

# **BILANȚUL ENERGETIC - INSTRUMENT DE BAZA AL AUDITULUI ENERGETIC**

*Lect. superior Oleg CHILARI  
Conf. univ., dr.ing. Natalia BEGLEȚ  
Conf. univ., dr.ing. Serghei PALAȘ*

*Universitatea Tehnică a Moldovei*

## **ABSTRACT**

The concept of energetical analysis is defined and applied to industrial processes. The study discusses the meaning of the choice of definition of efficiency, system limitations and problem definition. The aim of this report is to show the simplicity and the value of using the concept of energetical analysis when analyzing industrial processes and to develop conventions and standards within the field.

The large losses which are revealed in an energetical treatment of a process should be seen as a challenge to achieve technical improvements, not as an insurmountable obstacle. The method presented in this report is also valuable for long-term planning of, for example, research efforts on more efficient allocation of resources since it reveals the real losses.

## **1. Introducere**

Valorificarea cu maximă eficiență a tuturor categoriilor de resurse (materiale, umane, financiare, etc) constituie o cerință de mare actualitate atât pentru activitățile productive cât și pentru cele neproductive. Dintre categoriile de resurse enumerate mai sus, cele materiale nu sunt numai scumpe ci și epuizabile, fapt care constituie un argument în plus în favoarea utilizării lor cu maximum de randament.

## **2. Managementul energetic. Beneficiile auditului energetic**

Într-o lume cu resurse naturale finite și cu o cerere energetică în creștere, devine tot mai importantă înțelegerea mecanismelor care duc la degradarea energiei și a resurselor și dezvoltarea de abordări pentru îmbunătățirea proiectării sistemelor energetice și reducerea impactului asupra mediului înconjurător. Al doilea principiu al termodinamicii combinat cu economia reprezintă un instrument puternic pentru studiul și optimizarea continuă a sistemelor energetice.

Datorită necesității întocmirii unor programe de îmbunătățire a eficienței energetice, cu etape clare privind stabilirea și aplicarea măsurilor de îmbunătățire a eficienței energetice care să producă efecte vizibile în scăderea cheltuielilor cu consumurile ridicate de energie sunt 3 pași în eficientizarea energetică:

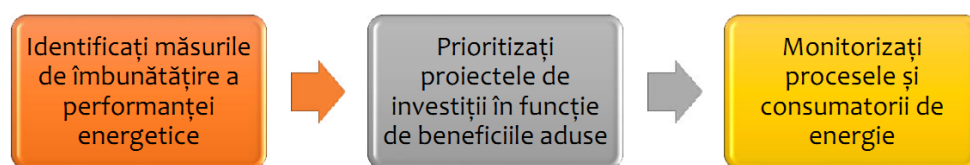


Figura 1. Principalii pași în eficientizarea energetică

Auditul nu reprezintă un cost, ci o activitate profitabilă, o investiție în viitorul consum energetic. Pentru optimizarea consumului de energie este recomandată următoarea procedură:

***Pasul 1: Analiza consumurilor de energie.***

Acest pas este cel mai important pentru a economisi un maximum de energie. Efectuarea unei analize detaliate a necesităților procesului, discutarea și identificarea parametrilor de proces relevanți împreună cu personalul responsabil pentru proces tehnologic. Bilanțul energetic reprezintă metoda sistematică care permite analiza utilizării energiei într-o activitate oarecare. Întocmirea unui bilanț energetic la nivelul unui contur dat permite obținerea unei reprezentări accesibile a modului în care fluxurile de purtători de energie intrate se distribuie, se transformă, sunt consumate și ies din conturul analizat.

***Pasul 2: Analizarea utilajului energofag care produce agentul de lucru utilizat în proces***

Agentul de lucru al procesului poate fi: aburul, aerul comprimat, aerul, apa, gazele de ardere, etc. Întrebările care trebuie puse includ: este instalația sau utilajul dimensionat adecvat pentru consum (sau este supradimensionată?). În cazul supradimensionării, mașina (pompa, ventilatorul, compresorul, cuptorul, etc.) funcționează cu o parte din sarcină, ceea ce duce la scăderea eficienței.

