

Performanțele motorului cu aprindere prin comprimare alimentat cu biocombustibil și dotat cu sistem de preîncălzire

Cuvinte cheie: MOTOR CU APRINDERE PRIN COMPRIMARE, MOTORINĂ, ESTER METILIC, PREÎNCĂLZITOR, CARACTERISTICA DE VITEZĂ, STAND, ÎNCERCĂRI DE EXPLOATARE.

Rezumat. Sunt prezentate rezultatele cercetărilor caracteristicilor de viteză ale motorului cu aprindere prin comprimare (MAC) D-240 alimentat cu combustibil fosil (motorină) și cu biocombustibil (ester metilic din ulei de rapiță), precum și amestecuri ale esterului cu motorină, benzină, etanol. Este stabilit că alimentarea MAC cu ester pur sau cu amestecuri ester-motorină asigură obținerea aceluiași valori ale parametrilor energetici (puterii) și economici (consumului specific de combustibil), ca și în cazul alimentării cu motorină. Încălzirea prealabilă a biocombustibilului până la 65 °C, asigură motorului valorile consumului specific identice cu motorină. Sistemul elaborat de încălzire prealabilă a biocombustibilului a fost testat în condițiile exploatării de producție a tractorului MTZ-80, confirmând rezultatele cercetărilor de stand și demonstrând impecabilitatea de funcționare.

Introducere

Mijloacele tehnice, dotate cu motoare cu aprindere prin comprimare, consumă anual aproximativ 350 mii tone de motorină, care este importată, consumând surse financiare considerabile și tot odată afectând starea ecologică, precum și securitatea energetică a țării.

Ca urmare a situației date este necesar de a elabora tehnologii și mijloace tehnice pentru utilizarea surselor regenerabile de energie. Cum demonstrează practica exploatării motoarelor cu aprindere prin comprimare [1,2,3], în calitate de materie primă pentru producerea și utilizarea biocombustibilului este binevenit ulei vegetal, în deosebi ulei de rapiță, care în baza procesului de esterificare permite obținerea biocombustibilului – esterului metilic. Esterul obținut are capacitatea energetică practic de aceeași valoare ca și motorină ($H_i = 42$ MJ/kg), iar viscozitatea cinematică a esterului este mai mare ($7,5$ mm²/s) decât cea a motorinei ($3,8 \div 4,2$ mm²/s). Viscozitatea majorată face dificilă exploatarea motorului în perioada rece a anului. În surse existente de informații sunt numai date fragmentare privind condiționarea biocombustibilului pentru exploatarea în perioada rece a anului. Prin urmare este necesară elaborarea și cercetarea utilajului pentru condiționarea (preîncălzirea) biocombustibilului nemijlocit pe motor.

Material și metoda.

Scopul lucrării: studiul proprietăților de exploatare ale biocombustibilului și ale amestecurilor cu etanol, benzină, motorină, aprecierea funcționării sistemului de preîncălzire a biocombustibilului.

Obiective:

- Alegerea combustibililor pentru cercetări;
- Cercetări de stand ale parametrilor de funcționare ai motorului alimentat cu diferiți combustibili;
- Încercări de stand și de exploatare ale sistemului de alimentare dotat cu preîncălzitor.

Obiectele cercetărilor:

1. Combustibil de origine petrolieră (motorină) în calitate de etalon;
2. Biocombustibil – ester metilic a uleiului de rapiță;
3. Amestecuri de combustibili: ester-motorină în raport (% vol) 70/30, 30/70, 50/50; ester-benzină 90/10; ester-etanol 90/10;
4. Sistemul de alimentare dotat cu preîncălzitor.

Din cauza compoziției specifice ale biocombustibililor, proprietățile fizico-chimice se deosebesc de combustibili de origine petrolieră, în deosebi viscozitatea cinematică (viscozitatea motorinei la 20°C este de 2–5 mm²/s [1], și respectiv 7–8 mm²/s biodieselului. Pentru a utiliza biodiesel în calitate de combustibil în MAC, este necesar de a micșora viscozitatea cinematică. Pentru aceasta a fost elaborat sistemul de alimentare cu două rezervoare, care include un schimbător de căldură (fig. 1).

