

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Давидов Дмитро Йосипович

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування та модернізація електроприводу вентиляційної установки
овочесховища

(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Давидов Д. Й.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Соколовський Олег Феліксович
(прізвище, ім'я, по батькові)

к.т.н., доцент кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та інженерної екології
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Давидов Д. Й. Обґрунтування та модернізація електроприводу вентиляційної установки овочесховища. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В роботі розглянуті напрямки модернізації електроприводу вентиляційної установки овочесховища

Проведений вибір автоматизованої системи управління мікрокліматом в овочесховищі.

Ключові слова: автоматизована система управління мікрокліматом, система вентиляції, овочесховище.

SUMMARY

Davydov DI Substantiation and modernization of the electric drive of the vegetable storage ventilation unit. Qualification work for a master's degree in specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics - Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

The directions of modernization of the electric drive of the ventilation installation of the vegetable storage are considered in the work

The choice of the automated microclimate control system in the vegetable storage was made.

Key words: automated microclimate control system, ventilation system, vegetable storage.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 4 |
| РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ | 6 |
| 1.1 Опис овочесховища та особливості технології зберігання картоплі | 6 |
| 1.2 Технологічне обладнання картоплесховища та вимоги до систем автоматичного регулювання | 11 |
| Висновки по розділу 1 | 17 |
| РОЗДІЛ 2. ПРИНЦИПИ БУДОВИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ В ОВОЧЕСХОВИЩІ | 15 |
| 2.1 Автоматизація процесу активної вентиляції овочесховищем | 15 |
| 2.2 Функції САР температурного режиму овочесховища | 21 |
| Висновки по розділу 2 | 26 |
| РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ВАРІАНТУ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ОВОЧЕСХОВИЩА | 27 |
| Висновки по розділу 3 | 30 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 31 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 32 |

ВСТУП

Існують різні способи зберігання картоплі: насипом, у закритих чи відкритих контейнерах. Вибір способу обробки і зберігання залежить від виду сховищ, стану бульб, що закладаються, термінів реалізації продукту і від оснащеності господарств технічними засобами, але в будь-якому варіанті в умовах промислового зберігання застосовуються регулюючі системи мікроклімату. Автоматизовані системи забезпечують відведення продуктів обміну речовин, придушення підвищеної активності дихання, проростання та гниття, запобігання замерзанню бульб, а також збереження цінних органічних речовин, включаючи воду.

Особливістю технології зберігання картоплі є те, що різні фази зберігання передбачають підтримання різних параметрів мікроклімату – температури та відносної вологості. При цьому суворе дотримання оптимальних температур та вологості має співвідноситися з ефективністю енерговитрат. Крім того, у кожному конкретному випадку необхідний індивідуальний підхід до температурно-вологісного режиму з урахуванням сорто типу картоплі та його призначення. Впоратися з такими завданнями можуть лише напівавтоматичні системи, які підтримують задані параметри температури, вологості, часу проведення вентилявання, нагрівання, охолодження та інше.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження можливості впровадження автоматизованої системи регулювання мікрокліматом в овочесховищах шляхом активної сентиляції.

Об'єктом дослідження в роботі являється приміщення для зберігання корнеплодів.

Предмет дослідження – система автоматизованого регулювання мікрокліматом овочесховища.

Перелік публікацій автора за темою дослідження.

Соколовський О. Ф., Давидов Д. Й., ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ
ОВОЧЕСХОВИЩА ТА ВИМОГИ ДО СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ

V МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
МАТЕРІАЛИ. ЧАСТИНА 3. С. . «Біоенергетичні системи». 27-28 травня 2021
Житомир, Україна.

Соколовський О. Ф., Давидов Д. Й. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ
АКТИВНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ОВОЧЕСХОВИЩЕМ

V МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
МАТЕРІАЛИ. ЧАСТИНА 2. С. . «Біоенергетичні системи». 27-28 травня 2021
Житомир, Україна.

Давидов Д. Й. РОЗРОБКА ВАРІАНТУ СИСТЕМИ
АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ
ОВОЧЕСХОВИЩА

Студентські читання – 2021: Матеріали науково-практичної конференції
факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2021». 26 жовтня
2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021.- 400 с.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Коротка характеристика господарства. ТОВ «Агрофірма Малиновський» знаходиться у м.Андрушівка. Основний вид діяльності є вирощуванням картоплі, коренеплодних та бульбоплідних культур з малим вмістом крохмалю

1.1 Опис овочесховища та особливості технології зберігання картоплі

Картоплесховище у ТОВ «Агрофірма Малиновський», місткістю на 2000 тони, призначений для зберігання картоплі в період з осені по весну (рис. 1.1).



Рисунок 1.1. Вигляд картоплесховища

Сховище всередині поділено на засіки, в яких і зберігаються коренеклубнеплоди. В засіках, у підлозі вбудовані вентиляційні канали, через які подається циркуляційне повітря в насип продукту, що зберігається. Повітря в канали подається через повітропроводи, що йдуть від припливних вентиляторів.

У верхній частині сховища встановлені теплові блоки, призначені для підігріву верхньої зони. У картоплесховищі є два наскрізні проїзди, призначених для його заповнення, чотири тамбури, дві електрощитові та шість вент камер. Для регулювання температури циркуляційного повітря застосовують повітряні клапани. Процес зберігання супроводжується постійним вентиляванням бульб. За допомогою терморегуляторів, датчики яких встановлені у повітроводах, контролюють температуру повітря, що подається.

Технологія зберігання картоплі

В умовах сучасного сільського господарства при збиранні картоплі за допомогою машин неминучі механічні пошкодження бульб. У системі виробництва картоплі особливо великі втрати бувають при зберіганні, що спричинено рядом причин. При вирощуванні картоплі на великих площах часто врожай доводиться прибирати в негоду. В результаті якість бульб сильно погіршується, а втрати під час зберігання зростають.

Часто умови, що оберігають від одного виду втрат, сприяють виникненню втрат іншого. Наприклад, ефективні способи попередження проростання бульб при зберіганні можуть послабити їх стійкість до фітопатогенних мікроорганізмів і спричинити збільшення втрат в наслідок інфекційних хвороб. Ефективні засоби захисту картоплі від інфекційних хвороб можуть одночасно викликати в бульбах функціональні розлади, що зовні виявляються найчастіше у побурінні тканин. Зберігання врожаю картоплі не тільки завершальний етап сільськогосподарського виробництва, а й його початку.

Від умов зберігання насінневої картоплі значною мірою залежить величина якості майбутнього врожаю. Умови ж зберігання насінневої картоплі відрізняються від умов зберігання бульб, призначених для продовольчих цілей. Це слід мати на увазі при виборі, наприклад, температурного режиму зберігання або засобів захисту від передчасного проростання бульб під час

зберігання. Тому успішно вирішити поставлене завдання скорочення втрат можна не за допомогою якогось одного способу, хоч би яким ефективним він був, системою організаційних і технічних заходів, спрямованих одночасно проти всіх видів втрат.

Випаровування води тканинами бульб - основна причина зменшення їх маси при зберігання. У середньому $2/3$ втрат маси картоплі при зберіганні відбувається внаслідок випаровування води та $1/3$ – внаслідок витрачання органічних речовин на дихання. Це положення справедливе, якщо зберігати картоплю за температури до 5°C . При вищій температурі посилюється процес дихання і сильно зростають втрати маси внаслідок витрати органічних речовин. Так, втрати маси бульб при температурі 0°C в результаті випаровування води в 3 рази більше, ніж у результаті дихання, а при 13°C в 1,3 рази більше. Органічних речовин у бульбах, у процесі зберігання, витрачається значно менше, порівняно з водою, що випаровується, тому до кінця зберігання частка сухих речовин у них найчастіше.

Способи зберігання овочів та особливості вентиляційних систем для овочесховищ.

Найбільш поширеними способами розміщення картоплі в овочесховищі є навальний та контейнерний типи зберігання.

Навальний спосіб зберігання овочів (рис.1.2).

