

CAPITOLUL 2

CONSIDERAȚII PRIVIND FORMAREA AMESTECULUI PRIN INECȚIE DE BENZINĂ

Majoritatea cercetărilor experimentale efectuate până în prezent arată că, la inecțarea combustibilului într-un mediu apar diverse forme de descompunere a vânei în picături, influența principală asupra procesului de pulverizare a combustibilului datorându-se perturbațiilor ce apar la curgerea combustibilului, precum și acțiunii forțelor aerodinamice ale mediului gazos.

O serie de autori au încercat obținerea unor relații generalizate ale pulverizării, ținând seama de parametrii de bază; utilizarea lor practică este însă foarte greoaie, chiar imposibilă, datorită numărului mare de coeficienți care apar și care se determină numai pe cale experimentală, în conformitate cu tipul motorului.

Alți autori [64] recomandă relații mai simple care pornesc de la legea lui *Bernoulli* și de la fenomenul de dispersie hidrodinamică.

Astfel, pentru determinarea razei medii a picăturii de combustibil, definită ca rază medie statistică, se recomandă relația:

$$r_i = \frac{2}{\psi} \frac{1}{\rho_a} \frac{1}{w_c} \quad (2.1)$$

unde:

ψ - coeficientul de frecare combustibil-aer;

w_c - viteza combustibilului;

ρ_a - densitatea aerului.

Ținându-se seama de rezistența la înaintare a picăturii de lichid, datorată în egală măsură forțelor de frecare și rezistenței aerodinamice, se obține o a doua expresie, mai ușor de utilizat în practică:

$$r_i = \frac{2\rho_c \sigma}{4,5\mu^2 \rho_a p_i} - \frac{12\nu}{4,5\mu} \sqrt{\frac{\rho_c}{p_i}} \quad (2.2)$$

unde:

ρ_c - densitatea combustibilului;

μ - coeficientul de curgere a benzinei prin orificiul injectorului;

p_i - suprapresiunea de inecție,

Pe de altă parte, viteza combustibilului w_c , poate fi exprimată prin relația :

$$w_c = \mu \sqrt{\frac{2p_i}{\rho_c}} \quad (2.3)$$

În aceste condiții, pentru diferite presiuni de inecție s-au determinat următoarele mărimi, centralizate în diagramele din **fig. 2.1a,b,c,d**.

