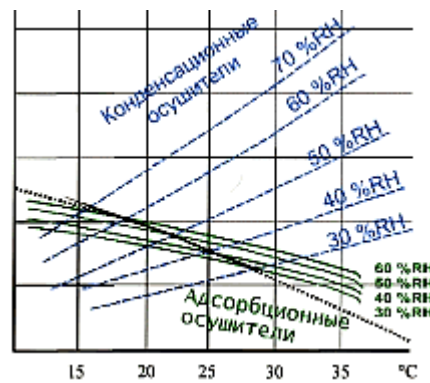


Рис. 1.3.1. Графік порівняння конденсаційного та адсорбційного методів осушення повітря

У конденсаційних осушувачів зі зростанням температури повітря збільшується вологозйом на 1 кВт споживаної енергії. У адсорбційних осушувачів зазначена залежність є зворотною і менш вираженою. Крім того, ефективність конденсаційних осушувачів різко падає зі зменшенням відносної вологості повітря, в той час як у адсорбційних осушувачів дана залежність значно слабкіше. З економічної точки зору конденсаційний метод більш ефективний у порівнянні з сорбційним при високих значеннях температури і відносної вологості. Разом з тим, сорбційні осушувачі здатні підтримувати надзвичайно низьку відносну вологість, аж до 2% при температурах до -20 °С. Застосування сорбційних осушувачів є виправданим на льодових майданчиках, молокозаводах, у винних і пивних льохах, охолоджуючих тунелях, морозильних камерах, овочесховищах і т.п.

## РОЗДІЛ 2

**РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ, МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА КАНОНІЧНИХ РІВНЯНЬ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ПІДТРИМКИ ЗАДАНОГО РІВНЯ ТЕМПЕРАТУРИ І ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ В СКЛАДІ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ОВОЧІВ.....13**

## 2.1. Розробка алгоритму роботи пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складі при зберіганні овочів

Для спрощення алгоритму роботи пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в овочних складах і сховищах розглянемо тільки загально-обмінну приточну вентиляцію з камерою зрошування та осушувачем конденсаційного типу, який має виконувати наступні функції [2,3, 5, 7]:

1. Управління увімкненням електронного пристрою в ручному режимі або за розкладом;
2. Блокування роботи витяжного вентилятора разом із припливним;
3. Підтримання температури припливного повітря на заданому рівні;
4. Підтримання вологості припливного повітря на рівні не більше за заданий;
5. Контроль працездатності засувок, із видачею аварійного сигналу у разі виявлення несправності;
6. Контроль працездатності вентиляторів, із видачею аварійного сигналу у разі виявлення несправності;

Виходячи із розглянутих вище функцій, словесний опис алгоритму роботи електронного пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складі при зберіганні овочів можна записати в наступному вигляді.

1. У початковому стані обидва вентилятори відключені, а засувки закриті.
2. По сигналу ( $K_{\text{пуск}}$ ) включається в роботу електронний пристрій контролю параметрів атмосфери в сховищах зберігання овочів і видається сигнал на відкриття припливної і витяжної засувки.
3. Якщо через (30с) хоча би одна із засувки не відкрилася, то електронний пристрій переходить в аварійну ситуацію.
4. Якщо засувки відкрились, то включається витяжний вентилятор і через (10с) після запуску витяжного вентилятора, вмикається приточний вентилятор.

5. Після вмикання приточного вентилятора відбувається контроль параметрів атмосфери в сховищах зберігання овочів (температура, вологість).
6. Якщо вологість повітря не задовільняє встановленим параметрам, то автоматично вмикається зрошувальна камера.
7. Якщо температура повітря не задовільняє встановленим параметрам, то автоматично вмикається підігрів повітря.
8. Робота пристрою автоматичного контролю параметрів атмосфери в сховищах зберігання овочів може бути призупинена вручну за допомогою кнопки ( $K_{\text{стоп}}$ ), або – за допомогою запрограмірованого часу.
9. При не включенні в роботу одного із вентиляторів, або при відсутності контролю параметрів атмосфери, пристрій повинен вийти на аварію з указанням її причини.

## **2.2. Розробка абстрактної математичної моделі пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів**

Виходячи із словесного опису алгоритму абстрактна математична модель електронного пристрою контролю параметрів атмосфери в сховищі зберігання овочів, згідно [8, 9, 10], матиме наступний вигляд ( рис. 2.2.1).



