

METODICA ÎNCERCĂRII LA STAND A MOTORULUI PRIVIND TOXICITATEA EMISIILOR GAZELOR DE EȘAPAMENT

Vasile PLĂMĂDEALĂ, lector superior
Igor ROTARU, lector superior
Vladimir POROSEATCOVSCHII, d. ș. t.
Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: Motoarele automobilelor se caracterizează prin funcționarea lor la turații și sarcini variabile, din care cauză regimurile lor de viteză variază în limite largi. Turația minimă este limitată de cerințele funcționării stabile ale motorului, iar turația maximă – de calitatea procesului de umplere, creșterea forțelor de inerție, tensiunile termice ale pieselor, pierderile mecanice etc. Scopul acestei lucrări constă în determinarea caracteristicilor de calitate privind emisiile toxice de CO, CO₂, C_xH_y și NO_x la diferite regimuri de funcționare ale motorului.

Cuvinte cheie: încercarea motorului, caracteristica motorului, puterea motorului, toxicitatea gazelor de eșapament.

1. Prevederi generale.

Înainte de începerea încercărilor trebuie să se acorde o atenție deosebită măsurătorilor care urmează să se execute, locului de amplasare a aparatelor de măsură, pentru înlăturarea posibilelor erori nedorite. Pentru aceasta se are în vedere scopul încercărilor, proprietățile aparatelor de măsură și influența modului de amplasare a lor asupra preciziei măsurătorilor.

La încercările motoarelor trebuie să se respecte reglajele uzinei constructoare, indicate în fișa caracteristicilor tehnice ale motorului. De asemenea, trebuie să se verifice montarea corectă a echipamentului de alimentare și aprindere, cât și exactitatea reglajelor lor.

În timpul încercărilor, temperatura lichidului de răcire și uleiului din motor trebuie menținute în limitele prescrise de uzina constructoare. În lipsa acestor prescripții, temperatura lichidului la ieșirea din motor trebuie menținută în limitele 75 – 90 °C, iar a uleiului între 80 – 95 °C.

Înainte de începerea măsurărilor la fiecare regim ales, motorul trebuie să funcționeze timp de cel puțin un minut, după atingerea regimului respectiv pentru asigurarea unei funcționări stabile.

Prelucrarea datelor încercărilor se face chiar în timpul încercărilor, pentru a scoate în evidență eventualele indicații eronate ale aparatelor. Prelucrarea finală se face însă după sfârșirea încercărilor.

2. Indicații metodice pentru efectuarea încercărilor la stand.

La deplasarea în condițiile urbane a fluxului de transport, automobilul poate circula cu diferite regimuri de viteze. În condițiile urbane (de oraș) în calitate de aceste regimuri pot fi vitezele: $v_{a1} = 20 \text{ km/h}$; $v_{a2} = 30 \text{ km/h}$; $v_{a3} = 40 \text{ km/h}$; $v_{a4} = 50 \text{ km/h}$. Aceste regimuri pot fi executate de un automobil solitar la diferite trepte ale cutiei de viteze cu consum diferit de combustibil. Puterea utilizată de motor se poate determina din caracteristica de putere a motorului (fig. 1).

Puterea utilizată de motor la fiecare treaptă a cutiei de viteze se determină cu relația:

$$P_{ei} = \frac{P_{ti}}{\eta_{tr}}, kW \cdot h \quad (1)$$

unde: η_{tr} – randamentul transmisiei automobilului;

P_{ti} – puterea de tracțiune, adusă la roțile conducătoare la deplasarea automobilului cu diferite trepte ale cutiei de viteze, $kW \cdot h$.

