

# CALCULUL DE PROIECTARE A GENERATOARELOR GAZODINAMICE DE ULTRASUNETE RADIALE DESTINATE INTENSIFICĂRII ȘI ECOLOGIZĂRII PROCESULUI DE ARDERE A HIDROCARBURILOR

S. Solonari

## INTRODUCERE

Principala cale de mărire a randamentului agregatelor termice o constituie intensificarea proceselor de ardere și schimb de căldură. Arderea combustibililor constituie un complex de procese chimice și fizice, simultane sau succesive, de transfer de căldură și masă. Perfecționarea și intensificarea acestora conduce la obținerea unor însemnate economii considerabile de combustibil, atât datorită reducerii pierderilor prin ardere incompletă, cât și datorită intensificării integrale a procesului termotehnologic, deci a măririi productivității agregatului termic și reducerii consumului specific de combustibil.

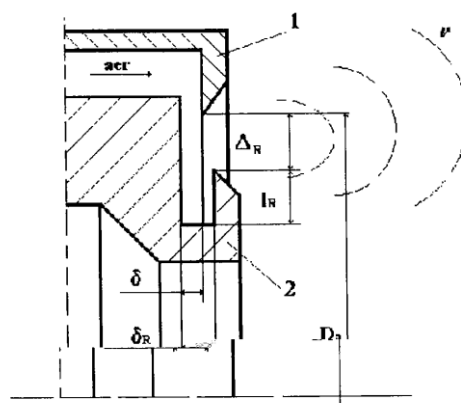
În anii 1920 – 30 inginerul român *George Constantinescu* întemeiază o știință tehnică nouă – “sonicitatea” și construiește primele mașini sonice, adică mașini și dispozitive hidropneumatice care funcționează în mod obișnuit în regim oscilatoriu. În celebra sa lucrare “Teoria sonicității” *George Constantinescu* [1] pe baza analogiei matematice a proceselor electrice și hidropneumatice demonstrează că funcționarea oscilatorie a mașinilor și generatoarelor hidropneumatice, la fel ca și transportarea sonică a fluidelor, sunt mai avantajoase, necesitând consum de energie mai redus.

De-a lungul timpului, pentru îmbunătățirea diferitelor procese tehnologice, s-au folosit procedee tradiționale, care cereau creșterea energiilor consumate, ceea ce a determinat reducerea substanțială a posibilităților de perfecționare. Acest fapt a generat în prezent o reevaluare a proceselor nestaționare, în general, și a celor nestaționare de pulverizare a combustibililor în particular, ca factori primordiali în apariția și dezvoltarea tehnologiilor noi multifuncționale.

Un mod nou de intensificare și ecologizare a procesului de ardere a combustibililor lichizi și a lichidelor în general, cu consum redus de energie, se bazează pe ideea utilizării energiei pulsațiilor ce apar la curgeri nestaționare a fluidelor [2]. Injectoarele folosite în acest scop pot fi numite sonice, deoarece nu au piese mobile mecanice și funcționează în mod normal în regim de autooscilații, deci în regim sonic.

## 1. CONSTRUCȚIA ȘI MODUL DE FUNCȚIONARE A GENERATORULUI

Rezultatele cercetărilor numerice [3] a permis elaborarea unei metode ingineresti de calcul al generatoarelor gazodinamice de ultrasunete de tip radial (figura 1.).



**Figura 1.** Schema generatorului gazodinamic radial de ultrasunete: 1 - ajutor radial; 2 – rezonator.

Generatorul funcționează în felul următor: aerul comprimat pătrunde prin canalul periferic în ajutorul radial 1, unde atinge viteza sunetului  $Ma=1$ . Jetul radial pătrunde în rezonatorul toroidal 2, cauzând apariția undelor acustice de înaltă frecvență. Undele acustice produse de rezonatorul toroidal interacționează între ele asigurând creșterea intensității câmpului acustic datorită fenomenului de interferență.

## 2. METODA DE CALCUL

În aplicațiile tehnice, generatoarele gazodinamice de ultrasunete de tip Hartmann sunt utilizate cel mai larg [4 - 6].

La calculul generatorului gazodinamic experimental s-au considerat următorii parametri inițiali:

- presiunea aerului comprimat  $p_0=(0,05-0,15)$  MPa
- frecvența de radiație sonoră  $\nu=20$  kHz.