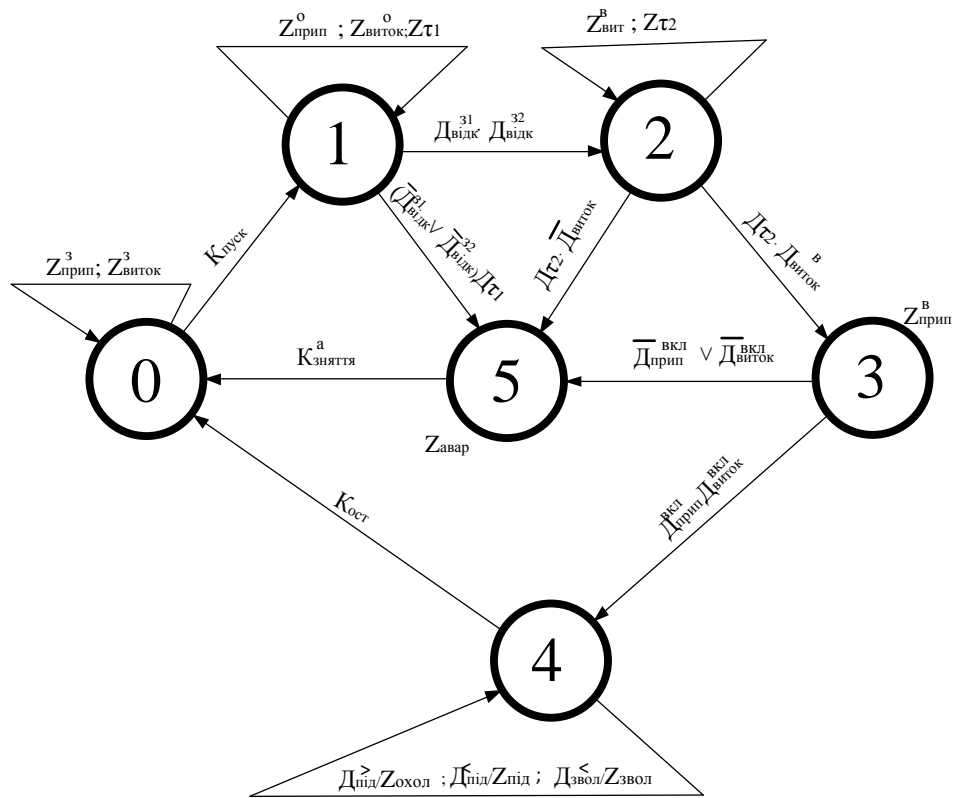


Рис. 2.2.1. Абстрактна математична модель електронного пристрою контролю параметрів атмосфери в сховищі зберігання овочів.

На абстрактній математичній моделі електронного пристрою контролю параметрів атмосфери в сховищах зберігання овочів (рис. 2.2.1) введені такі позначення,

для датчиків:

$D_{\text{відк}}^{31}$  – датчик відкриття першої засувки (припливна);

$D_{\text{відк}}^{32}$  – датчик відкриття другої засувки (витяжна);

$D_{\tau 1}$  – датчик часу відкриття засувок;

$D_{\tau 2}$  – датчик часу на включення припливного вентилятора після витяжного;

$D_{\text{виток}}^{\text{в}}$  – датчик включення в роботу витяжного вентилятора;

$D_{\text{припл}}^{\text{в}}$  – датчик включення в роботу припливного вентилятора;

$D_{\text{підіг}}^{<}$  – датчик включення в роботу підігріву повітря;

$D_{\text{підіг}}^{>}$  – датчик включення в роботу охолодження повітря;

$D_{\text{звол}}^{>}$  – датчик включення в роботу зволоження повітря;

$K_{\text{пуск}}$  – кнопка запуску в роботу електронного пристрою контролю параметрів атмосфери в сховищі зберігання овочів;

$K_{\text{ост}}$  – кнопка останова роботи електронного пристрою контролю параметрів атмосфери в сховищах музею;

$K_{\text{знят}}^a$  – кнопка зняття аварії з електронного пристрою контролю параметрів атмосфери в сховищах музею;

*для сигналів управління:*

$Z_{\text{прип}}^o$  – сигнал на відкриття припливної засувки;

$Z_{\text{пвиток}}^o$  – сигнал на відкриття витяжної засувки;

$Z_{\text{прип}}^z$  – сигнал на закриття припливної засувки;

$Z_{\text{пвиток}}^z$  – сигнал на закриття витяжної засувки;

$Z_{\tau_1}$  – сигнал на включення першого таймера при контролі відкриття засувки;  $Z_{\tau_2}$  – сигнал на включення другого таймера для контролю запуску витяжного вентилятора;

$Z_{\text{прип}}^b$  – сигнал на включення припливного вентилятора;

$Z_{\text{витяж}}^b$  – сигнал на включення витяжного вентилятора;

$Z_{\text{під}}$  – сигнал на включення в роботу підігріву повітря;

$Z_{\text{охол}}$  – сигнал на включення в роботу охолодження повітря;

$Z_{\text{звол}}$  – сигнал на включення в роботу зволоження повітря;

$Z_{\text{авар}}$  – сигнал на включення аварії в роботі електронного пристрою контролю атмосфери в сховищі зберігання овочів.

Електронний пристрій контролю параметрів атмосфери в сховищі зберігання овочів згідно з абстрактною математичною моделлю (рис.2.2.1), працює наступним чином. При натисканні на кнопку  $K_{\text{пуск}}$  відбувається автоматичне включення пристрою шляхом подачі сигналу від кнопки  $K_{\text{пуск}}$  і пристрій із стану «0» переходить у стан «1». У стані «1» відбувається відкриття припливної і витяжної засувки, а також включення в роботу таймера з

витримкою 30 с. При досягненні 30 с і відкриванні засувки, пристрій із стану «1» переходить у стан «2», а при не відкриванні однієї із засувок пристрій пристрій переходить в аварійний стан «5». Якщо пристрій із стану «2» перейшов в стан «3», то в цьому стані включається у роботу витяжний вентилятор і через 10 с роботи витяжного вентилятора пристрій повинен перейти в стан «3», де видається сигнал на включення припливного вентилятора  $Z_{\text{прип}}^B$ . Якщо в стані «2» після 10с не включився витяжний вентилятор, то пристрій перейде в аварійний стан «5».

