

1. CALCULUL CICLURILOR FRIGORIFICE ÎN CONDIȚII REALE DE FUNCȚIONARE

1.1. Introducere. Programul de calcul.

În funcționarea reală a instalațiilor frigorifice, *condițiile de lucru sunt diferite de cele ideale și teoretice*, studiate cu ocazia definirii ciclurilor frigorifice fundamentale. Câteva dintre condițiile reale de funcționare a instalațiilor frigorifice, care influențează parametrii de performanță ai ciclurilor frigorifice și care vor fi analizate în continuare, sunt:

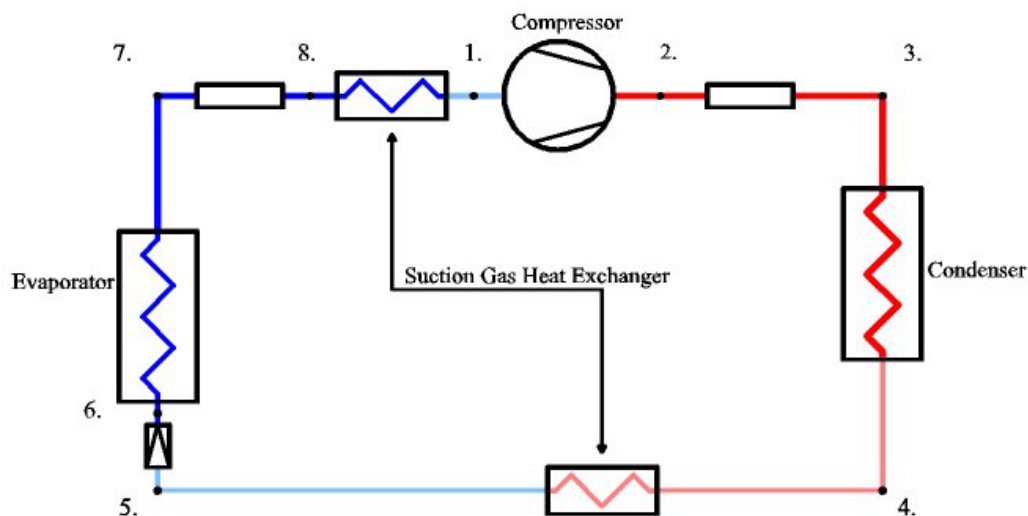
- prezența subrăcirii în condensator, respectiv a supraîncălzirii în vaporizator;
- apariția pătrunderilor de căldură pe conductele de aspirație neizolate corespunzător;
- existența pierderilor de presiune;
- existența schimbului intern de căldură între lichid și vapori, în instalațiile cu freoni;
- comprimarea vaporilor în condiții neadiabactice;
- răcirea compresorului;
- existența coeficientului de debit al compresorului, având o valoare subunitară;
- alte elemente...

O parte din influențele pe care le prezintă aceste condiții reale asupra performanțelor ciclurilor frigorifice și asupra modului în care se efectuează calculul ciclurilor reale, au fost studiate și în alte cursuri, dar altele vor fi abordate detaliat în acest capitol.

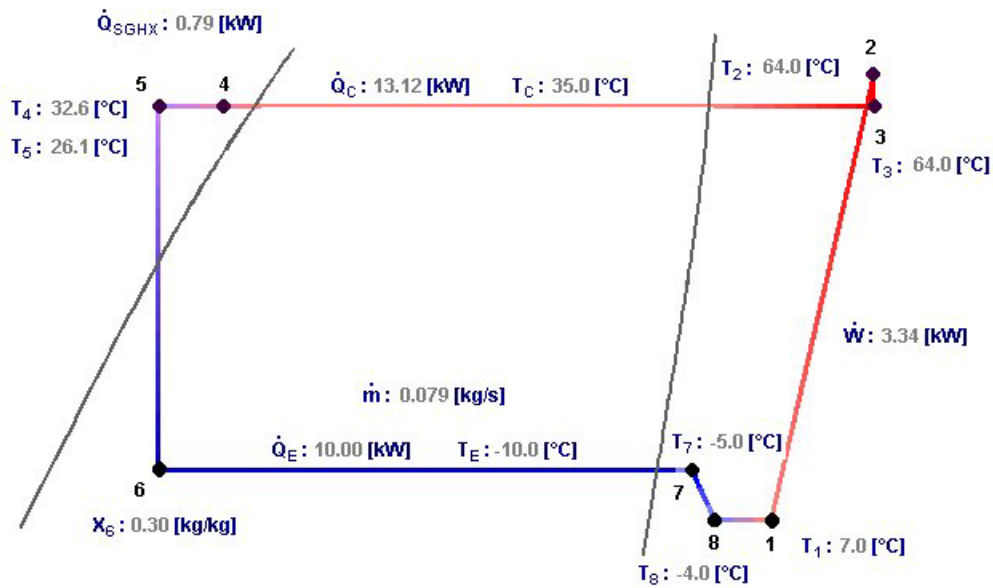
Pentru realizarea calculelor termice ale ciclurilor frigorifice reale, se va utiliza produsul informatic *CoolPack*, realizat la Universitatea Tehnică din Danemarca, program disponibil gratuit pe internet, împreună cu documentația în limba engleză, la adresa: <http://www.et.web.mek.dtu.dk/Coolpack/UK/index.html>.

În principiu, exemplele care vor fi prezentate în continuare, se referă la un ciclu într-o treaptă de comprimare, dar interfețele pentru introducerea datelor care să țină seama de condițiile reale de lucru sunt identice pentru toate ciclurile.

În continuare sunt prezentate schema de principiu a instalației care realizează acest ciclu și reprezentarea proceselor în diagrama lgp-h.



