

## 5. IZOLAȚII ȘI TRANSPORTURI FRIGORIFICE

În scopul reducerii pătrunderilor de căldură din exterior, pereții, plafoanele și pardoselile spațiilor răcite sunt prevăzute cu izolație termică.

### 5.1. Materiale termoizolante utilizate în tehnica frigului

Câteva din condițiile pe care trebuie să le îndeplinească materialele termoizolante pentru a fi utilizate în tehnica frigului sunt:

- Conductivitate termică redusă;
- Higroscopicitate redusă;
- Permeabilitate la vapori redusă;
- Rezistență mare la îngheț;
- Să nu aibă miros;
- Să nu fie receptivă la mirosuri;
- Să nu aibă valoare nutritivă pentru insecte și rozătoare;
- Să nu se taseze;
- Prelucrabilitate ușoară;
- Inerte din punct de vedere chimic;
- Durată mare de exploatare;
- Densitate aparentă mică;
- Rezistență mecanică bună.

În practica izolațiilor frigorifice se întâlnesc numeroase materiale, dintre care în continuare sunt prezentate cele mai reprezentative.

#### *Pluta*

- Conductivitate termică redusă:  $\lambda=0,04\dots0,06$  W/m·K;
- Densitate aparentă mică:  $\rho=120\dots150$  kg/m<sup>3</sup>;
- Rezistență la compresiune mare:  $\sigma_c=3\cdot10^5\dots5\cdot10^5$  N/m<sup>2</sup> (utilizabilă la pardoseli);
- Aprindere grea:  $t_A=150^\circ\text{C}$
- Higroscopicitate redusă;
- Montare ușoară.

#### *Velitul*

- Este realizat din straturi multiple de carton ondulat lipite între ele și impregnate cu bitum;
- Conductivitate termică:  $\lambda=0,03\dots0,05$  W/m·K;
- Densitate aparentă mică:  $\rho=50\dots60$  kg/m<sup>3</sup>;
- $t_A=100^\circ\text{C}$ .

#### *Polistirenul expandat*

- Conductivitate termică foarte redusă:  $\lambda=0,03\dots0,035$  W/m·K;
- Densitate aparentă mică:  $\rho=20\dots25$  kg/m<sup>3</sup>;
- Este utilizat des pentru izolarea pereților, a plafoanelor și a conductelor;
- Adecvat pentru realizarea de elemente prefabricate până la dimensiuni de 2x6m;

- Punct de topire relativ scăzut ( $80^{\circ}\text{C}$ ) - dezavantaj;
- Rezistență redusă la compresiune - dezavantaj;
- Coeficient de dilatare termică ridicat - dezavantaj.

#### *Spuma de poliuretan*

- Utilizat aproape în exclusivitate pentru izolarea:
  - Frigiderelor casnice;
  - Dulapurilor frigorifice;
  - Autodube frigorifice;
  - Recipiente și conducte;
- Se poate expanda direct la locul de montaj sub acțiunea R11, ceea ce interzice utilizarea acestui material după intrarea în vigoare a protocoalelor internaționale privind agenții frigorifici poluanți pentru stratul de ozon;
- Conductivitate termică foarte redusă:  $\lambda=0,016\dots0,018 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ;
- Densitate aparentă mică:  $\rho=30\dots40 \text{ kg/m}^3$ ;
- În timp R11 se evaporă și este înlocuit de aer - dezavantaj.

Câteva tipuri de izolații din poliuretan utilizabile în condiționarea aerului, livrate sub formă de benzi rulate sunt prezentate în imagine.



