

УДК 631.521.54:15.849.15

СТРУКТУРНО – ПАРАМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ І МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ В МЕЖАХ ФРУКТОСХОВИЩА

Петриченко С.В., к.т.н.,

Лобода О.І., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

пр. Б.Хмельницького, 18 м. Мелітополь, 72312, Україна

Тел. +38(0619) 421306, e-mail: psv-62@mail.ru

Анотація – розглянуто енергетичні потоки в процесі утворення мікроклімату в приміщенні фруктосховища. Представлено структурну схему розподілу енергетичних потоків фруктосховища. Складено мікропроцесорну систему управління технологічним процесом.

Ключові слова – кондиціонер, мікроконтролер, теплообмін, режим, оператор, фруктосховище.

Постановка проблеми. Автоматизація зберігання фруктів викликана необхідністю охолодження продукту й точної підтримки температури й відносної вологості повітря. Тому в системі автоматизації обладнання фруктосховища передбачене керування повітроохолоджувальними установками, подачею пару для зволоження повітря в камерах і концентрацією газу в газових сховищах.

Аналіз останніх досліджень. У приміщеннях для зберігання фруктів концентрацію діоксиду вуглецю підтримують на рівні, істотно більш високому, ніж в атмосферному повітрі на рівні 1 % і більше. При цьому зміст кисню зменшується, а азоту збільшується, завдяки чому поліпшуються умови зберігання фруктів. Зміст CO₂ регулюють, пропускаючи циркуляційне повітря через вапняне молоко або спалюючи газ при контрольованій подачі повітря. Отримана таким чином газова суміш, збагачена також і азотом, проохолоджується й подається в сховище [1]. Рекомендована температура зберігання плодів – менш 5°C, але не нижче температури підмерзання плодів - повинна підтримуватися з високою точністю. Велике значення має також контроль вологості газової суміші, від якої залежить втрата вологи плодами, що зберігаються, і контроль вмісту етилену, що виділяється плодами [2].

Формулювання мети статті. Аналіз розподілу енергетичних

потоків в камері збереження продуктів в фруктосховищі на базі AVR мікроконтролеру з метою забезпечення автоматичного підтримання температури, вологості повітря та газового стану в камері фруктосховища в залежності від внутрішнього та зовнішнього стану повітря.

Основна частина. Мікробіологічні процеси, що відбуваються в об'ємі продукту, перебуваючих в сховищі, не піддаються оперативному контролю, а їхнє протікання істотно залежить як від характеристик завантаженої сировини, так і від виробничих ситуацій на комплексі. Керування об'єктами такого типу необхідно здійснювати за принципом "регулювання збурювань".

Основний канал керуючого впливу на продукт у камері схову - повітряне середовище. Параметрами повітря, що перебуває в контакті із продуктом, необхідно управляти по програмі, що визначається характеристиками, об'ємами й строками зберігання партії фруктів, завантажених у камеру. На вибір програми істотно впливають також параметри зовнішнього повітря. Повітря з показниками якості, що змінюються за програмою, і в необхідній кількості підготовляється в кондиціонері з використанням комплексу обладнання обробки повітряного потоку. Кожний вид обладнання кондиціонера має один або кілька каналів керування режимами роботи.

Таким чином, для забезпечення основного завдання технічного процесу - зберігання фруктів необхідно реалізувати систему комплексного програмного керування режимами роботи кондиціонера по декількох каналах. Такий спосіб керування дає можливість постановки й рішення оптимізаційного завдання вибору сполучення керуючих впливів, оптимального за заданим критерієм, наприклад, за критерієм енерговитрат на одиницю продукції, що дуже актуально для даного технологічного процесу.

Для підготовки інформаційного, математичного, алгоритмічного забезпечення такої системи керування проведемо аналіз взаємодії всіх параметрів, що визначають стан технологічного комплексу, при всіх можливих виробничих ситуаціях. На рис. 1 представлена структурна схема енергетичних і матеріальних потоків у фруктосховищі.