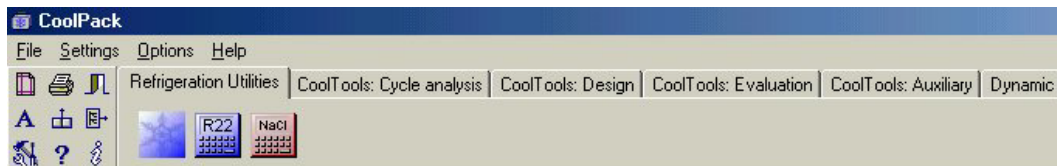
Schema de principiu a instalației într-o treaptă de comprimare cu vaporizare uscată



Reprezentarea proceselor de lucru în diagrama lgp-h

Programul CoolPack are șase module, așa cum se observă în meniul principal, la lansarea în execuție a programului:

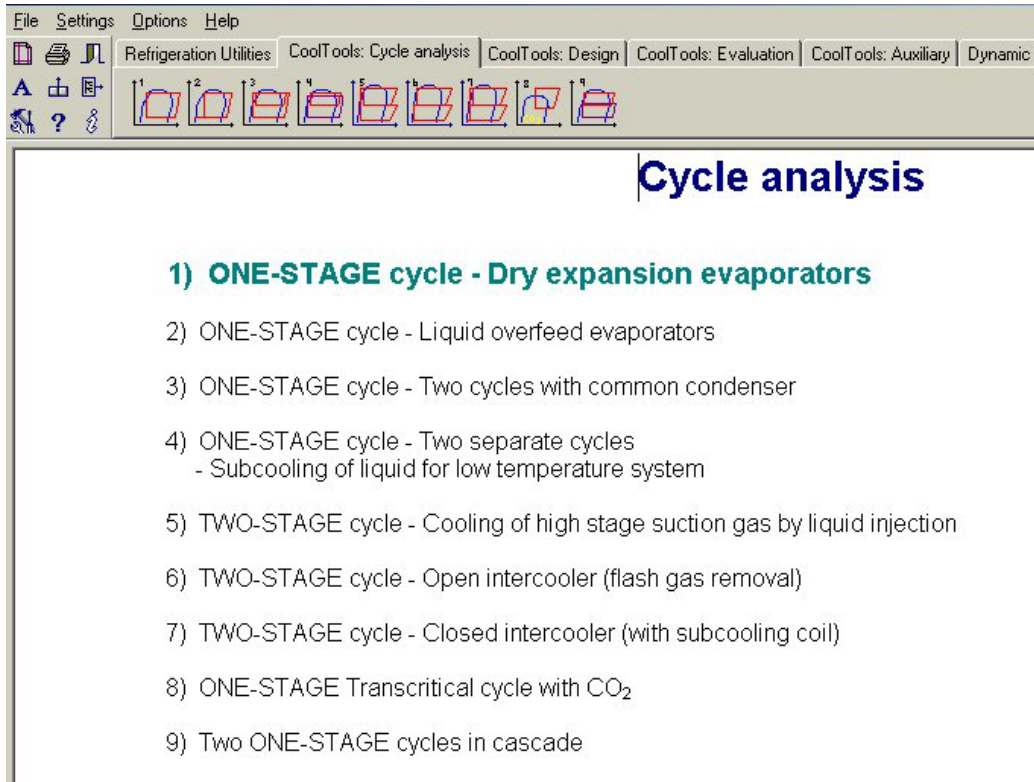
- Refrigeration Utilities: - programe pentru calcule privind agenții frigorifici;
- Cycle analysis - Analiza ciclurilor;
- Design - Proiectare;
- Evaluation - Evaluare;
- Auxiliary - Auxiliar;
- Dynamic - Dinamică.



Meniul principal al programului CoolPack

Așa cum se observă în imaginea care prezintă meniul principal al programului, patru din cele șase module de calcul ale programului, fac parte din pachetul denumit generic "Cool Tools" ceea ce se poate traduce prin "Instrumente pentru tehnica frigului".

Calculul instalațiilor frigorifice în condiții reale de funcționare, se poate efectua în cadrul modulului "Cycle analysis". La alegerea acestei opțiuni, se activează fereastra din imagine, care permite alegerea unuia din cele nouă cicluri disponibile, pentru efectuarea de analize specifice:



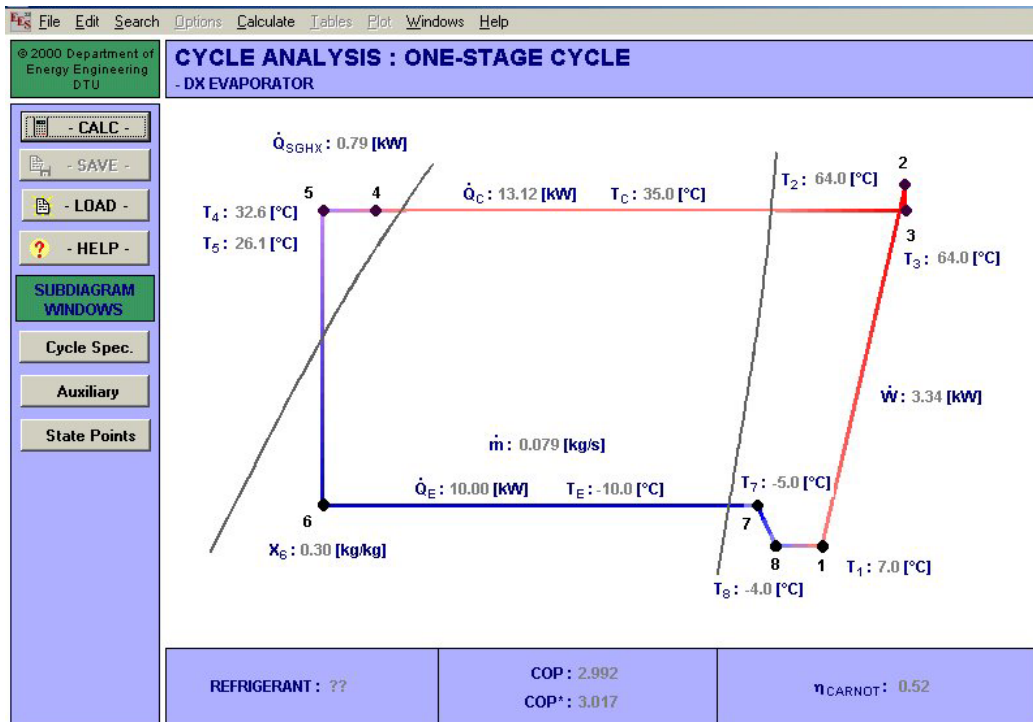
Fereastra principală a opțiunii "Cycle analysis"

La alegerea primului ciclu se va activa un modul de calcul și analiză a ciclului respectiv, realizat cu ajutorul programului "Engineering Equation Solver", al companiei americane Fchart, despre care se pot obține informații prin internet, la adresa www.fchart.com unde este disponibilă și o versiune de evaluare a programului.

