



A XVIII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
CLUJ NAPOCA, 2018

PROGRAME DE CALCUL – INSTRUMENT AUXILIAR ÎN ANALIZA ENERGETICĂ A INSTALATIILOR DE ARDERE

Cristina Daniela DEAC HORJU

CALCULATION PROGRAMS - AUXILIARY TOOL IN ENERGY ANALYSIS OF COMBUSTION INSTALLATIONS

The purpose of this paper is to present two useful computer programs as an auxiliary tool for research and didactic activities. Input data for the Combustion program is the volumetric participations. The Enthalpy program displays graphic and tabular enthalpy depending on the temperature and the excess air coefficient.

Keywords: combustion, enthalpy of combustion gases, coefficient of excess air, the temperature of the combustion gases

Cuvinte cheie: ardere, entalpia gazelor de ardere, coeficientul excesului de aer, temperatura gazelor de ardere

1. Introducere

Conservarea resurselor energetice și reducerea emisiei de carbon sunt obiective majore ale politicii de dezvoltare durabilă. Se știe că în România valoarea intensității energetice este foarte ridicată, fiind de 3-4 ori mai mare decât media în U.E. [3]. În consecință numeroase acte normative, în acord cu aquis-ul comunitar, impun ținte severe de reducere a consumurilor de energie, combustibili și a emisiei de gaze cu efect de seră, în principal a emisiei de CO₂. Un domeniu de mare interes pentru realizarea acestor ținte îl reprezintă toate instalațiile de

ardere. Principalul instrument de analiză a eficienței energetice a acestor instalații îl reprezintă bilanțul termic. Elaborarea corectă și cu maximă precizie a unui bilanț termic permite determinarea ponderii și a cauzelor reale a pierderilor de căldură precum și măsurilor de optimizare necesare. Stabilirea cât mai exactă a unor mărimi ca entalpia și emisivitatea gazelor de ardere în funcție de temperatură și de valoarea coeficientul excesului de aer, λ mărimi esențiale în determinarea unor fluxuri de căldură – necesită un calcul laborios al arderii pe baza compoziției chimice concrete a combustibilului utilizat..

De cele mai multe ori aceste mărimi se iau din literatură și nu corespund cu exactitate combustibilului studiat. În scopul îmbunătățirii preciziei de calcul și a reducerii timpului necesar pentru calcule exacte, dar laborioase se propun două programe de calcul numeric care facilitează mult munca de audit termic:- programul pentru calculul arderii gazului natural numit programul **ARDERE**;

- programul pentru calculul entalpiei gazelor de ardere și reprezentarea grafică a diagramei entalpiei temperatura $I_g - t$, numit programul **ENTALPIE**.

2. Program ARDERE

Modelul matematic

Acest program de calcul se referă numai la arderea gazului natural.

Datele de intrare reprezintă participațiile volumice pentru următoarele componente ale gazului natural: CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , C_5H_{12} , O_2 , N_2 , CO_2 , stabilite pe baza buletinului de analiză chimică emis de un laborator autorizat, în cazul prezent S.N.G.N.ROMGAZ S.A.- Sucursala de Cercetare și Proiectare pentru Transport Gaze Naturale Mediaș.[4]

Pe baza datelor de intrare se calculează elementele arderii raportate la 1 m^3_N de gaz natural:

- Oxigenul minim necesar arderii:

$$O_{\min} = 2 \cdot (CH_4)_c + 3,5 \cdot (C_2H_6)_c + 5 \cdot (C_3H_8)_c + 6,5 \cdot (C_4H_{10})_c + 8 \cdot (C_5H_{12})_c - (O_2)_c \quad (1)$$

- Aerul minim necesar arderii:

$$L_o = \frac{O_{\min}}{0,21} \quad (2)$$

- Aerul real:

$$L = \lambda \cdot L_0 \quad (3)$$

Cantitatea de dioxid de carbon:

$$V_{CO_2} = (CH_4)_c + 2 \cdot (C_2H_6)_c + 3 \cdot (C_3H_8)_c + 4 \cdot (C_4H_{10})_c + 5 \cdot (C_5H_{12})_c + (CO_2)_c \quad (4)$$

- Cantitatea de oxigen liber:

$$V_{O_2} = (\lambda - 1) \cdot O_{\min} \quad (5)$$

- Cantitatea de azot:

$$V_{N_2} = (N_2)_c + \left(\frac{0,79}{0,21} \right) \cdot O_{\min} \cdot \lambda \quad (6)$$