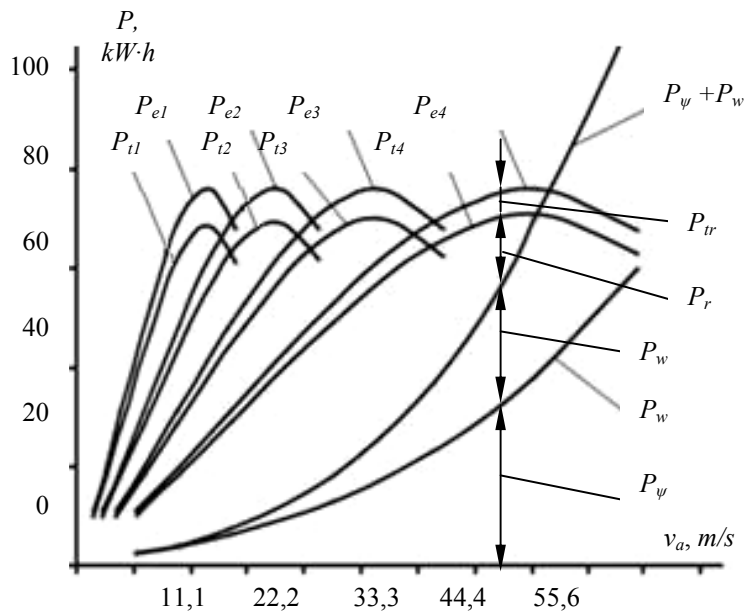


Fig. 1 Caracteristica de putere a motorului

P_e – puterea efectivă a motorului; P_t – puterea de tracțiune, adusă la roțile conducătoare; P_{tr} – puterea, consumată pentru învingerea forțelor de frecare în transmisia automobilului; P_r – rezerva puterii, ce poate fi utilizată pentru învingerea rezistenței sporite a drumului sau accelerarea automobilului; P_w – puterea, consumată pentru învingerea rezistenței aerului; P_ψ – puterea, consumată pentru învingerea rezistenței rutiere.

Deoarece $P_{ti} = F_{ti} \cdot v_{ai}$, iar în încercări se presupune menținerea vitezei constante, se poate scri:

$$v_{ai} = \frac{P_{ti}}{F_{ti}} = \frac{P_{t1}}{F_{t1}} = \frac{P_{t2}}{F_{t2}} = \dots = \frac{P_{tn}}{F_{tn}}, m/s \quad (2)$$

unde: F_{ti} – forța de tracțiune, adusă la roțile conducătoare la deplasarea automobilului cu diferite trepte ale cutiei de viteze, N .

Pe de altă parte:

$$v_{ai} = \frac{\omega_{ei} \cdot r_m}{u_o \cdot u_{cx}} = \frac{\omega_{e1} \cdot r_m}{u_o \cdot u_{c1}} = \frac{\omega_{e2} \cdot r_m}{u_o \cdot u_{c2}} = \dots = \frac{\omega_{en} \cdot r_m}{u_o \cdot u_{cn}}, m/s \quad (3)$$

Din relația (3) urmează:

$$\omega_{ei} = \frac{u_{cx}}{u_{cx-1}} \cdot \omega_{ei-1} = \frac{u_{c2}}{u_{c1}} \cdot \omega_{e1} = \frac{u_{c3}}{u_{c2}} \cdot \omega_{e21} = \dots = \frac{u_{cn}}{u_{cn-1}} \cdot \omega_{en-1}, s^{-1} \quad (4)$$

Relația (4) permite stabilirea turațiilor arborelui cotit al motorului la trecerea de la o treaptă la alta la unul și același procent de utilizare a puterii motorului.

Utilizarea puterii motorului la diverse regimuri de viteză se poate determina cu relația:

$$u = \frac{P_{ei}}{P_{eib}} \cdot 100, \% \quad (5)$$

unde: P_{ei} – puterea efectivă a motorului la regimul vitezei unghiulare ω_i la sarcini parțiale, $kW \cdot h$;

P_{eib} – puterea efectivă a motorului la regimul vitezei unghiulare ω_i la sarcini totale, $kW \cdot h$.

Luând în considerare, că la trecerea de la caracteristica parțială de turații la cea exterioară, legătura analitică dintre unghiul de deschidere a clapetei de accelerație și puterea efectivă se determină:

$$P_{ei} = u \cdot P_{eib}, kW \cdot h \quad (6)$$

Grafic relația dintre coeficientul de utilizare a puterii efective și puterea efectivă se prezintă în *fig. 2*.

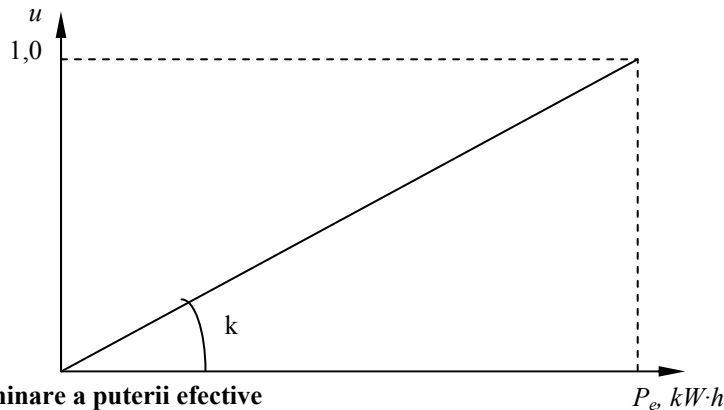


Fig. 2 Graficul de determinare a puterii efective
k – coeficient de corecție, care se determină experimental.