Sistemul de alimentare cu două rezervoare funcționează în felul următor: pentru pornirea motorului rece este utilizată motorina din rezervorul suplimentar de un volum mai mic. Pe parcursul funcționării motorului, el se încălzește până la temperatura de 50 – 60 °C. După aceasta distribuitorul electromagnetic schimbă poziția sertarului, în așa mod se începe alimentarea motorului cu biocombustibil preîncălzit de schimbătorul de căldură. În calitate de agent termic este utilizat lichidul de răcire a motorului.

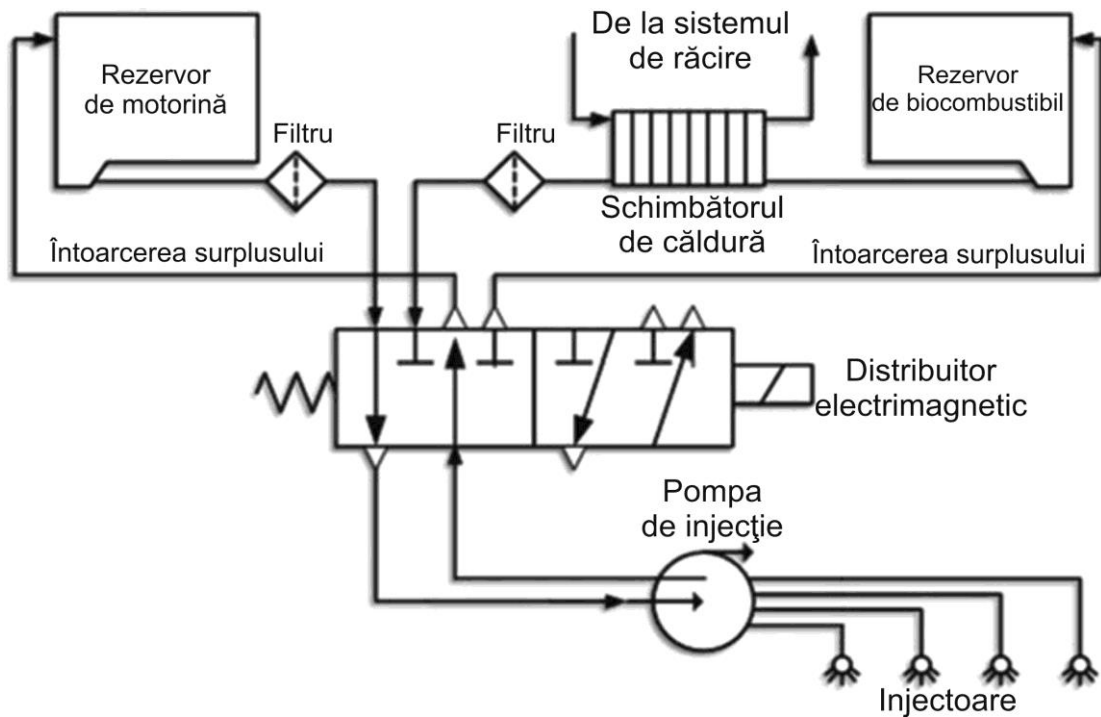


Fig. 1. Sistemul de alimentare a MAC dotat cu două rezervoare

Pentru aprecierea funcționării motorului alimentat cu diferite tipuri de combustibil, au fost efectuate cercetările de stand. Obiectul cercetărilor a fost motorul cu aprindere prin comprimare de tip D-240 (se instalează pe tractoare MTZ-80/82). Au fost determinate caracteristicile de viteză ale motorului D-240 pe stand MPB-100 la UASM și pe stand SSÎM. Pentru cercetări au fost folosite motorină, ester din ulei de rapiță, amestecuri esterului cu motorină, benzină, etanol.

Rezultate și discuții.

Cercetări de stand

Din caracteristicile obținute (fig.2, 3) se evidențiază două ramuri: I – de regulator, II – de viteză. Ramura I se află între turațiile maxime ale arborelui cotit $n=2300 \text{ min}^{-1}$ (mersul în gol) și turațiile optime $n=2200 \text{ min}^{-1}$ (P_e^{\max}). În limita acestei ramuri, schimbarea turațiilor arborelui cotit are drept consecință deplasarea cremalierii pompei de injecție cu ajutorul regulatorului automat. Deplasarea cremalierii schimbă cantitatea combustibilului injectat în camera de ardere a cilindrului. Astfel, prin schimbarea sarcinii aplicate, se mențin turațiile arborelui cotit în jurul valorii nominale (pentru D-240 $n_{nom} = 2200 \text{ min}^{-1}$).