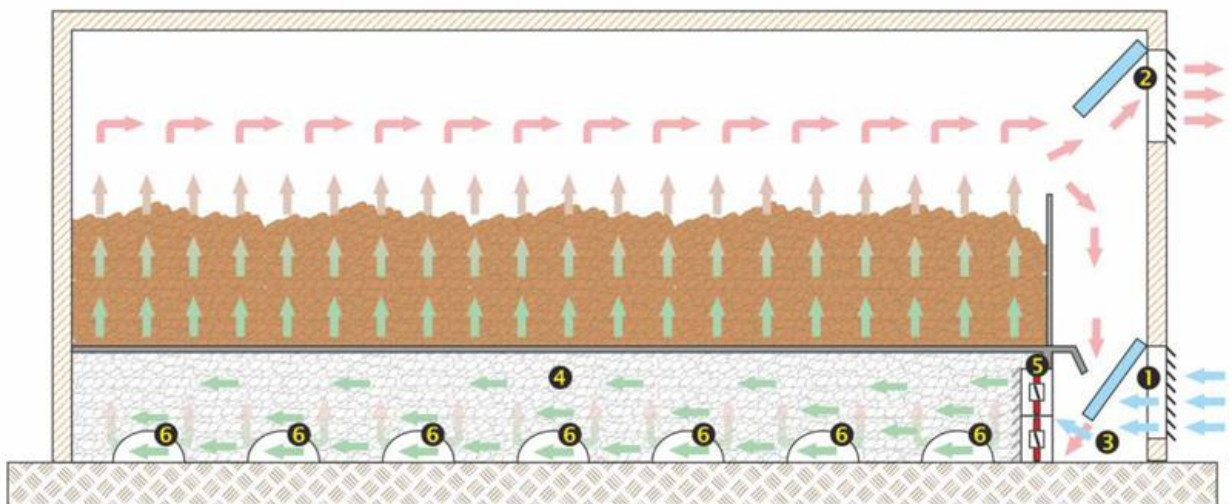


Рисунок 1.2. Навальний спосіб зберігання:

При навалному способі зберігання овочів система управління вентиляцією овочесховища повинна включати спеціальні вентиляційні перфоровані канали для подачі повітря, розташовані по підлозі овочесховища.

Розрахунок кількості та розмірів каналів, необхідних для якісної вентиляції овочів, виконується при проектуванні овочесховища з навальним способом зберігання.

Система вентиляції картоплесховища може бути побудована на основі одного або кількох потужних каналних вентиляторів (двовентиляторна система), так і з використанням великої кількості відносно малопотужних вентиляторів (багатовентиляторна система). Двовентиляторна система вентиляції картофелесховища буде дешевшою, ніж багатовентиляторна, але вимоги до конструкцій овочесховища будуть більш строгими, а розрахунок елементів системи вентиляції — складнішим.

Недоліки навалного типу зберігання: необхідність виготовлення вентиляційних каналів під насипаними овочами для подачі повітря, необхідність створення вентиляційних галерей по обидва боки овочесховища, складність контролю та сортування овочів у процесі зберігання. Для зручнішого доступу до різних зон овочесховища канали рекомендується робити знімними.

При контейнерному способі зберігання овочі зберігаються у спеціальних контейнерах (рис.1.3). Для створення найкращого мікроклімату для зберігання овочів при контейнерному способі зберігання зазвичай застосовують загальнообмінну вентиляцію.

Переваги контейнерного типу зберігання: зручність контролю та сортування овочів у процесі зберігання, простіша система подачі повітря в овочесховище (достатньо системи загальнообмінної вентиляції).

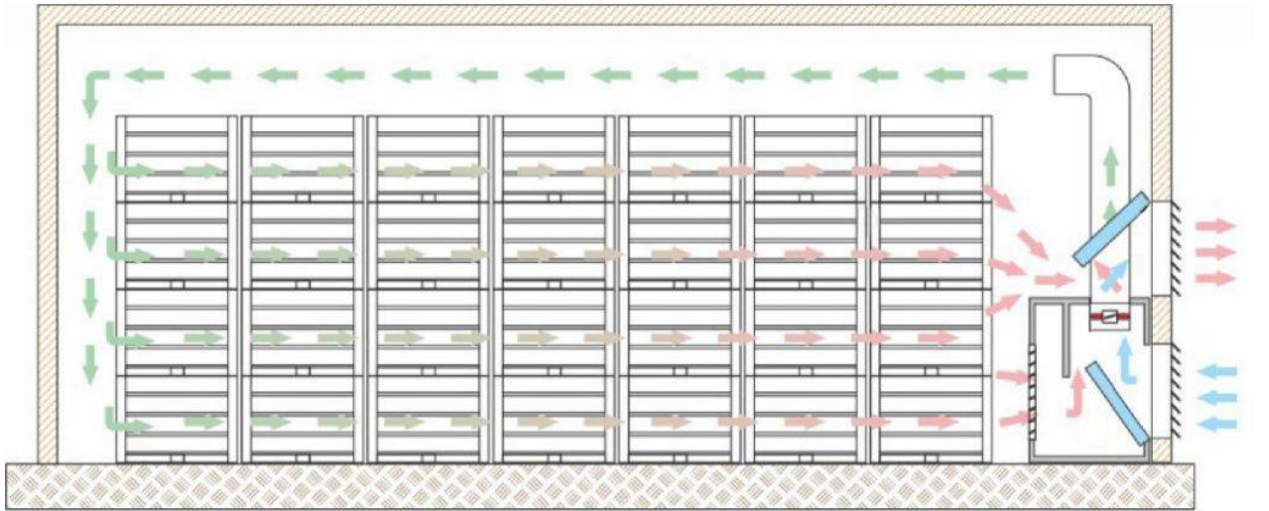


Рисунок 1.3. Контейнерний спосіб зберігання

1.2 Технологічне обладнання овочесховища та вимоги до систем автоматичного регулювання

Технологічне обладнання сховища складається з: вентиляторів, калориферів, заслінок з виконавчими механізмами, датчиків та щитів управління.

Для переміщення циркуляційного повітря встановлено відцентрові вентилятори В-Ц14-46 №6 положення праве 270°. Вентилятори Ц 10-28 №3,2 оснащені електродвигунами АІР112М2 ($n = 3000 \text{ об}^{-1}$; $N = 7,5 \text{ кВт}$; $\eta = 87,5 \%$; $\cos\phi = 0,88$; $k_i = 7,5$).

Для вентилявання верхнього шару продукту встановлені вентилятори В-2,3-130 №8 оснащені електродвигунами АІР71А2 ($n = 3000 \text{ об}^{-1}$; $N = 0,75 \text{ кВт}$; $\eta = 78,9\%$; $\cos\phi = 0,83$; $k_i = 6$). Для обігріву повітря у повітроводах та у верхньому шарі застосовані калорифери типу СФО-10,4 $N = 9,6 \text{ кВт}$ Як виконавчий механізм управління клапаном КПШ-АВМ, застосовується однооборотний МЕО-63/250. Як привод тут використаний однофазний реверсивний конденсаторний електродвигун на змінну напругу 220В та частоту 50 Гц. З урахуванням необхідної малої інерційності та робочого

інтервалу температур для вимірювання температури, вибираємо датчик температури 50М (межі вимірювань – 19°C... +99°C).

Система автоматичного регулювання має забезпечувати умови зберігання картоплі, при яких максимально скорочуються втрати, та зберігається якість продукції, створювати оптимальний для даної культури температурний режим приміщеннях для зберігання, та в масі продукції.

Забезпечити активну вентиляцію з метою:

- осушення поверхні коренеплодів від крапельнорідкої вологи, наявність якої веде до розвитку мікроорганізмів;
- видалення із насипу продуктів життєдіяльності; ефективне охолодження до оптимальної температури та підтримання цієї температури в процесі зберігання;
- забезпечення рівномірного температурного поля висотою насипу.

Також система автоматичного регулювання повинна підтримувати весь процес зберігання картоплі, що поділяється на три періоди:

Перший (підготовчий) – продукцію доводити до стійкого для зберігання стани;
Другий (охолодження) – охолоджувати до оптимальної для зберігання температури.

Третій (зберігання) – підтримувати на оптимальних рівнях температуру продукції та відносну вологість.

1.2 Визначення овочесховища як об'єкта керування мікрокліматом

Підвищується температура маси продукту за 1 годину самозігрівання без відведення теплоти (для коренеклубнеплодів $K_c = 0.14$). Насип збереженого продукту володіє великою тепловою інерційністю.

