



THE XIIth NATIONAL CONFERENCE ON THERMOTECHNICS
"ROMANIAN NAVAL ACADEMY'S 130th ANNIVERSARY"
14 - 15 November 2002

EXERGOECONOMIE ȘI PROTECȚIA MEDIULUI

prof.dr.ing. Tănase PANAIT
conf.dr.ing. Krisztina UZUNEANU
ing. Marcel DRĂGAN
prof.univ.dr.ing. Constantin GHEORGHIU
Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați

Abstract,

This paper presents the method of exergoeconomic balance used for a complex steam power plant. This offer the possibility to establish the influences of exergy destruction and exergy loss on the final products costs. About the nonexergetic costs which are included in the exergoeconomic balance it is especially marked the costs for the environment protection actions applied to the studied plant. Therefore results the influence of environmental costs into the final product costs.

1. INTRODUCERE

Metoda analizei exergoeconomice constă în combinarea analizei exergetice și a celei economice a sistemelor termoenergetice.

În analiza exergetică se pun în evidență imperfecțiunile proceselor, prin evaluarea distrugerilor și pierderilor de exerie. Combinarea analizei exergetice cu analiza economică permite stabilirea costurilor fluxurilor de exerie, adică se va putea opera cu costurile părții utilizabile ale energiei. Aceasta înseamnă că prin analiza exergoeconomică se stabilesc relații directe între costuri și ireversibilitățile sistemului respectiv, [1]. Aceste relații sunt, de fapt, de esență economică, dar realizează o legătură directă între costuri și parametrii tehnici și funcționali ai sistemelor considerate. În cadrul optimizării economice vor rezulta priorități și direcții clare de modificare a acestor parametri în vederea minimizării costurilor produselor finale.

Pe de altă parte, pentru sistemele care furnizează mai multe produse finale, analiza exergoeconomică permite să se stabilească costurile adevărate ale fiecărui produs funcție de gradul de utilitate al acestuia, măsurată prin exeria produsului respectiv.

În cadrul bilanțurilor de cost, raportate la fluxurile exergetice, intervin inevitabil și o serie de costuri nonexergetice, reprezentate prin ratele de amortizare a investițiilor și de acoperire a cheltuielilor de exploatare și menenanță. Acest fapt permite să se evidențieze în mod distinct costurile pe care le implică măsurile tehnice și organizatorice de protecție a mediului și să se stabilească indicatorii specifici de eficiență economică ai aplicării acestor măsuri. Se pot, astfel, compara diferențele metode de reducere a fluxului de noxe produse de sistemul considerat pentru încadrarea în limitele restricțiilor impuse de legislația în vigoare.

2. ECUAȚIA GENERALĂ DE BILANȚ A COSTURILOR

Se consideră un sistem termoenergetic oarecare, ST , reprezentat simbolic în figura 1.

Întocmirea bilanțului de costuri se realizează totdeauna pentru un regim staționar de funcționare, în care valorile mărimilor ce intervin vor fi valori medii pentru perioada de analiză.

