

## Laborator instalații frigorifice

<b>1. Sistem de achiziție date Dixell.....</b>	<b>3</b>
1.1 ? Termostat electronic Dixell XR02CX .....	3
1.2 Aparat de control și monitorizare Dixell XWEB500 .....	3
1.3 Controller de temperatură și umiditate Dixell XH200.....	4
1.4 Module de achiziție date Dixell XJP30D.....	4
1.4.1 Caracteristici.....	4
<b>2. Instalație frigorifică cu comprimare mecanică de vapori într-o treaptă.....</b>	<b>6</b>
2.1 Descriere.....	6
2.1.1 Schema .....	6
2.1.2 Agentul frigorific.....	7
2.2 Părți componente .....	7
2.2.1 Compresor.....	7
2.2.2 Condensator .....	7
2.2.3 Vaporizator .....	8
2.2.4 Schimbător de căldură regenerativ .....	8
2.2.5 Ventil de laminare .....	8
2.2.6 Electroventile .....	8
2.3 Protecție și control.....	11
2.4 Automatizare .....	12
2.4.1 Schema electrică .....	12
2.4.2 Senzori Temperatură (tip NTC: 1...6 și PTC: 7...12).....	12
2.4.3 Senzori Presiune .....	12
<b>3. Agregat frigorific auto THERMO KING tip CD MAX .....</b>	<b>13</b>
3.1 Descriere.....	13
3.1.1 Schema .....	13
3.1.2 Agent frigorific.....	13
3.1.3 Specificații .....	13
<b>4. Instalație de climatizare (Prof. Dr. Ing. Viorel Popa).....</b>	<b>15</b>
4.1 Descriere.....	15
4.1.1 Schema .....	15
4.1.2 Agent frigorific.....	15
4.2 Funcționare .....	15
<b>5. Instalație frigorifică pentru un patinoar (As. Dr. Ing. Gelu COMAN) .....</b>	<b>16</b>
5.1 Descriere.....	16
5.1.1 Schema .....	16
5.1.2 Agent frigorific.....	16
5.2 Părți componente .....	17
5.2.1 Grup compresor - condensator:.....	17
5.2.2 Vaporizator tip serpentină imersat în bazin: .....	17
5.2.3 Pista patinoarului .....	18
5.2.4 Circuitul de agent intermediar .....	20
5.3 Sistemul de măsurare al temperaturii.....	20
5.3.1 Termocuple NTC Dixell .....	20
<b>6. Tunel de congelare criogenică cu azot lichid (Prof. dr. ing. Valeriu DAMIAN)..</b>	<b>21</b>
6.1 Generalități.....	21
6.1.1 Descriere .....	21
6.1.2 Particularități privind congelarea criogenică .....	21

6.2 Caracteristici .....	22
6.2.1 Agent frigorific.....	22
6.2.2 Schema congelator rapid cu azot lichid CRAL-1 .....	23
6.2.3 Concluzii .....	24
6.3 Automatizare .....	24
<b>7. Camera de termoviziune ThermoVision A20M (?) .....</b>	<b>25</b>
<b>8. Alte echipamente de măsură .....</b>	<b>27</b>
8.1 Instrument universal de măsură și înregistrator de date cu 5 intrări.....	27
8.1.1 Caracteristici.....	27
8.1.2 Traductori existenți .....	27
8.1.3 Soft aferent (DataControl 4.11)( preț 1500 DM) .....	28
8.2 Aparat de măsurare și înregistrare a temperaturii cu un canal.....	28
8.3 Placă de achiziție de date .....	28
8.3.1 Caracteristici.....	28
8.3.2 Diverse .....	28
<b>9. Standuri de laborator - G001 .....</b>	<b>29</b>
9.1 Instalație și cameră frigorifică.....	29
9.2 Stand condensator multitubular orizontal .....	30
9.3 Instalație frigorifică cu comprimare mecanică de vapori pentru răcirea lichidelor în bazin .....	31
9.4 Stand schimbător de căldură țevă în țevă .....	31
9.5 Termocameră FEUTRN tip 3001.....	32

## 1. Sistem de achiziție date Dixell

### 1.1 ? Termostat electronic Dixell XR02CX

Pentru controlul și monitorizarea temperaturii se utilizează un termostat tip XR02RX Dixell ce funcționează pe domeniul de temperaturi  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  /  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Termostatul este prevăzut cu o singură intrare pentru sonda NTC, o intrare digitală configurabilă și o ieșire a releului pentru comanda compresorului. Instrumentul este complet configurabil prin parametrii ce pot fi introduși cu ajutorul unei chei programabile.



Figura 1.1 Termostat electronic XR02CX Dixell

### 1.2 Aparat de control și monitorizare [Dixell XWEB500](#)



Figura 1.2 Aparat de control și monitorizare Dixell XWEB500

### **1.3 Controller de temperatură și umiditate Dixell XH200**



Figura 1.3 Controller de temperatură și umiditate Dixell XH200

### **1.4 Module de achiziție date Dixell XJP30D**

Modulul de achiziție face legătura între senzori (termocuple tip NTC, etc.) și stația de monitorizare XWEB 500. Fiecare modul în parte suportă 4 probe NTC. În cadrul instalației s-au utilizat trei astfel de module. Programarea fiecărui modul de achiziție se face cu cheie electronică programabilă.

#### **1.4.1 Caracteristici**

- Data acquisition modules suitable for collecting data from any kind of installation (XJP)
- Up to 6 inputs for NTC, PTC, 4÷20mA and 0÷10V and 3 digital inputs or 4 Pt100 inputs and 4 digital inputs (XJP)
- Direct line power supply 230 (110)Vac. No external transformer required
- Remote display option
- Standard communication protocol ModBUS-RTU
- Hot Key or Prog tool kit connector for a quick and easy programming
- 6VA max power absorption



Figura 1.4 Modul de achiziție date XJP30D



Figura 1.5 Module de achiziție date XJP30D



Figura 1.6 Panou de comandă

## 2. Instalație frigorifică cu comprimare mecanică de vapori într-o treaptă

### 2.1 Descriere

#### 2.1.1 Schema

Instalația frigorifică este o instalație cu comprimare mecanică de vapori într-o treaptă, care poate funcționa cu sau fără schimbător intern de căldură (regenerativ). Alegerea modului de lucru se face cu ajutorul comutatorului din tabloul electric.