Процес управління вентиляційним обладнанням ось у чому. Якщо продукт не вентилюється, його температура збільшується через власні тепловиділень та недостатнього теплообміну з навколишнім середовищем. Передавальна функція маси продукту при самозігріванні без відведення теплоти визначається як:

$$W_{(P)} = K_c / p, \quad (1.1)$$

де K_c – коефіцієнт посилення, що показує, на скільки градусів при досягненні максимально допустимої для цього продукту в період зберігання температури θ , визначають агротехнічними вимогами (наприклад, для продовольчої картоплі $\theta = 4^0 C$), вентилятор повинен включатися, та подавати в масу повітря з температурою $\theta_{кр}$, яка менша за мінімально допустимої температури зберігання продукту (для картоплі $\theta_{кр} = +1^0 C$). При цьому інтенсивність теплообміну маси з навколишнім середовищем значно зростає, і температура її знижується, наближаючись до температури охолодного вентиляційного повітря. Вентилювання має припинятися при зниженні температури в масі до значення, що визначається агротехнічними вимогами (для продовольчої картоплі в період зберігання $\theta = 2^0 C$).

Температура на поверхні продукту визначається не лише інтенсивністю відведення теплоти з поверхні, а й її відведенням із внутрішнього простору бульби, що утворюється в результаті біохімічних процесів усередині продукту

$$cV(1 - \mu)d\theta / dt = q - q_n - \alpha V(\theta - \theta_g), \quad (1.2)$$

де c – об'ємна теплоємність бульб, Дж/(м³·°C); V – об'єм шару зберігається продукції, м³; $\mu = (V - V_0)/V$ – шпаруватість шару продукції, що зберігається, рівна для картоплі 0.38...0.45; V_0 – обсяг бульб, м³; θ – температура бульб, °C; t – час, з; q – кількість теплоти, що виділяється в обсязі V продукції в одну секунду, Дж/с; $q_n = \omega \cdot l$ – кількість теплоти, витрачена на випаровування вологи ω (кг/с) з теплоємністю водяної пари l (Дж/кг), Дж/с; α – об'ємний коефіцієнт теплообміну, Дж/(м³·с·°C); θ_g – температура повітря в міжклубневий простір, °C.

Перетворимо рівняння (1.2) і одержимо:

$$\begin{aligned} [cV(1 - \mu) - (q/V) \cdot (dt/d\theta) + (q_n/V) \cdot (dt/d\theta)] \cdot (dt/d\theta) \cdot d\theta/dt = \\ = V - \alpha V(\theta - \theta_g). \end{aligned} \quad (1.3)$$

Так як у дужках лівої частини рівняння (1.3) всі доданки мають розмірність об'ємної теплоємності [Дж/(м³·°C)], то рівняння (1.3) можна записати так:

$$C_p \cdot d\theta / dt = -\alpha(\theta - \theta_e), \quad (1.4)$$

де C_p – об'ємна розрахункова теплоємність шару картоплі.

Рівняння теплового балансу для повітря, що проходить через шар бульб товщиною h , можна записати в приватних похідних

$$C_e \cdot \mu \cdot \partial\theta_e / dt = -\alpha(\theta - \theta_e) - C_e \cdot \mathcal{G} \cdot \partial\theta_e / \partial h, \quad (1.5)$$

де c_0 – об'ємна теплоємність повітря, Дж/(м³·°C); \mathcal{G} – швидкість повітря, рівна кількості повітря (м³), що проходить через поперечний переріз шару продукції (м³) за 1с, м/с.

З рівнянь (1.3) і (1.5) видно, що інтенсивність зміни температури в масі продукції залежить від швидкостей проходження припливного повітря, завтовшки шару h насипу бульб, шпаруватості шару μ , а також від початкових значень температур бульб θ та повітря θ_v .

Досвід показує, що температура повітря, що подається, і насипу бульб неоднакова за висотою шару. Швидко охолоджуються шари бульб на вході повітря та в 4-5 разів повільніше на виході чотириметрового шару насипу картоплі. Найбільш висока температура маси продукту, що зберігається, спостерігається на глибині 0.4...0.6 м від поверхні насипу. Теплофізичні властивості насипу залежать від його температури та виду продукції.

Через перераховані особливості важко точно визначити результат спільного вирішення рівняння (1.4) та (1.5). Передавальну функцію маси продукту, що зберігається, можна визначити також експериментально за кривими розгону.

Встановлено, що з подачі повітря $L=50\text{м}^3$ в 1ч на тонну насипу бульб передавальну функцію можна виразити так:

$$W_{(P)} = \frac{k}{T_p + 1}, \quad (1.6)$$

а при $L \geq 50 \text{ м}^3/(\text{т}\cdot\text{г})$

$$W_{(P)} = \frac{k}{T_{2p}^2 + T_{1p} + 1}, \quad (1.7)$$

розрахунком подачі повітря від 50 до 250 $\text{м}^3/(\text{т}\cdot\text{год})$ значення коефіцієнта посилення k знижується від 0,03 до 0,008.

Коефіцієнт посилення k показує, наскільки градусів знижується температура насипу бульб за 1ч при подачі 1м^3 повітря на 1т бульб. Постійна часу залежить також від подачі повітря :

при $L \leq 50 \text{ м}^3/(\text{т}\cdot\text{год})$ $T = 7\dots 8$ год;

при $L \geq 50\dots 250 \text{ м}^3/(\text{т}\cdot\text{год})$ $T_1 = 8\dots 6$ год, $T_2 = 2\dots 1.6$ год.

У лікувальний період з метою швидкого загоєння механічних пошкоджень у протягом 10...15 днів картопля вентилюють рециркуляційним повітрям 4...6 разів за добу по 30 хвилин.

У період охолодження, що триває 10...40 днів, активне вентилявання забезпечується зовнішнім повітрям або його сумішшю з внутрішнім повітрям періоди доби, коли температура зовнішнього повітря не менше ніж на 2...3 градуси менше температури продукту, що зберігається.

Кратність увімкнення вентилятора визначається залежно від величини подачі повітря L на годину на тону насипу бульб та динаміки самозігрівання бульб зберігається продукту.

Період зберігання починається, коли температура картоплі в насипу досягає 3 ... 4 °С. Періодичність вентилявання залишається такою самою, як і в лікувальний. період.

Висновки по першому розділу

Так як насип зберігаючого овочевого продукту (картоплі) володіє великою тепловою інерційністю то в приміщенні потрібно встановлювати

систему вентиляції та систему автоматичного регулювання мікрокліматом.

Система автоматичного регулювання повинна підтримувати весь процес зберігання картоплі, за допомогою вентиляторів, калориферів та систем автоматики.

РОЗДІЛ 2

ПРИНЦИПИ БУДОВИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ В ОВОЧЕСХОВИЩІ

2.1 Автоматизація процесу активної вентиляції овочесховищем

В останні роки, для керування температурним режимом у масі збереженого картоплі та в приміщеннях, для їх зберігання широкого поширення набула активна вентиляція. Під активною вентиляцією розуміється, примусова подача повітря заданої температури безпосередньо в масу продукту, що зберігається (рис.2.1).

Для автоматизації процесу активної вентиляції у сховищах замінюють ручне керування обладнанням на автоматичне, що дозволяє повністю використовувати можливості активного вентилявання та значно знизити втрату продукту під час зберігання.

Найбільш напруженим часом вентиляції є осінь, тобто. Період охолодження, коли продукція повинна охолоджуватися до температури зберігання залежно від її виду. Температура вентиляційного повітря, що надходить у масу продукту, повинна бути нижче температури останньої, але не нижче криоскопічної (криоскопічна температура-температура початку замерзання картоплі та овочів; більшість видів продукції вона дорівнює -1°C).

При мінусових зовнішніх температурах вентилявання ведуть зовнішнього та рециркуляційного (внутрішнього) повітря.

Для отримання суміші зовнішнього та внутрішнього повітря із заданою температурою у сховищах з активною вентиляцією застосовуються змішувальні камери, обладнані одностулковими або жалюзійними поворотними клапанами електричними, виконавчими механізмами (рисунок 2.2 а). Як виконавчі механізми регулюючих органів у системах вентиляції сховищ застосовуються ІМ-2/120 та МЕО-63/250, час одного обороту вихідного валу яких 100-250 секунд.

