

ETHANOL AS AN ALTERNATIVE FUEL FOR DIESEL ENGINES ¹⁸

M. Eng. Emil Mitev, PhD Student

Department of Engines and Vehicles

“Angel Kanchev” University of Ruse

Tel.: +359 89494 9777

E-mail: emitev@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Simeon Iliev, PhD

Department of Engines and Vehicles,

University of Ruse “Angel Kanchev”

Phone: 082-888 331

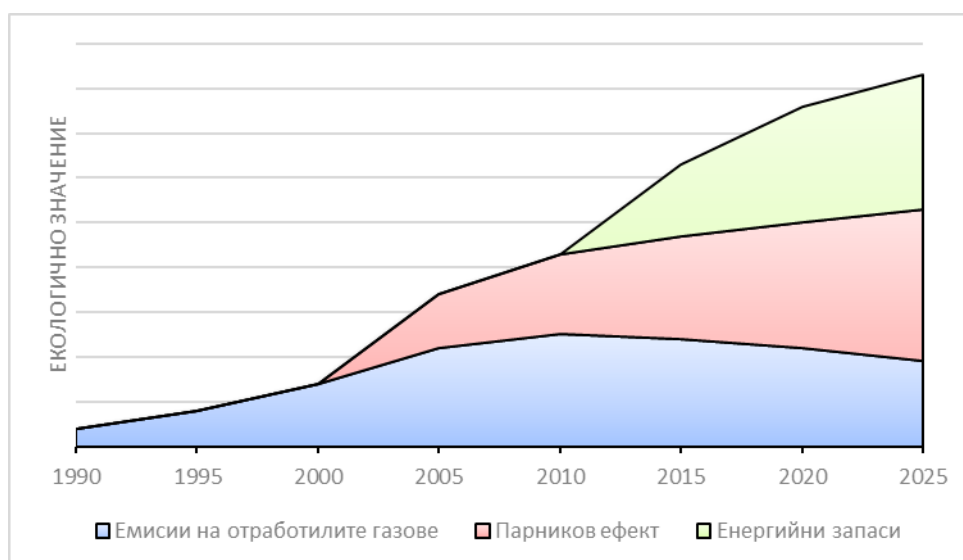
E-mail: spi@uni-ruse.bg

Abstract: In recent years, more and more stringent requirements have been introduced for vehicles with internal combustion engines on emissions. The search and development of synthetic and natural alternative fuels worldwide has become increasingly large-scale in recent years. The largest share is occupied by alcohols and, in particular, ethanol. Ethanol is currently the most widely used liquid biofuel.

Keywords: Ethanol, ICE, Alternative Fuels, Emissions, Diesel Engine

ВЪВЕДЕНИЕ

В момента светът е изправен пред два значителни проблема - изчерпването на изкопаемите горива и влошаването на екологичните проблеми - които непрекъснато се изострят поради увеличаване на глобалното енергийно потребление (Iliev S., 2021). Като заместител на петрола, могат да се използват възобновяемите горива, които получават на все по-голямо внимание поради редица екологични, икономически и обществени ползи (Iliev, S. & Mitev, E., 2019).



Фиг. 1. Значение на екологичните приоритети през годините

Първото поколение биогорива – етанол от захар или царевица и биодизел от растителни масла - вече са на пазара. Докато второто поколение биогорива са получени от

¹⁸ Докладът е представен на сесия на 21 Октомври 2022 с оригинално заглавие на български език: ЕТАНОЛЪТ КАТО АЛТЕРНАТИВНОГОРИВО ЗА ДВИГАТЕЛИТЕ С ВЪТРЕШНО ГОРЕНЕ

нехранителна биомаса, като горски остатъци, остатъци от селскостопански култури, трева, царевични стъбла, отпадъчна дървесина и твърди битови отпадъци (Gupta R. and Demirbas A., 2010).

В днешни дни политическите сили в глобален мащаб въвеждат силни законови мерки, за ограничаването на вредните емисии. Причината за тях са възникващите в последствие промени в климата и енергийната криза. Друг важен фактор е силното замърсяване на въздуха, особено в силно урбанизираните градове (Piev, S., 2020).

Очаква се в близко бъдеще, постепенно фокуса на екологичните приоритети да бъде изместен от емисиите на отработилите газове, към парниковия ефект и енергийните запаси (Фиг. 1) (Schindler K.-P., 2002), (Piev S. 2014).