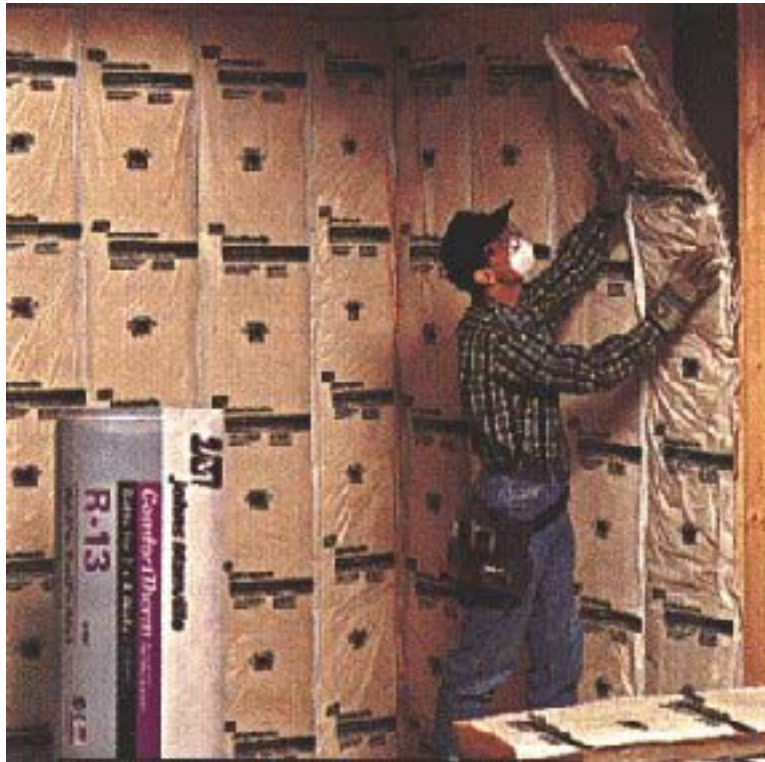
#### *Ampora*

- Utilizat aproape în exclusivitate pentru izolarea:
  - Dulapurilor frigorifice;
  - Vitrine frigorifice;
  - Mijloace de transport frigorifice;
- Se constată o restrângere a utilizării acestui material.

#### *Spumă de clorură de polivinil*

- Material impermeabil la umiditate;
- Se stinge singur sub acțiunea flăcării (nu este inflamabil);
- Are o rigiditate mare;
- Se utilizează la construcții navale.

Un material termoizolant realizat prin expandarea R13 este prezentat în imagine.



## 5.2. Transporturi frigorifice

### *Considerații generale*

Transportul produselor alimentare conservate prin frig, asigură deplasarea acestora de la locul de producție la cel de prelucrare, depozitare sau comercializare.

Condițiile de microclimat, care trebuie asigurate, sunt impuse de fiecare produs în parte.

Unitățile de transport cuprind incinte izolate și adesea sisteme de răcire.

În funcție de calea de transport se disting următoarele categorii de transport:

- Naval;
- Pe calea ferată;
- Auto;
- Aerian.

Caracteristicile pe care trebuie să le îndeplinească instalațiile frigorifice de pe mijloacele de transport sunt următoarele:

- Masă și gabarit reduse;
- Siguranță în funcționare, în orice condiții climatice care ar putea interveni în timpul transportului;
- Posibilitatea funcționării în condiții de înclinare, oscilații și șocuri;
- Menținerea unui regim staționar de păstrarea produselor;
- Posibilitatea de răcire rapidă a spațiului frigorific după încărcarea cu produse;
- Condiții optime de securitate a persoanelor, mai ales dacă se transportă și persoane.

În ultimii ani, a devenit foarte modern și utilizat transportul containerizat, care necesită macarale pentru încărcare dar prezintă și multe avantaje.

După sistemul de răcire, mijloacele de transport auto se clasifică în:

- Izoterme - fără sistem de răcire;
- Refrigerente - prezintă o sursă de frig, dar nu au o instalație frigorifică (gheață, CO<sub>2</sub> solid sau agenți criogenici);
- Frigorifice - echipate cu instalație frigorifică proprie.

