Dobrinescu, D., Procese de transfer termic şi utilaje specifice, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983.
(Cap. A.1.1)

METODE DE CALCUL SPECIFICE ŞI EXEMPLE DE DIMENSIONARE TEHNOLOGICĂ

Anexa 1.

AGENŢI TERMICI DE ÎNCĂLZIRE SAU RĂCIRE

În cadrul acestui paragraf, se vor prezenta cîteva generalităţi privind agenţii termici de încălzire sau răcire şi agenţii termici intermediari, se vor discuta pe scurt principiile obţinerii temperaturilor joase şi se vor reda cîteva date mai deosebite privind proprietăţile fizice ale fluidelor.

A. 1.1. GENERALITĂŢI ASUPRA AGENŢILOR TERMICI

Agenţii termici de încălzire clasici sînt apa caldă, aburul şi gazele de ardere. Apa caldă este obişnuit condensul obţinut din abur, la o presiune puţin superioară presiunii atmosferice şi o temperatură ceva mai mare decît 100°C, şi este utilizată în general pentru încălziri de produse grele, în scopul evitării congelării şi reducerii viscozităţii (de exemplu, preîncălzirea materiei prime lichide în instalaţiile de negru de fum). Încălzirile cu apă caldă se fac pînă la temperaturi de maximum 100°C.

Aburul utilizat ca agent de încălzire este întotdeauna abur saturat, la o presiune joasă sau medie, spre deosebire de aburul utilizat ca agent energetic (prin destindere într-o turbină se produce lucru mecanic), care este abur supraîncălzit de presiune medie sau ridicată. Se preferă pentru încălziri abur saturat, pentru că acesta prin cedare de căldură condensează practic izotermic, coeficientul de transfer de căldură fiind ridicat iar aria de transfer necesară redusă. Încălzirile cu abur se întîlnesc frecvent la refierbătoarele coloanelor de fracţionare, temperaturile realizate fiind în general sub 200°C, iar sarcinile termice relativ reduse.

Pentru încălziri la temperaturi ridicate şi în general la sarcini termice mari, se utilizează ca agent termic gazele obţinute prin ardere de combustibil. Încălzirea electrică fiind neeconomică este foarte puţin întîlnită în industria petrochimică şi obişnuit la sarcini termice mici (exemple: topirea iniţială a sărurilor utilizate ca agent termic intermediar în unele instalaţii petrochimice; evitarea congelării unor substanţe transportate pe conducte; evitarea înghetării solului sub rezervoarele de depozitare criogenică a hidrocarburilor uşoare).

Cum eficienţa economică a unei instalaţii tehnologice creşte odată cu creşterea gradului de regenerare a căldurii, este bine să se realizeze un

Dobrinescu, D., Procese de transfer termic şi utilaje specifice, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983.
(Cap. A.1.1)

schimb de căldură cît mai intens între efluenţi şi materia primă care alimentează instalaţia. În astfel de cazuri, efluenţii sînt agenţi termici de încălzire în raport cu materia primă. Asemănător este şi cazul în care din efluenţi se recuperează căldură, pentru generare de abur etc.

În cazul în care într-o instalaţie tehnologică se utilizează un agent termic intermediar (de exemplu, ulei), în circuit închis, care transportă căldură de la un flux cald la un flux rece, agentul termic intermediar este parţial şi agent termic de încălzire.

Ca o curiozitate, poate fi amintit ca agent termic de încălzire, heliul. Într-un combinat petrochimic din Japonia, deservit de o centrală nucleară, răcirea reactorului se face cu heliu, care se încălzeşte pînă la 1 000°C. Căldura obţinută din energia atomică este transportată de heliu şi utilizată în combinat pentru termoficare (generare de abur tehnologic şi energie electrică) şi pentru realizarea unor încălziri la temperatură ridicată (încălzire la reactorul de gaz de sinteză), înlocuindu-se arderea de combustibil.

Agenţii termici de răcire clasici sînt apa, aerul şi agenţii frigorifici. Apa utilizată ca agent de răcire este în majoritatea cazurilor apă de recirculare (apa caldă este răcită în turnuri de răcire prin contact direct cu aerul atmosferic şi repompată la răcitoare şi condensatoare), Apa de recirculare prezintă dezavantajul că are o temperatură variabilă, dependentă de temperatura atmosferică. Răcitoarele şi condensatoarele cu apă de recirculare se dimensionează pentru cazul defavorabil, luîndu-se temperatura iniţială a apei 28 . . . 30°C. Se admite o încălzire a apei cu numai 10 . . . 15°C, pentru ca pierderile de apă prin evaporare în turnul de răcire să nu fie prea mari şi pentru ca depunerile să fie mai reduse. Se compensează permanent aceste pierderi, adăugîndu-se în circuit apă, preferabil dedurizată sau demineralizată.

Apa de puţ, extrasă din pînze freatice mai bogate şi de adîncime relativ mare, este mai costisitoare şi nu pot fi asigurate debite mari. Ea prezintă avantajul că are o temperatură practic constantă, independentă de temperatura atmosferică, de ordinul 14 . . . 18°C.

Mai rar se întîlnesc şi răciri directe cu apă de rîu sau apă de mare. Apa de mare nu formează straturi de depuneri însemnate, numai în cazul în care se asigură: o temperatură a peretelui tubului sub 70°C, încălzire cu numai cîteva grade şi viteză mare de circulaţie a apei.

Aerul este utilizat ca agent de răcire în special la răcitoarele şi condensatoarele cu aer, cu tuburi cu aripioare, şi la turnurile de răcire a apei. Prezintă dezavantajul că temperatura sa este variabilă şi dezavantajul că la răcitoare şi condensatoare este costisitoare circularea sa forţată cu ajutorul ventilatoarelor. În proiectare se ia pentru aer o temperatură defavorabilă (30 . . . 32°C), admiţîndu-se răciri în răcitoarele şi condensatoarele de suprafaţă pînă la aproximativ 50 . . . 60°C.

Presiunea la care lucrează o coloană de fracţionare este dependentă de temperatura asigurată în condensatorul de vîrf, iar aceasta de temperatura agentului de răcire utilizat la condensator (cu apă de recirculare se poate asigura în condensator o temperatură de aproximativ 40°C, iar cu apă de puţ o temperatură de 30°C).

Răcirile mai avansate, necesare în multe cazuri, se asigură cu agenţi frigorifici. Agenţii frigorifici propriu-zişi sînt substanţe individuale (amoniac, propan, propilenă, etilenă, freon 12, freon 22 etc.) în faza lichidă, care prin absorbţie de căldură se vaporizează izotermic, la o presiune apropiată de presiunea atmosferică, deci la o temperatură apropriată de

Dobrinescu, D., Procese de transfer termic şi utilaje specifice, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983.
(Cap. A.1.1)

temperatura normală de fierbere (cu propan poate fi realizată o temperatură de aproximativ —35°C, iar cu etilenă de —95°C).

Agenții termici intermediari sînt uneori și agenți termici de răcire. Agenții termici intermediari se utilizează în circuit închis, fie în domeniul temperaturilor ridicate, fie în domeniul temperaturilor joase. De asemenea, și materiile prime constituie agenți de răcire în raport cu efluenții calzi cu care schimbă căldură, sau apa din care se generează abur prin recuperare de căldură.

Două exemple mai deosebite de agenți termici de răcire: aburul este utilizat ca agent de răcire în unele instalații de piroliză, injectîndu-se în produsele de reacție cu temperatura de 800 . . . 850°C evacuate din cuptor; apa este utilizată ca agent de răcire în instalațiile de negru de fum, fiind injectată și vaporizîndu-se în produsele de reacție cu o temperatură de peste 1 000°C, pentru înghețarea reacțiilor.

Agenții termici intermediari se utilizează în circuit închis, transportînd căldură de la un flux mai cald la un flux mai rece și lucrînd în domeniul cald sau în domeniul frigorific.

În unele sisteme frigorifice, prin vaporizarea agentului frigorific propriu-zis se răcește un agent termic intermediar, utilizat în fază lichidă, care servește apoi pentru diverse răciri sau condensări la temperaturi joase. Se întîlnesc mai frecvent ca agenți termici intermediari, frigorifici, metanolul (răcit cu etilenă și utilizat la separarea paraxilenului prin cristalizare), sola de clorură de calciu (răcită cu amoniac și utilizată în mai multe instalații petrochimice și la fabricarea parafinei), petrolul, sola de clorură de sodiu, soluția de dietilenglicol etc.

Dintre agenții termici intermediari mai frecvent utilizați (agenți ce prezintă stabilitate termică la temperaturi de lucru ridicate) sînt de amintit următorii: amestecul eutectic de difenil oxid și difenil (numiri comerciale: difil, dowthermA, thermex), amestecul de săruri topite și, mai recent, amestecul de dibenzilbenzeni (utilizabil între —15 și +350°C).

Difilul conține 73,5% masă difenil oxid și 26,5% masă difenil, are temperatura de solidificare 12°C și temperatura normală de fierbere 257°C și se utilizează în special în fază lichidă pînă la 350°C. Este întîlnit ca agent intermediar în sisteme de regenerare a căldurii (preîncălzirea aerului la cuptoare cu gazele de ardere), sau în sisteme de recuperare a căldurii (generare de abur cu gazele de piroliză evacuate din cuptor).

Amestecul eutectic de săruri topite utilizat frecvent se compune din KNO_3 53%, $NaNO_2$ 40% și $NaNO_3$ 7% masă și are temperatura de topire 142°C. Este întîlnit ca agent intermediar, de exemplu, în instalația de anhidridă maleică, pentru transportarea căldurii de reacție din reactor (termostatare reactor la 385°C) la un generator de abur.

La încălzirea și vaporizarea etilenei lichide cu temperatură foarte joasă, se utilizează ca agent de încălzire aburul și ca agent intermediar butanul (acesta cedează căldură la o temperatură relativ joasă).

A.1.2. PRINCIPIILE OBȚINERII AGENȚILOR FRIGORIFICI

În industrie, temperaturile joase se obțin prin intermediul unor instalații frigorifice specifice care, consumînd energie din exterior, realizează un transport de căldură de la o sursă rece la o sursă caldă. Instalațiile frigorifice sînt de mai multe tipuri (cu comprimare mecanică de vapori,

Pătraşcu , C., Termoenergetica prelucrării petrolului,
Editura UPG – Ploieşti 2003. (Cap. I, Cap. II pâna la pag. 25)

Managementul energetic la nivelul unei rafinării de petrol trebuie să aibă şi o viziune integratoare asupra tuturor consumatorilor de energie termică din cadrul instalaţiilor prelucrătoare şi a resurselor energetice disponibile.

Din punct de vedere al combustibililor petrolieri rafinăriile sunt foarte avantajate deoarece o bună parte din necesar se produce chiar în cadrul instalaţiilor tehnologice.

Gazele necondensabile rezultate la coloanele de fracţionare sunt colectate şi gestionate la nivelul întregii rafinării.

Dacă rafinăria dispune în schema de prelucrare de o instalaţie de separare pe componente individuale, cu utilizări în special ca materii prime pentru petrochimie, atunci utilizarea gazelor de rafinărie drept combustibil este limitată şi rafinăria este nevoită să-şi completeze necesarul de combustibil prin preluare de gaze naturale din reţeaua naţională.

Dacă gazele de rafinărie nu sunt separate pe componenţi sau în amestecuri cu compoziţia necesară anumitor utilizatori, atunci ele sunt utilizate drept combustibil în cuptoarele rafinăriei, iar necesarul de gaze naturale ce trebuie preluat din reţeaua naţională este mult mai redus.

Compoziţia gazelor de rafinărie este formată din toate hidrocarburile în fază gazoasă în stare normală (C_1-C_5), la care se adaugă hidrogenul molecular, hidrogenul sulfurat şi unii componenţi necombustibili cum sunt azotul, dioxidul de carbon şi alţii, în cantităţi variabile în funcţie de natura ţiţeiului prelucrat în rafinărie şi tipul instalaţiilor care funcţionează la un moment dat.

Tot la nivelul întregii rafinării se gestionează şi combustibilii lichizi, care parţial se utilizează la cuptoarele din cadrul instalaţiilor tehnologice iar restul se vând unor utilizatori, cum sunt centralele electrice şi de termoficare (CET), centralele de termoficare (CT) şi altor consumatori industriali, sociali sau casnici.

Combustibilii lichizi provin din reziduurile rezultate în urma prelucrării fracţiilor petroliere lichide grele. Acestea sunt colectate centralizat şi sunt condiţionate până se obţin calităţile standardizate în ceea ce priveşte puterea calorică, viscozitatea la 50 şi 100^0C şi temperatura de congelare.

Necesarul şi disponibilul de combustibili petrolieri lichizi sunt foarte variabile în funcţie de anotimp, tehnologiile disponibile în rafinărie şi tipul ţiţeiului prelucrat.

