

## PUNCTE DE VEDERE

### RANDAMENTUL „EXERGETIC” MAI REALIST DECÂT CEL „ENERGETIC”<sup>\*)</sup>

Prof. dr. doc. Victor M. BRODIANSKII

INSTITUTUL DE ENERGETICA, Moscova (Rusia)

După cum este cunoscut, în aprecierea gradului de perfecțiune termodinamică a diferitelor sisteme tehnice de transformare a energiei un rol de primă dimensiune îl dețin *coeficienții termodinamici de calitate – eficiență*. Analiza bilanțurilor acestor sisteme elaborate pe baza principiilor termodinamicii servește ca bază atât pentru aprecierea calității lor cât și pentru depistarea căilor de perfecționare a acestora. Asemenea bilanțuri pot fi deduse pe baza Primului principiu al termodinamicii conform căruia, în regim staționar, suma fluxurilor energetice introduse ( $\sum En'$ ) se regăsește în suma fluxurilor energetice evacuate ( $\sum En''$ ):

$$\sum En' = \sum En'' \quad (1)$$

sau

$$\begin{aligned} \sum En' &= \sum W' + \sum Q' + \sum H' + \sum R' = \\ &= \sum W'' + \sum Q'' + \sum H'' + \sum R'' = \sum En'' \end{aligned} \quad (1')$$

în care termenii care apar caracterizează schimburile energetice ale sistemului termodinamic considerat cu exteriorul prin suprafața de control a acestuia adică:  $\sum W$  – suma schimburilor de lucru sub diferite forme;  $\sum Q$  – suma schimburilor de căldură;  $\sum H$  – suma entalpiilor fluxurilor de substanță;  $\sum R$  – suma fluxurilor radiante.

De asemenea, aceste bilanțuri pot fi alcătuite cu luarea în considerare a cerințelor Principiului al doilea al termodinamicii pe baza noțiunii de exergie, adică:

$$\sum Ex' = \sum Ex'' + \sum D \quad (2)$$

sau

$$\begin{aligned} \sum Ex' &= \sum W' + \sum Ex'_Q + \sum Ex'_R + \sum Ex'_m = \\ &= \sum W'' + \sum Ex''_Q + \sum Ex''_R + \sum Ex''_m + \sum D = \\ &= \sum Ex'' + \sum D \end{aligned} \quad (2')$$

<sup>\*)</sup> Material extras din lucrarea *Termodinamica la început de mileniu trei*, scrisă de prof. dr. doc. V. Brodianskii (tradusă în limba română de prof. dr. ing. V. Radcenco), ce va apărea în 2002 la Editura AGIR, București, România.

unde termenii care apar caracterizează schimburile energetice ale sistemului cu exteriorul prin suprafața de frontieră a acestuia adică:  $\sum W$  – suma schimburilor diferitelor forme de lucru identică cu cea exergetică;  $\sum Ex_Q$  – suma schimburilor de exergie a căldurii;  $\sum Ex_R$  – suma exergiilor fluxurilor radiante;  $\sum Ex_m$  – suma exergiilor fluxurilor de substanță.

Determinarea mărimeilor de tipul  $\sum Ex_Q$  și  $\sum Ex_R$  se face pe baza relațiilor cunoscute dacă sunt precizate caracteristicile fluxurilor respective și temperatura  $T_0$  a mediului ambiant al sistemului. În schimb însă determinarea lui  $\sum Ex_m$  este însotită de apariția unor dificultăți metodice importante. În general această mărime este legată nu numai de deosebirile parametrilor substanței considerate în raport cu mediul ambiant prin temperatură și presiune; în multe cazuri este necesară luarea în considerare a compoziției chimice a acesteia.

Problematica complexă a definirii exergiei substanței este legată de crearea unor modele de mediu înconjurător riguros fundamentate științific în care un rol determinant l-au jucat ideile și calculele practice ale academicianului polonez Jan Szargut.