***Pasul 3: Controlul corect al instalațiilor energofage***

Necesarul de agent de lucru variază în condițiile reale de proces. Deci manipularea mașinii trebuie să fie adaptată optim la cerințele reale (de moment). Ca regulă aceasta se face prin intermediul unei acționări a pompelor, ventilatoarelor sau compresoarelor, controlate în permanență.

***Pasul 4: Optimizarea instalației energofage***

Există 3 reguli principale pentru acest pas:

1. funcționarea instalației se efectuează la parametrii optimi de lucru,
2. randamentul instalației trebuie să fie maximum,
3. controlul permanent al parametrilor funcționali ai instalației.

Analiza critică a eficienței utilizării energiei într-un perimetru dat, cunoscută și sub denumirea de audit energetic, este una dintre componentele de bază ale oricărui program de acțiune având ca obiectiv îmbunătățirea eficienței energetice. Auditul energetic reflectă nivelul eficienței energetice atins în interiorul conturului analizat într-o anumită perioadă de timp. În același timp, auditul energetic furnizează informațiile necesare pentru stabilirea celor mai potrivite și mai convenabile soluții în vederea creșterii eficienței energetice a activităților desfășurate în organizația analizată. Un element important la efectuarea auditului energetic este bilanțul energetic al instalațiilor energofage.

Bilanțul energetic are la bază legea conservării energiei, scopul său fiind identificarea și evaluarea tuturor cantităților sau fluxurilor de energie care intră și care ies din perimetrul analizat într-o anumită perioadă de timp. Întocmirea corectă a oricărui bilanț energetic presupune în primul rând stabilirea precisă a limitelor conturului în interiorul căruia se desfășoară activitatea analizată și a perioadei de timp considerate. Studiind cu atenție fenomenele fizice și chimice implicate în activitatea desfășurată în interiorul conturului dat se definesc categoriile de fluxuri energetice care sunt urmărite la întocmirea bilanțului. Din această categorie pot face parte căldura fizică (sensibilă), căldura latentă, puterea calorifică, efectul termic al reacțiilor chimice, lucrul mecanic, energia potențială, energia electrică, etc.

### **3. Bilanțul energetic al cuptorului de topit sticlă** **Indicații metodologice privind întocmirea bilanțurilor energetice**

Elaborarea unui bilanț energetic comportă o anumită structură, al cărui model este următorul:

1. Definirea conturului.
2. Prezentarea sumară a activității din interior (procesului tehnologic).
3. Schema fluxului tehnologic.
4. Precizarea caracteristicilor tehnice ale agregatelor și instalațiilor conținute în contur.
5. Prezentarea punctelor și aparatelor de măsură (tip, schemă, clasă de precizie, etc).
6. Fișa tip sau buletinul de măsurători.
7. Ecuația de bilanț.
8. Calculul termenilor bilanțului (expresii analitice, formule de calcul).
9. Bilanțul energetic prezentat sub formă de tabel și de diagramă Sankey.
10. Analiza bilanțului.

Atât în cazul transformatorilor de energie cât și în cazul consumatorilor finali, eficiența energetică trebuie stabilită pentru întreg domeniul de variație al încărcării.

### Cantitățile de căldură intrate în contur

Condiția conservării energiei în cazul întocmirii bilanțului energetic al activității desfășurate în perimetrul analizat este exprimată matematic prin relația :

$$Q_i = Q_{cc} + Q_{sc} + Q_{sm} + Q_L + Q_{Lrî} \quad (1)$$

unde:  $Q_i$  – căldura intrată în contur, kJ/ciclu;  $Q_{cc}$  – căldura chimică a combustibilului, kJ/ciclu;  $Q_{sc}$  – căldura sensibilă sau căldura fizică a combustibilului, kJ/ciclu;  $Q_{sm}$  – căldura sensibilă ale materialelor intrate, kJ/ciclu;  $Q_L$  – căldura sensibilă a aerului introdus în cuptor pentru arderea combustibilului, kJ/ciclu;  $Q_{Lrî}$  – căldura sensibilă a aerului utilizat pentru răcirea exterioară a zidăriei cuptorului, kJ/ciclu.

