

ELABORAREA, CONFEȚIONAREA ȘI TESTAREA NEUTRALIZATORULUI DE GAZE DE EȘAPAMENT DIN BLOCURI MONOLITE ÎN BAZĂ DE CERAMICĂ DE TIP FAGURE

Alexandru CRĂCIUN, Vladimir ENE, Gheorghe DUCA*

Universitatea de Stat din Moldova

**Universitatea Tehnică a Moldovei*

The work is dedicated to the identification of solutions for reduction of discharge into the atmosphere of harmful substances contained in exhaust gases from cars by means of application of neutralization in monolith blocks of cell ceramics. The works of this type have been carried out in Republic of Moldova for the first time.

Introducere

Rolul de bază în poluarea atmosferei revine emisiilor provenite din transportul auto. În Republica Moldova, cota emisiilor nocive în atmosferă de la transportul auto constituie 88%, iar restul revine industriei și energiei. În legătură cu aceasta, diminuarea emisiilor nocive evacuate de motoarele automobilelor devine o problemă actuală.

În acest scop sunt utilizate diferite instalații și procedee, dar cele mai răspândite sunt neutralizatoarele gazelor de eșapament de diferite tipuri [1].

Construcția neutralizatorului cu blocurile monolite din ceramică de tip fagure

Neutralizatoarele cu blocuri monolite în bază de ceramică de tip fagure (Fig.1) sunt instalate la automobilele produse în diverse țări. Practic toate automobilele firmelor germane Opel, BMW, Mercedes Benz utilizează o astfel de schemă.

Gazele de eșapament, prin racordul țevii de intrare (Fig.1 (1)) se localizează în partea stângă a neutralizatorului, în care este amplasat blocul monolit (2), executat din ceramică de tip fagure, prin care sunt trecute gazele de eșapament și mai departe sunt admise în blocul din ceramică de tip fagure (8). Inițial, pe suprafața fagurilor se depune un strat de suport cu suprafață mare, apoi se depune un strat de catalizatori. Gazele care obturează prin aceste canale (Fig.2), fiind în contact cu suprafețele acoperite cu straturi active, sunt epurate de compușii toxici.

Blocurile din ceramică de tip fagure, atât în partea stângă a neutralizatorului, cât și în partea dreaptă a lui, sunt fixate de metalul carcasei cu ajutorul unei lipituri adezive (3). Părțile stânga și dreapta, cu garnitura (4) amplasată între ele, sunt legate una de alta prin piulițe (5), șuruburi (6) și șaibe (7). Traversând blocul din ceramică de tip fagure (8), gazele de eșapament epurate părăsesc partea dreaptă a neutralizatorului prin racordul țevii de ieșire (9) și nimeresc în aerul atmosferic.

Din cauza unor probleme de ordin tehnologic, lungimea blocurilor din ceramică este limitată la 120-150 mm; anume din această cauză în epuratoarele de gaze pot fi inserate unul după altul sau în linie câteva blocuri ceramice.

Blocurile ceramice sunt preparate din alumosilicat de magneziu, grupa 500, subgrupa 512, după o tehnologie specială conform standardului GOST 20419-83 având următoarele caracteristici: densitatea aparentă $\leq 1,8 \text{ g/cm}^3$; porozitatea aparentă – nu mai puțin de 40%; rezistența la încovoiere nu mai puțin de 15 MPa; rezistența la șoc (lovire) nu mai puțin de $0,8 \text{ kJ/m}^2$; coeficientul de dilatare termică $(3 \dots 5) \cdot 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$ la temperaturi de la 20 până la 100°C; căldura masică medie 750-900 J/kg·K la temperaturi de 20-100°C; conductivitatea termică 1-1,5 W/m·K; rezistența la șocuri termice nu mai puțin de $\Delta t = 250\text{°C}$; rezistența specifică volumetrică până la temperaturi de 200°C nu mai puțin de 10^9 . Experimentarea blocurilor a fost efectuată în conformitate cu GOST 24409-80.

