

# O ABORDARE TERMODINAMICĂ A EFECTULUI GAZODINAMIC COANDĂ

Victor BENCHE, Angel HUMINIC, Gabriela HUMINIC

UNIVERSITATEA TRANSILVANIA, Brașov

**Abstract.** The paper presents some consideration concerning the Coandă effect from thermodynamics point of view, by means of some experimental results and some technical possibilities for improvement of the performances of the gas-dynamic machines assisted by the Coandă effect, which are using depressive blades.

Autorii au prezentat numeroase realizări și cercetări originale privind efectul Coandă, dezvoltarea lui pe voleți depresivi și aplicațiile tehnice și industriale, valorificând energii fluidice, termogazodinamice, primare disponibile sau reziduale (aer comprimat, gaze arse, abur și.a.) [1], [2], [3], [4]. Potențialul lor energetic este determinat/exprimat prin debitul masic  $\dot{m}_m$ , presiunea manometrică  $p_m$  și temperatura  $T_m$ .

O aplicație importantă din punct de vedere tehnologic și industrial a efectului Coandă o reprezintă *ventejectorul utilizat ca exhaustor*. În figura 1 este redată schematic o secțiune longitudinală printr-un ejector interior cu paletă depresivă  $P$ , ajutaj convergent reglabil  $Aj.m.$  pentru fluidul motor, raccord de alimentare cu ventil de reglaj  $V.R.$ , în legătură cu un tub  $T$  cu aspirator  $Asp$ . Ajutajul motor este o fantă dreptunghiulară submilimetrică, reglabilă cu ajutorul unui bac profilat, mobil.

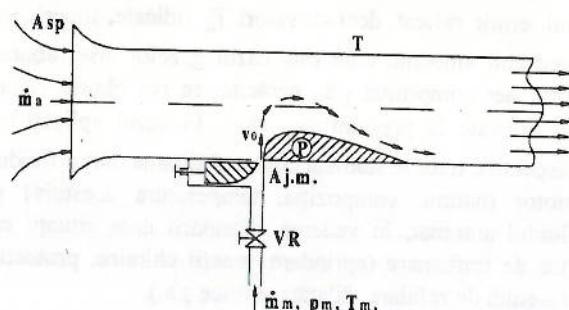


Fig. 1. Schema de principiu a ventejectorului.

O importanță deosebită în determinarea performanțelor funcționale ale ventejectorului o prezintă viteza inițială de lansare a fluidului motor, tangentă la volet în zona de bracare, reglabilă și care se exprimă conform relației:

$$v_0 = \varphi_v \sqrt{2 \frac{n}{n-1} \frac{p_0}{\rho_0} \left(1 - \epsilon^{\frac{n-1}{n}}\right)}, \quad (1)$$

în care:

$$\frac{p_0}{\rho_0} = RT_0, \quad (2)$$

ca ecuație de stare a gazelor perfecte, conține mărimele termice ale fluidului motor în stare inițială (la intrarea în ajutajul motor): presiunea absolută  $p_0$ , masa specifică  $\rho_0$ , temperatura absolută  $T_0$ , constanta caracteristică a gazului  $R$ , gradul de destindere (căderea relativă de presiune)  $\epsilon$ , exponentul politropic  $n$ , coeficientul de viteza  $\varphi_v$ , de corecție a vitezei ideale teoretic, al ajutajului motor. Relația (1) este valabilă pentru  $v_0 \leq c$ .

Pentru o geometrie stabilită a voletului depresiv și o poziționare a acestuia într-un spațiu interior al tubului,  $v_0$  este principalul factor ce determină performanțele caracteristice ale ventejectorului.

În cazul aplicațiilor studiate de către autori (ejectorul Coandă subsonic interior) a fost studiat câmpul depresionar caracteristic pe extradosul voletului și în spațiul interior, care determină debitul masic de fluid antrenat  $\dot{m}_a$ , coeficientul de antrenare (de inducție fluidică, de amestec)  $u = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_m}$ , randamentul (gradul de valorificare a energiei primare)  $\eta_e(u)$ , dar și aspecte precum: condiționarea termică, protecția antiuzură și anticorozivă a suprafețelor etc. Modul în care  $v_0$  determină, implicit și explicit, caracteristicile funktionale este ilustrat în cercetări analitico-experimentale ale autorilor, în publicații de profil.