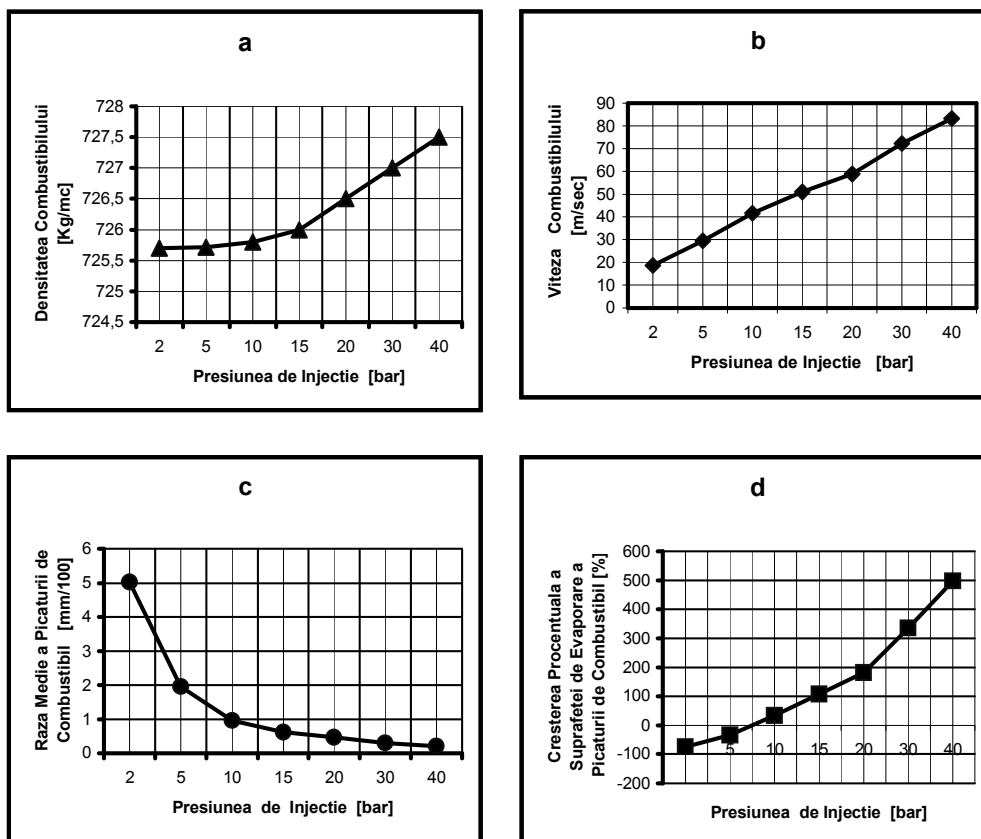


Fig. 2.1. Variația diversilor parametri care intervin în procesul de injecție în funcție de presiunea de injecție

În **fig. 2.2** se indică grafic dependențele dintre presiunea de injecție, viteza combustibilului și raza medie a picăturii de combustibil pentru un anumit motor. Deoarece, chiar și la injectarea indirectă a benzinei, durata disponibilă vaporizării este mai mică decât la carburare, nefiind suficientă doar o finete superioară a pulverizării pentru buna desfășurare a arderii, se recomandă [64] introducerea **criteriului** ca timpul necesar trecerii benzinei în stare de vapori să fie cel mult egal cu timpul afectat cursei de admisie, la turația nominală. În acest scop, pentru stabilirea unei relații prin care să se poată calcula timpul de vaporizare în motor a picăturilor de benzină injectate, se pleacă de la legea lui Dalton pentru evaporare:

$$\frac{dQ}{Fdt} = k(p_s - p_{pm}) \quad (2.4)$$

unde:

dQ – cantitatea de benzină evaporată în timpul dt ;

F – suprafața de evaporare;

p_s – presiunea de saturație a vaporilor de benzină la temperatura de evaporare;

p_{pm} – presiunea parțială momentană.

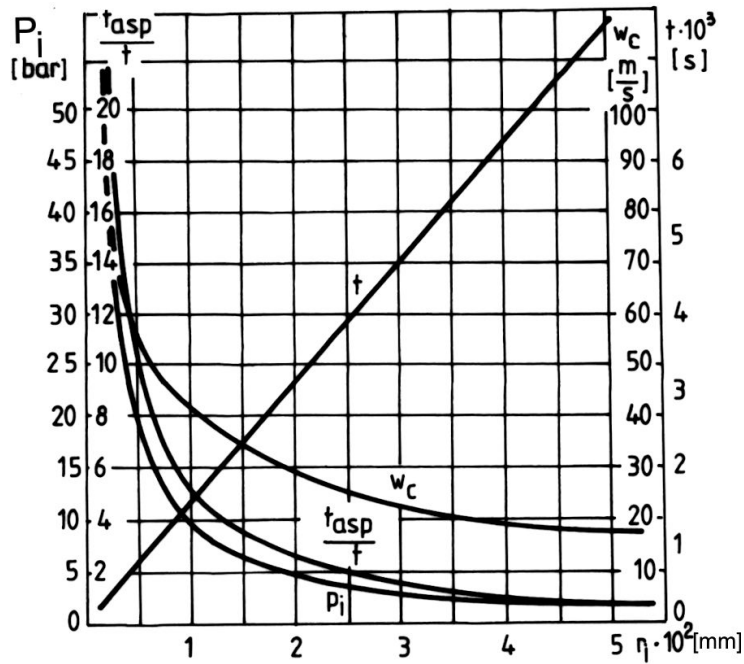


Fig. 2.2. Dependența dintre presiunea de injecție, viteza combustibilului și raza medie a picăturii de combustibil în cazul unui anumit motor

Parametrul k depinde de viteza relativă aer-picătură, w și se poate estima cu o relație de forma:

$$k = A(w\rho_a)^{0,8} \quad (2.5)$$

unde A este o constantă care, de exemplu, pentru un motor cu alezajul $D = 97$ mm, s-a determinat pentru carburatie și extinzându-se apoi și în cazul injecției, are valoarea $A = 2,61 \cdot 10^{-3}$.