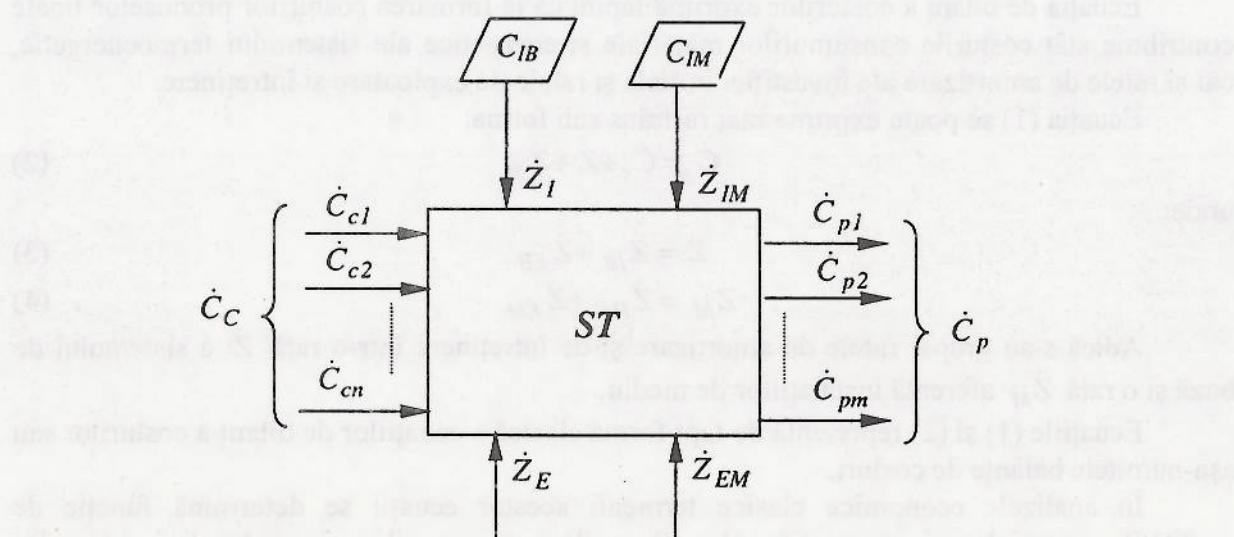


Fig.1. Schema generală de analiză economică a unui sistem termoenergetic

Pentru stabilirea termenilor bilanțului de costuri trebuie să se aibă în vedere următoarele precizări:

- funcționarea sistemului termoenergetic presupune consumarea a n fluxuri materiale și/sau energetice, ale căror costuri $\dot{C}_{c1}, \dot{C}_{c2}, \dots, \dot{C}_{cn}$, însumate dău costul total al consumurilor \dot{C}_c ;

- presupunând că rezultatul funcționării sistemului se concretizează în m produse diferite, costurile acestora $\dot{C}_{p1}, \dot{C}_{p2}, \dots, \dot{C}_{pm}$, însumate reprezintă costul total al produselor \dot{C}_p ;

- bilanțul costurilor trebuie să țină seamă și de ratele de amortizare ale investițiilor de capital pentru realizarea sistemului termoenergetic. Astfel se poate considera un cost al investiției de bază C_{IB} , care determină o rată de amortizare $Z_{IB} = \frac{C_{IB}}{T_a}$ și un cost al investiției

în instalația de protecție a mediului C_{IM} , care determină o rată de amortizare $Z_{IM} = \frac{C_{IM}}{T_a}$.

În ambele relații T_a reprezintă timpul de amortizare adoptat pentru investiții, considerat ca timp efectiv de funcționare;

- bilanțul costurilor trebuie, de asemenea, să includă și ratele costurilor de exploatare și întreținere a sistemelor. Se consideră aici o rată de exploatare și întreținere a sistemului de bază Z_{EB} și o rată de exploatare și întreținere a instalației de protecție a mediului Z_{EM} .

Acestea includ costurile cu forța de muncă de exploatare și întreținere, precum și consumurile de materiale și energie pentru funcționarea sistemului termoenergetic.

Ca urmare a acestor precizări ecuația de bilanț a costurilor pe sistemul termoenergetic considerat va avea forma:

$$\dot{C}_p = \dot{C}_c + \dot{Z}_{IB} + \dot{Z}_{EB} + \dot{Z}_{IM} + \dot{Z}_{EM} \quad (1)$$

Termenii acestei ecuații reprezintă fluxuri valorice și se exprimă în unități monetare raportate la unități de timp, de exemplu [\$/s] sau [\$/h].

Ecuația de bilanț a costurilor exprimă faptul că la formarea costurilor produselor finale contribuie atât costurile consumurilor materiale și energetice ale sistemului termoenergetic, cât și ratele de amortizare ale investiției initiale și ratele de exploatare și întreținere.

Ecuația (1) se poate exprima mai restrâns sub forma:

$$\dot{C}_p = \dot{C}_c + \dot{Z} + \dot{Z}_M \quad (2)$$

unde:

$$\dot{Z} = \dot{Z}_{IB} + \dot{Z}_{EB} \quad (3)$$

$$\dot{Z}_M = \dot{Z}_{IM} + \dot{Z}_{EM} \quad (4)$$

Adică s-au grupat ratele de amortizare și de întreținere într-o rată \dot{Z} a sistemului de bază și o rată \dot{Z}_M aferentă instalațiilor de mediu.

Ecuațiile (1) și (2) reprezintă de fapt forma clasică a ecuațiilor de bilanț a costurilor sau așa-numitele balanțe de costuri.

În analizele economice clasice termenii acestor ecuații se determină funcție de cantitățile materiale sau energetice ale fluxurilor consumurilor și produselor sistemului înmulțite cu prețurile unitare ale acestora. De cele mai multe ori costurile consumurilor și ale produselor se exprimă funcție de mărimi de natură diferită. De exemplu costul combustibilului consumat este funcție de debitul masic al acestuia ($\dot{C}_{cb} = c_{cb} \dot{B}$ [\$/s], unde c_{cb} [\$/kg] este costul specific al combustibilului, iar \dot{B} [kg/s] este debitul masic de combustibil), pe când costul lucrului mecanic produs se determină funcție de fluxul energetic al acestuia ($\dot{C}_L = c_L \dot{L}$ [\$/s], unde c_L [\$/kJ] este costul specific al energiei mecanice, iar \dot{L} [kW] este puterea mecanică produsă).