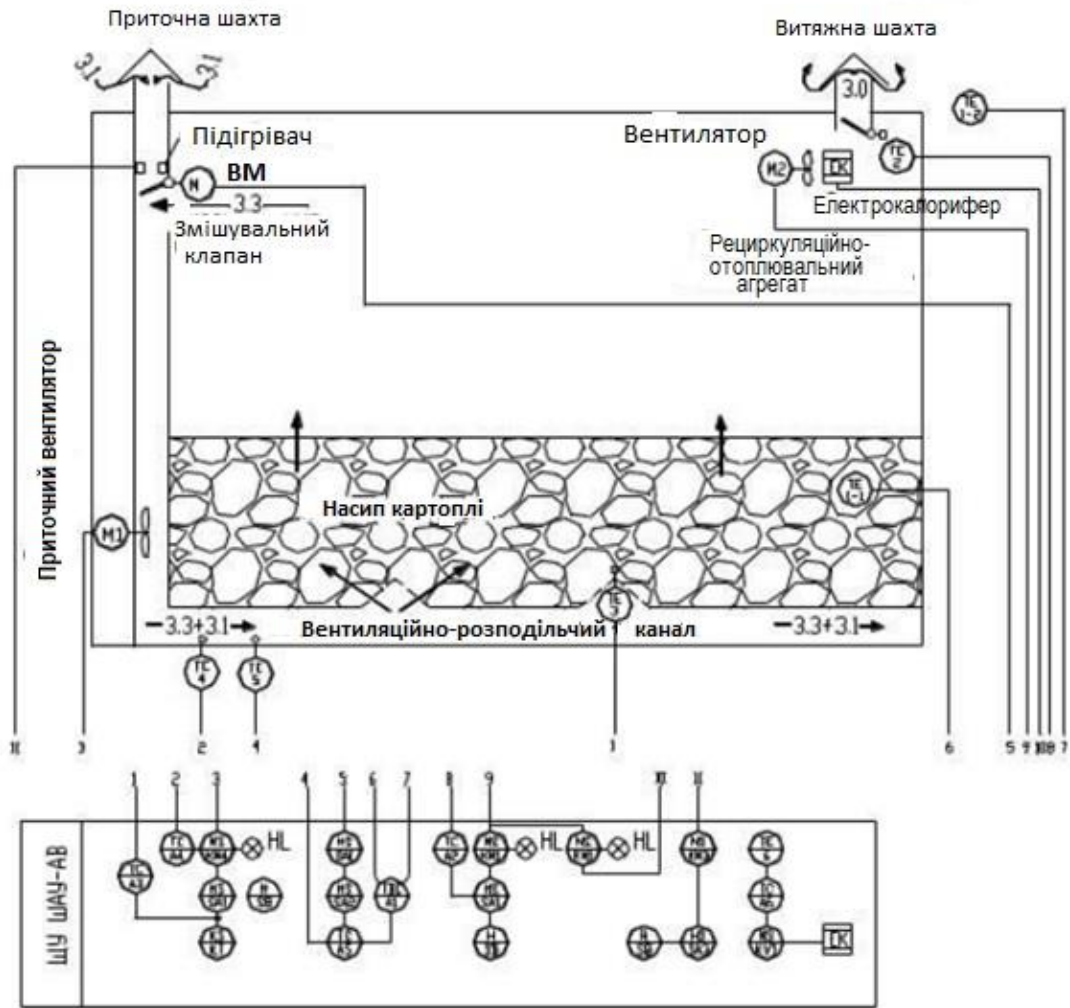


Рисунок 2.1. Структура системи активної вентиляції сховищ схема Автоматизації

Змішувальну камеру з регульованим клапаном, як об'єкт управління можна описати рівнянням теплового балансу в приростах:

$$c\theta_n \cdot \Delta G_n + c\theta_p \cdot \Delta G_p = c \cdot \theta_n \cdot G, \quad (2.1)$$

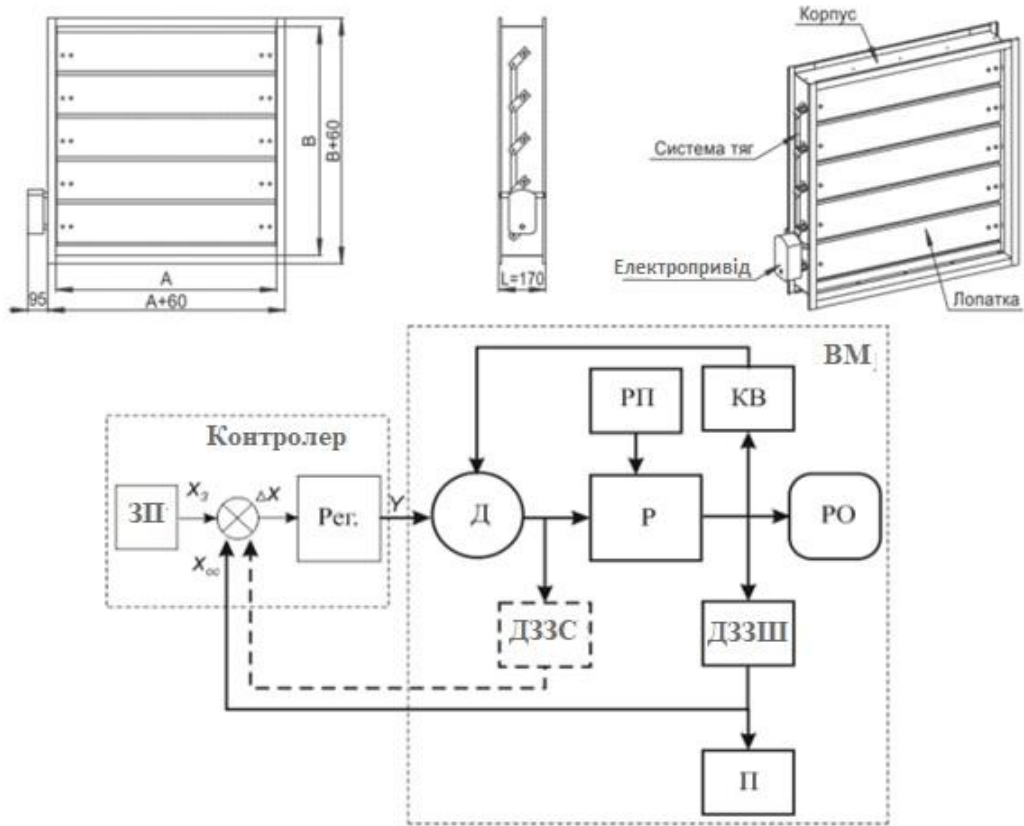
де θ_n та θ_p - значення температур зовнішнього та рециркуляційного повітря;

$\Delta G_n = -\Delta G_p$ - збільшення змішуваних кількостей зовнішнього і рециркуляційного повітря, кг/с;

$\Delta \theta_n$ - збільшення температури (град) для питомої витрати припливного повітря G , кг/с.

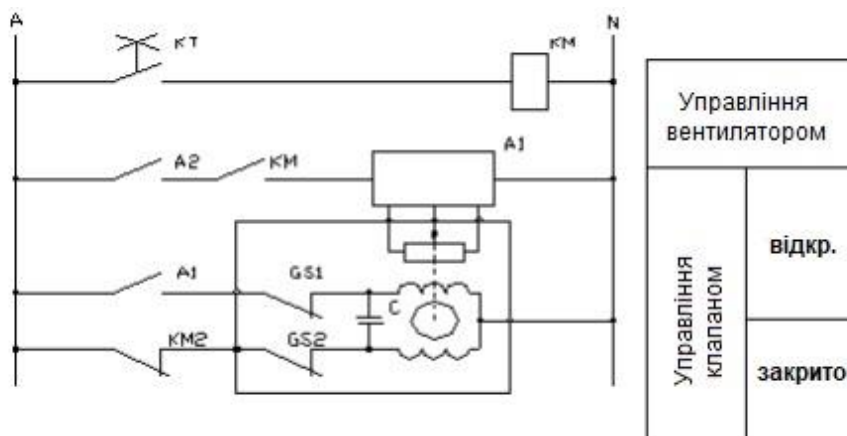
З урахуванням зазначених співвідношень рівняння (2.1) можна подати у вигляді

$$\left[\frac{\theta_n - \theta_p}{G} \right] \cdot \Delta G_n = \Delta \theta_n. \quad (2.2)$$



ВМ – виконавчий механізм; Д – двигун; Р – редуктор; РВ – робочий орган; РП – ручний привід; КВ – кінцеві вимикачі; ДЗЗС - датчик зворотного зв'язку за становищем; ДЗЗШ – датчик зворотний зв'язок за швидкістю; П – прилад візуального спостереження; ЗП – задаючий пристрій.

а)



б)

Рисунок 2.2. Структура системи регулювання температури вентиляційного повітря: а) схема автоматизації; б) принципова схема управління поворотним клапаном

Звідки визначається значення передавальної функції підсилувальної ланки

$$W_{(P)} = \frac{\Delta\theta_n}{\Delta G_n} = \frac{\theta_n - \theta_p}{G} = k, \quad (2.3)$$

Змішувальна камера є безінерційною ланкою. Постійна часу регулюючого органу значно перевищує інерційність датчика температури ТЕ1 та в системі управління поворотним клапаном можуть бути використані регулюючі прилади А1 безперервного регулювання з будь-яким законом регулювання, включаючи найпростіший, пропорційний закон.