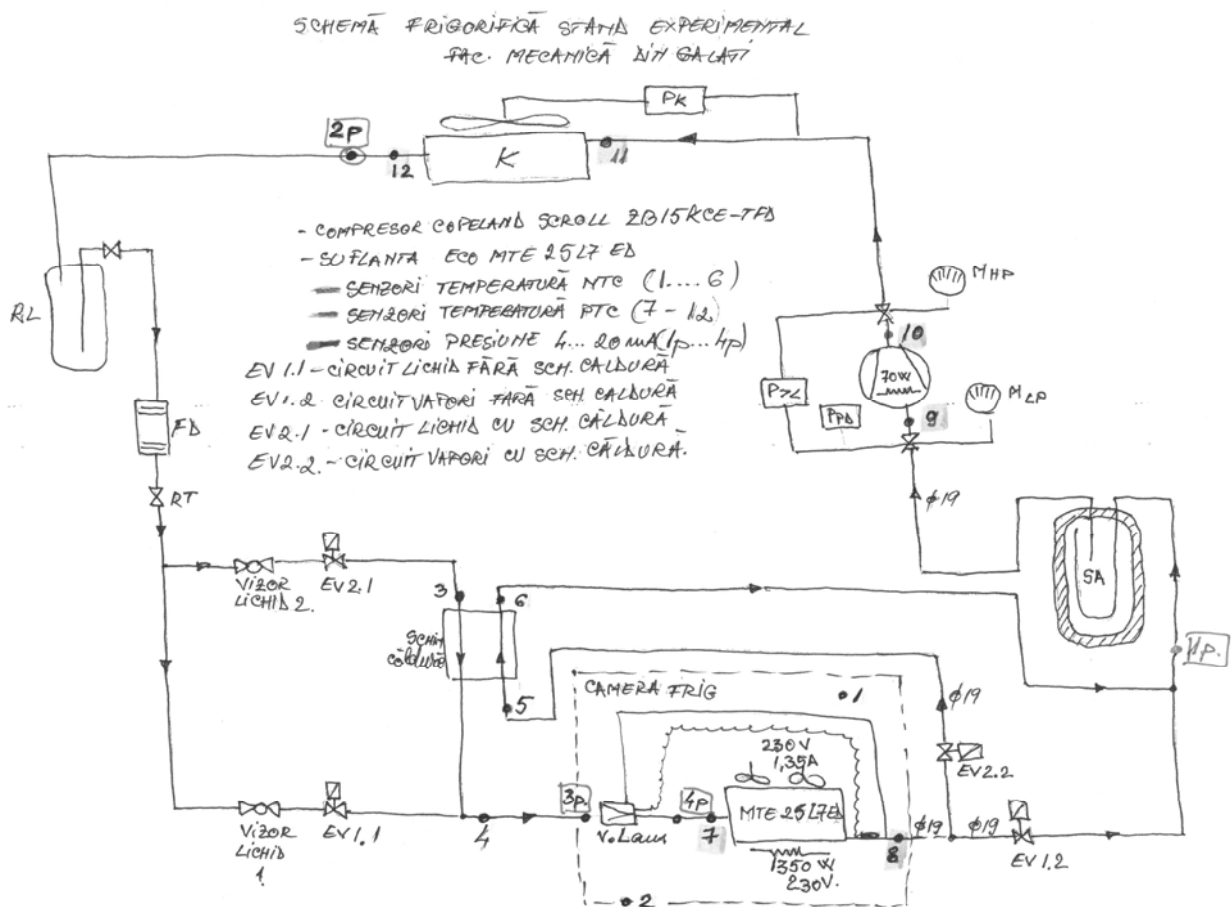


Figura 2.1 Schema instalației frigorifice:

K- condensator, RL - rezervor de lichid; FD - filtru deshidrator; SA - separator acumulator; M<sub>HP</sub> - manometru înaltă presiune; M<sub>LP</sub> - manometru joasă presiune; EV - electro-ventil

## 2.1.2 Agentul frigorific

### 2.1.2.1 Proprietăți

Agentul frigorific R507 [1] este un amestec azeotrop de agenți HFC-125 și HFC-143a. Nu e inflamabil, și nu are potențial de distrugere a ozonului (ODP = 0).

**Tabelul 2.1 Proprietăți generale pentru R-507**

Punct de fierbere	Boiling Point (1 atm), °C (°F)	-46.7 (-52.1)
Temperatura critică	Critical Temperature, °C (°F)	70.9 (159.6)
Presiunea critică	Critical Pressure, kPa (psia)	3793.6 (550)
Căldura latentă de vaporizare în pct de fierbere	Latent Heat of Vaporization at Boiling Point, kJ/kg (Btu/lb)	200.5 (86.2)
Densitatea vaporilor saturați	Saturated Vapor Density at -15°C, kg/cu m (lb/cu ft)	19.6 (1.23)
Potențialul de distrugere a ozonului	Ozone Depletion Potential	0
Potențialul de încălzire globală	Global Warming Potential (HGWP; R-502 = 3.75)	1.0
Limita de expunere acceptabilă	DuPont AEL*, ppm(8 and 12-hour T.W.A.)	1,000
Inflamabilitate	Flammability	None

\*AEL (Acceptable Exposure Limit) is an airborne exposure limit established by DuPont toxicologists to which nearly all workers can be repeatedly exposed during a 40-hour workweek, or 8-hour day, without adverse effects. This limit for R-507 is calculated based on the AEL for its individual components.

Nefiind inflamabil, R-507 poate fi folosit în siguranță în instalațiile comerciale cum ar fi supermarket-uri sau transport frigorific, unde personalul și public se află în apropierea echipamentului frigorific.

Pentru R-507 se recomandă folosirea lubrifianților de tip poliol-ester; cu toate acestea, producătorul compresorului trebuie consultat întotdeauna în ceea ce privește alegerea unui anumit lubrifiant. Amestecurile R-507/poliol-ester au o miscibilitate mai bună decât R-502/ulei mineral la temperaturi scăzute, fapt care ar trebui să ajute la întoarcerea uleiului în compresor în cazul ciclurilor care funcționează la temperaturi scăzute.

### 2.1.2.2 Caracteristici de lucru

R-507 este un înlocuitor pe termen lung pentru R-502 și oferă caracteristici bune de exploatare comparativ cu R-502. Valorile pentru putere și randament sunt apropiate de cele pentru R-502. Temperatura de refulare din compresor poate fi cu până la 7.4 °C (13.3 °F) mai scăzută decât la R-502, ceea ce poate duce la durată de viață mai mare a compresorului și la o stabilitate mai bună a lubrifianțului.

## 2.2 Părți componente

### 2.2.1 Compresor

Tip: ermetic  
 Model: Copeland scroll ZB15KCE-TFD  
 Rezistență carter 70 W  
 Descriere:



### 2.2.2 Condensator

Tip: răcit cu aer  
 Model:



Descriere: Aparatul este un condensator răcit cu aer în convecție forțată, cu un ventilator care aspiră aerul peste serpentine (aer care este folosit și la răcirea motorului electric al ventilatorului și a compresorului), două serpentine în paralel, țevi din ... dispuse decalat (cu pașii de așezare de ...) și nervuri lamelare din aluminiu (cu grosimea de ... și pasul de ...)

### 2.2.3 Vaporizator

Tip: răcitor de aer cu vaporizare directă

Model: ECO MTE 25L7 ED

Descriere: Aparatul este un răcitor de aer cu vaporizare directă, cu două ventilatoare, două serpentine în paralel, țevi din cupru dispuse decalat (cu pașii de așezare de ...) și nervuri lamelare ondulate din aluminiu (cu grosimea de ... și pasul de ...)



Figura 2.2 Răcitor de aer

### 2.2.4 Schimbător de căldură regenerativ

Tip: cu serpentină elicoidală în manta

Model:

### 2.2.5 Ventil de laminare

Tip: ventil de laminare termostatic cu egalizare externă

Model:

### 2.2.6 Electroventile

EV 1.1 - Circuit lichid fără schimbător de căldură

EV 1.2 - Circuit vapori fără schimbător de căldură

EV 2.1 - Circuit lichid cu schimbător de căldură

EV 2.2 - Circuit vapori cu schimbător de căldură





Figura 2.3 Grup compresor-condensator

Draco



Figura 2.4 Schimbător intern de căldură (regenerativ)





Figura 2.5 Vaporizator - răcitor de aer cu vaporizare directă



Figura 2.6 Răcitor de aer cu vaporizare directă și ventil de laminare

### 2.3 Protecție și control

Presostate de înaltă și joasă presiune  
Presostat diferențial de ulei  
Electroventile  
Manometre



Figura 2.7 Presostate de înaltă și joasă presiune, Manometre

## 2.4 Automatizare

### 2.4.1 Schema electrică

### 2.4.2 Senzori Temperatură (tip NTC: 1...6 și PTC: 7...12)

NTC: Negative Temperature Coefficient - senzor a cărui rezistență electrică scade odată cu temperatura)

PTC: Positive Temperature Coefficient (termistor) - senzor a cărui rezistență electrică crește odată cu temperatura)

1. Camera frig față
2. Camera frig spate
3. Intrare lichid subrăcitor
4. Ieșire lichid subrăcitor (intrare VL)
5. Intrare vapori subrăcitor
6. Ieșire vapori subrăcitor
7. Intrare vaporizator
8. Ieșire vaporizator
9. Aspirație compresor
10. Refulare compresor
11. Intrare condensator
12. Ieșire condensator

### 2.4.3 Senzori Presiune

1. Presiune aspirație
2. Presiune condensare
3. Presiune intrare VL
4. Presiune ieșire VL

## **3. Agregat frigorific auto THERMO KING tip CD MAX**

### **3.1 Descriere**

#### **3.1.1 Schema**

#### **3.1.2 Agent frigorific**

Agregatul e folosit drept stand de laborator pentru specializarea MET. Pe stand se vor face determinări atât ale sistemului frigorific (temperaturi, presiuni, regimuri de funcționare) cât și al motorului Diesel (consumuri, puteri pentru diferite tipuri de combustibili). În principiu, standul e compus dintr-o instalație frigorifică cu comprimare mecanică de vapori (compresor, condensator, vaporizator, ventil laminare) și automatizarea aferentă, și dintr-un motor Diesel pentru antrenarea acesteia.

