



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională.
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

UNELE PARTICULARITĂȚI PRIVIND MIȘCAREA FLUIDELOR PRIN EJECTOARE

Constantin AVĂDANEI

SOME PARTICULARS OF THE EJECTOR ASSEMBLY FLUID MOVEMENT

This paper presents some features of evolutionary parameters on fluid flow through the ejector gas dynamics. Ejectors are devices with wide applicability gas dynamical in the technical field and especially in the military.

Cuvinte cheie: ejector, camera de amestec, parametri gazodinamici, camera de amestec, coeficient de ejecție, fluid antrenat, fluid de antrenare

Keywords: ejector, mixing chamber, gas dynamical parameters, the mixing chamber, ejection coefficient, fluid driven fluid drive

1. Introducere

Ejectoarele sunt dispozitive cu ajutorul cărora un fluid poate fi antrenat sau comprimat, folosind în acest scop un alt fluid având o presiune mai mare.

Construcția ejectoarelor prezintă unele particularități care depind de natura fluidelor de lucru și mai ales de regimul de viteze care evoluează în dispozitiv. Acest regim reprezintă criteriul de clasificare a ejectoarelor: subsonice și supersonice.

Ejectorul supersonic se caracterizează prin regimuri de curgere cu viteză supersonică în ajutajele din componența sa. Curgerea fluidului fiind în regim variabil, o curgere turbulentă, straturile de fluid

efectuează pe lângă mișcarea în direcția considerată (predominantă) și o deplasare transversală, straturile de fluid amestecându-se.

În tehnică ejectoarele supersonice au cea mai mare aplicabilitate practică.

2. Curgerea fluidelor în ejectoare supersonice

Schema unui ejector supersonic este prezentată în figura 1. Dispozitivul se compune din ajutorajele convergent-divergent 1 și 3 și camera de amestec 2.

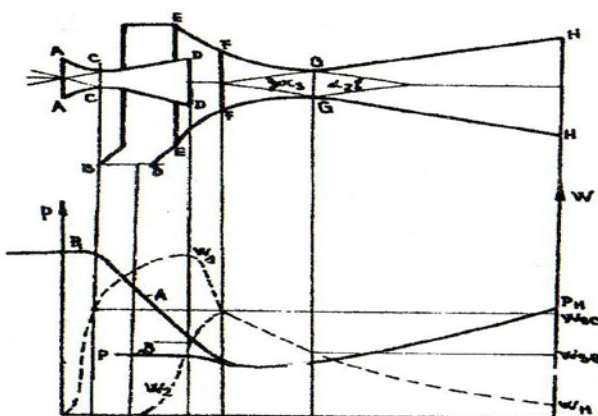


Fig.1 Ejector supersonic

Fluidul de înaltă presiune p_A , numit și fluid de antrenare, intră prin secțiunea A-A în ajutorajul 1 și atinge în secțiunea minimă a acestui ajutoraj viteza sunetului. În continuare, acest fluid se accelerează și iese, prin secțiunea D-D, în camera de amestec 2, unde se atinge presiunea p_F , viteză supersonică [1], [3].

Fluidul de joasă presiune, numit fluid antrenat, aflat la o presiune p_B inferioară presiunii p_F , intră în camera de amestec prin secțiunea B-B, unde se destinde treptat până la valoarea p_F .

În timpul evoluției gazelor până în secțiunea F-F, vitezele se egalizează și devine tot supersonică.

Amestecul de fluide curge în continuare prin ajutorajul 3, care este convergent-divergent, cu o viteză inițială supersonică.

În secțiunea G-G viteza de curgere este egală cu viteza sunetului, proprie condițiilor de stare care există în această secțiune.

Pe porțiunea divergentă a ajutorajului, presiunea amestecului are o creștere mai accentuată până se atinge, în secțiunea finală H-H, o presiune p_H , intermediară presiunilor inițiale, $p_A > p_H > p_B$.

În mod corespunzător, viteza amestecului se reduce până la valoarea w_H .

3. Caracteristici dimensionale ale ejectoarelor supersonice

Studiul ejectoarelor oferă specialiștilor în domeniu un instrument util în determinarea configurației și a caracteristicilor constructive adaptabile condițiilor de utilizare.

În principal se determină dimensiunile caracteristicilor în secțiunile: C-C, D-D, E-E, F-F, G-G, H-H.

