

тем опалення і притоково-витяжної вентиляції для створення мікроклімату у цьому пташнику на колесах.

### Список літератури

1. Амерханов Р.А. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства / Р.А. Амерханов, Б.Х. Драганов; под ред Б.Х. Драганова. – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2001. – 199 с.
2. Драганов Б.Х. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве / Драганов Б.Х., Кузнецов А.В., Рудобашта С.П. – М.: Агропромиздат, 1990. – 463 с.
3. Драганов Б.Х. Применение теплоты в сельском хозяйстве / Драганов Б.Х., Есин В.В., Зуев В.П. – К.: Вища шк., 1990. – 319 с.

*Приведен тепловой расчет птичника на колесах с расчетами воздухообмена в зимнее время года по избытку влаги и вредных газов, а в теплый и переходной периоды – по избытку тепла и влаги.*

***Тепловой расчет, птичник на колесах, воздухообмен, параметры воздуха, микроклимат помещений.***

*Is a thermal design the house on wheels with a calculation of air in winter by excess moisture and harmful gases, and in the warm and transition - to excess heat and moisture.*

***Thermal design, chicken house on wheels, ventilation, air conditions, microclimate areas.***

УДК 674.047

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ В АТМОСФЕРНІЙ СУШИЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ

***О.В. Шеліманова, кандидат технічних наук***

***А.О. Гур'єва, студентка магістратури***

*Наведено методику визначення теплонадходжень від сонячної радіації в атмосферній сушильній установці.*

***Сушіння, односкатна теплиця, сонячна радіація, альbedo, ступінь чорноти матеріалу.***

Питання енерго - і ресурсозберігання набули особливу гостроту в Україні у зв'язку з виснаженням власних запасів органічного палива і залежністю від імпорту енергоносіїв. При створенні енергоресурсозберігаючих екологічно чистих технологій різних галузей промисловості важливу роль відіграє інтенсифікація процесів перенесення теплоти і маси.

---

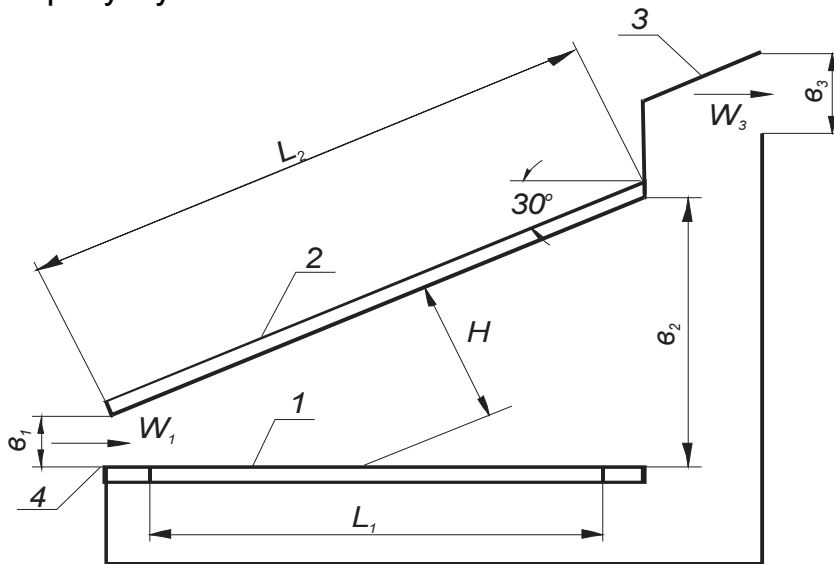
© О.В.Шеліманова, А.О. Гур'єва, 2013

Нині у сільському господарстві України експлуатується велика кількість сушильних установок, найпоширенішими з яких (до 95 % загальної кількості сушарок) є конвективні сушильні установки. Середньостатистичні дані [1] по теплових балансах конвективних сушильних установок безперервної дії показують, що на випаровування вологи з матеріалу витрачається від 20 до 60 % теплоти, підведеної до сушарки, на нагрів матеріалу 5–25 %, втрати теплоти з відпрацьованим сушильним агентом складають 15–40 %, втрати теплоти через огорожувальні конструкції 3–10 %, інші теплові втрати 5–20 %. Для сушарок періодичної дії остання стаття витрат енергії зростає до 30–35 %. Таким чином, тепловий ККД більшості установок низький (12–60 %), тому перспективними напрямками досліджень є глибокий аналіз фізичної суті процесів сушіння та методів їх організації для визначення способів підвищення теплової економічності сушильних установок.

