

CONDENSATOARELE POMPELOR DE CĂLDURĂ

Determinarea condițiilor interne de lucru ale pompelor de căldură, adică determinarea parametrilor termodinamici ai agentului frigorific utilizat în pompele de căldură, reprezintă o problemă foarte importantă, care în mod tradițional este tratată superficial de literatura de specialitate, de altfel destul de săracă în ceea ce privește pompele de căldură.

Este obligatorie cunoașterea exactă a condițiilor de lucru în care va funcționa o pompă de căldură, încă din faza de proiectare a sistemului de încălzire sau de preparare a apei calde menajere, în care va funcționa aceasta, pentru că aceste condiții determină în ultimă instanță parametrii de performanță ai echipamentului, în primul rând eficiența pompei de căldură.

În continuare vor fi prezentate principiile de bază ale calculului regimurilor termice pentru principalele schimbătoare de căldură, în special condensatoare și vaporizatoare, din diferite tipuri de pompe de căldură. Aceste regimuri termice vor evidenția condițiile particulare de lucru ale pompelor de căldură.

Regimul termic al condensatoarelor utilizate la încălzirea aerului

Procesul de condensare este reprezentat în figura 1, unde se observă că în interiorul țevilor, are loc întâi răcirea vaporilor până la saturație, apoi cantitatea de lichid crește treptat spre ieșirea agentului frigorific din aparat. Ultima porțiune a serpentinei, este integral umplută de lichid.

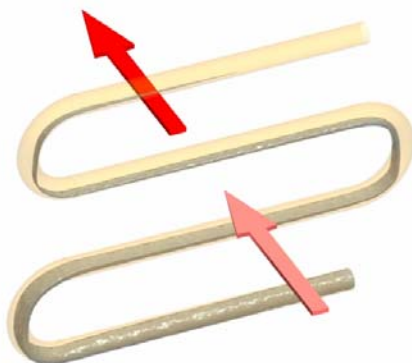


Fig. 1. Procesul de condensare

Schema de principiu a unui condensator care încălzește aerul, este prezentată în figurile 1 și 2. Agentul frigorific intră în aparat sub formă de vapori supraîncălziți (refulați de compresor) (v.si.), și iese din acesta sub formă de lichid subrăcit (l.s.). Aerul la intrarea în condensator (a.i.) este mai rece, iar la ieșirea din acesta (a.e.) devine mai cald, deoarece în aparat preia căldura cedată de agentul frigorific. În pompele de căldură care încălzesc aerul (cel mai adesea aparate de climatizare, care funcționează în regim de încălzire), aerul la intrarea în condensator este reprezentat de aerul din incinta încălzită de pompa de căldură. Aerul este încălzit în condensator pentru a se compensa pierderile de căldură prin pereții incintei și prin sistemul de ventilare, care introduce aer proaspăt și rece în incintă.

Presiunea agentului frigorific în condensator, este considerată constantă și are valoarea presiunii de condensare p_k . Această ipoteză este corectă în condițiile în care se

neglijează pierderile de presiune din condensator, datorate curgerii în condiții reale a agentului frigorific.

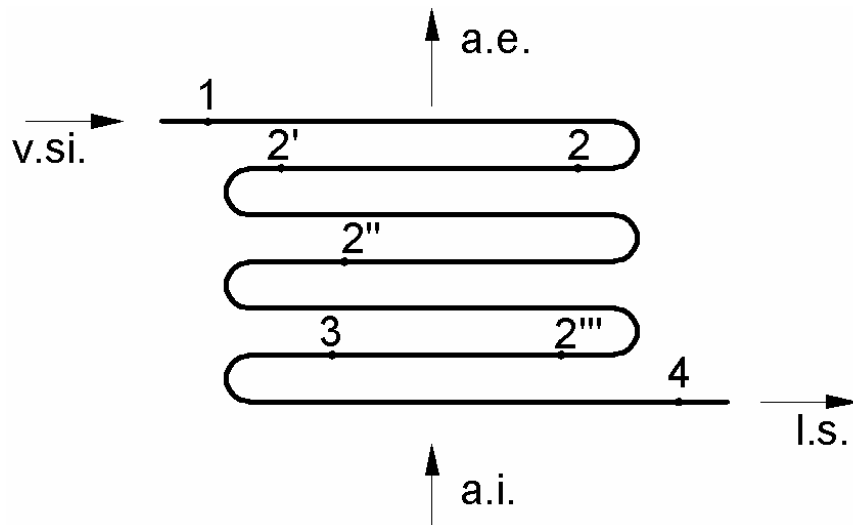


Fig. 2. Schema condensatorului pentru încălzirea aerului

Evoluția procesului de condensare, în interiorul țevii din care este construită serpentina condensatorului, este prezentată în figura 3.

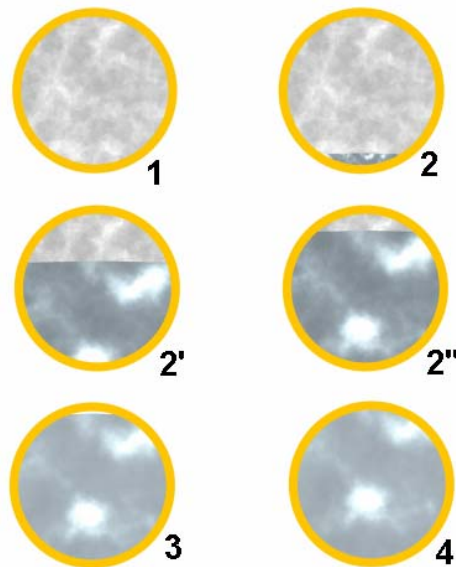


Fig. 3. Evoluția procesului de condensare în țevi

1-vapori supraîncălziți; 2-primele picături de lichid; 2', 2''-amestec de lichid și vapori saturați;
3-ultimele bule de vapori; 4-lichid subrăcit

La intrarea în condensator (1), vaporii sunt supraîncălziți. Această stare poate fi considerată cea de refulare a vaporilor din compresor. În contact termic cu aerul rece, temperatura vaporilor se reduce, așa cum se poate observa pe diagrama din figura 4, care prezintă variația temperaturii celor doi agenți de lucru, în lungul suprafeței de transfer termic. Procesul de răcire a vaporilor supraîncălziți, până la atingerea stării de saturație 1-2, este numit desupraîncălzire și pentru realizarea acestuia, este necesară o suprafață de schimb de căldură de cca. 10-20% din suprafața totală a condensatorului.

Condensarea propriu-zisă începe în momentul în care vaporii ajung la temperatura de condensare t_k , iar în țevă apare prima picătură de lichid saturat (2). Din acest moment, cantitatea de lichid din interiorul țevii crește continuu (2', 2''), până când la sfârșitul condensării, ultima bulă de vaporii își schimbă și aceasta starea de agregare (3).

Pe toată durata procesului de condensare 2-3, temperatura rămâne constantă, iar vaporii de agent frigorific sunt saturați și se găsesc în echilibru cu lichidul, care de asemenea este saturat.