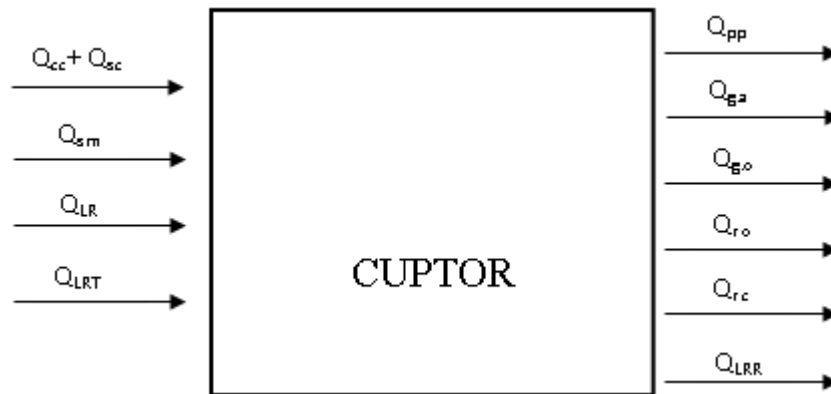


Figura 2. Bilanțul termic al cuptorului de topit sticla

Resursele materiale pot fi în același timp și resurse energetice, având valoare energetică sau un anumit conținut de energie, pot fi de diverse feluri și se pot prezenta sub diverse forme. În general, prin resurse energetice primare sau energie primară se înțeleg substanțe combustibile convenționale (cărbuni, petrol și derivatele sale, gaz natural, alți combustibili sintetici, etc), în timp ce prin energie direct utilizabilă se înțelege o formă de energie rezultată de obicei prin conversia energiei primare.

Cantitatea totală de materie primă introdusă  $G_{mi}$  este formată din:

$$G_{sm} = \sum_{j=1}^n G_{mi,j} = G_{cioburi} + G_{nisip} + G_{Na_2CO_3} + G_{dolomit} + G_{Al\ OH_3} + G_{K_2CO_3} + G_{NaNO_3} \quad (2)$$

unde: G sunt debitele orare ale cioburilor returnate, nisipului cuarț ( $SiO_2$ ), sodei calcinate ( $Na_2CO_3$ ), dolomitului ( $MgO$ ), carbonatului de potasiu ( $K_2CO_3$ ), trioxidului de stibiu ( $NaNO_3$ ).

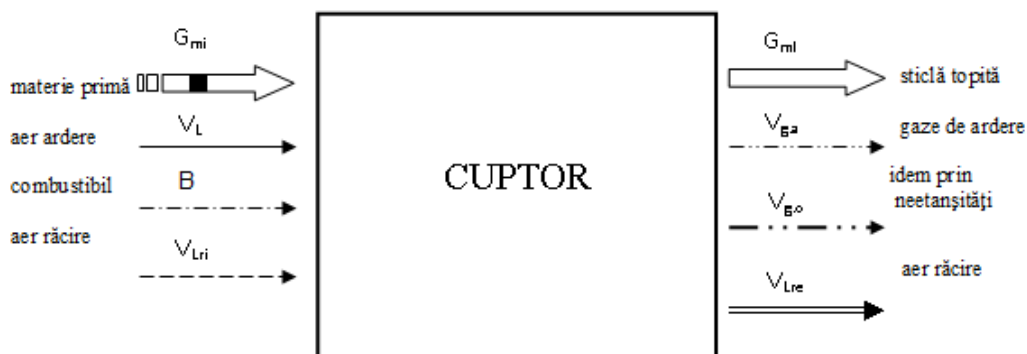


Figura 3. Bilanțul fluxurilor materiale pentru cuptorul de topit sticlă

Căldura specifică medie a acestui amestec se calculează pe baza participațiilor masice ale diversilor componenți, cu relația:

$$c_{mi} = \frac{\sum_{j=1}^n G_{mi,j} \cdot c_{mi,j}}{G_{mi,j}}, \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \quad (3)$$

Căldura sensibilă și chimică a combustibilului ars este:

$$Q_c = Q_{cc} + Q_{sc} = B_{BT} + B_{BL} \cdot Q_i^p + c_{pc} \cdot \tau, \text{ GJ}/\text{ciclu} \quad (4)$$

unde:  $B_{BT}$ ,  $B_{BL}$  - consumurile orare de combustibil respectiv în bazinul de topire și de lucru,  $\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h}$ ,  $Q_i^p$  - căldura inferioară de ardere a combustibilului,  $\text{kJ}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ,  $\tau$  - durata unui ciclu, ore,  $c_{pc}$  - capacitatea termică a combustibilului la  $t_c$ ,  $\text{kJ}/(\text{m}^3_{\text{N}} \cdot \text{K})$ .