După obținerea turațiilor nominale, mărirea succesivă a forței de frânare F nu mai schimbă poziția regulatorului automat și, respectiv, a cremalierii. Prin urmare, turațiile pe ramura II (de viteză) ale caracteristicii $P_e, g_e = f(n)$ (fig.2, 3) se schimbă mai dinamic în raport cu ramura I (de regulator), cu reducerea turațiilor simultan scade și puterea. Aceasta scăderea puterii la turații mai mici decât n_{nom} , poate fi explicat prin micșorarea, în primul rând, a dozei ciclice g_c (fig. 4)

din cauze hidrodinamice și majorarea scurgerilor combustibilului prin jocuri ale cuplului de plonjor.

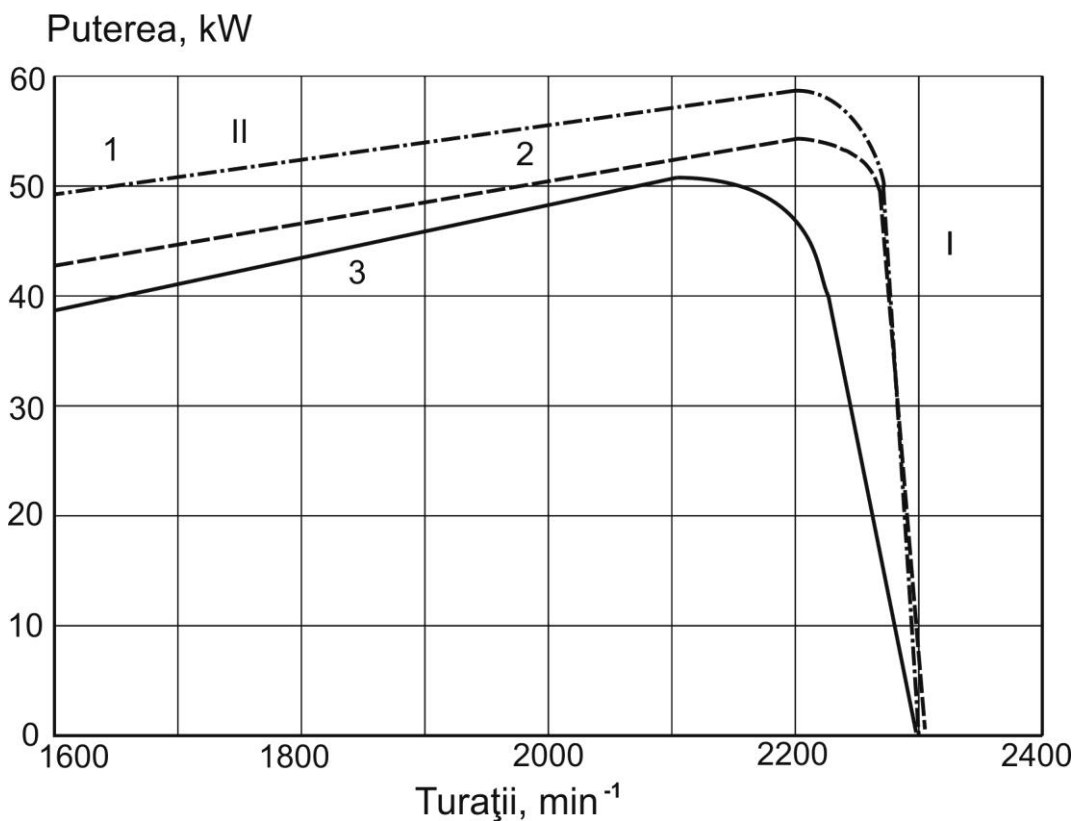


Fig. 2. Dependența puterii motorului D-240 de turațiile arborelui cotit:
1 – amestecuri ester-motorină 70:30, 30:70; 2 – amestecuri ester-benzină 90:10, 70:30;
ester-etanol 80:20; 3 – amestec ester-etanol 70:30.