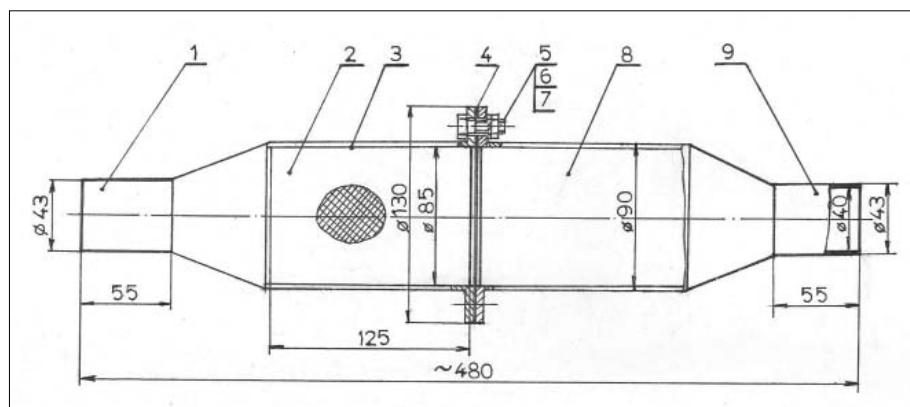


Fig.1. Neutralizator cu blocuri monolite din ceramică de tip fagure:
1 – racord de intrare;
2 – bloc din ceramică de tip fagure;
3 – lipitură adezivă;
4 – garnitură; 5 – piuliță;
6 – șurub; 7 – șaibă;
8 – bloc din ceramică de tip fagure;
9 – racord de ieșire.

Compoziția chimică a ceramicii de tip fagure este următoarea, % masică: SiO_2 – 55,54; Al_2O_3 – 33,42; Fe_2O_3 – 2,04; TiO_2 – 0,99; CaO – 0,74; MgO – 7,04; K_2O – 0,08; Na_2O – 0,15%; în total – 100,0%.

Compoziția mineralogică, % masică: cordierită – 51,30; mulită – 21,56; cristabolită – 23,09; sticlă – 4,05; în total – 100,0%

În Republica Moldova acest tip de ceramică se produce la uzina „Electrofarfor” din Tighina (Republica Moldova).

Depunerea de straturi catalitice pe ceramică de tip fagure

Deoarece suportul ceramic de tip fagure, obținut la temperaturi înalte, posedă o suprafață specifică mică, înainte de a-l acoperi cu componenți activi este necesar de a-i mări suprafața.

În special, se recurge la o acoperire dublă cu un alt suport, în care se introduce componentul activ. În calitate de suport dublu se folosește Al_2O_3 sau amestecul acestuia cu argilă ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 = 20:1$), oxizi, cum ar fi TiO_2 , SO_2 , ZrO_2 , MnO_2 , CaO , SrO , BaO , precum și cu unii oxizi mai speciali în bază de La, Ce, Rh, Sm. De asemenea, este posibilă și interacțiunea chimică a acestor oxizi cu Al_2O_3 , în rezultatul căreia se formează compuși stoechiometrici.

Progresul înregistrat în dezvoltarea neutralizatoarelor de acest tip se datorează obținerii unor purtători mai efectivi pe bază de ceramică de tip fagure. Numărul celulelor pe cm^2 a crescut de la 30 în anii '70 până la 130.

Grosimea pereților s-a micșorat de la 0,3 mm până la 0,05 mm. Acest fapt a permis obținerea unei suprafețe catalitice pe unitate de volum mai mare și, ca rezultat, asigurarea unei conversii mai efective; s-a mărit timpul de utilizare a catalizatorului; totodată, s-au micșorat pierderile de presiune, care condiționau consum suplimentar de combustibil pentru motorul cu ardere internă.