Pentru condensarea propriu-zisă, este utilizată aproximativ 60-80% din suprafața totală a condensatorului.

În ultima parte a condensatorului, lichidul obținut, continuă să rămână în contact termic cu aerul rece și astfel condensul va continua să cedeze căldură, ajungând ca la ieșirea din aparat să fie ușor subrăcit. Pentru subrăcire, procesul 3-4, este utilizată cca. 10-20% din suprafața totală a condensatorului.

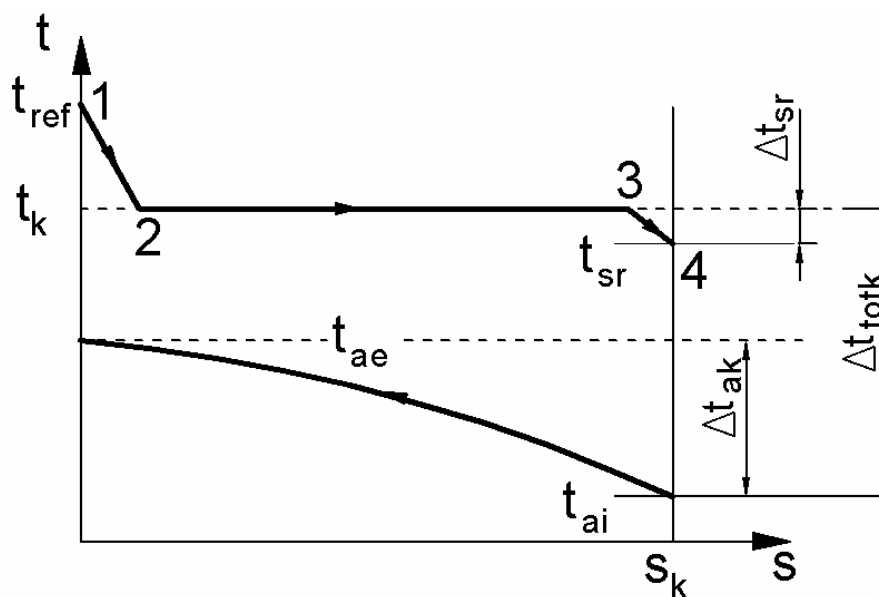


Fig. 4. Regimul termic al condensatorului pentru răcirea aerului

La intrarea în condensator, vaporii supraîncălziți (1) au temperatura de refulare t_{ref} , iar la ieșire, condensul are o temperatură ceva mai redusă decât temperatura de condensare, denumită temperatură de subrăcire t_{sr} .

Regimul termic al condensatorului care încălzește aer este influențat de caracteristicile constructive ale aparatului (materiale, dimensiuni geometrice, starea suprafețelor, etc.), de regimul de curgere (debite, respectiv viteze de curgere), modul de amplasare a ventilatoarelor care asigură circulația aerului, etc.

Calculul regimului termic al condensatorului care încălzește aer, constă în determinarea tuturor temperaturilor caracteristice. Un obiectiv important al calculului regimului termic, este determinarea temperaturii de condensare t_k , care reprezintă unul din parametrii interni de lucru ai instalației.

Temperatura aerului la intrarea în condensator t_{ai} , este cunoscută, reprezentând temperatura dorită a aerului, în incinta în care este amplasat condensatorul.

Temperatura aerului la ieșirea din condensator a fost notată, cu t_{ae} , iar variația temperaturii aerului în condensator, sau gradul de încălzire a aerului, a fost notată cu Δt_{ak} .

$$\Delta t_{ak} = t_{ae} - t_{ai} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Variația temperaturii aerului în condensator, are în cazul unor construcții uzuale și în condiții de lucru normale, valori în intervalul:

$$\Delta t_{ak} = 5 \dots 10^{\circ}\text{C}$$

Temperatura aerului, la ieșirea din condensator se poate determina cu relația:

$$t_{ae} = t_{ai} + \Delta t_{ak} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_{ae} = t_{ai} + 5 \dots 10 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Diferența dintre temperatura de condensare și temperatura aerului la ieșirea din aparat, este pentru construcții uzuale și condiții normale:

$$t_k - t_{ae} = 5 \dots 10^{\circ}\text{C}$$

Diferența totală de temperatură din condensator, este diferența dintre temperatura de condensare și cea a aerului la intrarea în acesta, iar în condițiile prezentate, se poate constata că valorile normale pentru aceasta sunt:

$$\Delta t_{totk} = t_k - t_{ai} = 10 \dots 20^{\circ}\text{C}$$

Temperatura de condensare, se poate determina direct în funcție de temperatura aerului la intrarea în condensator și diferența totală de temperatură în condensator:

$$t_k = t_{ai} + \Delta t_{totk} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_k = t_{ai} + 10 \dots 20 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Presiunea de condensare p_k , poate fi determinată ușor, dacă se cunoaște temperatura de condensare, cu ajutorul diagramelor sau tabelelor termodinamice, corespunzătoare agentului de lucru din instalație:

$$t_k \rightarrow p_k$$

Gradul de subrăcire a condensului Δt_{sr} , reprezintă diferența dintre temperatura de condensare și temperatura lichidului la ieșirea din condensator:

$$\Delta t_{sr} = t_k - t_{sr} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Valorile normale ale gradului de subrăcire, se încadrează în intervalul:

$$\Delta t_{sr} = 4 \dots 7^{\circ}\text{C}$$

Temperatura de subrăcire, cea la care iese agentul frigorific lichid din condensator, se poate calcula cu relația:

$$t_{sr} = t_k - \Delta t_{sr} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_{sr} = t_k - 4 \dots 7 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

În figura 5 este prezentat un exemplu de regim termic particular, pentru un condensator destinat încălzirii aerului, având o construcție uzuală și condiții de lucru normale.

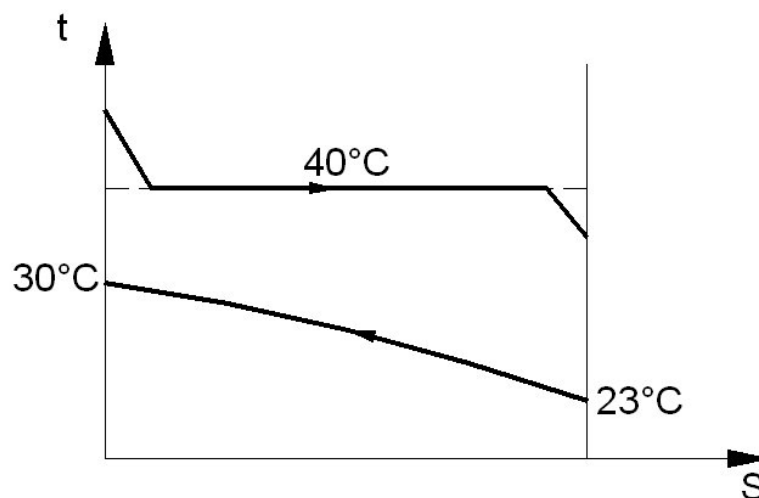


Fig. 5. Regim termic particular al unui condensator pentru încălzirea aerului

Regimul termic al condensatoarelor utilizate la încălzirea apei

Regimul termic de funcționare a condensatoarelor pompelor de căldură, destinate încălzirii apei, este independent de tipul sursei de căldură pe care o utilizează pompa de căldură, dar depinde de tipul aplicațiilor în care sunt utilizate aceste echipamente. Astfel, regimul termic al condensatoarelor pompelor de căldură utilizate pentru încălzire, este diferit de regimul termic al condensatoarelor pompelor de căldură utilizate pentru prepararea apei calde menajere. În continuare vor fi prezentate ambele aplicații uzuale ale pompelor de căldură.