După cum demonstrează analiza dependențelor P_e , $g_e = f(n)$ (fig. 2, 3), obținute cu motor alimentat cu combustibil petrolier și biocombustibil, caracteristicile de viteză obținute sunt specifice motorului cu aprindere prin comprimare [3,4,5] și corespund datelor tehnice ale motorului D -240.

Cercetările de stand au demonstrat faptul că alimentarea motorului cu motorină, ester, amestecuri ester-motorină (30:70; 70:30 % vol.) îi asigură valori ale puterii, practic, egale pentru acești combustibili la toate regimurile studiate (fig. 2, curba 1).

La turații nominale ($n=2200 \text{ min}^{-1}$), motorul a dezvoltat puterea de 55 kW, care este aproape egală cu valoarea puterii indicate în pașaportul motorului (58 kW). Utilizarea amestecurilor ester-benzină (90:10; 70:30% vol.), ester-etanol (80:20% vol.) reduce puterea motorului cu 7÷11% (curba 2, fig. 2) în raport cu esterul, motorina și amestecurile acestora. În cazul alimentării motorului cu amestec ester-etanol (70:30 % vol.), puterea scade și mai mult – cu 16...20% (curba 3).

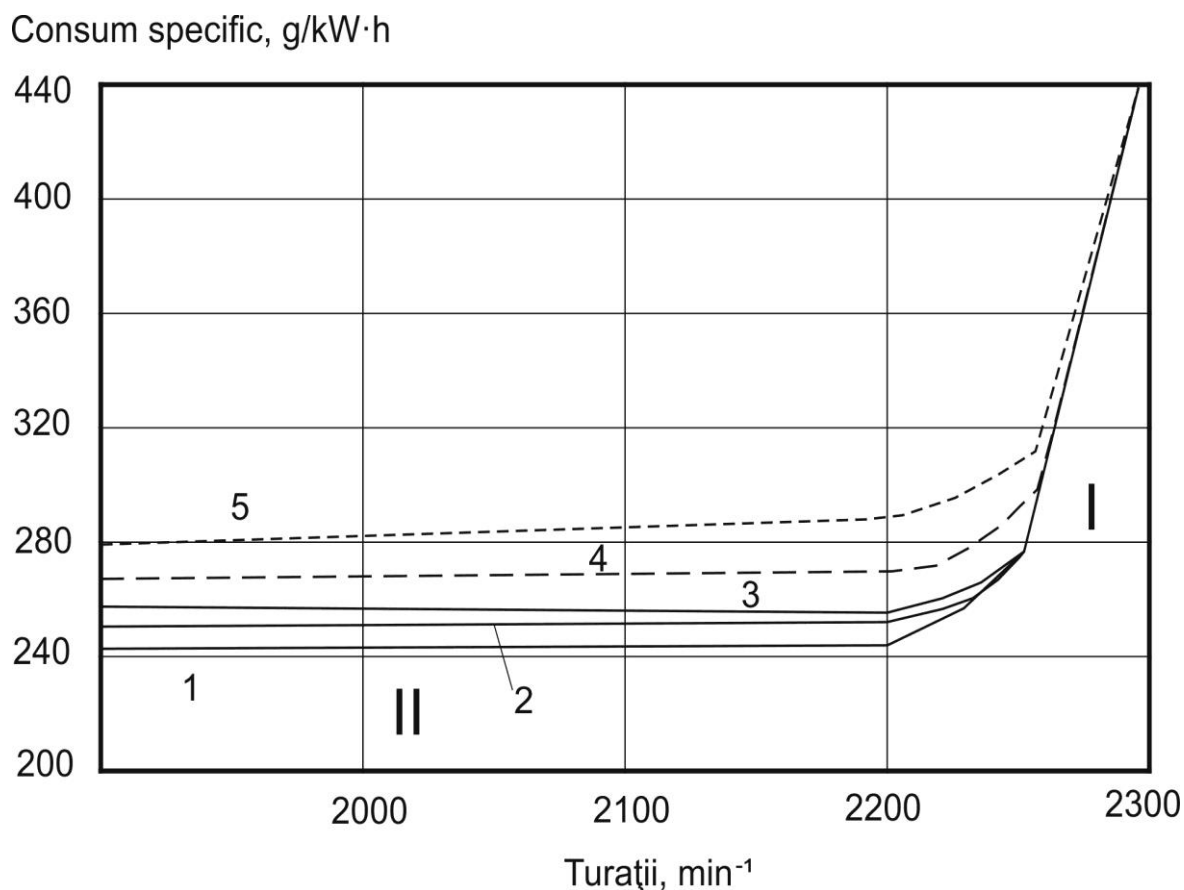


Fig. 3. Dependența consumului specific al combustibilului de turațiile arborelui cotit (1 – motorină; 2 – amestecuri ester-motorină 70:30, 30:70; 3 – ester; 4 – amestec ester-benzină 90:10; 5 – amestecuri ester-etanol 80:20, 70:30).