Izolațiile uzuale ale mijloacele de transport asigură normal  $k \leq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ , iar izolațiile performante asigură  $k \leq 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

După valoarea temperaturii inferioare, care poate să fie asigurată în interior, la o temperatură exterioară de +30°C, mijloacele de transport frigorific se clasifică în:

- Clasa A:  $t_i = +12 \dots 0^\circ\text{C}$ ;
- Clasa B:  $t_i = +12 \dots -10^\circ\text{C}$ ;
- Clasa C:  $t_i = +12 \dots -20^\circ\text{C}$ ;
- Clasa D:  $t_i < +2^\circ\text{C}$ ;
- Clasa E:  $t_i < -10^\circ\text{C}$ ;
- Clasa F:  $t_i < -20^\circ\text{C}$ ;

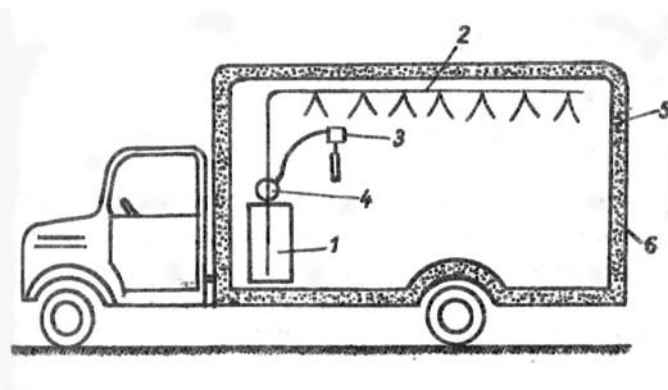
Pentru mijloacele de transport din clasele B, C, E și F (adică cele care asigură temperaturi negative), coeficientul global de transfer termic trebuie să fie  $k \leq 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### *Transportul frigorific auto*

Reprezintă una dintre cele mai importante verigi ale lanțului frigorific.

- *Mijloacele izoterme* - se utilizează pentru transporturi de scurtă durată, ale produselor refrigerate (autodube și autocisterne);
- *Autocisternele* - pentru produse alimentare lichide (lapte). Înainte de încărcare, produsul se răcește cu câteva grade sub temperatura admisă, pentru a se compensa pătrunderile de căldură din timpul transportului;
- *Mijloacele de transport auto refrigerente* - utilizează gheața hidrică, gheața carbonică sau agenți criogenici (azot lichid).

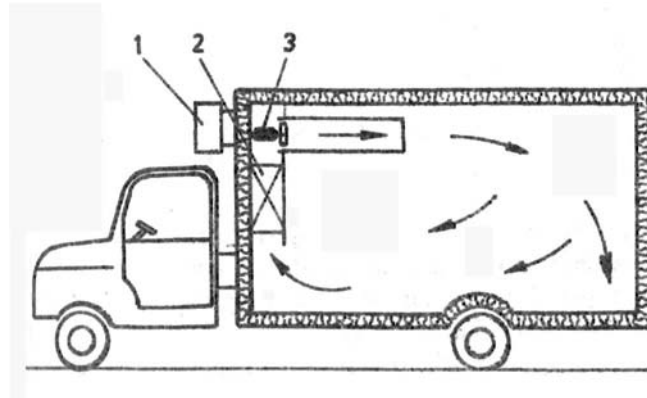
În figură este reprezentată o autodubă răcită cu azot lichid. Termostatul 3 comandă închiderea sau deschiderea robinetului bipozițional 4. Supapa 5 menține o ușoară suprapresiune în interior.



Autodubă răcită cu azot lichid;

- 1-butelie cu azot lichid; 2-sistem de pulverizare a azotului;  
3-termostat; 4-robinet electromagnetice; 5-supapă de reglaj; 6-izolație

- *Autodubele frigorifice* sunt echipate cu un agregat prin comprimare mecanică de vapori. O astfel de autodubă este reprezentată în imagine.



Autodubă frigorifică;  
1-agregat frigorific; 2-vaporizator; 3-ventilator

Un exemplu de parc auto cu camioane pentru transporturi frigorifice, echipate cu agregate proprii este prezentat în imagine.



### *Transportul frigorific naval*

Clasificarea navelor frigorifice destinate transportului de mărfuri perisabile:

- Nave ale flotei de pescuit și prelucrarea peștelui;
  - Trawler (nave pentru capturarea peștelui);
  - Nave pentru prelucrarea peștelui;
  - Nave pentru recepția și transportul peștelui.
- Nave ale flotei maritime și fluviale de transport frigorific;
  - Pentru produse refrigerate (fructe, legume, ouă, pește refrigerat, subproduse);
  - Pentru produse congelate (carne, pește, produse congelate diverse).
- Nave pentru transporturi combinate (mărfuri generale și mărfuri perisabile la temperaturi scăzute).

