

METODĂ DE DETERMINARE A PARAMETRILOR SISTEMULUI FRIGORIFIC ELECTRIFICAT FĂRĂ FREON PENTRU RĂCIREA LAPTELUI



competitor Victor CREȚU,
Universitatea Agrară de Stat din Moldova

Sistemul frigorific electrificat fără freon pentru răcirea laptelui prevede utilizarea atât a frigului natural, cât și a frigului artificial. În timpul rece al anului, laptele se răcește cu ajutorul acumulatorului de frig natural. În timpul cald al anului, laptele se răcește în prealabil cu apă subterană până la temperatura de 15...17°C, iar răcirea finală se efectuează cu ajutorul instalației cu vid până la 6°C.

La elaborarea modelului matematic al procesului de răcire a laptelui, se introduc următoarele cerințe și restricții tehnologice:

1. Temperatura finală a laptelui la ieșirea din schimbătorul de căldură după răcire t_{12} diferă de temperatura apei la intrarea în schimbătorul de căldură în flux t_{a1} cu 2°C:

$$t_{12} = t_{a1} + 2 \quad (1)$$

2. Din condiția de funcționare a schimbătorului de căldură (răcitorului) în flux, urmează

$$\frac{q_f}{q_l} = 3 \quad (2)$$

unde: q_l – debitul pompei pentru lapte, m³/h; q_f – debitul pompei pentru agent frigorific, m³/h.

3. Temperatura laptelui răcit t_{12} nu trebuie să depășească +6°C [3]: $t_{12} \leq 6^{\circ}C$ (3)

4. Timpul de răcire a laptelui τ intrat la prelucrare nu trebuie să depășească 2 h conform SM 104 [3]: $\tau = 2h$ (4)

5. Laptele se răcește în prealabil până la temperatura de +15...17 °C

$$t_{11} = 17^{\circ}C \quad (5)$$

6. Pierderile de căldură le vom ignora, $\Delta Q = 0$.

7. Temperatura inițială a agentului frigorific în acumulatorul de frig natural t_{at} se ia ca fiind echivalentă cu temperatura mediului ambiant t_o , în cazul când $0 < t_o \leq 5^\circ \text{C}$

$$t = t_o, 0 \leq t_o \leq 5^\circ \text{C}; \quad (6)$$

8. vom accepta $c_i = c_a$,

unde: c_i și c_a – respectiv căldura specifică a laptelui și a apei.

Pentru determinarea parametrilor tehnici și energetici ai sistemului frigorific electrificat fără freon de răcire a laptelui este propusă următoarea metodă.

1. Se determină cantitatea de frig necesară pentru răcirea volumului maximal de lapte obținut de la o singură mulsoare.

$$Q = mc(t_{i1} - t_{i2}); \quad (7)$$

unde: $m=V$ (deoarece $C_i = 1$) – volumul maximal de lapte de la o singură mulsoare, m^3 ; t_{i1} , t_{i2} – temperatura laptelui până la și, respectiv, după răcire, $^\circ\text{C}$, c_i – căldura specifică a laptelui.

2. Se determină productivitatea frigorifică a instalației frigorifice, necesară pentru răcirea laptelui în timpul mulsorii (răcirii) Q_r .

$$Q_r = \frac{Q}{\tau}; \quad (8)$$

3. Se determină rapiditatea acțiunii principalei pompe de vacuum S , după formula:

$$S = \frac{Q}{\lambda_r \rho''}; \quad (9)$$

în care: λ – coeficientul de evacuare a aerului cu ajutorul pompei de vacuum ($\lambda=0,6\dots 0,8$); r_{med} – căldura medie latentă a vaporizării; ρ''_{med} – densitatea medie a vaporilor substanței de lucru.

4. Alegem tipul și puterea pompelor de vacuum.

5. Se determină raportul dintre productivitatea frigorifică a instalației de evaporare în vid și puterea motorului electric al principalei pompe de vid:

$$K_{IVE} = \frac{Q_{IVE}}{P_{IVE}}; \quad (10)$$

6. Se determină raportul dintre cantitatea de apă (din acumulatorul de frig) și cantitatea de lapte destinată răcirii:

$$K = 3 \times K_f; \quad (11)$$

unde: K_f – coeficientul utilizării eficiente a rezervei de frig pentru răcirea laptelui.

7. Productivitatea și puterea pompelor pentru lapte și apă se aleg la fel ca și la liniile tehnologice-tip de prelucrare a laptelui.

8. Se determină consumul specific de energie electrică timp de 24 de ore $W_{specific}$ (kWh/t);

$$W_{specific} = \frac{W_r}{m} \quad (12)$$

unde: W_r - consumul de energie electrică la răcirea laptelui, kWh .

Instalațiile de vacuum-evaporare vor funcționa doar în timpul cald și cel de tranziție al anului, adică circa 7 luni pe an pentru Republica Moldova.

În scopul determinării cantității necesare de agent frigorific pentru răcirea unei tone de lapte până la temperatura de +6°C, în răcitorul în flux, vom utiliza formula balanței energetice pentru schimbătorul de căldură al laptelui:

$$q_l \cdot c_l \cdot (t_{l1} - t_{l2}) = q_a \cdot c_a \cdot (t_{a2} - t_{a1}) \quad (13)$$

în care: q_l – productivitatea pompei pentru lapte (m³/h);

q_a – productivitatea pompei pentru agentul frigorific (m³/h);

c_l, c_a – căldura specifică a laptelui și, respectiv, a apei kG/(m³·°C);

t_{l1} – temperatura inițială a laptelui, până la răcire, °C;

t_{l2} – temperatura finală a laptelui după răcire, °C.