Під дією датчиків включених вентиляторів пристрій переходить в стан «4». В цьому стані йде перевірка припливного повітря на температуру і вологість, тобто йде визначення на включення підігріву, охолодження чи зволоження. Якщо температура припливного повітря менше ніж потрібна, то включається підігрів до заданого значення, а якщо більша заданої, то включається охолодження. При вологості меншої заданої - включається зволожувач.

При необхідності останововлення роботи пристрою натискають кнопку остановки  $K_{\text{ост}}$ , за допомогою якої пристрій переходить в початковий стан «0», де засувки закриваються, а вентилятори відключаються.

### **2.3. Розробка структурної математичної моделі пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів**

При перетворення абстрактної моделі в структурну у відповідності з [11,12,13] необхідно закодувати стани цієї моделі. Для кодування візьмемо двійковий нормальний код, кількість розрядів якого знайдемо із виразу

$$n = \lceil \log_2 Q \rceil, \quad (2.3.1)$$

де  $Q$  – кількість станів абстрактної математичної моделі;

$n$  – кількість елементів пам'яті розрядів двійкового коду;

$\lceil \rceil$  – знак, який показує, що в якості результату необхідно взяти найбільше ціле додатне число.

Користуючись ( 2.3.1), отримаємо  $n = 3$ . Для реалізації шести станів абстрактної математичної моделі необхідно використати 3 елементи пам'яті, наприклад,  $RS$ -тригера. Для отримання структурної математичної моделі і канонічних рівнянь необхідно закодувати стани абстрактної моделі. Кодування має наступний вигляд:

- |          |          |
|----------|----------|
| 0 – 000; | 1 – 001; |
| 2 – 011; | 3 – 010; |
| 4 – 110; | 5 – 101. |

Виходячи з вище описаного структурна математична модель матиме вигляд, наведений на рис. 2.3.1.

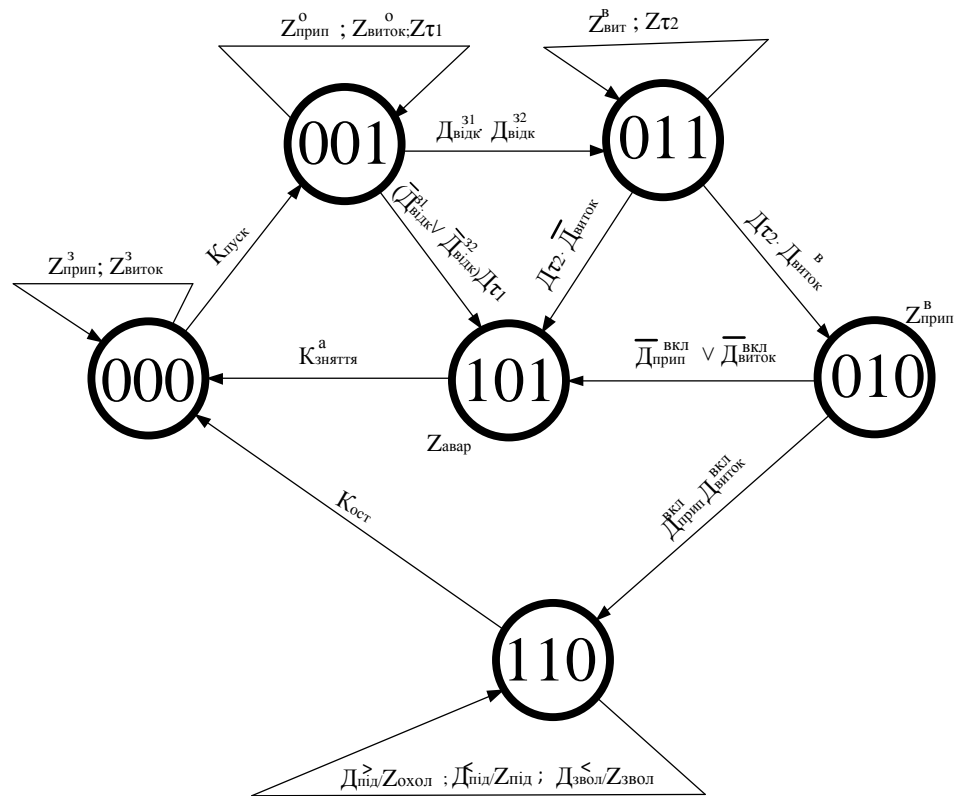


Рис. 2.3.1 Структурна математична модель електронного пристрою контролю параметрів атмосфери в сховищі зберігання овочів.

Електронний пристрій контролю параметрів атмосфери в сховищі для зберігання овочів по структурній математичній моделі (рис.2.3.1) працює наступним чином. При натисканні на кнопку  $K_{\text{пуск}}$  відбувається автоматичне включення пристрою,

який із стану «000» переходить у стан «001». У стані «001» відбувається запис «1» у перший *RS*-тригер, що приведе до видання сигналу на відкриття засувки і включення в роботу першого таймера (30с). Якщо через 30с одна із засувки не відкрилась, то пристрій перейде в стан «101». У цьому стані відбувається додатково запис «1» в третій *RS*-тригер. Але якщо дві засувки відкрились, то пристрій перейде в стан «011». В цьому стані додатково запишеться «1» в другий *RS*-тригер, що приведе до включення витяжного вентилятора і другого таймера (10с). У цьому стані, якщо через 10с не включиться витяжний вентилятор, то пристрій перейде в аварійний стан «101», а якщо включиться, то – в стан «010». У цьому стані запишеться сигнал «0» у перший *RS*-тригер, що приведе до включення припливного вентилятора. Якщо у цьому стані будь-який із вентиляторів не буде працювати, то пристрій перейде в аварійний стан «101» а якщо будуть працювати оба, то пристрій перейде в стан «110». У цьому стані здійснюється перевірка на підігрів, охолодження та вологість повітря, установлення його необхідних параметрів яке буде надходити в сховища музею.