Cantitatea de căldură introdusă cu materialele:

$$Q_{sm} = G_{sm} \cdot c_{mi} \cdot t_{mi} \cdot \tau, \text{ GJ}/\text{ciclu} \quad (5)$$

Căldura sensibilă a aerului de ardere introdus în cuptor:

$$Q_L = Q_{L.R.} \quad (6)$$

$$Q_{L.R.} = B_{BT} \cdot \alpha_{BT} \cdot i_{L.R.} \cdot \tau \cdot V_a^o, \text{ GJ}/\text{ciclu}$$

Căldura intrată cu aerul pentru răcirea exterioară a pereților bazinului de topire și de lucru:

$$Q_{L.R.T.} = V_{L.R.} \cdot i_{L.Ri} \cdot \tau, \text{ GJ}/\text{ciclu} \quad (7)$$

unde:  $V_{L.R.}$  – debitul de aer de răcire,  $m^3_N / h$ ,  $i_{L,ri}$  – entalpia aerului de răcire la temperatura  $t_{L,ri}$  cu care intră în ventilatorul VA,  $kJ / m^3_N$ .

#### Cantitățile de căldură ieșite din contur

$$Q_e = Q_{pp} + Q_{g.a} + Q_{g.o} + Q_{ro} + Q_{rc} + Q_{LR} \quad (8)$$

unde:  $Q_{pp}$  – căldura conținută de produsul principal (sticla topită),  $kJ/ciclu$ ;  $Q_{g.a}$  – căldura pierdută cu gazele de ardere rezultate din arderea combustibilului, evacuate la coș,  $kJ/ciclu$ ;  $Q_{g.o}$  - căldura pierdută cu gazele de ardere care ies prin neetanșități care există, ușile și orificiile deschise,  $kJ/ciclu$ ;  $Q_{ro}$  - căldura radiată prin neetanșități, uși și orificii deschise,  $kJ/ciclu$ ;  $Q_{rc}$  - căldura pierdută prin pereții cuptorului în mediul ambiant,  $kJ/ciclu$ ;  $Q_{LR}$  - căldura sensibilă a aerului după ce a fost utilizat la răcirea exterioară a zidăriei cuptorului,  $kJ/ciclu$ .

Din conturul de bilanț considerat iese în primul rând produsul principal, care este scopul activității analizate. În unele cazuri, pe lângă acesta mai ies și unul sau mai multe produse secundare, deșeuri, reziduuri sau resurse secundare (materiale și/sau energetice). Trebuie precizat că produsul principal poate avea și el un anumit conținut de energie, care îi poate conferi și calitatea de resursă energetică secundară.

Căldura conținută de sticla topită, la ieșire din cuptor:

$$Q_{pp} = G_p \cdot q_s + q_t + q_r \cdot \tau \quad (9)$$

unde:

$G_p$  – cantitatea de sticlă topită ieșită din cuptor,  $kg/h$ ,

$q_s$  – căldura sensibilă a sticlei la temperatura sa de ieșire,  $kJ/kg$ ,

$q_t$  – căldura latentă de topire a sticlei,  $kJ/kg$ ,

$q_r$  – căldura de reacție,  $kJ/kg$ .

Căldura sensibilă a gazelor de ardere la ieșire din conturul bilanțului:

$$\begin{aligned} Q_{g.a.} &= Q_{g.a.R.}, \quad GJ / ciclu \\ Q_{g.a.R.} &= V_{g,aR} \cdot i_{g,aR} \cdot \tau, \quad GJ / ciclu \\ V_{g,aR} &= V_{LF} \cdot \alpha \cdot 1 + V_{g,R}, \quad m^3_N / h \\ i_{g,aR} &= t_{g,aR} \cdot c_{g,aR}, \quad kJ / m^3_N \end{aligned} \quad (10)$$

unde:  $Q_{g.a.R.}$  - căldura sensibilă a gazelor de ardere la ieșirea lor din regenerat,  $i_{g,a.R.}$  – entalpia gazelor de ardere la ieșirea lor din regenerat.

Căldura pierdută cu gazele de ardere care ies prin neetanșitățile date, uși și orificii deschise:

$$\begin{aligned} Q_{go} &= \sum n_i \cdot \tau_i \cdot V_{goi} \cdot i_{goi}, \quad GJ / ciclu \\ V_{goi} &= S \cdot U, \quad m^3_N / s \end{aligned} \quad (11)$$

unde:  $n_i$  – numărul de orificii,  $\tau_i$  – timpul de deschidere al orificiului,  $V_{goi}$  – volumul de gaze de ardere pierdute prin orificiul  $i$ ,  $i_{goi}$  – entalpia gazelor de ardere, în orificiul  $i$ ,  $\text{kJ/m}^3_N$ ,  $S$  – secțiunea orificiului,  $\text{m}^2$ ,  $U$  – viteza gazelor în orificiu,  $\text{m/s}$ .

Căldura radiată prin neetanșități:

$$Q_{ro} = 20,41 \cdot \sum_{i=1}^n S_i \cdot n_i \cdot \tau_i \cdot \varphi_i \cdot \left[ \left( \frac{T_c}{100} \right)^4 + \left( \frac{T_a}{100} \right)^4 \right] \quad (12)$$

unde:  $\varphi_i$  – coeficientul de diafragmare  $\varphi = 0,7$ ,  $T_c$  – temperatura în interiorul cuptorului,  $\text{K}$ ,  $T_a$  – temperatura mediului ambiant,  $\text{K}$ .

Căldură pierdută prin pereții cuptorului:

$$Q_{rc} = \sum_{i=1}^n S_i \cdot \tau_i \cdot \alpha_i \cdot (t_{pi} - t_a) \quad (13)$$

unde:  $\alpha_i$  – coeficientul de transmitere a căldurii prin convecție și radiație de la suprafața peretelui la mediul ambiant,  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ , care se poate calcula cu relația:

$$\alpha = m \sqrt[4]{t_p - t_a} + \frac{5,67\varepsilon}{t_p - t_a} \left[ \left( \frac{t_p + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_a + 273}{100} \right)^4 \right] [\text{W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})] \quad (14)$$

unde:  $m$  este un coeficient de orientare a suprafeței care are valorile:  $m=2,56$  pentru suprafețe verticale;  $m=3,26$  pentru suprafețe orizontale care transmit căldura în sus;  $m=2,1$  pentru suprafețe orizontale care transmit căldura în jos;  $\varepsilon$  – factorul de emisie al suprafeței exterioare a cuptorului.

Căldura sensibilă a aerului după ce a fost utilizat la răcirea exterioară a zidăriei cuptorului:

$$Q_{Lre} = V_{Lr} i_{Lre} \tau \quad [\text{kJ/ciclu}] \quad (15)$$

unde:  $i_{Lre}$  este entalpia aerului cald, la temperatura  $t_{Lre}$  după răcirea pereților, în  $\text{kJ/m}^3$ .

Măsurările au fost efectuate pe perioada mai multor cicluri de funcționare, luându-se în considerație valorile medii pentru un ciclu. Rezultatele măsurărilor sunt prezentate în tabelul 1.

Pe baza datelor măsurate au fost calculate mărimi auxiliare necesare întocmirii bilanțului. Folosind mărimile măsurate și datele auxiliare au fost calculate elementele bilanțului termic, rezultatele căruia sunt prezentate în tab. 2.

### Bilanțul termoeenergetic al unui cuptor de topit sticlă

Cuptorul de topit sticlă este de tip vană, cu flacără în U, pentru butetii și borcane din sticla. Principalele caracteristici tehnico-funcționale ale cuptorului sunt:

