

ALTERNATIVE FUELS USED IN GASOLINE DIRECT INJECTION ENGINES¹²

M.Eng. Slavena Atanasova, PhD Student

Department of Engines and Vehicle,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: +359 883 565 006
E-mail: satanasova@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Simeon Iliev, PhD

Department of Engines and Vehicle,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: 082-888 331
E-mail: spi@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Kiril Hadjiev, PhD

Department of Engines and Vehicle,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: +359 82 888 433
E-mail: khadjiev@uni-ruse.bg

Abstract: The definition of alternative fuels that can be used in gasoline engines is a current research interest in the automotive and environmental field. This article provides an overview of different types of alternative fuels that can replace or improve upon gasoline as an engine fuel. These include: ethanol, methane, liquid natural gas (LNG), hydrogen, isopropanol and butanol. The article discusses the benefits and challenges associated with each of these alternative fuels, as well as their potential applications and environmental impacts. It also discusses research and technological innovation aimed at using these fuels more efficiently in petrol engines to improve fuel economy and reduce emission.

Keywords: Alternative fuels, Petrol engine, Emissions, Environmental sustainability, Engine efficiency, Technological innovations

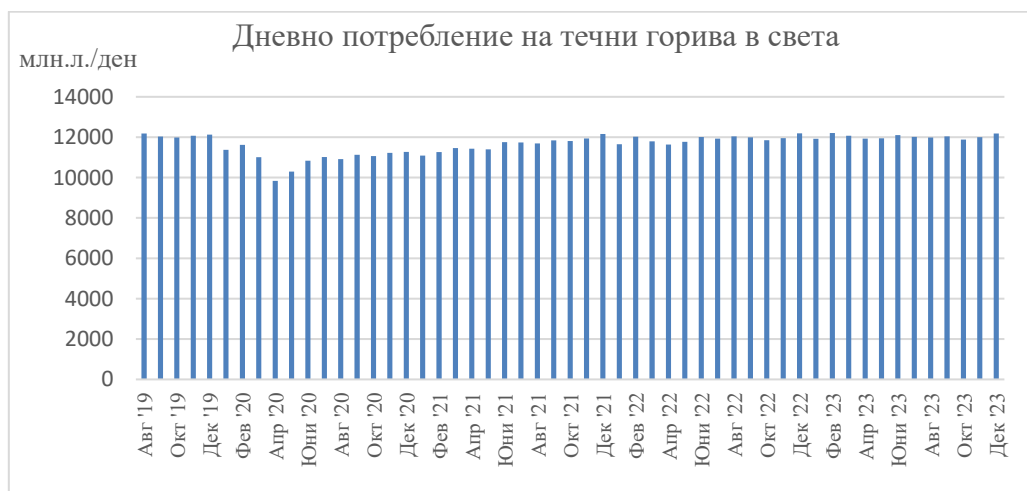
ВЪВЕДЕНИЕ

В контекста на нарастващата глобална загриженост за околната среда и ограничаването на изкопаемите горива (Фиг. 1), изследването на алтернативни горива за бензинови двигатели придобива особена актуалност (Demirbaş, A., 2007), (Iliev, S., 2022). Развитието на устойчиви и ефективни горива е ключово за намаляване на въглеродните емисии и за осигуряване на дългосрочна енергийна сигурност (Sakthi, C., 2018), (Iliev, S., 2022). В този контекст, алтернативните горива като изопропанол и бутанол предлагат обещаващи перспективи за употреба в бензинови двигатели, особено в двигатели с директно впръскване на бензин, поради техните потенциално по-добри екологични характеристики и по-висока енергийна ефективност.

Изопропанолът и бутанола са алкохоли, които притежават различни физико-химични свойства, което влияе на тяхното поведение като горива в бензинови двигатели (Zhen, X., 2020). Настоящото изследване цели да се разгледат и сравнят мощностно-икономическите и екологични показатели при използване на тези два алкохола като алтернативни горива. Сравнителният анализ ще даде важна информация относно това как изопропанол и бутанол

¹² Докладът е представен на научна сесия на 27 октомври 2023 г. с оригинално заглавие на български език: АЛТЕРНАТИВНИ ГОРИВА ИЗПОЛЗВАНИ В ДВИГАТЕЛИТЕ С ДИРЕКТНО ВПРЪСКВАНЕ НА ГОРИВО

могат да бъдат интегрирани в съвременните бензинови двигатели и как те могат да допринесат за по-устойчиво бъдеще на автомобилната индустрия.



