

PROPRIETĂȚILE FIZICO-CHIMICE ALE BIOETANOLULUI CARBURANT ȘI EFECTELE ASUPRA EFICIENȚEI MOTOARELOR CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE

Autor: Pavel Siliuc, doctorand, anul I
Conducător științific: dr., conf. univ. Manoli Ilie

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: Sunt descrise principalele proprietăți fizico – chimice și de exploatare ale bioetanolului carburant și ale amestecului bioetanol – benzină. Sunt analizate avantajele și dezavantajele utilizării amestecului dat la motoarele cu aprindere prin scânteie.

Cuvinte cheie: bioetanol, biocombustibili, motare cu aprindere prin scânteie, proprietăți fizico – chimice, exploatare

Orice combustibil trebuie să corespundă următoarelor cerințe esențiale: să asigure funcționarea fiabilă a motorului în diferite regimuri de lucru, să genereze o anumită putere calorică la ardere în cilindru și să nu formeze gaze toxice, să fie rezistent la detonație, să asigure pornirea ușoară a motorului la rece, să nu formeze depuneri carbunoase, să nu provoace coroziia pieselor cu care intră în contact, să fie cu proprietăți bune de transportare și depozitare și important – să fie econom. Diferiți carburanți pentru transport au diferite proprietăți fizico-chimice, și sunt de obicei în formă lichidă sau gazoasă (tab.1).

Tipurile principale de biocarburanți lichizi sunt bioetanolul și biodieselul. Bioetanolul este definit ca alcool etilic de proveniență naturală. Materiile prime utilizate la fabricarea etanolului sunt trestia și sfecla de zahăr, sorgul zaharat, unele fructe. O resursă mult mai importantă o reprezintă materiile prime amidonoase, respectiv porumbul, grâul, cartoful, maniocul. La acestea se adaugă materiile prime lignocelulozice (lemnul și alte materiale din plante fibroase). Însă cea mai importantă sursă de obținere a bioetanolului, din punct de vedere cantitativ, o reprezintă materiile prime lignocelulozice sub formă de deșeuri agricole (paie de cereale, deșeuri de trestie de zahăr, etc.) și deșeurile municipale.

Bioetanolul a fost utilizat de Henry Ford începând cu 1908 și până în anii 1930 a constituit principalul combustibil pentru automobil. Spre deosebire de biomotorină, acesta poate fi amestecat cu benzinele obișnuite până în procent anumit, fără a interveni cu modificări la motoare. Deasemenea, poate fi utilizat și indirect ca materie primă la fabricarea etil-tert-butil-eterului (ETBE) care poate fi amestecat cu benzină până la 15%. La etapa actuală bioetanolul acupă peste 80% din totalul de biocombustibili lichizi produși în lume [1], având o mare importanță în securizarea rezervelor viitoare de energie, în scăderea dependenței de țiței, în reducerea emisiilor de CO₂ și a impactului asupra mediului, cât și în dezvoltarea economiilor rurale.

Tabelul 1. Caracteristicile principale ale unor combustibili lichizi

Caracteristica Denumirea	Constituenți principali (% masă)	Densitatea (kg/m ³) la 15 °C	Intervale de distilare (°C)	Căldură latentă de vaporizare (kJ/litru)	Puterea calorică inferioară (MJ/litru)	Dozare stoichiometrică (kg/kg)	Cifra octanică, (COR+COM)/2	Limita de inflamabilitate (%)
Benzină	86 C, 14 H	730 - 760	25 - 200	380 - 500	44	14.6 - 14.8	85 - 96	1.0 – 8.0
Motorină	86C, 13H	815 - 855	180 - 360	250	43.3	14.5	-	0.6 – 5.5