При створенні програмної системи керування кондиціонером як об'єкт керування розглядається повітряне середовище в приміщенні фруктосховища. У число показників, формованих у повітряному середовищі в процесі зберігання партії фруктів (відгуки z_i), необхідно включати: температуру повітря в приміщенні t_B , відносну вологість повітря в приміщенні w_B , газовий склад – вміст в повітрі окремих компонентів, які виділяються при "диханні" фруктів c_B , а також кількість повітря з такими характеристиками, які відбираються з сховища для обробки в кондиціонері g_B . Збурюючесю дією на повітряне середовище (не керуючі збурювання x_T) в цьому випадку можуть бути:

маса

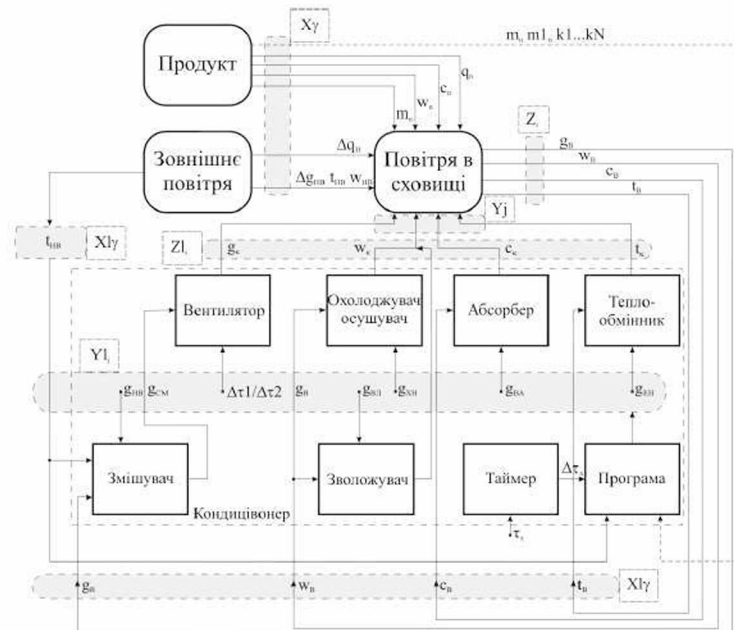


Рис. 1. Структурна схема енергетичних і матеріальних потоків у фруктосховищі.

продукту, завантаженого в сховище m_T , тепловиділення з маси продукту q_P , вологовиділення з маси продукту w_P , газовиділення з маси продукту c_P , потік енергії (приток тепла) через стіни сховища Δq_H , обмін повітряного середовища в приміщенні з зовнішнім повітрям через вентиляційні канали і нещільності g_H і його характеристики t_{HB} , w_{HB} .

Керуючі впливи u_j для повітряного середовища в приміщенні фруктосховища формуються в іншій багатофакторній ланці - кондиціонері, який може розглядатися як самостійний об'єкт керування. В цьому випадку керуючими впливами є: кількість повітря, яке подається кондиціонером для вентиляції приміщення фруктосховища g_K , температура повітря, яке подається кондиціонером t_K , відносна вологість повітря, яке подається кондиціонером w_K , газовий склад, повітря яке подається кондиціонером c_K .

Кожний з перерахованих параметрів формується апаратами (ланками), що входять до конструкції кондиціонеру, і може розглядатися як показник якості (відгук z_l) для цієї ланки кондиціонеру.

Так, кількість повітря, що подається в приміщення g_K забезпечує вентиляційна система кондиціонеру і керувати цим параметром можна шляхом зміни періодичності включення Δt_1 і виключення Δt_1 системи.

Температуру t_K підтримує теплообмінник кондиціонеру і змінити числове значення цього параметру можна впливаючи на витрати

енергоносія через теплообмінник g_{EH} . Теплообмінник працює як в режимі охолодження, так і в режимі підігріву.

Вологість w_K забезпечує устрій вологозабезпечення, наприклад, видалення залишкової вологи охолодженням повітря до температури крапки роси (вплив на витрати хладоносія g_{XH}), або устрій зволоження при управлінні впливом на витрати вологи, що додається до повітря g_{BL} .

Газовий склад c_K забезпечують абсорбуючі апарати кондиціонеру при керуванні зміні витрат повітря через апарат g_{BA} .

Для кожного з перерахованих апаратів (ланок) кондиціонера можуть бути визначені збурюючі впливи x_γ . Так, при використанні схеми замкненої циркуляції повітря через приміщення фруктосховища збурюючими впливами є: температура повітря, що відбирається із сховища t_B , відносна вологість цього повітря w_B , газовий склад цього повітря c_B і кількість повітря, що відбирається з приміщення g_B . При використанні схеми кондиціювання з частковою заміною циркулюючого повітря зовнішнім в параметричній схемі повинен бути ще один канал керування – кількість зовнішнього повітря, що вводиться в цикл g_{HB} і в якості збурювань x_γ - його якісні параметри t_{HB} и w_{HB} .

