

# CERCETĂRI, PRIN ÎNCERCĂRI LA RECE, PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA PULVERIZĂRII COMBUSTIBILULUI PENTRU MOTOARE DIESEL DE MARE PUTERE

Daniel IORGA\*, Vrabie ION\*\*, Gelu PĂDURE\*

\*FACULTATEA DE MECANICĂ, Timișoara;

E-mail: diorga@mec.utt.ro,

\*\*Oficiul Central de Stat pentru Probleme Speciale, București,

*Abstract. This paper presents the experimental researches regarding the establishment of the optimal solution of an injector (trying different number of orifices and different orifice diameters) based on the characteristic of the pulverization process. Doing numerous cold tests, one established the injector optimal construction which will be bench tested e.g. in the combustion engine. Thus, the costly tests directly on the engine have been avoided and one obtained conclusions regarding the behavior of the injectors in variable work regimes. The tests marked out the inequality of the orifices flow rate, "shorter" and "longer" jet dimension influenced by the position of the pulverization needle by rapport to the entrance section in the orifices.*

## 1. INTRODUCERE

Motorul diesel ale cărui injectoare au fost luate în studiu în prezenta lucrare este de tipul 8VSA<sub>2</sub>T<sub>2</sub> cu cameră de ardere unitară tip cupă în piston având următoarele caracteristici:

- putere efectivă 830 CP
- număr de cilindri 8
- turație nominală 2300 rot/min
- moment motor maxim 275 daNm
- consum specific efectiv minim de combustibil 196 g/CPH
- cursă / diametru S / D 155/165 mm / mm

Motorul este echipat cu o pompă de injecție în linie tip RO-PE 8 ZW 150/120 RS 26 și injectoare tip RO-KDAL 62 S 18.

Injectoarele standard sunt dotate cu pulverizatoare tip RO-KDAL 152 S 19, având 5 orificii de injecție cu un diametru de 0,53 mm, dispuse simetric pe un con cu unghiul la vârf de 152°. Din numeroase lucrări anterioare [1], [2] în același domeniu, pe injectoare ale unor motoare de mai mică putere (65 CP) s-a reușit găsirea unor soluții de pulverizatoare mult mai eficiente ca pulverizare ceea ce a condus la creșterea apreciabilă a performanțelor energetice, reducerea consumului și o reducere spectaculoasă a gradului de fum atât la funcționarea de durată cât și la accelerarea liberă [3], [4].

Având în vedere experiența acumulată s-a trecut la realizarea unor variante de pulverizatoare, care au fost încercate în ce privește caracteristicile pulverizării și legii de injecție în vederea găsirii unei soluții optime care va fi încercată pe motorul în funcționare. Se limitează astfel numărul de încercări „la cald”, deosebit de costisitoare având în vedere puterea motorului studiat.

## 2. PROGRAMUL EXPERIMENTAL ȘI REZULTATE

Pe lângă pulverizatorul standard cu 5 orificii, menționat anterior, s-au proiectat și apoi realizat la HIDROJET BREAZA încă trei variante de pulverizatoare cu același unghi al conului de pulverizare și cu aceeași suprafață totală de injecție, celelalte mărimi fiind redată în tabelul 1, unde se constată că din rotunjirea diametrelor orificiilor apar unele mici abateri.

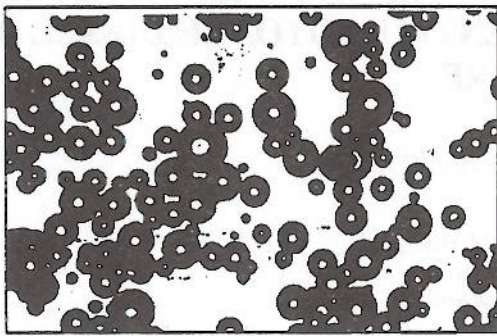
Cercetările experimentale privind pulverizarea cu diferite variante de pulverizatoare s-a făcut după metoda descrisă într-o lucrare anterioară [5], cu aceeași instalație experimentală; în continuare sunt redată doar principalele rezultate care au condus la concluziile finale.

Astfel, în fig. 1 se prezintă comparativ pentru toate pulverizatoarele fotografiile cu distribuția picăturilor în jet la aceeași distanță și presiune de injecție, iar în fig. 2, amprentele jeturilor la distanța de 15 mm, de orificiile de injecție.