Pentru acoperirea celui de-al doilea strat, cel mai frecvent se utilizează suspensii de oxizi (20-40% particule solide) în solvenți acvatici sau organici inerti cu introducerea în calitate de liant a acizilor anorganici, bazelor organice (amine, NH_4OH) și anorganice, a compușilor organici în bază de siliciu (polisiloxan, aminopropilenmetoxilan). Pentru înclieirea Al_2O_3 pe suprafața cordieritului sau a altor purtători se utilizează trimetilfosfat sau compuși de azot, acoperiți înainte de Al_2O_3 . În locul oxidului de aluminiu, în calitate de al doilea suport poate fi utilizat bicromatul de cupru, amestecuri de oxizi, cum ar fi perovschitele ABO_3 , amestecurile de Al_2O_3 și $\beta\text{-MnO}_2$ (10-20% mas.) sau aluminatul de ceriu. Grosimea celui de-al doilea strat poate varia între 2 și, respectiv, 300 μm .

În calitate de purtător a fost aleasă ceramica tip fagure, produsă la uzina „Electrofarfor” din Tighina, cu pori de configurație pătratică, având dimensiunile 1×1 mm și distanța dintre pori de 0,2-0,3 mm. Lungimea blocului a fost adaptată la valoarea de 125 mm, iar diametrul la 85 mm (Fig.1).

Pentru obținerea purtătorului secundar, care formează o suprafață foarte mare și care este depus pe suprafața fagurilor blocurilor ceramice, se utilizează compoziția prezentată în Tabelul 1.

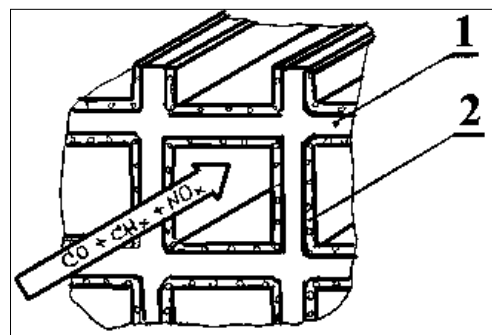


Fig.2. Fragmentul blocului de ceramică de tip fagure: 1 – blocul propriu-zis; 2 – stratul catalitic.

Tabelul 1

Compoziția chimică și cantitățile componentilor soluției

Compoziția	Unități de măsură	Cantitatea
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \times 9\text{H}_2\text{O}$	g	10
$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \times 7\text{H}_2\text{O}$	g	30
$\text{CuCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$	g	30
$\text{FeCl}_3 \times 9\text{H}_2\text{O}$	g	10
H_2O	ml	600

Tehnologia de depunere a catalizatorilor constă în scufundarea suportului ceramic într-o baie cu soluție.

Tratamentul aplicat suporturilor ceramice include următoarele proceduri:

- introducerea suportului în baia cu soluție timp de 5 minute;
- scoaterea din baie și uscarea la temperatura mediului ambiant;
- introducerea suportului într-un cuptor și încălzirea acestuia până la 700°C ;
- scoaterea din cuptor și reintroducerea în baia cu soluție, procedurile de mai sus repetându-se de trei ori;
- introducerea suportului în baie cu PdCl_2 ;
- uscarea la temperatura mediului ambiant;

- introducerea în cuptor și încălzirea până la 700°C;
- scoaterea din cuptor și repetarea ultimelor trei operații încă o dată.

Metodologia de testare a neutralizatorului pe stand

Testarea neutralizatorului a fost efectuată pe standul de încercare a motoarelor din cadrul laboratorului Catedrei Transport Auto (UTM).

Metodologia testării prevede utilizarea motorului cu carburator model VAZ 21011, cu obținerea următoarelor caracteristici: mersul în gol (Fig.3), caracteristica de sarcină (Fig.4) și de viteză (Fig.5) cu măsurarea compușilor poluanți din gazele de eșapament (CO , C_nH_m), prin intermediul analizorului de gaze ABTOTECT-01.03M. Încercările s-au efectuat la funcționarea motorului cu atenuator de gaze obișnuit (VAZ) și în prezența catalizatorului propus.

Metodologia de testării corespunde celei descrise în [2], dar cu următoarea excepție: motorul nu era pregătit special pentru testări – se presupune că testările vor corespunde testărilor motorului obișnuit, aflat în exploatare. Motorul având o resursă de funcționare de 2000 ore, ceea ce corespunde cu 60000 km de parcurs. Metodologia descrisă în prezenta lucrare diferă de cea prezentată în [2] prin faptul că în timpul testărilor neutralizatorului în calitate de combustibil a fost folosită benzina A92, în schimbul A95(premium).

