

**РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИМИ РЕЖИМАМИ РОБОТИ
ЕЛЕКТРОТЕПЛОВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ ЗЕРНА**

Б.І. Котов, д. т. н., Р.А. Калініченко, к. т. н.
ВП НУБіП України «НАТІ» НУБіП України

Запропоновано енергозберігаючі режими роботи електротепловентиляційного обладнання для активного вентилявання зерна і автоматизовану систему управління ними. Установка активного вентилявання, електротепловентиляційне обладнання, мікроконтролер, диференційоване і імпульсно-періодичне вентилявання.

Господарства України, які займаються виробництвом зерна, витрачають значні кошти на післязбиральну очистку та доведення зерна до відповідних стандартів за вологістю. В затратах на сушіння вартість палива і електроенергії складає близько 90%, причому на сушіння припадає більше 60% від загальних затрат на виробництво кінцевого продукту [1].

Зниження енерговитрат і питомої потужності обладнання для сушіння зерна досягається там, де застосовують імпульсно-періодичні режими, що реалізується за принципом “сушіння-відлежування”, при диференційованих режимах проведення процесу активного вентилявання [3,4,5]. Застосування цієї технології вимагає підвищеного контролю і можливості регулювання вологості, температури, подачі теплоносія, що досягається за рахунок автоматизації процесу [2]. Процес автоматичного контролю суттєво зменшує час непродуктивної роботи обладнання (пересушування і перегрівання зерна), а також забезпечує дотримання енергозберігаючих режимів роботи електротепловентиляційного обладнання для активного вентилявання.

Тому дослідження спрямованні на впровадженням в сільгосппідприємствах енергозберігаючих режимів роботи установок для активного вентилявання зерна і автоматизованих систем управління ними на основі мікропроцесорної техніки, які в автоматичному режимі здійснюють управління вентилятором і підігрівачем є досить актуальними.

Метою досліджень було визначення енергетичної ефективності розроблених енергозберігаючих режимів роботи електротепловентиляційного обладнання для активного вентилявання .

Результати досліджень. Для дослідження диференційованих і імпульсно-періодичних режимів роботи установки активного вентилявання, в дослідній лабораторії Ніжинського агротехнічного інституту побудована фізична модель (рис.1).

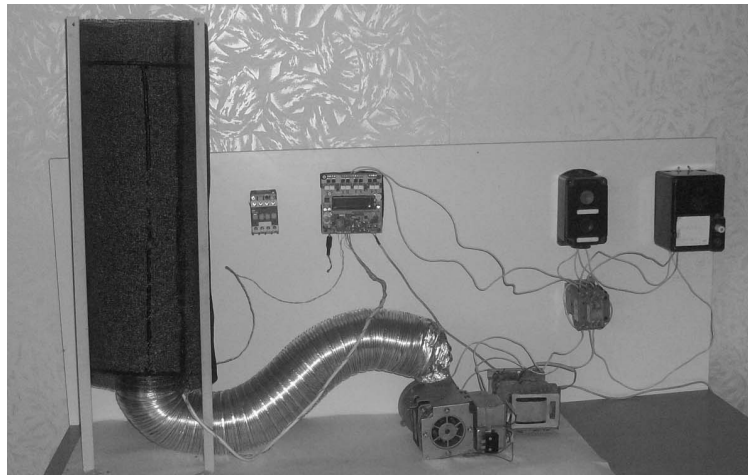


Рис.1. Фізична модель установки активного вентилявання зерна

Основними параметрами процесу якими можна управляти є питома витрата повітря і температура нагріву і змінюючи їх значення за часом можна реалізувати такий режим, що експозиція сушіння буде мінімальною і відповідно зменшаться загальні енерговитрати.

Для визначення основних параметрів електронагрівального і вентиляційного обладнання необхідно мати дані про експозицію вентилявання і вологопоглинальну здатність атмосферного повітря з урахуванням зміни кліматичних умов (температури і вологості) протягом доби.