Одним із можливих шляхів зменшення енергозатрат при попередньому підсушуванні вологого матеріалу є використання атмосферної сушарки, в якій підведення теплоти відбувається за рахунок природної конвекції,

**Мета дослідження** – розробка методики визначення теплонадходжень від сонячної радіації в такій сушильній установці.

**Матеріали та методика досліджень.** Як атмосферну сушарку можна використовувати односкатну теплицю. Схема такої сушарки наведена на рисунку.



**Схема атмосферної сушарки:**

- 1 – матеріал, що сушиться; 2 – скляна огорожа;
- 3 – вихід повітря; 4 – вхід повітря в сушарку

Матеріал, що підсушується (1), довжиною  $L_1$ , знаходиться на стелажі. Над матеріалом під кутом  $30^\circ$  до горизонту розташована скляна огорожа (2), довжиною  $L_2$ . Повітря в сушильний канал надходить через

вхідний переріз (4) висотою  $b_1$  зі швидкістю  $w$ , м/с. Відпрацьоване повітря зі швидкістю  $w_2$  виходить через канал висотою  $b_2$ , і залишає сушильну установку зі швидкістю  $W$  через переріз 3.

Для розрахунку були прийняті такі параметри:

$$L_1 = 3,0 \text{ м}; L_2 = 4,6 \text{ м}; b_1 = 0,5 \text{ м}; b_2 = 2,8 \text{ м}.$$

Таким чином, сушильний канал являє собою дифузор з мінімальним перерізом  $b_1$  на вході в сушарку та максимальним перерізом  $b_2$  на виході з каналу із загальною довжиною  $L$ .

Об'єм сушильного каналу на 1 м довжини сушарки становить:

$$V_c = \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot L = \frac{3,3}{2} \cdot 4,0 = 6,6 \text{ м}^3 / \text{м}$$

Поверхня тепло- і масообміну матеріалу на 1 м довжини:

$$F_1 = 1 \cdot L_1 = 3,0 \text{ м}^2 / \text{м}$$

а площа скління –

$$F_2 = 1 \cdot L_2 = 4,6 \text{ м}^2 / \text{м}$$

Відстань між цими поверхнями  $H = 1,25$  м, а їх спільна поверхня випромінення розраховується за формулою для двох нескінченних смуг різної ширини [2]:

$$F_{12} = \sqrt{\frac{1}{4}(L_2 + L_1)^2 + H^2} - \frac{1}{4}(L_2 - L_1)^2 + H^2}. \quad (1)$$

Підставляючи значення  $L_1$ ,  $L_2$  та  $H$ , отримуємо:

$$F_{12} = 2,52 \text{ м}^2 / \text{м}$$

Відстань між центрами витяжних та проточних отворів:

$$h_0 = 4,5 \text{ м}.$$

Середня сумарна радіація при безхмарному небі дорівнює:

$$q_p'' = \frac{1}{N} \sum_1^n q_c \quad (2)$$

де  $N$  – кількість денних годин;  $q_c$  – сумарна сонячна радіація, яка надходить на горизонтальну поверхню при безхмарному небі; може бути визначена за формулою [3]

$$q_p' = [1(1 - \psi) \cdot \mu] q_p'', \quad (3)$$

де  $\psi = 0,4$  – середнє значення коефіцієнта хмарності на широті місцевості  $45^\circ \dots 60^\circ$  і при висоті сонця  $25^\circ \dots 40^\circ$ ;  $\mu = 0,5$  – хмарність у долях від повної.