Ланки, що входять до структури складних багатофакторних об'єктів, можуть мати в конструкції акумулятори енергії, які будуть визначати інерційні властивості ланок. Так в великому об'ємі повітря, що знаходиться в приміщенні збереження v_B , акумулюється тепло, вологи, газові компоненти, тому зміна параметрів t_B , w_B , c_B може відбуватися із значною затримкою у часі.

При визначенні необхідності перестройки роботи кондиціонеру необхідно враховувати зміну виробничих ситуацій на комплексі:

- ✓ завантаження партії фруктів визначеного об'єму m_{II} ;
- ✓ завантаження партії фруктів з визначеними характеристиками: сорт, поставщик, строки заготівлі та інше $K1...KN$;
- ✓ плануємий строк збереження партії (інтенсивність дозарування) τ_X ;
- ✓ істотна зміна параметрів зовнішнього повітря t_{HB} , w_{HB} , наприклад, зима - літо;
- ✓ завантаження або вивантаження частини об'єму партії фруктів m_{II} ;
- ✓ вивід параметрів повітря в камері на режим збереження після завантаження або вивантаження;
- ✓ програмна зміна параметрів повітря в залежності від поточного часу від початку режиму збереження і планованого часу збереження $\Delta\tau_X$;
- ✓ нештатні ситуації, наприклад, поява ознак прискорення мікробіологічних процесів в партії фрукти, що зберігається.

У перерахованих виробничих ситуаціях може виникнути необ-

хідність робити такі операції керування:

- ✓ вивід температури повітряного середовища в сховищі на заданий програмою рівень;
- ✓ вивід вологості повітряного середовища в сховищі на заданий програмою рівень;
- ✓ вивід газового складу повітряного середовища в сховищі на заданий програмою рівень;
- ✓ підтримка температури повітряного середовища в обсязі партії, що зберігається;
- ✓ підтримка вологості повітряного середовища в обсязі партії, що зберігається;
- ✓ підтримка газового складу повітряного середовища в обсязі партії, що зберігається;
- ✓ забезпечення заміни повітряного середовища в обсязі партії, що зберігається, з підтримкою при цьому заданих параметрів зберігання (температури, вологості, газового складу).

У перерахованих вище виробничих ситуаціях можуть бути використані різні режими роботи системи повітряпідготовки і різне сполучення параметрів, наприклад, різні співвідношення витрат циркулюючого й зовнішнього повітря, що дозволяє сформулювати й реалізувати вибір співвідношення керуючих впливів на обладнання оптимальних за обраним критерієм. Як приклад розглянемо, алгоритм аналізу технологічної операції підтримки температури повітряного середовища в сховищі в режимі замкнутої циркуляції, для чого необхідно розглянути взаємодію енергетичних потоків, сформованих у фруктосховищі.

На рис. 2 представлена структурна схема взаємодії енергетичних потоків, сформованих у фруктосховищі, з метою стабілізації температури продукту при зберіганні. [3]

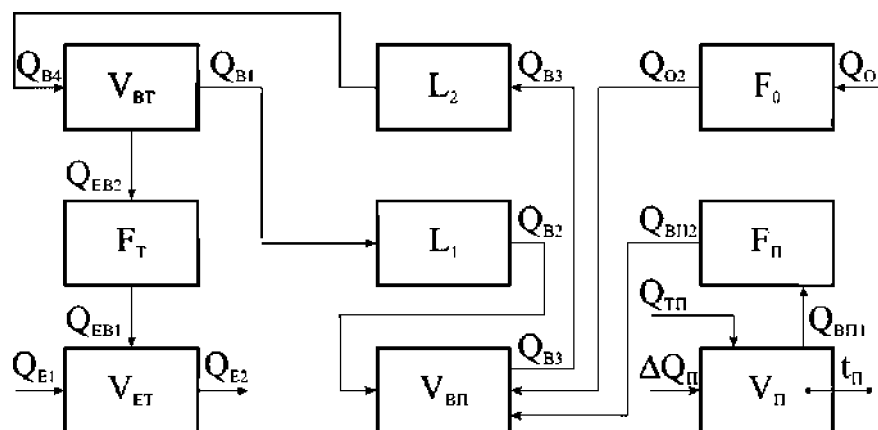


Рис. 2. Структурна схема енергетичних потоків при стабілізації температури в камері збереження продукту.