Вихід із аварійного стану «101» у початковий стан «000» відбувається за допомогою кнопки  $K_{знят}^a$ , а зупинка роботи пристрою в будь-який час відбувається за допомогою кнопки зупинки роботи  $K_{ост}$ , де пристрій із стану «110» переходить в стан «000».

## 2.4 Розробка канонічних рівнянь роботи пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складі при зберіганні овочів

Використовуючи структурну математичну модель (рис. 2.3.1), будуємо для неї таблиці переходів та виходів (табл.2.4.1, табл.2.4.2).

Таблица 2.4.1

Таблица переходів структурної математичної моделі

$Q_i \backslash D_i$	000	001	011	010	110	101
$K_{пуск}$	001	-	-	-	-	-
$D_{відк}^{з1} \cdot D_{відк}^{з2}$	-	011	-	-	-	-
$D_{\tau 2} \cdot D_{виток}^B$	-	-	010	-	-	-

$D_{\text{виток}}^B \cdot D_{\text{припл}}^B$	-	-	-	110	-	-
$K_{\text{ост}}$	-	-	-	-	000	-
$K_{\text{знят}}^a$	-	-	-	-	-	000
$(\bar{D}_{\text{відк}}^{z1} \vee \bar{D}_{\text{відк}}^{z2}) \cdot D_{\tau1}$	-	101	-	-	-	-
$\bar{D}_{\text{виток}}^B \cdot D_{\tau2}$	-	-	101	-	-	-
$\bar{D}_{\text{виток}}^B \vee \bar{D}_{\text{припл}}^B$	-	-	-	101	-	-
$D_{\text{підіг}}^<$	-	-	-	-	-	-
$D_{\text{підіг}}^>$	-	-	-	-	-	-
$D_{\text{зволж}}^>$	-	-	-	-	-	-

Таблиця 2.4.2

Таблиця виходів структурної математичної моделі

$Z_i$	$Z_{\text{прип}}^z$ $Z_{\text{пвиток}}^z$	$Z_{\text{прип}}^o$ ; $Z_{\text{пвиток}}^o$ ; $Z_{\tau1}$	$Z_{\text{витяж}}^B$ $Z_{\tau2}$	$Z_{\text{прип}}^B$		$Z_{\text{авар}}$
$Q_i$						
$D_i$	000	001	011	010	110	101
$K_{\text{пуск}}$	-	-	-	-	-	-
$D_{\text{відк}}^{z1} \cdot D_{\text{відк}}^{z2}$	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau2} \cdot D_{\text{виток}}^B$	-	-	-	-	-	-
$D_{\text{виток}}^B \cdot D_{\text{припл}}^B$	-	-	-	-	-	-
$K_{\text{ост}}$	-	-	-	-	-	-
$K_{\text{знят}}^a$	-	-	-	-	-	-
$(\bar{D}_{\text{відк}}^{z1} \vee \bar{D}_{\text{відк}}^{z2}) \cdot D_{\tau1}$	-	-	-	-	-	-
$\bar{D}_{\text{виток}}^B \cdot D_{\tau2}$	-	-	-	-	-	-
$\bar{D}_{\text{виток}}^B \vee \bar{D}_{\text{припл}}^B$	-	-	-	-	-	-
$D_{\text{підіг}}^<$	-	-	-	-	$Z_{\text{під}}$	-
$D_{\text{підіг}}^>$	-	-	-	-	$Z_{\text{охол}}$	-
$D_{\text{зволж}}^>$	-	-	-	-	$Z_{\text{авар}}$	-

Користуючись таблицею переходів (табл. 2.3.1), знаходимо функції переходів структурного математичної моделі, тобто функції включення і виключення відповідних “RS”-тригерів. Функцію включення позначимо:  $Y_1^1$ ,  $Y_2^1$ ,  $Y_3^1$ , а

функцію виключення :  $Y_1^0, Y_2^0, Y_3^0$ . Тоді канонічні рівняння роботи структурної математичної моделі матимуть наступний вигляд:

$$Y_1^1 = K_{\text{пуск}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee \bar{D}_{\text{виток}}^B \vee \bar{D}_{\text{припл}}^B ;$$

$$Y_1^0 = D_{\tau 2} \cdot D_{\text{виток}}^B \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \vee K_{\text{знят}}^a \cdot \bar{y}_2 ;$$

$$Y_2^1 = D_{\text{виток}}^B \cdot D_{\text{припл}}^B \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1 ;$$

$$Y_2^0 = D_{\text{виток}}^B \cdot D_{\tau 2} \cdot y_1 \vee \bar{D}_{\text{виток}}^B \vee \bar{D}_{\text{припл}}^B \vee K_{\text{ост}} \cdot \bar{y}_2 ;$$

$$Y_3^1 = (\bar{D}_{\text{відк}}^{z1} \vee \bar{D}_{\text{відк}}^{z2}) \cdot D_{\tau 1} \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee D_{\text{виток}}^B \cdot D_{\text{припл}}^B \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{D}_{\text{виток}}^B \vee \bar{D}_{\text{припл}}^B ;$$

$$Y_3^0 = K_{\text{ост}} \cdot \bar{y}_1 \vee K_{\text{знят}}^a \cdot \bar{y}_2 ;$$