În această lucrare se prezintă studiul influenței asupra vitezei inițiale  $v_0$  a următorilor factori:

- gradul de destindere:  $1 \leq \epsilon \leq \epsilon_c$  (variabilă independentă prin reglajul  $p_m$ );
- exponentul politropic:  $1 \leq n \leq k$  (natura termodinamică a detentei fluidului primar în ajutajul motor, variind între izotermă și adiabată);
- temperatura inițială a fluidului motor:  $T_0$ ;
- presiunea relativă (depresiunea) pe volet:  $p_d$ .

Astfel, se definește coeficientul de destindere conform relației:

$$\epsilon = \frac{P_{at}}{P_0} = \frac{P_{at}}{P_{at} + P_m} = \frac{1}{1 + \frac{P_m}{P_{at}}} \quad (3)$$

considerând, în primă instanță, că presiunea din interiorul ejectorului este egală cu presiunea ambiantă, atmosferică,  $p_{at}$ . În continuare, însă, se va introduce corecția necesară, iterativ, prin aproximări succesive. Coeficientul de debit obținut (cu componentele de viteză și de contractie) a fost determinat și ameliorat pe cale experimentală, și are valori în intervalul  $\mu = 0,61 \dots 0,64$ . Pentru un coeficient de rezistență hidraulică locală al ajutajului  $\xi_{aj} = 1,5$  a rezultat  $\varphi_v = \frac{1}{\sqrt{1+\xi_{aj}}} = 0,63$ ,

regimul curgerii fiind turbulent-neted.

Pe instalația experimentală au fost făcute măsurători de presiuni, viteze, debite și temperaturi, utilizându-se aerul comprimat livrat de un compresor cu rezervor tampon, la diverse grade de răcire, mergând până la temperatura mediului ambiant (din laborator).

Considerând expansiunea aerului ca fiind adiabatică se poate exprima temperatura finală conform relației:

$$T = T_0 \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (4)$$

Experimental, valorile măsurate au fost mai mici decât a temperaturii calculate cu relația anterioară pentru  $k = 1,4$ , rezultând detente reale, politropice, canalizația fluidului motor nefiind izolată termic în primă instanță.

Prin diverse grade de izolare termică și prin răciri controlate, din măsurători directe și calcule, s-au obținut valori ale exponentului politopic în intervalul  $n = 1,1 \dots 1,4$ .

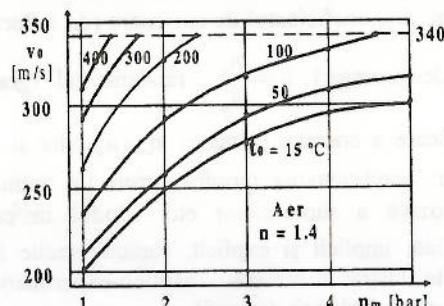


Fig. 2

În fig. 2 sunt reprezentate căderea relativă de presiune  $\varepsilon$ , descendenta exponențială cu variabila independentă reglabilă  $p_m$  și curbele parametrice de viteză  $v_0 = v_0(p_m)_n$ , ascendentă, utilizând fluid motor aer comprimat răcit (cu  $T_0 = 15^\circ C = 288 K$ ).

Viteză  $v_0$  este sensibilă la evoluția termodinamică a detentei, mai ales în domeniul valorilor mari (250 ... 340) m/s, interesante din punct de vedere practic, realizabile cu presiuni acceptabile, (2 ... 5) bar.

Performanțele aparatelor cu ejeție Coandă depind de modul de dezvoltare a mișcării pe extradosul voleților utilizați, deci de intensitatea și distribuția presiunii, mai mică decât cea atmosferică în dispozitive exhaus-

toare, cu spații interioare în care se generează unde depresive ce se propagă în amonte (în tubul de aspirație) cu viteza sunetului aferentă, provocând aspirația fluidului antrenat (secundar).