Fereastra principală a programului pentru calculul ciclului într-o traptă, cu vaporizare uscată, conține în partea dreaptă reprezentarea proceselor de lucru în diagrama lgp-h și în partea stângă un set de butoane care permit selectarea opțiunii dorite:

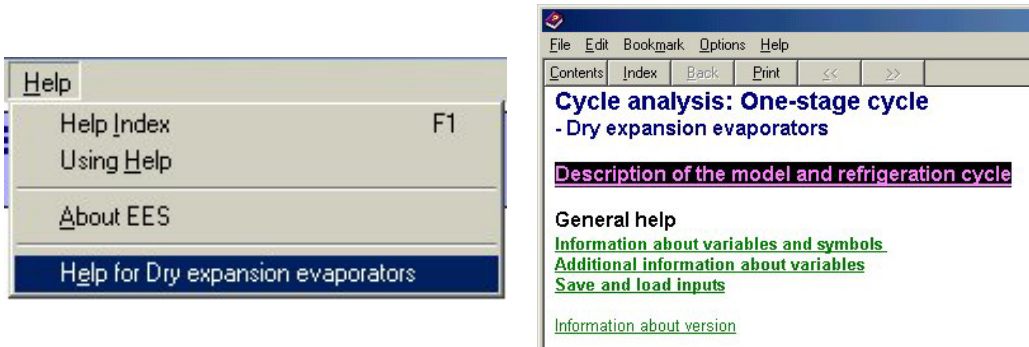
1. Calculul ciclurilor frigorifice în condiții reale de funcționare

- 4 -



Fereastra principală de calcul a programului "One stage cycle - Dry expansion evaporators"

Pentru oricare dintre ciclurile disponibile, dacă se dorește afișarea schemei instalației, se vor alege succesiv opțiunile "Help", apoi "Help for Dry expansion evaporators" și în final "Description of the model and refrigeration cycle", adică "Descrierea modelului și a ciclului frigorific".



Schema selecțiilor pentru afișarea schemei instalației

Interfața pentru introducerea datelor și efectuarea principalelor calcule termice ale ciclurilor frigorifice (pentru toate ciclurile structura interfețelor este aceeași), se activează la alegerea opțiunii "Cycle Spec.", adică "Specificații privind ciclul".

1. Calculul ciclurilor frigorifice în condiții reale de funcționare

- 5 -

The screenshot displays the 'CYCLE SPECIFICATION' window of the CoolPack software. It is divided into several sections for inputting parameters:

- TEMPERATURE LEVELS:** T_E [°C]: -10.0, ΔT_{SH} [K]: 5, T_C [°C]: 35.0, ΔT_{SC} [K]: 2.
- PRESSURE LOSSES:** Δp_{SL} [K]: 0.5, Δp_{DL} [K]: 0.5.
- SUCTION GAS HEAT EXCHANGER:** Thermal efficiency [-]: 0.30.
- REFRIGERANT:** R404A.

Below these are sections for results and further specifications:

- CYCLE CAPACITY:** Ref. Capacity [kW]: 10, \dot{Q}_E : 10.00 [kW], \dot{m} : 0.079 [kg/s], \dot{V}_S : 14.47 [m³/h].
- COMPRESSOR PERFORMANCE:** Isentropic efficiency [-]: 0.7, η_{IS} : 0.700 [-], \dot{W}_{TOT} : 3.34 [kW].
- COMPRESSOR HEAT LOSS:** f Q [%]: 10, f_Q : 10.0 [%], T_2 : 64.0 [°C], \dot{Q}_{LOSS} : 0.33 [kW].
- SUCTION LINE:** Unuseful SH [K]: 1.0, \dot{Q}_{SL} : 86 [W], T_{OUT} : -4.0 [°C], $\Delta T_{SH,SL}$: 1.0 [K].

At the bottom, there are buttons for 'State Points', 'Auxiliary', '- CALC -', and '? - HELP -'. The calculated COP is 2.992 and COP* is 3.017.

Interfața pentru introducerea datelor și afișarea rezultatelor

După introducerea datelor, efectuarea calculelor este comandată prin selectarea opțiunii "CALC", în partea de jos a ecranului.

1.2. Date de intrare cu caracter obligatoriu

Pentru efectuarea calculelor, există câteva date de intrare care trebuie transmise obligatoriu programului CoolPack, printre care se numără:

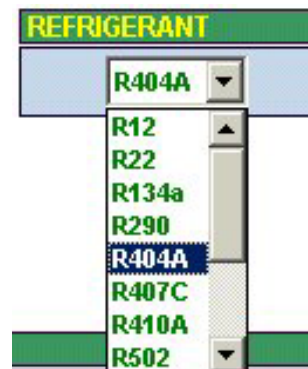
- temperaturile de vaporizare și de condensare;
- natura agentului frigorific;
- puterea frigorifică a instalației.

Temperaturile de vaporizare și condensare sunt notate în program prin T_E respectiv T_C și se introduc în °C.

Natura agentului frigorific este indicată în fereastra "REFRIGERANT" adică "Agentul frigorific", în care se poate alege unul din agenții disponibili, printre care se numără și numeroși agenți ecologici.