Кількість повітря для досушування зерна активним вентиляванням, як відомо [6] залежить від величини поглинальної здатності повітря і може бути визначена із співвідношення:

$$\alpha = \frac{W \cdot 10^3}{\Delta d(\varphi, t)}, \quad (1)$$

де $\Delta d(\varphi, t)$ - поглинальна здатність повітря, що використовують, як сушильний агент;

α - кількість повітря, що необхідно для поглинання вологи видаленої із зерна в кількості W , кг .

Тоді продуктивність через питоми витрати повітря (яка визначається вологістю зерна) і експозицією вентилявання – час роботи вентилятора:

$$L = \frac{W \cdot 10^3}{\Delta d \cdot \rho_n \cdot \tau_B}. \quad (2)$$

Вологопоглинальна здатність повітря при сушінні зерна залежить від відносної вологості (кількості водяної пари в повітрі) і може бути визначена емпіричною формулою: $\Delta d = (5 - 5,45 \cdot \varphi)$, де φ - відносна вологість повітря в долях одиниці [6].

Враховуючи співвідношення між кількістю видаленої вологи та початковим і кінцевим вологовмістом зерна, отримаємо співвідношення, що визначає продуктивність вентиляційної установки:

$$L = \frac{(U_0 - U_K) \cdot 10^3}{(1 - U_K) G_3 (5 - 5,45\varphi) \cdot \tau_B}, \quad (3)$$

де U_0, U_K - початковий і кінцевий (кондиційний) вологовміст зерна.

Величина $\tau_B = f(U_0, t, L)$ визначається із рівняння кінетики сушіння, яке можна представити у формі:

$$\tau_B = \frac{1}{K_1} \text{Ln} \frac{U_{0i} - U_P}{U_K - U_P}, \quad (4)$$

Коефіцієнт сушіння K_1 – можна визначити для кожного проміжного значення U_{0i} вологовмісту зерна із рівняння отриманого за експериментальними даними:

$$K_1 = [-2,45 + 0,000747L \cdot t + 0,0142t^2] 10^{-3}, \quad (5)$$

$t = t_3 + \Delta t_H$, де Δt_H - ступінь нагріву повітря в калорифері, t_3 – температура зовнішнього повітря.

Підставивши рівняння (5) в (4), а (4) в (3) і розв'язавши отриману залежність відносно L , отримаємо залежність для визначення продуктивності вентилятора

Результати обрахунків представлено графічно у вигляді залежності питомої продуктивності вентилятора від поточного вологовмісту (вологості) зерна в процесі його сушіння та відносної вологості повітря, яке подається в шар зерна (рис.2.).

Графік $L(U_0, \varphi)$ ілюструє реальну можливість зниження витрат повітря (продуктивності вентилятора) в процесі сушіння зерна за мірою зниження його вологості, а на основі рівнянь (3)-(5) можна визначити раціональну продуктивність вентилятора.

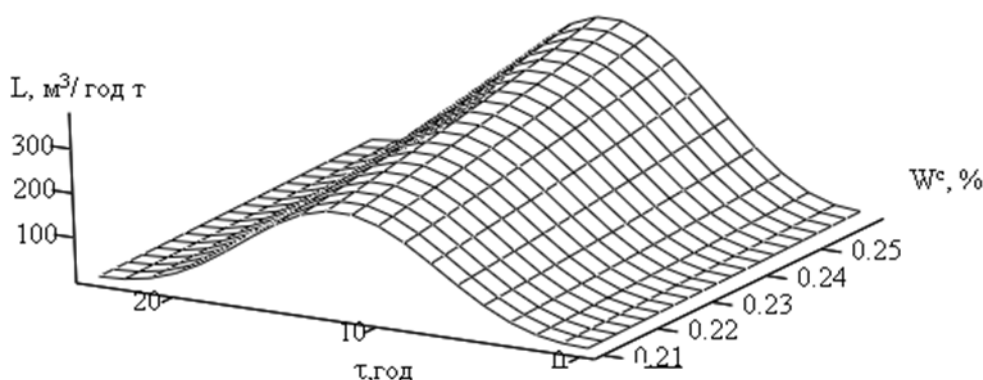


Рис.2. Залежність потрібної продуктивності вентилятора від добових коливань температури і вологості повітря, початкової вологості зерна (добова зміна температури апроксимована рівнянням $t_3 = 18 - 4 \cos(\pi\tau/12)$ °C).