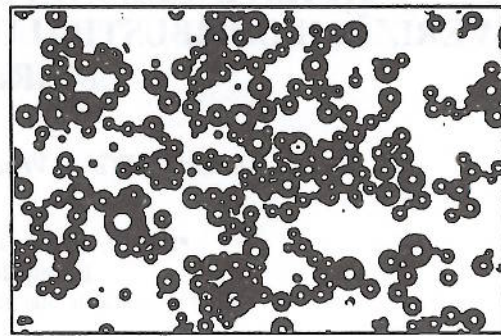
Tabelul 1

Nr. crt.	Varianta	Nr. orificii de pulverizare	Diametrul orificiilor [mm]	Unghiul dintre jeturi	Abaterăa suprafeței față de standard [%]	Perimetrul udat [mm]	Creșterea perimetrului față de standard [%]
1	Standard	5	0,53	72°	0	8,321	0
2	Varianta 1	6	0,48	60°	- 1,58	9,043	8,7
3	Varianta 2	7	0,45	51°26'	0,93	9,891	18,9
4	Varianta 3	8	0,42	45°	0,47	10,550	26,8

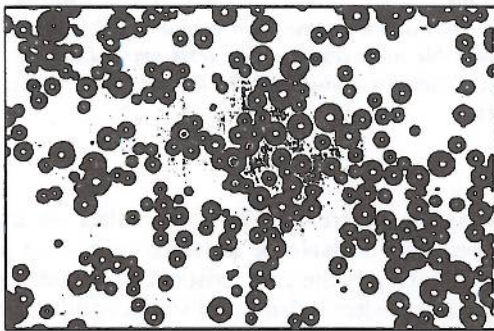




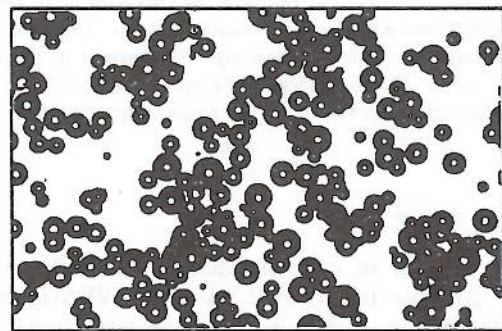
$n_0 = 5; r = 5 \text{ mm}$



$n_0 = 6; r = 5 \text{ mm}$

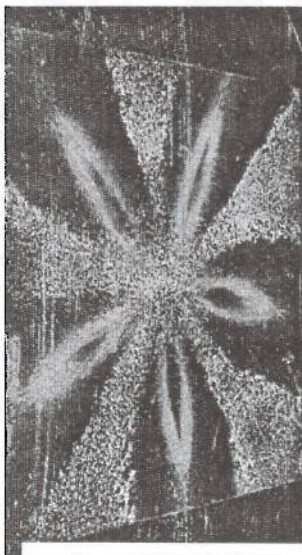


$n_0 = 7; r = 5 \text{ mm}$

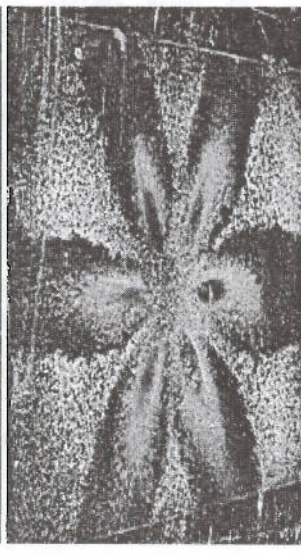


$n_0 = 8; r = 5 \text{ mm}$

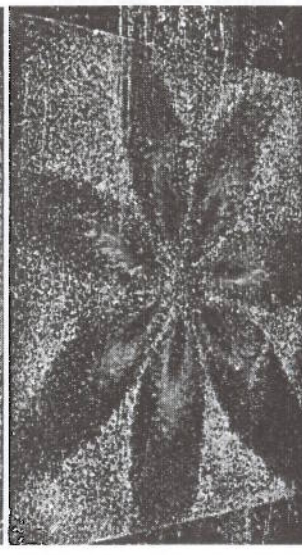
Fig. 1. Distribuția picăturilor în jet la presiunea de 260 bar și distanța de 220 mm.



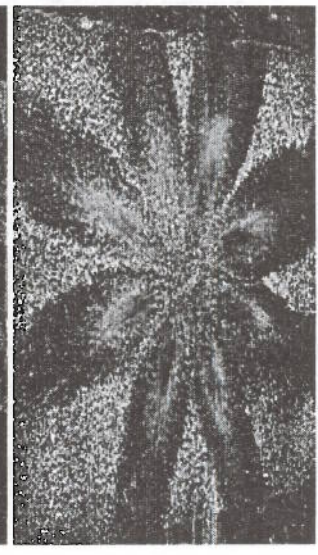
$n_0 = 5$



$n_0 = 6$



$n_0 = 7$



$n_0 = 8$

Fig. 2. Ampretele jeturilor la  $p_1=240 \text{ bar}$  și  $l = 15 \text{ mm}$ .