Studierea dependenței consumului specific al combustibilului de turațiile arborelui cotit $g_e=f(n)$ a dat rezultate mai diferite (fig. 3) decât în cazul dependenței $P_e=f(n)$. Cel mai mic consum specific $g_e=242$ g/kW·h s-a obținut la alimentarea motorului cu motorină (fig. 3, curba 1). Această valoare este cu 16 g/kW·h mai mică în raport cu valoarea indicată de firma producătoare (258 g/kW·h).

Adăugarea în motorină a esterului în proporție de 30% vol. și 70% vol. a sporit consumul specific al combustibilului până la 248...250 g/kW·h (curba 2). La alimentarea motorului cu ester pur, consumul combustibilului a crescut cu 4...5% ($g_e=252...254$ g/kW·h, curba 3). Adăugarea benzinei (10; 30%vol.) în ester majorează g_e până la 264 g/kW·h (curba 4) și a etanolului (20, 30% vol.) – până la 286 g/kW·h (curba 5) la turații nominale.

Sporirea cu 4...5% a consumului specific al esterului se argumentează prin faptul că, în comparație cu motorina ($H_i=42,5$ MJ/kg), căldura inferioară de ardere a lui ($H_i = 37,5$ MJ/kg) este cu 11...12 % mai mică. Această proprietate a influențat consumul specific al amestecului esterului cu motorină. Este necesar de menționat că creșterea consumului g_e al esterului este mult mai mică decât diferența dintre valorile H_i ale esterului și motorinei, datorită arderii mai depline a esterului și obținerii unui randament efectiv η_e mai înalt.

Adăugarea benzinei în ester a sporit consumul specific al amestecului cu 9 % în raport cu motorina și cu 4÷5% în raport cu esterul pur, deși căldura inferioară de ardere a benzinei (44 MJ/kg) are cea mai înaltă valoare comparativ cu combustibilii analizați. Majorarea consumului amestecului ester-benzină poate fi explicată, luând în considerație proprietatea lui de distilare. Amestecul ester-benzină conține, datorită benzinei, fracții ușoare. Anume acestea reduc temperatura începutului distilării până la 56°C [6] și pot servi drept cauză a inflamării combustibilului înaintea fazei optime și a formării presiunii maxime a gazelor de ardere până la atingerea de către piston a punctului mort superior. În acest caz, cresc pierderile de putere, scade randamentul η_e . Se presupune, că majorarea randamentului motorului alimentat cu amestec ester-benzină poate fi obținută, în special, prin reglarea unghiului de avans la injecție.

O situație similară se produce și în cazul amestecului ester-etanol, a cărui temperatură la începutului distilării este de 79°C. Cu alte cuvinte, în acest caz de asemenea este necesară reglarea unghiului de avans.

Dar căldura inferioară de ardere a etanolului (27,4 MJ/kg) face problematică obținerea acelorași performanțe ale motorului, ca și în cazul alimentării lui cu motorină, ester și amestecurile acestora.

Studiul proprietăților biocombustibililor [6] demonstrează necesitatea încălzirii lor înainte de injectarea în motor. Pentru verificarea acestei necesități, au fost ridicate caracteristicile de viteză ale motorului D-240 alimentat cu motorină (temperatura inițială 20°C), ester cu temperatura inițială 20°C și 65°C.

Rezultatele cercetărilor demonstrează că, în diapazonul ramurii de regulator a motorului alimentat cu motorină și ester încălzit la 65°C, motorul are valorile puterii, practic, egale (fig. 4). Pe aceeași ramură de regulator, esterul neîncălzit asigură motorului o putere mai mică. Pe ramura de viteză, puterea motorului alimentat cu motorină este mai mare cu 2...3 kW în raport cu esterul încălzit și cu 3...4 kW în raport cu esterul rece.