Obținerea caracteristicii de sarcină se efectuează la turație constantă a arborelui cotit, egală cu 3000 rot/min. La această turație a fost stabilit că puterea (sarcina) la arborele cotit este egală cu: 5,45; 14,67; 18,85; 24,3; 28,5 și 30 c.p.

Obținerea caracteristicii de viteză s-a efectuat la sarcina (puterea) constantă asupra arborelui cotit al motorului egală cu $0,6 P_{\text{nom}}$ (P_{nom} – putere nominală) (Fig.5).

Discutarea rezultatelor obținute

La testarea motoarelor ce funcționează pe bază de benzină s-a ținut cont de normele privind conținutul substanțelor poluante în gazele de eșapament (Tab.2).

Tabelul 2

Concentrația limită admisibilă a substanțelor toxice în GE (ГОСТ 17.2.2.03-8)

Regimul și turația arborelui cotit, rot/min	Oxid de carbon, % de vol.	Hidrocarburi (partea volumetrică, $\text{mln}^{-1}(\text{ppm})$) pentru motoarele cu numărul de cilindri	
		până la patru	mai mult de patru
Motoare fără neutralizatoare catalitice			
n_{min}	3,5	1200	3000
n_{max}	2,0	600	1000
Motoare înzestrate cu neutralizatoare catalitice			
n_{min}	1,0	400	600
n_{max}	0,7	200	300

Notă: $n_{\text{max}} = 0,8 n_{\text{nom}}$. Pentru motorul VAZ 21011 $n_{\text{nom}} = 5600$ rot/min.

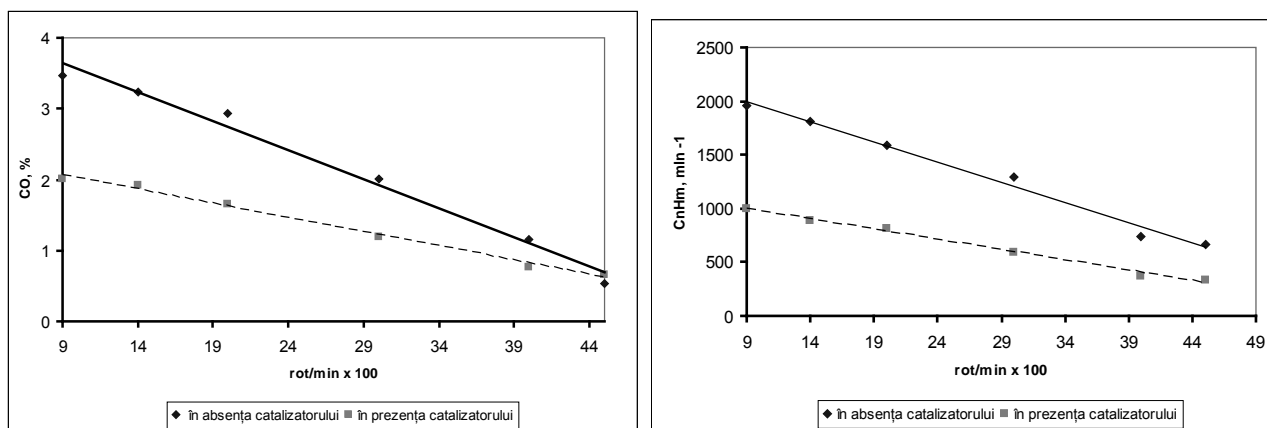
Standardul ГОСТ 17.2.2.03-8 (Tab.2) prevede verificarea motorului pentru două regimuri ale mersului în gol: la turația n_{min} și n_{max} . Pentru motorul cercetat aceste valori sunt 900 rot/min și 4500 rot/min. În afară de aceasta, au fost măsurate concentrațiile CO și C_nH_m pentru valori ale turațiilor intermediare (Fig.3).

Regimul mersului în gol pentru motor este caracterizat prin cantități de emisii de substanțe nocive cele mai mari, ceea ce prezintă un impact negativ sporit în condițiile traficului urban, căruia îi este caracteristic opriri frecvente. Din această cauză, testarea motoarelor se efectuează la *regimul mersului în gol*.