Відкриття клапана проводиться контактом А1 регулюючого приладу А1 самим відбувається зниження температури повітря в змішувальній камері до встановленого значення після чого контакт розмикається. Закривається клапан автоматично після вимкнення приводу вентилятора.

Сигнал на дозвіл відкриття клапана подається диференціальним терморегулятором А2 один із датчиків якого ТЕ3 встановлений зовні сховища, а другий ТЕ2 усередині. При перепаді температур $(\theta_{вн} - \theta_{нав}) > 2-3$ °С відбувається відкриття клапана.

Датчик ТЕ1 терморегулятора А1 встановлений після вентилятора у магістральному канал на відстані 2-3 м від нього.

Як регулюючий прилад може бути використаний трипозиційний терморегулятор. Верхнє значення уставки ||норма|| має відповідати температурі зберігання продукту, нижня уставка мінімально допустимому значення температури зберігання продукту. При цьому має бути виконано наступна умова:

$$3T_d \leq t_n, \quad (2.4)$$

де T_d – постійна часу датчика температури регулюючого пристрої;

t_n – час зниження температури повітря після відкриття змішувального клапана на величину Δt – « норма». Якщо ця нерівність не витримується, то необхідно зменшити швидкість відкриття клапана.

Як регулятор для аварійного захисту від підморожування збереженого продукту може бути використаний датчик температури SK, який встановлюється у магістральному каналі після припливного вентилятора.

При зниженні температури повітря в магістральному каналі нижче за допустиму, спрацьовує датчик SK та привід припливного вентилятора відключається. При підігріванні продукту відбувається включення приводу.

Температура повітря над масою продукту, що зберігається, надає великий вплив на збереження верхнього шару продукту, особливо коли в умовах активного вентилявання ємність сховища використовується повністю і між насипом продукту та перекриттям залишається повітряний прошарок заввишки 0,8 – 1,5 м .

При низьких зовнішніх температурах перекриття переохолоджується, температура повітря та верхніх шарів продуктів знижується і на них випадає конденсат. Зволоження верхнього шару продукції веде до підвищених втрат.

Для запобігання випаданню конденсату необхідно підтримувати температуру повітря між перекриттям та продуктом на 1–2 °С вище температури маси продукту та забезпечити циркуляцію повітря.

Проведення дослідження та дослідна експлуатація довели, що це завдання найбільш успішно здійснюють за допомогою рециркуляційно-опалювальних агрегатів, що складаються з електрокалорифера та осьового вентилятора, що забезпечують підігрів повітря при його проходженні через агрегат на 2 – 4 °С.

Передачу функцію верхньої зони овочесховища можна визначити з диференціального рівняння теплового балансу:

$$c \cdot G \cdot d\theta / dt = q - \alpha \cdot F(\theta_p - \theta_0) - c \cdot G_e(\theta_e - \theta_0) , \quad (2.5)$$

де c – питома теплоємність повітря, Дж/(кг·°C)

G та θ – маса та температура повітря у верхній зоні, відповідно кг та °C;

q - Тепловиділення від продукції, Дж / с;

α – коефіцієнт тепловіддачі від повітря до огорож, Дж/(м²·с·°C);

F – площа поверхні огорож, м²;

θ - температура огорож, °C;

θ_v та G_v – температура та питома витрата повітря на вході у верхню зону, відповідно °C та кг/с;

Якщо через відсутність чисельних величин, що входять до рівняння (2.5), важко знайти аналітичним шляхом кількісне вираження передавальної функції, то слід зняти експериментальну криву розгону і за нею одним із існуючих методів визначити передатну функцію верхньої зони. Вона виражається трьома складовими (за кількістю паралельно діючих обурень), а саме, відповідно до рівняння (4.5), від зміни q , $\theta_p - \theta_0$ та $\theta_v - \theta_p$:

$$W_{1(p)} = \frac{K_1}{T_{1p} + 1} ; W_{2(p)} = \frac{K_2}{T_{2p} + 1} ; W_{3(p)} = \frac{K_3}{T_{3p} + 1} ; \quad (2.6)$$

для типового овочесховища на 2000 т значення коефіцієнтів можна прийняти $K_1 = 0,3$; $K_2 = 0,5$; $K_3 = 0,2$; $T_1 = 2,3$ год; $T_2 = 0,12$ год і $T_3 = 0,04$ год; Закон регулювання роботи рециркуляційно-опалювальних агрегатів, двопозиційний: при зниженні температури повітря верхньої зони до рівня температури в масі, продукції агрегату повинні включатися, а при досягненні заданої температури вимикатися. Датчик терморегулятори повинен встановлюватись на відстані 40-60 см від перекриття поза дією прямих потоків теплового повітря.

Рециркуляційно-опалювальний агрегат потужністю 10,6 кВт з осьовим вентилятором №6 надійно забезпечує попередження зволоження верхнього шару продукту на площі 80-120 см².

2.2 Функції САР температурного режиму овочесховища

Застосування системи автоматичного регулювання температури у сховищі розглянутих вище типів виключає необхідності ручної праці. Для повного усунення ручної праці, при керуванні обладнанням сховища активною вентиляцією, потрібні комплексні системи автоматичного регулювання температурного режиму картоплесховища.

Такі системи мають забезпечити:

- періодичне вентилявання продукту рециркуляційним повітрям за заданою програмою з метою інтенсифікації поранених реакцій у продукті у лікувальний період;

- подачу в масу продукту зовнішнього повітря або суміші з рециркуляційним при температурі зовнішнього повітря нижчою, ніж у продукції, з метою ефективного охолодження останньої до оптимальних зберігання температур;

- періодичне вентилявання продукту за заданою програмою сумішшю рециркуляційного та зовнішнього повітря для видалення теплонадлишків, зняття температурних та вологих градієнтів у режимі зимового зберігання;

- прогрів верхньої зони сховища за допомогою електрокалориферів з метою попередження її переохолодження;

- подачу повітря певної температури в масу продукції, що зберігається;

- аварійний захист продукту від переохолодження та перегріву вентиляційним повітрям;

- автоматичне перекриття заслінки змішувального клапана припливної шахти при зупинці вентилятора;

- прогрів заслінки клапана перед включенням вентилятора;

- автоматичне підтримання оптимального температурного режиму всередині шафи автоматики. Дистанційно заміряти температуру у сховищі вентиляційного повітря. На підставі вищезазначених вимог, розробляємо схему управління, що відповідає цим вимогам.

У схемі управління необхідно передбачити ручний та автоматичний режим роботи обладнання, а також світлову сигналізацію, що свідчить про перебіг технологічного процесу.

Як регулюючі прилади температури застосовуємо прилади марки TM2141 (рис.2.3), укомплектовані датчиками 50M(W100=1.426) (рис.2.4) з діапазоном вимірювання від -19,9 До +99,9.



Рисунок 2.3. Регулюючий прилад марки TM2141



Рисунок 2.4. Датчик температури 50M(W100=1.426)

Для вимірювання перепаду температур застосовуємо прилад TM2232-R із двома датчиками 50м.

Для послідовного включення припливних вентиляторів встановимо контролер, що працює в режимі перемикання. У контролері є шість входів та чотири програма забезпечує послідовне перемикання виходів із заданим інтервалом часу. Затримка часу для включення другого двигуна здійснюватиме реле часу РР21М-003В1. В якості проміжних реле встановимо

РП21М-400 на напругу Для завдання режиму роботи управління мікрокліматом, та виключення одночасного та паралельного управління процесом, використовуються трипозиційні перемикачі УП5300, з числом секцій до 10 (SA1, SA2, SA3, SA4, SA5, SA6). У ручному режимі передбачаємо кнопкові пости ПKE-112-2 (SB1 ... SB14), встановлені на щиті. Для ручного керування заслінками встановимо перемикачі ТВ2-1 (SA7 ... SA10).

Пуск двигунів здійснюється магнітними пускачами ПМЛ-121002 (рис.2.5) та ПМЛ221002 із тепловими реле типу РТЛ, які захищають від перевантаження. Для захисту двигунів від струмів короткого замикання використовуємо автоматичні вимикачі ВА51 (рис.2.6).



