

# EVOLUȚIA SISTEMELOR DE RĂCIRE PENTRU PĂSTRAREA ȘI TRANSPORTUL FRUCTELOR ȘI LEGUMELOR

Vasile CARTOFEANU,  
Universitatea Tehnică a Moldovei

Specialist în domeniul tehnicii și tehnologiei frigorifice. Este autorul a peste 50 de publicații științifice și 15 brevete de invenție. În prezent este șeful catedrei Utilaj tehnologic industrial a Universității Tehnice a Moldovei.

Eugen BĂLAN,  
Universitatea Tehnică a Moldovei

Specialist în domeniul tehnicii și tehnologiei frigorifice. Este autorul a circa 100 de publicații științifice și 14 brevete de invenție. În prezent este șeful Centrului didactico-științific al Universității Tehnice a Moldovei.

Valentin PISARENCO,  
Universitatea Tehnică a Moldovei

Specialist în domeniul tehnicii frigorifice. Este autorul a peste 60 de publicații științifice și 7 brevete de invenție. În prezent este colaborator la catedra Utilaj tehnologic industrial a Universității Tehnice a Moldovei.

**REZUMAT.** Sunt examinate construcțiile sistemelor de răcire pentru instalațiile frigorifice staționare și de transport existente, avantajele și dezavantajele lor. Sunt formulate criteriile de optimizare a soluțiilor tehnice ale sistemelor, luând în considerare variația proprietăților produselor și asigurarea condițiilor reglementate de păstrare a fructelor și legumelor. Sunt elaborate noi sisteme eficiente de răcire, fiind efectuate lucrările de verificare a lor și de determinare a eficienței utilizării lor practice. Sistemele de răcire elaborate pentru instalațiile frigorifice staționare și de transport au fost cercetate mai întâi cu ajutorul modelării, apoi în condiții naturale, în procesele păstrării de lungă durată și transportării fructelor la distanțe mari (până la 3500 km). Verificarea acestor sisteme a confirmat posibilitatea creării, reglării și menținerii regimului tehnologic necesar pentru păstrarea și transportul fructelor și legumelor și, prin urmare, micșorării pierderilor de producție în comparație cu cele ale sistemelor de răcire utilizate în prezent.

**ABSTRACT.** The existent cooling systems for stationary and mobile refrigerating chambers, their advantages and lacks are investigated. The optimization criterion of engineering solutions of these systems are formulated focusing on the changes of the products properties and on the maintenance of the regulated storage conditions of fruit and vegetables. New effective cooling systems are designed and their testing and efficiency definition of their operational use are carried out. Cooling systems designed for stationary and mobile refrigerating chambers were first investigated on models, and then, in vivo during long-term storage and transportation of fruit on large distances (up to 3500 km). Researches made on these systems confirmed the capability to create, regulate and maintain the necessary technological conditions of storage and transportation of fruits and vegetables, and, as a consequence, the reduction of manufacturing losses compared to cooling systems used now.

## 1. INTRODUCERE

Evoluția sistemelor de răcire, observată pe parcursul ultimului secol [1, 2-5], pune în evidență tendința proiectanților și fabricanților de a crea sisteme care să corespundă modelului bioenergetice de păstrare [6,7], prin înlocuirea sistemelor gravitaționale de răcire prin sisteme cu mișcarea forțată a mediului răcitor, organizarea circulației mediului răcitor direct prin stratul de produse și utilizarea mediului răcitor cu umiditate sporită.