Використовуючи таблицю виходів (табл. 2.4.), знаходимо значення вихідних управляючих сигналів пристрою, які матимуть наступний вигляд:

$$Z_{\text{прип}}^3 = Z_{\text{пвиток}}^3 = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 ;$$

$$Z_{\text{прип}}^0 = Z_{\text{пвиток}}^0 = Z_{\tau 1} = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 ;$$

$$Z_{\text{вигляж}}^B = Z_{\tau 2} = \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 ;$$

$$Z_{\text{прип}}^B = \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 ;$$

$$Z_{\text{під}} = D_{\text{підіг}}^< \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 ;$$

$$Z_{\text{охол}} = D_{\text{підіг}}^> \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 ;$$

$$Z_{\text{авар}} = D_{\text{зволж}}^> \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 ;$$

$$Z_{\text{авар}} = y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 ;$$

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ ПІДТРИМКИ ЗАДАНОГО РІВНЯ ТЕМПЕРАТУРИ І ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ В СКЛАДАХ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ОВОЧІВ

#### 3.1. Аналіз та вибір елементної бази для побудови пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів

Враховуючи те, що математична модель пристрою контролю параметрів атмосфери в сховищах мезею перетворена в канонічні рівняння, які представлена у

вигляді ДНФ, то для їх реалізації більше підходять програмуємі логічні матриці (ПЛМ). Дані ПЛМ знайшли широке практичне застосування у програмуєммих логічних інтегральних схемах (ПЛІС). Наприклад, ПЛІС з плавкими запобіжниками по технології ТТЛШ виготовляються у НДУМЕ, м. Зеліноград (Росія). У їх складі є відомі ПЛМ К556РТ1, КР556РТ2, КР556РТ21 [9,14].

Найбільш широко ПЛІС використовують у мікропроцесорній техніці. На їх основі розробляють адресні дешифратори, логіку обладнання мікропроцесора і др. На базі ПЛІС виготовляють мікропрограмні автомати, спеціалізовані пристрої, схеми обробки сигналів та відображення і т. д.

### 3.2. Принципи побудови вибраної базової ПЛМ

Промисловість виготовляє такі ПЛІСи, які мають у собі базову структуру програмуємої логічної матриці, що включає кон'юнкторну матрицю "І" і матрицю диз'юнкторну матрицю "АБО". Принцип побудови такої ПЛМ розглянемо на ПЛІС серії К556РТ1, структурна схема якої приведена на рис. 3.2.1 [9, 11].