#### **3.1.3 Specificații**

##### **Descriere:**

Sistem monobloc, montat în consola, antrenat de motor Diesel propriu, având posibilitate de răcire și încălzire. Proiectat pentru funcționarea cu freon ecologic R404a. Condensatorul este optim dimensionat pentru reducerea înălțimii caroseriilor, cât și pentru asigurarea unui spațiu suficient deasupra cabinei camionului. Dimensiunile vaporizatorului oferă posibilitatea încărcării optime pentru toate tipurile de marfa. Structura de aluminiu oferă posibilitatea măririi sarcinii utile.

##### **Modele disponibile:**

**CD MAX 30** Răcire și încălzire de la motorul Diesel propriu.

**CD MAX 50** Răcire și încălzire de la motorul Diesel și electric

##### **Capacitate frigorifică:**

(în condițiile normelor ATP, la + 30° C temperatura exterioară)

Temperatura interioară	Capacitate frigorifică
0° C	3250 W
- 20° C	2300 W

##### **Capacitatea de încălzire (opțional):**

(în condițiile unei temperaturi exterioare de - 29° C)

Diesel	2600 W
Electric	2500 W

##### **Performanțele vaporizatorului:**

• Debit de aer răcit: **1800 m<sup>3</sup>/h**

• Viteza aerului: **4,9 m/s**

**Motor electric (optional):**

• Putere: 3,7 kW

• Alimentare: 380 V/3/50 Hz

**Dimensiuni exterioare:**

1439 x 720 x 517 mm

**Motor Diesel:**

• Model TK 2.49

• Capacitate: 490 cm<sup>3</sup>

• Cantitate ulei: 5,6 litri

**Compresor frigorific:**

• tip TK-208R 172 cm<sup>3</sup>

• Sistem de separare ulei **Jet Lube™** pentru marirea randamentului si fiabilitatii.

**Greutate**

**CD MAX 30**            **290 kg**

**CD MAX 50**            **317 kg**

**Caracteristici standard**

Motor Diesel **TK 2,49** Compresor frigorific **TK-208R** Priza AC, panou de comanda cu comutator Diesel/Electric si Pornit/Oprit (model optional 50)

**Microprocesor de comanda Thermoguard® V pt. monitorizare sistem si autodiagnoza:**

• Afișare digitala a temperaturii fixate, a temperaturii din duba precum si a codurilor alarma

• Programare a decongelării

**Panou de comanda rabatabil pentru o ușoara vizualizare de la nivel inferior**

**Protecție anti-coroziva pentru perioada de folosința îndelungata:**

- structura si panourile exterioare acoperite cu pulbere poliesterica
- armaturi din oțel inoxidabil la condensator si vaporizator

• conducte refrigerant tratate

**Sisteme de protecție automată:**

• Suprapresiune lichid răcire

• Presiune joasa la ulei motor

• Supra-presiune refrigerant

• Supra-sarcina motor electric

• Siguranța circuit electric

- 2 siguranțe intermediare in circuitul de comanda

**Sisteme avertizare luminoasa:**

• Alternator descărcat

• Circuit de protecție avariata

• Decongelare

• Înregistrator ore funcționare

**Factori de reducere a costurilor de întreținere:**

• Alternator 37 A, 12 V

• Filtru aer tip uscat

• Filtre motorina/ulei

• Sistem separare ulei **JetLub Kit de instalare:**

• armaturi pentru instalare

• baterie/cabluri 12 V

• pompa/conducte combustibil

## **4. Instalatie de climatizare** **(Prof. Dr. Ing. Viorel Popa)**

### **4.1 Descriere**

#### **4.1.1 Schema**

#### **4.1.2 Agent frigorific**

Agentul frigorific \_ este

### **4.2 Funcționare**



## 5. Instalație frigorifică pentru un patinoar (As. Dr. Inq. Gelu COMAN)

### 5.1 Descriere

#### 5.1.1 Schema

Schema instalației experimentale realizate este prezentată în Figura 1. Instalația frigorifică este cu comprimare mecanică de vapori, funcționând într-o treaptă de comprimare, cu Freon R134a. Instalația realizează răcirea pistei prin intermediul unui agentului frigorific intermediar, etilen-glicol, care este răcit separat într-un bazin.

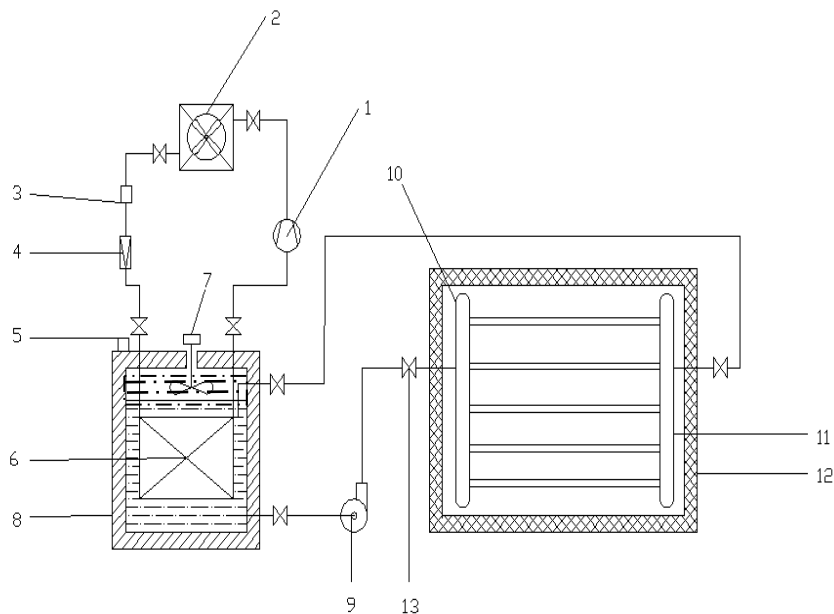


Figura 5.1 Schema instalației experimentale

1- compresor, 2 - condensator răcit cu aer, 3 - filtru deshidrator, 4 - ventil de laminare, 5 - termostat, 6 - vaporizator imersat, 7 - agitator agent intermediar, 8 - bazin de răcire agent intermediar, 9 - pompă agent intermediar, 10 - distribuitor, 11 - colector, 12 - pistă patinoar, 13 - robineți.

#### 5.1.2 Agent frigorific

R134a este un agent frigorific HFC de substituție pentru R-12. El este folosit atât în echipamentele frigorifice comerciale staționare noi de temperatură medie și ridicată, cât și în chillere și echipamentele casnice. În plus, el poate fi folosit pentru retrofit-ul echipamentelor frigorifice și de condiționare cu R-12 existente. De asemenea, el este agentul standard global pentru noile instalații de aer condiționat mobile și poate fi folosit pentru retrofit-ul instalațiilor de aer condiționat mobile R-12 existente.