Tabelul 1

#### Rezultatele măsurărilor

Materiale introduse în cuptor	kg/h	$\Sigma G_{mi,j}$	7813
Temperatura medie a amestecului de materie primă	°C	$t_{mi}$	22
Consumul de combustibil	m <sup>3</sup> N/h	$B_{bt}+B_f$	2043
Temperatura combustibilului	°C	$t_c$	18
Durata unui ciclu	h/ciclu	t	72
Debitul de aer în regenerator	m <sup>3</sup> N/h	$V_{LR}$	24596
Coeficientul de exces de aer		$a_{BT}$	1,2
Debitul de aer de răcire	m <sup>3</sup> N/h	$V_{Lr}$	21000
Temperatura aerului de răcire	°C	$t_{ri}$	20
Debitul sticlei topite ieșite din cuptor	kg/h	$D''_{st}$	6250
Temperatura de ieșire a sticlei din cuptor	°C	$t_{me}$	1120
Căldura latentă de topire a sticlei	kJ/kg	r	255
Temperatura gazelor de ardere la ieșire din:			
- regenerator	°C	$t_{ga,R}$	720
- la coș	°C	$t_{coș}$	380
- secțiunea orificiilor	m <sup>2</sup>	S	0,2
- numărul lor		n	36
- timpul de deschidere	h	$t_i$	24
Temperatura gazelor de ardere din orificiu	°C	$t_{ga}$	1300
Temperatura mediului ambiant	°C	$t_c$	20
Suprafața exterioară a cuptorului	m <sup>2</sup>	$S_i$	925
Temperatura aerului de racire după preluarea caldurii	°C	$t_{Lre}$	53
Temperatura peretelui, fiind suflat de aer	°C	$t_{pi}^{md}$	150
Căldura de ardere a gazului natural	kJ/m <sup>3</sup> N	$Q_i^p$	35530
Capacitățile termice ale componentelor șarjei:			
- fosfat de aluminiu	kJ/(kg·K)	CaI(OH) <sub>3</sub>	1,06
- dolomită	kJ/(kg·K)	Cdolomită	0,879



- nisip	kJ/(kg·K)	Cnisip	0,741
- cioburi	kJ/(kg·K)	Ccioburi	0,724
- sodă calcinată	kJ/(kg·K)	CNa <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1,038
- trioxid de stibiu	kJ/(kg·K)	CNaNO <sub>3</sub>	1,08
- carbonat de potasiu	kJ/(kg·K)	CK <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,879
Principalele caracteristici tehnico-funcționale ale cuptorului:			
- capacitatea de topire	t/24 ore		150
- extracția orară brută	kg/h		6250
- extracția orară netă	kg/h		4375
- suprafața activă de topire	m <sup>2</sup>		161,6
- extracția specifică zilnică	kg/(m <sup>2</sup> 24ore)		0,93
Temperatura de topire a sticlei:			
- în bazinul de topire	°C		1550
- în bazinul de lucru	°C		1340
- în feedere	°C		1160
Numărul de arzătoare:			
- în bazinul de topire și de lucru	buc		24
- în feedere	buc		80

Cuptorul este format, în principal, din: bazinul de topire, bazinul de lucru, două feedere alimentare, două mufe și două camere regeneratoare pentru preîncălzirea aerului de ardere din bazinul de topire. Schema funcțională de principiu a cuptorului este prezentată în figura 4.

Funcționarea cuptorului: materia primă (amestec de cioburi și alte produse) este introdusă în bazinul de topire (1) prin gura de alimentare, în funcție de nivelul sticlei topite în feedere. După topirea amestecului în bazinul de topire, sticla topită curge, prin canalul de trecere, în bazinul de lucru (2). Aici are loc limpezirea și omogenizarea din punct de vedere termic și al compoziției.

Din bazinul de lucru, sticla curge în cele două feedere (3), unde procesul de omogenizare termică și chimică continuăm, cu ajutorul unui agitator amplasat în fiecare feeder. Nivelul sticlei topite în întreg cuptorul este menținut automat cu ajutorul unui nivelmetru amplasat în zona feederelor.

Fiecare feeder este format din trei zone (în sensul curgerii sticlei): răcire, condiționare și jgheab. Din jgheab sticla curge pe pipa refractară aflată în mufa încălzită, care se rotește constant.

Pentru arderea în cele trei zone principale se utilizează aer de ardere insuflat cu ajutorul ventilatoarelor:

- ✓ pentru bazinul de topire aerul de ardere este insuflat de ventilatorul VA, prin inversorul (5), este preîncălzit în regeneratorul (4) și apoi introdus în bazin;
- ✓ aerul de ardere pentru bazinul de lucru este preluat cu ventilatorul VA din exteriorul cuptorului și suflat direct (nepreîncălzit) în bazin;
- ✓ aerul de ardere pentru feedere este preluat de ventilatorul VA din exterior, de asemenea nepreîncălzit.