Ca urmare, în analiza economică clasica ecuațiile de bilanț al costurilor nu pot fi transformate în relație convenabile de legătură între parametrii ecuațiilor și cei funcționali.

Acet dezavantaj va fi eliminat de analiza exergoeconomică, în care costurile consumurilor și ale produselor se vor determina funcție de mărimea fluxurilor exergetice corespunzătoare.

3. BILANȚUL COSTURILOR EXERGETICE

La ora actuală este unanim acceptată ideea că exergia este mărimea cea mai indicată pentru analiza eficienței proceselor termodinamice, întrucât exprimă calitatea energiilor care evoluează în sistemul considerat, adică măsoară valoarea termodinamică adevărată a energiilor, sau valoarea de utilizare a acestora, [2], [3], [4], [5].

Ca urmare, metoda analizei exergoeconomice propune ca și costurile din ecuațiile bilanțurilor de cost să se exprime funcție de fluxurile de exergie ale consumurilor și produselor sistemului.

În acest sens, costul pentru un consum k , sau pentru un produs k , se vor exprima sub forma:

$$\dot{C}_{ck} = c_{ck} \dot{E}_{ck} \quad (5)$$

$$\dot{E}_{pk} = c_{pk} \dot{E}_{pk} \quad (6)$$

unde \dot{E}_{ck} și \dot{E}_{pk} [kW], reprezintă fluxurile de exergie consumată sau produsă, iar c_{ck} și c_{pk} [\$/kJ], reprezintă costurile specifice pentru exergia consumată sau produsă.

Pentru fluxurile exergetice consumate sau produse sunt valabile relațiile de definiție a exergiei sistemelor termodinamice, exergiei căldurii și exergiei combustibililor, [2] și anume: pentru exergia unui debit masic de agent de lucru, \dot{m} [kg/s],

$$\dot{E} = \dot{m}e = \dot{m}(i - i_0 - T_0(s - s_0)) \quad (7)$$

pentru exergia unui flux de căldură, \dot{Q} [kW],

$$\dot{E} = \dot{E}_Q = \left(1 - \frac{T_0}{T_m}\right) \dot{Q} \quad (8)$$

pentru exergia unui flux de energie mecanică \dot{L} [kW],

$$\dot{E} = \dot{L} \quad (9)$$

pentru exergia unui debit de combustibil, \dot{B} [kg/s],

$$\dot{E} = \dot{B}e_{cb} \quad (10)$$

Ratele de amortizare și de exploatare și întreținere pentru sistemul de bază \dot{Z} și pentru instalațiile de protecție a mediului \dot{Z}_M nu pot fi exprimate exergetic, acestea reprezentând așanumitele costuri nonexergetice.

Ca urmare, ținând seama că sistemul termoenergetic considerat consumă n fluxuri de exergie și produce m fluxuri exergetice, toate acestea având costuri specifice diferite, pe baza rel. (5) și (6), ecuația (2) capătă forma:

$$\sum_{k=1}^m c_{pk} \dot{E}_{pk} = \sum_{k=1}^n c_{ck} \dot{E}_{ck} + \dot{Z} + \dot{Z}_M \quad (11)$$

În această ecuație de bilanț al costurilor energetice, ratele de amortizare și de exploatare și întreținere pentru instalația de bază și pentru instalațiile de protecție a mediului, exprimate prin \dot{Z} , respectiv prin \dot{Z}_M sunt cunoscute, având aceleași valori indiferent de regimul de funcționare al sistemului termoenergetic.

Exergiile consumurilor, \dot{E}_{ck} și a produselor, \dot{E}_{pk} pot fi determinate cu ajutorul analizei exergetice a sistemului, acestea având valori variabile funcție de regimul de lucru.

Costurile specifice ale exergiilor consumate, c_{ck} sunt mărimi cunoscute, determinate de piața de aprovizionare a acestora (cazul coñbustibililor), sau determinate din analiza sistemelor termoenergetice din care acestea provin (cazul consumurilor de căldură sau de lucru mecanic).

Rezultă că în rel. (11) singurele necunoscute sunt costurile specifice ale exergiilor produselor finale, c_{pk} , care vor trebui determinate și care depind de regimurile de lucru ale sistemului termoenergetic.

Aplicarea și rezolvarea rel. (11), de bilanț al costurilor exergetice, este posibilă numai prin particularizarea la sistemul termoenergetic analizat.

Pentru dezvoltarea analizei exergoeconomice se va ține seama că fluxurile exergetice ale consumurilor și ale produselor, care intervin în ecuația de bilanț al costurilor, sunt legate între ele prin ecuația de bilanț exergetic, în care intervin și distrugerile și pierderile de exergie.