## **5.2 Părți componente**

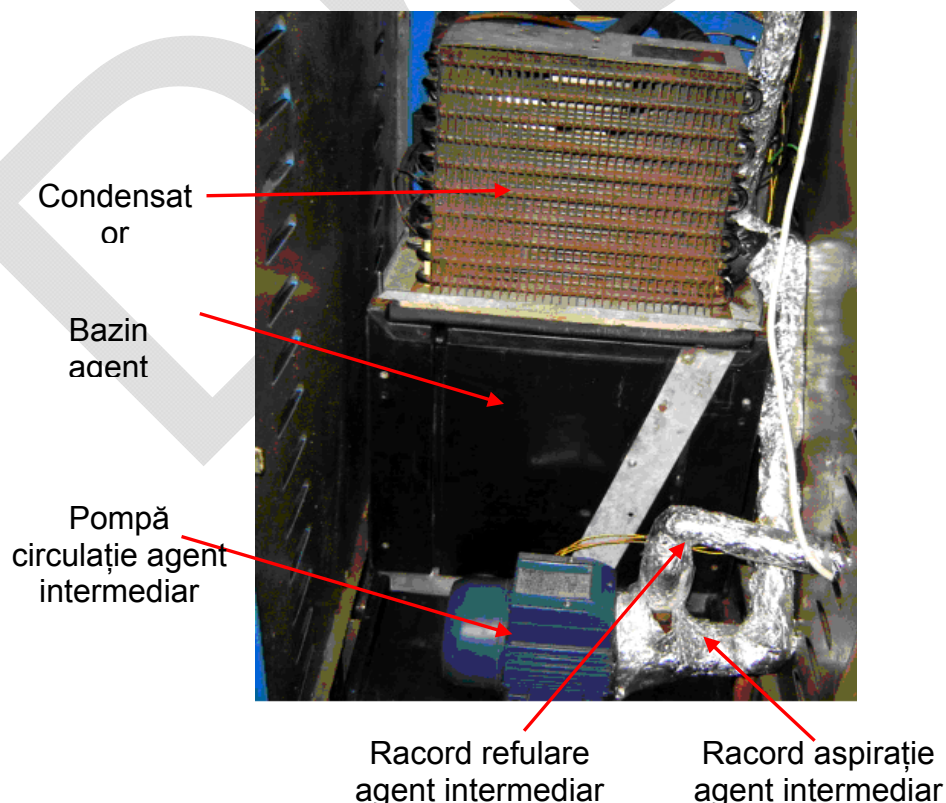
Părțile componente ale instalației, precum și principalele caracteristici tehnice sunt :

### **5.2.1 Grup compresor - condensator:**

- compresor frigorific capsulat tip TLS6F Danfoss
  - agent frigorific R134a;
  - temperatura de vaporizare a agentului  $t_0 = -35 \div -10 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
  - temperatura mediului ambiant  $t_a = +38 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
  - cantitatea maximă de agent 400 g;
  - diametrul conductei aspirație - refulare  $\Phi = 6 \times 0,5 \text{ mm}$ ;
  - puterea compresorului 850 W;
  - tensiunea de alimentare 220 V c.a.;
- condensator răcit cu aer
  - dimensiuni  $L \times l \times h = 300 \times 300 \times 100 \text{ mm}$
  - diametru conductă  $\Phi = 6 \times 0,5 \text{ mm}$ ;
  - nervură lamelară din aluminiu;
  - număr de secții  $z = 2$

### **5.2.2 Vaporizator tip serpentină imersat în bazin:**

- conductă cu diametru  $\Phi 6 \times 1,5 \text{ mm}$ ;
  - lungime conductă  $L = 7 \text{ m}$ ;



**Figura 5.2 Schema instalației experimentale**

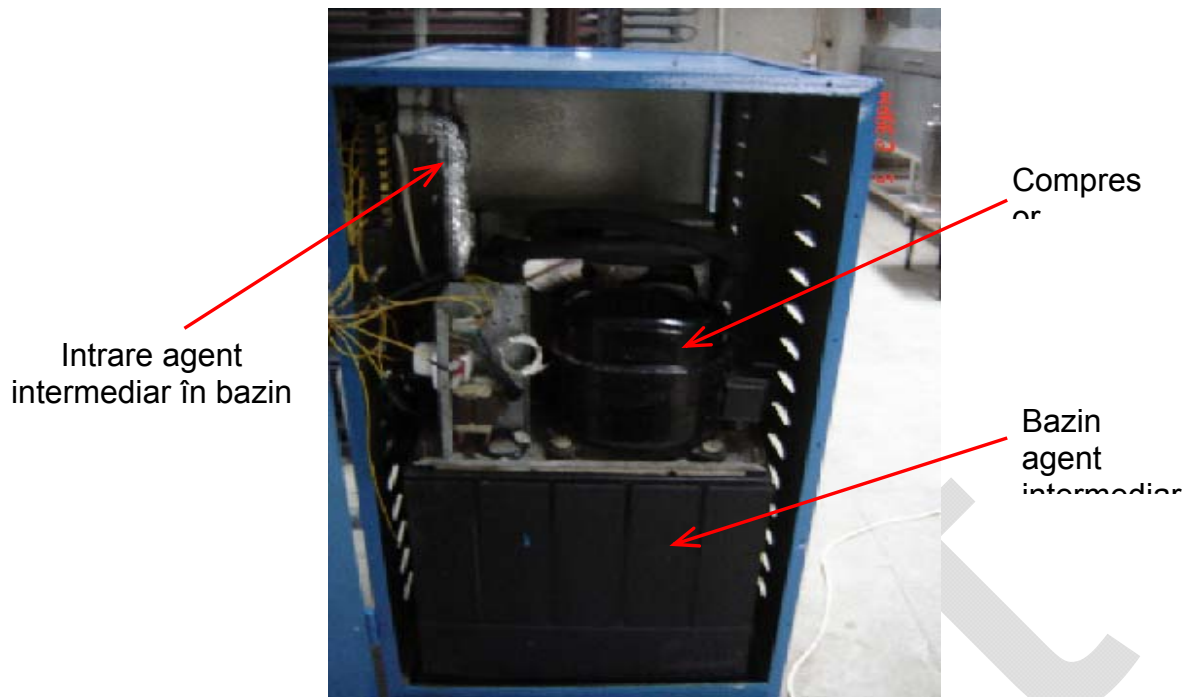


Figura 5.3 Schema instalației experimentale

### 5.2.3 Pista patinoarului

Având în vedere tipurile constructive pentru pistele patinoarelor, pentru instalația experimentală s-au ales două tipuri de piste și anume

- cu țevi scufundate în apă respectiv
- cu țevi îngropate în nisip.

Registreele de țevi au construcția ca în Figura următoare, cu colector și distribuitor de lichid de o parte și de alta a pistei.

