

ÎMBUNĂTĂȚIREA PERFORMANȚELOR MAI CU UTILIZAREA CARBURANȚILOR ALTERNATIVI ÎN REGIM INSTABIL DE FUNCȚIONARE

Conf. univ., dr. șef catedra TA Dumitru Novorojdin

Universitatea Agrară de Stat din Moldova

***Abstract:** In the article, the researches regarding the function engine D4C110x125 at biofuel with the use of feeding system with two types varies. It's presented results of the engine's tests. The use of biofuel allows essentially to improved the engines performances and to reduce of the toxic substances in the used gases.*

***Cuvinte cheie:** exces de aer, adaptabilitatea motorului, elasticitatea motorului, rezerva momentului motor, cuplul motor.*

Strategia implementării biocombustibililor la autovehicule are mai multe direcții de avansare, atât ca combustibil alternativ cât și îmbunătățirea indicilor de performanță în funcționarea motoarelor cu ardere internă (MAI). În interesul global de utilizare este diminuarea treptată a gazelor ce amplifică efectul de “seră” a Terrei. După cum se știe biocombustibilul este derivata produselor agricole de gen zaharos și oleaginos din care se obține alcool și ulei prin diverse metode. Parțial sau în totalmente alcoolul se utilizează în motoarele cu aprindere prin scînteie (MAS) fără mari implicări în reutilare, la fel și uleiul extras pentru motoarele cu aprindere prin comprimare (MAC). Îmbunătățirea indicilor de performanță a MAI se poate efectua prin avansarea parametrilor de forță, reducerea consumului de combustibil și de poluare a mediului ambiant (1). Toate acestea sunt legate într-un fel sau altul cu mărirea productivității muncii. Motoarele cu aprindere prin comprimare în mare parte de funcționare sunt dirijate prin regulatorul de viteză unde timpul major este supus ca indicii de lucru, momentul de torsiune și turațiile motorului să varieze sub influența sarcinii la partea rulantă a automobilului. Regimul de funcționare în această versiune este numit ca instabil.

Regimurile instabile influențează considerabil la decurgerea proceselor în MAI și reglatoarelor de viteză. În regimul stabil la orice valoare a turațiilor prin intermediul regulatorului i se revine un debit exact de combustibil. În cazul schimbării accelerante a turațiilor din cauza inerțialității, reglatorul acționează cu o întârziere. Frînarea arborelui cotit cu majorarea sarcinii la partea rulantă a autovehiculului din cauza inerției reglatorului duce la o diminuare a turațiilor mai însemnată decât la o sarcină constantă și invers cu micșorarea sarcinii, inerția reglatorului va intensifica mărirea turațiilor. Aceste evoluții intensifică monitorizarea diminuării parametrilor efectivi de funcționare a MAI. De exemplu la autovehicule cu capacitatea cilindrică avansată această schimbare constituie 4...10 % de la valorile nominale. Din punct de vedere a funcționării MAI, procesul de ardere decurge mai dificil, deoarece brusc se schimbă proporționalitatea combustibil-aer, unde are loc un dozaj de combustibil neadecvat oxigenului preconizat arderii normale. Rezultatul acestui fenomen dezvoltă și poluarea mediului cu gaze de eșapament, pronunțându-se mai avansat, monoxidului de carbon (CO) și carbonului liber (C). Concentrarea carbonului liber sau fumeagația intensivă pune în limite stricte indicii de rezervă a

momentului motor și pentru motoarele cu aprindere prin comprimare $\mu=8...13\%$. Pentru autovehiculele cu cutia de viteze cu trepte, productivitatea muncii ce se asumă prin viteza medie a autovehiculului este destul de scăzută. Expresia analitică a coeficientului de rezervă a momentului este

$$\mu = \frac{M_{\max} - M_{\text{nom}}}{M_{\text{med}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Ridicarea rezervei momentului se poate obține prin schimbarea derivatei momentelor ce a-r parveni la avansarea productivității autovehiculelor mai ales care funcționează în condiții dificile de lucru (mașini pentru exploatarea drumurilor, lucrul în cariere, etc.). Performanța indicilor de eficacitate a motoarelor ce funcționează în regim instabil s-ar efectua prin modernizarea sistemului de reglare în alimentarea MAI. Conform cercetărilor efectuate în domeniu (2), s-a ajuns la concluzia că pentru a redresa instabilitatea de funcționare a MAI în baza caracteristicii de regulator pe ramura de activitate a corectorului este elaborat modelul matematic de felul:

$$M_e^d = M_e'(\omega) + \frac{M_{e\max} - M_{en}}{Z_n - Z_{Me\max}} \cdot Z \quad (2)$$

$$v \cdot \frac{dz}{dt} + C_{\text{IIP}\Sigma} \cdot Z + E_0 - C_{\text{cor}} \cdot (Z_n - Z) = (p + q \cdot z) \cdot \omega^2 \quad (3)$$