Kerosen	87C, 13H	770 - 830	170 - 260	-	43.5	14.5	-	1.0 – 7.1
Benzol (C_6H_6)	92 C, 8 H	880	80	394	40.2	13.3	110.5	1.5 – 8.0
Toluen (C_7H_8)	91 C, 9 H	870	110	364	40.6	13.4	105.5	1.25 - 6.7
Etanol (C_2H_5OH)	52 C, 13 H, 35 O	790	78	900	26.8	9	96 - 113	3.95 – 13.65
Metanol (CH_3OH)	38 C, 12 H, 50 O	790	65	1100	19.7	6.4	104 - 117	6 – 34.7

Sursa: [2,3]

O caracteristică importantă a bioetanolului pentru motoarele cu aprindere prin scânteie (MAS) este cifra octanică ridicată. Cifra octanică este proprietatea combustibililor pentru MAS, care caracterizează rezistența la detonație a acestora. Bioetanolul carburant are o cifră octanică mai mare decât benzina, ceea ce permite creșterea rapoartelor de comprimare la valori între 11 și 14 unități, cu efect asupra scăderii consumului specific de combustibil și a creșterii puterii litrice [4].

În amestecurile de benzină cu bioetanol, cifra octanică variază neliniar cu concentrația volumică - la adăugarea cantității relativ mici de alcool rezultă creșterea disproporționat de mare a cifrei octanice a amestecului (fig.1). [5]

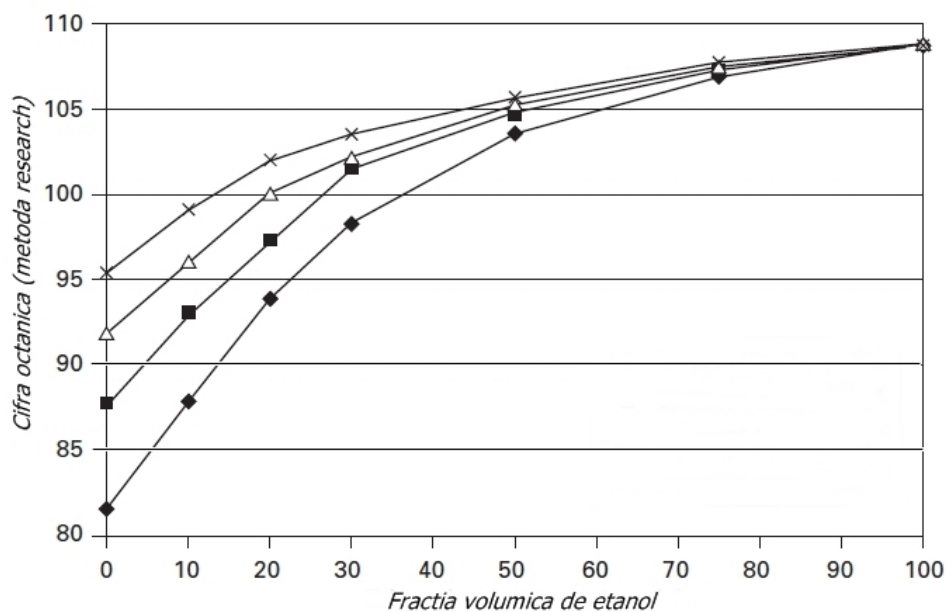


Fig. 1. Variația cifrei octanice în dependență de concentrația de etanol în amestec cu benzină

Însă în raport cu concentrația molară a etanolului în amestec cu benzina, cifra octanică variază aproape liniar. Anderson et.al.(2010) au determinat această variație pentru orice amestec de etanol și benzină, adăugând un parametru adăugator și, care se determină ca fracția de 50/50 amestec molar de benzină și etanol.

$$N_{RON} = (1 - x_e)N_{RONg} + x_e N_{RONe} + \xi x_e (1 - x_e) (N_{RONe} - N_{RONg}) \quad (1)$$

unde x_e și N_{RONe} sunt fracția molară și cifra octanică a etanolului, iar N_{RONg} – cifra octanică a benzinei.

Astfel, bioetanolul are masă moleculară mică comparativ cu benzina, și densitate similară, deaceea există o diferență considerabilă între concentrațiile definite în termeni de fracție volumică și fracție molară. Aceste diferențe în concentrație trebuie să fie luate în considerare și la evaluarea altor proprietăți ale amestecului.