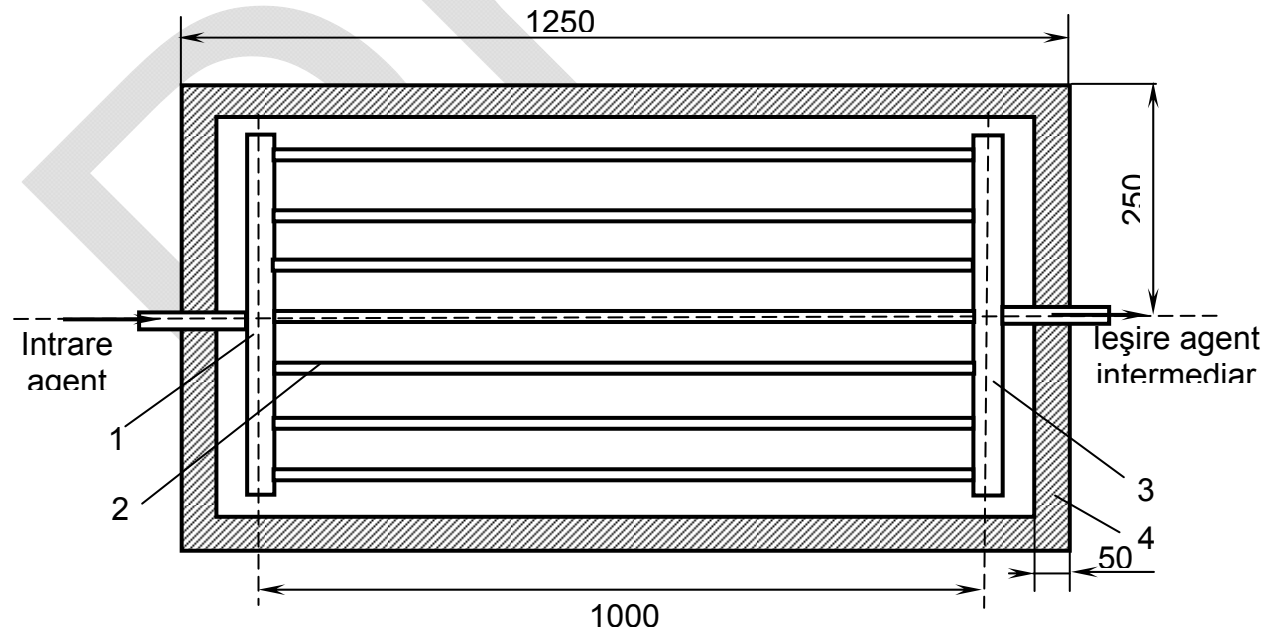


Figura 5.4 Schema pistei patinoarului:  
1 - distribuitor, 2 - țevi registru, 3 - colector, 4 - izolație pistă.

Caracteristicile registrului de țevi:

- diametru colector/distribuitor  $\Phi 50 \times 2$ ;
- diametru registru țevi  $\Phi 28 \times 1,5$ ;

- material țevă - oțel;
- lungimea țevilor  $L = 1000$  mm

În partea inferioară a pistei sunt dispuse următoarele straturi de materiale: placă de beton cu grosimea de  $\delta=30$  mm, polistiren extrudat cu grosimea  $\delta=30$  mm, strat de nisip de 200 mm.

Marginile exterioare ale pistei au fost izolate cu polistiren extrudat cu grosimea de 30 mm.

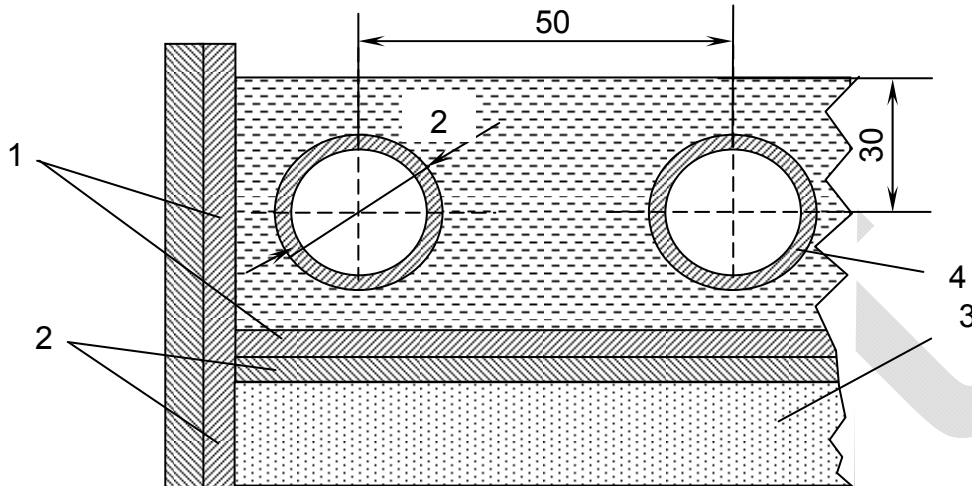


Figura 5.5 Fig.5.3 Elemente componente ale pistei;  
1 - placă de beton, 2 - polistiren extrudat, 3 - nisip, 4 - țevă de oțel.

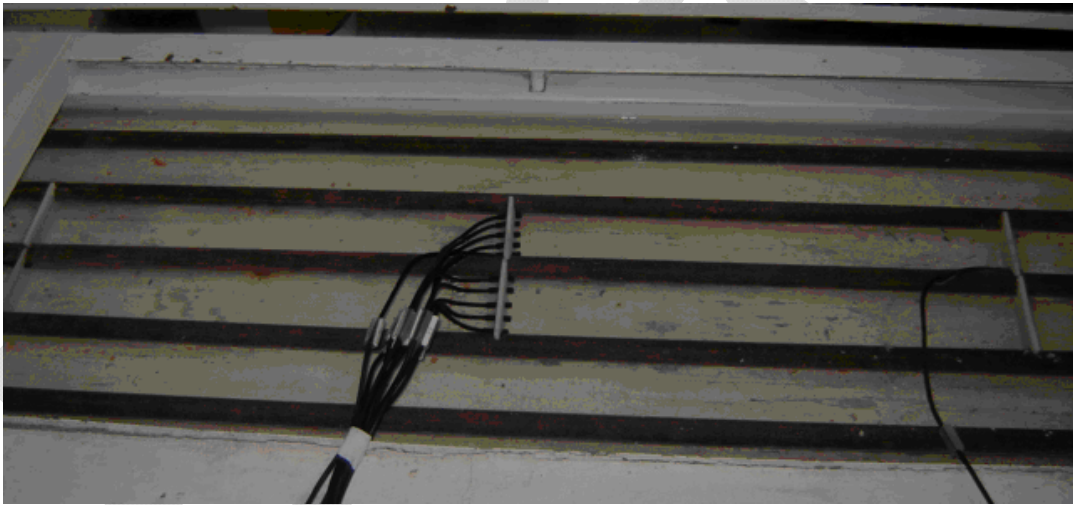


Figura 5.6 Fig.5.4 Pista patinoarului cu țevi scufundate în apă



Figura 5.7 Fig.5.5 Pista patinoarului cu țevi îngropate în nisip

### 5.2.4 Circuitul de agent intermediar

Circuitul de etilen-glicol este format din:

- bazin de agent intermediar;
- pompa de circulație;
- conducte de legătură cu colectorul și distribuitorul pistei.

Bazinul de agent intermediar este confecționat din PVC cu dimensiunile 400×400×800 mm. Bazinul este izolat cu spumă poliuretanică de înaltă densitate. Bazinul este echipat cu agitator pentru omogenizarea temperaturii. La partea de jos a bazinului s-a prevăzut racordul de aspirație al pompei, astfel încât să fie evitată dezamorsarea.

Parametrii termofizici pentru agentul intermediar la temperatura mediului ambiant și la temperatura medie de funcționare a instalației sunt dați în Tabelul 1.

Tabelul 5.1 Parametrii termofizici pentru agentul intermediar

t [°C]	ξ [%]	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c <sub>p</sub> [kJ/kgK]	μ [W/mK]	μ·10 <sup>-5</sup> [Pa·s]
10	80%	1112,69	0,63	0,297	1232,5
-20	80%	1127,55	2,451	0,281	7451,67

Circulația agentului intermediar s-a realizat cu o pompă centrifugală montată pe traseul tur cu caracteristicile:

- debit maxim de agent  $Q_{max} = 40$  l/min ;
- înălțimea de pompare  $H_{max} = 25$  m;
- dimensiuni racord  $D_{racord} = 25,4$  mm;
- tensiune de alimentare 220 V c.a.

Traseele de etilen-glicol (tur/retur), sunt confecționate din țevi de polipropilenă cu diametrul  $\Phi$  25 mm și fac legătura între bazinul de agent intermediar, pompă și registrul de țevi al pistei. Țevile de tur și retur au fost izolate termic cu Armaflex cu grosimea de 12 mm.

## 5.3 Sistemul de măsurare al temperaturii

Sistemul de măsurare al temperaturii cuprinde următoarele componente:

- termostat electronic cu afișaj tip XR02CX Dixell;
- unitate de control și monitorizare XWEB500 Dixell.
- modul de achiziție tip XPJ Dixell;
- termocuple de tip NTC Dixell;

### 5.3.1 Termocuple NTC Dixell

Pentru măsurarea temperaturii se utilizează termocuple NTC de la firma Dixell. Domeniul de temperatură în care funcționează termocupla  $-40^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$ . Diametrul termocuplei este  $\Phi$ 3 mm. O caracteristică foarte importantă a acestui tip de termocuple este acela că pot funcționa în medii foarte umede, în cazul de față scufundate în apă.