Ca urmare, prin combinarea ecuația de bilanț exergetic cu ecuația de bilanț al costurilor va rezulta o dependență dintre costuri și imperfecțiunile termodinamice ale proceselor care se desfășoară în sistemul termoenergetic, astfel încât se vor putea evalua efectele economice ale distrugerilor și pierderilor de exergie. În același timp se va putea

urmări evoluția ponderilor costurilor de protecție a mediului în costurile specifice ale produselor finale.

4. APLICAREA ECUAȚIEI DE BILANȚ AL COSTURILOR EXERGETICE

Pentru exemplificarea modului de aplicare a ecuației de bilanț al costurilor exergetice considerăm instalația cu turbine cu abur din cadrul unei centrale termoelectrice cu termoficare (fig.2), pentru care termenii analizei exergetice au fost determinați anterior [6].

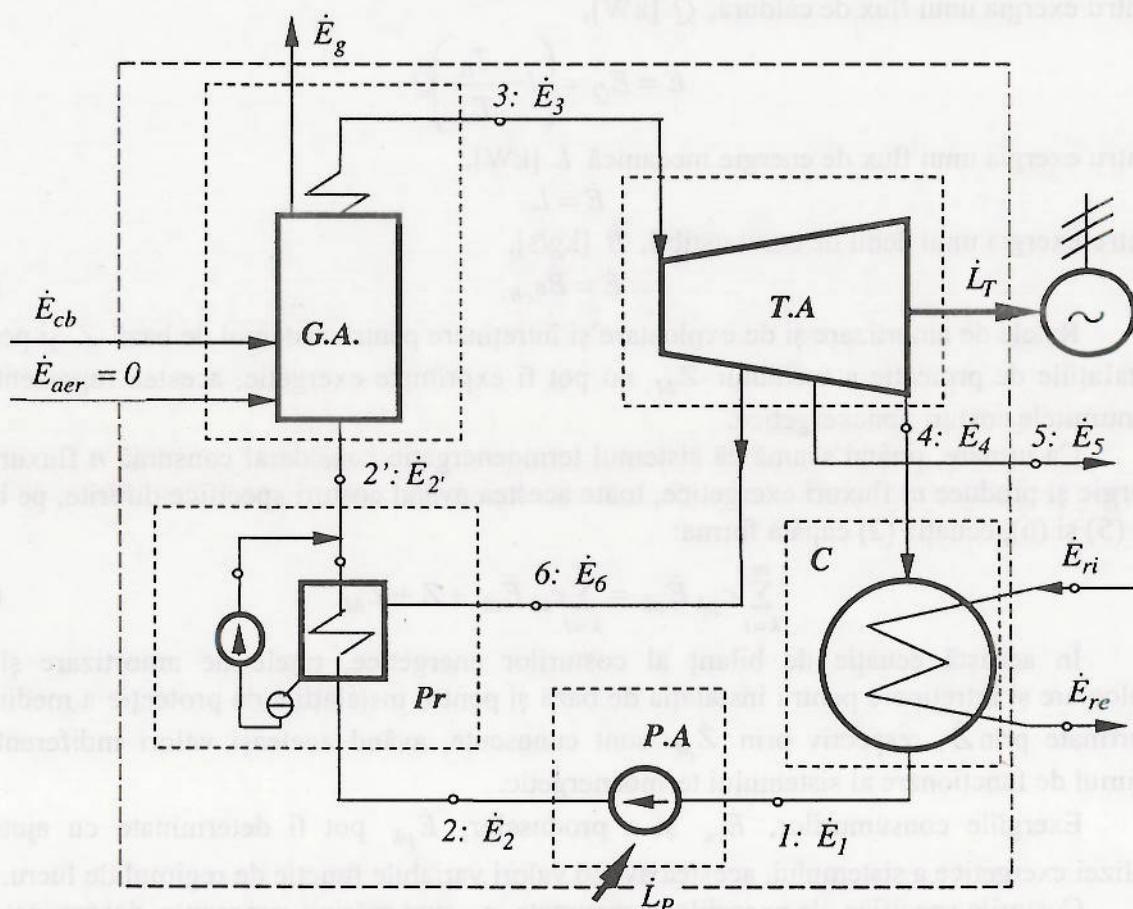


Fig. 2. Schema fluxurilor exergetice într-o instalație cu turbine cu abur

Pentru aplicarea ecuației de bilanț al costurilor exergetice pe ansamblul instalației, respectând notațiile din fig. 1, se va ține seamă de următoarele:

- consumurile sistemului sunt reprezentate de consumul fluxului de energie introdus în generatorul de abur prin debitul de combustibil \dot{B} , având exergia specifică e_{cb} ,

$$\dot{E}_c = \dot{E}_{cb} = \dot{B}e_{cb} \quad (12)$$

- produsele sistemului sunt reprezentate de fluxul de energie echivalentă cu lucrul mecanic util $\dot{L}_u = \dot{L}_T - |\dot{L}_p|$ și de fluxul de energie \dot{E}_5 , a căldurii furnizată la termoficare,

$$\dot{E}_p = \dot{L}_u + \dot{E}_5 \quad (13)$$

Ca urmare prin aplicarea rel. (11) se obține:

$$c_L \dot{L}_u + c_{eq} \dot{E}_5 = c_{eb} \dot{E}_{cb} + \dot{Z} + \dot{Z}_M \quad (14)$$

În această relație c_L și c_{eq} reprezintă costurile specifice ale energiei mecanice, respectiv exergiei căldurii și sunt necunoscutele care trebuie determinate.

Costul specific al exergiei combustibilului, c_{ecb} [\$/kJ], poate fi determinat funcție de costul specific al combustibilului, c_{cb} [\$/kg], prin intermediul exergiei specifice a combustibilului e_{cb} [kJ/kg].

$$c_{ecb} = \frac{c_{cb}}{e_{cb}} \quad (15)$$

Relația (14) se poate obține și prin însumarea ecuațiilor de bilanț al costurilor exergetice scrise pentru toate subsistemele instalației, după cum urmează.

Pentru pompa de alimentare $P.A.$, în care se consumă lucru mecanic $|\dot{L}_p|$ și fluxul de exergie al apei de alimentare \dot{E}_1 și se produce fluxul de exergie \dot{E}_2 al apei după pompă, ecuația de bilanț al costurilor va fi:

$$c_2 \dot{E}_2 + c_L |\dot{L}_p| + c_1 \dot{E}_1 + \dot{Z}_{PA} \quad (16)$$

În preîncălzitorul regenerativ echivalent Pr , se consumă fluxurile exergetice \dot{E}_2 și \dot{E}_6 și se produce fluxul exergetic $\dot{E}_{2'}$. Deci ecuația de bilanț al costurilor va fi:

$$c_2 \dot{E}_{2'} = c_2 \dot{E}_2 + c_6 \dot{E}_6 + \dot{Z}_{Pr} \quad (17)$$

În generatorul de abur $G.A.$, se consumă fluxul exergetic al combustibilului \dot{E}_{cb} și fluxul exergetic $\dot{E}_{2'}$ și se produce fluxul exergetic al aburului livrat \dot{E}_3 . Deci:

$$c_3 \dot{E}_3 = c_{ecb} \dot{E}_{cb} + c_2 \dot{E}_{2'} + \dot{Z}_{GA} + \dot{Z}_{M,GA} \quad (18)$$

În turbina cu abur $T.A.$, se consumă fluxul exergetic \dot{E}_3 , iar ca produse se consideră toate fluxurile exergetice care părăsesc suprafața de frontieră a acestui subsistem, adică lucru mecanic produs \dot{L}_T și exergiile fluxurilor de abur \dot{E}_4 , \dot{E}_5 , \dot{E}_6 . Prin urmare:

$$c_L \dot{L}_T + c_4 \dot{E}_4 + c_5 \dot{E}_5 + c_6 \dot{E}_6 = +c_3 \dot{E}_3 + \dot{Z}_T \quad (19)$$

Pentru condensatorul C , \dot{E}_4 este consumat iar \dot{E}_1 este produs, ceea ce conduce la ecuația:

$$c_1 \dot{E}_1 = c_4 \dot{E}_4 + \dot{Z}_C \quad (20)$$

Însumând rel. (16) ... (20), care reprezintă bilanțul costurilor exergetice pe cele 5 subsisteme și ținând seamă că $c_5 = c_{eq}$, se obține relația (14) pentru ansamblul instalației, în care rata de amortizare și întreținere și exploatare pentru instalația de bază va fi,

$$\dot{Z} = \dot{Z}_{PA} + \dot{Z}_{Pr} + \dot{Z}_{GA} + \dot{Z}_T + \dot{Z}_C \quad (21)$$

iar rata de amortizare pentru instalația de protecția mediului va fi,

$$\dot{Z}_M = \dot{Z}_{M,GA} \quad (22)$$

S-a avut în vedere că numai la generatorul de abur sunt necesare instalații de protecție a mediului.

Ecuația de bilanț al costurilor exergetice corespunzătoare ansamblului instalației, exprimată prin rel. (14), nu poate fi rezolvată direct îndrăgât conține două necunoscute, după cum s-a precizat. Rezolvarea ar fi posibilă numai dacă s-ar mai putea scrie o ecuație.