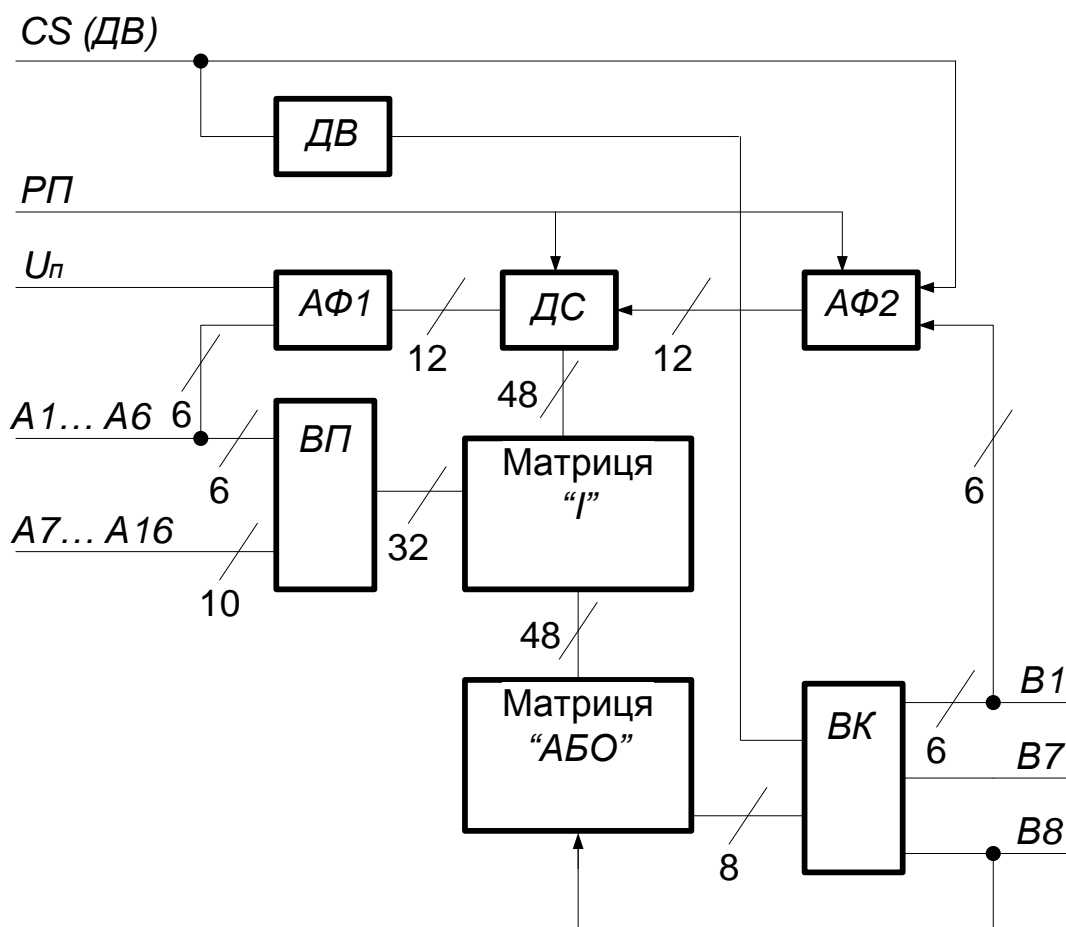




Рис 3.2.1 Структурна схема ПЛМ серії K556PT1

Дана ПЛС включає матрицю кон'юнкторів (матрицю "I") матрицю диз'юнкторів (матриця "АБО"), блок вхідних підсилювачів (ВП), блок каскадів вихідних (ВК), схему дозволу вибірки (ДВ), програмуємий дешифратор, програмуємі адресні формірователі (АФ1, АФ2). Вхідні підсилювачі формують прямі і інверсні значення вхідних змінних по всім шістнадцяти входам (A1...A16).

### 3.3. Рекомендації по програмуванню ПЛС K556PT1

Програмування базової логічної матриці виконаємо на ПЛС серії K556PT1 [9, 14]. Дана ПЛС поставляється до споживача не запрограмованою, тобто в стані, коли кожний кон'юнктор отримує як примі так і інверсні значення від вхідних змінних  $A_i$ , кожний диз'юнктор має сорок вісім кон'юнкції, а для кожного виходу активним рівнем є високий і на всіх виходах присутня напруга низького рівня при значенні на вході CS (0В).

Кожний програмуємий кон'юнктор  $P_n$  формує необхідну кон'юнкцію від вхідних змінних. Причому кожна змінна може входити в кон'юнкцію прямим значенням, інверсним значенням або не входити зовсім. Ці стани реалізують відповідними плавкими перемичками у матриці "I". Якщо кон'юнктор  $P_n$  має вхідну змінну  $A_i$ , то перемичка, з'єднуюча цей кон'юнктор з шиною вхідної змінної  $\bar{A}_i$ , повинна бути розплавлена, і навпаки. Якщо змінна  $A_i$  не повинна входити в кон'юнктор  $P_n$ , то дві перемички вхідних змінних  $A_i$  і  $\bar{A}_i$  - розплавляють.

При числі використаних вхідних змінних  $A_i$  менше шістнадцяти, тоді невикористані змінні повинні бути виключені у всіх використаних кон'юнкторах, тобто відповідні їм плавкі перемички в матриці "I" повинні бути розплавлені в процесі програмування.

Програмування диз'юнкторів виконується тільки для випадків, якщо кон'юнкція не включається у вхідну функцію. Якщо кількість використаних функцій менше восьми, то всі плавкі перемички матриці "АБО", з'єднуючі невикористані диз'юнктори і використані або невикористані кон'юнктори переплавляти не потрібно.

### 3.4. Розробка електронного пристрою та програми реалізації канонічних рівнянь роботи пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів

Для втілення канонічних рівнянь роботи електронного пристрою контролю параметрів атмосфери в сховищах для зберігання овочів:

$$y_1^1 = K_{\text{пуск}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee \bar{D}_{\text{виток}}^B \vee \bar{D}_{\text{припл}}^B ;$$

$$y_1^0 = D_{\tau 2} \cdot D_{\text{виток}}^B \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \vee K_{\text{знят}}^a \cdot \bar{y}_2 ;$$

$$y_2^1 = D_{\text{виток}}^B \cdot D_{\text{припл}}^B \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1 ;$$

$$y_2^0 = D_{\text{виток}}^B \cdot D_{\tau 2} \cdot y_1 \vee \bar{D}_{\text{виток}}^B \vee \bar{D}_{\text{припл}}^B \vee K_{\text{ост}} \cdot \bar{y}_2 ;$$

$$y_3^1 = (\bar{D}_{\text{відк}}^{31} \vee \bar{D}_{\text{відк}}^{32}) \cdot D_{\tau 1} \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee D_{\text{виток}}^B \cdot D_{\text{припл}}^B \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{D}_{\text{виток}}^B \vee \bar{D}_{\text{припл}}^B ;$$

$$y_3^0 = K_{\text{ост}} \cdot \bar{y}_1 \vee K_{\text{знят}}^a \cdot \bar{y}_2 ;$$

$$Z_{\text{прип}}^3 = Z_{\text{пвиток}}^3 = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 ;$$

$$Z_{\text{прип}}^0 = Z_{\text{пвиток}}^0 = Z_{\tau 1} = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 ;$$

$$Z_{\text{вितяж}}^B = Z_{\tau 2} = \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 ;$$

$$Z_{\text{прип}}^B = \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 ;$$

$$Z_{\text{під}} = D_{\text{підіг}}^< \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 ;$$

$$Z_{\text{охол}} = D_{\text{підіг}}^> \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 ;$$

