

UTILIZAREA POMPELOR DE CĂLDURĂ ÎN INSTALAȚII DE DISTILARE

Ivan COJOCARU; Igor GÎDEI; Vasile CARTOFEANU

Universitatea Tehnică a NMoldovei

Abstract: Conform obiectivelor UE pentru 2030 și strategia națională de dezvoltare MOLDOVA 2020 se urmărește reducerea semnificativă a emisiilor de gaze cu efect de seră și a consumului de energie prin sporirea eficienței energetice și utilizarea surselor regenerabile de energie, astfel se propune utilizarea pompelor de căldură în instalații de distilare, instalații care consumă simultan căldură și frig. Utilizarea pompelor de căldură în astfel de instalații ar reduce consumul de energie și emisiile de gaze CO₂. Prezentul articol prezintă un studiu asupra metodelor de introducere a pompelor de căldură în instalațiile de distilare.

Cuvinte cheie – pompă de căldură (PC), instalații de distilare (ID), coloană de distilare (CD), energie regenerabilă (ER).

1. Introducere

Conform raportului „Estimarea anuală a energiei 2017 cu proiecții până în 2050” a Energy Information Administration (EIA), consumul total de energie v-a crește cu 5% între 2016 și 2040 iar în cazul unei creșteri economice avansate consumul de energie v-a crește cu 11%. Utilizarea gazelor naturale v-a crește mai mult decât alte surse de combustibil în ceea ce privește cantitatea de energie consumată, determinată de cererea din sectoarele industriei și energiei electrice (fig.1.1).

Același raport estimează emisiile de gaze datorită arderii combustibililor fosili (fig. 1.2). În sectorul industrial, creșterea industriei naționale, conduce la creșterea consumului de energie și a emisiilor de gaze.

Conform „Principalelor obiective ale UE pentru 2030” pentru o dezvoltare durabilă, cât și strategia națională de dezvoltare „Moldova 2020” se urmărește reducerea semnificativă a emisiilor de gaze cu efect de seră și a consumului de energie prin sporirea eficienței energetice și utilizarea surselor regenerabile de energie. În industria alimentară sunt procese tehnologice care necesită utilizarea concomitentă a căldurii și frigului, cum ar fi: pasteurizarea, distilarea, sterilizarea, rectificarea etc. Utilizarea în astfel de instalații a pompelor de căldură (PC), care produc concomitent și căldură și frig, contribuie la reducerea considerabilă a consumului de energie primară și ca rezultat la reducerea emisiilor poluante.

2. Procesul de distilare

Distilarea este o metodă de separare a amestecurilor lichide pe baza divizării componentelor amestecului în faze lichide și de vapori. În distilare, vaporii și lichidul sunt trecuți în contracurent unul cu altul printr-un aparat special, cunoscut ca **coloană de distilare**, în care există mai multe puncte de contact între cele două faze. O parte a lichidului și a vaporilor care părăsesc coloana este recuperată după condensare, în cazul

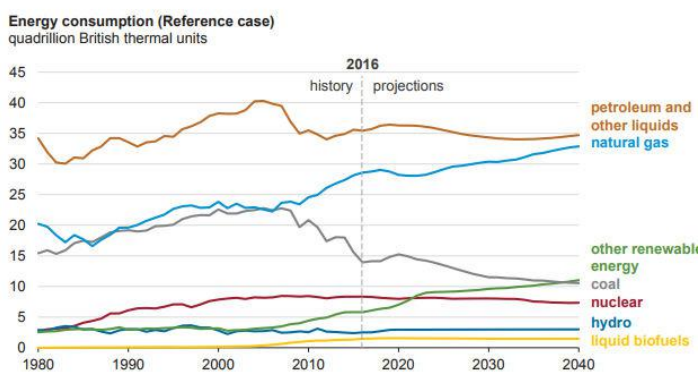


Fig. 1.1 Consumul de combustibili [1]