Estimând temperatura în cilindru în timpul procesului de admisie, se particularizează valoarea presiunii de saturație p_s . Se poate obține astfel o dependență liniară dintre timpul de vaporizare și raza picăturii formate prin injectarea benzinei:

$$t = m \cdot r_i \quad (2.6)$$

unde m este valoarea obținută prin particularizarea constantelor anterioare.

Valoarea t , conform criteriului adoptat, se compară cu durata procesului de admisie, t_{adm} , măsurată în secunde, de preferință la regim nominal:

$$t_{adm} = \frac{n}{30}, \quad (2.7)$$

unde n , este turația motorului în rpm.

Valori comparative, sub forma raportului t_{asp}/t , calculate cu dependența (2.6) pentru alezajul exemplificat, $D = 97$ mm, în vederea verificării posibilității vaporizării picăturilor în cursa de aspirație, sunt redate, de asemenea, în **fig. 2.2**.

Deși relațiile recomandate de [64] pentru calculul razei medii a picăturii de combustibil obținută prin injecție de benzină și a timpului necesar vaporizării picăturilor sunt mai simple și mai ușor de utilizat decât cele generale, mai ales în calculele comparative, putând servi în același timp

ca bază pentru alegerea corespunzătoare a aparaturii de injecție pentru un anumit motor, în situația injectării benzinei în cilindru se pot însă folosi relațiile generale pentru penetrația e a jetului în funcție de timp t_i , de diametrul orificiului de ieșire a jetului d , de densitatea mediului în care se face injecția ρ_a , de viteza w_c , de densitatea ρ_c și de vâscozitatea φ_c a combustibilului, sub forma unei funcții complexe [89]:

$$\mathcal{E} = f_1(t_i, d, \rho_a, w_c, \rho_c, \varphi_c) \quad (2.8)$$

Această funcție se poate exprima mai comod prin combinarea celor șapte mărimi în patru grupe de termeni adimensionali distincți; utilizând anumite date experimentale, preluate de la motorul cu aprindere prin comprimare, se poate exprima în final funcția f_1 , sub formă mai simplă:

$$\frac{\mathcal{E}}{d} = 0,2 Sh^{0,48} Re^{0,3} \left(\frac{\rho_c}{\rho_a} \right)^{0,35} \quad (2.9)$$

unde intervin:

criteriul Reynolds:

$$Re = \frac{\rho_c \cdot w_c \cdot d}{\varphi_c} \quad (2.10)$$

și **criteriul de omocronie Strouhal:**

$$Sh = \frac{t_i \cdot w_c}{d} \quad (2.11)$$

În ceea ce privește raza medie a picăturii de combustibil prin care se poate aprecia calitatea pulverizării, se arată [89] că ea depinde de diametrul d , viteza w_c , de unghiul la vârf al conului jetului γ , de densitatea mediului ρ_a , de vâscozitatea φ_a a mediului în care pătrunde jetul, de densitatea combustibilului ρ_c , de vâscozitatea combustibilului φ_c și de tensiunea superficială a combustibilului σ :

$$r_i = f_2(d, w_c, \gamma, \rho_a, \varphi_a, \rho_c, \varphi_c, \sigma) \quad (2.12)$$

și această funcție se poate exprima, la rândul ei, într-o formă criterială mai simplă:

$$\frac{r_i}{d} = f_3 \left(\frac{\rho_a}{\rho_c}, \frac{\varphi_a}{\varphi_c}, Re, W_e \right) \quad (2.13)$$