$$Z_{\text{звол}} = D_{\text{зволж}}^> \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 ;$$

$$Z_{\text{авар}} = y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 ;$$

необхідно їх представити кон'юкторами [9]:  $k_i^1$  - для першої ПЛІС:  $k_1^1 = K_{\text{пуск}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2$ ;  $k_2^1 = \bar{D}_{\text{виток}}^B$ ;  $k_3^1 = \bar{D}_{\text{припл}}^B$ ;  $k_4^1 = D_{\tau 2} \cdot D_{\text{виток}}^B \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2$ ;  $k_5^1 = K_{\text{знят}}^a \cdot \bar{y}_2$ ;  $k_6^1 = D_{\text{виток}}^B \cdot D_{\text{припл}}^B \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1$ ;  $k_7^1 = D_{\text{виток}}^B \cdot D_{\tau 2} \cdot y_1$ ;  $k_8^1 = K_{\text{ост}} \cdot \bar{y}_2$ ;  $k_9^1 = \bar{D}_{\text{відк}}^{31} \cdot D_{\tau 1} \cdot \bar{y}_2$ ;  $k_{10}^1 = \bar{D}_{\text{відк}}^{32} \cdot D_{\tau 1} \cdot \bar{y}_2 \cdot y_2$ ;  $k_{11}^1 = D_{\text{виток}}^B \cdot D_{\text{припл}}^B \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1$ ; і кон'юкторами  $k_i^2$  - для другої ПЛІС:  $k_1^2 = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1$ ;

$$k_2^2 = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \quad k_3^2 = \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1; \quad k_4^2 = \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; \quad k_5^2 = D_{\text{підіг}}^{\leq} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; \quad k_6^2 = D_{\text{підіг}}^{\geq} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$k_7^2 = D_{\text{зволж}}^{\geq} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; \quad k_8^2 = y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1.$$

Програма першої ПЛІС , приведена в табл. 3.4.1, а програма другої ПЛІС – в табл.3.4. 2.

Таблиця 3.4.1

$k_i^1$	Вхідні змінні															1	1	1	1	1	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Вихідні функції					
	Номер програмуемого входу															$\varphi_1^1$	$\varphi_1^0$	$\varphi_2^1$	$\varphi_2^0$	$\varphi_3^1$	$\varphi_3^0$
	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	A 9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	B1	B2	B3	B4	B5	B6
$k_1^1$									1					0	0	A					
$k_2^1$					0											A			A		
$k_3^1$						0										A			A		
$k_4^1$				1	1									1	0		A				
$k_5^1$												1		0			A				A
$k_6^1$	1	1										1			0			A			
$k_7^1$				1	0								1						A		
$k_8^1$											1		0						A		A
$k_9^1$	1		1										1	0						A	
$k_{10}^1$		1	1										1	0						A	
$k_{11}^1$					1	1								1	1					A	

В табл. 3.4.1 для вхідних змінних прийняті наступні позначення: 1→ $\bar{D}_{\text{відк}}^{z1}$ ; 2→ $\bar{D}_{\text{відк}}^{z2}$ ; 3→ $D_{\tau1}$ ; 4→ $D_{\tau2}$ ; 5→ $D_{\text{виток}}^B$ ; 6→ $D_{\text{припл}}^B$ ; 7→ $D_{\text{підіг}}^{\leq}$ ; 8→ $D_{\text{підіг}}^{\geq}$ ; 9→ $D_{\text{зволж}}^{\geq}$ ; 10→ $K_{\text{пуск}}$ ; 11→ $K_{\text{ост}}$ ; 12→ $K_{\text{знят}}^a$ ; 13→ $y_1$ ; 14→ $y_2$ ; 15→ $y_3$ ;

Таблиця 3.4.2

$k_i^2$	Кон'юнктори						Рівень активності							
	Вхідні змінні						1	1	1	1	1	1	1	1
	1	2	3	4	5	6	Вихідні функції							
	Номер програмуемого входу						$Z_{\text{прип}}^3$	$Z_{\text{прип}}^0$	$Z_{\text{витяж}}^B$	$Z_{\text{прип}}^B$	$Z_{\text{під}}$	$Z_{\text{охол}}$	$Z_{\text{звол}}$	$Z_{\text{авар}}$
A1	A2	A3	A4	A5	A6	$Z_{\text{витокп}}^3$	$Z_{\text{пвиток}}^0$	$Z_{\tau 2}$						
						B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
$k_1^2$			0	0	0	A								
$k_2^2$			1	1	0		A							
$k_3^2$			0	1	1			A						
$k_4^2$			0	1	0				A					
$k_5^2$	1		1	1	1					A				
$k_6^2$		1	1	1	0						A			
$k_7^2$			1	1	1	0						A		
$k_8^2$			1	0	1								A	

В табл. 3.4.2 для вхідних змінних прийняті наступні позначення:  $1 \rightarrow D_{\text{підіг}}^<$ ;  $2 \rightarrow D_{\text{підіг}}^>$ ;  $3 \rightarrow D_{\text{зволж}}^>$ ;  $4 \rightarrow y_1$ ;  $5 \rightarrow y_2$ ;  $6 \rightarrow y_3$ ;

На невикористаних входах ПЛІС перемички перепалюються.

Схема електронного пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів на ПЛІМ наведена на рис. 3.4.1.