ИЗЛОЖЕНИЕ

Физико-химични свойства на етанола

Етанолът е безцветна, лесноподвижна течност със специфична миризма и парлив вкус, относителна плътност $789,4 \text{ kg/m}^3$, температура на кипене $78,39 \text{ }^\circ\text{C}$ и температура на замръзване $-114,15 \text{ }^\circ\text{C}$ (Torres-Jimenez E., 2011). Причина за сравнително високата температура на кипене е водородната връзка, която е значително по-здрава от междумолекулните сили на привличане. Като по-подробна характеристика на свойствата му са представени в Табл. 1.

Етанолът се смесва с вода, като се наблюдава отделяне на топлина и намаляване на обема. Етанолът е разтворител на редица органични и неорганични съединения. Спиртните разтвори на лекарствата се наричат тинктури, на етеричните масла – есенции, а на смолите – лакове.

Таблица 1 - Физико-химични свойства на етанола

Свойства на етанола	Стойност при $20 \text{ }^\circ\text{C}$	Мерна единица
Плътност, ρ	789,4	Kg/m^3
Температурен коефициент, $d\rho/dT$	-0,84	$\text{kgm}^{-3} \text{K}^{-1}$
Повърхностно напрежение, σ	22,75	Nm^{-1}
Температурен коефициент, $d\rho/dT$	-0,09	$10^{-3} \text{ Nm}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Специфична топлина, c_p	2414	$\text{Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Топлопроводимост, λ	0,166	$\text{Jm}^{-1} \text{sec}^{-1} \text{K}^{-1}$
Термична дифузия, χ	8,7	$10^{-8} \text{ m}^2 \text{sec}^{-1}$
Динамичен вискозитет, η	1,2	$10^{-3} \text{ kgm}^{-1} \text{sec}^{-1}$
Кинематичен вискозитет, ν	1,52	$10^{-6} \text{ m}^2 \text{sec}^{-1}$
Парно налягане	5700	Nm^{-1}
Число на Прантъл, Pr	17	
Повърхностно напрежение $S = d\rho\sigma/\mu^2$ при дебелина на слоя $d = 1\text{mm}$	$5,73 \cdot 10^3$	

В сравнение с пропана, който има близка молекулна маса, етанолът кипи при значително по-висока температура. Основната причина за тази голяма разлика е образуването на междумолекулни водородни връзки между заредените с разноименни частични заряди кислороден атом от една молекула и водороден атом от друга молекула. Макар и значително по-слаби от истинските ковалентни връзки O-H, за разкъсването на водородните връзки (изпарението) се изисква допълнителна енергия отвън (нагриване). Аналогична е причината за голямата разтворимост на етанола във вода – образуване на водородни връзки между молекулите на етанола и водата.

Химичните свойства на етанола се определят от неговата функционална група (-ОН), от етиловия остатък и тяхното взаимно влияние. Той участва главно в два вида реакции – с разкъсване на връзката О-Н, или с разкъсване на връзката С-ОН.

В природата се среща само като продукт на ферментационни процеси под действието на дрожди. Промислено се получава чрез каталитична хидратация на етилен. Тъй като с водата образува ацеотропна смес не е възможно чрез пряка дестилация да се получи продукт, съдържащ повече от 97,13 % (масови) етанол. За получаването на абсолютен алкохол (100%) се прилага ацетропна дестилация. При окисление етанолът се превръща в ацеталдехид и оцетна киселина. Реагира с киселини, при което се образуват естери. Може да се дехидратира. При междумолекулна дехидратация се получават етери, а при вътрешномолекулна – етен. Етанолът взаимодейства и с активни метали като натрия. По-голямата полярност на връзката кислород-водород в -ОН групата определя подвижността на този водороден атом. Ето защо етиловият алкохол може да взаимодейства с алкални метали. Продуктите се наричат етилрати. Етиловият алкохол обаче не променя лакмуса в червен, не взаимодейства с NaOH (натриева основа). Следователно етиловият алкохол не е киселина. Използва се като суровина при производството на други продукти, напр. ацеталдехид.

Етанолът може да бъде използван като гориво в двигателите с вътрешно горене. Като Е100 (чист етанол) широко се използва за гориво в Бразилия и Аржентина, като за целта обаче е желателно двигателят да бъде модифициран. Може да се използва и като добавка към основното гориво в обикновен двигател. В САЩ често срещани са Е10 и Е85, които съдържат съответно 10 и 85% етанол. В Бразилия смеската от 20 – 25 % етанол с бензин (бензин тип Ц) е единственият вид гориво, който може да се зареди на бензиностанциите. Това гориво отделя по-малко вредни газове при изгарянето си от нормалния бензин.