În ceea ce privește ampretele jeturilor, încă de la primele cercetări realizate în acest domeniu, al pulverizării, pentru un alt motor [1] s-a constatat că jeturile aceluiași orificii nu lasă amprente identice, deși simetria captărilor într-un plan perpendicular pe axa injectorului nu poate fi pusă la îndoială. De aceea, după 15 ani s-au

reluat experimentările din care sunt redată în lucrarea de față doar o mică parte, concluziile fiind până în prezent următoarele:

– la fiecare variantă de pulverizatoare și condiții de funcționare încercate, se observă o puternică dispersie a formei și mărimii jeturilor;



- se constată că unul, două sau chiar trei jeturi (funcție de pulverizator), pătrund „mai repede” în camera de ardere, deci au și o lungime de pătrundere mai mare;

- jeturile situate în partea opusă celor rapide sunt mai scurte.

Explicația acestui fenomen este că, acul pulverizator fiind foarte aproape de intrarea orificiilor la începutul injecției, deci în faza de preridicare a acului, deplasările laterale ale acestuia datorită curgerii combustibilului determină debite inegale pe orificii. Este o problemă pe care o vom studia și în continuare.

În figura 3, s-au calculat pe baza numeroaselor fotografii (peste 160), caracteristicile de pulverizare ale diferitelor pulverizatoare.

S-au calculat și reprezentat pentru concluzii valabile și alte variante de curbe caracteristice, câte două sau câte trei pe grafic din care s-au tras următoarele concluzii:

- Varianta standard cu 5 orificii de pulverizare prezintă o curbă clopot în varianta neprelucrată, a mărimilor experimentale, cu ondulații pronunțate

la diametre mici și mari. Procentul de diametre mari ale picăturilor este ridicat ceea ce dovedește o pulverizare grobiană dar și o omogenitate necorespunzătoare, deschiderea curbei clopot fiind mare și aplatizată.

- Varianta cu 6 orificii, prezintă o ușoară îmbunătățire a fineții de pulverizare și a omogenității jetului cu o deplasare a maximumului spre diametre mai reduse ale picăturilor.
- Varianta cu 7 orificii, prezintă o caracteristică de pulverizare cu un maxim mai pronunțat și deplasat spre picături fine dar și cu o deschidere mai redusă a clopotului, ceea ce dovedește o finețe bună și omogenitate superioară.
- Varianta cu 8 orificii, prezintă din nou o caracteristică de pulverizare monotonă cu deschidere mare a clopotului în zona diametrelor mari ale picăturilor ceea ce dovedește că unele picături se recombina și apar picături mari, respectiv omogenitatea e relativ compromisă.