Фиг. 1. Дневно потребление на течни горива в света

ИЗЛОЖЕНИЕ

В литературата се отбелязва значителен интерес към изследването на алтернативни горива като средство за намаляване на въглеродните емисии и зависимостта от изкопаеми горива. Разработките в областта на биогоривата, включително алкохоли като метанол, етанол, изопропанол и бутанол, са отбелязани като значим принос към устойчивите транспортни решения. Изследванията подчертават потенциала на тези горива да подобрят ефективността на двигателя и да намалят емисиите, без да налагат значителни промени в конструкцията на двигателя.

Характеристики на изопропанола и бутанола

Химическата структура на изопропанола (C_3H_8O) позволява добра хомогенност при смесването му с бензин и той е характерен със сравнително високо октаново число и (Li, D., 2023). Тези свойства са благоприятни за използването му в двигатели с принудително възпламеняване, като подобрява топлинната ефективност и намалява вредните емисии.

Бутанолът ($C_4H_{10}O$) се отличава с по-висока калоричност в сравнение с други алкохоли (Mask, J., 2016), което допринася за подобрени характеристики на горенето (Таблица 1). Той също така предлага по-добра съвместимост със съществуващите конвенционални двигатели с принудително възпламеняване, което го прави подходящ за използването му, като алтернативно гориво.

Таблица 1. Основни характеристики на бензин, бутанол и изопропанол

Свойства	Бензин	Бутанол	Изопропанол
Долна калоричност на изгаряне, MJ/kg	43,5	33,2	30,4
Плътност (kg/m^3)	720-780	809,5	786,4
Октаново число (RON)	88-98	96	118
Цетаново число	0-10	25	12
Точка на топене ($^{\circ}C$)	-	-89,5	-89
Точка на кипене ($^{\circ}C$)	35-200	117,7	82,3
Топлина на изпаряване (KJ/kg)	351	707,9	665,7
Температура на самовъзпламеняване ($^{\circ}C$)	300	343	399
Вискозитет (при $20^{\circ}C$)	37 - 44	3,6	2,4

Важно е да се отбележи, че и двата алкохола имат различни физико-химически характеристики, които влияят на тяхното поведение и ефективност като горива в двигателите

с принудително възпламеняване. Прегледът на литературата подчертава как тези свойства могат да бъдат оптимизирани за достигане на максимална ефективност и минимално негативно въздействие върху околната среда.

Влияние върху характеристиките на двигателя

В дадените изследвания се показва, че използването на изопропанол и бутанол може да доведе до различни промени в работата на бензиновите двигатели, включително във връзка с горивната ефективност, емисиите и общата производителност.

Изследванията се фокусират върху оптимизирането на параметрите на двигателя за постигане на максимална ефективност при използване на тези алтернативни горива, като същевременно се стремят към намаляване на потенциалните отрицателни въздействия.

Този теоретичен обзор предоставя основа за по-нататъшно разглеждане на изопропанола и бутанола като алтернативни горива в бензинови двигатели, като подчертава техните уникални свойства и потенциал за принос към устойчива мобилност.

Характеристики на водород и метан

Водородът може да се използва като изходна суровина, гориво или енергиен носител и средство за акумулиране на енергия и има множество възможни приложения в промишлеността, транспорта, енергетиката и строителството. Най-важното е, че той не отделя CO₂ и при неговото използване няма замърсяване на въздуха (Iliev, A. Hadjiev K. 2020).

Метан, безцветен газ без мирис, който се среща изобилно в природата и като продукт на определени човешки дейности. Метанът е най-простият член на парафиновата серия въглеводороди и е сред най-мощните парникови газове. Химическата му формула е CH₄. Метанът е по-лек от въздуха и има специфично тегло 0,554. Той е слабо разтворим във вода. Лесно гори във въздуха, образувайки въглероден диоксид и водни пари; пламъкът е блед, леко светещ и много горещ. Точката на кипене на метана е -162 °C (-259,6 °F), а точката на топене е -182,5 °C (-296,5 °F). Метанът като цяло е много стабилен, но смеси от метан и въздух със съдържание на метан между 5 и 14 обемни процента са експлозивни. Експлозиите на такива смеси са били чести във въглищни мини и въглищни мини и са причина за много бедствия в мини.

