

## MOTOR PROPERTIES OF ISOPROPANOL, AS A FUEL FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES<sup>13</sup>

**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

***Abstract:** The paper reviews physicochemical properties of isopropanol, used as alternative fuel for SI ICE. In this work are described composition (C, H, O), stoichiometric air/fuel ratio, lower heating value, laminar burning velocities, oktane numbers, viscosity, specific gravity and others. It is established wick alcohol, improve mixture properties with gasoline. The experimental investigation is conducted to evaluate the effect of using blends of isopropanol with gasoline (5, 10, 15 and 20% isopropanol by volume) on the performance and exhaust emissions of fore cylinder port fuel injection (PFI) test gasoline engine.*

***Keywords:** Sparc ignition internal combustion engine, Isopropanol, Lower heating value, Stoichiometric air/fuel ratio, Laminar burning velocities*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Метанолът и етанолът са изследвани и използвани като алтернативни горива за бензиновите двигатели от преди десетилетия. Приложението им се ограничава главно, като добавки в смеси с бензина, поради някои техни недостатъци - образуват нестабилни смеси с бензина, склонни към разслояване, особено при ниски температури и абсорбирана в тях вода. Освен това имат ниска енергийна плътност и са химически агресивни към някои от елементите на горивната уредба.

След прогнозите на световно известни фирми за постигане по-ниска цена на бутанола в сравнение с етанола, вниманието на изследователите беше насочено към бутанола като алтернативно гориво. Бутанолът има близки до бензина свойства и е по-лесно разтворим в него. В смесите на алкохолите с бензин се използва изопропанол като стабилизатор, непозволяващ разслояването им. Изопропанолът е напълно разтворим в бензина и има близки свойства. Научните изследвания на работата на двигателите със смеси на бензин и изопропанол са твърде оскъдни.

Настоящото изследване цели да установи влиянието на изопропанола като добавка към бензина върху мощностно-икономическите и екологични показатели на автомобилните двигатели.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

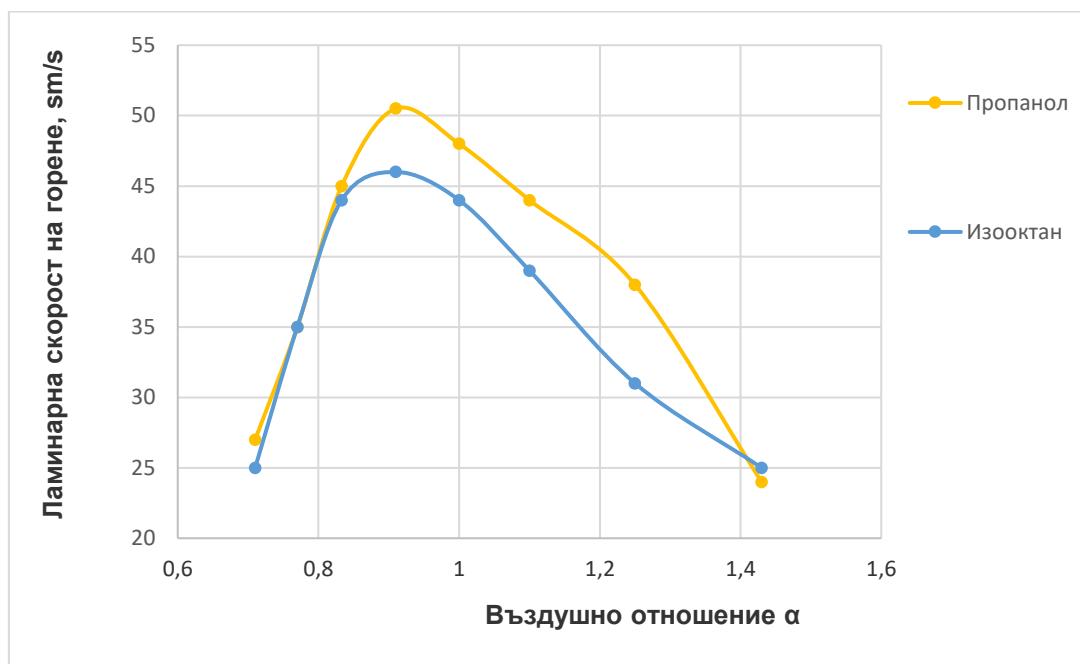
Топлината на изгаряне на изопропанола е 30,477MJ/kg и е с 12% по-висока от тази на етанола, но с 30% по-ниска спрямо бензина. Измерената плътност, при 20° С на изопропанола е 0,778 kg/dm<sup>3</sup>, а на бензина 0,733 kg/dm<sup>3</sup>. Теоретически необходимото количество въздух за изгаряне на 1 kg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