де ланка V_{ET} - об'єм, що займає енергоносії в теплообміннику в період теплообміну з охолоджувальним повітрям;

V_{BT} - об'єм, що займає повітря в теплообміннику в період теплообміну з енергоносієм;

F_T - поверхня теплообміннику, через яку виникає теплообмін між повітрям і енергоносієм;

L_2 - довжина повітряпроводу, по якому повітря повертається до теплообмінника від продуктової камери;

V_{BP} - об'єм, що займається повітрям в продуктивній камері, в період теплообміну з продуктом і з зовнішнім середовищем (через огороження камери);

F_0 - поверхня огороження продуктової камери, через яку відбувається теплообмін між повітрям, що знаходиться в камері, і зовнішнім середовищем;

F_{II} - поверхня продукту, через яку проходить теплообмін між повітрям і поверхневим шаром продукту;

V_{II} - об'єм, що займає продукт в камері охолодження, в період теплообміну з охолоджувальним повітрям;

Q_{E1} - кількість енергії, що вноситься потоком енергоносія до теплообмінника, за одиницю часу;

Q_{E2} - кількість енергії, що виходить з потоком енергоносія із теплообмінника, за одиницю часу;

Q_{EB1} - кількість енергії, що поглинається потоком енергоносія через поверхню теплообміну із повітря, в теплообміннику за одиницю часу;

Q_{B4} - кількість енергії, що вноситься потоком повітря до теплообмінника, за одиницю часу;

Q_{B1} - кількість енергії, що виходить з потоком повітря з теплообмінника, за одиницю часу;

Q_{EB2} - кількість енергії, відданої потоком повітрям через поверхню теплообміну енергоносія, за одиницю часу;

Q_{EB3} - кількість енергії, що виноситься потоком повітря із об'єму продуктової камери, за одиницю часу;

Q_{BII2} - кількість енергії, що поступає в потік повітря, що знаходиться в камері, через поверхню продукту за одиницю часу;

Q_{O2} - кількість енергії, що поступає в потік повітря через поверхню огороження (внутрішні стіни камери), за одиницю часу;

Q_{O1} - кількість енергії, що поступає в об'єм стін огороження, із зовнішнього середовища через зовнішні поверхні стін камери за одиницю часу;

Q_{BPI} - кількість енергії, переданої через поверхню F_{II} із продукту до повітря у продуктивній камері, за одиницю часу;

Q_{PI} - кількість енергії, що поступає в об'єм продукту, що знахо-

диться в камері, за одиницю часу за рахунок саморозігріву при температурі збереження маси продукту.

На основі складених структурних схем енергетичних потоків у фруктосховищі при стабілізації температури в камері схову продукту стає можливість у розробці мікропроцесорної системи керування, що будується на базі одного керуючого пристрою (мікроконтролеру), з'єднаного з об'єктом керування декількома каналами зв'язку. [4]

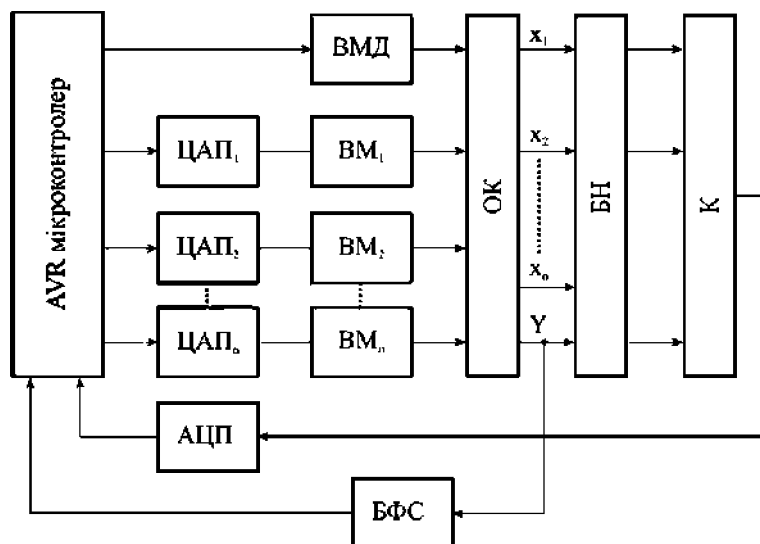


Рис. 3. Структура мікропроцесорної системи керування конденсації повітря для фруктосховища.

Узагальнена структура такої системи керування показана на рис. 3. Як керуючий пристрій системи може використатися AVR мікроконтролер (МК), побудований на базі мікропроцесору визначеного типу. Інформація про стан об'єкту керування передається на мікроконтролер через нормуючий блок перетворювачів (БН), комутатор (К) і аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Нормуючі перетворювачі використовуються в системі для узгодження рівнів інформаційних сигналів на виході об'єкту керування з рівнями вхідних сигналів комутатора. Аналого-цифровий перетворювач служить для перетворення аналогових сигналів з виходу об'єкту в цифровий код. Після перетворення цифрової інформації про стан об'єкту керування по певному алгоритму, що звичайно міститься в пам'яті МК, виробляються керуючі впливи, які надходять на вхід об'єкта керування через цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) і виконавчий пристрій (ВП).