Se definește

$$\varepsilon' = \frac{p_{at} - p_d}{p_{at} + p_m} = \frac{1 - \frac{p_d}{p_{at}}}{1 + \frac{p_m}{p_{at}}} \quad (5)$$

care devine pentru cazul particular  $p_{at} = 1$  bar:

$$\varepsilon' = \frac{1 - \frac{p_d}{p_{at}}}{1 + \frac{p_m}{p_{at}}} \quad (5')$$

Relația (5) poate fi pusă și sub forma:

$$\varepsilon' = \frac{p_{at}}{p_{at} + p_m} - \frac{p_d}{p_{at} + p_m} = \varepsilon - \Delta\varepsilon_d \quad (5'')$$

punând în evidență astfel căderea suplimentară de presiune relativă  $\Delta\varepsilon_d$  față de cazul convențional  $\varepsilon$ .

În fig. 3 este reluată variația coeficientului de destindere  $\varepsilon = \varepsilon(p_m)$  din fig. 2, din care se va scădea  $\Delta\varepsilon_d$  pentru fiecare caz în parte și curbele parametrice de viteză  $v_0 = v_0(p_m)_{p_d}$ , ascendentă, având ca limită superioară viteza sunetului, utilizând ca fluid motor aer comprimat, răcit, cu  $T_0 = 15^\circ C = 288 K$ , detenta (teoretică) fiind adiabatică,  $k = 1,4$ .

Viteză  $v_0$  este sensibilă la valorile  $p_d$  vacuumetrice, considerată între 0,1 ... 0,5 bar, crescând apreciabil cu depresiunea (ceea ce reduce valorile  $p_m$  necesare).

Sunt situații în care, valorificând energii cu potențial termic ridicat, deci cu valori  $T_0$  ridicate, superioare mediului ambiant, cum este cazul gazelor arse, aburul uzat, aer comprimat și.a., nerăcite, se pot obține valori  $v_0$  ridicate la presiuni  $p_m$  mici. În cazul aplicațiilor respective trebuie studiată compatibilitatea dintre fluidul motor (natura, compoziția, temperatura acestuia) și fluidul antrenat, în vederea eliminării unor situații cu risc de imflamare (aprindere, reacții chimice, protecția traseului de refuzare, dilatații termice și.a.).

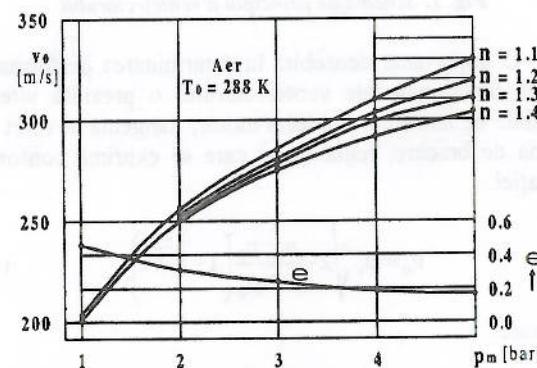


Fig. 3

## O ABORDARE TERMODINAMICĂ A EFECTULUI GAZODINAMIC COANDĂ

Aplicațiile sunt totuși numeroase și interesante. Astfel, la proiectarea, dimensionarea și reglarea ajută-jului motor trebuie să se ia în calcul și dilatarea termică (va fi compensată printr-o deschidere adekvată).

În fig. 4 sunt reprezentate curbele parametrice de viteză  $v_0 = v_0(p_m)_{t_0}$ , ascendențe, luând ca limită superioară viteza sunetului, foarte sensibile la valorile  $t_0$ , considerate între  $(15 \dots 400)^\circ\text{C}$ , crescând apreciabil cu temperatura (ceea ce reduce valorile  $p_m$  necesare), utilizând fluid motor aer comprimat fierbinte, detenta (teoretică) fiind adiabatică:  $k = 1.4$ .