În această expresie momentul efectiv $M_e'(\omega)$ este obținut în corespundere cu debitul combustibilului la regimul normal unde se determină:

$$M_e'(\omega) = a + b \cdot \omega + c \cdot \omega^2 \quad (4)$$

$a; b; c$ – constante;

ω - viteza unghiulară a arborelui cotit;

M_e^d - valoarea momentului efectiv în regim instabil;

Celelalte însemnări sunt constante și valori ce țin cont de regulatorul de viteză.

Este cunoscut că indicele de bază a regulatorului sunt gradul de sensibilitate și gradul de neuniformitate. Cercetările efectuate la motoarele cu ardere prin comprimare (MAC) cu gradul de sensibilitate $\delta_r=0,06...0,07$ în regim instabil s-a constatat că, parametrii efectivi de lucru, puterea și consumul specific sunt mai avansați la valoarea $\delta_r=0,07...0,10$, care pot fi socotiți optimați. Și aceasta pentru cazul alimentării MAC cu petrol hidrocarbur de origine naftenă, ce corespunde coeficientului de rezervă a momentului $\mu=0,05..0,10$, valorile maxime revin fumegeției limite a motorului. Reieșind din explicațiile profesorului N. Briling, puterea maximală se obține prin procesul arderii aproape completă cu coeficientul excesului de ardere $\lambda=1,04$, iar valoarea momentului se determină cu scăderea coeficientului de aer $\lambda = 1$, ajungînd $\lambda=0,88$, obținînd M_{\max} regimul de fumegeție limită și corespunde $\mu=0,10$. Aceste valori sunt reale pentru combustibilul hidrocarbur cu conținutul $C=0,85...0,87\%$, $H_2=0,12...0,13\%$ și $O_2=0,01\%$. Pentru carburanții alternativi ca produși din culturile vegetale conținutul molecular este diferit de cel petrolier. De exemplu carburantul din culturile oleaginoase are următoarea componență $C=0,55...0,65\%$, $H_2=0,10...0,15\%$ și $O_2=0,30...0,35\%$.

Efectuînd calculul termic la ardere, reieșind din valorile carburantului alternativ și știind că arderea este un proces de oxidare a compușilor combustibilului și cantitatea de oxigen necesară pentru arderea unui kg de combustibil petrolier (3) este:

$$O_2' = \frac{8}{3}C + 8H_2 - O_2 \text{ kg oxigen/ kg combustibil} \quad (5)$$

Socotind că oxigenul necesar la ardere revine din aer avînd conținutul masic 0,23

O_2 și $0,77 N_2$ atunci, cantitatea de aer în kg pentru arderea combustibilului se obține din expresia:

$$L_0 = \frac{1}{0.23} \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot C + 8 \cdot H_2 - O_2 \right) - \text{kg aer/kg combustibil.} \quad (6)$$

unde se capătă 14,4 kg aer/kg combustibil.

și pentru biocombustibil:

$$L_0 = \frac{1}{0.23} \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot C' + 8 \cdot H_2' - O_2' \right) = 10.27 - \text{kg aer/kg combustibil.} \quad (7)$$

unde C' , H_2' și O_2' -respectiv 0,58;0.12;și 0,30, structura masică a biocombustibilului (4).