Presiunea de vapori Reid (PVR) a bioetanolului (15.8 – 17.2 kPa) este mai mică, decât a benzinei (55 – 103,4 kPa) [6], însă presiunea de vapori a unui combustibil depinde de presiunea de vapori a fiecărui constituant al combustibilului și concentrația respectivului constituant în combustibil.

În fig.2 este reprezentată variația presiunii de vapori a etanolului, metanolului și isobutanolului în funcție de concentrația în amestec cu benzina de referință cu presiunea vaporilor de 65 kPa. Cât la etanol, atât și la metanol maximele presiunii de vapori sunt atinse la concentrațiile între 5% -10% volum, valoarea relativă crescând în raport cu benzina de bază de la 8kPa și 23kPa respectiv. Amestecul de compus oxigenat în benzină modifică în mod neuniform presiunea vaporilor amestecului de carburant obținut [5]. Deaceea presiunea vaporilor la amestecurile de benzina și compuși oxigenați trebuie să fie normată.

Directiva 2009/30/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 aprilie 2009, prevede posibilitatea unei derogări de la presiunea maximă a vaporilor permisă în perioada de vară pentru astfel de amestecuri .

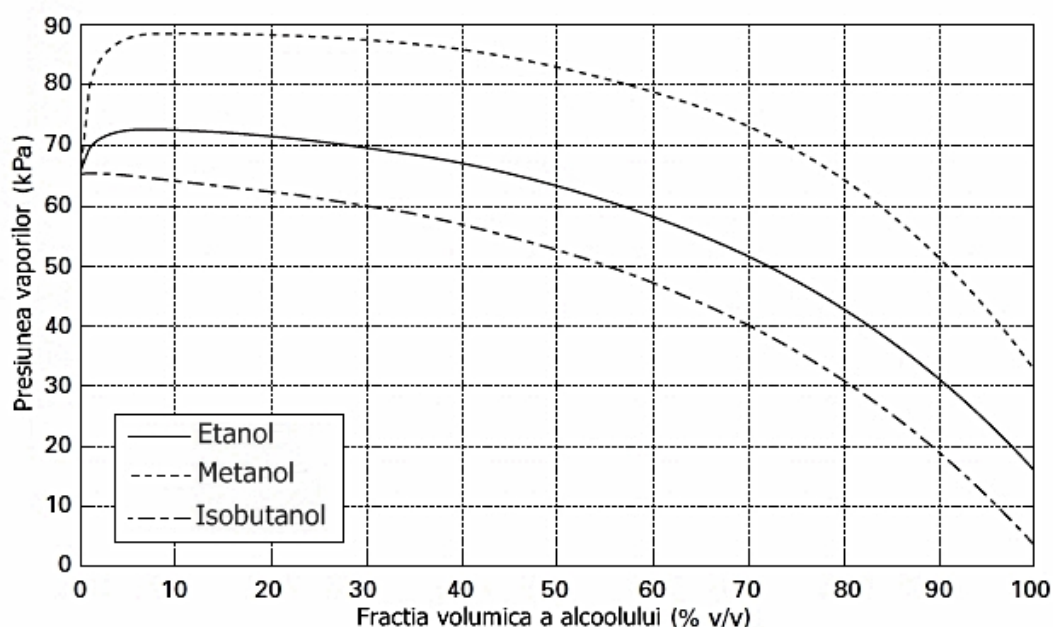


Fig. 2. Variația presiunii de vapori a amestecului în funcție de fracția volumică a alcoolului în amestec.

Din figura 2 se observă că isobutanolul în amestec cu benzina produce o scădere uniformă a presiunii de vapori odată cu creșterea concentrației în amestec, deaceea s-a propus să fie încercat amestecul de benzină isobutanol și etanol sau metanol cu scopul de a limita creșterea presiunii vaporilor în cazul în care este folosit amestecul cu concentrația joasă a bioetanolului [5]. Odată ce concentrația etanolului depășește 45%vol în amestec cu benzina – presiunea vaporilor începe să scadă brusc, ceea ce provoacă dificultăți la pornirea motoarelor la rece, dar dacă să luăm în considerație automobilele specializate flex-fuel – problema dată dispare.