Figura 5.8 Termocuple NTC tip NG6P Dixell

## 6. Tunel de congelare criogenică cu azot lichid (Prof. dr. ing. Valeriu DAMIAN)

### 6.1 Generalități

#### 6.1.1 Descriere

Cercetările privind calitatea și eficiența în domeniul congelării produselor alimentare au fost impuse de metodele și tehnologiile de congelare. Dezvoltarea congelării criogenice a avut drept argument calitatea produselor alimentare, chiar dacă această metodă este mai costisitoare.

În țara noastră, metoda de congelare criogenică folosind azot lichid poate fi destul de ușor aplicată, datorită cantităților ridicate de azot lichid rezultate din tehnologiile de producere a oxigenului.

Aproape două treimi din congelatoarele criogenice existente în lume funcționează cu azot lichid, iar tendința firmelor constructoare (Aga, L'Air Liquide, Air Products, Union Carbide) este de a concentra aceste congelatoare criogenice în jurul unor tuneluri de frig "mecanic". Frigul "criogenic" se poate utiliza atât separat, cât și combinat cu frigul "mecanic", fie în aval, fie în amonte de acesta. Prin această combinație se urmărește să se păstreze avantajele fiecărei tehnici de congelare: frigul *mecanic* aducând economie de energie și posibilitatea de a trata mari capacități, iar frigul *criogenic* impune timpi scurți de congelare și păstrarea calității unor produse fragile.

#### 6.1.2 Particularități privind congelarea criogenică

Nu există în țară o rețea de stocare și distribuție a azotului lichid, aceasta fiind deci necesară dacă se vor utiliza congelatoarele criogenice. O instalație criogenică de congelare este prezentată în figura 1.

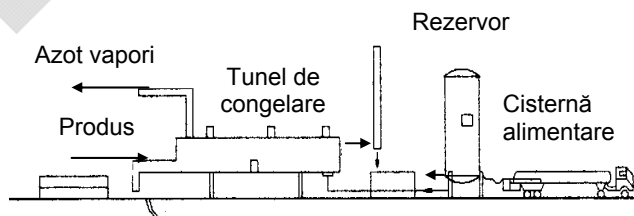


Figura 6.1 Instalație criogenică tip.

Din punct de vedere economic, câteva aspecte comparative sunt prezentate, în mod rezumativ, în tabelul 1.

Tabelul 6.1 Indicatori comparativi pentru diferite metode de congelare

Obiective	UM	Metoda de congelare
-----------	----	---------------------

		În strat fix	În strat fluidizat	Cu fluide criogenice
Costuri investiție	%	100	100	50-66
Suprafața specifică	m <sup>2</sup> / (t/h)	40-60	15-35	10-25
Consum frig	10 <sup>3</sup> kcal/t	110-130	110-130	90-95
Consum de energie electrică	kW/t	110-130	100-120	-
Manopera specifică	%	67-470	100-2000	90-97
Pierderi în greutate	%	0,5-6	3	< 1

Principalul criteriu este că metoda de congelare trebuie să producă pagube structurale minime în produs și din acest punct de vedere se poate spune că se preferă o congelare rapidă a produselor alimentare, iar congelatoarele criogenice și-au dovedit eficacitatea pentru produse fragile și valoroase. În figura 2 se prezintă prețul total al congelării pentru cele două procedee de congelare: "mecanic" și "criogenic".

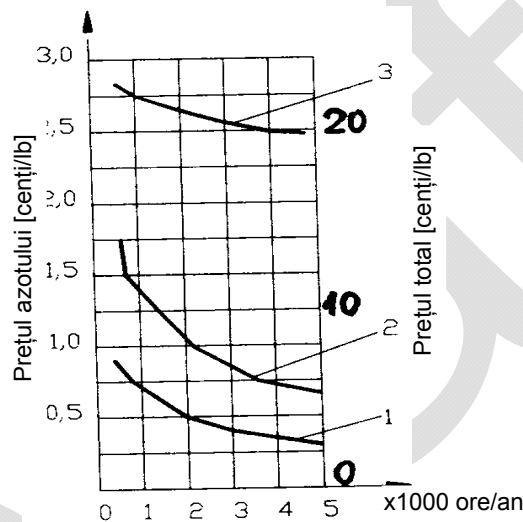


Figura 6.2 Prețul total al congelării:

1-congelare cu aer rece; 2-congelare cu freoni ecologici; 3-congelare criogenică.

Calculul prețului de cost s-a făcut pentru un congelator de 1,5 t/h. În abscisă este dat numărul orelor de funcționare pe durata unui an, iar în ordonată se prezintă prețul total al congelării (în cenți US) și prețul azotului în cenți/lb (1 lb = 0,453 kg). Se observă că sistemul de congelare criogenic este mai scump, prețul scăzând când crește numărul orelor de funcționare pe an; prețul azotului nu este prea mare, în S.U.A. fiind unități care livrează azot la consumator cu numai 2 cenți/lb. Prin cercetările făcute de autor, s-a studiat, pentru prima dată în țară, posibilitatea de congelare rapidă cu azot lichid, utilizând în acest scop un congelator realizat integral la Catedra de Termotehnică a Universității "Dunărea de Jos" din Galați.

