

## CERCETĂRI CU PRIVIRE LA UTILIZAREA OZONULUI ÎN MOTOARELE CU ARDERE INTERNĂ ÎN SCOPUL REDUCERII EMISIILOR NOCIVE

*Alexandru CRĂCIUN, Vladimir ENE\*, Vasile PLĂMĂDEALĂ\*, Ilie BEIU\**

*Universitatea de Stat din Moldova*

*\*Universitatea Tehnică a Moldovei*

The research results on the influence of ozone on the process of air-gasoline combustion in the internal combustion engines are presented in this paper. It has been found that the participation of ozone in the combustion process of such a mixture leads to a significant decrease of the dangerous pollutants emissions in the atmosphere.

### Introducere

Motorul cu ardere internă (MAI) este un generator ecologic de energie mecanică doar în cazul funcționării lui în regim de putere maximă (nominală), când se respectă cu strictețe raportul stoechiometric între cantitățile de aer și combustibil la formarea amestecului aer-combustibil.

Oxidantul principal în cazul arderii amestecurilor aer-combustibil în MAI este oxigenul, care se conține în aer, dar, după cum se cunoaște, în compoziția aerului conținutul lui este de doar 20,94% la presiunea atmosferică la nivelul mării de 101,325 kPa și la temperatura de 15°C. Partea azotului în aer constituie 78,08%. Azotul nu contribuie la o ardere eficientă a benzinei, dar este o sursă de formare a oxizilor de azot nocivi atât pentru om, cât și pentru mediul ambiant.

Pentru diminuarea emisiilor nocive (CO și C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) este necesar de a spori eficiența (plenitudinea) arderii amestecului aer-benzină în motorul cu benzină și a amestecului aer-motorină în motorul Diesel, ceea ce se poate realiza prin menținerea coeficientului necesar de exces de aer sau prin sporirea conținutului de oxidanți efectivi în aerul alimentat în canalul de aspirație al MAI. Oxidanți eficienți sunt ozonul, hidrogenul atomic și oxigenul, peroxidul de hidrogen, radicalii HO<sub>2</sub> și hidroxil OH.

Ozonul poate spori substanțial plenitudinea arderii amestecului aer-benzină, ceea ce duce la o diminuare a cantităților de emisii nocive, cum ar fi CO și C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, NO<sub>x</sub>, contribuind esențial la diminuarea cantităților de emisii nocive ce revin conversiei în neutralizatorul catalitic, sporind durata de exploatare a acestuia și reducând cantitățile de emisii nocive în atmosferă. Plus la aceasta, o parte din ozonul format poate fi introdus în conducta cu gaze de eșapament după neutralizatorul catalitic, iar cantitatea de emisii nocive se va reduce și mai mult.

### Partea experimentală

Există două metode de obținere a ozonului în aer: prin iradiere cu raze ultraviolete (RUV) și prin acțiunea asupra aerului a tensiunilor înalte cu descărcare prin efect corona.

Una dintre variantele de utilizare a ozonului în procesul de ardere a amestecului aer-benzină cu utilizarea RUV este propusă în [1].

Pentru obținerea ozonului în aer este nevoie de RUV cu lungimea de undă de circa 185 nm. În rezultatul acțiunii RUV cu o așa lungime de undă, în aer se formează ozon – molecula de oxigen triatomic. Instabilitatea ozonului condiționează utilizarea lui nemijlocit la locul obținerii.

Pentru evaluarea influenței ozonului asupra cantității de emisii nocive la arderea amestecului aer-benzină, am utilizat o sursă de RUV cu lungimea de undă de circa 185 nm, inclusă într-un volum, în care aerul a fost supus acțiunii RUV, a fost saturat cu ozon, după care a fost direcționat spre un carburator, în care s-a format amestecul aer-benzină cu arderea ulterioară a acestuia în camerele de ardere ale motorului.

Spre deosebire de [1], noi am instalat ozonizorul nu pe bransament, ci imediat după fetru aerian, pe canalul de aspirație al MAI.

Încercările au fost executate pe standul de încercări al MAI la Catedra Transport Auto a UTM.

Corpul ozonizorului (5) (Fig.1) a fost instalat pe flanșa (1) a contorului de aer intrat în MAI și fixat cu bolturile (4) cu piulițe (2). Suprafețele interioare ale pereților corpului ozonizorului, acoperișului (8) și fundul acestuia au fost acoperite cu staniol în scopul asigurării puterii de reflexie a suprafețelor pentru RUV și concentrării lor în volumul corpului ozonizorului.