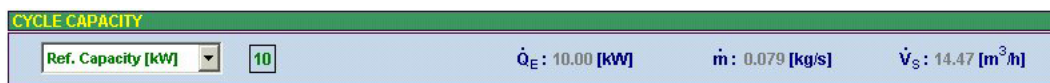


Fereastra "REFRIGERANT"



Opțiunile ferestrei "REFRIGERANT"

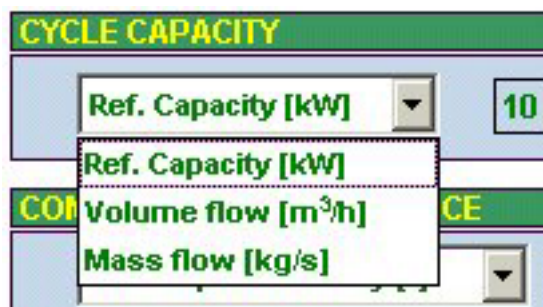
Puterea frigorifică este transmisă programului în cadrul ferestrei "CYCLE CAPACITY" adică "Puterea frigorifică a ciclului".



Fereastra "CYCLE CAPACITY"

Cele trei opțiuni pentru introducerea puterii frigorifice a instalației, respectiv a ciclului sunt:

- \dot{Q}_E - Refrigerating capacity [kW] - puterea frigorifică;
- \dot{m} - Mass flow [kg/s] - debitul masic;
- \dot{V}_S - Volume flow [m³/h] - debitul volumic aspirat, unde indicele S provine de la termenul "Suction", adică aspirație.



Opțiunile ferestrei "CYCLE CAPACITY"

Cele trei mărimi sunt dependente una de alta, deci odată introdusă una dintre acestea, se vor calcula automat celelalte două, iar valorile obținute sunt afișate.

1.3. Subrăcirea în condensator și supraîncălzirea în vaporizator

În condiții ideale, procesul de condensare se desfășoară în condensator astfel încât lichidul care rezultă din acesta este saturat, deci se găsește pe curba de lichid saturat din diagramă, la intersecția cu izoterma, respectiv izobara de condensare. În realitate, de regulă condensul este ușor subrăcit (starea 4 pe diagramă).

Asemănător, în condiții ideale vaporizarea se încheie în vaporizator astfel încât vaporii care rezultă din acesta sunt saturați uscați, deci se găsesc pe curba vaporilor saturați, la intersecția cu izoterma, respectiv izobara de vaporizare. În realitate, de regulă vaporii sunt ușor supraîncălziți (starea 7 pe diagramă).

Subrăcirea se definește ca diferența dintre temperatura de condensare (T_k) sau (T_C în programul CoolPack) și temperatura lichidului la ieșirea din condensator (T_4). În programul CoolPack, subrăcirea este notată cu ΔT_{SC} (SubCooling în limba engleză înseamnă subrăcire). În cazul condensatoarelor răcite cu aer, valoarea normală a subrăcirii este de 4...7°C. Subrăcirea poate să fie calculată cu relația:

$$\Delta T_{SC} = T_C - T_4$$

Cunoscând valoarea subrăcirii, se poate determina (ca în cazul programului CoolPack), valoarea temperaturii lichidului la ieșirea din condensator:

$$T_4 = T_C - \Delta T_{SC}$$

Efectul subrăcirii asupra performanțelor ciclurilor frigorifice este pozitiv. Astfel cu cât subrăcirea este mai pronunțată (uneori se utilizează și termenul de subrăcire avansată), cu atât se reduce debitul masic de agent frigorific pentru aceeași putere frigorifică și crește eficiența frigorifică a instalației.

Supraîncălzirea se definește ca diferența dintre temperatura vaporilor la ieșirea din vaporizator (T_7) și temperatura de vaporizare (T_0) sau (T_E în programul CoolPack). În programul CoolPack, supraîncălzirea este notată cu ΔT_{SH} (**SuperHeat** în limba engleză înseamnă supraîncălzire). În cazul vaporizatoarelor cu detentă directă, valoarea normală a supraîncălzirii este de 5...8°C. Supraîncălzirea poate să fie calculată cu relația:

$$\Delta T_{SH} = T_7 - T_E$$

Cunoscând valoarea supraîncălzirii, se poate determina (ca în cazul programului CoolPack), valoarea temperaturii vaporilor la ieșirea din vaporizator:

$$T_7 = T_E + \Delta T_{SH}$$

Supraîncălzirea are atât efecte pozitive cât și efecte negative asupra funcționării instalațiilor frigorifice. O ușoară supraîncălzire este necesară, deoarece înlătură posibilitatea apariției loviturilor hidraulice, denumite și "lovituri de berbec", în interiorul cilindrilor compresoarelor. Pe de altă parte cu cât supraîncălzirea este mai pronunțată (sau gradul de supraîncălzire este mai mare), cu atât este mai ridicată temperatura de aspirație, deci cu atât mai mare va fi temperatura de refulare din compresor și temperatura medie a compresorului. Dacă temperatura medie a compresorului este ridicată, atunci viscozitatea uleiului de ungere scade, deci lubrifierea este mai puțin eficientă, iar dacă temperatura de refulare este ridicată, atunci crește pericolul atingerii temperaturii de cocsificare a uleiului de ungere. Efectele supraîncălzirii asupra debitului masic, sau asupra eficienței frigorifice, sunt foarte reduse, practic neglijabile.

Supraîncălzirea și subrăcirea, care se manifestă în condiții reale, pentru un ciclu frigorific oarecare, sunt transmise programului de calcul, împreună cu temperaturile de vaporizare și condensare prin intermediul ferestrei "TEMPERATURE LEVELS" adică "Nivele de temperatura".

TEMPERATURE LEVELS			
T_E [°C]:	-10.0	ΔT_{SH} [K]:	5
T_C [°C]:	35.0	ΔT_{SC} [K]:	2

Fereastra "TEMPERATURE LEVELS"

Influența pe care o pot avea cei doi parametri, supraîncălzirea și subrăcirea, asupra parametrilor de funcționare și performanță ai ciclului (ciclurilor) frigorifice, poate să fie studiată cantitativ pentru fiecare ciclu în parte cu ajutorul programului CoolPack, în condițiile menținerii constante a celorlalte mărimi de intrare.