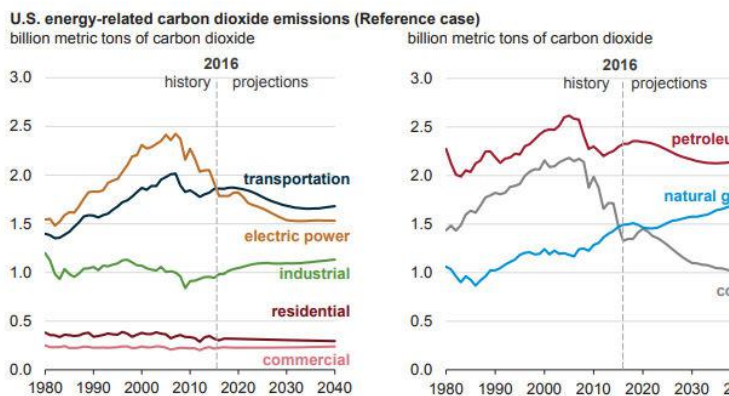


Fig. 1.2 Emisiile de CO₂ la nivel global [1]

vaporilor, și evaporarea, în cazul lichidului. Această mișcare contracurentă a fazelor este însoțită de schimburi de căldură și de masă, care se desfășoară în fiecare etapă de contact până când fazele sunt în echilibru. Astfel, fluxul ascendent de vapori este îmbogățit continuu cu componentele mai volatile, în timp ce fluxul de lichid descendent este îmbogățit cu componentele mai puțin volatile. Cu o cheltuială de aceeași cantitate de căldură, distilarea permite o extracție și o îmbogățire mai mare în componenta sau grupul de componente necesare.

După modul regimului de lucru se deosebesc instalații de distilare cu funcționare periodică și continuă (fig. 1.3; 1.4).

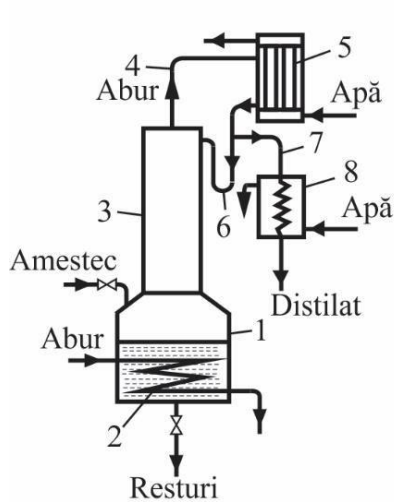


Fig. 1.3 Schema instalației de distilare cu funcționare periodică

1 - cub; 2 - serpantină; 3 - coloana de distilare; 4 - țevă pentru vaporii ieșiți din coloană; 5 - deflegmator; 6 - țevă pentru întoarcerea flegmei; 7 - țevă pentru distilat; 8 - condensator - răcitor.

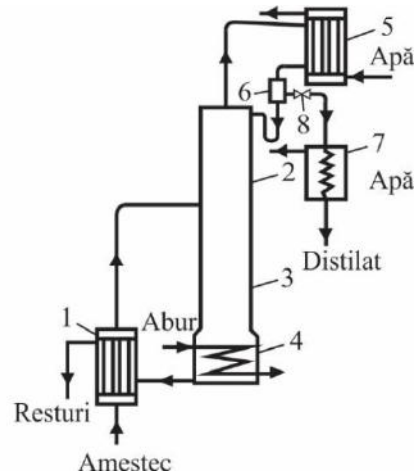


Fig. 1.4 Schema instalației de distilare cu funcționare continuă

1 - schimbător de căldură; 2 - partea a coloanei pentru mărirea concentrației; 3 - partea a coloanei pentru micșorarea concentrației; 4 - țevă pentru vaporii ieșiți din coloană; 5 - deflegmator; 6 - țevă pentru întoarcerea flegmei; 7 - țevă pentru distilat; 8 - condensator- răcitor.