Combustia este asigurată prin instalațiile de alimentare aer-gaz natural ale bazinului de topire, de lucru și ale feederilor. Gazele de ardere rezultate în bazinul de topire pătrund prin ampliajul regeneratorului, în care este reținută o parte din căldura conținută. Gazele astfel răcite își continuă drumul prin canalul de gaze de ardere, investor și coș.

Perioadele de ardere și recuperare a căldurii gazelor de ardere alternează: când funcționează arzătoarele de pe o parte a cuptorului, aerul de ardere necesar se preîncălzește în camerele regeneratorului de pe partea opusă, iar gazele de ardere încălzesc ampliajul camerelor regeneratoare de pe partea opusă. Inversarea aer-gaze de ardere este asigurată de inversorul (5).

Conform proiectului, durata de schimbare a flăcării este de 20-30 min.

Răcirea exterioară permanentă a zidăriei exterioare a bazinelor de topire și de lucru este asigurată cu aer insuflat de bateria de ventilatoare VA, prin intermediul unei tubulaturi și a unor injectoare de aer.

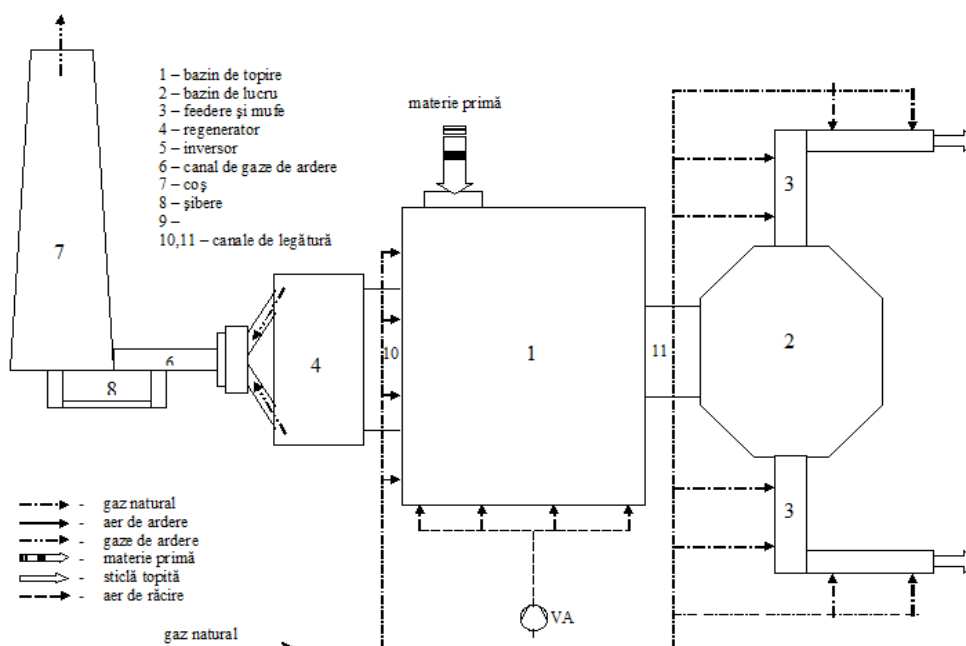


Figura 4. Schema de principiu a cuptorului de topit sticlă

Funcționarea cuptorului este continuă. Conturul de bilanț considerat cuprinde bazinul de topire, bazinul de lucru, feederele, regeneratorul și inversorul. Conform acestui contur, în figurile 2 și 3 sunt prezentate bilanțul de materiale și cel termooenergetic corespunzător.

Bilanțul termic al cuptorului este prezentat în tabelul 2.