Pentru a exclude întreruperile în fluxul de aer intrat în canalul de aspirație al MAI, suprafața sumară a două orificii dreptunghiulare (6) ale corpului ozonizorului a fost egală cu suprafața unui orificiu cu diametrul de 125 mm (Fig.1).

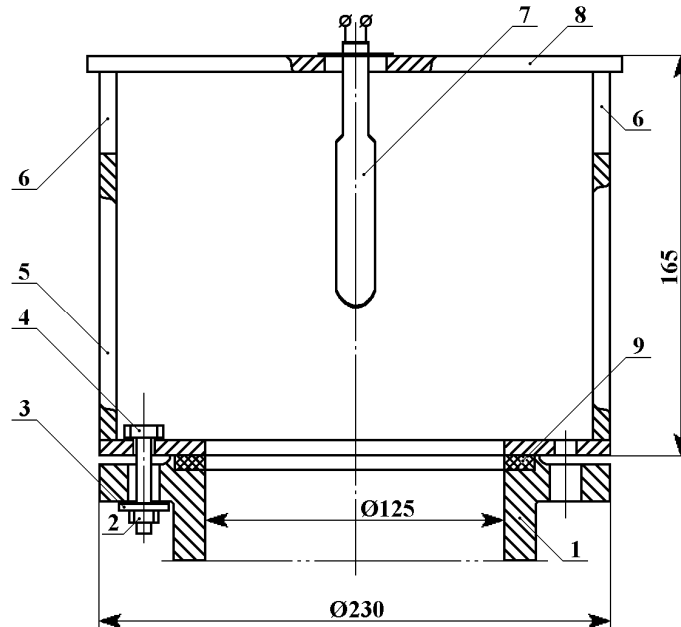


Fig.1. Corpul ozonizorului.

1 – flanșa contorului de aer, intrat în canal de aspirație al MAI; 2 – piuliță; 3 – șaibă; 4 – bolt; 5 – corpul ozonizorului; 6 – ferestre pentru intrarea fluxului de aer; 7 – balonul interior al lămpii cu luminescență și cu vapori de mercur sub înaltă presiune; 8 – acoperiș; 9 – garnitură.

În calitate de sursă de RUV noi am utilizat balonul interior (7) al lămpii luminescente cu arc electric în vapori de mercur cu puterea 160 Watt, care emite RUV și este alimentată de un aparat cu regulator de pornire.

Metodologia încercărilor a fost analogică cu cea descrisă în [2] și prevedea utilizarea motorului cu carburator model VAZ 21011 cu obținerea următoarelor caracteristici: mersul în gol (Fig.2), caracteristica de sarcină (Fig.3), dat fiind că în MAI cea mai mare parte a emisiilor nocive se formează la funcționare în gol, accelerare și frânare (situații caracteristice pentru ciclul urban), cu determinarea compușilor poluanți din gazele de eșapament ( $\text{CO}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$ ) prin intermediul analizorului de gaze ABTOTECT-01.03M.