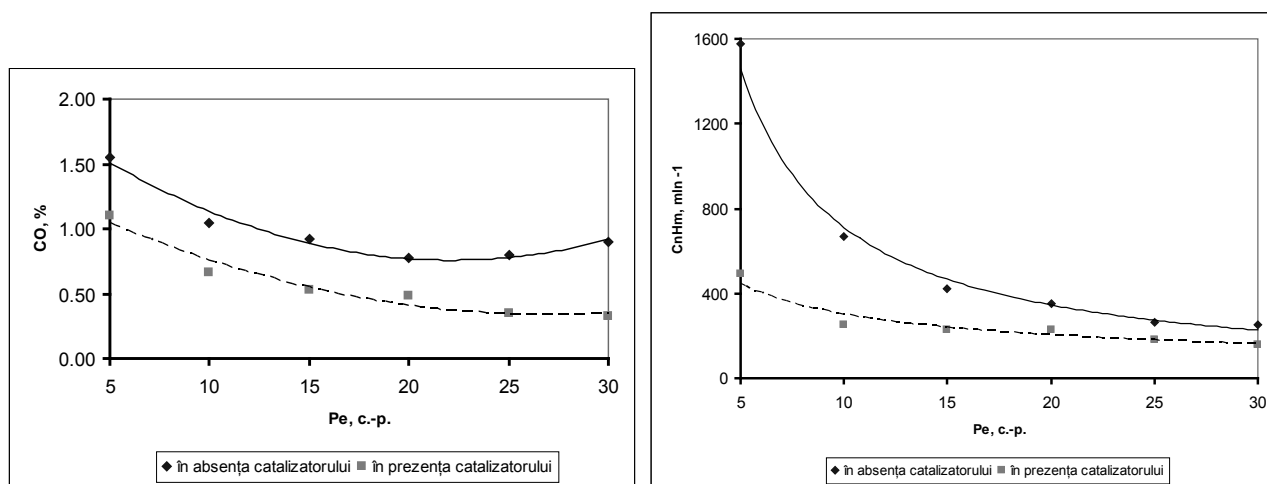
Utilizarea neutralizatorului propus de noi a permis diminuarea conținutului de CO de 1,8 ori (2,0% față de 3,6%) la 900 rot/min și de 1,28 ori (1,28% față de 1,0%) la 4500 rot/min, dar, totuși, nu s-a reușit a atinge valorile prevăzute de ГОСТ (1,0 și 0,7 %).

Pentru aceleași regimuri emisiile de hidrocarburi s-au redus de 2 ori (1000 ppm față de 2000) pentru 900 rot/min și de 1,6 ori (425 ppm față de 260) pentru 4500 rot/min. ГОСТ-ul prevede, respectiv, 400 și 200 ppm.

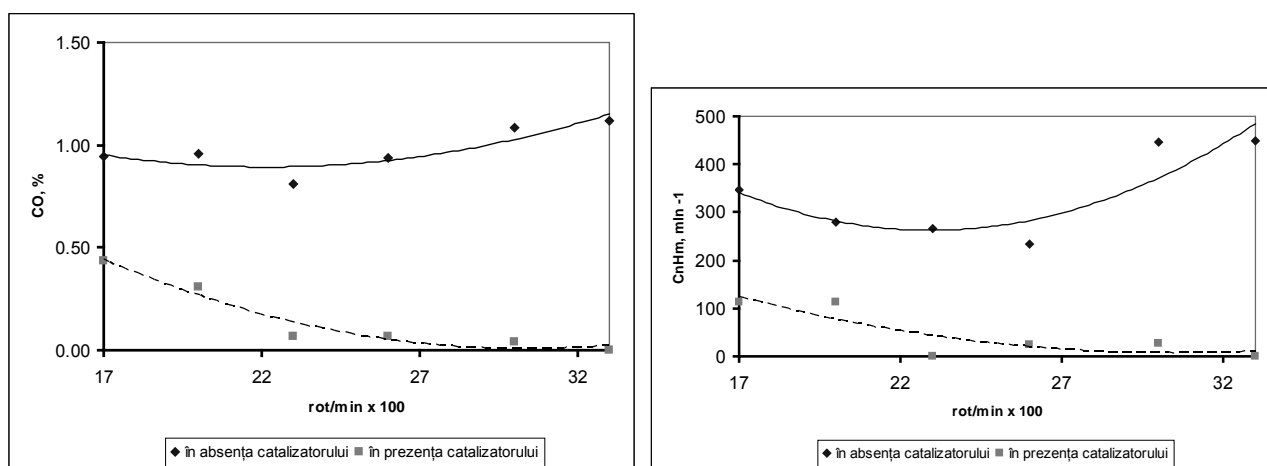
Reiese că, în scopul obținerii unei suprafețe catalitice mai mari, trebuie efectuate testări suplimentare pentru a putea optimiza tehnologia de depunere a purtătorului secundar și a straturilor catalitice.