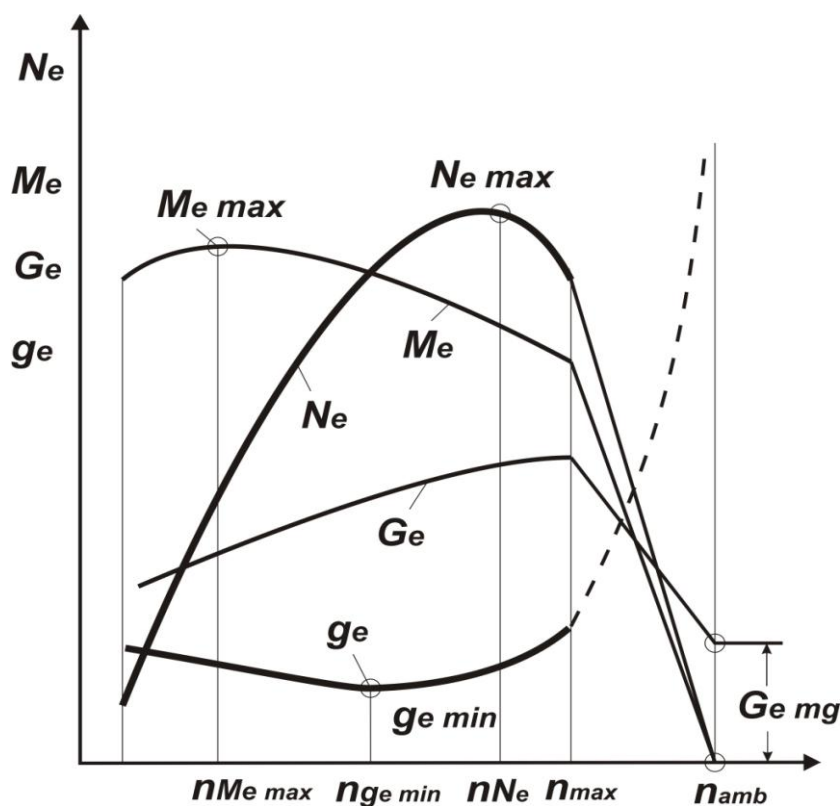


Fig.(1). Caracteristica de regulator al MAI.

Analizînd caracteristica de regulator fig.(1) în funcție de turația dinamică a indicilor de performanță a motorului cu aprindere prin comprimare (MAC) în mare măsură depind de valorile coeficientului de exces de aer λ , datorită faptului că la arderea completă a motorului este necesar masic 14,5 kg aer la un kg de motorină, iar pentru biocarburant 10,3 kg adică cu un exces de aer cu totul diferit de cel cunoscut.

Pentru MAI, fig.(2) turația minimă și nominală este limitată: n_{min} -turația la care este stabilită funcționarea în sarcină pe motiv de fumegeație limită, n_{nom} - se limitează aproximativ 10-15% după $\eta_m \cdot N_e$ din cauza micșorării lucrului mecanic și creșterii forțelor de inerție a mecanismului motor. Regimul de ambalare a motorului n_{amb} cînd lucrul mecanic produs se egalează cu zero $N_e = 0$ este inadmisibil în funcționare.

Pentru analiza variației curbei puterii efective cu turația (n) se folosește relația:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_e \cdot n}{60 \cdot \tau} \quad (8)$$

în care P_e - presiunea efectivă, MPa;

V_e - cilindrul totală a motorului, l;

n - turația, rot/min;

τ - numărul de timpi ai motorului. ($\tau=2$);

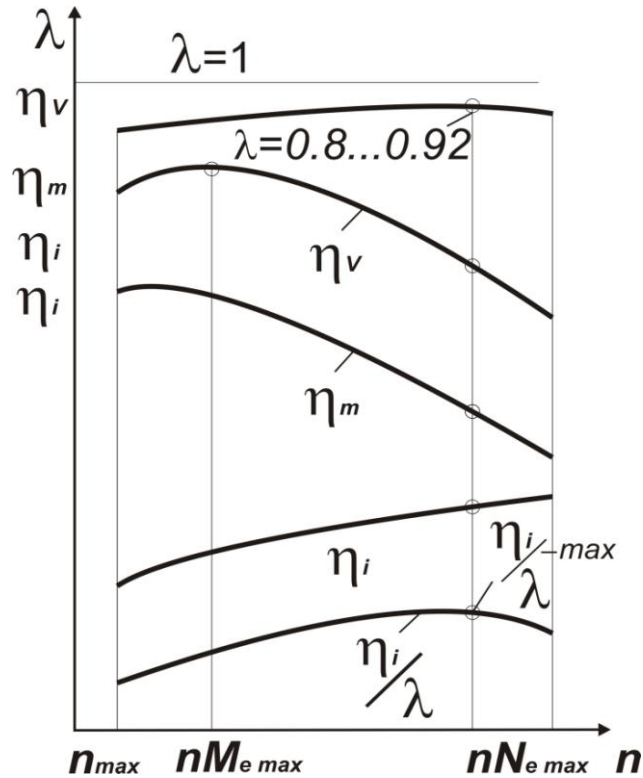


Fig.2. Variația parametrilor procesului de ardere față de turațiile arborelui cotit.