Але при цьому повинна використовуватись умова – не перебільшення експозиції вентилявання строку безпечного зберігання зерна:

$$\sum_1^4 \tau_{Bi} \leq \tau_{KP}, \quad (6)$$

де τ_{KP} - крайове значення строку зберігання.

Як показує аналіз співвідношень (3)-(5) при зменшенні питомих витрат повітря збільшується експозиція, тому для виконання умови (6) необхідне додаткове нагрівання повітря, особливо на кінцевих етапах сушіння. Так при досягненні зерном вологості 20% і зниженні питомих витрат з 400 м³/тгод до 200 м³/т год швидкість сушіння знижується в 1,8 рази, але відповідно потужність встановленого приводу вентилятора буде зменшена з 14 до 6 кВт.

Використання “вивільної” потужності 8кВт на нагрівання дозволяє підвищити температуру повітря на 2,6^oC, що приводить до збільшення швидкості сушіння в 2,2 рази. Тобто, із зменшенням експозиції вентиляювання при постійній величині встановленої потужності відбувається зменшення загальної енергоємності процесу.

Аналізом проведення числових експериментів (на основі даних визначених експериментально) встановлено, що найбільшу економію електроенергії 21.5-23.8 кВт·год/т забезпечують диференційовані режими при ступінчастій зміні витрат і температури підігріву повітря. Відповідно при зміні співвідношення P_v/P_n від 0,68 (при традиційному вентиляюванні) до 0.4-2.85.

Це дозволило визначити (на прикладі досушування зерна пшениці) раціональний регламент проведення процесу, при початковій вологості $W^c=25\%$ (рис.3):

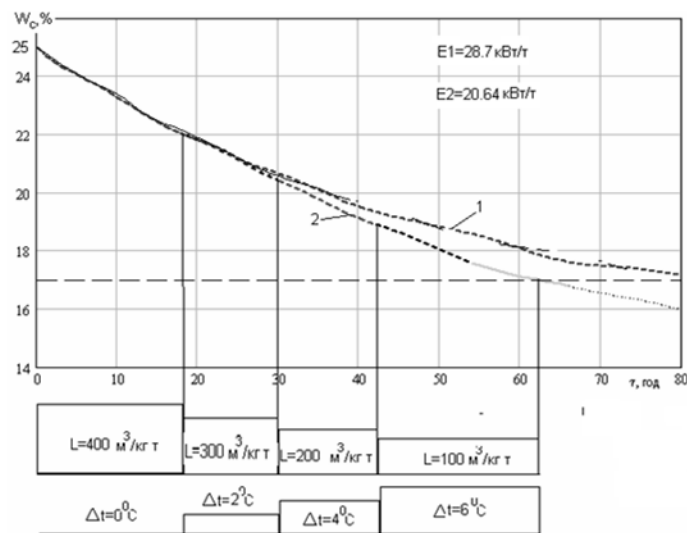


Рис.3 Залежність змінення вологи зерна в часі і технологічного регламенту (добова зміна температури повітря апроксимована рівнянням $t_3=18-4\cos(\pi t/12)$, ^oC) 1- неперервне вентиляювання без підігріву повітря $L=400$, м³/год·т; 2-диференційовані режими при денному вентиляюванні.

Енергозберігаючі імпульсно-періодичні режимів роботи установки активного вентиляювання зерна визначали на основі методики викладеної у роботі (7), блок-схема алгоритму розрахунку представлена на Рис.4.