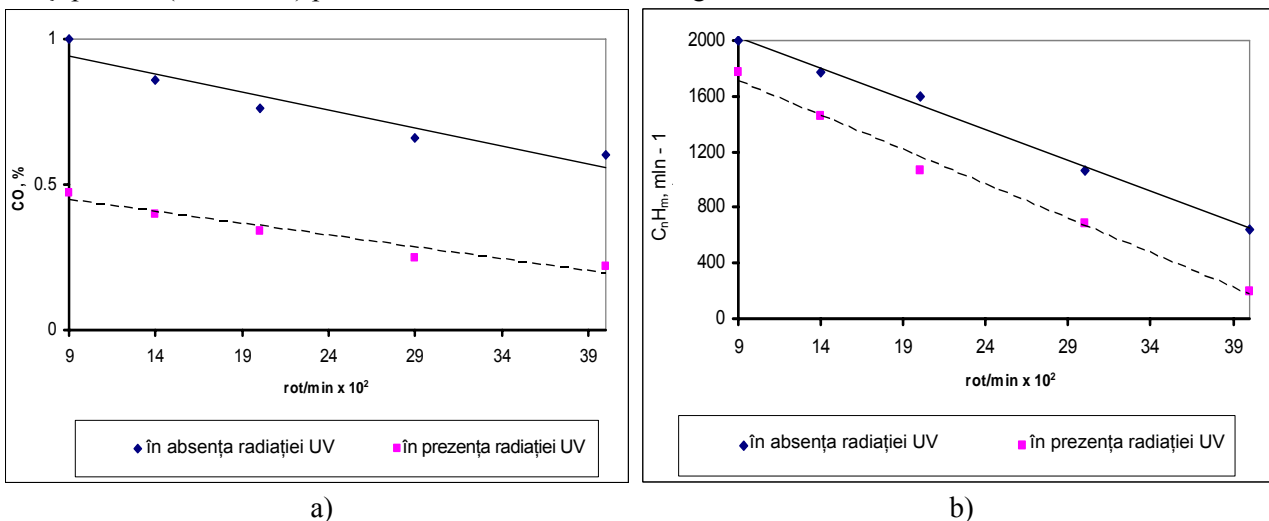


Fig.2. Concentrația emisiilor poluante în gazele de eșapament ale motorului în regim de mers în gol: a)  $\text{CO}$ ; b)  $\text{C}_n\text{H}_m$ .

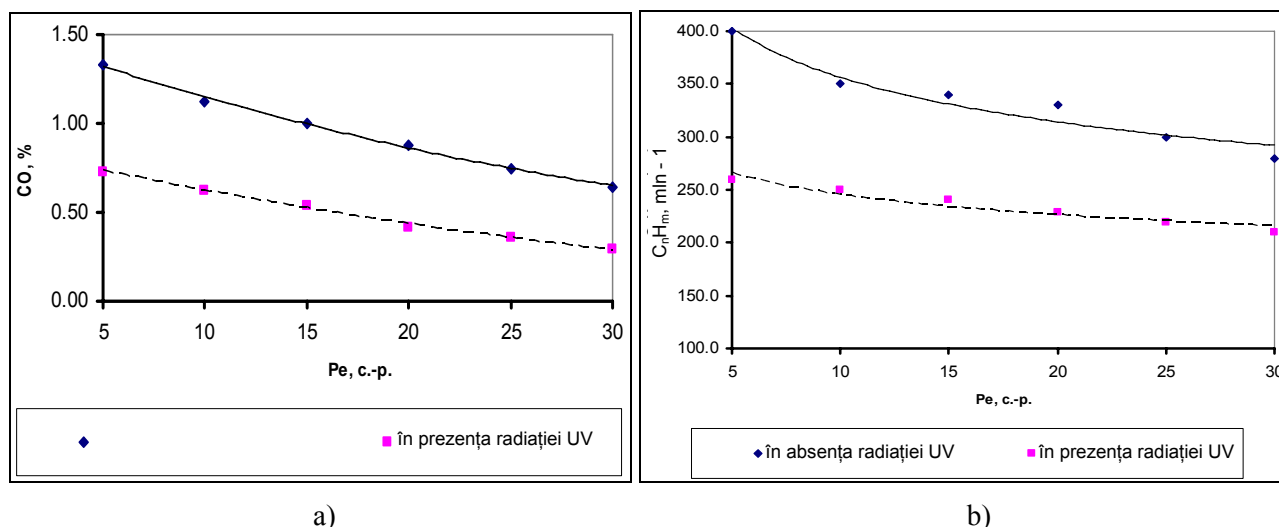
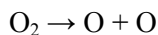


Fig.3. Concentrația emisiilor poluante în gazele de eșapament ale motorului la caracteristica de sarcină a) CO; b) C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>.

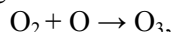
În procesul de determinare a caracteristicilor mersului în gol s-a stabilit că conținutul emisiilor nocive s-a redus la iradiere cu RUV: pentru CO în medie cu 50%, iar pentru C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> în medie cu 39%, în comparație cu aerul neiradiat, care intră în carburator.

Rezultatele obținute în procesul de citire a caracteristicii de sarcină arată că cantitatea de emisii nocive scade: pentru CO în medie cu 47%, iar pentru C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> în medie cu 30% în cazul iradierii aerului.

Sub acțiunea RUV cu lungimea de undă de circa 285 nm are loc scindarea moleculei de oxigen:



Atomii de oxigen nu pot exista separat și tind să se grupeze din nou. În rezultatul regrupării lor se formează molecula de ozon O<sub>3</sub> – molecula de oxigen triatomar:



iar o parte de oxigen atomic, care nu s-a grupat cu oxigenul molecular, intră în canalul de aspirație al MAI. Oxigenul atomic la fel este un oxidant puternic.

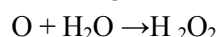
Ozonul este un oxidant de mare putere, mult mai reactiv decât oxigenul biatomic. Potențialul electrochimic (redox) al ozonului (2,7 V) îl depășește pe cel al peroxidului de hidrogen (1,78 V) și pe cel al oxigenului (1,23 V).