Ținând cont de parametrii tehnici ai schimbătorului de căldură, expresia matematică (13) va fi următoarea: $(t_{l1} - t_{l2}) = 3 \cdot (t_{a2} - t_{a1})$ sau $t_{a2} = \frac{t_{l1} + 2t_{a1} - 2}{3}$ (14)

Formula balanței energetice pentru acumulatorul de frig este următoarea:

$$q_a \cdot (t_{a2} - t_{a1}) \cdot d\tau_o = V \cdot dt_{a1} \quad (15)$$

Expresiile (14) și (15) permit determinarea dependenței $t_{l2} = f(K_a)$

și $t_{a2} = f(K_a)$ unde $K_a = \frac{V}{m_l}$

$$\left. \begin{aligned} t_{a2} &= \frac{t_{l1} + 2t_{a1} - 2}{3} \\ q_a \cdot (t_{a2} - t_{a1}) \cdot d\tau_o &= V \cdot dt_{a1} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

După substituire în (15) și transformări, vom obține un sistem de ecuații, ce permite determinarea cantității necesare de apă (agent frigorific) V, care asigură răcirea laptelui până la temperatura adecvată t_{m2} , în condițiile inițiale cunoscute t_{m1}, t_0, m_l :

$$\left. \begin{aligned} t_{a1} &= t_{l1} - 2 - (t_{l1} - t_i - 2) \cdot e^{-\tau} \\ t_{a2} &= \frac{t_{l1} + 2t_{a1} - 2}{3} \\ t_{l2} &= t_{a1} + 2 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Procesul eficient de răcire a laptelui poate să continue până la $t_{l2} = 6^\circ\text{C}$, în acest caz $t_{a1} = +2...5^\circ\text{C}$. În continuare, fracționăm cantitatea agentului frigorific la cantitatea laptelui K_a supus răcirii prin t_{l1}, t_0, t_{a1} :

$$K_a = \left[\ln \left(\frac{t_{l1} - t_i - 2}{t_{l1} - t_{a1} - 2} \right) \right]^{-1} = \left[\ln \left(\frac{t_{l1} - t_i - 2}{t_{l1} - 6} \right) \right]^{-1} \quad (18)$$

Concluzie

Expresiile (17) și (18) prezintă în sine modelul matematic al procesului de răcire a laptelui în schimbătorul de căldură în flux cu apă din acumulatorul de frig natural. Din punct de vedere matematic, se determină dependențele temperaturii agentului frigorific în acumulatorul de frig natural de temperatura laptelui supus răcirii și divizibilitatea K_a a cantității agentului frigorific V la cantitatea laptelui supus răcirii m_p , în funcție de temperatura inițială a agentului frigorific t_{a1} , în acumulatorul de frig natural.

Bibliografie

1. ВОЛКОНОВИЧ, Л., КРЕЦУ, В. и др. *Автоматизация ресурсосберегающих технологических процессов в сельском хозяйстве*. Monografie, Chișinău, 2007, 340 p.
2. VOLCONOVICI, L., CREȚU, V. *Răcirea laptelui cu aplicarea frigului natural și artificial*. Monografie, Chișinău, 2009, 245 p.
3. BÎTCA, D.L. și alții. *Produse comestibile de origine animală și vegetală. Hotărârea de aprobare a standardului, SM 104 (nr. 168-ST a Departamentului „Moldovastandard”)*, 21 p.

REZUMAT

Sistemul ecologic cu frig natural și vid constă din acumuloare cu frig natural și instalații cu vid ce exclud utilizarea diferitelor tipuri de freon. Metoda elaborată permite de a determina parametrii constructiv-tehnologici ai acumuloarelor de frig, ce se utilizează pentru răcirea laptelui în perioada rece a anului și a instalațiilor cu vid pentru răcirea laptelui în perioada caldă.

Cuvinte-cheie: *Utilizare de energie, sistem ecologic cu frig natural și vid, instalație cu vid, parametrii constructiv-tehnologici, proces de răcire a laptelui, acumulator de frig natural, răcire prin vid, model matematic, parametrii mediului ambiant.*

ABSTRACT

Ecological system with natural cold and vacuum consists of water batteries and vacuum equipment which exclude the use of various types of Freon. Developed method allows determining parameters of the battery construction, water technology, which is used for milk cooling in the cold season and with vacuum installations in the hot season.

Keywords: *Use of energy, ecological system with natural cold and vacuum, vacuum installation, construction-technological parameters, milk cooling process, ecology, natural cold battery, vacuum cooling, mathematical model, environmental parameters.*

РЕФЕРАТ

Экологические системы с естественным холодом и вакуумом состоят из аккумуляторов естественным холодом и вакуумных установок, с целью исключения использования различных типов фреона. Разработанная методика позволяет определить параметры конструктивно-технологических аккумуляторов холода, которые используются для охлаждения молока в холодное время года и вакуумных установок для охлаждения молока в теплый период.

Ключевые слова: *Экологические системы с естественным холодом и вакуумом, аккумуляторы естественного холода, вакуумная установка, конструктивно-технологические параметры, утилизация энергии, процесс охлаждения молока, экология, вакуумное охлаждение, математическая модель, параметры окружающей среды.*