Revenind la bilanțul exergetic (2) se constată că, spre deosebire de bilanțul energetic (1) suma fluxurilor de exergie evacuate din sistem  $\sum Ex''$  este inferioară celei introduse  $\sum Ex'$  cu valoarea pierderilor de exergie provocate de ireversibilitatea internă a proceselor care se desfășoară în sistem și anume  $\sum D$ . Aceasta este o consecință a faptului că suma fluxurilor de entropie  $\sum S''$  ale tuturor fluxurilor de substanță și energie care părăsesc sistemul este egală în cazul ideal al sistemului cu procese reversibile (prima latură a Principiului al doilea al termodinamicii) sau depășește suma fluxurilor de entropie  $\sum S'$  intrate în sistem în cazul real al sistemului cu procese ireversibile (cea de-a doua latură a Principiului al doilea al termodinamicii).

În determinarea „distrugerilor” de exergie cauzate de ireversibilitate un rol fundamental îl joacă teorema

Gouy (1889) – Stodola (1898) exprimată analitic sub forma

$$\sum D = T_0 \sum \Delta S \quad (3)$$

unde  $\Delta S = \sum S'' - \sum S'$ , ceea ce impune ca, întotdeauna, în cazurile reale să fie respectată inegalitatea

$$\sum S'' > \sum S' \quad (4)$$

Notația  $D$  exprimă în limba engleză noțiunea de stare moartă („dead state”) sau modern *disipație*, observând că mediul ambiant este caracterizat prin exergie nulă.

Revenind la subiectul abordat se constată că pe baza celor două ecuații de bilanț sunt definiți diferenți coeficienți de calitate denumiți ușual sub formă de *randamente*.

Istoria dezvoltării termodinamicii clasice și a aplicațiilor sale este legată de acești coeficienți de calitate. Din acest motiv analiza aplicațiilor tehnice ale termodinamicii moderne nu poate fi efectuată fără studierea acestor coeficienți adimensionali; ea trebuie începută cu o mică excursie istorică.

Pentru prima dată termenului actual de randament i-a corespuns denumirea de *efect util* (în franceză „effet utile”) introdus în știință de academicienii francezi Lazare Carnot (tatăl lui Sadi Carnot), L. Navier și G. Coriolis la finele secolului al XVIII-lea pentru aprecierea eficienței mașinilor mecanice și hidraulice. Ea era clară, univocă și era definită ca *raport între lucru efectuat de mașină  $W'$  și cel cheltuit  $W$* . Ambele mărimi puteau fi determinate prin ridicarea unei anumite greutăți la o înălțime măsurabilă. Diferența  $W' - W$  indica mărimea pierderii de lucru datorate frecării sau scăparilor. Atunci când au apărut primele motoare termice, problema definirii eficienței mașinii s-a complicat; ea era precizată pur și simplu prin consumul de cărbune raportat la CPh. În afară de aceasta, era în general neclar, cât lucru putea fi obținut prin arderea unei cantități date de combustibil.

Atunci când mai târziu S. Carnot a stabilit că „forța motrice a căldurii” are anumite limite, determinate de temperaturile superioară și inferioară, a apărut problema calculului gradului de apropiere a funcționării mașinii reale cu vaporii în raport cu această limită. În această situație mecanica era neputincioasă: rezultatul acțiunii mașinii și anume lucrul trebuia comparat cu o mărime de o cu totul altă natură calitativă și anume, căldura. S. Carnot a găsit o rezolvare generală simplă, logică și impecabilă. El a comparat lucrul  $W'$  efectuat de mașina reală cu lucrul maxim  $W''$  pe care l-ar fi produs mașina în aceleasi condiții de temperatură, funcționând pe baza ciclului ideal, denumit ulterior *ciclu Carnot*. El a și efectuat acest calcul, obținând pentru cea mai bună mașină cu vaporii existente în acea perioadă o valoare a randamentului  $W''/W' \approx 5\%$ .

Aceasta a fost prima determinare strict riguroasă a randamentului motorului termic. În această generalizare Carnot a păstrat neatins modul clasic de precizare a randamentului observând că în esență ideia mecani-

cienilor francezi se reducea la compararea lucrului efectuat de mașina reală cu cel al mașinii ideale. Mașina ideală era considerată cea la care lucrul de ieșire era egal cu cel de intrare; Carnot a considerat că acesta din urmă ar corespunde situației când mașina ar funcționa pe baza ciclului propus de el, adică ideal.