## 2. AVANTAJELE ȘI DEZAVANTAJELE SISTEMELOR DE RĂCIRE EXISTENTE

Examinând problema complexă „regimul de păstrare - capacitatea de păstrare”, trebuie să menționăm faptul, că toate

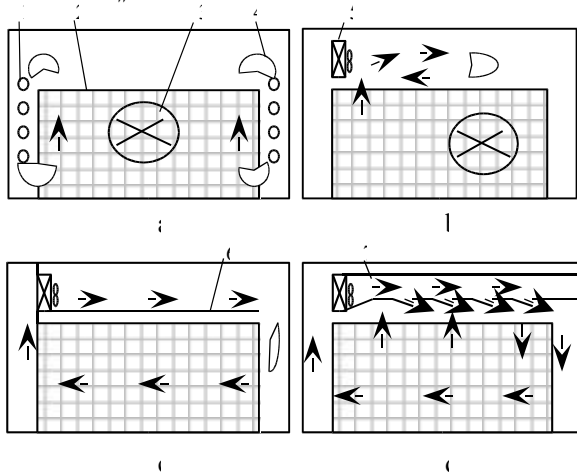
sistemele existente posedă atât avantaje, cât și dezavantaje.

Sistemele gravitaționale (fig.1,a) sunt caracterizate prin: mobilitate joasă a mediului ( $N \rightarrow 0$ ), reglabilitate insuficientă a temperaturii  $T$  și a umidității relative  $RH$ , crearea unor gradienti considerabili de temperatură  $\Delta T$  în volumul stivelor. În aceste sisteme sunt mari pierderile prin putrezire  $\Delta G_D$  și sunt mici pierderile prin uscare  $\Delta G_W$ .

În sistemele cu ventilație neorganizată (fig. 1,b), eficiența joasă în distribuirea mediului răcitor păstrează valori mari ale lui  $\Delta T$  și focarele locale de putrezire a produselor. În aceste sisteme se observă scăderea valorii lui  $\Delta G_D$ , dar crește  $\Delta G_W$ , însă pierderile însumate  $\Sigma \Delta G$  sunt mai mici față de cele din sistemele gravitaționale.

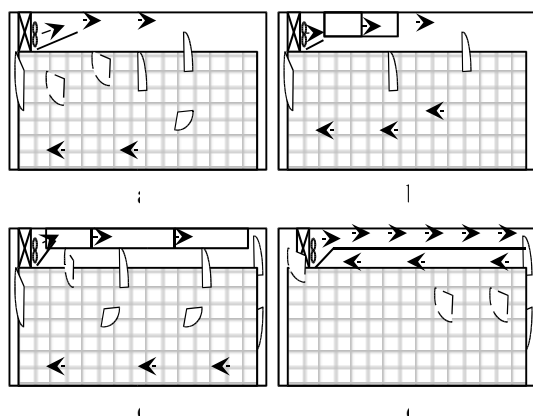
Sistemele cu ventilație activă (fig. 1,c) cu multiplicitatea circulației aerului  $N$  înaltă sunt eficiente pentru straturi de produse de grosime mică, prin care trece aerul rece. În camere mari, aceste sisteme păstrează gradientul longitudinal  $\Delta T$ , iar valorile scăzute ale lui  $RH$  sporesc

pierderile  $\Delta G_w$ .



**Fig. 1.** Sistemele de răcire existente pentru camerele de păstrare a fructelor și legumelor:

*a* – cu convecție naturală; *b* – cu ventilație neorganizată; *c* – cu cădere de presiune (cu ventilație activă); *d* – cu regenerarea umezelii în interiorul camerei. 1 – dispozitivul de răcire; 2 – încărcătura horticolă; 3 – zona de stagnare; 4 – conturul de circulație; 5 – răcitorul de aer; 6 – tavanul fals; 7 – canalul de distribuție a aerului.



**Fig. 2.** Sistemele de răcire existente pentru ducele frigorifice cu circulația forțată a mediului:

*a* – fără canale; *b* – cu canale paralele; *c* – cu canal longitudinal; *d* – cu tavan fals.