Valoarea secțiunii C-C se obține din ecuația de continuitate [6], scrisă pentru fluidul de antrenare A [2], [4]:

$$A_C = \frac{\dot{m}_A v_C}{w_C} \quad (1)$$

unde \dot{m}_A reprezintă debitul masic al fluidului de antrenare. În această secțiune se atinge viteza sunetului, rezultând că vitezele fluidului de antrenare și a amestecului au valorile:

$$v_C = v_A \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{1}{\gamma - 1}} \quad w_C = \sqrt{2 \frac{\gamma}{\gamma + 1} p_A} v_A \quad (2)$$

unde v_A și p_A sunt mărimi care caracterizează starea inițială a fluidului de antrenare, cunoscute.

Secțiunea D-D se determină în mod similar:

$$A_D = \frac{\dot{m}_A v_D}{w_D} \quad (3)$$

unde:

$$v_D = v_A \left(\frac{p_A}{p_D} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$w_D = \sqrt{2 \frac{\gamma}{\gamma-1} p_A v_A \left[1 - \left(\frac{p_D}{p_A} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} \quad (4)$$

Calcululele se efectuează în ipoteza: $p_D = p_F$

Secțiunea E-E se determină scriind ecuația de continuitate pentru fluidul antrenat, la presiunea $p_E \cong p_F$:

$$A_E = \frac{\dot{m}_B v_E}{w_E} \quad (5)$$

unde \dot{m}_B este debitul masic de fluid antrenat în secțiunea B-B.

Pentru cazul când diferența $p_E - p_B$ este relativ mică, se poate considera:

$$v_B \cong v_E \quad \text{și} \quad w_E = \sqrt{2(p_B - p_F) v_B} \quad (6)$$

Dacă variația volumului specific al fluidului antrenat între secțiunile B-B, E-E, nu poate fi neglijată, atunci:

$$v_E = v_B \left(\frac{p_B}{p_F} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$w_E = \sqrt{2 \frac{\gamma}{\gamma-1} p_B v_B \left[1 - \left(\frac{p_F}{p_B} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} \quad (7)$$

În camera de amestec se produce în realitate egalizarea presiunii celor două fluide și uniformizarea vitezei lor de curgere. În calcule, procesul de amestecare se consideră că are loc izobar la presiunea p_F , care se apreciază pe bază de date statistice sau se calculează și se consideră în continuare cunoscută [4], [5].

Amestecul de fluide ce s-a realizat are o viteză medie w_F , în *secțiunea F-F*, secțiune care se determină aplicând legea cantității de mișcare:

$$w_F \left(\dot{m}_A + \dot{m}_B \right) = \dot{m}_A w_D + \dot{m}_B w_E \quad (8)$$

de unde:

$$w_F = \frac{\dot{m}_A w_D + \dot{m}_B w_E}{\dot{m}_A + \dot{m}_B} \quad (9)$$

Dacă se notează raportul debitelor de fluid:

$$u = \frac{\dot{m}_A}{\dot{m}_B} \quad (10)$$

acesta se numește *factor de ejecție*, mărime caracteristică a construcției și a funcționării ejectoarelor.

Ținând seama de acest factor:

$$w_F = \frac{w_E + u w_D}{1 + u} \quad (11)$$

Deoarece viteza în secțiunea F-F este supersonică, aceasta este superioară vitezei sunetului în secțiunea G-G, adică: $w_F > w_{SG}$ și rezultă:

$$u < \frac{w_D - w_{SG}}{w_{SG} - w_E} \quad (12)$$

Temperatura amestecului de gaze din secțiunea F-F se poate determina știind că entalpia amestecului este egală cu suma entalpiilor celor două fluide [1] [5]:

$$T_F = \frac{\dot{m}_A c_{pA} T_D + \dot{m}_B c_{pB} T_E}{\dot{m}_A c_{pA} + \dot{m}_B c_{pB}} \quad (13)$$

unde:

$$T_E = T_B \left(\frac{p_E}{p_B} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}, \quad T_D = T_A \left(\frac{p_D}{p_B} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Volumul specific al amestecului de gaze este:

$$v_F = \frac{v_D + u v_E}{1 + u} \quad (14)$$

Evoluția amestecului de fluide între secțiunile F-F și G-G, deci pe porțiunea convergentă a ajutorului 3, este o comprimare adiabatică, în cursul căreia viteza scade până la valoarea vitezei sunetului w_{SG} :

$$w_{SG} = \sqrt{w_F^2 - 2 \frac{\gamma}{\gamma-1} p_F v_F \left[1 - \left(\frac{p_G}{p_F} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} \quad (15)$$

sau:

$$w_{SG} = \sqrt{\gamma p_G v_G}, \text{ iar } v_G = v_F \left(\frac{p_F}{p_G} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