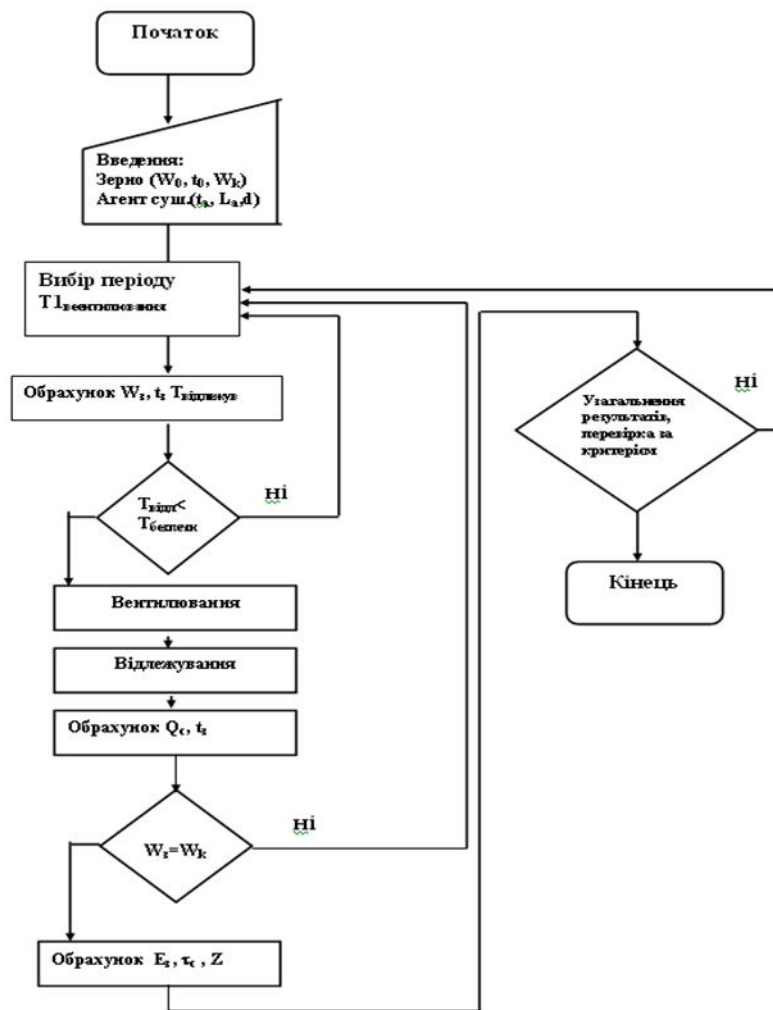


Рис.4. Блок-схема алгоритму визначення раціональних імпульсно-періодичних режимів сушіння зерна активним вентиляванням.

Для експериментального дослідження запропонованих режимів за основу автоматизованої системи взято принципову схему управління бункера активного вентилявання БВ-25, яка сьогодні ще використовується на зернопереробних підприємствах. Основним керуючо-контролюючим елементом управління процесом активного вентилявання зерна вибрано мікроконтролер ВМ8036.

Мікроконтролер в схемі керування активним вентиляванням забезпечував визначення контрольних параметрів технологічного процесу та здійснював оперативне управління процесом сушіння і охолодження зерна до задач якого відносилося:

- забезпечення автоматизації поточного контролю техніко-економічних показників роботи вентиляційного обладнання;
- подача сигналу при фіксуванні недопустимих відхилень параметрів процесу сушіння;
- сигналізація про перевищення граничних значень параметрів процесу сушіння;
- забезпечення зручного для сприйняття відображення поточних значень контрольованих параметрів в режимі реального часу.

Технологічному контролю підлягали такі параметри:

- температура зерна (середньооб'ємна);
- вологість зерна (середньооб'ємна);
- вологість (відносна) повітря, що подається в шар зерна (вологість повітря на вході у повітророзподільний канал);
- кількість сушильного агента;
- вологість повітря в шарі зерна (в міжзерновому просторі), яка відповідає рівноважному стану зерна;

Управління роботою установки активного вентилявання здійснювалося дистанційно шляхом дії на окремі пристрої (привід вентилятора, нагрівачі, клапани повітропроводів) в автоматичному та ручному режимах.

Температура і вологість вимірювалась за допомогою датчиків температури ємнісного типу RS18B20, відносної вологості типу НН4000-002, які підключали безпосередньо до блока мікроконтролера ВМ8936.