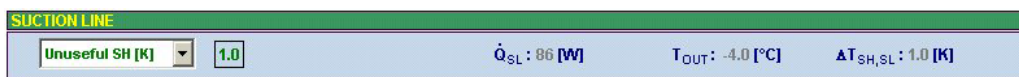
1.4. Supraîncălzirea pe conducta de aspirație

În instalațiile frigorifice, aspirația vaporilor în compresor se realizează de regulă la temperaturi sub cea a mediului ambiant. O consecință imediată este aceea că întotdeauna conductele de aspirație, în care temperatura vaporilor este redusă, trebuie să fie izolate termic. Acest lucru nu se realizează uneori în cazul instalațiilor de puteri frigorifice reduse, sau având conducte de aspirație scurte. Dacă nu se izolează conductele de aspirație, sau dacă în timp aceste izolații se deteriorează, atunci apare un transfer termic pe conducta de aspirație între vaporii de agent frigorific și mediul ambiant traversat de aceste conducte.

Supraîncălzirea pe conducta de aspirație, care se produce în aceste condiții, are efecte negative asupra performanțelor instalației, reducând eficiența frigorifică și asupra funcționării compresorului, contribuind la supraîncălzirea nejustificată a acestuia, cu efecte nedorite asupra lubrifierii.

Din punct de vedere al programului CoolPack, toate procesele termodinamice din conducta de aspirație se consideră că au loc în porțiunea 7-8, din schema instalației, care este asimilată cu conducta de aspirație.

În calculul termic al ciclurilor cu supraîncălzire pe conducta de aspirație se poate ține seama de valoarea acestei mărimi, care se introduce în fereastra "SUCCION LINE" ceea ce se poate traduce prin "Conducta de aspirație".



Fereastra "SUCCION LINE"

Valoarea supraîncălzirii poate fi introdusă în trei moduri:



Introducerea supraîncălzirii pe conducta de aspirație

- "Unuseful SH [K]" - supraîncălzire parazită - exprimată în K;
- "Heat ingress [W]" - pătrundere de căldură - exprimată în W;
- "Outlet temp [°C]" - temperatura la ieșire - exprimată în °C (t_8).

Pentru conducta de aspirație se calculează întotdeauna următoarele mărimi prezentate și în fereastra "SUCCION LINE":

- \dot{Q}_{SL} - sarcina termică a conductei de aspirație [W];
- T_{OUT} - temperatura la ieșirea din conducta de aspirație [°C];
- $\Delta T_{SH,SL}$ - gradul de supraîncălzire pe conducta de aspirație [K].

Se poate observa că în cazul supraîncălzirii pe conducta de aspirație se aplică o regulă general valabilă în cazul programului CoolPack, conform căreia temperaturile se introduc, sau se calculează în °C, iar diferențele de temperaturi se introduc sau se calculează în K (desi 1°C=1K).

1.5. Pierderile de presiune la aspirație și refulare

Datorită frecărilor dintre straturile de agent frigorific, dintre acesta și pereții conductelor prin care se realizează curgerea, datorită apariției fenomenelor de turbulență, sau din diverse alte motive, curgerea prin conducte este întotdeauna însoțită, în condiții reale, de *pierderi de presiune*.

Programul CoolPack ține seama de pierderile de presiune de pe conductele de aspirație și refulare, deoarece acestea afectează în mod direct valoarea raportului de comprimare, unul dintre cei mai importanți parametri funcționali ai compresorului. Conductele de aspirație (Suction Line - SL) și de refulare (Discharge Line - DL) sunt asimilate în acest program prin porțiunile 7-8, respectiv 2-3 din schema instalației și diagrama proceselor de lucru. Cele două tipuri de pierderi sau căderi de presiune includ și laminările produse în supapele de aspirație, respectiv refulare, chiar dacă aceste supape nu se găsesc în porțiunile de conductă menționate.

Valorile căderilor de presiune la aspirație Δp_{SL} și refulare Δp_{DL} pot fi transmise programului în fereastra "PRESSURE LOSSES".



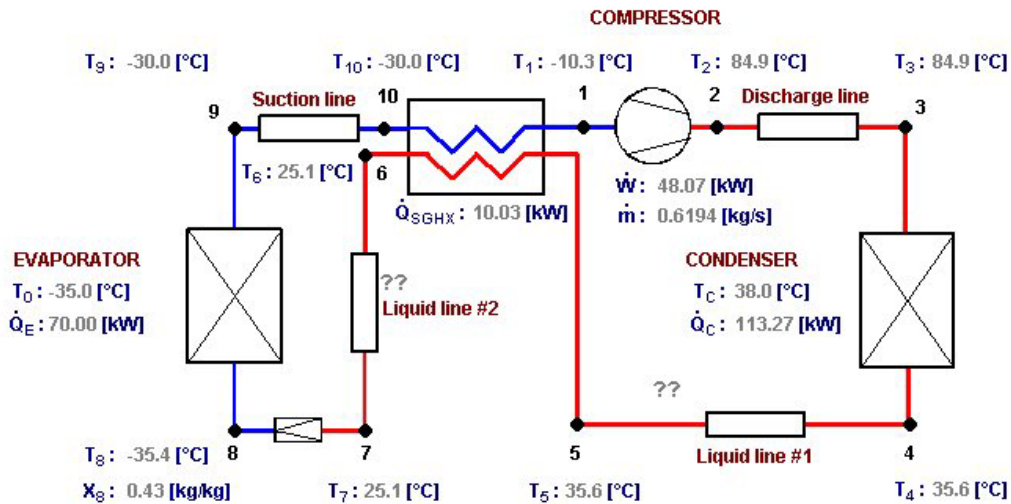
Fereastra "SUCCION LINE"

Se observă că valorile celor două căderi de presiune sunt transmise programului de calcul prin valorile variațiilor de temperaturi de saturație produse, exprimate în K (cu menținerea că $1^{\circ}\text{C}=1\text{K}$).