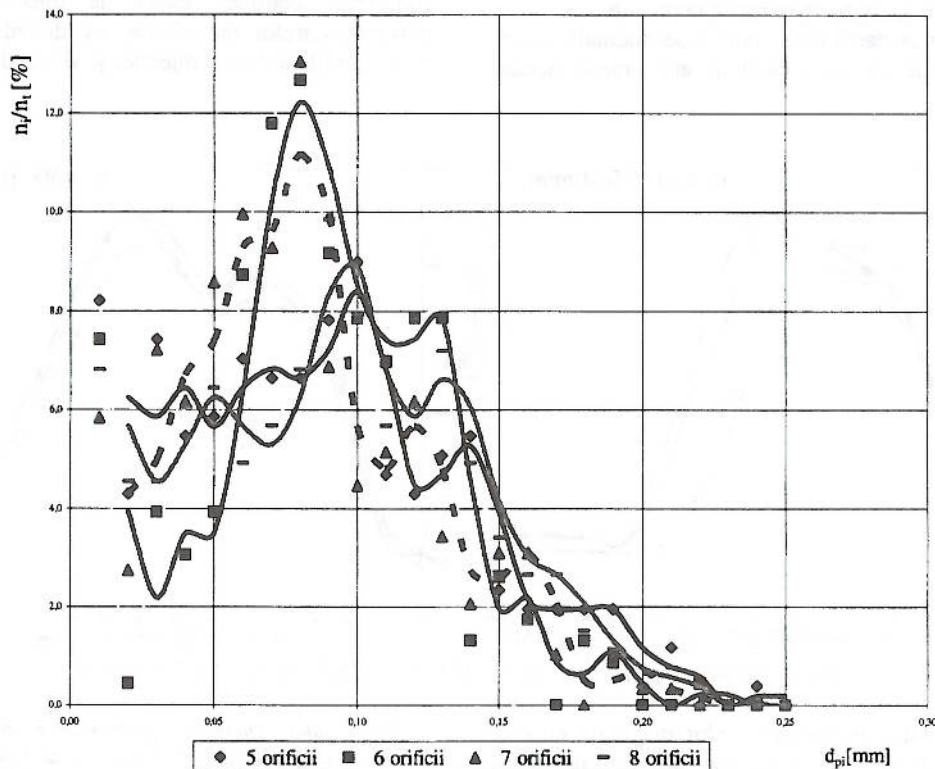


Fig. 3. Caracteristicile de pulverizare la  $p_i = 240$  bar.

Pentru aprofundarea concluziilor s-au făcut încercări și la presiunea de injecție de 260 bar. Din analiza caracteristicilor de pulverizare de tipul celor din fig. 3 se dovedește că prin creșterea presiunii de injecție, finețea de pulverizare și omogenitatea jetului se îmbunătățesc, diametrul mediu Sauter  $d_{32}$  al picăturilor scăzând cu 44 % la varianta cu 6 orificii și cu 50 % la varianta cu 7 orificii.

Din acest studiu „la rece” al comportării pulverizatoarelor modificate ca număr de orificii dar cu aceeași suprafață totală de injecție rezultă că variantele cu 6 și 7 orificii ar fi de preferat pentru îmbunătățirea formării amestecului și în consecință a procesului de ardere din

motorul luat în considerare; dintre aceste două variante, cea cu 7 orificii apare ca optimă și în condițiile modificării presiunii de injecție care se știe că se reduce la scăderea sarcinii și turației motorului.

Pentru a stabili în ce măsură modificările constructive ale pulverizatoarelor influențează sau nu legea de injecție și mai ales durata injecției s-a trecut la măsurători experimentale pentru toate cele 4 seturi de pulverizatoare.

Aceste experimentări au fost impuse și de faptul că o serie de cercetări similare de alți autori, care au modificat numai diametrele orificiilor de la 0,24 mm la 0,22 mm dar au păstrat numărul lor, injecția aceleiași doze ciclice s-a prelungit având consecințe negative asupra arderii.



Încercările experimentale s-au făcut în mai multe variante de presiune de injecție, pentru toate cele patru pulverizatoare cu indicator tip Bosch la cursa cremalierii de 16,5 mm, care corespunde debitului nominal.

În fig. 4 se prezintă graficele vitezei de injecție la diferite turații și la aceeași poziție a cremalierii pompei de injecție. Cunoscând și celelalte 8 diagrame cu variante similare de care dispunem se pot evidenția următoarele:

– la creșterea turației pompei de injecție scade durata unghiulară a procesului cu  $(2^{050'} - 3^0)$  RAP adică cu  $(5^{040'} - 6^0)$  RAC la toate variantele de pulverizatoare; acest aspect se datorează creșterii vitezei de injecție odată cu turația la doza ciclică constantă ( $h = 16,5$  mm);

– se constată experimental, ceea ce a fost preconizat teoretic, că prin respectarea condiției ca în toate cazurile de pulverizatoare modificate să rămână constantă secțiunea totală de pulverizare, durata injecției se păstrează aceeași chiar și la diametrele reduse de pulverizare, cel mult crește cu  $(20 - 30)'$ , valoare nesemnificativă; explicația fenomenului este coeficientul de debit al orificiilor, care se păstrează constant deoarece viteza de curgere este ridicată în toate cazurile cercetate;

– cea mai importantă constatare experimentală este că viteza de injecție cu mici oscilații are practic aceeași

valoare la toate variantele de pulverizatoare, deci nu ne așteptăm la modificări privind declanșarea arderii rapide, deci nu trebuie refăcute reglajele de avans de injecție.