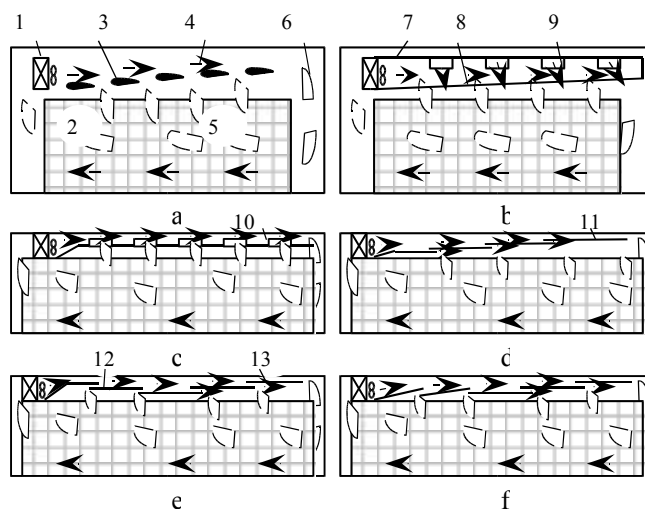
Acest dezavantaj este neutralizat, în mare măsură, în sistemele cu recircularea aerului în interiorul stivei și regenerarea parțială a umezelii (fig. 1,*d*). După principiul de funcționare, ele corespund într-o măsură mai mare condițiilor tehnologice de păstrare a fructelor și legumelor. Aceste sisteme, în cazul circulației intensive a mediului  $N$ , pot majora valoarea lui  $RH$  și pot crea gradienti relativ mici ai lui  $\Delta T$ , ceea ce poate contribui la micșorarea pierderilor de produse.

În variantele de bază ale sistemelor de răcire cunoscute, destinate pentru ducele frigorifice utilizate în transportul încărcăturilor horticoale, sunt folosite în majoritatea cazurilor metodele de distribuție a mediului răcitor în volumul încărcăturii fără canale sau prin canale (fig. 2). Spre deosebire de camerele mari ale frigoriferilor staționare, în mijloacele de transport gradul de încărcare este mult mai mare, iar aceasta presupune majorarea multiplicității circulației mediului  $N (\geq 100 h - 1)$  pentru învingerea rezistențelor

hidraulice ale elementelor stivei, ce influențează regimul de temperatură, valoarea lui  $RH$  și pierderile de produse.

### 3. PRINCIPIUL DE ACȚIUNE ȘI CONSTRUCȚIA SISTEMELOR NOI DE RĂCIRE

Cercetările sistematice ale condițiilor de păstrare și transport ale fructelor și legumelor în camerele frigorifice și în mijloacele de transport, precum și ameliorarea continuă a construcțiilor acestor sisteme în direcția reglării fluxurilor mediului și parametrilor de păstrare a încărcăturilor horticoale, au condus la crearea unei generații noi de sisteme de răcire, bazate pe principiul ejecției mediului răcitor din stiva de fructe și legume în canalul de distribuție [8-12]. Principiul de lucru al acestor sisteme este bazat pe ejectarea fluxului cald din stivă în interiorul canalului de distribuție, amestecarea lui cu mediul de răcire și debitarea fluxului de bază în stiva cu fructe în cantități ce depășesc debitul inițial furnizat la intrarea în canal. Acest principiu oferă posibilitatea majorării multiplicității circulației mediului răcitor, ce contribuie la omogenizarea temperaturii și umidității în stiva de încărcătură și la micșorarea pierderilor prin putrezire, iar umiditatea înaltă a acestui mediu duce la micșorarea pierderilor prin uscare în procesul de transpirație, ceea ce, în final, trebuie să ducă la micșorarea pierderilor totale în procesul păstrării și transportării încărcăturilor. Sistemele elaborate pentru camerele staționare includ două variante de bază (fig. 3, *a, b*).