Критиките към това гориво са от социален характер. За добиването му в зависимост от страната се използва захарна тръстика, царевица, захарно цвекло, картофи и житни култури, като особено царевичата е жизнено необходима в много краища на света. Друга критика е, че понякога за засаждането на тези култури се изсичат милиони хектари гори.

Съдържанието на кислород в биодизела варира от 10 до 12 % (Rajasekar E. & Selvi S., 2014), а етанолът съдържа около 35 % (Çelebi Y. & Aydın H., 2019). Проведени са много проучвания относно прилагането на биодизел към дизеловият двигател, които показват намаляването на вредните емисии, отделяни от дизеловите двигатели. Известно е, че етанолът е основно гориво за бензиновите двигатели, тъй като има високо октаново число [24]. Чистият етанол не може да се използва в дизеловите двигатели, но може да се използва за получаване на смеси с дизелово гориво.

При използването на етанола като гориво в двигател с вътрешно горене или дизелов двигател, етанолът има много благоприятни свойства (Sayin C., 2010), като нисък вискозитет, високо съдържание на кислород, високо съдържание на въглеродороди (СН), ниско съдържание на сяра и ниска температура на изпаряване, което подобряват неговата обемна ефективност. Етанолът има по-нисък вискозитет в сравнение с дизеловото гориво, което води до по-добро разпръскване на гориво в цилиндъра, като подобрява смесобразуването.

Има три начина за използване на етанол в дизеловите двигатели (Alptekin E., 2017). Първият метод е да се осигури фумигация на етанола във постъпващия въздух с помощта на карбуратор или дюза монтирана на пълнителния колектор. Вторият метод е да се изгради система за двойно впръскване в цилиндъра, чрез модифициране на конфигурацията на системата и механична смяна на цилиндъра глава на двигателя. При третият метод, етанолът може ефективно да се използва в дизеловите двигатели, чрез смесване на алкохол и дизелово гориво, като същевременно предотвратява разделянето на фазите, без да се променя конструкцията на двигателя. Проведени са много изследвания по третият подход от гореспоменатите методи. (He et al. 2003) сравнява резултатите от експеримента, получен чрез използване на смеси на 10 % и 30 % етанол с дизеловото гориво на четирицилиндров дизелов

двигател с директно впръскване. Азотните окиси (NO_x), въглеродните окиси (CO) и димността намаляват, при използване на етанолови смеси, но CH се увеличават. (Rakopoulos et al. 2008) експериментира, чрез смеси на 10 % и 15 % етанол с дизелово гориво на шестцилиндров тежкотоварен дизелов двигател с директно впръскване. В това проучване CO и NO_x има тенденция да намалява леко, докато CH се увеличава. Освен това специфичният разход на гориво (BSFC) се увеличава, но термичната ефективност на горенето (BTE) намалява с увеличаване на концентрацията на етанол. (Sayin S., 2010) прилага смеси на дизелово гориво с етанол, които съдържат 10% и 15% етанол, върху едноцилиндров четиритактов двигател, като провежда експеримента с натоварване на двигателя от 30 Nm при 1000 min⁻¹ и 1800 min⁻¹. Резултатите от експеримента показват, че CO, CH и дисперсните частици намаляват, но NO_x и BSFC се увеличават.

(Wang X. et al. 2012) изследват димността, чрез увеличаване на съдържанието на кислород в горивните смеси. Добавянето на етанол в дизеловото гориво увеличава емисиите на HC, CO, NO_x и NO, и същевременно намалява димността. Изследването на (Gnanamoorthi V. & Devaradjane G., 2013) показва, че пиковото налягане в цилиндъра и отделяната топлина се повишават, при приближаване до горна мъртва точка, при смес от етанол и се увеличава, с увеличаване на концентрацията на етанол в сместа. Много високи емисии на CO и HC се получават при 40 % и 50 % етанол, като се наблюдава леко намаляване на емисиите на NO_x. В изследването на (Nabi, M. et al., 2009) се наблюдава по-бързо изгаряне на кислород съдържащи горива в сравнение с конвенционалното дизелово гориво. Това се дължи главно на съдържанието на кислород в молекулярната структура на горивото и ниската летливост на кислородните горива. Поради по-ниската летливост на кислородните горива, те се изпаряват по-бързо, с което се постига много по-добра хомогенизация на гориво-въздушната смес. Това води до по-ниски емисии на отработилите газове. Изследването на (Miyamoto N. et al. 1998) изследва горенето и емисиите отделяни при работата на едноцилиндров, четиритактов дизелов двигател с различни видове кислород съдържащи горива. Изследването показва значително намаляване на димността, NO_x, HC, шума на двигателя, при използването на кислород съдържащи горива.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При използването на етанола като гориво в двигател с вътрешно горене или дизелов двигател, етанолът има много благоприятни свойства, като нисък вискозитет, високо съдържание на кислород, високо съдържание на въглеродороди (CH), ниско съдържание на сяра и ниска температура на изпаряване, което подобряват неговата обемна ефективност. Етанолът има по-нисък вискозитет в сравнение с дизеловото гориво, което води до по-добро разпръскване на гориво в цилиндъра, като подобрява смесообразуването.