Variația presiunii medii P_e în funcție de turație poate fi exprimată prin intermediul factorilor de care depinde:

$$P_e = const \cdot \frac{\eta_i \cdot \eta_v \cdot \eta_m \cdot n}{\lambda} \quad (9)$$

Relația arată că puterea efectivă a motorului variază, iar influența simultană a factorilor $\left(\frac{\eta_i}{\lambda} \cdot \eta_v \cdot \eta_m\right)$ determină caracterul de variație a puterii efective. Pentru cazul când valoarea $\left(\frac{\eta_i}{\lambda} \cdot \eta_v \cdot \eta_m\right)$ este constantă, graficul puterii efective reprezintă o creștere proporțională în funcție de turație $P_e = f(const \cdot n)$. Dar, ținând cont că factorii $\left(\frac{\eta_i}{\lambda} \cdot \eta_v \cdot \eta_m\right)$ sunt mărimi variabile în funcție de turație, ei modifică presiunea medie efectivă și prin urmare modifică variația puterii efective. La mărirea turației gradul de umplere η_v inițial crește, trece printr-un maxim la regimul n_{Mmax} și apoi scade conform relației $\eta_v = 1 - a \cdot n^2$ întrucât cresc rezistențele gazodinamice la admisie. Variația randamentului mecanic η_m în funcție de turație se poate analiza prin relația:

$$\eta_m = 1 - \frac{P_m}{const \cdot \eta_v \cdot \frac{\eta_i}{\lambda}} \quad (10)$$

în dependență de variația pierderilor mecanice și expresiei $\left(\frac{\eta_i}{\lambda} \cdot \eta_v\right)$, puterea pierderilor mecanice se amplifică cu creșterea turației conform expresiei:

$$N_m = A + B \cdot n \quad (11)$$

iar η_m scade. Valoarea $\frac{\eta_i}{\lambda}$ este decisivă deoarece cu creșterea turației, η_i se mărește. Se micșorează pierderile termice deoarece se reduce timpul contact al gazelor cu pereții cilindrului și totodată crește valoarea lui λ de la 0,75 pînă la 1,00 la turația nominală.

Cu micșorarea lui η_v , la sporirea turației scade presiunea indicată P_i ceea ce duce la diminuarea lui η_m și deci la micșorarea puterii efective. Alura de variație a curbei cuplului motor M_e corespunde întocmai alurei curbei presiunii medii efective și poate fi analizată conform expresiei:

$$M_e = const \cdot \frac{N_e}{n} = const \cdot N_e \quad (12)$$

Valoarea maximă a lui N_e și corespunzător a lui M_e se obțin cînd produsul $(\eta_i/\lambda, \eta_v, \eta_m)$ atinge valoarea maximă. De obicei acest regim de funcționare coincide cu turația umplerii maxime a cilindrului, adică cu valoarea maximală a lui η_v și se numește *turația momentului maxim*. Valoarea turației n_m este un indice deosebit de important, deoarece domeniul cuprins între turațiile n_m și n_p reprezintă domeniul stabil de funcționare al motorului prin *coeficientul de adaptabilitate*, *coeficientul de elasticitate* *coeficientul de rezervă al momentului motor*.

Coeficientul de adaptabilitate reprezintă raportul dintre cuplul motor maxim și cuplul motor la regimul puterii maxime:

$$K = \frac{M_{e \max}}{M_{Ne \max}} \quad (13)$$

și caracterizează capacitatea motorului de a învinge rezistențele suplimentare care apar la suprasarcina autovehiculului. Cu cît valoarea lui K este mai mare, cu atît capacitatea motorului de a învinge rezistențele avansate ce apar este mai mare pentru MAC, $K=1,05 \dots 1,15$.

Un rol important în dinamica autovehiculului îi revine *coeficientului de elasticitate* care reprezintă raportul dintre turația momentului maxim și turația puterii maxime:

$$e = \frac{n_{M \max}}{n_{Ne \max}} \quad (14)$$

Și exprimă capacitatea motorului de a învinge temporar rezistențele care apar în partea rulantă a autovehiculului fără a interveni la schimbarea vitezelor. Cu cît “ e ” este mai mic, cu atît motorul este mai elastic. Pentru MAC $e=0,5 \dots 0,7$.

Reieșind din datele experimentale a motorului Diesel de tip D4C110x125 alimentat cu motorină și cu biocombustibil se constată valoarea coeficientului “ e ” ca indice de performanță unde este ilustrată în fig.(3),

care reprezintă dinamica puterii efective și momentul motor în variația turațiilor arborelui cotit. Deci motorul alimentat cu motorină $e=0,73$, iar cu biocombustibil $e'=0,63$. Deci motorul cu “e” mai mic este mai elastic cu 16 %.