Evident că lucrurile se simplifică în cazul în care $\dot{E}_5 = 0$, adică instalația produce numai lucru mecanic, costul specific al acestuia rezultând,

$$c_L = \frac{c_{ecb} \dot{E}_{cb} + \dot{Z} + \dot{Z}_M}{\dot{L}_u} \quad (23)$$

Dacă însă instalația funcționează în regim de termoficare ($\dot{E}_5 > 0$), atunci am fi tentați să introducem ca relație suplimentară, egalitatea dintre costurile specifice ale lucrului mecanic

și exergiei căldurii ($c_L = c_{eq}$). Însă acest lucru nu este corect deoarece costurile reale pentru a obține cele două fluxuri exergetice sunt diferite.

Pentru determinarea costurilor specifice exergetice corecte, este necesar să se analizeze modul de modificare a acestora pe subsistemele instalației.

În acest sens se constată că, în general, la trecerea unui flux de agent de lucru printr-un subsistem (agregat) costul specific al exergiei crește ca urmare a preluării costurilor distrugerilor și pierderilor de exergie, precum și a preluării ratelor de amortizare.

Atunci când dintr-un subsistem se obțin mai multe produse, este corect să se considere că preluarea costurilor distrugerilor și pierderilor de exergie și a ratelor de amortizare revine numai produsului care constituie obiectivul principal al subsistemului respectiv. Celelalte produse a căror obținere nu depinde defuncțiile subsistemului vor avea aceleași cost specific al exergiei ca cel al fluxului corespunzător de consum.

De exemplu, în cazul instalației cu turbine cu abur analizate, subsistemul cu mai multe produse este reprezentat de turbina cu abur.

Obiectivul principal al turbinei este de a produce lucru mecanic, deci toate costurile cauzate de distrugerile de exergie și ratele de amortizare revin acestui produs.

Celelalte fluxuri de exergie produse, \dot{E}_4 , \dot{E}_5 , \dot{E}_6 , reprezintă fluxuri de exergie ale unor debite de abur care puteau fi furnizate fără ca aburul să treacă prin turbină. Adică turbina nu are nici un rol în producerea acestor fluxuri de exergie și ca urmare costurile specifice ale acestora trebuie să fie egale cu costul specific al exergiei aburului consumat de turbină. Deci se pot scrie relațiile:

$$c_4 = c_3 \quad (24)$$

$$c_5 = c_3 \quad (25)$$

$$c_6 = c_3 \quad (26)$$

S-au obținut astfel 3 ecuații suplimentare care împreună cu cele 5 ecuații de bilanț al costurilor exergetice scrise pe subsisteme – rel. (16) ... (20) – formează un sistem de 8 ecuații liniare. Sistemul este astfel determinat întrucât conține 8 necunoscute: c_1 , c_2 , c_2' , c_3 , c_4 , c_5 , c_6 , c_L . Prin rezolvare se vor obține costurile specifice ale tuturor fluxurilor de exergie ce evoluază în instalație.

5. INFLUENȚA DISTRUGERILOR ȘI PIERDERILOR DE EXERGIE ASUPRA COSTURILOR PRODUSELOR FINALE

Așa cum este cunoscut din dezvoltarea metodei de analiză exergetică a sistemelor termoenergetice, între fluxurile exergetice de intrare și de ieșire există o legătură directă prin nivelul distrugerilor și pierderilor de exergie.

Ca urmare, în ecuațiile de bilanț al costurilor exergetice, costurile produselor sunt influențate indirect de aceste distrugeri și pierderi de exergie, care definesc ireversibilitățile funcționale ale sistemului.

Spre exemplu, instalația cu turbine cu abur analizată anterior, este caracterizată de următoarea ecuație de bilanț exergetic:

$$\dot{E}_{cb} = \dot{L}_u + \dot{E}_5 + \Delta\dot{E}_r + \dot{E}_g + \sum \dot{E}_D \quad (27)$$

În această relație $\sum \dot{E}_D$ conține toate distrugerile de exergie datorate ireversibilităților proceselor din aggregatele componente ale instalației, evidențiate în ecuațiile de bilanț specifice acestor agregate:

$\dot{E}_{D,c}$ - datorită comprimării în pompa de alimentare;

$\dot{E}_{D,\Delta T,PR}$ - datorită schimbului de căldură la diferență finită de temperatură în preîncălzitorul regenerativ;

$\dot{E}_{D,ar}$ - datorită arderii în generatorul de abur;

$\Sigma \dot{E}_{D,\Delta T,GA}$ - datorită schimburilor de căldură la diferență finită de temperatură în generatorul de abur;

$\dot{E}_{D,\Delta p,GA}$ - datorită pierderilor de presiune în generatorul de abur;

$\Sigma \dot{E}_{D,Q}$ - datorită pierderilor de căldură din generatorul de abur prin arderi imperfecte, arderi incomplete și prin radiație;

$\dot{E}_{D,d}$ - datorită destinderii în turbina cu abur;

$\dot{E}_{D,\Delta p,TA}$ - datorită pierderilor de presiune la intrarea și ieșirea din turbina cu abur;

$\dot{E}_{D,\Delta T,C}$ - datorită schimbului de căldură la diferență finită de temperatură în condensatorul instalației.