Soarta acestui fragment al lucrării lui Carnot a fost chiar mai complexă decât cea a altor idei ale sale. Dacă majoritatea dintre acestea au fost totuși înțelese și mai târziu dezvoltate, începând cu a doua jumătate a secolului al XIX-lea, în schimb însă problematica noțiunii de randament (în sensul larg ca măsură obiectivă a gradului de perfecțiune a sistemelor în care se desfășoară transformări energetice) s-a conturat în alt mod. Aici dezvoltarea s-a făcut nu atât înainte ci mai curând „colateral”; semnificația clară inițială a noțiunii de randament s-a pierdut pentru mult timp.

Eficiența mașinilor termice se determina, în continuare, pe baza tradiției amintite mai sus cu origini de pe vremea lui Watt, ca *raport între lucrul obținut și consumul de combustibil*. Deosebirea constă numai în faptul că la numitorul formulei pentru determinarea eficienței mașinii a început să fie plasată nu greutatea combustibilului consumat ci *puterea lui calorică*. Aici s-ar părea că totul este corect: se compară doi indici energetici și anume lucrul obținut  $W'$  și căldura consumată  $Q'$ . Aceasta corespunde cazului particular al bilanțului energetic alcătuit pe baza ecuației (1) când sunt comparate două mărimi, căldura  $Q'$  la intrare și lucrul  $W'$  la ieșire, celelalte fluxuri de energie lipsind.

Astfel a apărut și a început să fie utilizat pe scară largă așa numitul *randament termic*. În acesta, spre deosebire de randamentul Carnot, sunt comparate două mărimi calitativ diferite, căldura  $Q'$  și lucrul  $W'$ . De aceea, riguros vorbind, un asemenea randament nu arată, spre deosebire de cel Carnot, raportul între lucrul real și cel ideal. Pentru aprecierea motoarelor termice care funcționează pe baza arderii combustibilului chimic, o asemenea înlocuire a raportului a două lucruri, real evacuat și ideal, cu raportul lucrului real  $W'$  la căldura consumată  $Q'$  a influențat puțin asupra valorii indicelui de eficiență. Puterea calorică a combustibilului este apropiată de „puterea motrice a căldurii” după Carnot (sau după energia chimică  $Ex_{ch}$  conform terminologiei moderne) cu toate că diferența poate depăși 10%. Totuși, utilizarea pe scară largă a acestei metodici de apreciere a eficienței ca *raport între efect și cheltuielile pe baza fluxurilor de energie*, ales pe baza ecuației (1) conduce, adesea, la confuzii.

Într-un articol despre randament apărut în 1973 autorul afirmă la început în mod corect că randamentul nu poate fi supraunitar. Dar în continuare el se confruntă cu necesitatea de a explica de unde apar în practică *randamente supraunitare*. Nefiind în stare să stabilească în mod corect cauza acestei situații el găsește ieșirea din această contradicție apelând la un concept conform căruia există „randamente adevărate ca și altele”. El scrie: „cu toate că randamentul adevărat al instalației este subunitar, randamentul analizat poate fi și supraunitar”.

Gândul că un alt randament „neadevărat” a rezultat prin încălcarea principiului care era clar pentru Carnot referitor la necesitatea de a compara mărimi omogene calitativ ale „puterii motrice” nu s-a manifestat la autor.

Toată această încurcătură în legătură cu randamentul a creat derută în cercurile oamenilor de știință cu preocupări chiar îndepărtate de termodinamică. Din acest punct de vedere caracteristică este aprecierea acad. A.A. Harkevici care spunea: „Dificultățile metodice prezintă aici un caracter fundamental... Cea mai importantă dintre ele constă în precizarea aspectului referitor la mărimea care trebuie analizată în calitate de efect util al dispozitivului dat și găsirea măsurii cantitative a acestui efect util”.

Nefind un specialist în domeniul termodinamicii, acad. Harkevici a înțeles clar necesitatea de „găsire a măsurii cantitative a efectului util”. Membrul drept al bilanțului exergetic (2) satisfacă pe deplin cerințele în legătură cu această măsură, întrucât reflectă nu numai latura cantitativă ci și pe cea calitativă a rezultatelor funcționării sistemului. Toate randamentele  $\eta_{ex}$  se află în domeniul  $\eta_{ex} \in (0,1)$ ; în fiecare caz sunt evidente și pierderile de energie  $D = \sum Ex' - \sum Ex''$ . Prin aceasta noțiunea de randament revine la forma pierdută, după exprimarea acad. Harkevici, „înitală, simplă și elegantă”, dar deja la un nivel științific modern<sup>1)</sup>. O asemenea „revenire” este importantă nu numai în plan academic pur. Multe aprecieri și soluții aplicate pe baza utilizării randamentelor definite incorrect conduc la greșeli esențiale care costă foarte scump. Unele exemple care ilustrează această situație sunt redate în cele ce urmează.