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 този на бензина и етанола, но е по-малък спрямо бутанола, което е предпоставка за еднакви характеристики на впръскването и дозирането без необходимост от някакви корекции.

<sup>13</sup> Докладът е представен на сесията на 29 октомври 2022 с оригинално заглавие на български език: МОТОРНИ СВОЙСТВА НА ИЗОПРОПАНОЛА, КАТО ГОРИВО ЗА ДВИГАТЕЛИ С ВЪТРЕШНО ГОРЕНЕ

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 изопропанол и бензин в зависимост от въздушното отношение. Данните са измерени при  $p=1\text{атм}$   $T=343\text{К}$ .



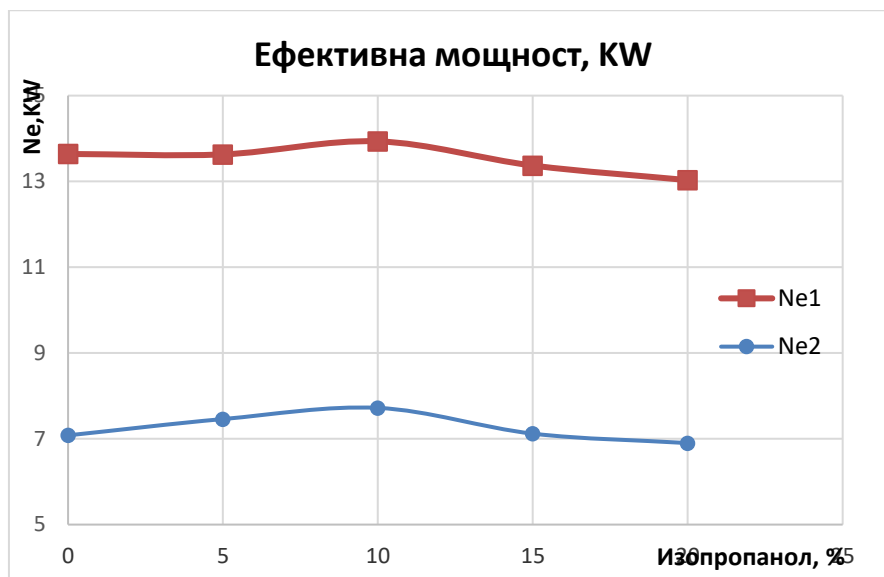
Фиг. 1. Ламинарни скорости на горене на пропанола и бензина, измерени при  $p=1\text{kg/sm}^2$  и температура  $T= 343\text{К}$ .

Изоропанолът има по-висока скорост на горене от бензина. Максималната скорост на горене за разглежданите горива е при леко обогатените смеси –  $\alpha=0,85-0,9$ . Ламинарната скорост на горене на изопропанола е с 10% по-висока от скоростта на горене на бензина.

Експерименталните изследвания са проведени на двигател с ходов обем  $1,895\text{ dm}^3$  и максимална мощност  $87\text{kW}$  при  $5500\text{ min}^{-1}$ . Изследвани са смеси на бензин с 0, 5, 10, 15 и 20 об. % изопропанол.