Valorile consumului specific de combustibil sunt practic egale în cazul alimentării motorului cu motorină și ester încălzit până la 65°C ($g_e \approx 220 \text{ g/kW}\cdot\text{h}$, fig. 5). Alimentarea motorului cu ester rece (20°C) are drept consecință majorarea g_e până la 275g/kWh pe ramura de viteză.

Rezultatele obținute (fig. 4, 5) coincid în mare parte cu cele anterioare (fig. 2, 3). Diferența neesențială dintre valorile puterii motorului și consumul specific de combustibil în ambele cazuri poate fi explicată prin aceea că cercetările au fost efectuate pe diferite standuri. În cazul standul MPB, motorul cercetat se conectează direct, iar standul VEM este acționat prin intermediul transmisiei tractorului – de la priza de putere. Totuși, este evidentă influența pozitivă

a încălzirii prealabile a esterului asupra performanțelor motorului, în primul rând, asupra consumului specific g_e .

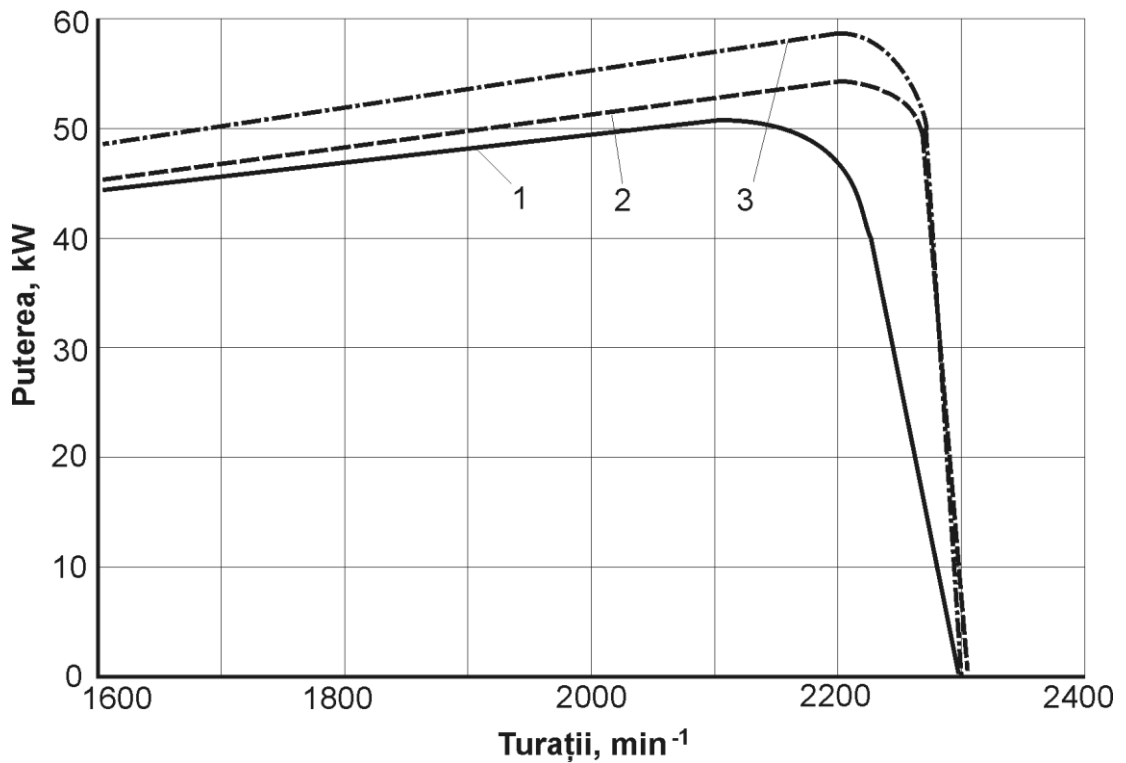


Fig. 4 Dependența puterii motorului D-240 de turațiile arborelui cotit:
1 – ester (20°C); 2 – ester (65°C); 3 – motorină (20°C)