У випадку, якщо мультиплексування вхідних сигналів ОК на вході АЦП практично завжди можливо, то мультиплексування керуючих сигналів на вході МК часто неприпустимо. Така структура керуючої системи пояснюється необхідністю запам'ятовування кожного значення керуючого сигналу після зупинки обчислювального пристрою.

Варто помітити, що серед вихідних сигналів об'єктів керування аналогового типу можуть бути й дискретні сигнали. Ввід таких сигналів у МК здійснюється через блок формування сигналу (БФС), призначення якого - погодити їхні рівні й потужності із вхідними ланцюгами МК. При наявності декількох дискретних сигналів для їхнього вводу в МК можна використовувати мультиплексування. При наявності на вході об'єкту керування виконавчого пристрою дискретного типу (ВПД) (підсилювачі потужності, тиристорні перетворювачі, що працюють у ключовому режимі), вплив, що управляє, формується в МК і подається в ВПД без використання ЦАП.

Система керування може вирішувати такі завдання:

- ✓ підтримка на певному рівні або зміна за певним законом вихідних параметрів мікроклімату у фруктосховищі;
- ✓ програмна зміна вихідних параметрів об'єкта й відстеження їхніх змін відповідно до деяких зовнішніх сигналів;
- ✓ включення або вимикання потоку енергії в об'єкти керування за часом або по заданому амплітудному значенню контрольованого параметра;
- ✓ збір інформації про стан об'єкта керування і її обробка зі збереженням результатів обробки в пристроях пам'яті.

Центральне місце в розглянутій системі займає мікропроцесорний контролер, а інші елементи - БН, К, АЦП, ЦАП і ВМ - забезпечують зв'язок МК із об'єктом керування [5]. Часто їх поєднують однією загальною назвою - пристрій зв'язку з об'єктом (ПЗО). Конструктивно всі елементи системи можуть розташовуватися на одній платі, що розміщується в конструкції об'єкта керування. Контролер може бути виконаний на базі певного типу мікропроцесора й декількох мікросхем підкріплення. При використанні МК, як вбудованого засобу керування в окремо взяті об'єкти, технічні параметри МК і ПЗО можуть бути неуніфікованими, і, отже, системи керування різних об'єктів не взаємозамінні.

Висновки. 1. На основі технологічного процесу утворення мікроклімату в приміщенні фруктосховища розроблено структурну схему енергетичних і матеріальних потоків;

2. Розроблена поширена структурна схема енергетичних потоків при стабілізації температури в камері збереження продукту;

3. Складено структурну схему системи автоматичного керування процесом підтримки мікроклімату на базі AVR мікроконтролеру.

Література

1. Холодильное оборудование для современных центральных кондиционеров. Расчеты и методы подбора : учеб. пособие / *Ананьев В.А., Седых И.В.* - М. : Евроклимат, Диксис Трейдинг, 2001. - 96 с.

2. *Штокман Е.А.* Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности / *Е.А. Штокман.* - М. : АСВ, 2001. – 564 с.

3. *Бондарь Е.С.* Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха / *Е.С. Бондарь, А.С. Гордиенко, В.А. Михайлов, Г.В. Нимич.* - К. : "Аванпост - Прим", 2005. – 561 с.

4. *Трамперт В.* AVR RISC микроконтроллеры. : пер. с нем. / *В. Трамперт.* – К. : "МК-Пресс", 2006. - 464 с.

5. *Белов А.В.* Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR / *А.В. Белов.* – СПб. : Наука и Техника, 2008. – 544 с.

СТРУКТУРНО – ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В УСЛОВИЯХ ФРУКТОХРАНИЛИЩА

Петриченко С.В., Лобода А.И.

Аннотация – рассмотрены энергетические потоки в процессе поддержания параметров микроклимата в помещении фруктохранилища. Представлена структурная схема распределения энергетических потоков в фруктохранилище. Составлена микропроцессорная система управления технологическим процессом.

STRUCTURAL - PARAMETRIC ANALYSIS OF POWER AND MATERIAL FLOWS UNDER FRUIT STORAGE

S. Petrichenko, A. Loboda

Summary

We consider energy flows in the maintenance of microclimate parameters inside fruit. The block diagram of the distribution of energy fluxes in the fruit. Composed of a microprocessor control system of technological process.