Scopul calculului regimului termic al condensatorului, este determinarea temperaturii de condensare a agentului frigorific. Cunoșcând valoarea temperaturii de condensare, cu ajutorul tabelor sau diagramelor termodinamice, se poate determina presiunea de condensare, în funcție de natura agentului frigorific. Presiunea de condensare, reprezintă presiunea de refulare a compresorului și influențează valoarea puterii necesare desfășurării procesului de comprimare, deci valoarea consumului de energie electrică al compresorului.

La pompele de căldură actuale, indiferent de tipul sursei de căldură, condensatoarele destinate încălzirii apei, denumite și condensatoare răcite cu apă, sunt din punct de vedere constructiv, schimbătoare de căldură cu plăci, brazate. Condensatorul este montat în instalație, așa cum se observă în figura 6. Avantajul acestui tip de schimbătoare de căldură, este că permite funcționarea cu diferențe reduse de temperatură între cei doi agenți de lucru. Unul din cele două circuite ale condensatorului, este utilizat de agentul frigorific refulat din compresor, care intră în aparat cu starea termodinamică de vapori supraîncălziți la temperatura de refulare și condensează, cedând căldură. Al doilea circuit, este utilizat de agentul termic (apă sau agent intermediar de tip antigel), care preia căldura rezultată în urma condensării.

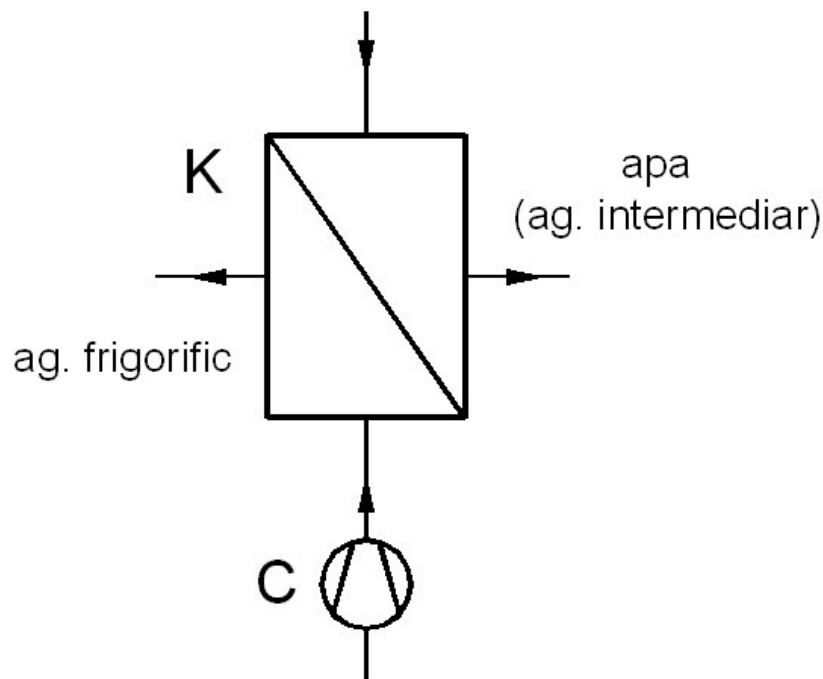


Fig. 6. Schema de montaj a condensatorului pompei de căldură, utilizat la încălzirea apei
C – compresor; K - condensator

În figura 7, este prezentat regimul termic al acestor tipuri de condensatoare, în diagrama temperatură – suprafață de transfer termic.

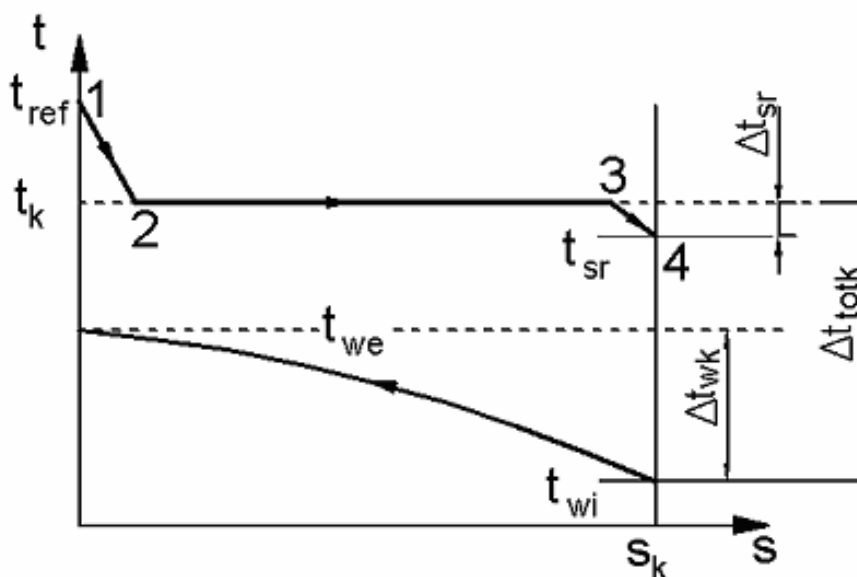


Fig. 7. Regimul termic al condensatorului pentru încălzirea apei

Vaporii de agent frigorific, intră în condensator cu starea 1, la temperatura de refulare din compresor t_{ref} . În contact termic cu apa, sau agentul intermediar care preia căldura, temperatura vaporilor supraîncălziți se reduce, așa cum se poate observa pe diagramă. Desupraîncălzirea 1-2 se realizează pe prima porțiune a suprafeței de transfer termic, din punct de vedere al agentului frigorific, reprezentând cca. 10% din suprafața totală a condensatorului.

Condensarea propriu-zisă începe în momentul în care vaporii ajung la temperatura de condensare t_k , moment în care se formează prima picătură de lichid saturat (2). Din acest moment, cantitatea de agent frigorific lichid formată, crește continuu (2', 2'', 2'''), până când la sfârșitul condensării vaporii își schimbă integral starea de agregare (3).

Pe toată durata procesului de condensare 2-3, temperatura rămâne constantă la valoarea t_k , iar vaporii de agent frigorific sunt saturați și se găsesc în echilibru cu lichidul, care de asemenea este saturat.

Pentru condensarea propriu-zisă este utilizată aproximativ 80% din suprafața totală a condensatorului.

Pe ultima porțiune din suprafața de transfer termic a condensatorului, agentul frigorific lichid continuă să se găsească în contact termic cu apa sau agentul intermediar și astfel condensul va continua să cedeze căldură, ajungând ca la ieșirea din aparat să fie ușor subrăcit. Subrăcirea este realizată pe cca. 10% din suprafața totală a condensatorului.

Regimul termic al condensatorului care încălzește apă este influențat de caracteristicile constructive ale aparatului (materiale, dimensiuni geometrice, starea suprafețelor, etc.), de regimul de curgere (debite, respectiv viteze de curgere), etc.

Temperatura apei la intrarea în condensator t_{wi} , este determinantă pentru condițiile în care se realizează condensarea și depinde de tipul aplicației în care este utilizată pompa de căldură.

Temperatura apei la ieșirea din condensator a fost notată, cu t_{we} , iar variația temperaturii aerului în condensator, sau gradul de încălzire a aerului, a fost notată cu Δt_{wk} .

$$\Delta t_{wk} = t_{we} - t_{wi} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Variația temperaturii apei în condensator, pentru construcții uzuale și condiții de lucru normale, are valori în intervalul:

$$\Delta t_{wk} = 3 \dots 7^{\circ}\text{C}$$

Temperatura apei, la ieșirea din condensator se poate determina cu relația:

$$t_{we} = t_{wi} + \Delta t_{wk} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_{we} = t_{wi} + 3 \dots 7 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Diferența dintre temperatura de condensare și temperatura apei la ieșirea din aparat, este pentru construcții uzuale și condiții normale:

$$t_k - t_{we} = 3 \dots 5^{\circ}\text{C}$$

Diferența totală de temperatură din condensator, are în condițiile prezentate valori normale situate în intervalul:

$$\Delta t_{totk} = t_k - t_{wi} = 6 \dots 12^{\circ}\text{C}$$

Temperatura de condensare se poate determina direct în funcție de temperatura apei și diferența totală de temperatură din condensator:

$$t_k = t_{wi} + \Delta t_{totk} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_k = t_{wi} + 6 \dots 12 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Presiunea de condensare p_k , poate fi determinată în funcție de temperatura de condensare, cu ajutorul diagramelor sau tabelelor termodinamice, corespunzătoare agentului de lucru din instalație:

$$t_k \rightarrow p_k$$

Gradul de subrăcire a condensului Δt_{sr} , reprezintă diferența dintre temperatura de condensare și temperatura lichidului la ieșirea din condensator:

$$\Delta t_{sr} = t_k - t_{sr} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Valorile normale ale gradului de subrăcire, se încadrează în intervalul:

$$\Delta t_{sr} = 4 \dots 7^{\circ}\text{C}$$

Temperatura de subrăcire, cea la care iese agentul frigorific lichid din condensator, se poate calcula cu relația:

$$t_{sr} = t_k - \Delta t_{sr} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_{sr} = t_k - 4 \dots 7 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Condensator utilizat la încălzirea în pardosea

În figura 8 este prezentată schema de montaj a condensatorului unei pompe de căldură, într-un sistem de încălzire prin pardosea.

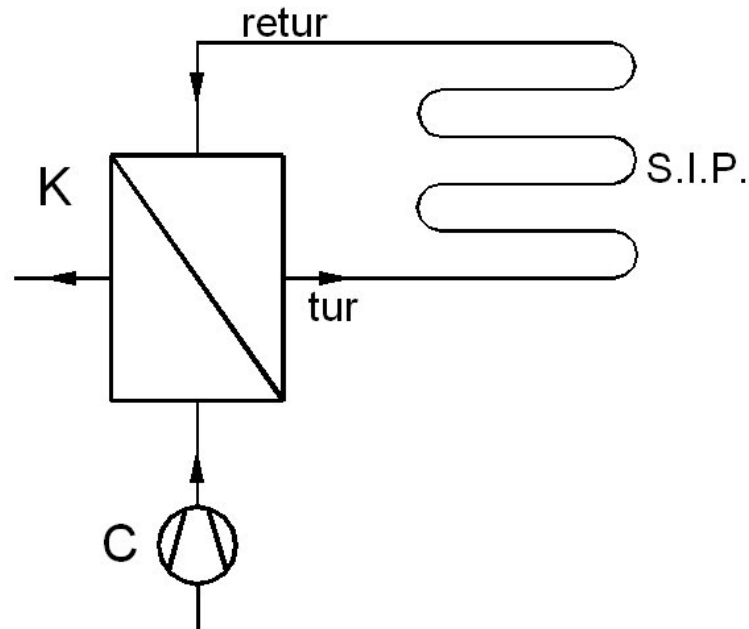


Fig. 8. Schema de montaj a condensatorului pompei de căldură într-un sistem de încălzire prin pardosea

C – compresor; K – condensator; SIP – sistem de încălzire prin pardosea

În cazul utilizării unui asemenea sistem de încălzire, temperatura pardoselii poate fi considerată relativ constantă. Valoarea acestei temperaturi depinde de tipul materialelor utilizate la finisajul pardoselii (gresie, marmură, parchet, mochetă, etc.). Uzual, valoarea acestei temperaturi se găsește în intervalul 25...29°C. Temperatura agentului termic din serpentinele sistemului de încălzire prin pardosea, este cu câteva grade mai mare decât temperatura pardoselii, pentru a putea să transfere căldură acesteia.

Regimul termic al serpentinei sistemului de încălzire prin pardosea, este prezentat în figura 9.

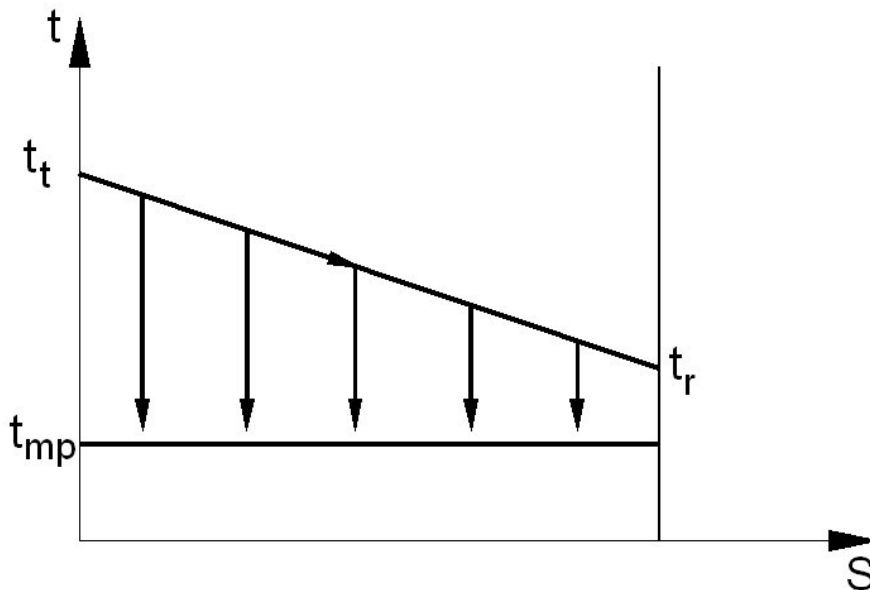


Fig. 9. Regimul termic al serpentinei sistemului de încălzire prin pardosea
 t_{mp} – temperatura medie a pardoselii; t_t – temperatura pe tur; t_r – temperatura pe retur