La finele secolului XX, recent încheiat, aplicațiile tehnice ale termodinamicii, cu care de altfel a și început istoria sa, au căpătat o dezvoltare extinsă. Ea este legată înainte de toate de determinarea eficienței sistemelor tehnice precum și a părților lor componente de pe poziții energetice. Aici, desigur, în primul rând și în mare măsură îl joacă noțiunea fundamentală de randament a cărei scurtă caracteristică a fost precizată anterior. Tratarea însă incorrectă a noțiunii de randament conduce adesea la erori substanțiale.

Exemple sugestive de asemenea erori pot servi cele legate de aşa numitul *randament al centralelor geotermoelectrice*, precum și al *generatoarelor electrochimice de curent*, iar la scara energetică mari, randamentul *centralelor electrice cu termoficare*.

În primul caz temperatura surselor de căldură, după cum este cunoscut, este mult mai mică decât în cazul centralelor electrice cu combustibil organic sau nuclear. Randamentul termic  $\eta_t$ , egal cu raportul  $W'/Q'$ , nu

poate lua în considerare acest aspect astfel că valoarea sa numerică pentru centralele geotermale caracterizate printr-un nivel tehnic de perfecțiune egal sau mai înalt este de două ori mai redus decât în cazul centralelor care funcționează cu combustibil organic. În realitate randamentul lor exergetic  $\eta_{ex}$  în care se ține seama nu numai de aspectul cantitativ al căldurii ci și de exergia ei nu numai că nu este mai redus ci, câteodată superior termocentralelor electrice cu generatoare de abur.

În cel de-al doilea caz definirea curentă a randamentului generatoarelor electrochimice de curent se bazează pe raportul  $\Delta G/\Delta H$ , unde  $\Delta G$  reprezintă variația potențialului izobar-isoterm, iar  $\Delta H$  pe cea a entalpiei. Prima mărime (efectul util) este egală cu lucrul electric și corespunde exergiei. În schimb cea de-a doua mărime reprezintă efectul termic al reacției, adică numai cantitatea de energie fără considerarea calității ei. Ca rezultat un asemenea randament calculat pentru un generator electrochimic ideal poate fi atât mai mare cât și mai mic decât unitatea. Astfel pentru un asemenea generator în care are loc reacția ideală  $H_2 + 0,5O_2$ , un asemenea randament va fi în loc de 1,00 egal cu 0,83, iar pentru un generator care folosește reacția  $C + 0,5O_2$  el va fi 1,24! Este evident că, randamentul exergetic  $\eta_{ex}$  va fi egal cu unitatea în ambele cazuri. În mod corespunzător randamentul calculat pentru sistemele reale fără luarea în considerare a Principiului al doilea pot fi de asemenea, atât mai mari cât și mai mici ca 100%. Acești indici dezorientativi sunt folosiți în lucrări științifice solide de electrochimie și pe baza lor se trag concluzii cu „bătăie” lungă. Până în prezent sistemele electrochimice nu ocupă încă o poziție esențială în energetică astfel că asemenea „aprecieri” ale eficienței lor produc doar confuzii în rândul studenților și inginerilor însuflând inventatorii de „perpetuum mobile”. Economie, până în prezent, ele nu aduc prejudicii prea mari.