Pierderile de presiune de la aspirație, respectiv refulare, au influențe nefavorabile asupra funcționării și performanțelor instalațiilor frigorifice deoarece înrăutățesc condițiile de lucru ale compresoarelor și diminuează valoarea eficienței frigorifice. Utilizând programul CoolPack aceste influențe pot fi studiate și cuantificate nu numai calitativ ci și cantitativ.

1.6. Schimbul intern de căldură

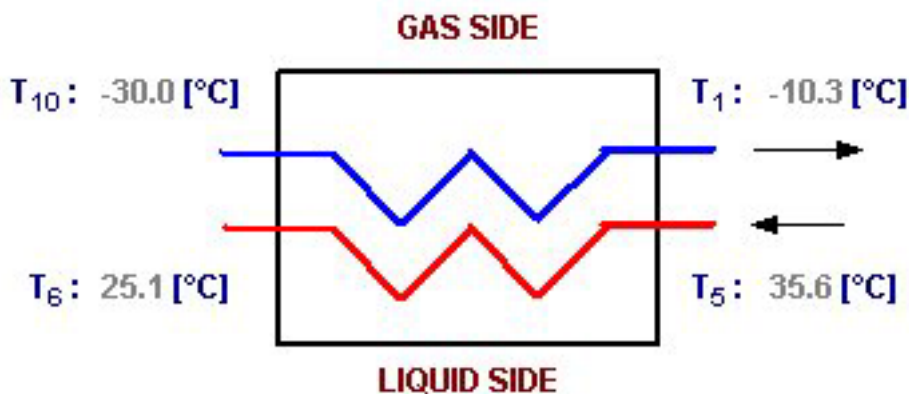
Practic toate instalațiile frigorifice care funcționează cu freoni, trebuie să includă schimbătoare interne de căldură, datorită efectelor benefice pe care le prezintă acestea asupra funcționării și performanțelor instalației. Schema funcțională a unei astfel de instalații este prezentată în continuare:



Schema unei instalații cu schimbător intern de căldură

Schimbătorul intern de căldură este notat în toate schemele de instalații ale programului CoolPack, prin inițialele SGHX ("Suction Gas Heat Exchanger" - Schimbător de căldură de pe conducta de aspirație a vaporilor).

În schimbătorul intern de căldură, condensul se răcește din starea 5 în starea 6, iar vaporii se supraîncălzesc înainte de aspirație, din starea 10 în starea 1. Sensurile de curgere pe partea lichidului "LIQUID SIDE", respectiv pe partea vaporilor "GAS SIDE", sunt reprezentate în imagine.



Schema funcțională a schimbătorului intern de căldură

În condiții ideale se consideră că întreaga cantitate de căldură cedată de lichid este absorbită de vaporii. Cunoscându-se temperaturile stărilor de intrare a lichidului (T_5), respectiv a vaporilor (T_{10}) în schimbătorul de căldură, ar trebui ca temperatura vaporilor la ieșirea din schimbător (T_1) să fie egală cu T_5 .

În condiții reale există pierderi de căldură, de care trebuie să se țină seama la proiectarea instalației. În acest scop, pentru programul CoolPack a fost definit *randamentul termic* al schimbătorului intern de căldură, prin raportul dintre variația reală a temperaturii vaporilor în schimbător ($T_1 - T_{10}$) și cea maximă posibilă ($T_5 - T_{10}$):

$$\eta_T = \frac{T_1 - T_{10}}{T_5 - T_{10}}$$

Domeniul de valori ale η_T , considerate ca normale pentru schimbătoarele interne de căldură este 0,2...0,5.

Valoarea randamentului termic al schimbătorului intern de căldură poate să fie transmisă programului CoolPack în fereastra "SUCTION GAS HEAT EXCHANGER".

Fereastra "SUCTION GAS HEAT EXCHANGER"

Valoarea 0 pentru randamentul termic "Thermal efficiency", corespunde lipsei din instalație a acestui aparat. În acest caz în locul randamentului termic poate fi aleasă opțiunea "No SGHX".

Opțiuni pentru introducerea randamentului termic

În vederea evaluării cantitative a influenței pe care o prezintă schimbătorul intern de căldură asupra performanțelor ciclului frigorific, se poate întocmi un studiu cu ajutorul programului CoolPack. Acest studiu va evidenția în orice caz influența pozitivă pe care o are acest aparat asupra eficienței frigorifice și asupra debitului masic vehiculat de compresor. Creșterea temperaturii de aspirație, ca efect negativ este compensată de reducerea debitului masic, deci utilizarea schimbătorului intern de căldură este recomandată întotdeauna în cazul instalațiilor frigorifice funcționând cu freoni. În cazul amoniacului, acest aparat nu este indicat, deoarece creșterea temperaturii de aspirație este foarte pronunțată la acest agent.

1.7. Condițiile reale de funcționare a compresorului

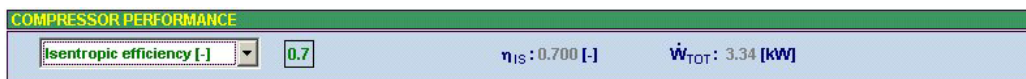
În condiții ideale, comprimarea se realizează adiabatic, deci izentropic ($s=\text{constant}$). În realitate există o serie de elemente care îndepărtează comprimarea de aceste condiții ideale și măresc lucrul mecanic, respectiv puterea necesare pentru realizarea comprimării. Câteva dintre aceste elemente sunt:

- încălzirea vaporilor de la pereții cilindrului în timpul procesului de aspirație;
- răcirea vaporilor de către pereții cilindrului în timpul procesului de refulare;
- frecările dintre vaporii de agent și cilindru, respectiv piston;
- frecările dinre straturile de agent frigorific;
- etc.

Pentru a se ține seama de aceste elemente s-a introdus noțiunea de *randament izentropic al comprimării* (η_{is}), care reprezintă raportul dintre lucrul mecanic (l_{iz}) sau puterea (P_{iz}) necesare comprimării adiabactice și lucrul mecanic (l_r) sau puterea (P_r) necesare comprimării în condiții reale:

$$\eta_{is} = \frac{l_{iz}}{l_r} = \frac{P_{iz}}{P_r}$$

Valoarea randamentului izentropic al comprimării "Isentropic efficiency" poate fi indicată în fereastra "COMPRESSOR PERFORMANCE" a programului CoolPack:



Fereastra "COMPRESSOR PERFORMANCE"

Ca o alternativă se poate indica valoarea puterii totale consumate de compresor (\dot{W}_{TOT}), exprimată în kW.