Diferențele de temperatură dintre temperatura pardoselii și temperatura agentului termic preparat în condensatorul pompei de căldură sunt reduse. Astfel se poate considera:

$$t_r = t_{mp} + (2...3)^\circ\text{C}$$

$$t_t = t_{mp} + (5...9)^\circ\text{C}$$

$$t_t - t_r = (3...6)^\circ\text{C}$$

În condensatorul pompei de căldură, agentul termic trebuie să primească în principiu aceeași cantitate de căldură pe care a cedat-o în sistemul de încălzire prin pardosea, sau altfel spus, sarcina termică a condensatorului, trebuie să fie egală cu a serpentinei de încălzire prin pardosea. În orice caz, în condensator, temperatura agentului termic se modifică de la valoarea t_r la valoarea t_t . Temperatura agentului frigorific din condensator, trebuie să fie în orice secțiune a acestuia, superioară temperaturii agentului termic.

Regimul termic al condensatorului este prezentat în figura 10.

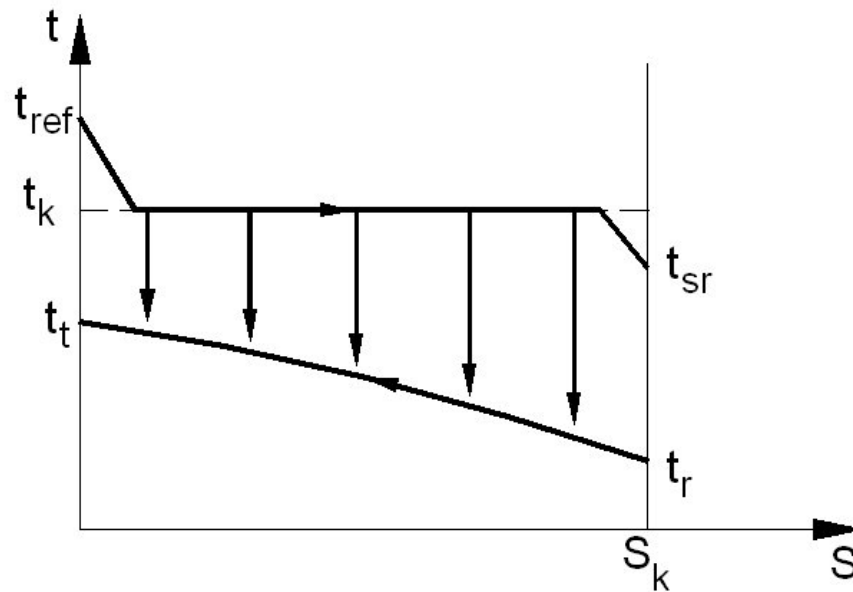


Fig. 10. Regimul termic al condensatorului

t_t – temperatura pe tur; t_r – temperatura pe retur;
 t_{ref} – temperatura de refulare; t_k – temperatura de condensare; t_{sr} – temperatura de subrăcire

Temperatura de refulare a vaporilor din compresor, depinde de condițiile de funcționare ale compresorului și de natura agentului frigorific din pompa de căldură.

Temperatura de condensare, poate fi calculată în funcție de valoarea temperaturii agentului termic pe turul sau pe returul sistemului de încălzire în pardosea.

$$t_k = t_t + (6 \dots 12)^\circ\text{C}$$

$$t_k = t_r + (3 \dots 6)^\circ\text{C}$$

În figura 11, sunt prezentate pe o singură diagramă temperatură – suprafață de transfer termic, regimurile termice pentru serpentinele sistemului de încălzire în pardosea și pentru condensatorul pompei de căldură, cu evidențierea diferențelor de temperatură caracteristice acestor regimuri termice.

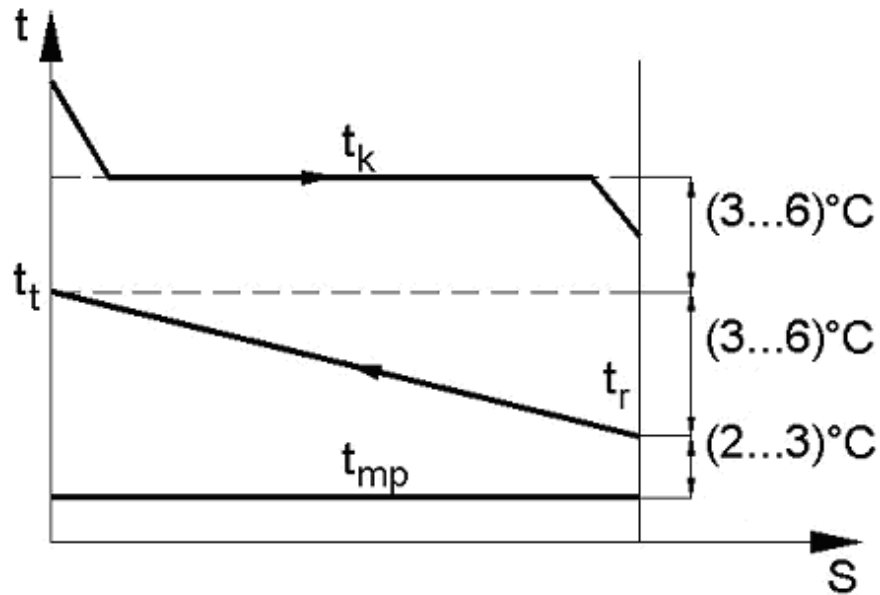


Fig. 11. Regimurile termice pt. serpentinele sistemului de încălzire și pt. condensator

Temperatura de condensare poate fi determinată și direct în funcție de temperatura medie a pardoselii:

$$t_k = t_{mp} + (8...15)^\circ\text{C}$$

Indiferent de metoda prin care este determinată temperatura de condensare, cu ajutorul acesteia, din tabele și diagrame termodinamice poate fi determinată presiunea de condensare:

$$t_k \rightarrow p_k$$

În figura 12, este prezentat un regim termic particular pentru serpentinele sistemului de încălzire prin pardosea și pentru condensatorul pompei de căldură.

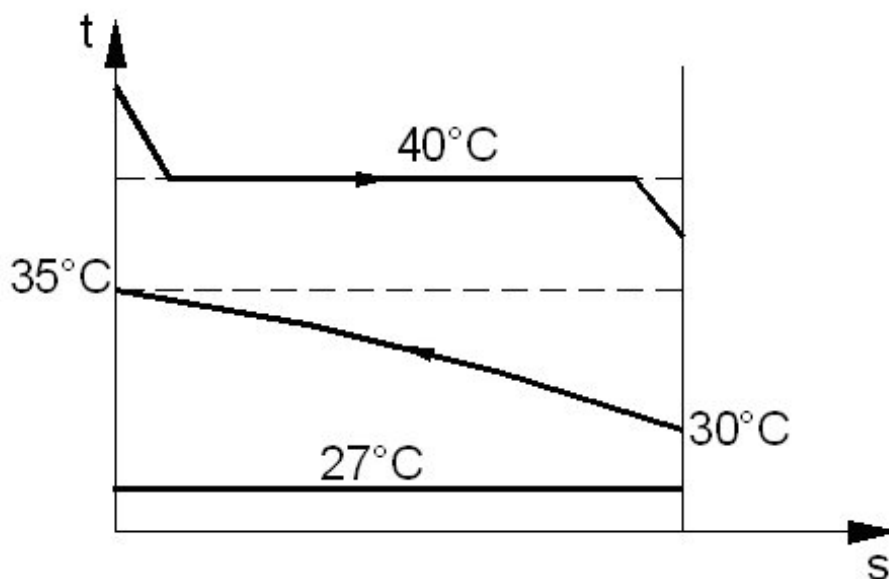


Fig. 12. Regimuri termice particulare pt. serpentinele sistemului de încălzire și pt. condensator

Observație privind sistemele de încălzire cu radiatoare!

Dacă sistemul de încălzire prin pardosea este înlocuit de un sistem clasic de încălzire, cu ajutorul unor radiatoare termice (calorifere), principiul de calcul pentru regimurile termice și pentru temperatura de condensare rămâne același. Se modifică doar diferențele de temperatură, dar aceste modificări sunt semnificative, iar condițiile de lucru care rezultă pentru pompa de căldură în cazul unui asemenea regim termic sunt mai nefavorabile decât în cazul sistemelor de încălzire prin pardosea și prin pereți, corespunzând unor consumuri energetice mai ridicate, respectiv unei eficiențe a pompei de căldură mai scăzute.

Modificarea regimului termic este datorată în primul rând construcției și modului de dimensionare a radiatoarelor termice. În sistemele de încălzire clasice, radiatoarele sunt dimensionate pentru a funcționa cu agent termic mult mai cald decât cel furnizat de pompele de căldură. Regimul termic nominal al acestor radiatoare este de 70...90°C pe tur, respectiv 50...70°C pe retur, ceea ce corespunde unei diferențe de temperatură între tur și retur de cca. 20°C, față de 3...6°C în cazul sistemului de încălzire prin pardosea și pereți.

Singura soluție de a modifica regimul termic al radiatoarelor, în sensul reducerii diferenței de temperatură între tur și retur, este de a mări corespunzător suprafața de transfer termic a radiatoarelor. Astfel, pentru o diferență de temperatură între tur și retur de 10°C, trebuie în principiu dublată suprafața de transfer termic, iar pentru o diferență de temperatură între tur și retur de 5°C, această suprafață trebuie mărită de 4 ori.

În cazul utilizării pompelor de căldură cuplate cu un sistem de încălzire bazat pe radiatoare de acest tip, temperatura de condensare se găsește uzual în intervalul $t_k = 50...55^\circ\text{C}$, temperatura pe turul agentului termic utilizat pentru încălzire se găsește uzual în intervalul $t_t = 45...50^\circ\text{C}$, iar temperatura pe returul agentului termic utilizat se găsește uzual în intervalul $t_r = 40...45^\circ\text{C}$.

Temperatura de condensare, poate fi calculată în funcție de valoarea temperaturii agentului termic pe turul sau pe returul sistemului de încălzire în pardosea.

$$t_k = t_r + (10...15)^\circ\text{C}$$

$$t_k = t_t + (5...10)^\circ\text{C}$$

Observație privind sistemele de încălzire cu ventiloconvectoare!

În cazul utilizării unui sistem de încălzire bazat pe ventiloconvectoare, regimurile termice ale ventiloconvectoarelor și al condensatorului sunt asemănătoare din punct de vedere al diferențelor de temperatură cu regimurile termice ale sistemului de încălzire prin pardosea. Cea mai importantă deosebire este aceea că temperaturile pe turul și returul agentului de încălzire, respectiv temperatura de condensare, sunt mai ridicate cu cca. 5°C.

În cazul utilizării pompelor de căldură cuplate cu un sistem de încălzire bazat pe ventiloconvectoare, temperatura de condensare se găsește uzual în intervalul $t_k = 45...50^\circ\text{C}$, temperatura pe turul agentului termic utilizat pentru încălzire se găsește uzual în intervalul $t_t = 40...45^\circ\text{C}$, iar temperatura pe returul agentului termic utilizat se găsește uzual în intervalul $t_r = 35...40^\circ\text{C}$.

Temperatura de condensare, poate fi calculată în funcție de valoarea temperaturii agentului termic pe turul sau pe returul sistemului de încălzire în pardosea.

$$t_k = t_r + (6...15)^\circ\text{C}$$

$$t_k = t_t + (5...10)^\circ\text{C}$$

Observație privind sistemele de încălzire a apei în piscine!

În cazul utilizării condensatorului pompei de căldură, pentru încălzirea apei din piscine, se poate considera că regimul termic al condensatorului va fi aproximativ același cu regimul termic în cazul încălzirii prin pardosea, deoarece temperatura la care trebuie menținută apa din piscinele încălzite, temperatură care determină regimul termic al condensatorului, este foarte apropiată de temperatura medie a pardoselei.

Uzual, valoarea temperaturii apei din piscine se găsește în intervalul $22...25^\circ\text{C}$. Temperatura agentului termic din serpentinele sistemului de încălzire prin pardosea, este cu câteva grade mai mare decât temperatura apei din piscine, pentru a putea să transfere căldură acesteia.

În cazul utilizării pompelor de căldură pentru încălzirea apei din piscine, temperatura de condensare se găsește uzual în intervalul $t_k = 35...40^\circ\text{C}$, temperatura pe turul agentului termic utilizat pentru încălzirea apei se găsește uzual în intervalul $t_t = 30...35^\circ\text{C}$, iar temperatura pe returul agentului termic utilizat pentru încălzirea apei se găsește uzual în intervalul $t_r = 25...30^\circ\text{C}$.

Temperatura de condensare, poate fi calculată în funcție de valoarea temperaturii agentului termic pe turul sau pe returul sistemului de încălzire a apei din piscine.

$$t_k = t_r + (6...15)^\circ\text{C}$$

$$t_k = t_t + (3...10)^\circ\text{C}$$

Condensator utilizat la încălzirea apei calde menajere

Așa cum s-a arătat și în alte paragrafe, în cazul utilizării surselor regenerabile de energie, apa caldă se prepară în regim de acumulare, nu în regim instant, iar această regulă este valabilă și în cazul pompelor de căldură. În figura 13, este prezentată schema de montaj a condensatorului unei pompe de căldură, într-un sistem de preparare a apei calde menajere într-un boiler.