## 6.2 Caracteristici

### 6.2.1 Agent frigorific

Azotul



### 6.2.2 Schema congelator rapid cu azot lichid CRAL-1

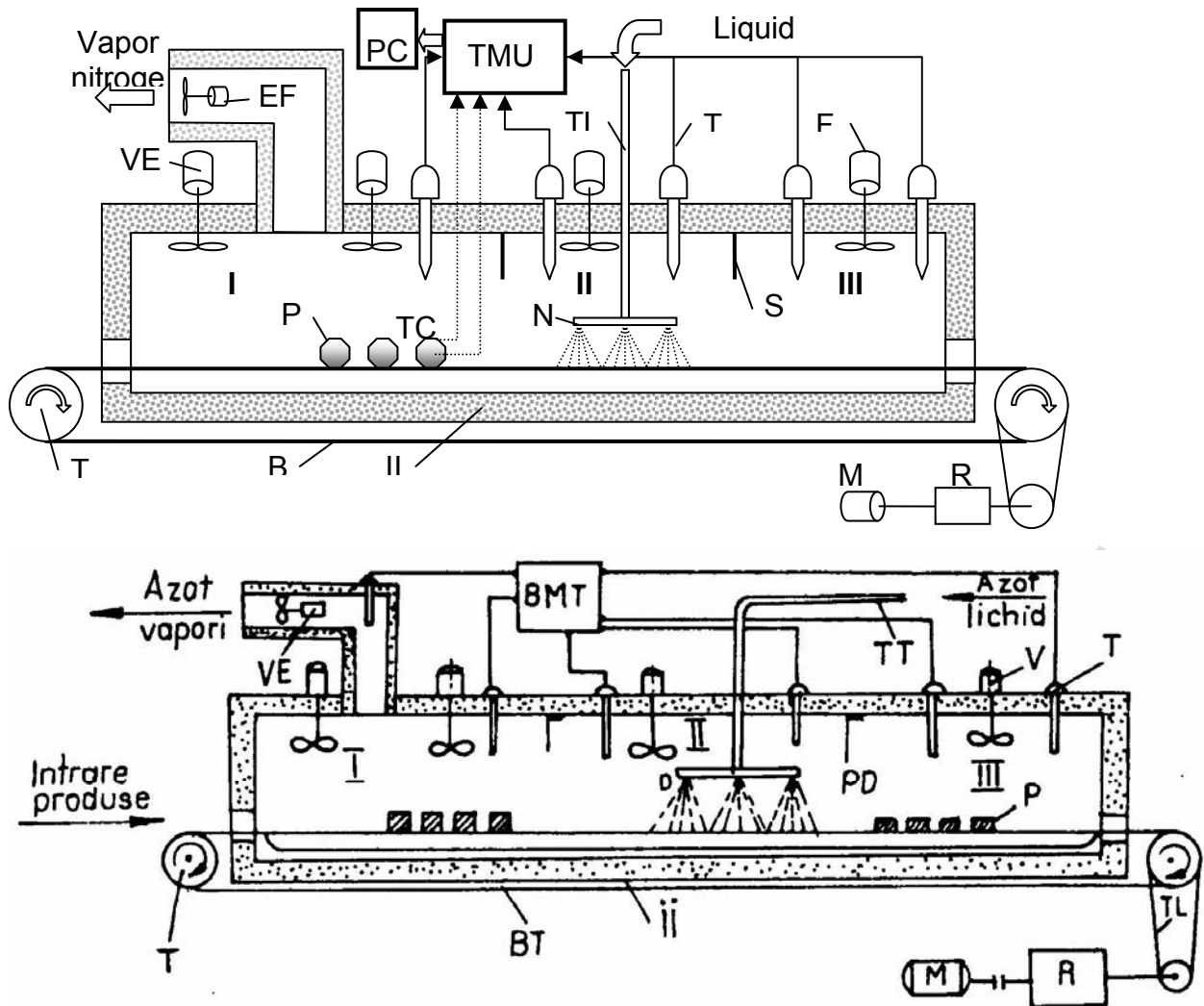


Figura 6.3 Schema congelatorului criogenic CRAL-1.

M - motor electric; R - reductor melc-roată melcată; TL - transmisie prin lanț; T - tambur; BT - bandă transportoare; ii-incintă izolată; P - produs (carne); T - termorezistență; V - ventilator; PD - perete despărțitor; D - duză; BMT - bloc pentru măsurarea temperaturii; VE - ventilator evacuare azot; TT - tub transfer azot lichid din butelie; I - zonă de pre-răcire (refrigerare); II - zonă de congelare propriu-zisă; III - zonă de subrăcire și egalizare a temperaturii în produs (-18 °C).

Congelatorul criogenic realizat pentru produse din carne are următoarele caracteristici tehnice (fig. 3 și fig. 4):

- |   |                      |
|---|----------------------|
| • capacitate orară de congelare:                    | 110 kg,              |
| • dimensiuni de gabarit:                            | 5300x1000x1500 mm,   |
| • masă:   | ~ 500 kg,            |
| • lungimea benzii transportoare:                    | 4,5 m,               |
| • timpul de congelare a cărnii:                     | ~ 10 min,            |
| • consumul de azot lichid:                          | 1...1,3 l/kg produs, |
| • numărul ventilatoarelor pentru convecție forțată: | 5 buc                |
| • presiunea de sifonare a azotului lichid:          | 0,6 bar,             |
| • puterea electrică instalată:                      | ~ 1 kW.              |

Viteza benzii transportoare se poate regla în funcție de natura și dimensiunile produsului congelat, iar pulverizarea azotului lichid se face prin trei duze. În urma cercetărilor experimentale s-au determinat pentru carne de porc (100x100x25 mm) următorii parametri specifici procesului de congelare: temperatura de-a lungul tunelului de congelare, temperatura produsului congelat în diverse puncte, densitatea fluxului

termic schimbat între produs și mediul răcit de-a lungul tunelului, consumul de azot lichid, timpul de congelare.



Fig. 4. Congelator criogenic cu azot lichid CRAL-1 (vedere generală).

### **6.2.3 Concluzii**

Cele două procedee de congelare, prin frig *mecanic* și frig *criogenic*, se pot compara având în vedere următoarele aspecte: timpul de congelare, consumul de energie, pierderea de masă și calitatea produselor. Avantajele congelării cu azot lichid sunt: timpi scurți de congelare, pierderile de masă pentru produse sunt foarte reduse, cheltuielile de investiție sunt cu 50 % mai reduse decât în cazul instalațiilor frigorifice clasice, congelatorul poate fi utilizat pentru diverse produse alimentare, congelatorul criogenic poate fi automatizat complet, datorită vitezei mari de congelare se formează cristale mici de gheață care nu distrug celulele produselor congelate, păstrându-se culoarea și gustul avute de produs la începutul congelării.

## **6.3 Automatizare**

## 7. Camera de termoviziune ThermoVision A20M (?)

In scopul folosirii ei in aplicatiile frigorifice, criogenice si de înalta temperatura e necesara extinderea domeniului de măsura atât in domeniul temperaturilor negative, cat si in cel al temperaturilor ridicate (până la 1200 °C). Camera poate fi folosita pentru a determina distribuția de temperatura in pereții camerelor frigorifice si a construcțiilor civile si industriale in scopul reducerii pierderilor de frig/căldura. De asemenea ea poate fi folosita pentru a vedea distribuția de temperatura in piesele sudate si turnate in scopul determinării tensiunilor termice.

Camera de termoviziune ThermoVision A20M are următoarele caracteristici:

- Domeniu de masurare: -20 ... +250 °C (opțional -20...+900 °C sau +350 ...+1200 °C)
- Sensibilitatea termica < 0,1 °C
- Frecventa imagine: 50 Hz
- Detector: FPA microbolometru fara racire, Spectru: 7.5...13 um
- Măsurare temperatura: Spot, Arie, Izoterma, DeltaT
- Rezoluție detector: 160x120 pixeli fizici
- Interfața analogica: PAL (standard), 0-5V (temperatura arie/spot)
- Interfața video digital: Ethernet sau FireWire
- Interfețe control: RS232, FireWire/Ethernet
- Obiective interschimbabile:
  - 17mm standard
  - 9.2mm superangular x0.5
  - 36mm teleobiectiv x2
  - 54mm teleobiectiv x3
  - 87mm teleobiectiv x5
- Focalizare optica: manuala sau motorizata (optională)
- Temperatura operare: -25...+55C fără carcasa termostatăă
- Alimentare: 12/24Vcc Putere consum: <6W
- Greutate <800g, Dimensiuni: 157mm x 75mm x 80mm
- Posibilitatea efectuării analizei termografice a imaginii în timp real (analiza termografica înseamnă posibilitatea aflării temperaturii in orice punct din imagine în timpul desfășurării procesului)

Draft

## 8. Alte echipamente de măsură

### 8.1 Instrument universal de măsură și înregistrator de date cu 5 intrări.

#### 8.1.1 Caracteristici

La instrumentul de măsură universal ALMEMO 2290-8 (Ahborn) (preț 2050 DM) se pot conecta cca. 50 tipuri de senzori pentru diferite măsurători, senzorii fiind recunoscuți automat de aparat; condiționarea semnalului furnizat de către senzori se face în conectorul special. Parametri măsurabili:

- temperatură,
- umiditate,
- punct de rouă,
- entalpie,
- presiunea vaporilor,
- temperatura umedă,
- debit gaze/lichide,
- pH,
- flux de căldură,
- distanță,
- concentrații de gaze,
- radiații,
- viteza vântului ...etc.



Figura 8.1 Aparat ALMEMO 2290-8

Aparatul are 5 intrări pentru 5 senzori dar se pot folosi până la 19 canale de măsurare. Afișarea datelor se face pe ecranul LCD. O parte din funcțiile ale aparatului sunt:

- Măsurare în timp real
- Blocare valoare măsurată (HOLD)
- Măsurare MIN/MAX
- Compensare temperatură/presiune
- Stare senzor
- Stare baterie
- Interfața cu calculator (opțional)

#### 8.1.2 Traductori existenți

- sondă de temperatură pentru suprafață plană (preț 220 DM),
- sondă de temperatură pentru suprafața țevii - 2 buc. x (preț 130 DM buc),

- presiune absolută și relativă - 2 buc. (preț 380 DM buc.),
- termoanemometru FV A645-TH3 (temperaturi: 0...+80°C, viteze: 0...20 m/s) - (1400 DM)

### 8.1.3 Soft aferent (DataControl 4.11)( preț 1500 DM)

## 8.2 Aparat de măsurare și înregistrare a temperaturii cu un canal

### 1.1. Caracteristici

Gemini DataLogger cu conectori și soft-ul aferent (150 USD). Aparatul este folosit pentru monitorizarea temperaturii în diverse incinte pentru o lungă perioadă de timp. Valorile înregistrate pot fi descărcate în calculator și reprezentate grafic.