Calculul se începe cu determinarea parametrului de neizobaritatea [ 2 ] jetului de aer

$$\text{radial: } n = \frac{P_0 + P_e}{P_e} \cdot \pi(M) \quad (1)$$

unde:  $P_e=0,1012$  MPa – presiunea mediului exterior;  
 $p_0$  – presiunea aerului comprimat din sursa respectivă (rețea, compresor, stație de compresoare);

$\pi(M)$  - funcția gazodinamică ( la  $M=1,0$ ;

$\pi(M)=0,5283$  pentru aer ).

Din formulele pentru lungimea  $L_b$  și lățimea  $r_m$  a primului nucleu al jetului supersonic, obținute prin modelarea numerică a curgerii se determină parametrii geometrici adimensional ai rezonatorului la care se observă puterea maximă a radiației sonore [ 3 ]:

$$\bar{\Delta}_R = \frac{\Delta_R}{\delta} = \bar{L}_b = (n-1) + 0,98, \text{ la } n < 2,0 \quad (2)$$

sau

$$\bar{\Delta}_R = \frac{\Delta_R}{\delta} = \bar{L}_b = 0,74 \cdot (n-1) + 0,94, \text{ la } n \geq 2,0 \quad (3)$$

$$\bar{\delta}_R = \frac{\delta_R}{\delta} = 2 \cdot \bar{r}_m = 2 \cdot [0,24 \cdot (n-1) + 0,63] \quad (4)$$

$$\bar{l}_R = \frac{l_R}{\delta} = 1,1 \cdot \bar{\Delta}_R \quad (5)$$

unde:  $\Delta_R$ ,  $\delta_R$ ,  $l_R$  - distanța, lățimea și adâncimea rezonatorului radial;  $\delta$  - fanta ajutorului (fig 1.)

Din valorile obținute la calculul pentru  $n$ ,  $\Delta_R$ ,  $\delta_R$ ,  $l_R$  se obține frecvența relativă a procesului oscilatoriu – numărul Strouhal :

$$Sh = \frac{0,15 \cdot n^{0,35}}{\bar{l}_R^{0,23} \cdot \bar{\Delta}_R^{0,17} \cdot \bar{D}_R^{0,69}}, \quad (6)$$

care permite calculul fantei  $\delta$  de ieșire al ajutorului

$$\text{radial: } \delta = \frac{Sh \cdot M \cdot a_0}{2 \cdot v} \quad (7)$$

unde:  $a_0=331+0,59 \cdot (t-t_0)$  [m/s] – viteza sunetului în aer la temperatura  $t$  °C a mediului exterior;  $t_0=0$  °C;  
 $V$  [Hz] – frecvența oscilațiilor solicitată.

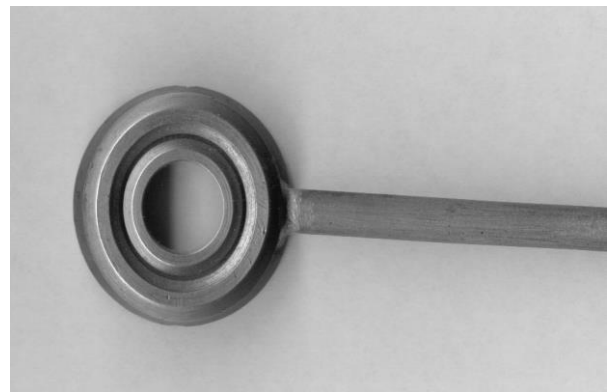
Debitul masic de aer necesar pentru funcționarea generatorului se determină după formula debitului la ajutorajul Laval în secțiunea critică :

$$\dot{m} = \frac{P_0}{\sqrt{T_a}} \cdot \frac{F_{cr}}{2,25}, \quad [\text{kg/s}] \quad (8)$$

unde:  $F_{cr} = \pi D_a \cdot \delta$  [m<sup>2</sup>] – aria secțiunii minime a ajutorajului radial la diametrul  $D_a$ ;  $p_0$ , [Pa] presiunea aerului comprimat;  $T_a=293$ K – temperatura aerului comprimat.

### 3. REZULTATE CERCETĂRIILOR ACUSTICE

După metoda aceasta s-a realizat [ 4 ] un generator gazodinamic radial de ultrasunete GR-1 (figura 1.), care la parametrii ajutorajului :  $D_a=73$  mm,  $\delta=0,6$ mm și ai rezonatorului  $2\Delta=1,0$  mm,  $D_R=2,0$  mm,  $l_R=2,0$  mm generează un câmp sonor de frecvența  $\nu=20$ kHz debitul de aer la presiune  $p_0 = 0,15$  MPa fiind  $\dot{m} = 0,042$  kg/s.



