

# STUDII PRIVIND MODIFICĂRILE TEHNICE MINIME NECESARE MOTOARELOR CU ERDERE INTERNĂ ALIMENTATE CU COMBUSTIBILI ALTERNATIVI

**Autor: Iurie MALANCIUC**  
**Conducător științific: conf. univ. Dumitru NOVOROJDIN**

Universitatea Agrară de Stat din Moldova

***Abstract:** Datorită proprietăților asemănătoare ale biocombustibililor cu cele ale motorinei petroliere, ele sunt compatibile cu aceasta, obținându-se aceleași caracteristici de consum. Pe baza acestor caracteristici, utilizarea uleiurilor vegetale propriu-zise ca și combustibili este posibilă prin realizarea anumitor modificări constructive ale motorului (presiune de injecție mai mare, utilizarea unor sisteme de încălzire în circuitul de alimentare, utilizarea unui distribuitor și a unui rezervor suplimentar de combustibil pentru pornirea pe motorină, funcționarea cu noul combustibil și oprirea pe motorină, înlocuirea garniturilor pe bază de cauciuc din sistemul de alimentare etc.).*

***Cuvinte cheie:** Biocombustibil, biodiesel, viscozitate, densitate, pulverizare.*

## 1. Introducere

Utilizarea combustibililor proveniți din uleiuri vegetale la motoarele cu ardere internă a devenit prioritară abia în ultimii ani, și aceasta din cauze ce țin de reducerea rezervelor de combustibili de origine petrolieră și mai ales de necesitatea reducerii poluării mediului. Biodieselul obținut pe bază de uleiuri vegetale este un combustibil curat, biodegradabil și regenerabil, iar tehnologia de obținere a acestuia este una curată. Utilizarea combustibililor proveniți din uleiuri vegetale este posibilă în principal în următoarele variante: ulei vegetal pur, ulei vegetal în amestec cu motorină, metilester provenit prin esterificarea uleiului vegetal, amestec de metilester cu motorină etc. [1].

Utilizarea biocombustibililor a fost promovată de Consiliul și Parlamentul European care au adoptat Directiva CE 30/2003 privind promovarea combustibililor regenerabili destinați transporturilor [2]. Această directivă prevede printre altele:

- înlocuirea până în anul 2020, în proporție de 20% a combustibililor convenționali cu alți combustibili alternativi în sectorul transportului rutier;
- bioetanolul și biodieselul pentru autovehicule, în formă pură sau amestec trebuie să corespundă normelor standard EN 14214;
- creșterea ponderii biocombustibililor se va asocia cu un studiu de impact economico – social;
- monitorizarea efectului adaosului de peste 5% biocombustibil în amestec diesel, la vehicule neadaptate tehnic;
- rapoarte periodice din 2 în 2 ani privind: aspectele economice; perspectiva ciclului de viață a biocombustibilului; sponsorizarea produselor agricole, materii prime pentru biocombustibili; impactul economic și ecologic privind utilizarea biocombustibilului asupra mediului.

## 2. Actualitatea și perspectivele modificărilor necesare motoarelor alimentate cu combustibili alternativi

Modificările minime necesare motoarelor Diesel ce echipează mijloacele de transport, pentru a funcționa cu combustibili alternativi (amestecuri de motorină cu esteri proveniți din uleiuri vegetale) au avut în vedere următoarele [6]:

- Să se asigure posibilitatea utilizării combustibililor alternativi la motoarele Diesel;
- Să se asigure obținerea de performanțe superioare în ceea ce privește poluarea față de combustibilul classic (motorina);
- Să nu implice modificări ale mecanismului motor (ansamblul piston-cilindru, inclusive camera de ardere, cilindru, chilasă, etc.), pentru a nu crește semnificativ prețul de cost al motorului;

- Să nu afecteze rezistența mecanică și termică a pieselor mecanismului motor;
- Să se majoreze durabilitatea motoarelor cu aprindere prin comprimare ce funcționează cu astfel de combustibili.

Având în vedere cele mai sus, s-au stabilit modificări doar la sistemul de alimentare al motorului cu aprindere prin comprimare. În acest sens s-au avut în vedere modificări la următoarele elemente:

- Garniturile sistemului de joasă presiune (pentru ca materialul din care s-au executat să nu reacționeze cu noul combustibil);
- Elementele pompei de injecție – bucușa și pistonul sertar (pentru a asigura debite sporite de combustibil);
- Arcurile supapelor de refulare ale pompei de injecție (pentru a asigura presiuni de refulare mai mari);
- Injectoarele – pulverizator, ac , arcuri (pentru a asigura presiuni de injecție mai mari);

### 3. Precizări privin necesitatea modificărilor efectuate

*Garniturile sistemului de joasă presiune.* Studiile efectuate au condus la concluzia că garniturile clasice pe bază de cauciuc (așa cum sunt cele din circuitul de joasă presiune al sistemului de alimentare al motoarelor cu aprindere prin comprimare) sunt distruse în timp de acțiunea combustibililor de tip metilester de rapiță. Acest lucru a fost sesizat încă de la primele teste pe motor când, în zona filtrelor de combustibil și a îmbinărilor au apărut scurgeri de culoare neagră, ceea ce a demonstrat reacția materialului acestor garnituri cu noul combustibil.

*Bucușa și pistonul sertar* (din cadrul elementelor pompei de injecție). Modificările acestor elemente au avut drept scop asigurarea unor debite sporite de combustibil, în condițiile în care proprietățile noului tip de combustibil (bazat pe esteri proveniți din uleiuri vegetale) diferă într-o oarecare măsură de cele ale motorinei (tab. 1).

**Tabelul 1**

#### Caracteristicile fizico-chimice ale biocombustibililor și motorinei

Caracteristicile fizico-chimice	Ulei de rapiță	Ester	Motorină
Densitatea la 20°C [kg/dm <sup>3</sup> ]	0,92	0,88	0,84
Viscozitatea cinematică la 20°C [mm <sup>2</sup> /s]	74	6,30	4...6
Punctul de inflamabilitate [°C]	317	184	80
Cifra cetanică	40	51	50
Puterea calorică [MJ/kg]	37,6	37	41,8

Având în vedere diferența de putere calorică dintre ester și motorină, pentru a asigura puteri efective ale motorului, fără diferențe prea mari între cele două variante de combustibil (motorina și respectiv diferite amestecuri ale acesteia cu biodiesel) [4], mărirea pompei de injecție (valoarea diametrului pistonului sertar 2 – fig.1) se poate stabili cu ajutorul nomogramelor, pe baza cantității de combustibil injectat pe ciclu ( $Q_i$ ) la regimul nominal de funcționare al motorului, cu ajutorul relației (1):

$$Q_i = \frac{1000 \cdot P_e \cdot g_e}{60 \cdot i \cdot n_p \cdot \rho_{comb}} \quad [\text{mm}^3/\text{ciclu}] \quad (1)$$

în care:  $P_e$  – puterea efectivă a motorului, kW;

$g_e$  – consumul specific efectiv de combustibil, g/kWh;

$i$  – numărul de cilindri ai motorului;

$n_p$  – turația arborelui cu came al pompei de injecție, rot/min;

$\rho_{comb}$  – densitatea combustibilului, kg/dm<sup>3</sup>.

La stabilirea valorii diametrului pistonului sertar ( $d_{ps}$ ) este necesar de avut în vedere faptul că un element de refulare cu diametru mai mare este mai avantajos, întrucât realizează presiuni de injecție mai

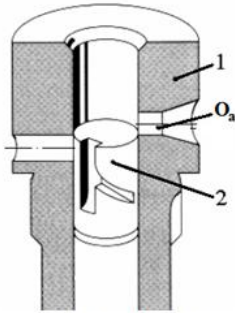


Fig. 1. Pistonul sertar

mari, favorabile pulverizării, determină scăderea duratei injecției, prin modificarea cursei utile a pistonului sertar și contribuie la acordarea mai bună a caracteristicii de injecție cu procesul de ardere.