Opțiunile ferestrei "COMPRESSOR PERFORMANCE"

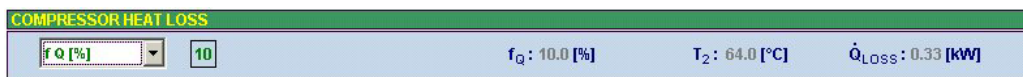
Cele două opțiuni exprimă același lucru, în cele din urmă, iar programul calculează și afișează întotdeauna cealaltă opțiune, așa cum se observă în fereastra "COMPRESSOR PERFORMANCE".

Cu cât valoarea randamentului izentropic al comprimării este mai mică, respectiv cu cât puterea necesară comprimării este mai mare, cu atât eficiența frigorifică a ciclului analizat este mai redusă. O analiză cantitativă a influenței randamentului izentropic asupra performanțelor instalației poate să fie efectuată cu ajutorul programului CoolPack.

Un alt element din funcționarea reală a compresorului, de care nu se ține seama în condiții ideale, este *răcirea compresorului*. De regulă agentul de răcire este aerul (cel mai adesea) sau apa (în cazul compresoarelor mari). O parte din puterea (energia) consumată pentru comprimare, în loc să ajungă în agentul de lucru, sub formă de entalpie, este evacuată sub formă de căldură în mediul ambiant.

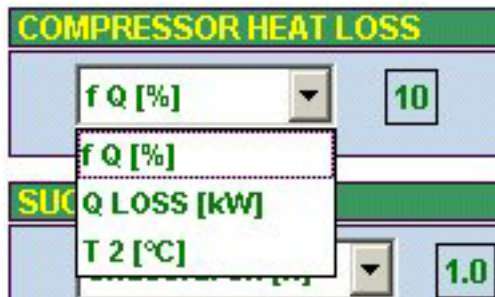
Programul CoolPack tratează răcirea compresorului separat de randamentul izentropic al comprimării și consideră că are ca efect doar reducerea entalpiei, respectiv a temperaturii

vaporilor refulați (T_2). Elementele caracteristice pentru răcirea compresorului sunt prezentate în fereastra "COMPRESSOR HEAT LOSS", adică "Răcirea compresorului".



Fereastra "COMPRESSOR HEAT LOSS"

Intensitatea răcirii compresorului poate să fie introdusă în trei moduri diferite, interdependente, programul calculând automat celelalte două mărimi.



Opțiunile ferestrei "COMPRESSOR HEAT LOSS"

Cele trei mărimi sunt:

- fQ [%] - raportul dintre căldura cedată prin răcirea compresorului și puterea absorbită de acesta, denumit *factor de răcire*. Pentru compresoare ermetice se pot atinge valori până la $fQ=75\%$, pentru compresoare semiermetice $fQ=10\dots25\%$, pentru compresoare deschise mari $fQ=5\dots15\%$, iar pentru compresoare cu șurub se pot atinge chiar valori $fQ>75\%$;
- Q_{LOSS} [kW] - căldura cedată;
- T_2 [°C] - temperatura vaporilor refulați de compresor.

Influența procesului de răcire a compresorului asupra temperaturii de refulare se poate studia cantitativ cu ajutorul programului CoolPack.

În funcționarea reală a compresorului, un alt element care lipsește în condițiile ideale de studiu, este faptul că doar o parte din cursa de aspirație este utilă, ceea ce face să nu poată fi aspirat un volum de vapori egal cu volumul cursei pistonului, ca în condiții ideale. Pentru cuantificarea acestor diferențe a fost introdusă noțiunea de *coeficient de debit* (η_{VOL}), sau "Volumetric efficiency" în programul CoolPack.

Coeficientul de debit se definește ca raportul dintre debitul volumic efectiv aspirat în cilindru și debitul volumic descris de pistoane.

Există mai multe elemente care fac să se reducă debitul aspirat de compresor:

- existența spațiului mort;
- laminarea vaporilor în supapa de aspirație;
- încălzirea vaporilor în timpul procesului de aspirație;
- neetanșeitățile dintre spațiul de comprimare și carter.

În programul CoolPack, informațiile privind coeficientul de debit se pot obține selectând opțiunea "Auxiliary" adică "Informații auxiliare", în partea de jos a ecranului, ceea ce va determina afișarea unui nou ecran și a unei noi interfețe pentru introducerea de date:

AUXILIARY

PIPE DIMENSIONS

PIPE SECTION	VELOCITY	PIPE DIAMETER (Internal)	Condition corresponds to -
	[m/s]	[mm]	
Suction line	10.0	22.6	State Point #1
Discharge line	12.0	10.9	State Point #2
Liquid line	0.6	13.0	State Point #5

VOLUMETRIC EFFICIENCY

Volumetric efficiency [-] $n_{VOL}: 0.800 [-]$ $\dot{V}_S: 14.47 [m^3/h]$ $\dot{V}_D: 18.08 [m^3/h]$
 \dot{V}_S can be chosen as input in the cycle specification window.

HEAT OF DESUPERHEATING

WATER

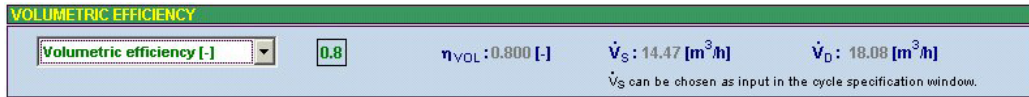
Temperature increase [K] $\Delta T_{WATER}: 20 [K]$ $\dot{V}_{WATER}: 20 [m^3/h]$ $\dot{Q}_{DSH}: 2.715 [kW]$
 $T_{DL,OUT}: 64.0 [^{\circ}C]$ $T_C: 35.0 [^{\circ}C]$
Water in the desuperheating heat exchanger can only be heated to discharge temperature $T_{DL,OUT}$.
 \dot{Q}_C in the main diagram window includes both the heat load for both desuperheating and condensing of the refrigerant.