**Figura 2.** Foto generatorului gazodinamic radial de ultrasunete GR-1 [ 4 ] .

Pentru verificarea câmpului acustic creat de generatorul gazodinamic radial GR-1 s-au efectuat măsurări acustice cu analizator acustic de tip 2203 Bruel & Kier. Microfonul de 1/2 țoli de tip 4133 a fost instalat la distanța de 1 m față de secțiunea de ieșire a generatorului. Analizorul 2203 are domeniul de măsurare al nivelului presiunii sonore  $L=50-160$  dB. Etalonarea sistemului de măsurare s-a efectuat cu pistonfonul 4220. Domeniul de frecvență al microfonului 4133 este 10 Hz-25 kHz

Metodologia cercetărilor acustice a fost următoarea: la fiecare valoare a presiunii de alimentare cu aer comprimat ( $p = 0,25; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5$  bar ) s-a variat fanta ajutorajului radial în domeniul  $\delta = 0,3-1,0$  mm la care s-a măsurat nivelul acustic  $L$  [dB] și s-a determinat frecvența de bază a rezonatorului.

Rezultatele măsurărilor sunt prezentate în tabelul 1 [ 4 ]. Rezultatele experimentelor acustice la parametrii proiectați, începând cu presiunea de alimentare  $p=0,8$  bar, valoarea frecvenței de lucru a generatorului  $\nu$  nu se mai schimbă și rămâne egală cu cea proiectată – 20 kHz. Având în vedere că cu majorarea fantei crește considerabil debitul masic trecut prin ajutoraj, se recomandă valoarea  $\delta=0,6\pm 0,1$  mm.

**Tabelul 1.** Rezultatele experimentelor acustice.

$\delta$ , mm	$P_0=0,25$ bar		$P_0=0,5$ bar		$P_0=0,8$ bar		$P_0=1,0$ bar		$P_0=1,5$ bar	
	L, dB	$\nu$ , kHz	L, dB	$\nu$ , kHz	L, dB	$\nu$ , kHz	L, dB	$\nu$ , kHz	L, dB	$\nu$ , kHz
0,3	81,5	14,0	83,5	16,0	94,5	20,0	94,0	20,0	103,5	20,0
0,6	88,0	14,0	87,0	16,0	99,0	20,0	107,5	20,0	109,0	20,0
0,8	87,5	14,0	87,5	16,0	100,0	20,0	108,0	20,0	110,0	20,0
1,0	88,0	14,0	88,0	16,0	100,5	20,0	107,5	20,0	112,0	20,0

## CONCLUZII

Cercetările experimentale efectuate în condiții de laborator și în cele industriale a permis stabilirea următoarelor concluzii:

- s-a realizat instalația experimentală pentru cercetarea procesului de ardere a hidrocarburilor gazoși și lichizi;
- s-a elaborat programul de calcul pe baza metodei "particulelor mari" care a permis, calculul numeric al jetului adimensional al generatorului sonic radial după care s-a determinat lungimea și lățimea a primului nucleu gazodinamic al jetului;
- în baza mărimilor geometricilor al primului nucleu s-a elaborat metodica inginerescă de calcul al generatoarelor gazodinamice radiale destinate îmbunătățirii procesului de ardere;
- s-a proiectat și s-a realizat generatorul gazodinamic de ultrasunete care a fost poziționat asupra arzătoarelor existente influențând asupra rădăcinii flăcării.

## Bibliografie

1. **Constantinescu G.** *Teoria sonicității*, București, Edit. Acad. Română, ed. II, vol. I, 1985, pag. 248.

2. **Bălan G.** *Aerogazodinamică*, Ed. Tehnica - INFO Chișinău-2003, ISBN 9975-63-227-0, 287 pag.

3. **Solonari S.** *Calculul numeric a jetului supersonic de gaz cu metoda „particulelor mari”*, A II-a conferință tehnico științifică studentescă a universităților din România și Republica Moldova, 1999

4. **Solonari S.** *Studiul influenței câmpului sonor asupra arderii hidrocarburilor*. Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 2005, 151 pag.

5. **Bălan G., Solonari S.** *Generatorul gazodinamic de ultrasunet pentru creșterea randamentului arderii în cuptoarele metalurgice de încălzire și tratamente termice Confer. Națion. de Energetică CNE-M-2000. Culegere de lucrări, ed.*

II vol.II, ISBN 9975-63-024-3, Chișinău, 2000, pag. 290-296

6. **Brown B., Goodman, J.E.** *Ultrasons de haute intensite*. Paris, Dunod, 1971.

**Recomandat spre publicare: 16.04.2008**