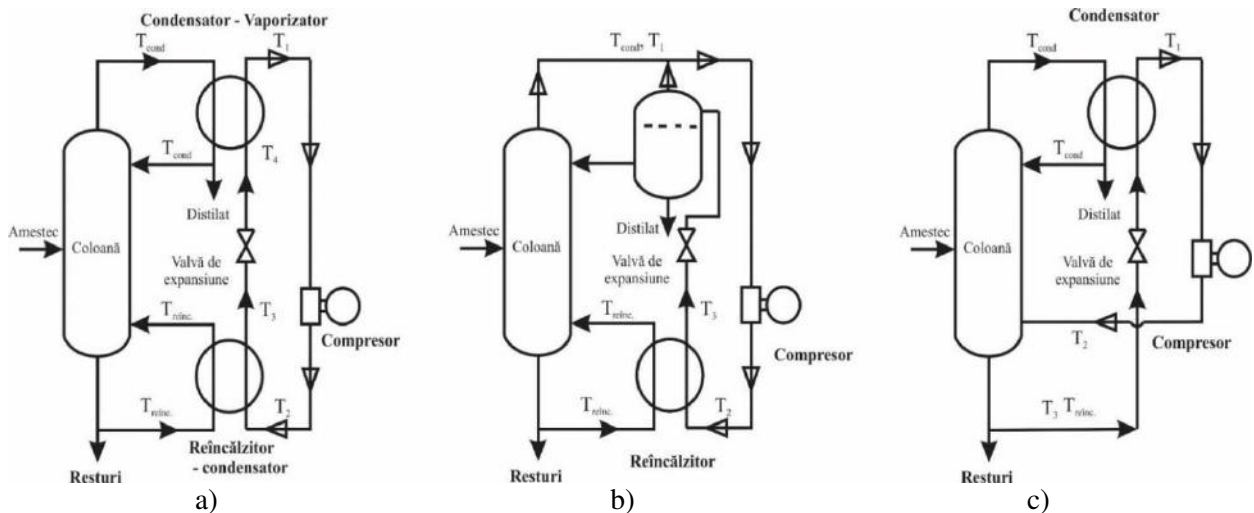


Fig. 1.5 Scheme ale instalațiilor de distilare cu PC

3. Includerea pompelor de căldură în distilare

Obiectivul unei pompe de căldură în distilare este de a transporta căldura de la condensator la încălzitor. Deoarece temperatura la încălzitor este mai mare, este necesară pompa de căldură. Există mai multe moduri de a integra o pompă de căldură în distilare: pompă de căldură cu agent frigorific extern (fig. 1.5.a), pompă de căldură cu compresie de vapori concentrați (fig. 1.5.b), pompă de căldură cu expansiunea lichidului (fig. 1.5.c).

Ciclurile convenționale ale pompei de căldură sunt conduse de compresoare, care sunt limitați de capacitatea volumetrică și de raportul de presiune sau de diferența de temperatură. Pentru configurațiile prezentate în figura 1.5 este caracteristic la coloane o diferență de temperatură de aproximativ 30 ° C. Noi evoluții în tehnologia pompelor de căldură în distilare pot fi utilizate la diferențe de temperaturi mai mari cu

un consum redus de energie. Astfel de scheme se aplică unei anumite clase de coloane de distilare, și sunt capabile să reducă necesarul de energie cu aproximativ 30% în comparație cu configurațiile convenționale cu două coloane.

În scopul extinderii conceptului de integrare a pompelor de căldură în procesul de distilare, se propune schema HIDiC (Fig.1.6) care combină recompresia vaporilor și operația diabatică [4]. Efectuarea testelor experimentale pe scară largă pentru separarea unui amestec binar de benzen și toluen, arată [5] că coloana HIDiC poate realiza o reducere a consumului de energie cu peste 40%. Mai mult, Horiuchi și colab. [7] au operat o instalație pilot HIDiC la o condiție zero de căldură exterioară și au obținut economii de energie mai mari de 50%..

În coloana HIDiC, debitul de vapori scade din partea de jos în partea superioară a coloanei pentru mărirea concentrației și crește pe măsură ce curge spre partea superioară a coloanei de micșorare a concentrației. De obicei, viteza de vaporilor la compresorul unei instalații de tip HIDiC este mai mare decât cea a unei coloane tipice de recomprimare a vaporilor.

Pe de altă parte, coloanele de recomprimare a vaporilor (CRV) implică un raport de compresie relativ mare. Deși micul flux de vapori prin compresor poate oferi beneficii, raportul de comprimare mare are un impact negativ asupra cerinței de putere a compresorului. Este binecunoscut faptul că energia electrică necesară pentru acționarea compresorului este de câteva ori mai scumpă decât utilitatea termică folosită pentru a funcționa reîncălzitorul, precum și condensatorul. Cu toate acestea, în comparație cu CRV, coloana HIDiC poate obține beneficii economice mai bune datorită raportului de compresie redus [8]. În cazul unei unități independente sau în cazul în care există restricții severe privind integrabilitatea coloanei de distilare, realizarea distilării asistate de pompă de căldură este cea mai promițătoare tehnică de economisire a energiei.

Figura 1.7 ilustrează schematic principiile unei distilații discontinue pe bază integrării coloanei de destilare într-o carcasă (HIBDJS). Așa cum este arătat, această schemă folosește o jachetă ca răcitor care înconjoară turnul de rectificare. Vaporii produși în acest reactor concentric sunt comprimați și apoi introduși în partea de jos a coloanei. Astfel, există o diferență de presiune (diferența de temperatură) între coloană și reîncălzitorul cu manta. În consecință, o anumită cantitate de energie este schimbată de la coloană la răcitor prin peretele intern. Această nouă distilare discontinuă prin încălzire integrată este inițial configurată de Takamatsu și alții [9]. Mai târziu, Maiti și alții [10] și-au sistematizat ideea și au clarificat avantajele acestei abordări prin simulări numerice. Autorii și-au raportat concluziile pentru separarea unui amestec binar (etanol

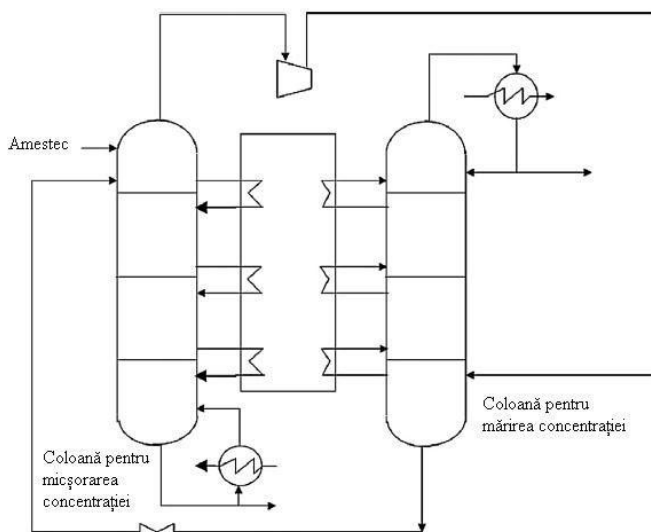


Fig.1.6 Reprezentarea schematică a instalației de tip HIDiC

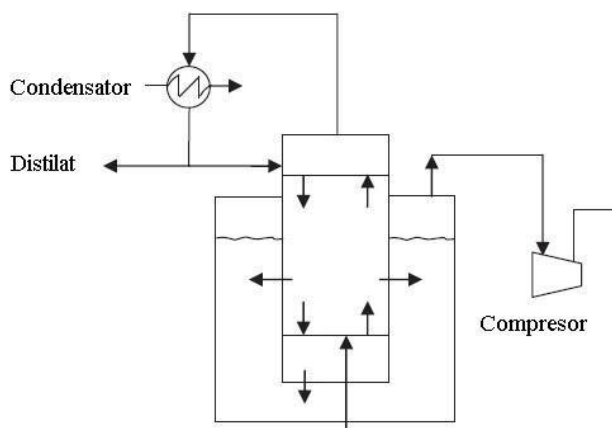


Fig.1.7 Reprezentarea schematică a instalației de tip HIBDJS

/ apă) că o astfel de instalație conduce la realizarea a aproximativ 56,10% economii de energie și 40,53% economii în costul total anual.

Pentru creșterea performanței termodinamice și economice, același grup de cercetare [11] a propus o combinație nouă de integrare termică internă și externă care introduce abordarea directă de recomprimare a vaporilor în schema HIBDJS (Fig.1.8). În plus față de căldura transferată de la coloană la răcitor prin peretele interior, încă căldura latentă a vaporilor deasupra coloanei este de asemenea utilizată pentru re-fierberea lichidului. Această schemă hibridă CRV-HIBDJS demonstrată printr-o coloană de acetat de butil arată o reducere dramatică a consumului de energie cu 75% și un timp de returnare de până la 1,74 ani.

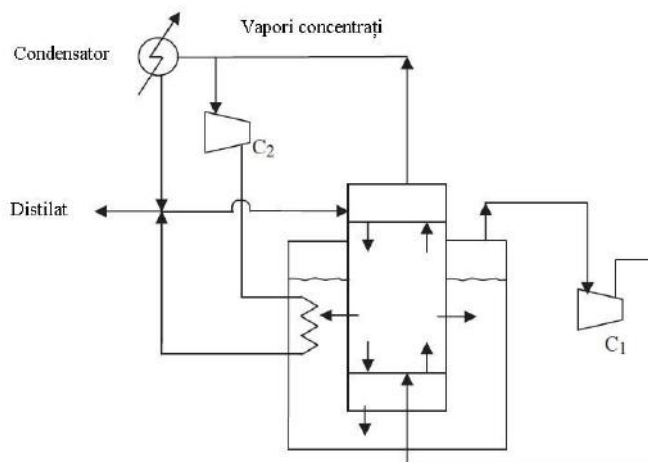


Fig.1.8 Reprezentarea schematică a instalației de tip CRV-HIBDJS

Concluzii:

Această lucrare de studiu descrie distilarea asistată de pompă de căldură ca o tehnologie de separare eficientă din punct de vedere energetic, cu un potențial redus de energie cît și a emisiilor de CO₂. Introducerea sistemului de pompare a căldurii cu progresele sale anterioare demonstrează prin diverse surse de literatură cum este îmbunătățit eficiența energetică a coloanei de distilare prin utilizarea pompei de căldură cu schimbătoare de căldură intermediare în combinație cu sistemul de compresie în mai multe etape.. În afară de reducerea consumului de energie și, prin urmare, a costului global, sistemele de pompe de căldură pot fi luate în considerare în proiectarea datorită ușurinței introducerii, a unei structuri și funcționare simple. Prin intermediul acestui articol de studiu, sperăm să transmitem un mesaj cheie că eforturile suplimentare de îmbunătățire a tehnologiei de distilare asistată de pompă de căldură v-a reduce consumul de energie și vor reduce emisiile de gaze în multe industrii cum ar fi: chimice, farmaceutice, biochimice și de rafinărie.

Bibliografie:

1. Annual Energy Outlook 2017 with projections to 2050, Energy Information Administration;
2. https://ec.europa.eu/clima/citizens/eu_ro;
3. http://particip.gov.md/public/files/Moldova_2020_ROM.pdf
4. Olujic Z, Fakhri F, de Rijke A, De Graauw J, Jansens PJ. Internal heat integration—the key to an energy-conserving distillation column. *J Chem Technol Biotechnol* 2003;78:241–8.
5. Naito K, Nakaiwa M, Huang K, Endo A, Aso K, Nakanishi T, et al. Operation of a bench-scale ideal heat integrated distillation column (HIDiC): an experimental study. *Comput Chem Eng* 2000;24:495–9.
6. Nakaiwa M, Huang K, Endo A, Ohmori T, Akiya T, Takamatsu T. Internally heatintegrated distillation columns: a review. *Trans Inst Chem Engrs* 2003;81:162–77.
7. Horiuchi K, Yanagimoto K, Kataoka K, Nakaiwa M, Iwakabe K, Matsuda K. Energy saving characteristics of the internally heat integrated distillation column (HIDiC) pilot plant for multicomponent petroleum distillation. *J Chem Eng Jpn* 2008;41:771–8.
8. Olujic Z, Sun L, de Rijke A, Jansens PJ. Conceptual design of an internally heat integrated propylene–propane splitter. *Energy* 2006;31:3083–96
9. Takamatsu T, Tajiri A, Okawa K. In proceedings of the chemical engineering conference of Japan, Nagoya; 1998. p. 628–9.