Рисунок 2.5. Магнітний пускач серії ПМЛ-1210



Рисунок 2.6. Автоматичний вимикач ВА51

Захист схеми керування здійснюємо автоматичним вимикачем марки А63М, $I_{р.н.} = 5\text{А}$. Для додаткового контролю за роботою обладнання використовуємо світлосигнальну арматуру, АС-220.

Для стійкої роботи електрообладнання, а також для захисту від аварійних режимів, вибираємо електричні апарати управління та захисту: запобіжники, автоматичні вимикачі та магнітні пускачі з тепловим розчіплювачем, а для захисту від неповно фазного режиму застосуємо реле РОФ-11.

Типи застосовуваних електродвигунів та їх параметри наведені нижче таблиці 2.1.

Вибір автоматичних вимикачів проводимо за номінальною напругою та струму з дотриманням таких умов:

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.м} \quad I_{ном.а} \geq I_{доп};$$

де $U_{ном.а}$ – номінальна напруга автоматичного вимикача,

$U_{ном.м}$ номінальна напруга мережі, В;

$I_{ном.а}$ – номінальний струм автоматичного вимикача, А; $I_{доп}$ – тривалий розрахунковий струм лінії;

Таблиця 2.1-Типи і паспортні дані електродвигунів

| Р _н , кВт | Тип | N ₀ , хв ⁻¹ | ККД, % | I _н , А | cosφ | K _i | функція |
|----------------------|---------|-----------------------------------|--------|--------------------|------|----------------|--------------------------------|
| 7,5 | AP112M2 | 3000 | 0,875 | 14,8 | 0,88 | | Вентилятор приточний |
| 0,75 | AP71A2 | 3000 | 0,789 | 1,7 | 0,83 | | Вентилятор опалювального блоку |
| 0,6 | СФО | | | 14,6 | | | ТЕНи опалювального блоку |
| 1,2 | ТЕН | | | 2,1 | | | Підігрівання заслінки |

Номінальний струм теплового розчіплювача повинен бути не меншим за номінальний струму двигуна:

$$I_{ном.розч} \geq I_{доп}$$

Струм уставки електромагнітного розчіплювача (відсікання), з урахуванням неточності спрацьовування та відхилень дійсного пускового струму від каталожних даних, вибирається з умови:

$$I_{уст.ел.маг.} \geq 1,25 \cdot I_{пуск.},$$

де $I_{пуск.} = I_{ном.дв.} \cdot \kappa_i$ – пусковий струм двигуна, А; κ_i – кратність пускового струму (таблиця 2.1).

Вибираємо автоматичні вимикачі для приводів вентиляторів.

$$I_{пуск.} = 14,8 \cdot 8 \cdot 7,5 = 111 \text{ А};$$

$$I_{пуск.ел.маг.} = 1,25 \cdot 111 ;$$

Приймаємо автоматичний вимикач із комбінованим розчіпувачем типу ВА51Г-25: $I_{ном.д} = 25 \text{ А}$; $I_{нрм.розч} = 16 \text{ А}$; $I_{уст.ел.дв} = 160 \text{ А}$, [1].

Вибір автоматичних вимикачів для інших електродвигунів здійснюється аналогічно, результати розрахунків зведені до таблиці (2.2)

Таблиця 2.2-Автоматичні вимикачі

| Тип вимикача | Номинальний струм вимикача, А | $I_{ном.розч.}$, А | $I_{уст.ел.маг.}$, А | Електроприймач |
|--------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| ВА51Г-25 | 25 | 16 | 160 | Приточний вентилятор |
| ВА51Г-25 | 25 | 8 | 80 | Для групи вентиляторів |

Результати розрахунків на вибір магнітних пускачів з тепловим реле зведено у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3- Магнітні пускачі з тепловим реле

| Номинальний струм пускача, А | Тип пускача | Тип реле | Номинальний струм реле, А | Електроприймач |
|------------------------------|-------------|----------|---------------------------|--------------------------------|
| 25 | ПМЛ-121002 | РТЛ-1004 | 25 | Приточний вентилятор |
| 10 | ПМЛ-121002 | РТЛ-1001 | 25 | Вентилятор опалювального блоку |

| | | | | |
|----|------------|--|--|--------------------------|
| 25 | ПМЛ-121002 | | | ТЕНи опалювального блоку |
| 10 | ПМЛ-121002 | | | Підігрівання заслінки |

Схема (рис. 2.7) управління працює у ручному та автоматичному режимах. Вибір режимів робимо за допомогою пакетних перемикачів SA1, SA2, SA3, SA5, SA6.

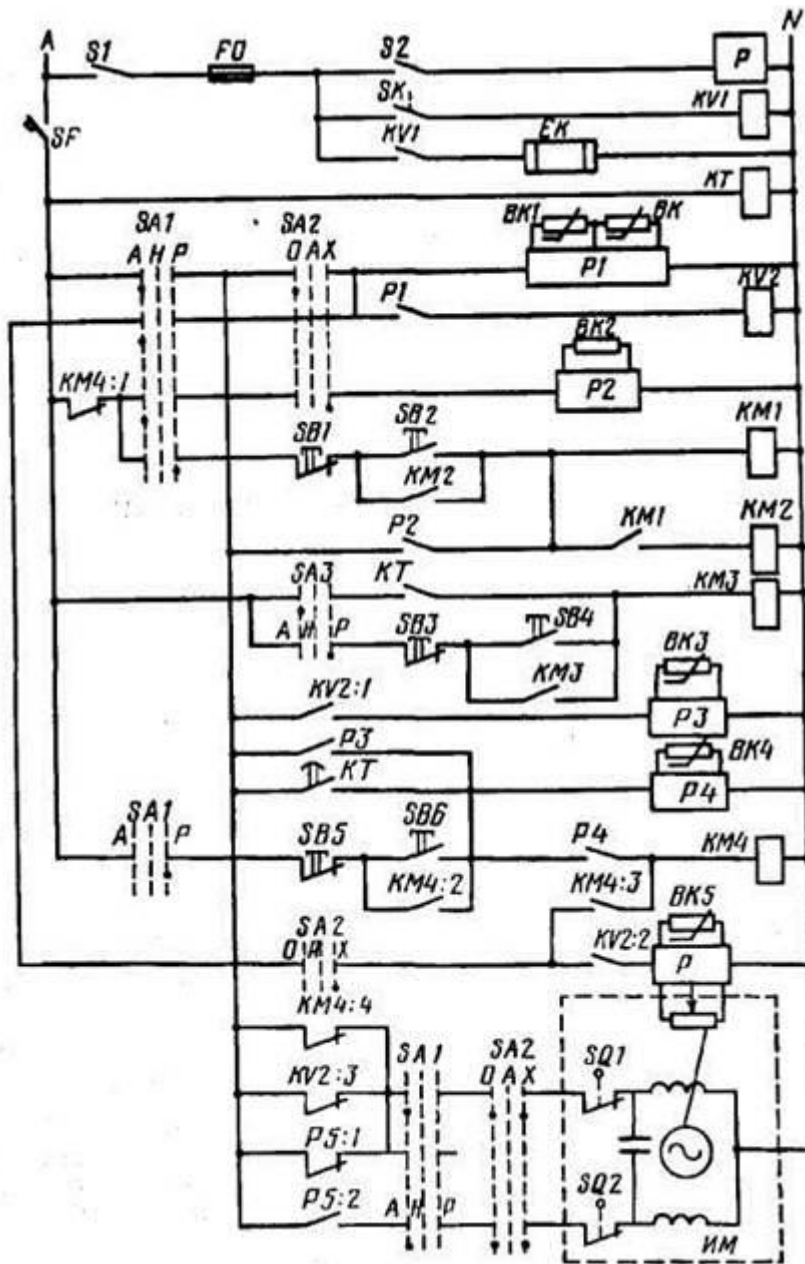


Рисунок 2.7. Схема управління картоплесховищем

В автоматичному режимі за допомогою перемикача SA4 задаємо режим лікування або зберігання, охолодження. Контролер за програмою із добовим циклом послідовно включає та відключає магнітні пускачі, що управляють електроприводами припливних вентиляторів. При подачі напруги на КМ5 включається припливний вентилятор N1 і отримує живлення реле часу КТ1, яке з витримкою часу подає живлення на КМ6 та включається вентилятор N2. При перепаді температур зовнішнього та внутрішнього повітря 2-3 °С, спрацьовує регулятор перепаду температур А2 подаючи живлення на котушку реле КV1 та КТ5. Замкнувшись КV1 подає живлення на котушку магнітного пускача КМ1 включає підігрів заслінок змішувальних клапанів N1 та N2. З витримкою часу КТ5 замкне контакт і подасть напругу на схему управління заслінками. Отримають живлення регулятори температури А3..А6 які згодом і керують заслінками, подаючи сигнал на відкриття або закриття заслінки. Затримка часу реле КТ5 необхідна для того, щоб спочатку увімкнувся підігрів заслінки, а потім лише увімкнення приводу заслінки. Розмикаючий контакт КМ5 в ланцюзі управління заслінками 1 та 2, призначений для закриття заслінки після відключення припливних вентиляторів 1 та 2.