Parametrul *u* este proporțional unghiului de deschidere a clapetei de accelerație:

$$u = \alpha \cdot k \quad (7)$$

unde: α – unghiul de deschidere a clapetei de accelerație, *grade*.

Deoarece unghiul de rotire a clapetei de accelerație depinde de deplasarea tijei pedalei de accelerație, se poate stabili legătura între deplasarea tijei *l* și unghiul de deschidere a clapetei de accelerație α (*fig. 3*):

$$l = \alpha \cdot r, mm \quad (8)$$

unde: *r* – raza pârghiei de acționare a clapetei de accelerație, *mm*.

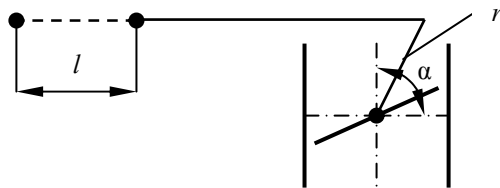


Fig. 3 Relația dintre unghiul de deschidere a clapetei de accelerație și deplasarea tijei pedalei de accelerație

Luând în considerație relația (8) se capătă:

$$u = \frac{l}{r} \cdot k \quad (9)$$

Utilizând relația (9), se poate determina puterea motorului, ce corespunde regimului stabilit de sarcină în dependență de treapta cutiei de viteze, la care se deplasează automobilul în fluxul de transport:

$$P_{ei} = \frac{l}{r} \cdot k \cdot P_{eib}, kW \cdot h \quad (10)$$

Utilizând valorile deplasării tijei *l*, la încercări rațional este de a deschide clapeta de accelerație în limitele $\alpha_1 = 25\%$; $\alpha_2 = 50\%$; $\alpha_3 = 75\%$; $\alpha_4 = 100\%$.

Pentru regimurile indicate:

$$P_{ei} = P_{st} = M_r \cdot \omega_{st}, kW \cdot h \quad (11)$$

unde: P_{st} – puterea de frînare a standului, adusă la motorul în funcțiune, *kW·h*;

M_r – momentul de rotație, dezvoltat de standul de frînare, *N·m*;

ω_{st} – viteza unghiulară a arborelui de antrenare a standului, *s⁻¹*.

La încercarea motorului pe standul de frînare este necesar de primit rezultatele și de construit caracteristica exterioară de turații a motorului, precum și caracteristicile parțiale de turații, ce corespund unghiului de deschidere a clapetei de accelerație α .

Pentru determinarea caracteristicilor cantitative a emisiilor toxice, încercările sunt necesare de executat cu măsurarea consumului de combustibil în kg sau l și de construit caracteristica de economicitate a motorului. Parametrul principal a economicității de combustibil a motorului este consumul specific de combustibil:

$$g_e = 1000 \cdot \frac{G_h}{P_e}, g/kW \cdot h \quad (12)$$

unde: G_h – consumul orar de combustibil, kg .

Graficul caracteristicii exterioare de turații se prezintă în *fig. 4*.

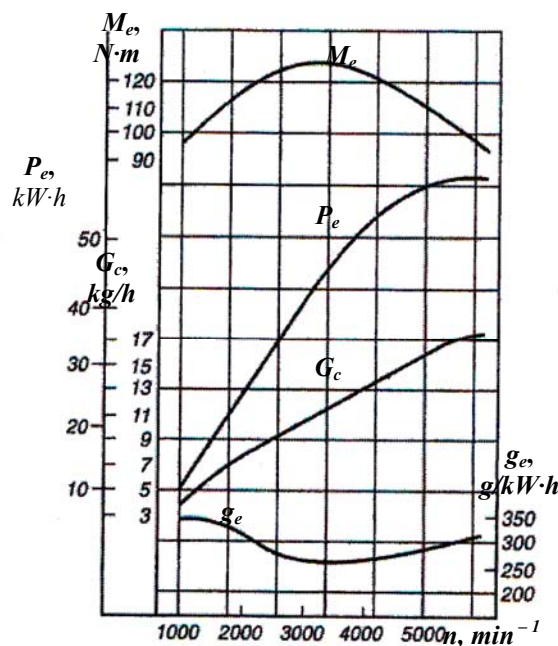


Fig. 4 Caracteristica exterioară de turații

Deoarece scopul real al încercărilor constă în determinarea caracteristicilor de calitate a emisiilor toxice, rațional este ca la regimurile stabilite de determinat următorii parametri:

1. Consumul orar de combustibil G_h în kg/h . În baza acestor încercări trebuie să se stabilească următoarele legități prezentate în *fig. 5*.