## 8.3 Placă de achiziție de date

### 8.3.1 Caracteristici

8 canale simple sau 4 diferențiale și rezoluție de max. 16 biți (Pico)(200 USD)

### 8.3.2 Diverse

Traductori: Termorezistențe, termocuple, etc.



Figura 8.2 Placă de achiziție de date Pico ADC-16

## 9. Standuri de laborator - G001

### 9.1 Instalație și cameră frigorifică

Instalația frigorifică este compusă din aparate cu următoarele caracteristici:

#### **Compresor ILKA - RDG**

##### I. Date generale

- A. Tip DH 2-20-057
- B. Diametrul pistonului  $D = 40$  mm
- C. Cursa pistonului  $s = 30$  mm
- D. Numărul de cilindri  $z = 3$  buc
- E. Numărul de fețe active ale pistonului  $i = 1$  buc
- F. Turația arborelui  $n = 2940$  rpm
- G. Debitul volumic teoretic  $\dot{V}_t = 20$  m<sup>3</sup>/h

##### II. Diverse

- A. Coeficientul de spațiu mort  $m = 0,05$  -
- B. Coeficient datorat neetanșeităților  $\lambda_4 = 0,96$  -
- C. Randamentul adiabatic al comprimării  $\eta_{ad} = 0,7$  -
- D. Randamentul mecanic  $\eta_m = 0,90$  -
- E. Pierderi de presiune la aspirație  $\Delta p_0 = 0,1$  bar

#### **Condensator răcit cu aer**

##### I. Date generale

- A. Secțiunea aparatului (BxH) 740x670 mm

##### II. Țevile și nervurile

- A. Material țeava cupru
- B. Diametru exterior țeava  $d_e = 12$  mm
- C. Grosime perete țeava  $\delta_t = 1$  mm
- D. Așezarea țevilor coridor
- E. Numărul de secții în paralel  $z = 4$  buc
- F. Numărul de țevi perpendicular pe curentul de aer  $m = 22$  buc
- G. Pasul transversal de așezare a țevilor  $s_1 = 31$  mm
- H. Pasul longitudinal de așezare a țevilor  $s_2 = 31$  mm
- I. Tip nervura lamelară
- J. Material nervura aluminiu
- K. Grosimea nervurii  $\delta_n = 0,5$  mm
- L. Pasul nervurii  $u = 4$  mm

#### **Ventil reglare termostatic - Marca Danfoss**

##### I. Date tehnice



- A. Tipul TN2
- B. Domeniu de temperatură -55... +100°C
- C. Domeniu de lucru  $\Delta p = -1 \dots 21$  bar

**Ventil reglare manual** - Marca Danfoss. Poate fi instalat în instalații frigorifice cu agenți fluorinați, pe conductele de lichid sau vapori; este prevăzut cu trei membrane de oțel inox pentru prevenirea scăpărilor de agent.

- I. Date tehnice
- A. Tipul BM12
- B. Domeniu de temperatură -55... +100°C
- C. Domeniu de lucru  $\Delta p = -1 \dots 21$  bar

**Vaporizator de tip răcitor de aer:**

- I. Date generale
  - A. Tipul LEX 4-7
  - B. Putere frigorifică 1.7 / 2.4 kW
  - C. Dimensiuni de gabarit (L x H x D) 658x430x495 mm
  - D. Suprafața 6.7 m<sup>2</sup>
  - E. Volumul de agent 3.0 dm<sup>3</sup>
  - F. Diametre racorduri in/out 1/2" / 1/2"
  - G. Greutate 21 kg
  - H. Secțiunea aparatului (BxH) 440x380 mm
  - I. Număr de secții alimentate în paralel 2 buc
- II. Țevile și nervurile
  - A. Numărul de țevi în lungul curentului de aer z = 6 buc.
  - B. Numărul de țevi perpendicular pe curentul de aer m = 5 buc
  - C. Material țeava cupru
  - D. Diametru exterior țeavă  $d_e = 12$  mm
  - E. Grosime perete țeavă  $\delta_t = 1$  mm
  - F. Așezarea țevilor coridor
  - G. Pasul transversal de așezare a țevilor  $s_1 = 38$  mm
  - H. Pasul longitudinal de așezare a țevilor  $s_2 = 38$  mm
  - I. Tip nervură lamelară
  - J. Material nervură aluminiu
  - K. Grosimea nervurii  $\delta_n = 0,5$  mm
  - L. Pasul nervurii u = 7 mm
- III. Ventilatoare
  - A. Număr 1 buc
  - B. Putere electrică 30 W
  - C. Alimentare 230/50 V/Hz
  - D. Diametru 305 mm
  - E. Turație 1500 rpm
  - F. Debit volumic de aer 1570 m<sup>3</sup>/h
  - G. Distanța de aruncare a aerului 12 m
  - H. Nivelul de zgomot 50.0 dB(A) 5m

**Camera frigorifică** de dimensiuni 2,5m x 2,5m x 2,5m este din tablă de aluminiu cu izolație din spumă poliuretanică.

## 9.2 Stand condensator multitubular orizontal

- Componentă:

- condensator multitubular orizontal cu suprafața de  $12 \text{ m}^2$
- debitmetru pentru apă
- prize pentru măsurarea presiunii
- manometru diferențial cu tub U
- Măsurători care se pot efectua:
  - pierderile totale de presiune pe cele două circuite pentru diferite debite de curgere
  - pierderile liniare de presiune
  - pierderile locale de presiune

### **9.3 Instalație frigorifică cu comprimare mecanică de vapori pentru răcirea lichidelor în bazin**

- Componentă:
  - compresor frigorific pentru R22 tip K1202
  - bazin pentru răcirea lichidelor
  - vaporizator tip serpentină imersată în bazin
  - pompă de circulație
  - termometre și termocuple pentru măsurarea temperaturii lichidului în bazin
- Măsurători care se pot efectua:
  - puterea frigorifică în funcție de regim
  - debitele de lichid în diferite regimuri
  - regimul de funcționare a compresorului

### **9.4 Stand schimbător de căldură țevă în țevă**

- Componentă:
  - schimbător de căldură apă-apă cu 12 elemente cu lungimea de 2 m, cu suprafața de transfer de căldură de  $2.9 \text{ m}^2$
  - pompă de circulație pentru un fluid
  - 26 termocuple
  - 10 prize pentru măsurarea presiunii
  - 2 debitmetre pentru apă
  - instalație electrică de încălzire pentru un fluid
  - 1 milivoltmetru
  - manometre diferențiale cu tub U
- Măsurători care se pot efectua:
  - debitele de apă
  - temperatura de-a lungul circuitului
  - diagrama temperatură-suprafață pentru funcționarea în echi sau contracurent
  - fluxul de căldură transmisă în diferite regimuri
  - coeficientul global de transfer de căldură
  - pierderile totale de presiune pe cele două circuite pentru diferite debite de curgere
  - pierderile liniare de presiune
  - pierderile locale de presiune în coturi sau casete

### **9.5 Termocameră FEUTRN tip 3001**

- Caracteristici:
  - Volum de lucru 250 l
  - Domeniu de temperaturi -25 ... 90 °C
  - Umiditate relativă 10 ... 100 %

Draft

## Bibliografie

<sup>1</sup> \*\*\* - Dupont - Properties and Applications of DuPont R-507 Refrigerant.  
[http://www2.dupont.com/Refrigerants/es\\_MX/assets/downloads/suva507\\_properties\\_applications.pdf](http://www2.dupont.com/Refrigerants/es_MX/assets/downloads/suva507_properties_applications.pdf)

Draft