a) **Fig.3.** Concentrația emisiilor poluante în gazele de eșapament de la motor în regim de mers în gol, n = 900 rot/min: a) – curba CO; b) – curba C_nH_m.



a) **Fig.4.** Concentrația emisiilor poluante în gazele de eșapament de la motor la caracteristica de sarcină: a) – curba CO; b) – curba C_nH_m.



a) **Fig.5.** Concentrația emisiilor poluante în gazele de eșapament de la motor la caracteristica de viteză: a) – curba CO; b) – curba C_nH_m.

Odată cu creșterea sarcinii la arborele cotit al motorului se produce diminuarea concentrațiilor substanțelor toxice în gazele de eșapament, atât de CO, cât și de C_nH_m (Fig.4).

Rezultatele obținute la înregistrarea caracteristicii de viteză (la sarcina constantă egală cu $0,6 P_{nom}$ (42 c.p.)) demonstrează o eficacitate înaltă a neutralizatorului propus: concentrația CO (Fig.5) în domeniul de valori ale rotațiilor de până la 2300 rot/min este mai joasă decât valoarea limită admisibilă, iar începând cu turația 2300 rot/min, și mai mult, este egală cu zero. Pentru hidrocarburi concentrația lor, la fel, începând cu 2300 rot/min, și mai mult, este egală cu zero, iar până la 2000 rot/min, și puțin mai mare decât această valoare, depășește limita admisibilă.

Concluzii

1. Rezultatele testărilor neutralizatorului privind diminuarea emisiilor nocive la mersul în gol trebuie considerate ca satisfăcătoare, ținându-se cont de faptul că, în scopul obținerii unei suprafețe catalitice mai mari, tehnologia de depunere a purtătorului secundar și a stratului catalitic trebuie optimizată.

2. Testarea motorului cu înregistrarea caracteristicilor de sarcină și de viteză ale motorului au indicat rezultate bune și au confirmat veridicitatea soluțiilor tehnice selectate.

3. La testarea următorului neutralizator se recomandă de a amplasa neutralizatorul mai aproape de colecto-
rul gazelor de eșapament în scopul asigurării unui regim de temperatură mai bun pentru desfășurarea reacțiilor de oxidare a substanțelor toxice.

4. În vederea măririi durabilității termenului de serviciu al straturilor catalitice ale neutralizatorului este rațional de a folosi catalizatori omogeni, care sunt prezenți în conținutul benzinei, ceea ce micșorează considerabil acțiunea poluanților asupra straturilor catalitice [2].

5. Este necesar de a continua cercetările, ținându-se cont de perspectivele acestei direcții de cercetare.

Referințe:

1. Duca Gh., Craciun Al., Sajin T., Gaba A., Păunescu L. Tehnologii moderne de ardere și de reducere a emisiilor poluante în atmosferă. – Chișinău: CE USM, 2002, p.5-33.
2. Craciun Al., Duca Gh., Ene Vl. Determinarea influenței catalizatorului omogen asupra reducerii conținutului de emisii poluante în atmosferă ale motoarelor cu ardere internă // Studia Universitatis. – 2009. – Nr.1(21). – P.124-130.

Prezentat la 22.06.2009