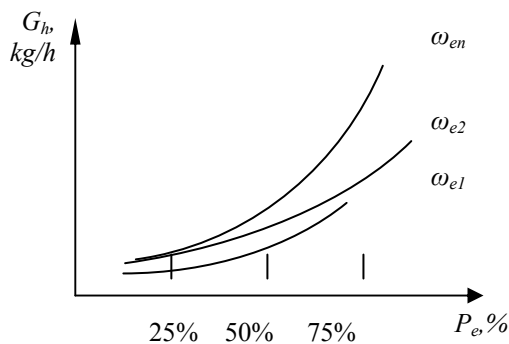


Fig. 5 Dependenta consumului orar de combustibil de eficiența utilizării puterii

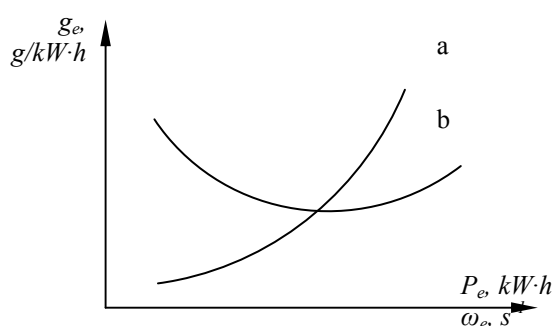


Fig. 6 Dependenta consumului specific de combustibil de: a – gradul de utilizare a puterii; b – viteza unghiulară a arborelui cotit

2. Consumul specific de combustibil la diverse regimuri de sarcină (fig. 6). El trebuie să se determine pentru două cazuri:

- la viteză unghiulară constantă în dependență de gradul de utilizare a puterii (*fig. 6, a*);

- la putere constantă în dependență de turațiile arborelui cotit (fig. 6, b).

3. Caracteristicile de reglare a motorului după compoziția amestecului carburant (fig. 7).

La efectuarea încercărilor menționate se înregistrează următorii parametri:

1. Momentul de rotație a motorului $M_e, N\cdot m$;
2. Turațiile arborelui cotit $n_e, \text{rot}/\text{min}$;
3. Consumul masic și volumetric de combustibil $G_c, \text{g}/\text{kW}\cdot\text{h}$;
4. Consumul volumetric de aer $G_a, \text{m}^3/\text{h}$;
5. Presiunea atmosferică p_o, MPa ;
6. Emisiile de gaze toxice: $\text{CO}, \text{CO}_2, \text{C}_x\text{H}_y$ și $\text{NO}_x, \%$.

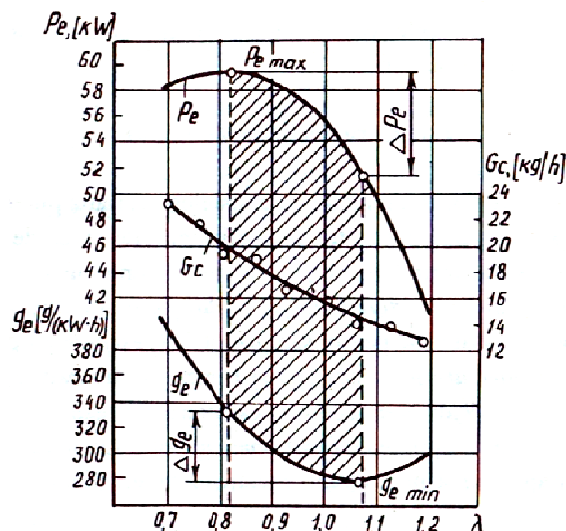


Fig. 7 Caracteristica de reglaj a motorului în funcție de compoziția amestecului

3. Metodica efectuării încercărilor la stand.

Încercările motorului la stand include următoarele etape:

1. Calculul parametrilor încercărilor ($u, \%, \omega_e, u_c$) conform tab. 1.

Tabelul 1. Calculul parametrilor încercărilor

$u, \%$	$v_a, \text{km}/\text{h}$				u_c	ω_e, S^{-1}			
	20	30	40	50		ω_{e1}	ω_{e2}	...	ω_{en}
25									
50									
75									
100									

2. Calibrarea aparatajului de încercare.
 - calibrarea debitmetrului volumetric de combustibil;
 - calibrarea gazoanalizatorului;
 - calibrarea tahometrului.
3. Încercarea motorului la stand. Ele includ următoarele etape:
 - 3.1 Ridicarea caracteristicii exterioare de turații și caracteristicilor parțiale de turații ale motorului, ce corespund procentului de utilizare a puterii de 25, 50, 75 și 100%.
 - 3.2 Ridicarea caracteristicilor de reglare ale motorului (G_c, g_e în dependență de α și $\% P_e$).

Remarcă: La efectuarea încercărilor la stand concomitent la toate etapele se determină parametrii emisiilor toxice $\text{CO}, \text{CO}_2, \text{C}_x\text{H}_y$ și NO_x . Fiecare punct de control pe graficele încercărilor reprezintă o valoare medie după rezultatele a minimum trei încercări repetate.

4. Prelucrarea rezultatelor încercărilor.

După rezultatele încercărilor se construiesc graficele:

1. Graficul caracteristicii parțiale de turații a motorului.
2. Graficul caracteristicii exterioare de turații a motorului automobilului – laborator.

În baza metodelor de asemănare se determină coeficienții de similitudine a acestor motoare conform următorilor parametri:

- după momentul de rotație:

$$K_{SM} = \frac{M_e}{M_{ea}} \text{ sau } M_e = K_{SM} \cdot M_{ea} \quad (13)$$

- după putere:

$$K_{SP} = \frac{P_{e\max}}{P_{e\max a}} \text{ sau } P_{e\max} = K_{SP} \cdot M_{e\max a} \quad (14)$$

- după turații:

$$K_{S\omega} = \frac{\omega_{ep}}{\omega_{epa}} \text{ sau } \omega_{ep} = K_{S\omega} \cdot \omega_{epa} \quad (15)$$

- după consumul specific de combustibil:

$$K_{Sg} = \frac{g_{e\min}}{g_{e\min a}} \text{ sau } g_{e\min} = K_{Sg} \cdot g_{e\min a} \quad (16)$$

- după consumul orar de combustibil:

$$K_{SG} = \frac{G_h}{G_{ha}} \text{ sau } G_h = K_{SG} \cdot G_{ha} \quad (17)$$

3. Graficele dependenței emisiilor toxice.

3.1 Graficele dependenței nivelului de emisii toxice de procentul utilizării puterii efective a motorului la turație constantă a arborelui cotit $\omega_e = \text{const}$ se prezintă în *fig. 8*.

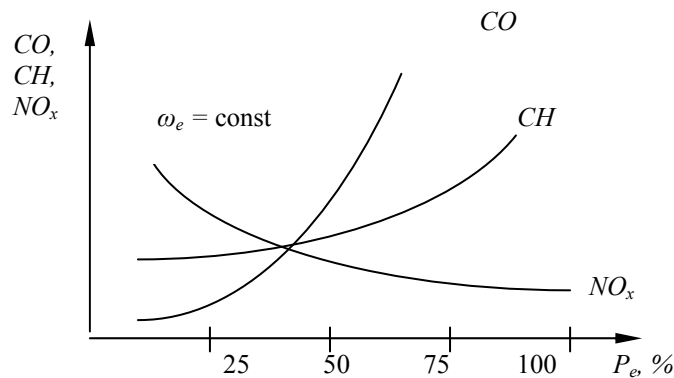


Fig. 8 Dependența nivelului de emisii toxice de procentul utilizării puterii efective

3.2 Graficele dependenței nivelului de toxicitate a gazelor de eșapament de frecvența rotației arborelui cotit al motorului la diverse valori constante a procentajului utilizării puterii efective se prezintă în *fig. 9*.