Свойства	Бензин	Метан	Водород
Плътност (kg/m ³)	720-780	0,716	0,09
Молекулно тегло (kg,kmol)	114,15	16,043	2,016
Стехиометричен F/A (kg fuel/kg air)	14,7	0,058	0,029
Енергийна плътност (газообразна) (MJ/dm ³)	44,4	12,6	3,0
По-ниска топлинна стойност (MJ/kg)	42,8	50	120
Температура на автоматично запалване във въздуха (K)	228-470	810	858
Минимална енергия на запалване на искрата (mJ)	0,24	0,29	0,02
Октаново число	88-98	RON 120	-
Ламинарна скорост на горене (cm/s)	28	≈42	≈230

Сравнението между метан, водород и бензин включва няколко аспекта, включително енергийна плътност, екологични характеристики, ето някои ключови точки за сравнение:

При бензина се наблюдава по висока енергийна плътност спрямо обема, което означава, че предоставя значително количество енергия при относително малък обем.

Водорода има по-ниска енергийна плътност в сравнение с бензина. Това означава, че е необходим по-голям обем водород, за да се достави същото количество енергия.

При метана се наблюдава по-висока енергийна плътност спрямо обема в сравнение с водорода, но по-ниска от бензина.

Бензина е широко разпространено гориво с добра инфраструктура за съхранение и разпределение.

Метанът не е токсичен, но е изключително запалим и може да образува взривоопасни смеси с въздуха. Едно от предимствата на метана е, че той е широко разпространен.

Водородният газ образува взривна смес с въздух при концентрации 4 – 74% и с хлор при концентрации 5 – 95%. Тези смеси детонират спонтанно от искра, нагряване или досег със слънчева светлина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

-Изопропанолът и бутанолът показват значителен потенциал като ефективни и екологично устойчиви алтернативи на конвенционалния бензин. Изопропанолът особено се отличава със своите високи показатели за ефективност и намаляване на емисиите, докато бутанолът предлага по-добра съвместимост със съществуващите традиционни горива.

-Изопропанолът може да се използва като добавка или да бъде смесен с бензин за да намалят емисиите или с цел увеличаване на октановото число.

- Алкохолите, включително изопропанол, имат свойствата да почистват горивната система и компонентите на двигателя.

REFERENCES

Mack, J. & Schuler, D. & Butt, R. & Dibble, R. (2016). Experimental investigation of butanol isomer combustion in Homogeneous Charge Compression Ignition (HCCI) engines. *Applied Energy*. 165. 612–626. 10.1016/j.apenergy.2015.12.105.

Iliev, S. (2022). Investigation of the gasoline direct injection engine working with ethanol and gasoline in different compression ratios, AIP Conf. Proc. 13 October 2022

Iliev, S. (2022). Investigation of a gasoline engine working with different compression ratio and fueled with ethanol additives, AIP Conf. Proc. 2570, 040005 Април 2022

Iliev, A. Hadjiev K. (2020). Hydrogen as an alternative to gasoline 60-та научна конференция на РУ, 2020 г. 64-69,

EIA, “Statista”, December 2022. Препратка: <https://www.statista.com/statistics/859133/global-liquid-fuels-consumption-outlook/>

Demirbaş, A. (2007). Fuel Alternatives to Gasoline. *Energy Sources*. Part B. 311-320. 10.1080/15567240600629492.

Sakthi, C. & Jethose, V & Kuppusamy, Selvakumar & Kumar, S & Parimalasundram, E & Head, Professor. (2018). A Review of Alternate Fuels. 44.

Zhen, X., Wang, Y., Liu, D. “Bio-butanol as a new generation of clean alternative fuel for SI (spark ignition) and CI (compression ignition) engines”. *Renewable Energy*, Volume 147, Part 1, 2020, Pages 2494-2521, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.119>.

Li, D., Yu, X., Guo, Z., Zhang, J., Wang, T., Li, Y. “Effects of isopropanol ratio at different excess air ratios on combustion and emissions characteristics of an isopropanol/gasoline dual-fuel combined injection SI engine”. *Fuel*, Volume 333, Part 2, 2023, 126507, ISSN 0016-2361, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126507>.