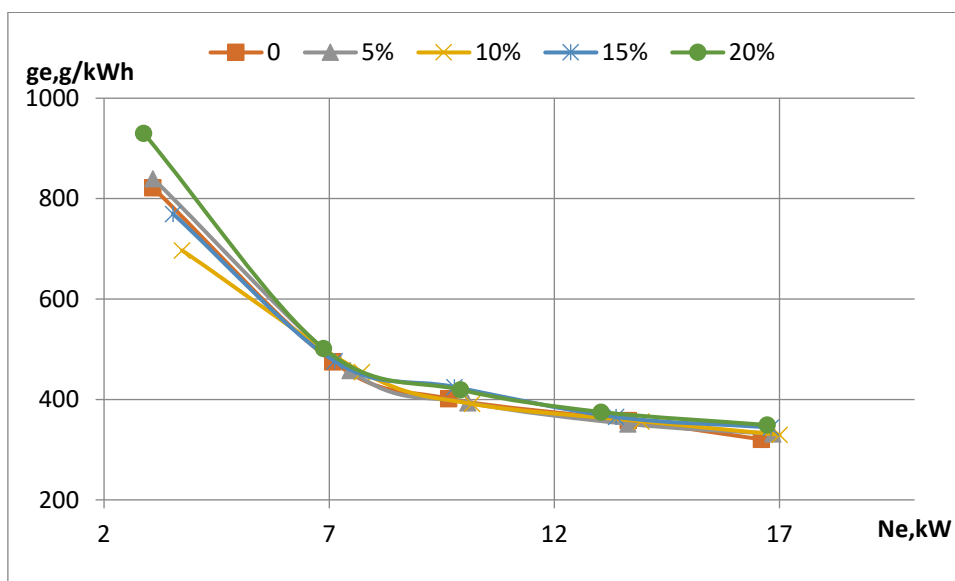
Изследванията са проведени при постоянна честота на въртене на колянвия вал  $n=2500\text{ min}^{-1}$  и различни частични натоварвания. Измервани са въртящ момент  $M_e$ , мощност  $N_e$ , часов  $G_h$  и специфичен ефективен разход на гориво  $g_e$ , емисиите на въглероден окис  $CO$ , въглеродороди  $CH$  и азотни окиси  $NO_x$ .

На фиг. 2 са показани резултатите за изменението на мощността при натоварване от 33 % ( $N_e 1$ ) и 20 % ( $N_e 2$ ). Изследванията показват увеличение на мощността при смесите с 5, 10 и 15 % добавка на изопропанол, като най-голямо е при добавки от 10%. Увеличението на ефективната мощност е по-силно изразено при малките натоварвания и намалява с увеличаване нанатоварването.



Фиг. 2. Изменение на мощността в зависимост от съдържанието на изопропанол в смесите.

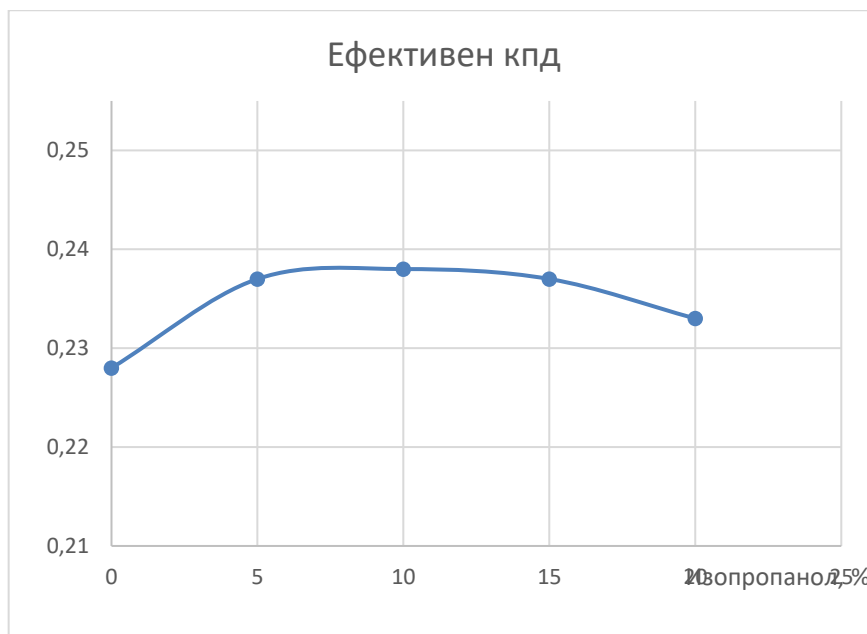
На фиг. 3. са показани резултатите за специфичния ефективен разход на гориво при работа на двигателя със смеси на бензина с изопропанол при различни натоварвания.