State Points Cycle Spec. - CALC - ? - Help - COP: 2.992 COP*: 3.017

Interfața "Auxiliary"

În partea superioară a acestui ecran, în fereastra "PIPE DIMENSIONS" adică "Dimensiuni ale conductelor" sunt afișate valorile diametrelor conductelor de aspirație "Suction line", refulare, "Discharge line", respectiv de lichid "Liquid line", în funcție de vitezele de curgere. În partea inferioară a ecranului, în fereastra "HEAT OF DESUPERHEATING" care se poate traduce prin "Căldura de desupraîncălzire", sunt prezentate informații privind desupraîncălzirea vaporilor refulați din compresor, până la saturație, cu toate că sarcina termică a condensatorului (\dot{Q}_C) include și această căldură.

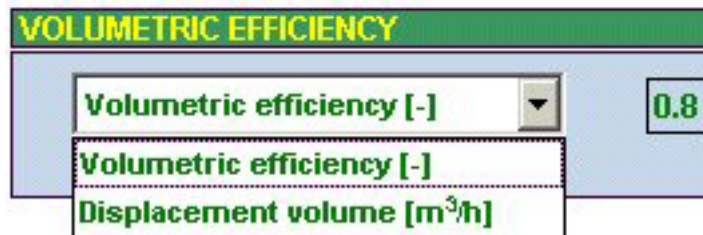
Informațiile conexe coeficientului de debit sunt prezentate în fereastra "VOLUMETRIC EFFICIENCY".



Fereastra "VOLUMETRIC EFFICIENCY"

\dot{V}_S reprezintă debitul volumic aspirat și este calculat în fereastra "Cycle spec."

\dot{V}_D , unde D provine de la termenul "displacement" adică "deplasare", reprezintă debitul volumic descris de pistoane, și poate fi introdus opțional ca mărime de intrare, în locul coeficientului de debit.

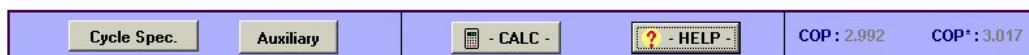


Opțiunile ferestrei "VOLUMETRIC EFFICIENCY"

Cu cât valoarea coeficientului de debit este mai redusă, cu atât performanțele instalației frigorifice sunt mai reduse. Un studiu cantitativ asupra influenței coeficientului de debit, poate fi efectuat cu ajutorul programului CoolPack.

Pe lângă opțiunile prezentate, programul poate să prezinte și valorile parametrilor termodinamici în stările caracteristice ale ciclului, la selectarea opțiunii "State Points" adică "Stări caracteristice".

STATE POINTS					Additional information
STATE POINT	TEMPERATURE [°C]	PRESSURE [kPa]	ENTHALPY [kJ/kg]	DENSITY [kg/m ³]	
1	7.0	426.7	228.7	19.7	T _{2,IS} : 56.6 [°C] T _{2,W} : 67.7 [°C] Pressure ratio (p ₂ /p ₁): 3.816
2	64.0	1628.1	266.7	70.6	
3	64.0	1608.0	267.0	69.4	
4	32.6	1608.0	101.1	967.4	
5	26.1	1608.0	91.1	998.5	
6	-10.4	434.1	91.1	-	
7	-5.0	434.1	217.6	21.4	
8	-4.0	426.7	218.6	20.8	



Ecranul "State Points"

Informațiile suplimentare "Additional information" care mai sunt indicate de acest ecran sunt:

- $T_{2,IS}$ [°C] - temperatura de refulare în condiții adiabatice;
- $T_{2,W}$ [°C] - temperatura de refulare în condiții reale;
- p_2/p_1 [-] - raportul de comprimare "pressure ratio";
- COP [-] - eficiența frigorifică "Coefficient of performance", definită prin:

$$COP = \frac{\dot{Q}_E}{\dot{W}};$$

- COP^* [-] - eficiența frigorifică definită prin: $COP^* = \frac{\dot{m}(h_2 - h_1)}{\dot{W}};$

Aplicații:

- Efectuați calculul termic pentru ciclul într-o treaptă de comprimare cu detentă uscată, în condiții ideale, pentru : $T_E = -10^\circ\text{C}$; $T_C = 45^\circ\text{C}$; $\dot{Q}_E = 5\text{kW}$; R134a; $\Delta T_{SH} = 0$; $\Delta T_{SC} = 0$; $\Delta T_{SH,SL} = 0$; $\Delta p_{SL} = 0$; $\Delta p_{DL} = 0$; fără schimbător intern de căldură; $\eta_{IS} = 1$; $f_Q = 0\%$.
- Considerați acest ciclu ca referință pentru studiul influenței diverșilor parametri de lucru, asupra următoarelor parametri de performanță: COP; \dot{m} ; T_2 .
 - Analizați influența supraîncălzirii în vaporizator ($\Delta T_{SH} = 0 \dots 7\text{K}$) și a subrăcirii în condensator ($\Delta T_{SC} = 0 \dots 5\text{K}$);
 - Analizați influența supraîncălzirii pe conducta de aspirație ($\Delta T_{SH,SL} = 0 \dots 5\text{K}$);
 - Analizați influența pierderilor de presiune pe conductele de aspirație ($\Delta p_{SL} = 0 \dots 5\text{K}$) și de refulare ($\Delta p_{DL} = 0 \dots 3\text{K}$);
 - Analizați influența randamentului termic al schimbătorului intern de căldură ($\eta_T = 0 \dots 1$);
 - Analizați influența randamentului izentropic al comprimării ($\eta_{IS} = 0.3 \dots 1$);
 - Analizați influența factorului de răcire a compresorului ($f_Q = 10 \dots 50\%$);
 - Analizați influența coeficientului de debit ($\eta_{VOL} = 0,5 \dots 1$).

Rezultatele se vor reprezenta grafic în Excel: