

FRI-2.209-2-TMS-06

---

## PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ALCOHOLS, AS ALTERNATIVE FUELS FOR SI INTERNAL COMBUSTION ENGINES

---

### **Assoc. Prof. Kiril Hadjiev, PhD**

Department of Engines and Transport Engineering,  
“Angel Kanchev” University of Ruse  
Phone: 082-888 332  
E-mail: khadjiev@uni-ruse.bg

### **Assoc. Prof. Atanas Iliev, PhD**

Department of Engines and Transport Engineering,  
“Angel Kanchev” University of Ruse  
Phone: 082-888-272  
E-mail: ailiev@uni-ruse.bg

**Abstract:** *The paper reviews physicochemical properties of alcohols - methanol, ethanol, butanol and isopropanol, used as alternative fuels for SIICE. In this work are described their composition (C, H, O), stoichiometric air/fuel ratio, lower heating value, laminar burning velocities, octane numbers, viscosity, specific gravity and others. It is established with alcohol, improve mixture properties with gasoline.*

**Keywords:** *Methanol, Ethanol, Isopropanol, Lower heating value, Stoichiometric air/fuel ratio, Laminar burning velocities*

**JEL Codes:** *L10, L11*

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

За намаляване на зависимостта от петрол, избягване на петролна криза и минимални вредни въздействия върху околната среда, се осъществяват много проучвания на свойствата на различни алтернативни горива, както и на тяхната приложимост като горива за двигателите с вътрешно горене. Поради тази причина, са провеждат подробни изследвания по отношение на мощностните, икономическите и екологични показатели на автомобилните двигатели работещи с алтернативни горива. Алкохоли, втечен нефтен газ, биодизел и природен газ са алтернативни горива, които могат да бъдат използвани от двигателите с вътрешно горене. Ефективното използване на съществуващите енергийни ресурси е от голямо значение за намаляването на зависимостта от петрола и допринася за поддържането на екологично равновесие. За да бъдат предпочитани, алтернативните горива трябва да са евтини, да са произведени от местни източници, да не изискват промени в съществуващото горивно оборудване на превозните средства, без да влошават мощността на двигателя и да увеличават вредните емисии.

Алкохолите, използвани като алтернативно гориво в двигателите с принудително възпламеняване, са метанол, етанол, пропанол, бутанол и изопропанол. Възможно е да се изброят следните предимствата на алкохолите, като алтернативни горива:

- Алкохолите могат да заменят горивата от суров нефт;
- Страните без запаси от суров петрол могат да задоволят своите енергийни нужди без да зависят от петрола;
- Алкохолите имат високо октаново число, което увеличава устойчивостта срещу детонационно горене. В този случай мощността на двигателя може да бъде увеличена чрез увеличаване на степента на сгъстяване.

Целта на това изследване е да се анализират физикохимичните свойства на алкохолите и да се прецени приложимостта им като алтернативни горива за двигателите с принудително възпламеняване и евентуалните изменения на техните показатели.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Основните показатели на бензина и алкохолите са показани в Таблица 1.

Метанолът е намерил приложение като гориво на-вече в двигатели на състезателни автомобили. Октановото число на метанола е с 30% по високо от на бензина. Теоретически необходимо количество въздух за изгаряне на 1кг метанол е 6,4 кг въздух и е 2,4 пъти по-малко от това на бензина. Това означава, че ако един двигател е предназначен за работа на бензин, то за да премине към работа само на метанол, неговата горивна уредба трябва да се пренастрои да впръсква над два пъти повече гориво. По тази причина и разходът на гориво е по-висок. Въпреки по-ниската с 54% калоричност спрямо бензина, топлината на изгаряне на 1 кг горивовъздушна смес е по-висока -3,1 MJ/kg. възд срещу 2,9 на бензина. При обикновенните автомобили той може да се добавя в бензина в количество до 50%.

Таблица 1

Параметри	Бензин	Метанол	Етанол	Бутанол	Изопропанол
Химична формула	C <sub>8</sub> H <sub>15</sub>	CH <sub>3</sub> OH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH
Молекулна маса	111	32	46	74	96
Специфична енергия при изгаряне на 1кг горивовъздушна смес, MJ/kg. възд.	2,9	3,1	3,0	3,2	3,05
Топлина на изпарение, MJ/kg	0,36	1,2	0,92	0,43	0,741
Октаново число по изследователски метод;	91-99	136	129	96	112
по моторен метод	81-89	104	102	78	
Долна калоричност на изгаряне, MJ/kg	43,5	20,1	27,0	33,2	30,4
Теоретично необходимо количество въздух кг/кг	14,6	6,4	9,0	11,1	10,4
Плътност, кг/м <sup>3</sup>	715-765	796	794	810	786
Температура на самовъзпламеняване, °C	~300	-	420	343	399
Разтворимост във вода при 20°C, мл/100мл H <sub>2</sub> O	0,6	-	Напълно разтворим	7,7	Разтворим

Високата топлина на изпарение – 1,2 MJ/kg, намалява температурата в цилиндъра и увеличава коефициента на пълнене, но е причина за затруднено пускане на студен двигател.

Трябва да се отбележат и някои отрицателни качества на метанола:

- поради по-ниската му калоричност от бензина, разходът на гориво измерен в литри се увеличава над два пъти;
- ниското налягане на парите на метанола в студено време затруднява пускането на двигателя;
- при студен двигател се получава отмиване на масления филм от стените на цилиндрите, което води до ускорено износване на цилиндрите и буталните пръстени;
- метанолът е силно отровен;

-химически е агресивен към уплътненията и елементите на горивната уредба.

Етанолът е високооктаново гориво (129 RON), и е много подходящ октанов подобрител. В някои страни смесите на етанола с бензина са широко разпространени, като често срещано съотношение е 10% етанол и 90% бензин, означаван като E10. Напоследък, често се срещат съобщения на производители на автомобили за разработени модели за работа с гориво E85 ( 15 % бензин и 85 % етанол), но с предприети мерки за лесно пускане на студен двигател. Приема се, че допустимото процентно съдържание на етанол в сместа, без това да налага предприемането на допълнителни промени в двигателя, е 20%. Биоетанолът се счита за много подходящ за двигателите с вътрешно горене с искрово запалване, поради високото му октаново число. Въпреки че, етанолът е корозионно агресивен към някои пластмаси и метали, се счита, че използването на смеси с ниско съдържание на етанол, е безопасно за двигателя и не би довело до повреди.

Като гориво биоетанолът има редица предимства пред традиционните горива. Той се произвежда от достъпни възобновяеми енергийни източници, а не от изчерпаеми ресурси. Използването му води до редуциране на емисиите от парникови газове.

Бутанолът има свойства, близки до тези на бензина и двигателите работят добре, както с техни смеси, така и с чист бутанол без никакви конструктивни изменения. Бутанолът има 20% по-висока калоричност от етанола и 25% по-ниска от бензина. Поради различното въздушно отношение на смесите с отделните горива, калоричността на 1 кг бутаноло-въздушна смес е само с 5% по-ниска от тази на бензино-въздушната. За протичането на горивен процес с висока ефективност и пълнота на горене е необходимо горивото да бъде добре изпарено и смесено с въздуха преди възпламеняването. За спиртните горива е характерна висока топлина на изпарение и това се оказва проблем при ниски температури на околната среда и особено при студен старт на двигателите. Топлината на изпарение на бутанолът е два пъти по-ниска от тази на етанола и е близка с тази на бензина и по тази причина двигателите работещи на бутанол имат значително по-леко пускане.

Топлината на изгаряне на изопропанола е 30,477MJ/kg и е с 12% по-висока от тази на етанола и с 30% по-ниска спрямо бензина. Измерената плътност, при 20° C на изопропанола е 0,778 kg/dm<sup>3</sup>, а на бензина 0,733 kg/dm<sup>3</sup>. Теоретически необходимото количество въздух за изгаряне на 1 kg изопропанол е 10,39 kg/kg. Октановото число на изопропанола е 112 единици.

В смесите на алкохолите с бензин се използва изопропанол като стабилизатор, непозволяващ разслояването им.

Вискозитетът на горивото оказва влияние върху нормалната работа на хранителната система на двигателя и по-специално върху характеристиките на разпръскване на горивото от дюзите. Кинематичният вискозитет на изопропанола е по-голям от тези на бензина и етанола, но е по-малък спрямо бутанола (Табл. 2), което е предпоставка за еднакви характеристики на впръскването и дозирането без необходимост от някакви корекции.

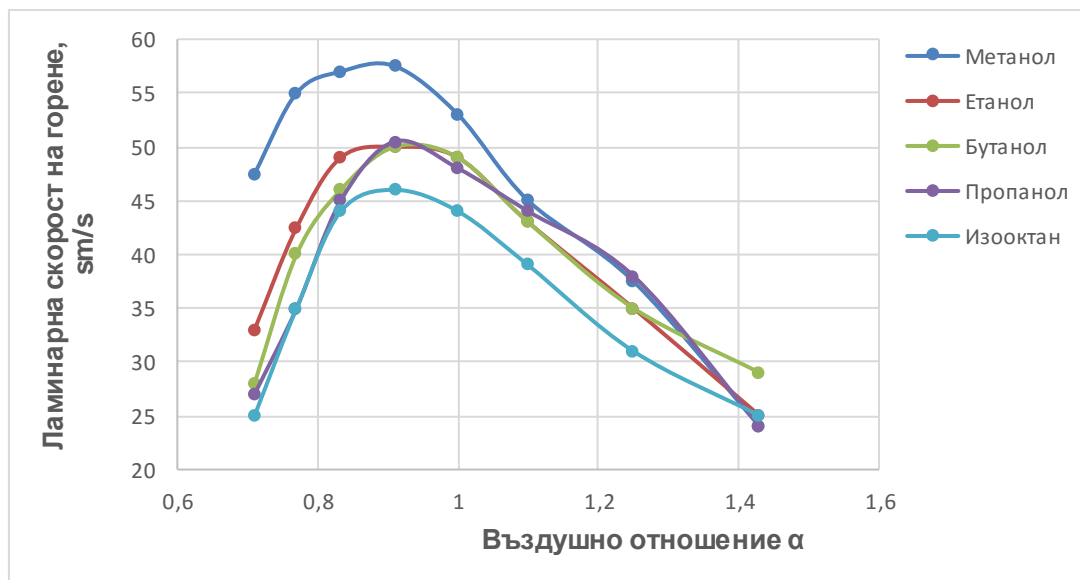
Таблица 2.

Гориво	Кинематичен вискозитет при 20°C, cSt
Бутанол	3,64
Етанол	1,52
Бензин	0,4 – 0,8
Изопропанол	2,65
Дизелово гориво	>3

Ламинарната скорост на горене е физикохимично свойство на горивата и е ключов параметър на горивните смеси. В двигателите с вътрешно горене процесът на горене е

основно турболентен, но турболентната скорост на горене пряко зависи от ламинарната. Тя влияе на продължителността на горене в горивните камери на двигателите и оттам върху тяхната ефективност и екологичните им показатели. Ламинарната скорост на горене зависи от вида на горивото, състава на сместа и началните температура и налягане.

На фиг. 1 са показани ламинарните скорости на горене на метанол, етанол, бутанол, изопропанол и бензин в зависимост от въздушното отношение. Данните са измерени при  $p=1\text{atm}$   $T=343\text{K}$ .



Фиг. 1. Ламинарни скорости на горене на алкохолите и бензина, измерени при  $p=1\text{kg/sm}^2$  и температура  $T=343\text{K}$ .

Алкохолите имат по-висока скорост на горене от бензина. Максималната скорост на горене за всичките разглеждани горива е при леко обогатените смеси –  $\alpha = 0,85-0,9$ . Най-висока скорост на горене има метанола – с 24% по-висока от бензина. Максималните стойности за бутанола, етанола и пропанола са еднакви, но са с 10% по-високи от скоростта на горене на бензина.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разглежданите алкохоли имат добри моторни свойства и могат да бъдат използвани като алтернативни на бензина горива. Техни основни предимства са:

- по-високо октаново число;
- висока скорост на горене, което обуславя и по-високата им детонационна устойчивост;
- по-голямата им топлина на изпарение понижава температурата в цилиндъра и повишава коефициента на пълнене;

- поради по-високата им специфична топлина на изгаряне на 1 kg горивна смес, двигателите имат по-добри мощностни показатели;

Като недостатъци могат да се посочат:

- високата им топлина на изпарение е причина за трудно пускане на студен двигател;
- по-ниското теоретическо необходимо количество въздух за пълно изгаряне води до по-голям часов разход на гориво;
- метанолът е химически агресивен към уплътненията в горивната уредба;
- преходът към работа изцяло с алкохолите изисква в повечето случаи изменения в горивната уредба.

В резултат на посочените предимства и недостатъци е по-удачно, алкохолите да бъдат използвани най-вече като добавки към бензина.

## REFERENCES

R.W. Rice, A.K. Sanyal, A.C. Elrod, R.M. Bata, Exhaust gas emissions of butanol, ethanol and methanol–gasoline blends, *J. Eng. Gas Turb. Power* 11 (1991) 337–381.

G. Broustail, P. Seers, F. Halter, G. More'ac, C.M. Rousselle, Experimental determination of laminar burning velocity for butanol and ethanol isooctane blends, *Fuel* 90 (2011) 1–6.

A.K. Agarwal, Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines, *Prog. Energy Combust. Sci.* 33 (2007) 233–271.

Barraza-Botet CL, Wooldridge MS. Combustion chemistry of iso-octane/ethanol blends: effects on ignition and reaction pathways. *Combust Flame* 2018;188:324–36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.combustflame.2017.10.011>.

Foong TM, Morganti KJ, Brear MJ, Da Silva G, Yang Y, Dryer FL. The octane numbers of ethanol blended with gasoline and its surrogates. *Fuel* 2014;115:727–39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2013.07.105>.