При температурі повітря у верхній зоні нижче заданої, спрацьовує регулятор температури А7, і за умови, що жоден з припливних вентиляторів не включений, контакти магнітних пускачів КМ6 КМ8 КМ10 КМ12 замкнуті, отримує харчування проміжне реле КV2 і включається підігрів верхньої зони. Далі принцип роботи схеми повторюється.

Для захисту від замерзання застосовуються датчики SK1 ... SK8, включені в ланцюг живлення магнітних пускачів керування припливними вентиляторями.

За допомогою тумблерів SA11 та SA12 включаємо обігрів щита. Температуру у щиті контролюють датчики SK9 і SK10, і при її перевищенні відключають котушки магнітних пускачів КМ29 КМ30, і отже відключаються нагрівальні елементи ЕК1 та ЕК2.

Для захисту від неповнофазних режимів захищає реле KV3, при обриві фази воно розмикає свій контакт у ланцюги живлення схеми управління, і знеструмлює її. Захищає схему керування від коротких замикань автоматичний вимикач QF11. У схемі управління передбачені світлова сигналізація увімкнення обладнання HL1...HL14 та сигналізація наявності напруги HL15.

Висновки по другому розділу

Останнім часом широкого поширення набула активна вентиляція, активне вентилявання дозволяє максимально зберегти продукт, залежно від параметрів температури та вологості охолоджуючи, нагріваючи або вентиляючи повітря в різних зонах.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ВАРІАНТУ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ

Розглянемо можливість побудови системи САР з напівавтоматичним управлінням мікрокліматом у сховищах картоплі та інших овочевих культур місткістю 100-2000 тонн. Схема сховища показано на рис. 3.1.

Для створення мікроклімату у сховищі вибрана автоматизована система MICRO2004+ фінської компанії A-Lab. Встановлена стандартна система MICRO2004+ для двох відділень має обмежену кількість точок контролю температури – 8. Але оскільки у сховищі 13 засіків, то у п'яти з них температура не контролювалася.

Для створення необхідного температурного режиму потрібно побудувати невелику автономну котельню на 150 кВт із двома газовими пальниками. Завдання котельні – створення теплового повітряного прошарку, що відсікає, вздовж стін сховища з температурою близько +5 °С. Для цього по периметру будівлі вбудовуються теплові реєстри, кожен реєстр забезпечений кульовим краном. Теплота від реєстрів компенсує охолодження стін та дозволяє регулювати загальну температуру у сховищі.

Для підтримання температури теплоносія в системі використовуються регулятори ОВЕН ТРМ12, а для контролю рівня теплоносія – сигналізатор рівня рідини триканальний ОВЕН САУ-М6.

Між стіною сховища та засіками розташований повітряний магістральний канал заввишки понад три метри, яким вентилятори нагнітають тепле повітря. У кожному засіку є по три розподільні канали, в яких встановлені керовані заслінки. Загальна кількість повітряних заслінок, що відсікають – 39, з яких 21 розміщена на правій стороні та 18 – на лівій стороні сховища. Управління такою кількістю заслінок покладено на 2 блоки управління А301, основу яких складають прилади ОВЕН. Основу керуючого комплексу сховищ коренеплодів складає обладнання ОВЕН:

- модуль аналогового введення ОВЕН МВА8 або ОВЕН МВ110;

- восьмиканальний модуль управління виконавчими механізмами ОВЕН МВУ8;
- ПІД-регулятори керування засувками ОВЕН ТРМ212 з інтерфейсом RS-485;

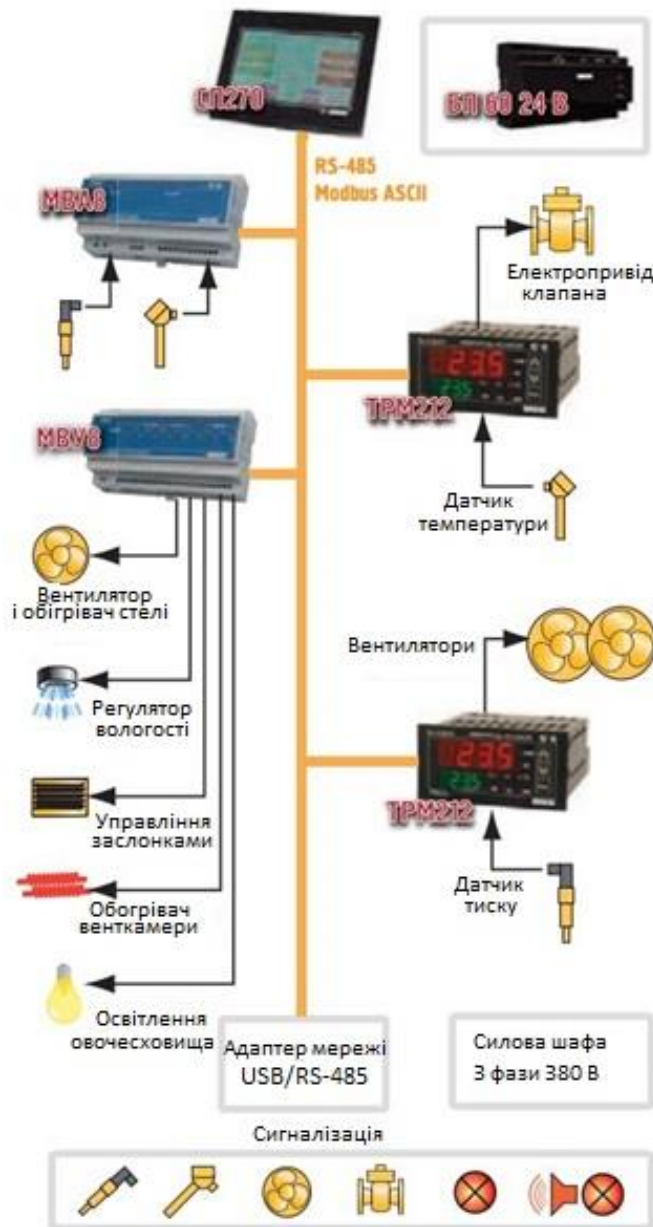


Рисунок 3.1. Напів автоматична схема управління мікрокліматом у сховищах корнеплодів

- графічна панель оператора ОВЕН СП270 з оригінальною програмою керування;

Також в систему входять: первинні датчики, електромеханічні засувки, вентилятори, обігрівачі, зволожувач.

АСУ забезпечує безперервний режим роботи протягом тривалого часу та виконує основні операції для підтримки мікроклімату. Система (рис. 2) керує обладнанням за вибраним алгоритмом і виконує такі основні функції:

- контроль температури та вологості зовнішнього повітря, температури у повітряних розподільних каналах та повітря всередині сховища, температури продукту, вологості у сховищі;
- керування вентиляторами, припливними клапанами;
- управління системою зволоження та охолодження повітря;
- сигналізація;
- обігрів овочесховища.

Модуль управління є "мозковим центром" системи. Його основу складає панель оператора СП270 із сенсорним керуванням (фото 1). Панель відображає параметри режимів, показання датчиків, розрахункові та реальні значення системи. Оператор за допомогою панелі СП270 має можливість встановлювати режими роботи виконавчих пристроїв, спостерігати зміни показань датчиків, отримувати інформацію про роботу окремих елементів та системи в цілому.

Модуль введення МВА8 посилює, фільтрує та перетворює на цифрову форму сигнали від датчиків температури та вологості та передає за цифровим інтерфейсом RS-485 на панель СП270. Кількість модулів залежить від розмірів сховища і кількості первинних датчиків. Як первинні датчики застосовуються термоопір ДТС50М з різною довжиною монтажної частини.

Після вибору оператором режиму система перетворюється на автоматичне управління виконавчими механізмами. Модуль виконавчих елементів зазвичай розташований поруч із силовим обладнанням венткамери та керує заслінками та вентиляторами відповідно до отриманих сигналів контролера. Для керування впускними/випускними клапанами використовується ПД-регулятор керування засувками ОВЕН ТРМ212 з інтерфейсом RS-485. Включення решти обладнання здійснюється керуючим модулем ОВЕН МВУ8.