Asfel se poate calcula presiunea amestecului de fluide în secțiunea G-G:

$$p_G = \left[\frac{(\gamma-1)w_F^2 + 2\gamma p_F v_F}{\gamma(\gamma+1)p_F v_F} \right]^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (16)$$

Temperatura în secțiunea G-G se calculează cu relația:

$$T_G = T_F \left(\frac{p_G}{p_F} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (17)$$

Secțiunea G-G a ajutorului rezultă din ecuația continuității:

$$A_G = \frac{\left(\overset{\bullet}{m}_A + \overset{\bullet}{m}_B \right) v_G}{w_{SG}} \quad (18)$$

Stabilirea valorii secțiunii de ieșire a ajutorului se face pe baza condiției: $p_H \geq p_m$, p_m fiind presiunea mediului în care iese amestecul de fluide. În acest caz viteza de ieșire din ejector se calculează cu relația:

$$w_H = \sqrt{w_{SG}^2 - 2 \frac{\gamma}{\gamma-1} p_H v_H \left[1 - \left(\frac{p_G}{p_H} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} \quad (19)$$

unde:

$$v_H = v_F \left(\frac{p_F}{p_H} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

Astfel secțiunea de ieșire a ajutorului 3 se poate calcula cu formula:

$$A_H = \frac{\left(\dot{m}_A + \dot{m}_B \right) v_H}{w_H} \quad (20)$$

Corespunzător, se poate calcula temperatura amestecului de fluide la ieșirea în mediul exterior:

$$T_H = T_F \left(\frac{p_H}{p_F} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (21)$$

Presiunea finală p_H nu poate fi oricât de mare se dorește, deoarece aceasta rezultă prin comprimarea adiabatică a amestecului care începe să fie frânat de la o viteză bine determinată în secțiunea G-G, viteza sunetului. În consecință, presiunea maximă care se va putea realiza în secțiunea de ieșire a ajutorajului este:

$$p_{Hmax} = p_G \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (22)$$

În proiectare există și cazul când se impun mărimile w_H și p_H , calculându-se presiunile p_G și p_F .

Lungimile ajutorajelor se calculează în condițiile desprinderii fluidului de pereți. Ca urmare, unghiul de divergență a ajutorajului 1 nu trebuie să aibă un unghi mai mare de 10^0 . În consecință, lungimea acestei porțiuni este [3], [5]:

$$L_{CD} = \frac{D_0 - D_C}{2 \operatorname{tg} \alpha_1} \quad (23)$$

În care D este diametrul secțiunii considerate.

Partea convergentă a ajutorajului 3 se face cu un unghi la vârf $\alpha_2 \leq 30^0$.

Lungimea ajutorajului 3 va fi:

$$L_{FG} = \frac{D_F - D_G}{2 \operatorname{tg} \alpha_2} \quad (24)$$

Unghiul la vârf al porțiunii convergente a ajutorajului 3 nu trebuie să depășească 6^0 , iar lungimea acestei porțiuni va fi:

$$L_{GH} = \frac{D_H - D_G}{2 \operatorname{tg} \alpha_3} \quad (25)$$

4. Concluzii

- Ejectoarele sunt dispozitive gazodinamice cu largă aplicabilitate, atât în domeniul civil cât și militar.

- Ejectoarele sunt utilizate în instalații termodinamice, de automatizări, generatoare de vacuum sau la mijloace de propulsie ale aparatelor aerodinamice.

- Limitarea utilizării lor se datorează numai consumului de energie, care este destul de mare.

- În ejectoare are loc amestecul și schimbul de energie (impuls) între două fluide cu presiuni diferite, rezultând un amestec de presiune intermediară.

BIBLIOGRAFIE

[1] Avădanei, C., *Contribuții în studiul optimizării fenomenelor gazodinamice din dispozitivele armamentului de calibru redus*, Teză de doctorat, Academia Tehnică Militară, București, 1999.

[2] Berbente, C., Constantinescu, N.V., *Dinamica gazelor*, Vol.1, Institutul Politehnic București, 1977.

[3] Năstase, M., Codreanu, I., Paraschiv, T., *Termotehnica*, Editura Academiei Tehnice Militare, București, 1994.

[4] Radcenco, V., *Termodinamica generalizată*, Editura tehnică, București, 1992.

[5] Safta, D., *Motoare rachetă. Caracteristicile energetice și termodinamice ale motoarelor rachetă*, Editura Academiei Tehnice Militare, București, 1989.

[6] Ștefan, S., *Mecanica fluidelor*, Editura Academiei Tehnice Militare, București, 1992-1993.

Lector Univ. Dr.Ing. Constantin AVĂDANEI
membru AGIR
E-mail: costi_av_2003@yahoo.com