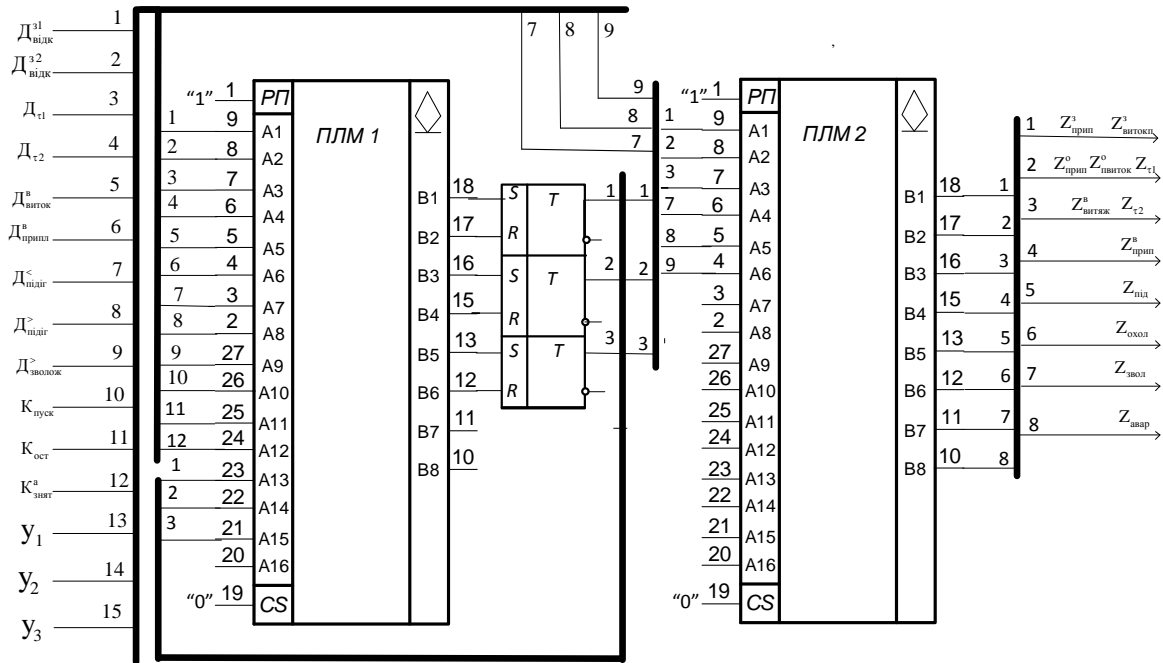


Рис. 3.4.1. Схема електронного пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити електронний пристрій підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів з використанням математичних моделей, математичної логіки і застосуванням сучасних технічних средств – програмуємих логічних матриць. В процесі виконання кваліфікаційної роботи був приведений аналіз різних методів підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах для зберігання овочів, які разом з класифікацією методів провітрювання і другими чинниками привели до розробки алгоритму роботи електронного пристрою. На підставі розроблених абстрактної і структурної математичної моделі математичних моделей був спроектований сучасний електронний пристрій на програмуємих логічних матрицях, які були запрограмовані на мові ПЛМ серії K556PT1, що реалізує вище поставлене завдання кваліфікаційної роботи. У процесі розробки була використана

абстрактна математична модель для задання алгоритму роботи пристрою, а структурна математична модель – для отримання канонічних рівнянь роботи електронного пристрою. які покладені в основу програмування роботи вибраних програмуємих логічних матриць. Програмне забезпечення виконано в середовищі мікросхеми K556PT1, яке пройшло комплексне тестування й налагодження на сукупності вхідних даних електронного пристрою підтримки заданого рівня температури і вологості повітря в складах при зберіганні овочів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. www.abok.ru СТАНДАРТ АВОК 7.7–2018 МУЗЕИ. (Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха ISBN 97).
2. Вентиляція та кондиціонування ДБН В.2.5-67:2013.
3. «Системы вентиляции и кондиционирования, теория и практика», М. «ЕвроКлимат», 2000г.
4. Белова Е. М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами.—М.: Евроклимат, 2003. — 400 с.
5. Креслинъ А. Я. Автоматическое регулирование систем кондиционирования воздуха. — М.: Стройиздат, 1992. — 97 с.
6. Карпис Е. Е. Энергосбережение в системах кондиционирования воздуха.—М.: Стройиздат, 1996. — 268 с.
7. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Справ, пособие / Богуславский Л.Д., Ливчак В.И., Титов В.П. и др.; Под ред. Богуславского Л.Д.и Ливчака В.И. — М.: Стройиздат, 1990. — 624 с.
8. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка. Видавництво «Ліра - К».К.,2012. – 288с.
9. Баранов С.И. Синтез микропрограммных автоматов - издательство «Энергия», Москва, 1999 г.

10. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов – издательство «Физматгизм», Москва, 1962 г.

11. Артур Гилл. Введение в теорию конечных автоматов – издательство «Энергия», Москва, 1966 г.;

12. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка. Видавництво «Ліра - К».К.,2017. – 324с.

13. Матвієнко М.П., Розен В.П. Комп'ютерна схемотехніка. Видавництво «Ліра - К».К.,2013. – 192с.

14. Матвієнко М.П. Пректування цифрових пристроїв. Видавництво «Ліра - К».К.,2018. – 364с.