**Fig. 3.** Sistemele progresive de distribuție a mediului de răcire în camerele instalațiilor frigorifice pentru fructe, staționare (*a, b*) și de transport (*c, d, e, f*): *a* – cu ejecție fără canale; *b, c* – cu ejecție în interiorul canalului; *d* – cu canale și duze dreptunghiulare cu ejecție exterioră; *e, f* – cu canale și ejecție mixtă: 1 – răcitor de aer; 2 – încărcătura horticolă; 3 – profilurile termodinamice; 4 – mediul răcitor; 5 – fluxurile convective; 6 – fluxul de circulație comun; 7 – canalul de distribuție a aerului; 8 – orificiile ejectoare; 9 – duzele de refulare; 10 – canalul de ejecție și refulare; 11 – canalul de refulare cu duze dreptunghiulare; 12 – secția de ejectare a canalului; 13 – secția de refulare a canalului.

În varianta fără canale (fig. 3,*a*), elementele de ejecție includ profiluri aerodinamice clasice, dislocate consecutiv,

după răcitorul de aer, în unul sau mai multe rânduri aflate la distanțe reglementate unul față de altul în spațiul de deasupra stivei cu încărcătură. Ele asigură aspirarea fluxurilor convective ascendente ale mediului de către fluxul rece de bază, ca urmare a unui șir de efecte aerodinamice (Jukovskii, Coandă). Varianta cu canale a acestui sistem (fig. 3,b) include duze de ejecție răspândite în anumite locuri, cu ajutorul cărora se realizează aspirarea mediului din cameră de către fluxul rece al mediului din canal. Construcții cu canal analoage, în diferite variante constructive, au fost elaborate și pentru instalațiile frigorifice de transport – dube frigorifice de tonaj mare (fig. 3, c, d, e). Diferența principală constă în forma canalului (el trebuie să fie compact și să creze, pe lungimea lui, raportul necesar între presiunea dinamică și cea statică), tipul și dimensiunile geometrice ale elementelor de ejecție și locul plasării lor în canal.

#### 4. REZULTATELE VERIFICĂRII SISTEMELOR DE RĂCIRE

Sistemele de răcire elaborate pentru instalațiile frigorifice staționare și de transport au fost cercetate mai întâi pe modelele acestor obiecte, apoi în condiții naturale, în procesul păstrării de lungă durată și al transportului fructelor la distanțe mari (până la 3500 km) [13-15]. Verificarea acestor sisteme (unele date sunt expuse în figurile 4 și 5) a confirmat posibilitatea creării, reglării și menținerii regimului tehnologic necesar pentru păstrarea și transportul fructelor și legumelor și, în consecință, micșorarea pierderilor de producție în comparație cu cele ale sistemelor de răcire utilizate în prezent (tabelul 1).

Tabelul 1

Pierderile specifice de (% pe oră) la transportarea cu ducele frigorifice cu diferite sisteme de răcire

Pierderi	Sistemul de răcire și distribuire a mediului răcitor			
	Fără canale	Cu tavan fals	Cu canale longitudinale	Cu canale și ejecție
Prin uscarea	0,035	0,026	0,023	0,021
Prin putrezire	0,026	0,022	0,014	0,008
Totale	0,061	0,048	0,037	0,029

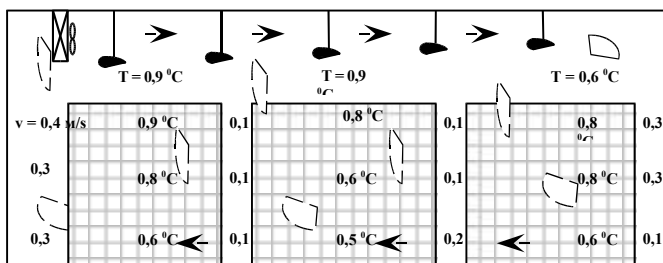


Fig. 4. Câmpul temperaturilor și vitezelor aerului în camera cu sistem de ejecție fără canal, în perioada păstrării merelor.