Работата по доклада е осъществена с подкрепата на проект ФНИ 2022-РУ-03 “Разработване и изследване на телеметрична система за оптимизиране разхода на енергия на електромобил от клас прототипи за състезанието Shell Eco-marathon”

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

Илев S. (2021) A Comparison of Ethanol, Methanol, and Butanol Blending with Gasoline and Its Effect on Engine Performance and Emissions Using Engine Simulation. Processes.; 9(8):1322.

Илев, S. & Митев, E. (2019). Modelling and Investigation of a Diesel Engine with Ethanol and Methanol Additives, Proceedings of the 30th DAAAM International Symposium, pp.0415-0423,

Gupta R. and Demirbas A. (2010). Gasoline, Diesel, and Ethanol Biofuels from Grasses and Plants, New York: Cambridge University Press,.

Илев, S. (2020). Investigation of the Gasoline Engine Performance and Emissions Working on Methanol-Gasoline Blends Using Engine Simulation, Numerical and Experimental Studies on Combustion Engines and Vehicles, Paweł Woś and Mirosław Jakubowski, IntechOpen.

- Schindler K.-P. (2002). „Advances in Diesel Engine,“ Diesel Engine Emissions Reduction, t. 8.
- Iliev S. (2014) Developing of a 1-D Combustion Model and Study of Engine Characteristics Using Ethanol-Gasoline Blends, Proceedings of the World Congress on Engineering 2014, Vol II, WCE 2014, July 2-4, London, U.K.
- Torres-Jimenez E. (2011). „Physical and chemical properties of ethanol–diesel fuel blends,“ Fuel, t. 90, pp. 795-802.
- Rajasekar E. & Selvi S. (2014) „Review of combustion characteristics of CI engines fueled with biodiesel,“ Renewable and Sustainable Energy Reviews, t. 35, pp. 390-399.
- Çelebi Y. & Aydın H. (2019) „An overview on the light alcohol fuels in diesel engines,“ Fuel, t. 236, p. 890–911,.
- Sayin C. (2010) „Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol–diesel blends,“ Fuel, t. 89, p. 3410–3415,
- Alptekin E. (2017) „Evaluation of ethanol and isopropanol as additives with diesel fuel in a CRDI diesel engine,“ Fuel, t. 205, p. 161–172.
- He B., S. J. Shuai, J. X. Wang & H. J. A. E. He (2003) „The effect of ethanol blended diesel fuels on emissions from a diesel engine,“ Atmos, t. 37, p. 4965–4971,
- Rakopoulos D., Rakopoulos C., Kakaras E. & Giakoumis E. (2008) „Effects of ethanol–diesel fuel blends on the performance and exhaust emissions of heavy duty DI diesel engine,“ Energy Convers, t 49, p. 3155–3162.
- Sayin C. (2010) „Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol–diesel blends,“ Fuel, t. 89, p. 3410–3415.
- Wang X., Cheung C. S., Y. Di и Z. Huang, (2012) „Diesel engine gaseous and particle emissions fueled with diesel–oxygenate blends, “ Fuel, t. 94, pp. 317-323.
- Gnanamoorthi V. & Devaradjane G. (2013) „Effect of Diesel-Ethanol Blends on Performance, Combustion and Exhaust Emission of a Diesel Engine,“ International Journal of Current Engineering and Technology, том 3,.
- Nabi M., Kannan D., Hustad J. E. and M. M. Rahman (2009) „Role of oxygenated fuel to reduce diesel emissions: A Review,“ International Conference on Mechanical Engineering, pp. 26-28.
- Miyamoto N., Ogawa H., Nurun N. and Obata K., (1998) „Smokeless, Low NO_x, high thermal efficiency and low noise diesel Combustion,“ Society of Automotive Engineers,.