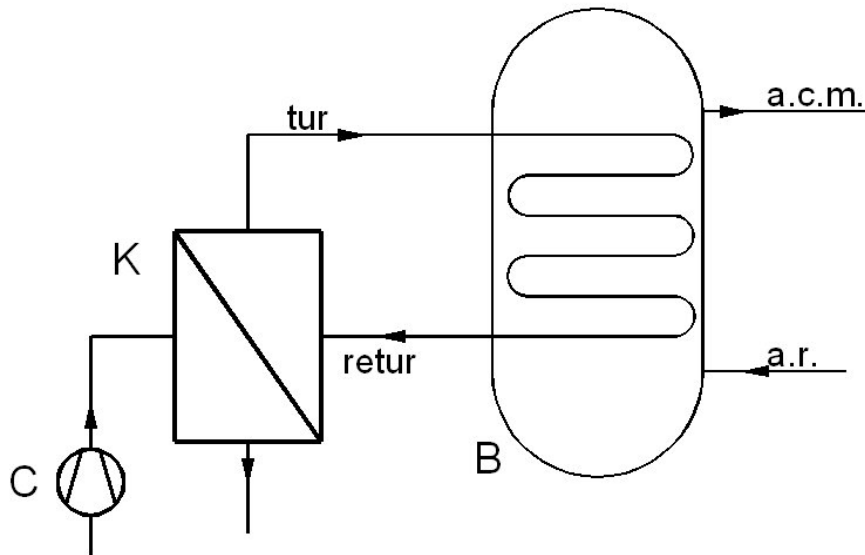


Fig. 13. Schema de montaj a condensatorului pompei de căldură într-un sistem de preparare a apei calde menajere

C – compresor; K – condensator; B – boiler pt. apă caldă menajeră; a.r. – apă rece; a.c.m. – apă caldă menajeră

În cazul utilizării unui asemenea sistem de preparare a apei calde menajere, trebuie să se țină seama de faptul că în boiler temperatura este variabilă pe înălțimea boilerului. Astfel în partea inferioară apa este mai rece, iar în partea superioară este mai caldă. În consecință, serpentina de încălzire a boilerului trebuie racordată cu partea superioară la tur și cu partea inferioară la returul sistemului de încălzire, care în acest caz este reprezentat de condensatorul pompei de căldură. Variația temperaturii apei în interiorul boilerului, este foarte variabilă, de la câteva zeci de grade (la sfârșitul unei perioade cu consum intens de apă caldă), până la câteva grade (la sfârșitul unei perioade îndelungate de încălzire a apei). Valoarea temperaturii până la care se încălzește apa din boiler, temperatură la care aceasta este livrată utilizatorului, poate fi considerată în cazul utilizării pompelor de căldură, de cca. 45°C. Această valoare poate fi asimilată cu valoarea maximă a temperaturii apei din boiler. Adesea, boilerelor încălzite cu ajutorul pompelor de căldură, sau energiei solare, sunt prevăzute cu două serpentine, pentru a putea să funcționeze în regim bivalent. În acest caz, cele două serpentine sunt racordate la surse diferite de energie termică. În plus, de regulă, boilerelor pentru prepararea apei calde menajere, sunt prevăzute și cu câte o rezistență electrică, pentru a face față în cazul unor consumuri de apă caldă având valori mai ridicate decât în mod normal.

Variația temperaturii apei în interiorul unui boiler este reprezentată în figura 14.

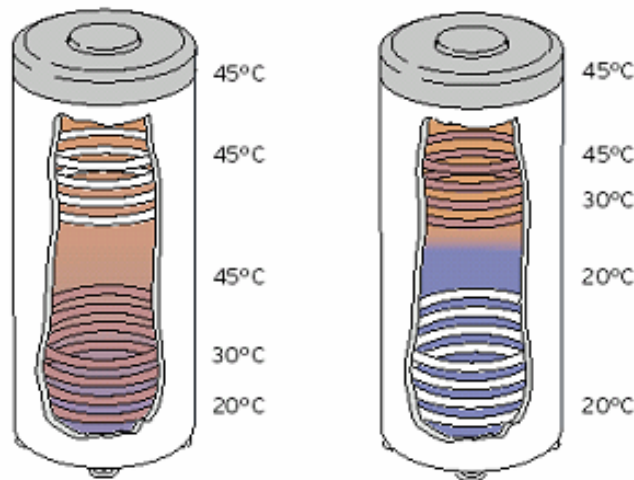


Fig. 14. Variația temperaturii apei în boilere bivalente, în două situații

- varianta în care funcționează doar serpentina inferioară
- varianta în care funcționează doar serpentina superioară

www.vaillant.com

Temperatura agentului termic furnizat de pompa de căldură, trebuie să fie cu câteva grade mai mare decât temperatura apei din boiler, în zona în care este amplasată serpentina racordată la condensatorul pompei de căldură, pentru a putea să transfere căldură apei. În cazul boilerelor bivalente (cu două serpentine), pompa de căldură este racordată la serpentina inferioară, iar serpentina superioară este racordată la o sursă de căldură care asigură o temperatură mai ridicată agentului termic (de exemplu un sistem de încălzire cu colectori solari, sau un cazan cu funcționare pe biomasă solidă).

Regimul termic al serpentinei boilerului, este prezentat în figura 15.

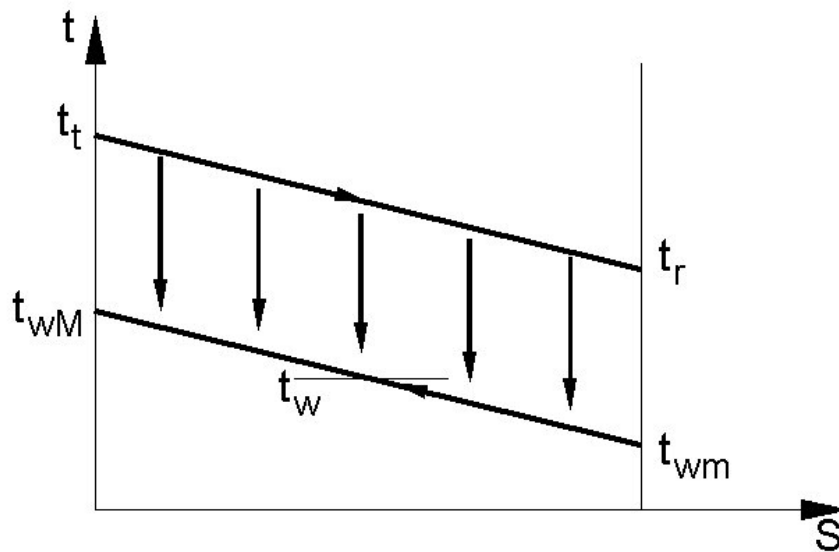


Fig. 15. Regimul termic al serpentinei boilerului

t_{wm} – temperatura minimă a apei din boiler; t_{wM} – temperatura maximă a apei din boiler;
 t_w – temperatura medie a apei din boiler;
 t_t – temperatura pe tur; t_r – temperatura pe retur

Variația temperaturii apei din boiler, adică diferența dintre temperatura minimă a apei din boiler t_{wm} și temperatura maximă a apei din boiler t_{wM} este:

$$t_{wM} - t_{wm} = (4...6)^\circ\text{C} \dots (20...25)^\circ\text{C}$$

Valorile mai reduse corespund regimului de funcționare a boilerului, după o perioadă îndelungată de încălzire a apei, în absența consumului, iar valorile mai ridicate, corespund regimului de funcționare a boilerului, după o perioadă îndelungată cu consum intens de apă caldă, caracterizată printr-o cantitate mare de apă rece, proaspăt introdusă în boiler.