Pierderile de presiune pe conductele de legătură se asociază de regulă la pierderile de intrare și ieșire din agregatele principale.

În mod special pierderile de exergie prin răcirea condensatorului $\Delta\dot{E}_r$, și prin gazele de ardere evacuate din generatorul de abur \dot{E}_g nu au fost incluse în rândul distrugerilor de exergie, pentru ca acestea să poată fi analizate și să se stabilească dacă nu există soluții convenabile de recuperare.

Dacă fluxul exergetic al combustibilului \dot{E}_{cb} , din rel. (27), care exprimă bilanțul exergetic, se înlocuiește în rel. (14), ecuația de bilanț al costurilor exergetice capătă forma:

$$c_L \dot{L}_u + c_{eq} \dot{E}_5 = c_{ecb} (\dot{L}_u + \dot{E}_5 + \Delta\dot{E}_r + \dot{E}_g + \sum \dot{E}_D) + \dot{Z} + \dot{Z}_M \quad (28)$$

Această relație pune în evidență mai clar care este structura costurilor produselor finale. Astfel, analizând membrul al doilea al relației, se constată că pe lângă costul combustibilului echivalent fluxurilor utile de exergie (energia mecanică \dot{L}_u și exergia căldurii furnizate pentru termoficare \dot{E}_5), la costul produselor finale se adaugă costuri ale combustibilului necesar acoperirii fluxurilor de exergie distruse sau pierdute în sistemul termoenergetic. Adică orice ireversibilitate internă sau externă se traduce în costuri suplimentare ale produselor finale.

Mai mult, pe baza rel. (28) se poate stabili ponderea fiecărui tip de ireversibilitate asupra costurilor produselor finale, astfel încât să se aprecieze prioritățile de acțiune în direcția reducerii distrugerilor și pierderilor de exergie pentru reducerea costurilor produselor finale.

Evident, costurile finale sunt influențate și de ratele de amortizare pentru instalația de bază în pentru instalațiile de protecție a mediului.

6. CONCLUZII PRIVIND ANALIZA EXERGOECONOMICĂ ȘI PROTECȚIA MEDIULUI

La ora actuală sunt cunoscute suficiente metode de reducere a poluării mediului produsă de instalațiile și echipamentele termoenergetice. Aplicarea acestora însă, la instalațiile existente sau la noile investiții, se lovește de problemele financiare.

Ca urmare, este absolut necesar să existe un instrument cât mai adecvat pentru analiza influenței aplicării metodelor de reducere a poluării asupra prețului de cost al produselor finale ale sistemului termoenergetic analizat.

Un astfel de instrument este oferit de analiza exergoeconomică, expusă în prezenta lucrare. Aceasta întrucât ecuația de bilanț al costurilor exergetice, scrisă sub forma rel (28) include direct sau indirect și toate costurile aferente aplicării măsurilor de protecție a mediului.

Spre exemplu, dacă ne referim la instalația cu turbine cu abur analizată anterior, funcție de tipul costurilor suplimentare, metodele de reducere a emisiilor poluante pot fi grupate în două categorii:

- realizarea unor investiții suplimentare pentru instalații specifice de reducere a noxelor, însotite de cheltuieli suplimentare de exploatare și menenanță, acestea influențând costurile produselor finale prin rata de amortizare \dot{Z}_M ;
- utilizarea unor combustibili cu conținut redus de sulf și de cenușă, care evident sunt mai scumpi și care influențează costurile produselor finale prin costul specific al exergiei combustibilului.

De fapt utilizarea analizei exergoeconomice pentru stabilirea ponderilor costurilor suplimentare cauzate de introducerea unor măsuri de protecție a mediului are avantajul esențial că permite dezvoltarea unui studiu complet al proceselor desfășurate în instalația termoenergetică, care scoate în evidență și ponderile distrugerilor și pierderilor de energie în fiecare subsistem. În felul acesta vor rezulta tipurile de ireversibilități interne sau externe care au ponderile cele mai mari asupra costurilor produselor finale și asupra cărora se poate acționa pentru compensarea costurilor suplimentare de protecție a mediului.