Fig. 5. Caracteristicile transportului fructelor (prune și struguri) în dube frigorifice echipate cu diferite sisteme de distribuire a mediului răcitor: a – neuniformitatea distribuției temperaturilor în volumul stivei în perioada refrigerării (1 – fără canale, 2 – cu tavan fals, 3 – cu ejecție); b – viteza scăderii temperaturii medii volumice a fructelor în stivă (1 – cu tavan fals, 2 – cu ejecție).

#### BIBLIOGRAFIE

- Bălan E.F., Cartofeanu V.Gh. „Ohlajdaiușcie sistemâ dlea fructov i ovoșcei: vzaimosvrazi svoistv productov i prințipov konstruirovania” // *Sovremennâe problemâ holodilinoi tehniki i tehnologhii*, p. 138. Odessa: OGAH, 2002.
- Bălan E.F., Cozimic V.A., Nojac E.S. „Ispolizovanie azotnâh sistem ohlajdenia na avtomobilinom transporte pri perevozke skoroportiașchisia fructov i vinograda”. M.: *AgroNIITAIPP*. 1991.
- Ciumak I.G., Cepurnenco V.P. „Holodilinae ustanovki”. M.: *VO Agropromizdat*, 1991,
- Niculita P. *Tehnica și tehnologia frigului în domenii agroalimentare*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1998.
- Stoeker W.F. *Industrial Refrigeration Handbook*. N.Y., 1998
- Bălan E.F. „Preservability of fruits and vegetables” // Proc. Sofia. Meet. IIR, 1998 - 1998-6, p. 557-563.
- Bălan E.F., Ciumak I.G. „Bioănergetika hranenia fruktov i ovoșcei” // *Sovremennâe problemâ holodilinoi tehniki i tehnologhii*, p. 102-108, Odessa: OGAH, 2001
- „Gazoraspredelitelinoe ustroistvo avtorefrigeratora”: A.S. 1654630 SSSR, MKI F25D 3/10, 17/06 / E.F.Bălan, BI, N21, 1991.
- „Vozduhoraspredelitelinoe ustroistvo dlea holodilinoi camerâ”: A.S. 1285280 SSSR, MKI F 24D 17/06; F24F 13/06 / E.F. Bălan, V.G.Cartofeanu, I.M.Jicul, L.A.Bantăș, V.A.Cozimic. BI, N3. 1987.
- „Ustroistvo dlea raspredelenia ohlajdaiușcei sredâ v kamere transportnogo sredstva”: A.S. 1399620 SSSR, MKI F25D 17/06 / E.F. Bălan, V.G. Cartofeanu, V.T. Musteața, P.A. Zingan, V.A. Cozimic.- BI, N20. -1988.
- „Ustroistvo dlea raspredelenia ohlajdaiușcei sredâ v kamere transportnogo sredstva”: A.S. 1594341 SSSR, MKI F25D 17/06, 3/10 / E.F. Bălan, V.G. Cartofeanu, G.B. Gorșunova, A.I. Șvarț, V.A.Cozimic, A.E. Borșci, I.I.Berlin, S.M. Margulian. BI, N35, 1990.
- Holodilinaia kamera dlea hranenia fructov: A.S. 1296799 SSSR, MKI F25D 13/00 17/06 / E.F.Bălan, V.G. Cartofeanu, I.M.Jicul, Iu.V.Vasiliev.- BI, N10. -1987.
- Bălan E.F., Cartofeanu V.G., Musteața V.T., Zingan P.A. *Issledovanie sistem vozduhoraspredelenia avtorefrigeratorov // Holodilinaia tehnica*, N6, p. 16-21, 1988.
- Bălan E.F., Ciurkiu I.I. „Novaia sistema beskanalinogo vozduhoraspredelenia dlea kamer fruktohranilișii” // *Holodilinaia tehnica*, N3, 1991, p. 2-5.
- Cartofeanu V., Cartofeanu Ș., Bălan E. „Transportul fructelor și legumelor la distanțe mari”. *Proc. Int. Conf. „Agricultural and food sciences, processes and technologies”*, p. 1-4, Sibiu, 2002.