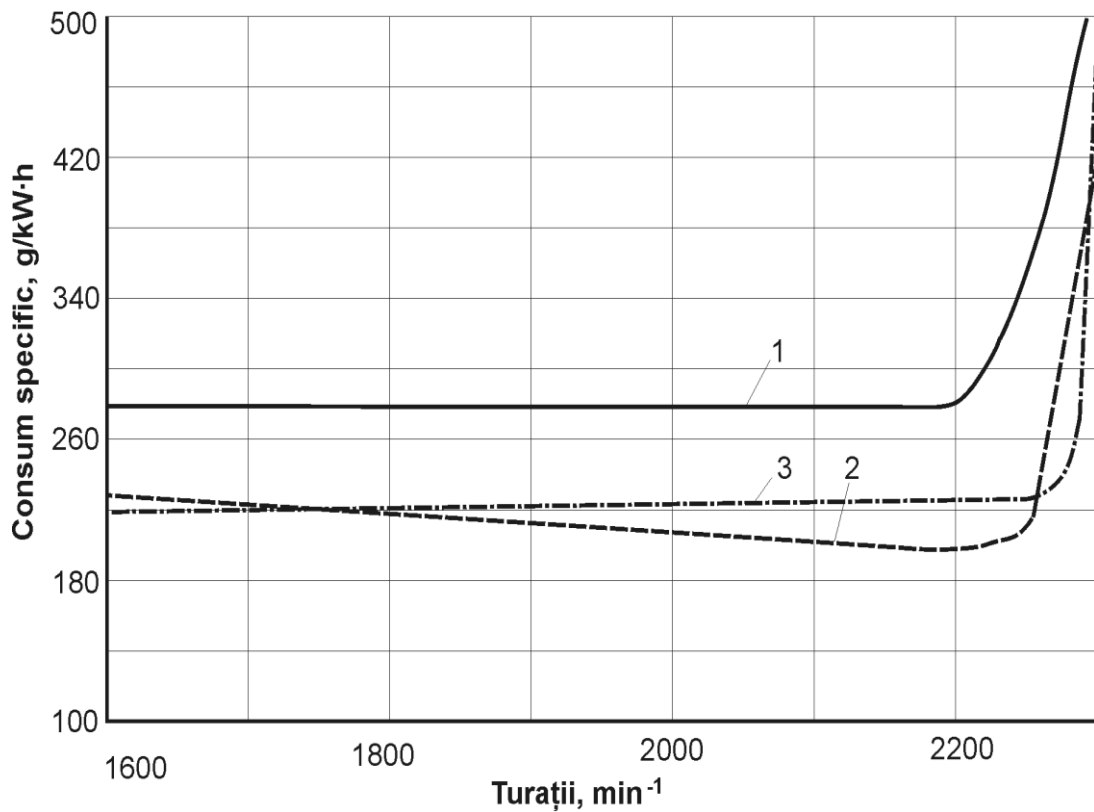


Fig. 5 Dependența consumului specific al combustibilului de turațiile arborelui cotit:
1 – ester (20°C); 2 – ester (65°C); 3 – motorină (20°C)

Fenomenul arderii mai depline a esterului în motor poate fi argumentat în baza componenței și proprietăților acestuia. Produsul obținut din esterificarea uleiului vegetal are componența mai omogenă în raport cu motorina, prin urmare, la distilare, diapazonul dintre temperaturile începutului și sfârșitului de fierbere la ester este mai îngust ($\Delta t_e = 123 \text{ }^\circ\text{C}$, [6]) decât la motorină $\Delta t_m = (209^\circ\text{C})$. Omogenitatea componenței esterului mărește probabilitatea obținerii unor condiții optime de ardere și a arderii mai depline a hidrocarburilor.

Așadar, în baza cercetărilor de stand, s-a stabilit o coincidență a valorilor puterii motorului alimentat cu motorină, cu ester și cu amestecuri ale acestora, consumul specific al esterului încălzit fiind mai mare cu 4...5% în raport cu motorina.

Încercările de exploatare ale motorului alimentat cu biocombustibil. Pentru a determina influența biocombustibilului asupra parametrilor de exploatare ai motorului cu aprindere prin comprimare (MAC) D-240, motorul a fost instalat pe tractorul MTZ-80 „Belarus” și dotat cu un complet de aparataje care îl adaptează la biocombustibil.