Viscozitatea mai mare a esterului provenit din ulei de rapiță influențează trecerea combustibilului din corpul pompei de injecție în interiorul elementului de refulare (bucșa pistonului sertar - 1) prin orificiul de alimentare ( $O_a$ ) al bucșei, și ca atare este influențată umplerea completă cu combustibil a elementului de refulare, mai ales la turații ridicate – caz în care timpul de umplere cu combustibil a elementului de refulare este mult redus. Din această cauză a fost necesar ca acest orificiu să fie redimensionat corespunzător (prin creșterea diametrului său).

*Injectoarele* (pulverizator, ac, arc). În cazul injecției cu distribuția combustibilului în peliculă, ideea fundamentală este aceea de a elimina producerea amestecurilor (aer-combustibil) performante în perioada de întârziere la autoaprindere și arderea lor violentă prin accelerarea fizică (turbulentă) și chimică (succesiuni de autoaprindere) a flăcării.

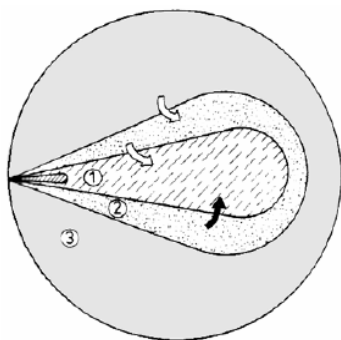


Fig. 2. Modelul multizonal

Pentru aceasta, contra principiilor injecției în volum, cca. 95% din doza de combustibil se injectează tangențial pe peretele camerei de ardere de tip cupă, în vârtejul de aer, care o transformă într-o peliculă fină, în timp ce un procent de 5% rămâne în centrul camerei, servind la autoaprindere. Pelicula de combustibil, cu o grosime de pînă la 200  $\mu\text{m}$ , încălzită în contact cu peretele cald, se vaporizează treptat la suprafață și se amestecă progresiv cu aerul din camera de ardere. Ca urmare, temperatura peretelui pistonului pe care are loc injecția, are un rol hotărîtor asupra procesului de vaporizare și amestecare

Mișcarea de vîrtej favorizează difuzia produșilor calzi spre centrul camerei de ardere, în timp ce oxigenul (cu o temperatură mai scăzută și o densitate mai mare) trece la periferia acesteia, spălînd continuu suprafața peliculei de combustibil și alimentînd astfel reacțiile de oxidare.

Controlul vitezei de formare a amestecului se realizează prin modificarea vitezei de deplasare a curenților, a caracteristicilor de pulverizare, cît și prin temperatura peretelui camerei de ardere din piston. Modelul multizonal al camerei de ardere (fig. 2) cuprinde următoarele 3 zone [3]:

- zona 1 – constituită din combustibil nears și pătrunderi reduse de gaze arse;
- zona 2 – constituită din gaze arse și pătrunderi reduse de aer proaspăt din zona 3;
- zona 3 – constituită numai din aer.

Aerul din zona 3 nu pătrunde direct în zona 1, ci mai întîi el este stratificat și amestecat în zona 2, iar pătrunderea gazelor arse are loc simultan cu începerea arderii.

Cu toate că în zona 2 aerul și gazele arse au fost complet amestecate, la început pătrund în zona 1, un procent mai mare, gazele arse după care urmează aerul proaspăt. La mărirea duratei perioadei de întârziere la autoaprindere, masa fracțiunii gazelor arse din zona 1 crește și corespunzător scad masele fracțiunilor de oxigen și combustibil, cu repercursiuni negative asupra arderii, implicînd formarea de funingine ca urmare a creării condițiilor de pirogenare

Jetul de combustibil (dezvoltat după ieșirea prin orificiul pulverizatorului) nu are o structură uniformă, ci este alcătuit din: partea centrală (1) cu o densitate mai mare de combustibil sub forma unor picături de diferite diametre situate la distanțe relativ mici între ele; anvelopa (2) formată din picături fine, distanțate și cu pătrunderi însemnate de aer/gaze reziduale. În mod evident, datorită structurii diferite a celor două zone

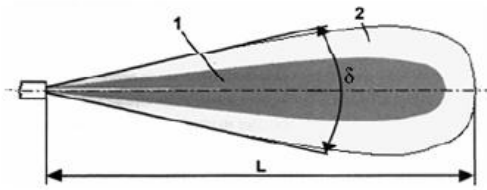


Fig. 3. Forma jetului de combustibil

principale ale jetului, aerul exercită o acțiune diferențiată asupra acestora și, ca urmare vitezele lor de deplasare sunt diferite (fig. 3).