## CONCLUZII

Cercetările experimentale sistematice desfășurate în prezenta lucrare, ne conduc la următoarele concluzii principale:

❖ Prin creșterea numărului de orificii ale unui pulverizator cu păstrarea suprafeței totale de injecție și păstrarea neschimbată a presiunii de injecție, calitățile pulverizării se îmbunătățesc până la un număr maxim de orificii, după care, creșterea numărului lor nu mai aduce avantaje; în cazul de față varianta cu 7 orificii de pulverizare se dovedește a fi optimă;

❖ La creșterea presiunii de injecție există posibilitatea ca varianta cu 6 orificii să devină optimă ceea ce se explică prin recombinarea picăturilor la variantele cu 7 și 8 orificii;

❖ Ipoteza teoretică pe care am avut-o de a păstra constantă secțiunea totală de injecție la realizarea pulverizatoarelor modificate, s-a dovedit benefică, căci nu se modifică durata injecției și viteza de injecție;

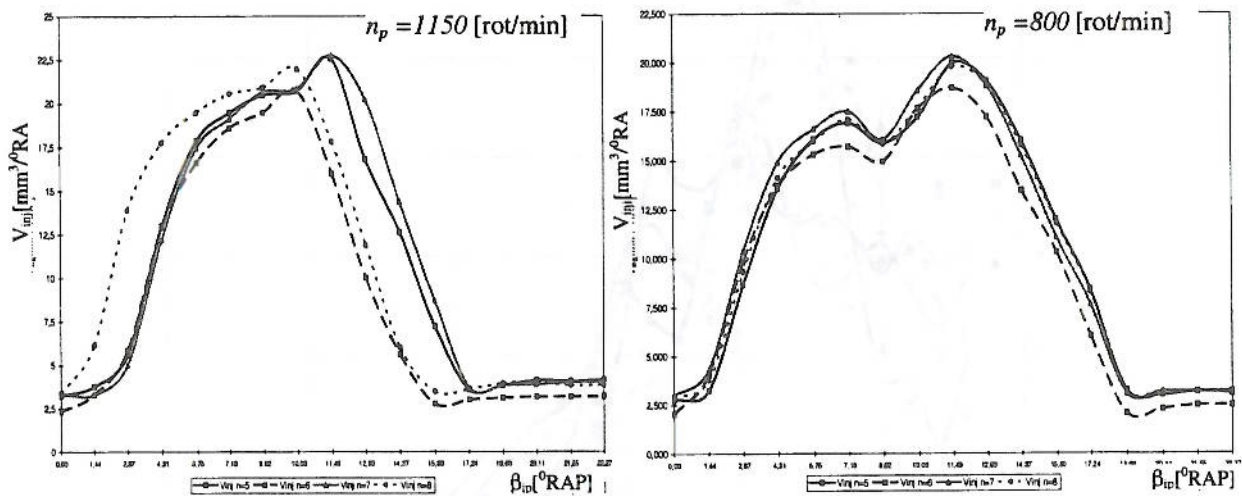


Fig. 4. Viteza de injecție pentru  $p_i = 240$  bar,  $h = 16,5$  mm,  $n_0 = 5, 6, 7, 8$  orificii.

- ❖ La înlocuirea pulverizatoarelor originale cu cele modificate pentru încercările „la cald” pe motor nu este nevoie de refacerea reglajelor pompei de injecție.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Iorga D., Negrea V., Mekki C., *Posibilități de adaptare a sistemului de injecție la motoarele Diesel rapide cu injecție directă și distribuția combustibilului în volum*. INGMEC, Craiova, 16–17 octombrie 1998, pag. 219–225.
- [2] Iorga D., Negrea V., Mekki C., Pădure G., Nagi M., *Încercări privind îmbunătățirea funcționării motorului diesel prin mărirea numărului orificiilor pulverizatorului*. A IX-a Conferință Națională de Termodinamică, Craiova 27–28 mai 1999, pag. 323–330.
- [3] Iorga D., Ionel I., Mekki C., Negrea V., Pădure G., *Experimental research concerning the control of the emitted*

*fumes and energetic performance by modifying the pulverising injectors*, 9<sup>th</sup> International Scientific Symposium “TRANSPORT AND AIR POLLUTION”, 5–8.06.2000, Avignon – France, ISBN 2-85782, vol. 2 – 533 – 1, pp. 517–522.

- [4] Iorga D., Mekki C., Ostoia D., *Study regarding the ambient temperature influence on the direct injection diesel engine pollution degree and it's energetical performance*. 3rd Internațional Conference (RADMI), 19–23 septembrie 2003, Krusevac/Podgorica, Seerbia & Muntenegru, pg. 87–91.
- [5] Iorga D., Vrabie I., Pădure G., Ostoia D., *Improving possibilities of the spraying qualities of the injection system of a high power diesel engine with unitary combustion chamber*. The Conference Internațional Stability pact for South Eastern Europe Sustainability for humanity & environment in the extended connection field science – economy – policy, 24–25 februarie 2005, Timișoara, pg. 409–412.