Diferența dintre temperatura pe tur și retur pentru apa sau agentului termic din interiorul serpentinei este:

$$t_t - t_r = (4...6)^\circ\text{C}$$

În condensatorul pompei de căldură, agentul termic trebuie să primească în principiu aceeași cantitate de căldură cu cea pe care a cedat-o în serpentina boilerului, sau altfel spus, sarcina termică a condensatorului, trebuie să fie egală cu cea a serpentinei boilerului. În orice caz, în condensator, temperatura agentului termic se modifică de la valoarea t_r la valoarea t_t . Temperatura agentului frigorific din condensator, trebuie să fie în orice secțiune a acestuia, superioară temperaturii agentului termic.

Regimul termic al condensatorului pompei de căldură utilizate pentru încălzirea apei, este din punct de vedere calitativ același cu al condensatorului pompei de căldură utilizate pentru încălzirea prin pardoseală, care este prezentat în figura 10. Notațiile pot fi utilizate și în cazul condensatorului destinat preparării apei calde menajere. Diferă doar valorile efective ale temperaturilor indicate pe figură.

Temperatura de condensare poate fi calculată în funcție de valoarea temperaturii agentului termic pe turul sau pe returul sistemului de preparare a apei calde menajere.

$$t_k = t_r + (7...12)^\circ\text{C}$$

$$t_k = t_t + (3...6)^\circ\text{C}$$

În figura 16, sunt prezentate pe o singură diagramă temperatură – suprafață de transfer termic, regimurile termice pentru serpentina boilerului și pentru condensatorul pompei de căldură, cu evidențierea diferențelor de temperatură caracteristice acestor regimuri termice.

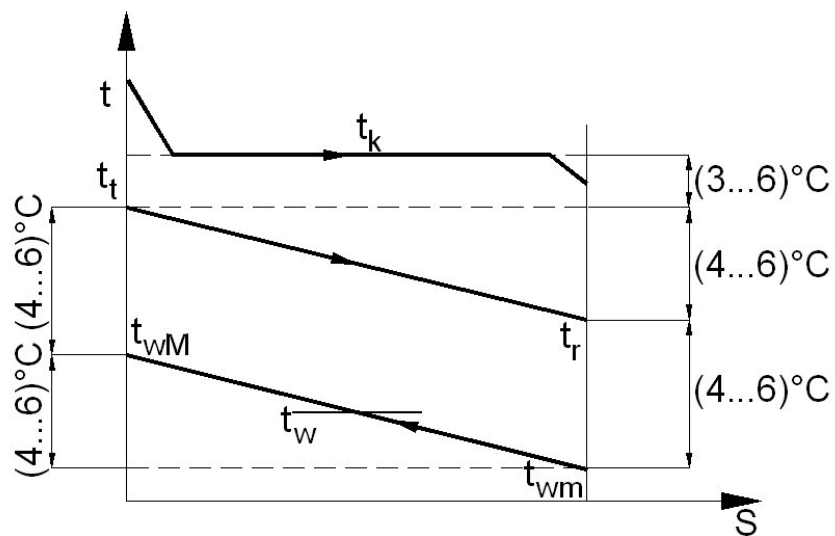


Fig. 16. Regimurile termice pt. serpentina boilerului și pt. condensator

Indiferent de metoda prin care este determinată temperatura de condensare, cu ajutorul acesteia, din tabele și diagrame termodinamice poate fi determinată presiunea de condensare:

$$t_k \rightarrow p_k$$

În figura 17, este prezentat un regim termic particular pentru serpentina boilerului și pentru condensatorul pompei de căldură.

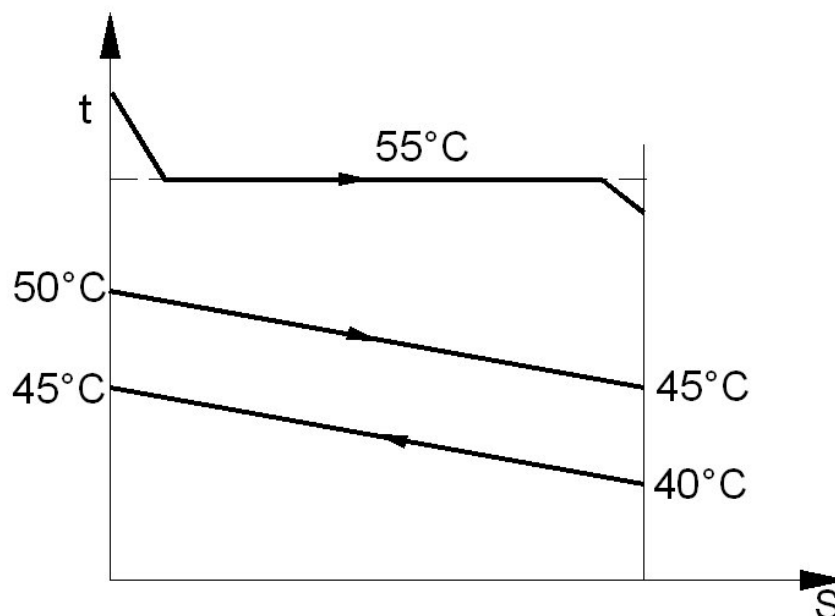


Fig. 17. Regimuri termice particulare pt. serpentina boilerului și pt. condensator

Observație!

Dacă se efectuează o analiză comparativă între regimurile termice ale condensatoarelor pompelor de căldură utilizate în sistemele de încălzire prin pardosea, respectiv în sistemele pentru prepararea apei calde menajere, se observă că temperatura de condensare este ceva mai ridicată în cazul utilizării pompelor de căldură

la prepararea apei calde menajere, ceea ce sugerează că și eficiența termică a acestor pompe de căldură va fi ceva mai scăzută decât a celor utilizate exclusiv pentru încălzire.

Regimul termic al condensatoarelor pentru încălzirea apei calde menajere, este foarte apropiat de cel al condensatoarelor utilizate pentru încălzire cu radiatoare clasice.