Un alt parametru important care definește calitatea combustibilului este puterea calorică, care reprezintă numărul de unități de căldură degajate prin arderea completă a unei unități de masă de combustibil în condițiile prevăzute de standarde. Puterea calorică a unui combustibil determină în mod hotărâtor lucrul mecanic produs de motor și consumul specific. Puterea calorică depinde de compoziția chimică a combustibilului și în special de conținutul de H₂ și de C.

În cazul motoarelor cu ardere internă, gazele de ardere sunt evacuate la temperaturi ridicate, cu apa în stare de vapori. Din acest motiv, în calcule se folosește puterea calorică inferioară, care este mai mică decât cea superioară.

În figura 3 este reprezentată dependența densității energetice volumice a amestecului de benzină și etanol în funcție de concentrația alcoolului din amestec. Pentru concentrația de 10% volum de etanol în amestec de benzină, densitatea energetică se reduce cu 3.3% în comparație cu cea a benzinei, iar pentru concentrația de 85% vol. – cu 28% [5]. Ca urmare a scăderii densității energetice este creșterea aproape proporțională a consumului volumic de combustibil.

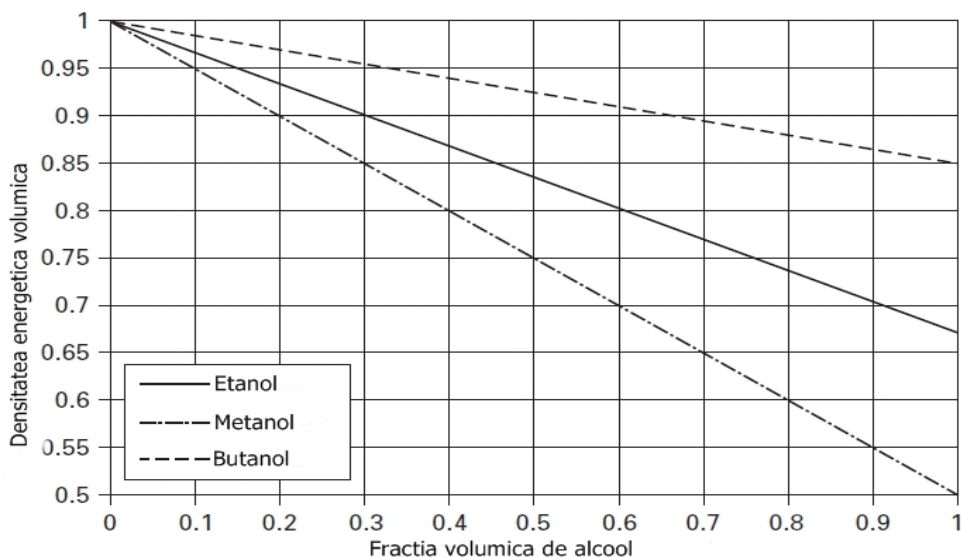


Fig.3. Dependența densității energetice volumice a amestecului de benzină și etanol în funcție de concentrația alcoolului din amestec.

În figura 4 este reprezentată variația raportului stoichiometric în funcție de concentrația volumică a etanolului în amestec. Din cauza diferenței mari dintre raporturile stoichiometrice a benzinei și a amestecului etanol - benzină, concentrația oxigenaților în combustibil se limitează.

Standardul European EN 228 - ” Carburanți pentru automobile ” limitează concentrația masică a oxigenaților în combustibil până la 2.7% - cea ce corespunde cu până la 7% volum de bioetanol în amestec. Creșterea nivelului de oxigen până la 3,7% specificate în Directiva pentru Calitatea Combustibilului (CE 2009) permite utilizarea amestecului E10.