Залежно від конструкції сховищ та вимог розв'язуваних завдань змінюється число та вид виконавчих елементів, кількість первинних датчиків. У фермерському господарстві «СеДеК» управління виробляється чотирма незалежними венткамерами, у господарстві «Селігер» застосовується система, що з двох венткамер. В інших системах керування здійснюється однією венткамерою. Для розширення функціональних можливостей системи керування мікрокліматом «АГРО-XXX» надалі передбачається використання вільно програмованих контролерів ОВЕН.

Оснoву автоматизованої системи комплексу для контейнерного зберігання картоплі, що управляє, становить сенсорний панельний контролер ОВЕН СПК207-web. Блок управління венткамерою, блок силової комутації та блок-перетворювач для датчиків побудовані на базі модулів введення/виводу ОВЕН Мх110. Комплектація кожного блоку визначається під час проектування системи з набором необхідних функцій конкретного сховища. На рисунку 3.2 та 3.3 показано структурну схему управління системою вентиляції для овочесховища з двома незалежними венткамерами.

Основним завданням автоматичного управління вентиляцією, є створення зручної, економічної та надійної системи управління та моніторингу вентиляції.

Функціями АСДУ являються:

- Безперервний моніторинг стану системи вентиляції
- Контроль та управління системою вентиляції
- Безперервне відображення даних
- Оповіщення про аварії, нештатні ситуації
- Архівування даних
- Надання даних через Інтернет

Основою роботи з АСДУ служить розроблений і багатofункціональний графічний інтерфейс, що успішно застосовується, не вимагає високої кваліфікації персоналу для роботи з ним. Інтерфейс відображає топологію

об'єкта, дозволяє дистанційно задавати параметри, відображає мнемосхеми інженерного обладнання з індикацією поточних значень, забезпечує доступ до журналу подій. Є функція перегляду та ведення архіву подій, передбачено захист від несанкціонованого коригування інформації. Усі дані, що відображаються на пульті АРМ, доступні для перегляду через Інтернет.

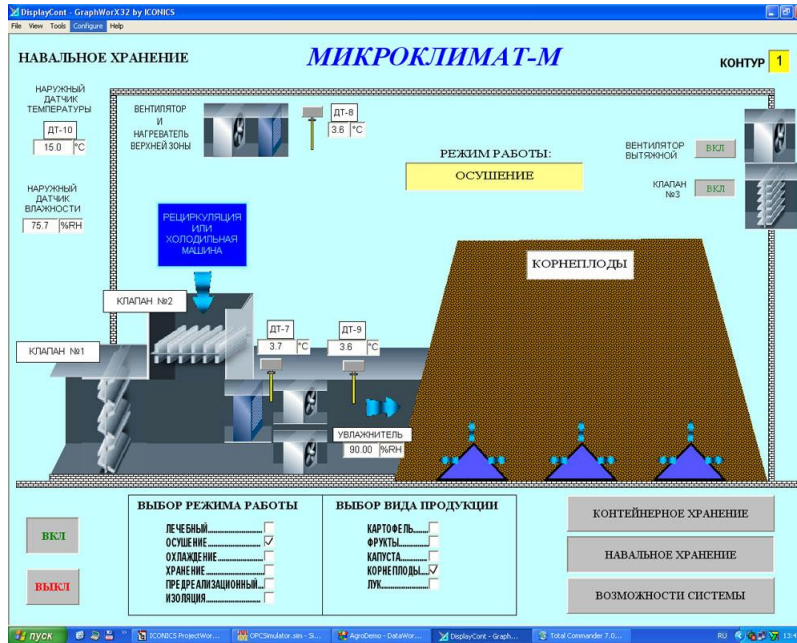


Рисунок 3.2. Структурна схема системи вентиляції для овочесховища з двома незалежними венткамерами при насипному зберіганні.

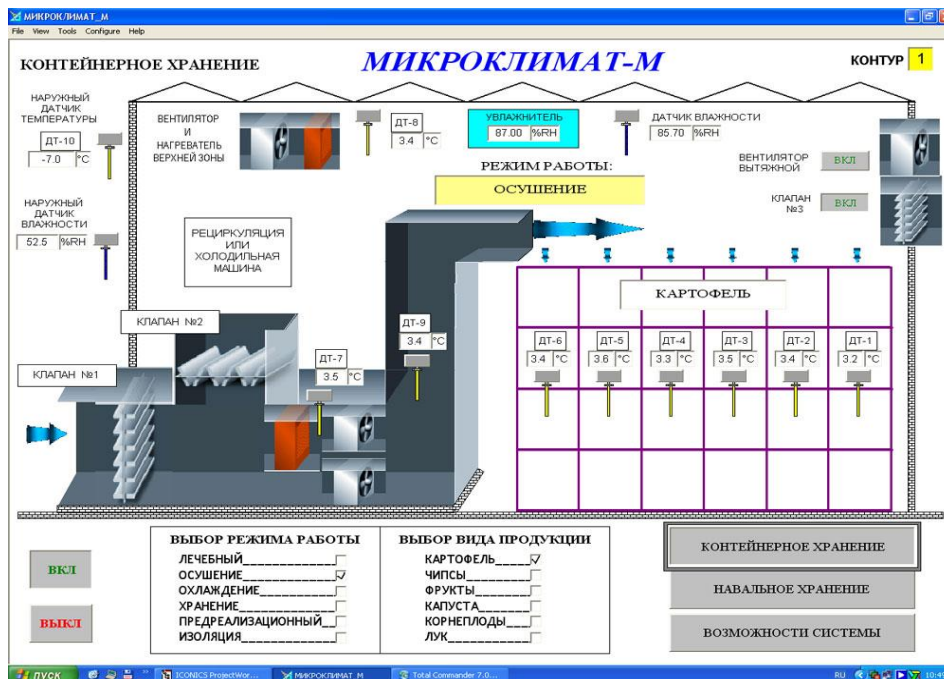


Рисунок 3.3. Структурна схема системи вентиляції для овочесховища з двома незалежними венткамерами при контейнерному зберіганні.

Висновок по третьому розділу

Використання сучасних технологій і насамперед системи САР з напівавтоматичним управлінням мікрокліматом у овочесховищах дозволить суттєво збільшити кількість зберігання овочевих продуктів для їх подальшого використання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Зберігання врожаю овочевих культур і насамперед картоплі не лише завершальний етап сільськогосподарського виробництва, але його початок. Від умов зберігання наприклад насінневої картоплі значною мірою залежить величина та якість майбутнього врожаю. умови ж зберігання насінневої картоплі відрізняється від умов зберігання бульб, що призначені для продовольчих цілей. Це сліду мати виду при виборі, наприклад, температурного режиму зберігання або засобів захисту від передчасного проростання бульб під час зберігання.

Потреба сільського господарства у типових картоплесховищах недостатня задоволено. Через неправильні режими зберігання господарства несуть величезні втрати. Для візуального контролю безпеки продукції її закладають шаром невеликої товщини та залишають місця для проходу обслуговуючого персоналу. Внаслідок цього при зберіганні картоплі та овочів у неавтоматизованих сховищах корисний обсяг споруд становить 30...40% загального обсягу, а псування продукції сягає 30% і більше. Підвищення безпеки картоплі призводить до збільшення цілорічної забезпечення городян свіжою картоплею. За успішного вирішення питань зберігання важлива роль належить автоматизації процесу підтримання мікроклімату в картоплесховищі, тому що тільки автоматика здатна забезпечити відповідність умовам, необхідним зберігання.

ВИКОРИСТАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА

1. Бородин И.Ф., Недилько М.М. Автоматизация технологических процессов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 368 с.
2. Волкинд И.Л. Комплексы для хранения картофеля, овощей и фруктов. -М.: Агропромиздат, 1989г.-223с.
3. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А. Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. – М.: Агропромиздат, 1990. – 464 с. 12. Мартыненко И. И. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматики. – М.: Колос, 1981. – 304 с.
4. Мартыненко И.И., Лысенко В.Ф. Проектирование систем автоматики. – М.: Агропромиздат, 1990. – 243 с.
5. <http://datasolution.ru/avtomatizirovannaya-sistema-upravleniya-ventilyatsiej>
6. <https://aeroclima.ru/ventilyaciya/v-ovoshhehranilishhah/>