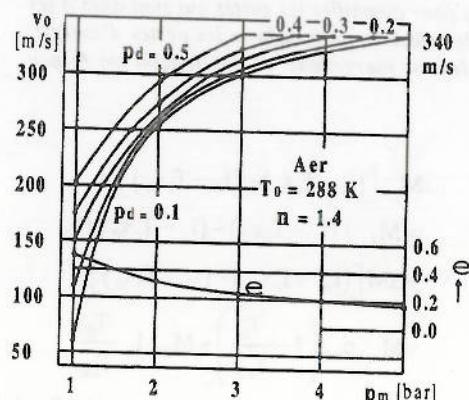


Fig. 4

Măsurările independente sau combinate,

$v_0 = v_0(p_m)_n$ ,  $v_0 = v_0(p_m)_{p_d}$ ,  $v_0 = v_0(p_m)_{t_0}$ , sau  $v_0 = v(n)_{p_m}$ ,  $v_0 = v_0(p_d)_{p_m}$ ,  $v_0 = v_0(T_0)_{p_m}$  oferă posibilități multiple de creștere a performanțelor funcționale ale voleților depresivi Coandă în aplicațiile tehnice și industriale, relevând noi posibilități de optimizare.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] BENCHE, V., Brevet RO 56670
- [2] BENCHE, V., Brevet RO 78543
- [3] BENCHE, V., UNGUREANU, V. B., *Dezvoltări originale ale exhaustării pneumatice asistate de efectul Coandă*, A XV-a Sesiune de Comunicări Științifice, Academia Navală Mircea cel Bătrân, Buletin Vol. II, Constanța, 1997, pag. 3-8.
- [4] BENCHE, V., UNGUREANU, V. B., *Exhaustor original cu palete depresive asistat de efectul Coandă*, TEHNONAV 2000, Constanța, 2000, Buletin, pag. 178-183.
- [5] BENCHE, V., UNGUREANU, V. B., *Original physico-mathematical model for the Coanda movement on a depressive flap*, The Annals of Dunărea de Jos, University of Galați, Fascicle XIV, Mechanical Engineering, ISSN 1224-5615, 2000, pag. 33-36.
- [6] BENCHE, V., HUMINIC, A., HUMINIC, G., *O definire energetică a ventejectorului Coandă*, Sesiunea Științifică Aniversară Construcții-Instalații, Brașov, CIB 30.10, Brașov, 2002.

SOCIETATEA ROMÂNĂ A TERMOTEHNICIENILOR



## A XIII-A CONFERINȚĂ NAȚIONALĂ DE TERMOTEHNICĂ CU PARTICIPARE INTERNATIONALĂ 30-31 mai 2003

A XIII-a Conferință națională cu participare internațională, a avut loc la Universitatea „EFTIMIE MURGU” din Reșița, în perioada 30-31 mai 2003.

Conferința a fost și este mediatizată pe pagina web a UEM. La lucrările conferinței au participat reprezentanți din peste 90% din filiale SRT.

Deschiderea festivă și lucrările programate în plen având loc la universitate, iar lucrările pe secțiuni s-au prezentat în stațiunea Secu, unde au avut loc cazarea și masa festivă a conferinței.

Lucrările prezentate la cea de-a XIII Conferință Națională de Termotehnică au fost publicate în 2 volume la Editura „Eftimie Murgu”, sub egida Analelor UEM, ca: Anul X, Fascicula I, 2003 ISSN 1453 – 7394. Primul volum are 331 pagini și cuprinde 53 de lucrări, iar volumul al II-lea are 282 pagini și cuprinde 47 de lucrări. Cele 100 de lucrări, de un înalt nivel științific, au fost prezentate în următoarele patru secțiuni:

SECȚIUNEA I: „Termotehnică. Transfer de căldură și masă. Dinamica gazelor, Termoeconomie, Ecologie și Protecția Mediului” cu 71 de lucrări;

SECȚIUNEA a II-a: „Generatoare de vapor. Turbine cu abur, Turbine cu gaze, Turbocompresoare, Instalații termoenergetice cu turbine, Automatizarea și optimizarea instalațiilor termoenergetice”, cu 4 lucrări;

SECȚIUNEA a III-a: „Motoare cu ardere internă, Compresoare, Combustibili și lubrifianti, Instalații energetice cu motoare cu ardere internă cu piston” cu 12 lucrări;

SECȚIUNEA a IV-a: „Instalații frigorifice și pompe de căldură, Criogenie tehnică, Instalații de condiționare a aerului, Utilizarea frigului artificial, Automatizarea și optimizarea instalațiilor frigorifice și a pompelor de căldură”, cu 13 lucrări.

Sponsorii cele de-a XIII-a Conferință Națională a SRT au fost UCMR SA, UEM și Fundația ACTIVITY.

Prof. dr. ing. Nadia Potoceanu