Volumul magaziiilor frigorifice reprezintă cca. 40% din volumul total al navei.

Temperatura aerului în magaziiile navei variază între (-30...+15)°C.

Temperaturile de vaporizare pe nave pot să ajungă până la (-30...-40)°C.

Condițiile optime pentru transportul produselor pe nave sunt prezentate în tabelul alăturat.

Produsul transportat	Volumul specific [m <sup>3</sup> /t]	Limite de temp. [°C]	Umiditate relativă [%]	Necesitatea ventilatiei
Pește congelat în blocuri	1,8...2,2	-18...-8	100...70	Nu
Carne congelată	2,6	-18...-8	95...70	Nu
Unt	2,1	-18...-4	90...85	Nu
Subproduse din carne	2,3	-3...+3	95...70	Nu
Carne refrigerată	3,5	-3...+1	90...70	Nu
Ouă în lăzi	3,0	-1...+1	80...70	Da
Fruite în lăzi	2,8	-1...+4	85...70	Da
Legume	4,0	-1...+6	90...70	Da

Câteva dintre particularitățile pe care trebuie să le prezinte navele frigorifice și instalațiile frigorifice ale acestora sunt următoarele:

- Viteza de croazieră trebuie să fie mai mare decât a cargourilor pentru mărfuri generale, în vederea reducerii duratei transportului;
- Izolațiile frigorifice reduc spațiul util al magaziilor frigorifice, deci trebuie ales un material foarte bun izolator, iar execuția trebuie să fie foarte corect realizată, evitând formarea punților termice;
- Instalația frigorifică trebuie să fie foarte compactă, sigură în funcționare și automatizată, pentru a ocupa un spațiu redus, pentru a prezenta o greutate specifică îmbarcată mică și pentru a necesita un personal de întreținere redus;
- Spre deosebire de spațiile frigorifice terestre, cele navale se umplu complet, nu se lasă spații de circulație și rămân închise pe toată durata transportului;
- Compresoarele se vor amplasa în spații izolate de compartimentul mașinilor principale (cu excepția R22), iar aceste spații vor fi etanșe pentru gaze, foarte bine ventilate (40 de schimburi pe oră în cazul amoniacului și 20 de schimburi pe oră în cazul freonilor), vor prezenta două uși cât mai depărtate una de alta și nu vor comunica în nici un fel cu spații de uz social;
- Compresoarele se vor amplasa în planul longitudinal al navei, deoarece înclinările la ruluu pot fi de 3...4 ori mai mari decât cele de tangaj;
- Conductele de aspirație și refulare vor prezenta armături de închidere;
- Între conductele de aspirație și refulare se vor prevedea supape de siguranță care să retrimită vaporii refulați la aspirație în caz de creștere a presiunii de refulare;
- Răcitoarele de aer cu vaporizare directă trebuie executate în construcții sudate;
- Aparatele și recipientele care conțin agent frigorific, trebuie prevăzute cu dispozitive pentru golire în caz de avarie;
- Trebuie să existe cel puțin două compresoare capabile să asigure fiecare puterea frigorifică necesară, la o funcționare neîntreruptă 24 h pe zi;
- Trebuie să existe cel puțin două pompe pentru circulația apei de răcire;
- Navele de congelare și transport a peștelui, trebuie să prezinte scheme frigorifice flexibile care să permită funcționarea în două trepte pentru congelare, respectiv o treaptă pentru transport;
- Condensatoarele și vaporizatoarele trebuie să funcționeze corect în condițiile de oscilații specifice:
  - Condensatoarele sunt prevăzute cu conducte pentru colectarea lichidului la ambele capete;