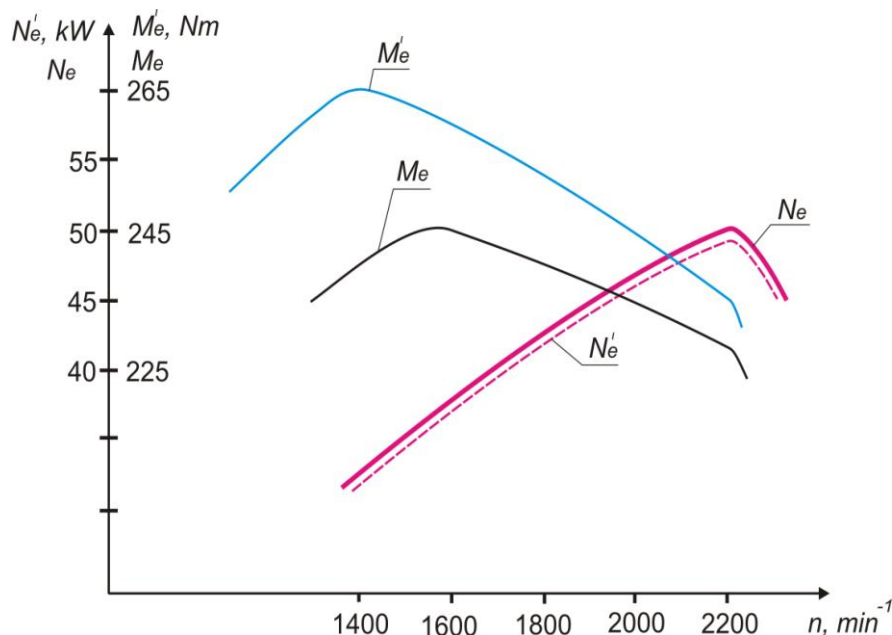


Fig.3. Variația momentului motor și puterii efective față de turațiile arborelui cotit alimentat cu motorină și biocarburant.

La fel coeficientul de rezervă a momentului motor se determină:

$$\mu = \frac{M_{\max} - M_{\text{nom}}}{M_{\text{nom}}} \cdot 100\% = \frac{245 - 230}{230} \cdot 100\% = 6.5\% \quad (15)$$

$$\mu' = \frac{265 - 235}{235} \cdot 100\% = 13.0\%$$

Respectiv $\mu'=13,0\%$.

Deci indicii de performanță a MAI e' , K' , și μ' la motorul alimentat cu biocombustibil sunt în semnificație mai avansată corespunzător cu 16%, 12% și 50 %.

În concluzie se poate de menționat că indicii de performanță a motorului pentru autovehicule alimentat cu combustibil alternativ- biocombustibil, datorită faptului că procesul de ardere este îmbogățit cu oxigenul din structura moleculară a acestuia sunt într-o poziție considerabil avansată și exprimă capacitatea motorului de a învinge temporar rezistențele care apar suplimentar (pantă, viraje și alte obstacole) la partea rulantă a autovehiculului fără a interveni la schimbarea treptelor de viteze. După datele profesorului N. Jdanovschi, creșterea indicilor de performanță (e , K , μ) cu 1% mărește productivitatea muncii în condiții de exploatare normală la fel cu 1%; Deci din datele obținute la experimentarea motorului cu biodiesel, teoretic s-ar putea avansa productivitatea muncii în trafic cu 15...20 %.

Implimentarea combustibililor alternativi în traficul transportului auto este un proces de lungă durată care necesită experimente fundamentale multilaterale în fiabilitatea de funcționare în perioada exploatării a autovehiculelor.

Bibliografie

1. D. Novorojdin, I. Hăbășescu, V. Cerempei. *Potențialul utilizării combustibililor de origine vegetală pentru transportul auto*. Inform. Șt., ITE. Nr. 6, Chișinău 2005. p. 26.
2. D. Baghirov. *Cercetările sistemelor de reglare a MAC în scopul îmbunătățirii parametrilor de exploatare a mașinilor rutiere*. Lucr. șt.VNII Stroidormaș. M.1993.
3. V. Boltinschi. *Teoria, construcția i rasciot tractornîh i avtomobilnih dvigatelei*. M. 1973, p. 437.
4. *Tehnologii și mijloace tehnice pentru agricultură*. Lucr. Șt., ICȘ MecAgro. Chișinău 2008, p. 326.