În ceea ce priveşte necesarul de abur la nivelul unei rafinării de petrol, asigurarea lui atât cantitativ cât şi calitativ se face din două surse.

Pătraşcu , C., Termoenergetica prelucrării petrolului,
Editura UPG – Ploieşti 2003. (Cap. I, Cap. II pâna la pag. 25)

Una este reprezentată de furnizori externi, iar cea de-a doua este reprezentată de posibilitățile de producere internă.

Furnizorii externi sunt în majoritatea cazurilor Centralele Electrice şi de Termoficare (CET) care de regulă sunt amplasate în imediata vecinătate a rafinăriilor de petrol. Rafinăriile îşi asigură necesarul de abur de diferite calități prin preluarea de la CET-uri a 2,3 calități de abur de priză la parametri ridicați, pe care ulterior, în funcție de necesități le transformă la parametrii necesari în stații proprii de laminare şi răcire.

A doua sursă de provenienţă a aburului la nivelul unei rafinării este reprezentată de sistemele proprii de generare.

În instalațiile tehnologice există două resurse termice din care se poate obține abur în condiții avantajoase din punct de vedere tehnico-economic. Una este reprezentată de gazele de ardere de la cuptoare şi cea de-a doua este reprezentată de fracțiile petroliere, de obicei lichide, cu temperaturi ridicate. Procesul de obținere a aburului din aceste resurse cu potențial termic ridicat se numeşte recuperare de căldură.

Calitățile şi debitele de abur obținut din aceste resurse depind de temperaturile şi debitele fluxurilor din care se recuperează căldura.

Decizia de a recupera căldură la nivelul instalațiilor tehnologice din rafinării se adoptă doar dacă un studiu de fezabilitate scoate în evidență rentabilitatea producerii aburului pe această filieră, luând în considerare aspectele tehnico-economice legate de cheltuielile de investiție şi operare, inclusiv costul tratării apei din care se generează aburul.

Având în vedere faptul că toate rafinăriile din România au fost construite sau retehnologizate până în anul 1990 principiile care au stat la baza conceperii sistemului de gestiune a energiei nu au avut la bază legile economiei de piață (concurențiale) ci, legi ale economiei socialiste, cu coordonare centralizată.

În condițiile actuale, când legea cererii şi a ofertei îşi face simțită prezența, prețul energiei nu mai este administrat de organisme ale statului şi are o tendință de creştere accentuată.

În această situație, rafinăriile de petrol, mari consumatoare de energie, în special energie termică, tind să devină independente din punct de vedere energetic, pentru a nu mai depinde în măsura în care depind în prezent de furnizorii de abur şi energie electrică.

În momentul în care rafinăriile îşi vor realiza independența energetică cheltuielile de operare nu vor mai fi grevate ca în prezent de ponderea mare a cheltuielilor cu energie termică şi electrică.

Drumul pe care trebuie să-l parcurgă o rafinărie în realizarea unui grad ridicat de independență energetică conține o serie de etape care

Pătraşcu , C., Termoenergetica prelucrării petrolului,
Editura UPG – Ploieşti 2003. (Cap. I, Cap. II pâna la pag. 25)

presupun realizarea de investiţii, nu de puţine ori foarte mari, pentru realizarea de cazane proprii pentru producerea aburului necesar consumului.

Un alt aspect care trebuie avut în vedere de către conducerea tehnico-economică a rafinăriilor este cel legat de retehnologizările instalaţiilor care presupun şi optimizarea schemelor de transfer de căldură.

Cu cât gradul de regenerare a căldurii între fluxurile calde şi reci din cadrul unei instalaţii este mai ridicat cu atât necesarul de energie achiziţionată din exterior este mai redus.

În prezent, tendinţa la nivel mondial pentru creşterea gradului de independenţă energetică în cadrul unităţilor industriale, mari consumatoare de energie termică şi electrică, este construirea de instalaţii de cogenerare, care asigură producerea de energie termică şi electrică prin arderea de combustibil petrolier.

Alături de modificările schemelor tehnologice, astfel încât să se realizeze grade optime de regenerare şi recuperare a căldurii, construirea instalaţiilor de cogenerare la nivelul rafinăriilor de petrol reprezintă soluţiile cele mai eficiente, corespunzătoare tehnologiilor actuale, pentru obţinerea unui grad înalt de independenţă energetică.