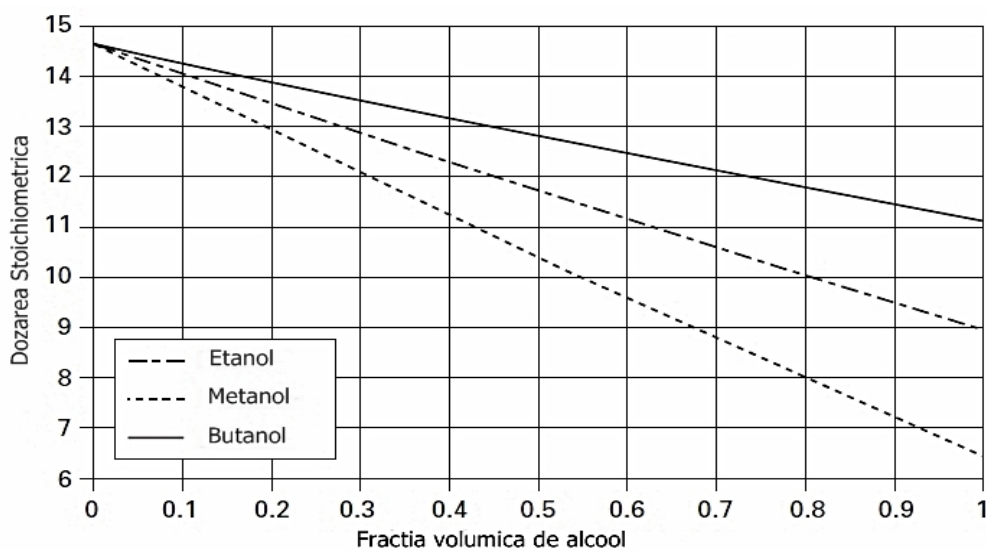


Fig.4. Variația raportului stoichiometric în funcție de concentrația volumică a etanolului în amestec.

Au fost efectuate experimente [4] în urma cărora s-a constatat că motoarele care lucrau pe bioetanol dezvoltau putere efectivă mai mare decât pe benzină cu putere calorică ridicată, ceea ce demonstrează că energia conținută în bioetanol este folosită mai util în procesul de ardere în motor decât cea a benzinei. Aceasta se explică prin faptul că arderea bioetanolului în cilindrii motorului este mai completă decât arderea benzinei. La arderea benzinei în cilindri rezultă numeroase produse ale arderii incomplete, astfel o parte a combustibilului nu este folosită, se formează depuneri carbunoase, se mărește concentrația gazelor cu efect de seră în gazele de eșapament – impacte care sunt excluse la arderea completă a bioetanolului.

O diferență semnificativă a bioetanolului carburant de benzină este căldura latentă de vaporizare ridicată. În dependență de compoziția chimică a benzinelor, căldura latentă a lor este de 70 – 80 (kkal/kg), iar pentru alcoolul etilic ajunge pînă la 206,4 (kkal/kg) la temperatura de 78°C. De aceea, la evaporare bioetanolul absoarbe o cantitate mare de căldură ceea ce cauzează o scădere esențială a temperaturii aerului în tubul de aspirare al motorului și apare necesitatea preîncălzirii aerului admis. Scăderea de temperatură la evaporarea totală a amestecului carburant teoretic pentru benzină este de la 18°C pînă la 20°C, pentru spiritul etilic de 98% temperatura scade cu 85°C, iar pentru cel de 95% - cu 98°C [4]. Pe de altă parte, căldura latentă de vaporizare ridicată a bioetanolului influențează pozitiv asupra motorului în ceea ce privește răcirea acestuia.

CONCLUZII

Analiza proprietăților fizico-chimice ale bioetanolului evidențiază o serie de diferențe considerabile față de carburanții lichizi de origine petrolieră.