în care intervine **criteriul Weber** :

$$W_e = \frac{d \cdot w_c^2 \cdot \rho_a}{\sigma} \quad (2.12)$$

Durata necesară pulverizării monojetului, t_p (timpul scurs de la apariția vânei de lichid și până la descompunerea jetului în picături), se poate estima după o relație de forma:

$$t_p = c \frac{\nu}{\rho_c \sigma} \quad (2.15)$$

care redă dependența directă cu vâscozitatea cinematică și inversă cu densitatea și tensiunea superficială a combustibilului, influența acestor factori fiind de același ordin de mărime.

De menționat că aspecte interesante prezintă studiul schimbului de căldură și substanță dintre picătura de combustibil și mediul de injecție, respectiv aerul.

Coeficientul de convecție dintre aer și picătura de combustibil, dacă nu se ține seama de evaporare, se poate exprima [89] cu relația criterială:

$$Nu = 0,54 Re^{0,5} \quad (2.16)$$

unde **criteriul Nusselt** este:

$$Nu = \frac{\alpha_c \cdot 2r_i}{\nu_a} \quad (2.17)$$

Prin dezvoltarea relației (2.16) se obține forma explicită a coeficientului de convecție, α_c :

$$\alpha_c = 0,54 \frac{\lambda_a}{\sqrt{\nu_a}} \cdot \sqrt{\frac{w_c}{2r_i}} \quad (2.18)$$

în care:

λ_a – coeficientul de conductivitate;

ν_a – vâscozitatea cinematică pentru aer.

Relația (2.18) arată de fapt că transferul convectiv de căldură nu depinde de proprietățile fizice ale combustibilului. Cum însă, în realitate, fenomenului difuziei vaporilor i se asociază și evaporarea, coeficientul de convecție obținut se amplifică cu un factor K_α care depinde de proprietățile combustibilului, adică:

$$\alpha = K_\alpha \cdot \alpha_c \quad (2.19)$$

Studiul schimbului de substanță de la picătura de lichid în mișcare arată că acesta nu depinde de viteza de evaporare dată de legea lui Dalton ci de curenții de convecție și de pulsațiile turbulente. Utilizând ecuații criteriale asemănătoare celor aferente schimbului de căldură, se obține expresia coeficientului de schimb de substanță β , în funcție de c_p și ρ , adică de căldura specifică, respectiv densitatea amestecului de vapori și aer și α convectiv:

$$\beta = \frac{\alpha}{c_p \cdot \rho} \quad (2.20)$$

Cum însă s-a arătat că α nu depinde în mod direct de natura combustibilului, intensitatea vaporizării, apreciată prin coeficientul β , este influențată într-o anumită măsură de căldura specifică și de densitatea combustibilului.

Pentru a evidenția factorii care influențează vaporizarea picăturii de combustibil, este necesar să se țină seama atât de viteza de încălzire cât și de durata în care se produce modificarea diametrului picăturii, de la o valoare la alta, procesul desfășurându-se în regim permanent. Această durată este:

$$t = \frac{c_p \cdot \rho_c}{2\lambda} \cdot \frac{1}{\ln \left[1 + \frac{T_a - T}{\frac{1}{c_p}} \right]} (r_1^2 - r_2^2) \quad (2.21)$$

unde:

T_a - temperatura în zona de ardere apropiată picăturii;

T - temperatura la suprafața picăturii;

l - căldura latentă de vaporizare;

r_1, r_2 - razele de variație ale picăturii.

Deci, durata procesului de vaporizare crește cu creșterea căldurii specifice, c_p și a densității combustibilului, ρ_c și scade cu creșterea coeficientului de conductivitate termică a vaporilor. Influența căldurii latente de vaporizare și temperaturii suprafeței de vaporizare a combustibilului este mult mai mică. Se evidențiază, de asemenea, că durata vaporizării este influențată și de raza medie a picăturii și, implicit, de factorii de care depinde ea [64,89].