O cu totul altă situație s-a configurat la scara „energeticii mari”. Aici încurcătura creată de randament conduce adesea la rezolvări greșite și, în consecință, la pierderi economice. Exemplul cel mai caracteristic îl servește aprecierea randamentului centralelor electrice cu termoficare (CET) și cazane de apă fierbinte. Pe baza metodicii răspândite redate atât în literatura tehnico-științifică cât și în cea de învățământ, randamentul unor asemenea centrale este precizat cu ajutorul formulei

$$\eta = \frac{W + Q}{Q_{cb}} \quad (5)$$

în care sunt însumate pe picior de egalitate energia electrică  $W$  și căldura de potențial redus  $Q$ , care împreună sunt raportate la căldura de ardere a combustibilului  $Q_{cb}$ . Ca rezultat randamentul acestor centrale este sensibil mai mare (până la 80%) decât cel al centralelor termoelectrice (CET) adică 38...40% care funcționează la aceiași parametri ai aburului. În realitate însă, dacă se ține seama de exergia căldurii de potențial redus  $Ex_Q$ , randamentele celor două categorii de centrale

<sup>1)</sup> În literatura termodinamică de limbă engleză randamentul exergetic este denumit „Carnot Efficiency” sau „Exergy Efficiency”; spre deosebire de el toți coeficienții în care calitatea energiei nu este luată în considerare sunt denumiți: „Coefficient of Performance”. El reflectă exact latura practică a problemei întrucât arată cantitativ cum și îndeplinește sistemul rolul său „fără a descifra” în ce măsură el este apropiat de ideal.

sunt aproximativ aceleasi ceea ce este pe deplin justificat. Acest fapt este, de regulă, ignorat și pe seama unui randament aparent ridicat al CET este trasă o concluzie care contrazice adevărul. Întrucât ponderea CET în Rusia este mai mare decât în alte țări (producția de energie electrică pentru consumul de căldură reprezintă cca 20%) rezultă un consum specific de combustibil pe kWh mult mai redus decât la scara „întregii planete”. Corespunzător este majorat costul alimentării cu căldură ceea ce obligă pe consumator să și monteze centrale termice cu cazane proprii de joasă eficiență și prin aceasta să creeze supraconsumuri de combustibil. Dar și în acest caz, randamentul fals al acestora (până la 80%) în locul celor adevărate de 15...20% contribuie la mascarea acestei pierderi. Discuția pe aceste teme desfășurată în paginile jurnalului „Teploenergetica” din septembrie 1998, a ajutat într-o anumită măsură la clarificarea situației. Cu toate acestea, atât în literatura științifică cât și în cea de învățământ, precum și în practică, randamentele incorecte sunt încă larg răspândite.

Aprecierea fluxurilor energetice asociată cu ignorarea caracteristicilor lor calitative reflectate prin exergie conduce numai la aprecieri eronate ale randamentului cu toate consecințele care decurg de aici.

Trebuie menționate încă două direcții, unde o asemenea ignorare fie că nu permite evidențierea unor legități, fie crează reprezentări neveridice în legătură cu valoarea fluxurilor energetice.

Ca exemplu, care se încadrează în prima dintre ele, poate servi aprecierea calității utilajului destinat pentru vehicularea debitelor de lichid sau gaz prin consum de energie electrică (pompe, compresoare, instalații de separare a aerului și.a.). Pe lângă aprecierea corectă a randamentului despre care s-a discutat mai sus, un loc important în aprecierea lor îl ocupă indicatorii specifici de masă și gabarit. Aprecierea, spre exemplu, a calității compresoarelor pe baza indicatorilor specifici de tip  $m/E'$  și  $V/E'$  unde  $m$  și  $V$  reprezintă masa și volumul mașinii, iar  $E'$  – productivitatea exprimată în unități exergetice, permite obținerea unei dependențe universale a acestor indicațiori pentru serii de mașini de aceeași clasă. Asemenea dependențe oferă posibilitatea de a anliaza grupe și serii de mașini și instalații și de a evidenția în mod obiectiv diferențele lor tipuri care „ies” din dependența generală într-un sens sau altul. În afară de aceasta, comparând asemenea indicatori pe o perioadă de câțiva ani poate fi reliefată tendința de creștere a gradului de perfecționare a utilajului respectiv. Este important de remarcat că o asemenea metodică se „poarte” și sistemelor complexe care produc concomitent câteva produse prin determinarea producției globale pe baza exergiei lor generale (ca de exemplu în industria chimică, în instalațiile de separare a aerului și.a.).