Фиг. 3. Влияние на процентното съдържание изопропанол в смесите с бензин върху специфичният ефективен разход на гориво.

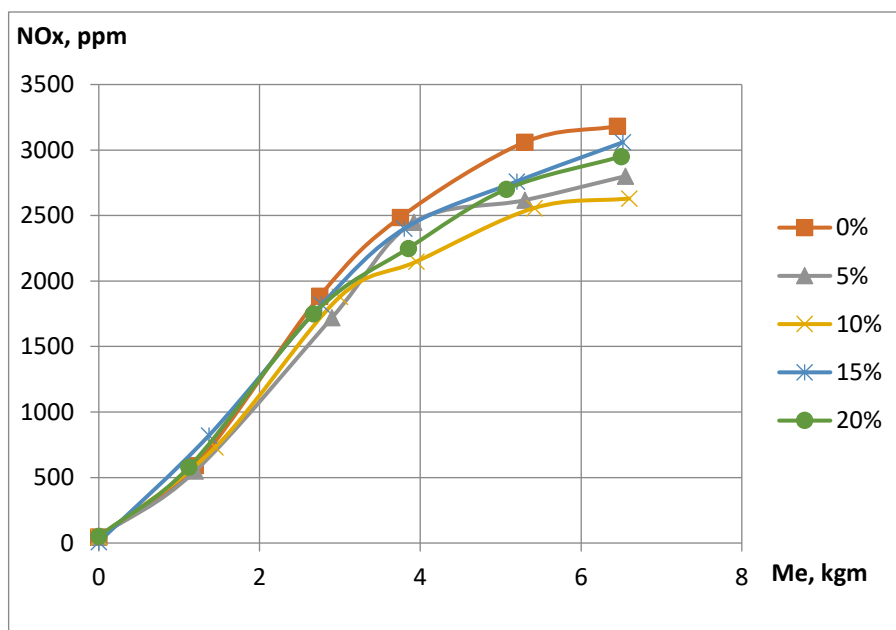
Резултатите потвърждават отново, че най голям положителен ефект има при 10 % добавка на изопропанол, който е по-силно изразен при малките натоварвания (над 15% намаление на специфичния разход). При добавки от 20% на изопропанол се наблюдава увеличение на разхода.

На фиг. 4 е показан ефективният КПД на двигателя за смесите с 0, 5, 10, 15 и 20 об. % изопропанол при честота вал  $n=2500 \text{ min}^{-1}$  и натоварване от 33%. Ефективният КПД е по-висок при работа с добавки на изопропанол, като най-голямо увеличение има при 10% съдържание в смесите.