Nu este lipsită de interes și analiza detaliată a structurii costurilor nonexergetice \dot{Z} , în special a componentei acesteia privind cheltuielile de exploatare și menenanță, astfel încât să se depisteze căile de reducere a acestora, ceea ce ar însemna o altă posibilitate de compensare a costurilor suplimentare de protecție a mediului și menținere a prețului de cost al produselor finale în limitele de competitivitate și rentabilitate.

BIBLIOGRAFIE

1. BEJAN, A.; TSATSARONIS, G.; MORAN, M. *Thermal design and optimization*. John Wiley & Sons, 1996, New York.
2. RADCENCO, V., *Termodinamică tehnică și mașini termice. Procese ireversibile*. Edp. 1976, București.
3. BEJAN, A., *Termodinamică tehnică avansată*. Editura Tehnică, 1996, București.
4. CASAROSA, C.; FRANCO, A. Thermoeconomic Optimization of HRSG Operative Parameters for Combined Plants. In: *Proceedings, ECOS'01*, Öztürk, A. and Göğüş, Y.A., ed., Istanbul – Turkiye, 2001, Vol. II, pp. 801 – 812.
5. PANAIT, T.; GHEORGHIU, C.; UZUNEANU, K. The improvement of heat recovery plants from burnt gases by means of exergetic analysis. In: *Proceedings, Sixth International Expert Meeting POWER ENGINEERING, 13-15 May*, Maribor, Slovenija, 1997, Vol. B, pp. 237 - 244,
6. PANAIT, T.; GHEORGHIU, C.; UZUNEANU, K.; DRĂGAN, M. Application de l'analyse d'énergie à l'étude des systèmes thermoénergétiques complexes. In: *Travaux du Colloque Franco-Roumain COFRET'02*, Université "Politehnica" Bucarest, 25 – 27 Avril 2002, pg. 68 – 71.

7. ERLACH, B.; TSATSARONIS, G.; CZIESLA, F. A New Approach for Assigning Costs and Fuels to Cogeneration Products. In: *Proceedings of ECOS'01*, Öztürk, A. and Göğüş, Y.A., ed., Istanbul – Turkiye, 2001, Vol. II, pp. 759-770.
8. KOROBITSYN, M.A. *Analysis of Cogeneration, Combined and Integrated Cycles*. Febodruk BV 1998, Enschede, Netherlan.
9. PANAIT, T.; GHEORGHIU, C.; UZUNEANU, K. The exergetic analyses method to choose the best heat recovery plant from burnt gases. In: *Proceedings, 1^{ER} Symposium International EURETECH, 16 - 17 Juillet*, Settat, Maroc, 1999, pp. 33 - 34,
10. PANAIT, T.; GHEORGHIU, C.; UZUNEANU, K.; COSTIUC, L. Thermo-economic criteria of energetical marine plants optimal design. In: *ECOS 2000 Proceedings, Part 1- From Thermo-Economics To Sustainability*, Universiteit Twente, Nederland, July 5-7, 2000, pag. 199-204
11. PANAIT, T.; GHEORGHIU, C.; UZUNEANU, K.; COSTIUC, L. Thermodynamic analysis for an advanced cycle with gas turbine and multi - pressure steam turbine. In: *Analele Universității "Dunărea de Jos" din Galați*, 2001, Fascicula IV, pag. 17 - 22.
12. PANAIT, T.; GHEORGHIU, C.; UZUNEANU, K.; DRĂGAN, M. Influence of Additional Burning on the Efficiency of Gas-Steam Combined Plants. In: *ECOS 2002 Proceedings*, Berlin, Germany, July 3-5, 2002, Volume III, pag. 1521-1527.

SEMINARIILE DE TERMODINAMICĂ, FIZICĂ STATISTICĂ ȘI APLICAȚII organizate de Societatea Română a Termotehnicienilor

Lista lucrărilor care s-au ținut în perioada iulie – decembrie 2002 la Catedra de Termotehnică, Mașini termice și Frigorifice, Facultatea de Inginerie Mecanică, Universitatea POLITEHNICA din București, în sala CG125
Informații suplimentare se pot obține de la domnul conf. dr. ing. Viorel Bădescu la adresa email: badescu@theta.termo.pub.ro.

Marți 22 octombrie 2002 orele 14.00

Prof. dr. ing. Eugeniu Potolea (Catedra de Electroenergetică, Facultatea de Energetică, Universitatea POLITEHNICA din București)
Legile și principiile termodinamicii

Marți 19 noiembrie 2002 orele 14.00

Acad. Marius Peculea (Academia Română București)
Cum am învățat criogenie

Marți 17 decembrie 2002 orele 14.00

Dr. Liviu Drughean (Catedra de Termotehnică, Facultatea de Instalații, Universitatea Tehnică de Construcții din București)
Optimizarea instalației frigorifice aferente unui patinoar acoperit pentru hochei, la Miercurea Ciuc