Кількість теплової енергії, що надходить в сушарку за рахунок сонячної радіації, наближено можна визначити за формулою [3]:

$$q_p - \varphi_0(1 - r_0)(1 - r_m)q_p', \quad (4)$$

де  $\varphi_0$  – коефіцієнт пропускання матеріалу огорожі; для скла товщиною 2...4 мм та поліетиленової плівки товщиною 0,03...0,2 мм  $\varphi_0 = 0,8 \dots 0,85$ ; для ПВХ плівки товщиною 0,1 мм  $\varphi_0 = 0,85 \dots 0,9$ ;  $r_0$  – альbedo огорожі (здатність поверхні огорожі сушарки відбивати сонячну радіацію);  $r_0 = 0,08 \dots 0,3$  – для скла;  $r_0 = 0,07 \dots 0,11$  – для огорож з одношарової ПЕ плі-

вки;  $r_m$  – альbedo матеріалу (ґрунти); темні ґрунти –  $r_m = 0,05...0.15$ ; сухий чорнозем –  $r_m = 0.14$ ; вологий чорнозем –  $r_m = 0.08$ ; сухі сірі ґрунти  $r_m = 0,2...0.35$ ; вологі сірі ґрунти  $r_m = 0,1...0.2$ ; сухі світлі піщані ґрунти  $r_m = 0,25...0.35$ .

Коефіцієнт пропускання – відношення пропущеної через тіло променевої енергії до падаючої:

$$\varphi = \frac{E_{\text{проп}}}{E_{\text{над}}} .$$

Коефіцієнт відбиття – відношення променевої енергії, що відзеркалюється тілом, до падаючої:

$$r = \frac{E_{\text{відб}}}{E_{\text{над}}} .$$

Коефіцієнт поглинання – відношення поглинутої тілом променевої енергії до падаючої:

$$\alpha = \frac{E_{\text{погл}}}{E_{\text{над}}} .$$

У загальному випадку

$$\varphi + r + \alpha = 1 .$$

Для непрозорого тіла (матеріал в сушарці)  $\varphi = 0$  і  $r + \alpha = 1$ , звідки

$$\alpha = 1 - r . \quad (5)$$

Для прозорих тіл (огорожа зі скла та плівки)

$$\alpha = 1 - r - \varphi . \quad (6)$$

При розрахунку теплообміну випромінюванням необхідно також знати ступінь чорноти матеріалів огорожі.

**Результати досліджень.** Розглянемо найсприятливіший випадок для липня місяця, середня температура для якого становить  $19,8 \text{ }^\circ\text{C}$  з максимальною добовою амплітудою температури зовнішнього повітря  $\Delta t = 18,4 \text{ }^\circ\text{C}$  [4]. Приймаємо в липні середню температуру повітря рівною  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . З цією температурою повітря надходить у сушильну установку.

Середню сумарну радіацію визначаємо за формулою (2):

$$q_p'' = 355 \text{ Вт / м}^2 .$$

За формулою (3) отримуємо радіаційний потік теплоти, що надходить на огорожу сушарки:

$$q_p' = 0,7 q_p'' = 248,71 \text{ Вт / м}^2 .$$

Для одношарової огорожі зі скла приймаємо  $\varphi_0 = 0,82$ ,  $r_0 = 0,12$ , а коефіцієнт поглинання знаходимо за формулою (6):

$$\alpha_0 = 1 - 0,82 - 0,12 = 0,06 .$$

Альbedo матеріалу в сушарці (вологі чорнозем):  $r_m = 0,08$ , тоді

$$\alpha_m = 1 - 0,08 = 0,92 .$$

За формулою (4) визначаємо кількість теплової енергії, що надходить у сушарку за рахунок сонячної радіації:

$$q_p = 0,82 \cdot 0,88 \cdot 0,92 q_p' = 165,11 \text{ Вт / м}^2.$$

Кількість теплової енергії, що поглинається склом, дорівнює:

$$q_n = \alpha_0 q_p' = 0,06 \cdot 248,11 = 14,9 \text{ Вт / м}^2.$$

Для практичних розрахунків променевого теплообміну між огорожею сушарки та матеріалом у ній використовуємо формулу [2]:

$$Q_{12} = 4,9 \varepsilon_{np} \left[ \left( \frac{273 + t_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + t_2}{100} \right)^4 \right] F_{12}, \quad (7)$$

де  $F_{12}$  – взаємна поверхня випромінювання тіл, які беруть участь у променевому теплообміні;  $\varepsilon_{np}$  – приведена степінь чорноти системи, яка складається з двох сірих тіл.