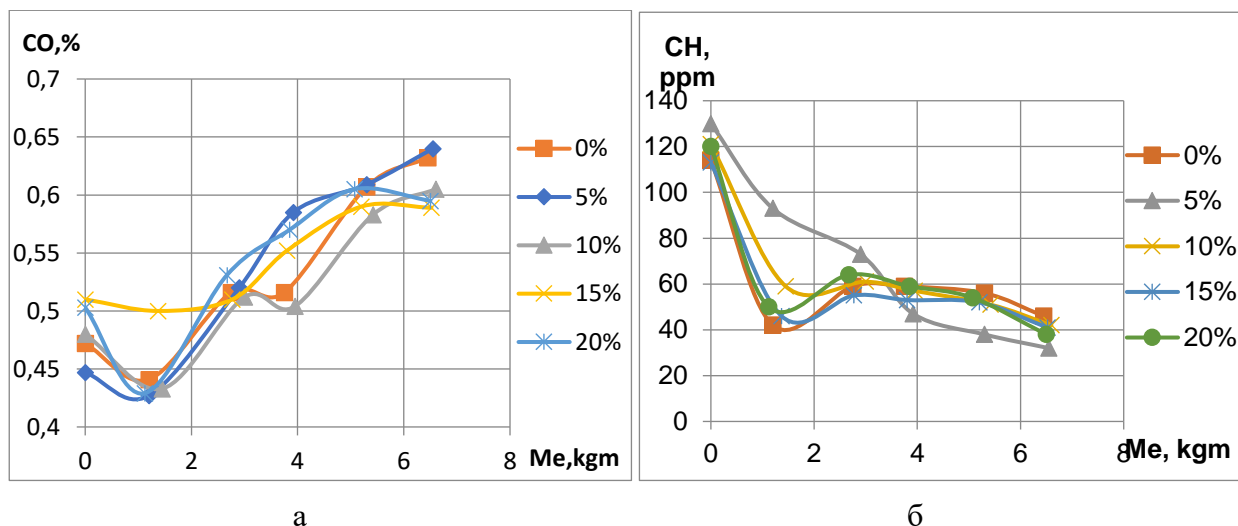
Фиг. 4. Влияние на съдържанието на изопропанол в смесите върху ефективния кпд.

При работа с бензино-пропанолови смеси съдържанието азотните окиси  $\text{NO}_x$  в отработилите газове намаляват (фиг. 5). Намалението на  $\text{NO}_x$  е най-голямо при увеличените натоварвания, като е най-голямо отново при смеси с 10 % изопропанол.



Фиг. 5. Изменение на емисиите  $\text{NO}_x$  в ОГ в зависимост от натоварването и процентното съдържание на изопропанол в горивото.

Въглеродният окис  $\text{CO}$  (фиг. 6а) и въглеводородите  $\text{CH}$  (фиг. 6б) нарастват при работа на двигателите на празен ход и съвсем малки натоварвания (въртящ момент до 3 kgm), но намаляват при по-високите натоварвания.



Фиг. 4. Влияние на изопропанола върху образуването на и въглероден окис CO въглеродороди CH.

## ИЗВОДИ

Добавки на изопропанол до 20% към бензина оказват положително влияние върху мощностно-икономическите и екологични показатели на бензиновите двигатели. Оптималното съдържание на изопропанол в смеси с бензина, е 10 об. %. При тези смеси, двигателите развиват най-високи въртящ момент и мощност, при намален разход на гориво, повишена ефективност и намалени емисии на основните токсични вещества в отработилите газове.

## REFERENCES

A.I.Dimitrov Alternative fuels in ICE-solutions and problems. TU Varna, Machines, Technologies, Materials, № I-2007

A.M.Danilov. E.F.Kaminskii, V.A. Xavkin “Alternativnui topliva: dostoinstva i nedostatki.Problemui Primenenia”YDK (665.7032.52/54+662.767):665.633

H S Farkade, A P Pathre. Experimental investigation of methanol, ethanol and butanol blends with gasoline on SI engine.International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 4, April 2012)

Ronald Timpe, Ted Aulich, Comparison of Carbon Dioxide Emissions from Gasoline and E85. Report to American Lung Association of Minnesota – Clean Air Fuels Alliance. University of North Dakota Energy & Environmental Research Center 12 January 2005

Xadjiev,K.,Stankov, E., “ Butanolat-alternativno gorivo za dvigatelite s prinuditelno vazplamenqvane ” – Nauchni trudove na RU” A.Kanchev ”, Ruse 2010, str.29-32, ISSN 1311-3321.

Xadjiev,K.,Stankov, E., Daskalov N., „ Investigation of tne engine operation on gasoline-isopropanol fuel blends“ Nauchni trudove na RU” A.Kanchev 2019 Volume 58 ISSN 1311-3321.

Изследванията са подкрепени по договор на Русенски университет "Ангел Кънчев" с No 2022-ФТ-03 “Усъвършенстване на методите за диагностика на системите за управление на двигателите и транспортните средства”