Tabelul 2

Bilanțul termic al cuptorului de topit sticlă

Căldura chimică și fizică a combustibilului	GJ/ciclu	$Q_c=Q_{cc}+Q_{sc}$	5229,6	98,50%
Cantitatea de căldură introdusă cu materia primă	GJ/ciclu	$Q_{sm}$	10,34	0,19%
Căldura sensibilă a aerului de ardere intrat în cuptor	GJ/ciclu	$Q_L=Q_{L.R.}$	38,83	0,73%
Căldura sensibilă a aerului intrat, ce este folosit la racirea zidăriei cuptorului	GJ/ciclu	$Q_{LRT}$	30,24	0,57%
<b>Cantitatea de căldură intrată în contur</b>	<b>GJ/ciclu</b>	<b><math>Q_i</math></b>	<b>5308,9</b>	<b>100%</b>
Căldura conținută de sticla topită	GJ/ciclu	$Q_{pp}$	1218,9	22,96%
Căldura sensibilă a gazelor de ardere la ieșire	GJ/ciclu	$Q_{ga}=Q_{g.ar}$	2424,2	45,66%
Căldura pierdută cu gazele de ardere prin neetanșități	GJ/ciclu	$Q_{g.0}$	951,04	17,91%
Căldura radiată prin neetanșități	GJ/ciclu	$Q_{ro}$	452,90	8,53%
Căldura pierderilor prin pereții cuptorului	GJ/ciclu	$Q_{rc}$	175,52	3,31%
Căldura sensibilă a aerului după ce a fost racit zidăriei cuptorului	GJ/ciclu	$Q_{Lre}$	80,99	1,53%
<b>Cantitatea de căldură ieșită din contur</b>	<b>GJ/ciclu</b>	<b><math>Q_i</math></b>	<b>5303,7</b>	<b>100 %</b>

Indicatorul de performanță energetică întrebuințat în special în cazul analizei proceselor de transformare a energiei este randamentul energetic. În energetică, randamentul este o mărime adimensională, ceea ce presupune ca atât efectul util cât și cel consumat să fie de aceeași natură și să fie exprimate în aceeași unitate de măsură. În cazul proceselor de consum final, efectul consumat este un flux sau o cantitate de energie, în timp ce efectul util este prin definiție de altă natură. Din acest motiv, randamentul energetic este considerat un indicator specific de natură cantitativă potrivit pentru procesele de transformare a energiei și mai puțin potrivit pentru cele de consum final.

Randamentul termic al procesului:

$$\eta_t = \frac{Q_u}{Q_i} = \frac{1218,9}{5308,9} \cdot 100 \% = 22,96 \% \quad (16)$$

### Concluzii

În condițiile economiei de piață, eficiența energetică se exprimă și se măsoară în special cu ajutorul indicatorilor valorici. Principalul indicator valoric de eficiență energetică este valoarea specifică a facturii energetice sau cheltuielile specifice cu energia, mărime raportată la unitatea de măsură a volumului activității. Acesta este un indicator sintetic, care cumulează toate influențele consumului de energie asupra costului de producție. Trebuie subliniat faptul că exprimarea valorică a indicatorilor de eficiență energetică are mai multă relevanță și este accesibilă și unor persoane fără o pregătire tehnică de specialitate.

Pe lângă cheltuielile specifice cu energia pe unitatea de volum al activității prestate, exprimarea valorică a efectului consumat mai permite evidențierea unor aspecte semnificative de natură economico-financiară, legate de conceptul de eficiență energetică :

- ✓ ponderea cheltuielilor cu energia în costurile totale de producție;
- ✓ costul pierderilor de energie, al ineficienței sau/și al posibilităților de reducere a pierderilor.

Oportunitatea și gradul de recuperare al unei pierderi este întotdeauna rezultatul unei analize tehnico-economice, care exprimă o anumită situație la un moment dat, într-un anumit loc și într-un anumit context. Modificarea momentului, a locului sau a contextului poate infirma o soluție de recuperare în totalitate sau numai într-o anumită proporție. Acest lucru trebuie subliniat, deoarece anumite soluții practicate cu succes în alte părți nu sunt în mod obligatoriu la fel de eficiente și în condițiile actuale din Republica Moldova și invers.

### Bibliografie

- [1] Raducanu C., Pătrașcu R., Minciuc E., Bilanțuri termoenergetice, București, 2004.
- [2] Panait T., *Exergoeconomia sistemelor termoenergetice*, Ed. Fundației Universitare „Dunărea de Jos”, Galați, 2003.
- [3] Athanasovici V., *Utilizarea căldurii în industrie*, vol. 1, ET București 1995.
- [4] Carabogdan I. Gh. ș. a. *Instalații termice industriale*. ET, București 1978.
- [5] Cliucinicov, A. D. *Vásocotemperaturnâie teplotehnologhiceschie proșesâ i ustanovchi*, Moscova, Energoatomizdat, 1989.