Prin urmare, procesul de ardere a carburanților hidrocarbonați cu participarea ozonului și oxigenului atomic decurge mult mai eficient, asigurând o plenitudine de ardere a amestecului aer-carburant mai mare și o distrucție a CO și C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> până la compuși inofensivi.

O creștere esențială a eficienței procesului de ardere în MAI poate fi realizată prin introducerea în fluxul de aer intrat în canalul de aspirație al motorului a radicalilor hidroxil (OH), pentru a căror obținere este nevoie de un dispozitiv suplimentar – un generator (în loc de ionizor, dar având și funcția de generare a ozonului) de OH, H, HO<sub>2</sub>, O, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ceea ce complică considerabil construcția automobilului.

În rezultatul acțiunii RUV (cu lungimea de undă de circa 253,7 nm) asupra aerului (în generator) condiționat în așa mod, încât la un conținut destul de înalt de vapori de apă cu o saturare preliminară până la 100% să se creeze condiții de desfășurare paralelă a două reacții de alternativă de obținere a radicalilor OH: fotodisocierea directă a apei în OH și H prin intermediul fotonilor (185 nm), cealaltă reacție fiind obținerea în aceleași condiții a oxigenului atomic O și a ozonului, prezentată mai sus.

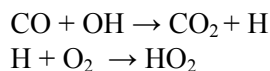
Dacă aerul intrat în ozonizor are un conținut suficient de vapori de apă, atunci oxigenul metastabil (O) se unește cu moleculele de apă formând peroxid de hidrogen:



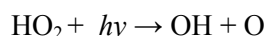
La RUV cu lungimea de undă 253,7 nm peroxidul de hidrogen fotodisociază cu formarea a doi radicali OH.

Prin urmare, complicând construcția ozonizorului (generatorului), se poate realiza injectarea în canalul de aspirație al MAI a ozonului, oxigenului atomic, peroxidului de hidrogen și a radicalilor hidroxil. În camere

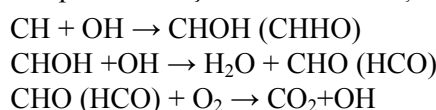
de ardere ale MAI peroxidul de hidrogen disociază la temperatură înaltă în radicali hidroxil, care continuă să existe în camera de ardere și în timpul procesului de ardere acționează asupra CO și CH, transformându-i ulterior în CO<sub>2</sub> și H<sub>2</sub>O conform reacțiilor:



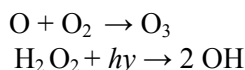
Mai departe procesul de disociere a hidroperoxidului în hidroxil poate avea loc prin adsorbția fotonului UV sau prin descompunere termică:



În cazul radicalilor CH reacția tipică se poate desfășura conform reacțiilor:



În dependență de felul radicalilor CH, reacțiile pot fi în serie ramificată cu formarea radicalilor liberi intermediari și a oxidanților O, H, HO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, care pot fi obținuți fie prin reacții directe, fie prin intermediul produselor altor reacții, cum ar fi:



sau

Particularitatea acestei metode constă în faptul că radicalii OH sunt generați pe parcursul reacțiilor, adică OH are acțiune de catalizator, iar reacția are loc într-o succesiune rapidă datorită naturii puternice a radicalilor liberi.

Dacă în gazele de eșapament s-ar introduce OH și alți radicali liberi, precum și oxidanți, cum ar fi O, H, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HO<sub>2</sub>, atunci, în prezența unei cantități suficiente de oxigen, ar avea loc o distrucție foarte eficientă a CO și CH la CO<sub>2</sub> și vapori de apă.

### Concluzii

1. Rezultatele obținute confirmă eficiența utilizării RUV în scopul ozonizării aerului pentru procesele de ardere în MAI, ceea ce duce la o reducere semnificativă a emisiilor nocive în atmosferă.
2. Reducerea cantității de emisii nocive până la neutralizatorul catalitic va spori într-o măsură considerabilă termenul de exploatare a acestuia.
3. Este necesar a efectua cercetări suplimentare în scopul determinării puterii maxime a sursei de RUV în dependență de cantitatea de aer consumată de MAI.

### Referințe:

1. Miller R.N., Caren R.P., Ekchian J.A. Method and apparatus for reducing pollutants. PatentUSA №5.806.305.
2. Caciun A., Duca Gh., Ene V. 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 25.05.2010