Для замкнутої системи приведена степінь чорноти вираховується за формулою [2]:

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{1 + \left( \frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right) \varphi_{12} + 1 + \left( \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) \varphi_{21}}, \quad (8)$$

де  $\varphi_{12}$  і  $\varphi_{21}$  – коефіцієнти опромінювання.

Для двох нескінченних смуг різної ширини [2,]:

$$\varphi_{12} = \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{L_2}{L_1} + 1 \right)^2 + \left( \frac{H}{L_1} \right)^2} - \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{L_2}{L_1} - 1 \right)^2 + \left( \frac{H}{L_1} \right)^2};$$

$$\varphi_{21} = \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{L_1}{L_2} + 1 \right)^2 + \left( \frac{H}{L_2} \right)^2} - \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{L_1}{L_2} - 1 \right)^2 + \left( \frac{H}{L_2} \right)^2}.$$

Для наведених вище значень  $L_1$ ,  $L_2$  та  $H$ , отримуємо:

$$\varphi_{12} = 1,0883; \quad \varphi_{21} = 0,4282.$$

Степінь чорноти матеріалу в сушарці:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{14} = 0,92 \quad \text{та} \quad \varepsilon_2 = \alpha_0 = 0,06.$$

Підставляючи ці значення в формулу (8), отримуємо степінь чорноти системи матеріалу в сушарці та матеріалу огорожі:

$$\varepsilon_{np} = 0,13.$$

### Висновки

У роботі розраховано характеристики теплового випромінювання для сушарки атмосферного типу, що дозволить у подальшому скласти детальний тепловий баланс такої сушильної установки та визначити основні показники ефективності її роботи.

### Список літератури

1. Данилов О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О.Л.Данилов, Б.И. Леончик. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
2. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидравлическое сопротивление. Справ. пособие / Кутателадзе С.С. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.

3. Теплицы и тепличные хозяйства: Справочник / Г.Г.Шишко, В.О. Потапов, Л.Т.Сулима, Л.С.Чебанов; под ред. Г. Г. Шишко. – К. : Урожай, 1993. – 424 с.

4. Строительная климатология и геофизика: СНиП 2.01.01-82. / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 136 с.

*Приведена методика определения теплоступлений от солнечной радиации в атмосферной сушильной установке.*

***Сушка, односкатная теплица, солнечная радиация, альbedo, степень черноты материала.***

*The method of determining heat flow of solar radiation in atmospheric drying setting is given.*

***Drying, lean-to greenhouse, solar radiation, albedo, emissivity material degree.***

УДК 621.43.036.22

## **ЗВОЛОЖУВАЧ ДУТТЬОВОГО ПОВІТРЯ ДЛЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

***І.В.Феофілов, старший викладач***

*Проаналізовано додавання води до палива як напряму підвищення ефективності роботи двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), розглянуто різні способи додавання води до палива і запропоновано зволожувач дуттьового повітря на основі використання теплоти охолодження двигуна, який може працювати на недистильованій воді.*

***Додання води до палива, двигун внутрішнього згорання, паливно-водяна емульсія, вприск води, зволоження дуттьового повітря.***

Відомо, що одним із напрямів підвищення ефективності роботи ДВЗ є додавання води до палива перед його спалюванням в циліндрах двигуна. При цьому покращуються енергетичні, економічні та екологічні показники роботи двигуна.

Існують багато способів додавання води до палива. Основними з них є – вприскування безпосередньо води, створення паливно-водяної емульсії та її використання або додання води до палива у вигляді пари. Проте всі вони мають свої недоліки – це додаткові витрати енергії при доданні води до палива, використання дорогого дистилляту тощо.

**Мета досліджень** – створення приладу для зволоження дуттьового повітря в ДВЗ, що усуває основні недоліки існуючих способів додавання води в ДВЗ.

---

© І.В.Феофілов, 2013