- Cantitatea de vapori de apă:

$$V_{H_2O} = 2 \cdot (CH_4)_c + 3 \cdot (C_2H_6)_c + 4 \cdot (C_3H_8)_c + 5 \cdot (C_4H_{10})_c + 6 \cdot (C_5H_{12})_c + \lambda \cdot L_0 \cdot \rho_a \cdot \frac{d}{1000 \cdot \rho_{H_2O}}$$

Volumul gazelor uscate:

$$V_{gu} = V_{CO_2} + V_{N_2} \quad (8)$$

- Volumul total al gazelor:

$$V_{gt} = V_{gu} + V_{H_2O} \quad (9)$$

- Participarea volumică a diverselor componente în gazele de ardere uscate:

$$CO_{2us} = \left(\frac{V_{CO_2}}{V_{gu}} \right) \cdot 100 \quad (10)$$

$$O_{2us} = \left(\frac{V_{O_2}}{V_{gu}} \right) \cdot 100 \quad (11)$$

$$N_{2us} = \left(\frac{V_{N_2}}{V_{gu}} \right) \cdot 100 \quad (12)$$

- Participarea volumică a diverselor componente în gazele de ardere umede:

$$CO_{2um} = \left(\frac{V_{CO_2}}{V_{gt}} \right) \cdot 100 \quad (13)$$

$$O_{2um} = \left(\frac{V_{O_2}}{V_{gt}} \right) \cdot 100 \quad (14)$$

$$N_{2um} = \left(\frac{V_{N_2}}{V_{gt}} \right) \cdot 100 \quad (15)$$

$$H_2O_{um} = \left(\frac{V_{H_2O}}{V_{gt}} \right) \cdot 100 \quad (16)$$

- Valoarea maximă a conținutului de dioxid de carbon în gazele de ardere:

$$CO_{2max} = \left(\frac{V_{CO_2}}{V_{gu}} \right) \cdot 100 \quad (17)$$

3. Program ENTALPIE

Modelul matematic. Acest program se referă la calculul entalpiei gazelor de ardere rezultate din arderea gazului natural și permite afișarea grafică și tabelor a entalpiei în funcție de temperatură și de coeficientul excesului de aer.

Calculul entalpiei întregului volum de gaze umede rezultat din arderea a 1 m_N^3 de gaz natural se face cu relația:

$$I_g^{\lambda,t} = CO_{2um}^\lambda \cdot i_{CO_2}^t + H_2O_{um}^\lambda \cdot i_{H_2O}^t + N_{2um}^\lambda \cdot i_{N_2}^t + O_{2um}^\lambda \cdot i_{O_2}^t \quad (18)$$

Indicii λ și t din relația (18) se referă la valoarea coeficientului excesului de aer și respectiv la temperatura gazelor de ardere.

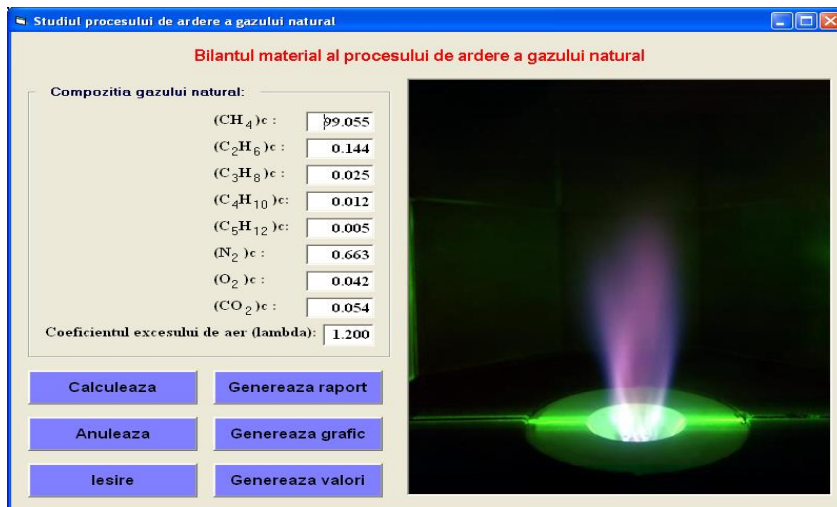


Fig.1 Fereastra principală a aplicației [7]

4. Descrierea aplicației numerice

Aplicația a fost realizată cu ajutorul mediului de programare Visual Basic 6.0. Structura aplicației este modulară, având o fereastră principală și o serie de ferestre secundare asociate diferitelor acțiuni. În fereastra principală (figura 1) există un câmp unde se introduc datele de intrare (compoziția gazului natural analizat) și șase butoane cu ajutorul cărora se comandă diverse acțiuni.

În casetele de text se introduc valorile componentelor gazului natural analizat, în procente, suma acestora trebuie să fie 100. Dacă nu se realizează această cerință, la acționarea butonului “Calculează” pe ecran va apare o fereastră de atenționare.

Cu ajutorul butoanelor se comandă o serie de acțiuni, astfel:

- butonul “**Calculează**” generează o sesiune de calcule, rezultatele fiind afișate în cadrul unei ferestre specifice (figura 2);
- butonul “**Anulează**” resetează valorile implicite din casetele de text în care se introduc datele de intrare, stabilind pentru fiecare valoarea implicită pentru fiecare casetă ca fiind cea nulă;
- butonul “**Ieșire**” are ca efect părăsirea aplicației;

- acțiunea butonului **“Generează raport”** va determina generarea unui raport, scris în editorul de texte Word;

- prin acțiunea butonului **“Generează grafic”** se realizează generarea unor diagrame Entalpie – Temperatură. Graficele sunt realizate pentru diferite valori ale coeficientului excesului de aer (λ).

De asemenea, utilizatorul poate stabili și domeniul de temperaturi în care să fie trasată graficele (figura 3);

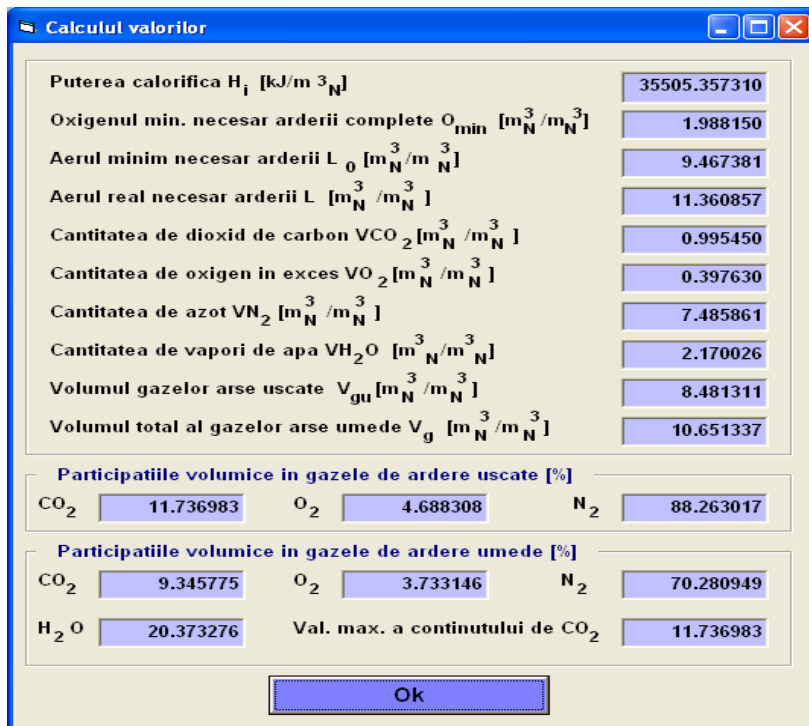


Fig. 2 Afișarea valorilor calculate

- acțiunea butonului **“Generează valori”** are ca efect generarea unui tabel de valori, în Microsoft Excel, valorile generate fiind cele utilizate la trasarea graficelor Entalpie – Temperatură (tabelul 1).

În figura 4 este prezentată schema logică aferentă aplicației, iar în figura 5 este ilustrată schema logică aferentă modulului pentru calculul valorilor entalpiei.

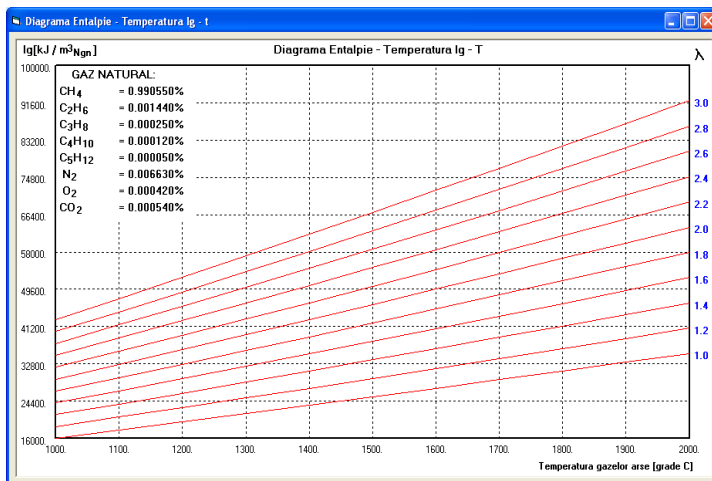


Fig. 3 Detaliu din diagrama entalpie – temperatura lg – t, pentru diferite valori ale coeficientului excesului de aer

Tabelul 1. Valorile pe baza cărora am trasat graficele entalpie temperatură

λ °C	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100	1466.7	1713.8	1960.9	2208.0	2455.1	2702.3	2949.4
200	2960.1	3456.1	3952.1	4448.1	4944.0	5440.0	5936.0
300	4485.9	5234.7	5983.4	6732.1	7480.8	8229.5	8978.2
400	6052.6	7060.0	8067.5	9075.0	10082.5	11090.0	12097.4
500	7665.8	8938.2	10210.6	11483.1	12755.5	14027.9	15300.4
600	9321.7	10864.8	12407.9	13951.0	15494.1	17037.2	18580.3
700	10955.0	12774.2	14593.3	16412.5	18231.6	20050.8	21869.9
800	12747.1	14847.1	16947.0	19047.0	21147.0	23246.9	25346.9

900	14519.9	16904.5	19289.1	21673.6	24058.2	26442.8	28827.4
1000	16316.6	18990.0	21663.3	24336.6	27009.9	29683.3	32356.6
1100	18142.7	21107.7	24072.8	27037.9	30002.9	32968.0	35933.1
1200	19991.4	23250.8	26510.1	29769.5	33028.8	36288.2	39547.5
1300	21884.6	25443.0	29001.3	32559.7	36118.0	39676.4	43234.7
1400	23761.1	27617.9	31474.7	35331.4	39188.2	43045.0	46901.7
1500	25679.4	29837.9	33996.3	38154.7	42313.2	46471.6	50630.0
1600	27604.5	32066.8	36529.2	40991.5	45453.8	49916.1	54378.4
1700	29531.5	34298.5	39065.5	43832.5	48599.5	53366.6	58133.6
1800	31492.5	36567.0	41641.6	46716.1	51790.6	56865.2	61939.7
1900	33461.9	38842.0	44222.2	49602.4	54982.6	60362.8	65742.9
2000	35445.4	41137.7	46830.0	52522.2	58214.5	63906.8	69599.1

Citirea datelor de intrare ale aplicației se face în mod repetat până când suma participațiilor (în procente) este 100 (adică 100 %). Introducerea unor valori eronate va determina repetarea operației de introducere a datelor de intrare. După introducerea datelor de intrare sunt calculate și afișate elementele arderii combustibilului, conform modelului matematic prezentat anterior. În continuare utilizatorul poate alege una din cele două metode pentru calculul și afișarea valorilor entalpiei: reprezentare grafică sau sub formă de tabel de valori. Schema logică aferentă reprezentării datelor sub formă de tabel este prezentată în figura 5.

5. Concluzii

Aplicația prezentată poate fi utilizată pentru diferite valori ale datelor de intrare corespunzătoare unor variante de compoziții, utilizarea acesteia având următoarele avantaje:

- reducerea timpului de calcul,

- evitarea unor calcule laborioase care pot induce erori,
- prezentarea datelor sub formă grafică și tabelară,
- evitarea unor erori în calcule (prin cheile de verificare existente în program).

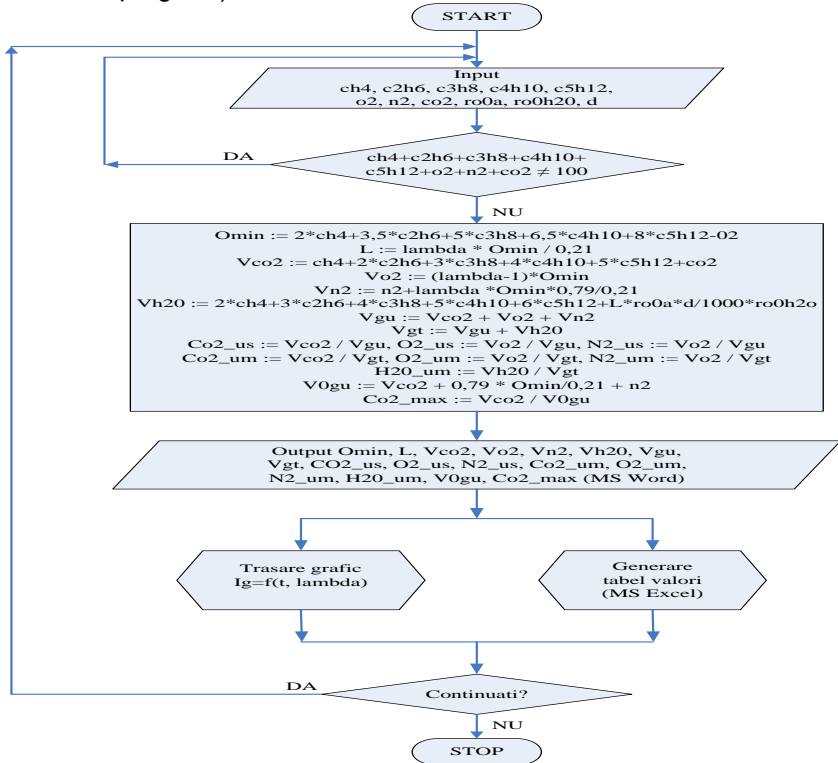


Fig. 4 Schema logică a aplicației

BIBLIOGRAFIE

- [1] Aitken, P.G., *Visual Basic 6 Programming Blue Book: The Most Complete, Hands-On Resource for Writing Programs with Microsoft Visual Basic 6*, The Coriolis Group, 1998, ISBN: 1576102815.
- [2] Antal, T., *Visual BASIC pentru ingineri*, Editura RISOPRINT, Cluj-Napoca, 2003, ISBN: 973-656-514-9.
- [3] Biriș, I., Deac, Cristina, *Eficiența eco-energetică în contextul strategiei naționale de dezvoltare durabilă a României*. Environment&Progres, Cluj Napoca, 9, 2007, pg.81-88.

[4] Deac, Cristina, Biriş, I., *Controlul arderii combustibililor în instalații industriale*. Știință și inginerie. Vol. 9. Editura AGIR, București, 2006, pag. 369-374.

[5] Deac, Cristina, Biriş, I., Boer, M., *Recuperatoare de căldură*. Editura U.T.PRES Cluj-Napoca, 2004.

[6] * * * *Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council on Energy and Use Efficiency and Energy Services*. Commission of the European Communities.

[7] Deac, Cristina, *Teza de doctorat "Studii și cercetări privind îmbunătățirea eficienței eco-energetice a cuptoarelor de încălzire a oțelului."*

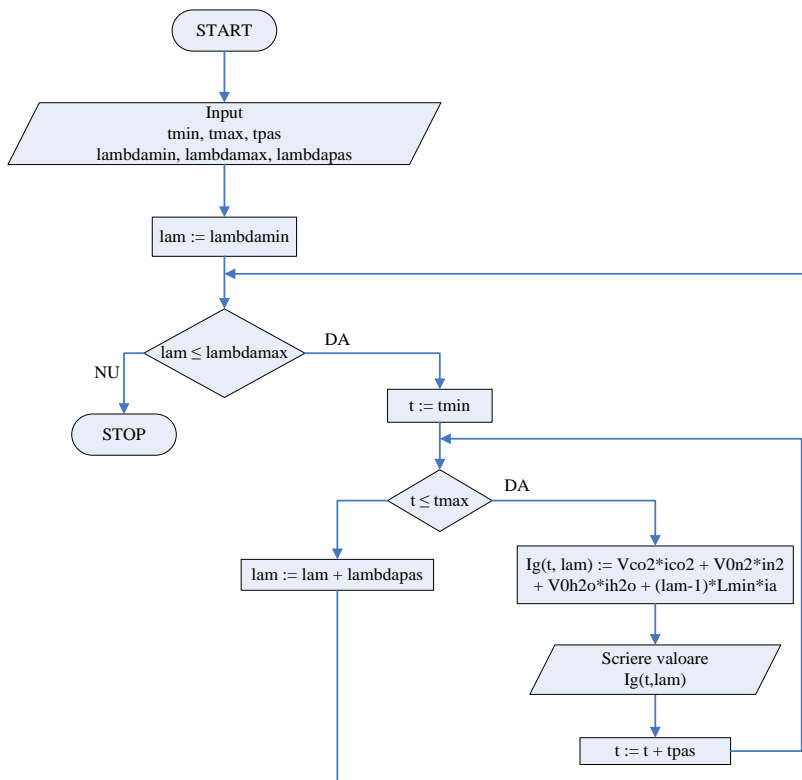


Fig. 5 Schema logică a modului de calcul a valorilor entalpiei

Șef lucr. Dr.Ing. Cristina Daniela DEAC HORJU
 Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
 Facultatea de Ingineria Materialelor și a Mediului