Dintre diferențele principale care apar la utilizarea bioetanolului drept carburant în motoarele cu aprindere prin scânteie, se enumeră tendința de reducere a puterii efective la un debit constant de bioetanol, ca urmare a puterii calorice mai reduse a acestuia, comparativ cu benzina (la arderea bioetanolului, se degajă o cantitate de energie cu circa 60% mai mică decât în cazul arderii unei cantități echivalente de benzină). În schimb, prezența ridicată a oxigenului în structura moleculară a bioetanolului asigură, pe de altă parte, micșorarea necesarului de oxigen pentru ardere, astfel că în ansamblu, puterea calorică a amestecului combustibil-aer, raportată la volumul de amestec, este puțin modificată (etanolul necesită 61 % din aerul necesar arderii benzinei); prin urmare, se poate asigura menținerea neschimbată a puterii motorului cu o cilindree dată, prin mărirea corespunzătoare a debitului de carburant (pentru menținerea razei de acțiune a automobilului trebuie marită doar capacitatea rezervorului de carburant); de asemenea, prezența ridicată a oxigenului în bioetanol asigură o ardere mai completă în cilindrii motorului – ceea ce face ca energia conținută în el să fie folosită mai util în procesul arderii în comparație cu benzina și reduce semnificativ emisiile de gaze cu efect de seră.

Presiunea de vapori a bioetanolului este cu mult mai joasă decât a benzinei, ceea ce face imposibilă pornirea motorului. În acest caz există două soluții: schimbarea constructivă a sistemului de alimentare a automobilului sau folosirea amestecului bioetanol-benzină. Bioetanolul modifică în mod neuniform presiunea vaporilor amestecului carburant obținut. Maximele sunt atinse la concentrația de 10%vol, când presiunea vaporilor amestecului depășește cu cca. 8 kPa presiunea benzinei, ceea ce poate provoca formarea dopurilor de aer în sistemul de alimentare, însă nu influențează caracteristica de pornire a motorului la rece. Adăugarea isobutanolului în amestecul etanol-benzină cu concentrația etanolului pînă la 20%vol. normalizează presiunea vaporilor amestecului. Când concentrația bioetanolului depășește 40%vol în amestec – presiunea vaporilor începe să fie cu mult mai redusă decât a benzinei ceea ce joacă un rol negativ pentru proprietatea de pornire a motorului la rece, însă nu are nici o influență pentru vehiculele flex-fuel.

Bioetanolul carburant are o cifră octanică mai mare decât benzina ceea ce face ca proprietățile antidetonante ale combustibilului să crească și permite creșterea rapoartelor de comprimare la valori între 11 și 14 unități, cu efect asupra scăderii consumului specific de combustibil și a creșterii puterii litrice.

Un alt dezavantaj al bioetanolului este coroziunea pieselor metalice la contact direct cu acesta și cu compușii rezultați în urma arderii, ceea ce impune necesitatea schimbării constructive în sistemul de alimentare.

De evidențiat că cele mai multe mașini moderne nu au nici o problemă cu amestecurile de bioetanol până la 10%, dimpotrivă – folosirea bioetanolului pînă la 10%vol. mărește cifra octanică a amestecului, îmbunătățește arderea în cilindru, reducând astfel cantitatea principalelor emisii poluante ale MAI.

BIBLIOGRAFIE

1. M. K. Gajendra Babuk, K. A. Subramanian, ”*Alternative Transportation Fuels.Utilisation in Combustion Engines*”, CRC PressTaylor & Francis Group, New York, 2013.
2. Никольский Б.П., Григоров О.Н., Позин М.Е. “ *Справочник химика. Т.1-2* ”, Госхимиздат, 1963.
3. Giancarlo Ferrari.” *Motori a combustione interna* ”, Editura “Il Capitello”, Torino, 1996.
4. А. Ирисов.” *Спирт как моторное топливо*”,Editura “Книга по Требованию” ,2012.
5. Richard Folkson. “*Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance*”, Woodhead Publishing, Mar 2014.
6. Charles Wyman,” *Handbook on Bioethanol: Production and Utilization*”, CRC Press, July,1996.