În ceea ce privește cel de-al doilea caz de apreciere a mărimii fluxurilor energetice, analiza lor exergetică evidențiază un fapt foarte important și anume cel al neechivalenței acestor fluxuri pe diferite segmente pe măsura deplasării de la producători la consumatori. Această neechivalență nu contravine în nici un fel

imaginii universalității exergiei. În acest caz discuția în legătură cu neechivalența exergiei și a pierderilor ei se poartă din punctul de vedere al influenței acestora asupra indicatorilor globali ai sistemului. Cu cât se află mai departe de originea lanțului de transformări energetice și de substanță elementul considerat, cu atât este mai „scumpă” exergia acestuia și cu atât se reflectă mai mult pierderile din element asupra acestor indicatori. Acest aspect este sugerat apelând la exemplul simplu al unui sistem care constă din  $n$  elemente inseriate succesiv prin care trece un flux de exergie. Dacă se notează consumul suplimentar de exergie la intrarea în sistem determinat de pierderea  $D_i$  în elementul de rang  $i$  prin  $\Delta Ex_s$ , atunci mărimea ei va fi exprimată pe baza egalității

$$\Delta Ex_s = D_i / \prod_{i=1}^n \eta_{ex_i} \quad (6)$$

unde  $\prod_{i=1}^n \eta_{ex_i}$  reprezintă produsul randamentelor exergetice ale tuturor porțiunilor de la primul până la al  $n$ -lea.

Dacă spre exemplu, într-un sistem sunt 5 porțiuni cu randamente  $\eta_{ex}$  egale cu 0,9; 0,7; 0,8; 0,6; 0,5 atunci numitorul formulei (6) va fi egal cu

$$0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \equiv 0,15.$$

În acest mod o pierdere de 1 kW pe ultima porțiune este echivalentă cu o pierdere de 6,7 kW la intrarea în sistem. Prin urmare economisirea energiei trebuie făcută mai ales în apropiere de consumator; acolo exergia și, respectiv, energia sunt mult mai scumpe. Această situație este departe de a fi luată în considerare în analiza sistemelor energetice și întocmirea bilanțurilor energetice. Convingerea în legătură cu faptul că „un kilowatt este un kilowatt” s-a înrădăcinat adânc în mintile multor energeticieni; înțelegerea aceluia fapt încăpătanat că totuși „kilowattul kilowattului nu î este egal” se asimilează cu greutate. Aici logica formală intră în contradicție cu dialectica.

Ca rezultat bilanțurile energetice ale întreprinderilor, regiunilor și țării în ansamblu se sprină, de regulă, pe indicatori nefondăți în care sunt ignorate caracteristicile calitative ale fluxurilor energetice. Corespunzător cu acestea sunt legate aprecieri și rezolvări practice. Supraconsumul de combustibil, energie și de alte resurse energetice determinat de acestea este uriaș. Înțelegerea acestui lucru pătrunde lent în conștiința energeticienilor. Cu toate acestea în ultima perioadă de timp capătă răspândire alcătuirea bilanțurilor exergetice la cele mai diferite scări începând cu secții de producție și întreprinderi până la energetică unor țări în ansamblu. Aceste bilanțuri oferă o apreciere obiectivă a situației și concură la găsirea soluțiilor optime<sup>1)</sup>.

În ultimii ani a fost elaborat un mare complex de metode de analiză axat pe abordarea exergetică și optimizarea atât a diferitelor sisteme tehnice și a elementelor lor componente cât și a proceselor care au loc în

<sup>1)</sup> Încercarea de a alcătui și analiza un asemenea bilanț pentru fosta URSS nu a fost susținută și nu a găsit până acum o dezvoltare ulterioară.

acestea. Aici trebuie remarcată abordarea legată de noțiunea de „exergie de tranzit”, de metodile axate pe utilizarea mărimii  $\Delta Ex/\Delta H$  (ca raport între variația exergiei în procesul considerat și variația entalpiei) și pe variantele exergetice ale „pinch method” destinate pentru optimizarea sistemelor de schimbătoare de căldură.

În sfârșit este necesar să fie amintite două abordări cu caracter mai general.

Prima dintre ele este axată pe repartizarea optimă a sarcinilor exergetice în sisteme și cea de-a doua care reprezintă o metodă integral-sistemică prin intermediul căreia se reușește găsirea soluțiilor optime pentru multe scheme tehnologice complexe compuse din numeroase elemente. Descrierea și analiza acestor metode ca și a altora elaborate pe baze noi depășește cadrul acestui material. Bibliografia lucrărilor legate de acestea este foarte largă: pe lângă cărțile care generalizează lucrările referitoare la metoda exergetică sunt publicate și continuu să apară un mare număr de articole și rapoarte la conferințele naționale și internaționale.