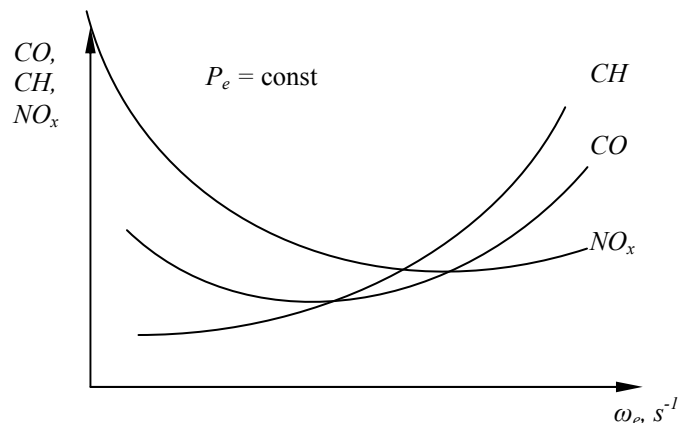


Fig. 9 Dependența nivelului de toxicitate a gazelor de eșapament de frecvența rotației arborelui cotit al motorului la diverse valori constante a procentajului utilizării puterii efective

3.3 Graficele dependenței nivelului de emisii toxice de coeficientul de exces de aer se prezintă în *fig. 10*.

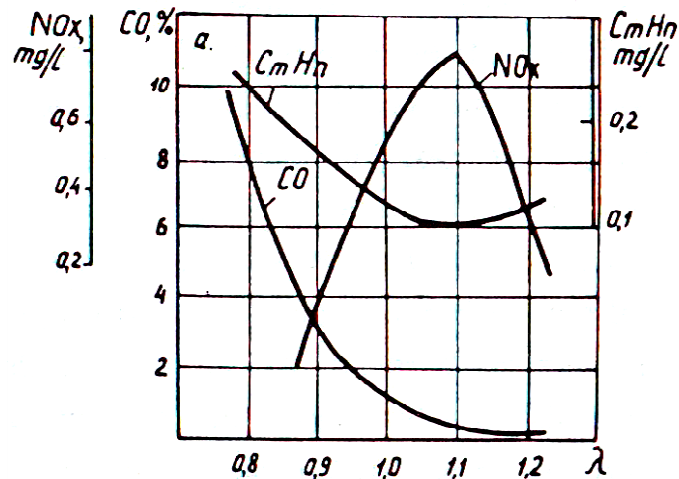


Fig. 10 Dependența nivelului de emisii toxice de coeficientul de exces de aer

3.4 Graficele regimului de viteze ale automobilului se prezintă în *fig. 11*.

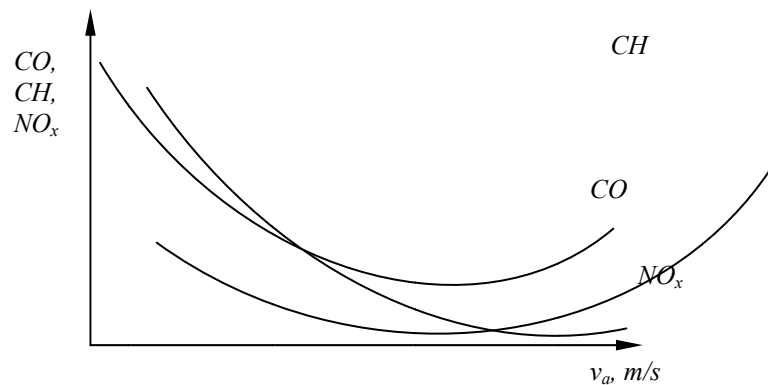


Fig. 11 Dependența nivelului de emisii toxice de viteza de deplasare a automobilului.

Concluzie:

1. Aplicînd metoda de asemănare, este posibil ca rezultatele încercărilor la stand ale unui automobil de trecut la altul, determinînd coeficienții de asemănare.
2. Există sectoarele de minimizare a emisiilor toxice după gradul de utilizare a puterii motorului și după turațiile arborelui cotit, a doua fiind mai mică decît prima.
3. Starea tehnică a motorului influențează asupra coeficientului de exces de aer și nivelului de emisii toxice.
4. Teoretic este stabilit și experimental demonstrat, că există un diapazon a vitezelor medii a fluxului de transport, în care nivelul de emisii toxice ale motorului este minim.

Bibliografie

1. V. B. Țîmbalin și alții., *Ispîtanie avtomobilei*, M.:Mașinostroenie, 1978. – 199 s.
2. G. V. Cramarenco, V. A. Cernenco, *Vlianie tehnicescogo sostoiania avtomobilea i cacestva obslujivanja na zagreaznenie ocrujajuscei sredî*, Moscva, 1980. – 60 s.