Întrucât jetul de combustibil este caracterizat printr-o serie de parametri fundamentali, cum ar fi: finețea pulverizării, omogenitatea pulverizării, penetrația și unghiul de dispersie, este necesar ca fiecare să i se acorde atenția cuvenită.

Finețea pulverizării este semnificativ influențată de presiunea de injecție și de proprietățile combustibilului. S-a observat că la presiunea de deschidere a injectorului de 175 bar cea mai bună pulverizare o are motorina. Amestecul de ulei de rapiță și motorină are de asemenea o pulverizare destul de bună. Uleiul de rapiță are cea mai proastă pulverizare datorită viscozității ridicate [5]. Se recomandă ca la folosirea uleiului de rapiță în stare pură să se folosească o presiune de injecție mai ridicată. Creșterea presiunii de injecție determină scăderea accentuată a proporției picăturilor cu diametrul peste 20 μm din cadrul jetului.

Diametrele medii ale picăturilor obținute cu duza pulverizatorului cu orificiul de 0,40 mm sunt sensibil mai mici decât cele obținute cu duza cu orificiul de 0,60 mm.

Uniformitatea dimensională a picăturilor este, la rândul său, influențată atât de dimensiunile orificiului pulverizatorului, fiind superioară la  $\phi = 0,40$  mm față de  $\phi = 0,60$  mm, cât și de presiunea de injecție, având valoarea maximă la presiunea maximă.

Viscozitatea combustibilului exercită o puternică influență asupra diametrului picăturilor ce alcătuiesc jetul de picături, diametrul acestora crescând odată cu creșterea viscozității, la toate presiunile de injecție. Viscozitatea scade cu creșterea temperaturii.

În stabilirea modificărilor necesare pentru ca motoarele cu aprindere prin comprimare să poată funcționa cu combustibili alternativi care să înlocuiască combustibilii clasici de tip motorină, este nevoie să se ia în considerare și alte aspecte.

### 3. Concluzii

Din analiza rezultatelor obținute se constată că:

- Modificările aduse sistemului clasic de alimentare al motorului pun în evidență performanțe de putere, moment și poluare mai bune decât în cazul motorului fără modificări;
- Încă o dată se dovedește faptul că combustibilul clasic de tip motorină poate fi înlocuit cu succes de către biocombustibil sau amestecuri ale acestuia cu motorina, situații în care se asigură reducerea considerabilă a poluării chimice a mediului înconjurător;
- Din punct de vedere al consumului specific de combustibil rezultate bune (aproape de cele obținute în cazul utilizării motorinei) se obține cu amestec de 20 % biodiesel + 5 % metanol + motorină;
- Din punct de vedere a emisiei de CO<sub>2</sub>, aproape toate amestecurile se comportă mai bine ca motorina, cel mai puțin poluant fiind amestecul de 40% biodiesel + motorină.

### Bibliografie

1. Bataga, N., Burnete, N., *Combustibili, lubrifianți și materiale speciale pentru automobile. Economicitate și poluare*, Editura Alma Mater, Cluj-Napoca, 2003, 316 pag..
2. Burnete, N., s.a., *Rapița o provocare pentru fermieri și energeticieni*, Editura Sincron, Cluj-Napoca, 2004, 222 pag.,.
3. Burnete, N., s.a., *Study regarding the use of burned oil from food industry as fuel for the Diesel engines*, Bucuresti, 2003.
4. Haas M.J., A.J. McAloon, Winnie C. Yee, T.A. Foglia, *A process model to estimate biodiesel production costs*, Bioresource Technology, Volume 97, 2006.
5. Davis Clements L., Van Gerpen J., *Biodiesel Production Technology*, 2010.
6. Lacusta, I.; Beșleagă, I. *Performanțele ecologice ale motorului diesel alimentat cu biocombustibil*. Agricultura Moldovei nr. 1-2, Chișinău., 2009.