Încercările motorului D-240 au început în luna mai anul 2007. Începând cu 15 mai 2007 până la 29 mai 2008, inclusiv în perioada rece a anului, motorul D-240 a lucrat 200 de moto-ore cu o sarcină medie (încercările mașinilor de stropit, încercările de câmp a combinei de recoltat sorg zaharat). În această perioadă, au fost consumați 1045 litri de biocombustibil (ester metilic al uleiului de rapiță) și 182 de litri de motorină.

Încercările de exploatare au demonstrat fiabilitate sporită a sistemului de alimentare modificat, inclusiv la temperaturi joase a mediului ambiant.

La începutul încercărilor, vizual a fost apreciată starea injectorului motorului. Pe fig. 7 este prezentat injector, care a funcționat 58 moto-ore cu biocombustibil. Refuzuri ale sistemului de alimentare nu au fost depistate.

Pentru încălzirea motorului „rece”, se consumă de la 0,2 până la 0,7 litri de motorină, în funcție de temperatura mediului ambiant. În zile cu temperaturi de 25-30°C, motorul se pornea ușor pe biocombustibil, fără a-l încălzi. La temperaturi de 20°C și mai mici, pornirea motorului alimentat cu biocombustibil este îngreunată și, în acest caz, este necesar de a-l încălzi cu motorină.

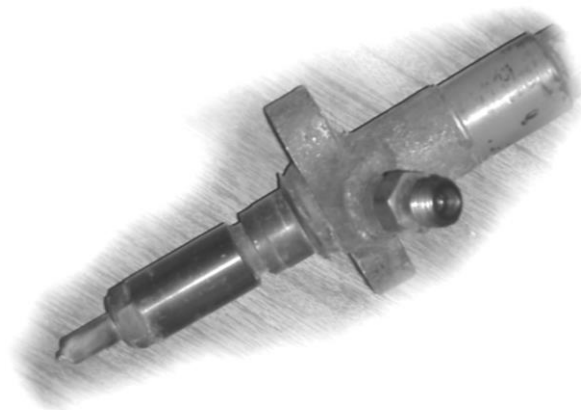


Fig. 7 Injector după încercări

Concluzii

1. Deosebirea unor proprietăți fizico-chimice a biocombustibilului și combustibilului petrolier, necesită interprimerea unor măsuri, cum ar fi încălzirea biocombustibilului pentru a micșora viscozitatea lui până la valori optime (mai puțin de 6 mm²/s).

2. Cercetările de stand au demonstrat faptul că alimentarea motorului cu motorină, ester, amestecuri ester-motorină (30:70; 70:30 % vol.) îi asigură aproape aceleași valori ale puterii pentru combustibilii dați la toate regimurile studiate.

3. Încercările de stand a demonstrat că valorile consumului specific de combustibil sunt practic egale în cazul alimentării motorului cu motorină și ester încălzit până la 65°C ($g_e \approx 220 \text{g/kW}\cdot\text{h}$). Alimentarea motorului cu ester rece (20°C) are drept consecință majorarea g_e până la 275g/kWh pe ramura de viteză. Iar valorile puterii motorului alimentat cu motorină este mai mare cu 2...3 kW în raport cu esterul încălzit și cu 3...4 kW în raport cu esterul rece.

4. Încercările de exploatare au dovedit că sistemul de alimentare cu preîncălzitor asigură funcționarea normală a motorului cu aprindere prin comprimare la diferite temperaturi ale mediului ambiant (până la -7°C).

Bibliografie

1. Лышко Г. П. и др. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. – Кишинев: ГАУМ, 1997 – 486 с.

2. Лышевский А. С. Процессы распыливания топлива дизельными форсунками. – М.: Машгиз, 1963 – 180 с.

3. Устюхин Г. А. *Характеристики поршневых двигателей внутреннего сгорания и их анализ. Методические указания.* Кишинев 1984-47с.

4. Двигатели внутреннего сгорания. В 3-х кн. Кн. 1 Теория рабочих процессов. /Под ред. Луканина В.Н., Морозова К. А.- М. «Высшая школа», 1995, с.369.

5. Доспехов Б.А., Методика полевого опыта – М.: Колос, 1968 – 336 с.

6. Culegere de lucrări științifice ”Tehnologii și mijloace tehnice pentru agricultură”, Chișinău, 2008.