Технологічні параметри вологості і температури повітря підтримувалися автоматичним включенням і виключенням трьох секцій електрокалорифера.

Раціональні технологічні параметри імпульсно-періодичне вентилявання, обраховувались за математичною моделлю (7), які потім вводилися в мікроконтролер у вигляді програми за допомогою персонального комп'ютера через СОМ порт.

Висновки. За результатами проведених досліджень:

- доведена ефективність застосування диференційованих режимів роботи електротепловентиляційного обладнання шляхом поступового зниження витрат повітря пропорційно кількості залишкової вологи в зерні з одночасним підвищенням температури повітря (за рахунок “вивільненої” потужності приводу вентилятора). При цьому співвідношення потужності приводу вентилятора і нагрівача змінюється в межах 0.4-2.85, що забезпечує зниження питомих витрат електроенергії до 17-25% (4.6-7 кВт год/т);
- визначено, що найбільшу економію питомих витрат електроенергії до 30% (7-8.5 кВт·год/т) забезпечує режим імпульсно-періодичного вентилявання (вмикання вентилятора), який може бути реалізований при таких параметрах: питомі витрати атмосферного повітря ($t = 15-25^{\circ}\text{C}$; $\varphi = 60-65\%$) 200-400 м³/год·т, період вентилявання 2-4 години, експозиція відлежування 0.4-0.75 год. (за умов зниження вологості зерна нижче 18-17.5%, експозиція відлежування може бути збільшена до 1..2 год). При цьому загальна експозиція сушіння зменшується на 25-30% і не перевищує строк безпечного зберігання зерна.
- розроблена автоматизована система керування установкою активного вентилявання з мікроконтролера ВМ8036, що дозволяє звести до мінімуму механічні впливи на зерно й високоякісно сушити його при диференційованих і імпульсно-періодичних режимах вентилявання.

Список використаних джерел

1. Анискин В.И. Консервация влажного зерна. – М.: Колос, 1968.–286 с.
2. Котов Б.І., Калініченко Р.А. Застосування імпульсно-періодичних режимів вентилявання при реалізації енергоощадної двостадійної технології сушіння зерна// Науково-виробничий журнал “Електрифікація та автоматизація сільського господарства”. К. – 2003 р. № 2. – С. 69 – 74.
3. Котов Б.І., Калініченко Р.А. Анатомічне дослідження вологи в зернівці в період відлежування Збірник наукових праць Кіровоградського державного університету 2004. вип.14.с.13-18
4. Мельник Б.Е., Егорова С.В. Технология перемешающегося вентилирования зерна. Обзорная информация ЦНИИТЭИ Мингаза СССР.– М.:– 1991. – 25 с.
5. Малин Н.И. Снижение затрат на сушку зерна. –М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1991. – 45 с.
6. Петрюшавичюс В.И. Основы сушки сельскохозяйственных продуктов методом активного вентилирования. Автореф. дис. канд. техн. наук. –Елгава, 1975.-32с.
7. Котов Б.І., Калініченко Р.А. Анатомічне дослідження вологи в зернівці в період відлежування //Збірник наукових праць Кіровоградського державного університету Кіровоград.-2004. вип.14.С.13-18.

Аннотация

РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМИ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЕПЛОВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА

Б.И. Котов, Р.А. Калиниченко

Предложено энергосберегающие режимы работы электротепловентиляционного оборудования для активного вентилирования зерна и автоматизированную систему управления ими. Установка активного вентилирования, электротепловентиляционное оборудование, микроконтроллер, дифференцированное и импульсно-периодическое вентилирование.

Abstract

THE IMPLEMENTATION OF AUTOMATED MANAGEMENT ENERGY- SAVING MODES ELECTROTHERMAL AND ELECTRIC VENTILATION EQUIPMENT FOR ACTIVE AERATION GRAIN.

B. Kotov, RA Kalinichenko,

Proposed energy-saving modes, electrothermal and electric ventilation equipment for aeration of grain and automated system management. Installation of aeration, electrothermal and electric ventilation equipment, microcontroller, differential and pulse-periodic venting.