Ignorarea abordării exergetice moderne (după terminologia americană „Exergy Management”) în rezolvarea problemelor energetice a costat mult economia națională. Modul de gândire „preexergetic” reprezintă una dintre cauzele pentru care unitatea de produs intern brut este, din punctul de vedere al cheltuielilor de energie și materiale, după cum este cunoscut de câteva ori mai mare în Rusia în raport cu SUA, Germania și Japonia.

În încheiere nu putem să nu amintim lucrările care, în mod direct sau indirect sunt îndreptate împotriva direcției exergetice de studiu în domeniul aplicațiilor tehnice ale termodinamicii. Printre ele trebuie amintită

înainte de toate așa numita metodă entropică (în literatură de limbă engleză „Entropy Generation Minimization” – metoda EGM). Ea este axată pe calculul și analiza creșterii de entropie datorate ireversibilității proceselor în sistemele analizate și componentele acestora. În esență această abordare readuce metodica de analiză, chiar și dacă într-o formă modernizată, la nivelul lucrărilor anilor 1910–1920, întrucât ignoră însă fluxurile de exergie, concentrându-și atenția asupra pierderilor. În unele cazuri particulare (și de asemenea la predarea termodinamicii) o asemenea abordare este admisibilă, atunci când trebuie concentrată atenția mai ales asupra pierderilor de exergie, dar ca metodă generală ea a îmbătrânit în mod irevocabil.

O altă abordare total fără îcisire aparținând anilor '80... '90 care a creat mult „zgomot” prin încercările de a introduce în termodinamică timpul, fără însă o fundamentare științifică riguroasă aşa cum s-a făcut în termodinamica proceselor ireversibile, ci prin „intrarea neagră” prin intermediul construcțiilor artificiale, axate pe „ciclurile ireversibile Carnot” (!). O asemenea termodinamică în timp finit (Finite Time Thermodynamics) nu a supraviețuit foarte mult. După o perioadă relativ scurtă de „bumm” determinată de apariția unor articole cu tentă științifică elaborate de diferiți autori, această direcție a fost criticată ca fiind practic inutilă autodizolvându-se.

Metodele „antiexergetice” enumerate sunt caractezate, pe lângă cele arătate anterior, prin încă un neajuns. El constă în aceea că refuzul utilizării noțiunii de exergie limitează, iar într-o serie de cazuri face imposibilă largirea utilizării domeniului termodinamicii dincolo de limitele tehnicii.

Revista ENTROPIE a dedicat numărul 232/2001 lucrărilor Conferinței Naționale de Termotehnică, ediția a X-a, ce a avut loc la Sibiu, România, în perioada 25–27 mai 2000. În acest număr au fost publicate următoarele articole:

- V. Radcenco\*, Elena Vasilescu\*, M. Feidt\*\*, The Substantiation of the Exergetic Method of Analysis Based on Finite Time Thermodynamics. \*Univ. POLITEHNICA, București, \*\*LEMTA – UPH, Nancy 1 (Franța)
- I. Ioniță, The Cost-to-Quality Ratio-Based Optimization of the Energy Production. Univ. „Dunărea de Jos”, Galați
- T. M. Sajin, Systèmes gaz-liquide dans les champs des forces extérieures. Univ. din Bacău
- R. Reff, Some considerations upon the law of entropy. Univ. „Lucian Blaga”, Sibiu
- D. Stanciu, M. Marinescu, D. Izvoranu, E. Vasilescu, Numerical simulation of flat plate boundary layer irreversibilities with K-E models. Univ. POLITEHNICA, București
- Claudia Ioniță\*, Lavinia Grosu\*\*, The correlation between the coefficient of performance and the generating of entropy in case of vapour – compression refrigerating installation. \*Univ. POLITEHNICA, București, \*\*LEMTA – UPH, Nancy 1 (Franța)
- S. Petrescu\*, M. Feidt\*\*, M. Costea\*, T. Florea\*, Les cycles des machines à froid et des pompes à chaleur de Stirling avec vitesse finie. \*Univ. POLITEHNICA, București, \*\*LEMTA – UPH, Nancy 1 (Franța)