- Vaporizatoarele și celelalte recipiente au pereți interiori despărțitori pentru a evita acumularea lichidului la unul din capete;
- În cazul utilizării apei de mare pentru răcire, se vor lua măsuri particulare pentru evitarea corodării:
  - Țevile se vor realiza din alamă;
  - Se vor utiliza electrozi de sacrificiu din Zn;
- Se pot utiliza următoarele sisteme de răcire:
  - Răcirea directă - consumuri reduse de energie; scheme complexe de distribuție a agentului frigorific; posibilitatea pierderii unor mari cantități de agent în cazul unor neetanșeități;
  - Răcirea indirectă (cu saramură) - au răcitoare cu răcire intensivă cu aripioare, care diminuează spațiile de depozitare; siguranță în funcționare mai bună; volum redus de agent frigorific; reglare și automatizare ușoară; consum de energie mai mare cu cca. 5...6% față de răcirea directă; necesitatea unor aparate suplimentare (consumuri suplimentare de energie, metal și spațiu); uscarea mai accentuată a produselor datorită diferențelor de temperatură mai ridicate;
  - Răcirea cu aer - consum redus de metal; volum redus de agent frigorific; asigură distribuția uniformă a temperaturii în magaziile frigorifice; permite topirea periodică și evacuarea în exterior a gheții depuse pe vaporizatoare, care sunt amplasate în afara camerelor frigorifice; consumul de energie crește cu 20...25% față de răcirea directă (datorită ventilatoarelor și pătrunderilor de căldură prin tubulatiri; uscare intensă a produselor
- În timp instalațiile frigorifice navale au evoluat de la răcirea indirectă cu amoniac, la răcirea directă cu freoni (în special R22);
- Pe navele de pasageri și mixte nu se admite utilizarea amoniacului;

### *Transportul frigorific pe calea ferată*

Există trei variante de transport frigorific feroviar:

- Vagoane refrigerente;
  - Sunt răcite cu gheață hidrică, gheață carbonică sau cu agenți criogenici (azot lichid, CO<sub>2</sub> lichid);
  - Prezintă avantajul unor costuri reduse de investiție;
- Vagoane frigorifice;
  - Sunt prevăzute cu agregate frigorifice cu compresor, funcționând cu freoni;
  - Asigură condiții mai bune pentru păstrarea produselor;
  - Răcirea este asigurată de două agregate frigorifice, acționate de motoare electrice, amplasate sub caroseria vagoanelor, câte unul la fiecare capăt;
  - Condensatorul este răcit forțat cu aer în timpul deplasării vagonului;
  - Pentru linii feroviare neelectrificate, sursa de energie electrică este un motor Diesel cuplat direct pe un generator de curent alternativ trifazic;
  - Se asigură temperaturi de până la -20°C, la o temperatură de 30°C a aerului exterior;
  - O variantă o reprezintă un ansamblu de 5 vagoane dintre care 4 sunt frigorifice, iar unul este centrala electrică și compartimentul pentru personal;
- Trenuri frigorifice;
  - Asigură viteză mare de livrare a mărfurilor;
  - Se reduce numărul de curse cu vagoane goale;

- Se pot asigura temperaturi apropiate de cele din frigorifere;
- Se compune din 23 de vagoane din care 20 pentru transportul produselor, unul pentru centrala electrică, unul pentru centrala frigorifică și unul pentru personal;
- Vagoanele utilitare se amplasează la mijloc, iar cele pentru marfă sunt amplasate simetric, fiind racordate la magistrala de saramură;
- Izolația este realizată din miora cu grosimi de 193mm pentru pereți; 236mm pentru plafon și 112mm pentru podea;
- Coeficientul global de transfer termic calculat este de  $0,37\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ , iar cel realizat practic este de cca.  $0,46\dots 0,75\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ;
- Răcirea vagoanelor se realizează cu baterii de tavan cu țevi nervurate, iar topirea gheții se realizează electric, fiecare vagon având o instalație de încălzire de 6kW;
- Există tubulaturi de circulație a aerului și uniformizarea temperaturii, amplasat la partea superioară a vagoanelor;
- Instalația frigorifică pentru răcirea saramurii, are o putere frigorifică de cca. 1000kW, la  $t_0=-15^\circ\text{C}$  și  $t_k=+30^\circ\text{C}$ ;
- Măsurarea temperaturii în vagoane se realizează centralizat în vagonul centrală frigorifică;
- Personalul de întreținere este redus (3 persoane, față de unul pentru fiecare vagon în cazul vagoanelor frigorifice).