

## THE ETHANOL AS AN ADDITIVE TO DIESEL FUEL <sup>9</sup>

---

**M. Eng. Emil Mitev, PhD Student**

Department of Engines and Vehicles

University of Ruse "Angel Kanchev"

Tel.: +359 89 494 9777

E-mail: emitev@uni-ruse.bg

**M. Eng. Dimitar Obretenov, PhD Student**

Department of Engines and Vehicles

University of Ruse "Angel Kanchev"

Tel.: +359 88 353 3556

E-mail: dobretenov@uni-ruse.bg

***Abstract:** The ethanol is a renewable fuel which is produced from plant, sugar and starchy biomass. It is an important additive to diesel fuel that can improve engine performance and reduce emissions. This is achieved due to the fact that ethanol has lower content than diesel fuel and it is also a good oxidizer. The main properties and characteristics of ethanol mixed with diesel fuel, as well as its impact on performance and emissions from the engine are considered.*

***Keywords:** Ethanol, Diesel, Additive, Emissions, Biomass.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Технологичният напредък който се постига в продължение на 130 години, се дължи пряко на непрестанното развитие на транспортния сектор. Като в частност това се дължи на появата на дизеловия двигател, който задвижва както лекотоварни и тежкотоварни автомобили, така и огромни стационарни генератори. Това позволява бързото производство и транспорт на продукти и компоненти, навсякъде по света.

Постигнатият технологичен растеж е директно свързан и с два основни екологични проблема в съвременния свят.

Единият проблем, е че необходимостта от извличане на изчерпаемите енергийни източници от планетата непрестанно расте, а залежите на суров нефт безвъзвратно намаляват. Като според направени проучвания, консумацията на петрол е приблизително 4,8 милиарда тона годишно. Ако тези темпове се запазят, очакванията са запасите на Земята да бъдат изчерпани до към 2073г. (Piev, S., & Mitev, E., 2019).

Другият основен проблем е големите количества азотни окиси и дисперсни частици, отделяни при работата на дизеловите двигатели. В днешни дни някои от големите европейски градове, забраняват експлоатацията на дизелови автомобили в централните си части. Като тенденцията е все повече градове да предприемат подобни екологични политики (Hoofman N., 2018).

Тези два основни проблема, налагат необходимостта да се търсят нови технологични решения и алтернативни възобновяеми източници на енергия. Най-честите алтернативни възобновяеми източници на енергия са алкохолите (етанол, метанол, бутанол), те се използват като заместители или добавки към традиционното дизелово гориво (Piev, S., 2018) (Piev, S., 2017).

В тази статия се разглежда етанола, като добавка към традиционното дизелово гориво, неговите качества, свойства и въздействието му върху производителността и емисиите отделяни при работата на дизеловия двигател.

---

<sup>9</sup> Докладът е представен на пленарната сесия на 27 октомври 2016 с оригинално заглавие на български език: ЕТАНОЛЪТ КАТО ДОБАВКА КЪМ ДИЗЕЛОВОТО ГОРИВО

## 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., et al, 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 се 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.

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 (-OH), от етиловия остатък и тяхното взаимно влияние. Той участва главно в два вида реакции – с разкъсване на връзката O-H, или с разкъсване на връзката C-OH.

Таблица 1. Физико-химични свойства на етанола

Свойства на етанола	Стойност при 20° C	Мерна единица
Плътност, $\rho$	789,4	$\text{Kg/m}^3$
Температурен коефициент, $d\rho/dT$	-0,84	$\text{kgm}^{-3} \text{K}^{-1}$
Повърхностно напрежение, $\sigma$	22,75	$\text{Nm}^{-1}$
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, $\lambda$	0,166	$\text{Jm}^{-1} \text{sec}^{-1} \text{K}^{-1}$
Термична дифузия, $\chi$	8,7	$10^{-8} \text{ m}^2 \text{sec}^{-1}$
Динамичен вискозитет, $\eta$	1,2	$10^{-3} \text{ kgm}^{-1} \text{sec}^{-1}$
Кинематичен вискозитет, $\nu$	1,52	$10^{-6} \text{ m}^2 \text{sec}^{-1}$
Парно налягане	5700	$\text{Nm}^{-1}$
Число на Прантъл, $Pr$	17	
Повърхностно напрежение $S = d\rho/d\mu^2$ при дебелина на слоя $d = 1\text{mm}$	$5,73 \cdot 10^3$	

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 -OH групата определя подвижността на този водороден атом. Ето защо етиловият алкохол може да взаимодейства с алкални метали. Продуктите се наричат етиланти. Етиловият алкохол обаче не променя лакмуса в червен, не

взаимодействия с NaOH (натриева основа). Следователно етиловият алкохол не е киселина. Използва се като суровина при производството на други продукти, напр. ацеталдехид.

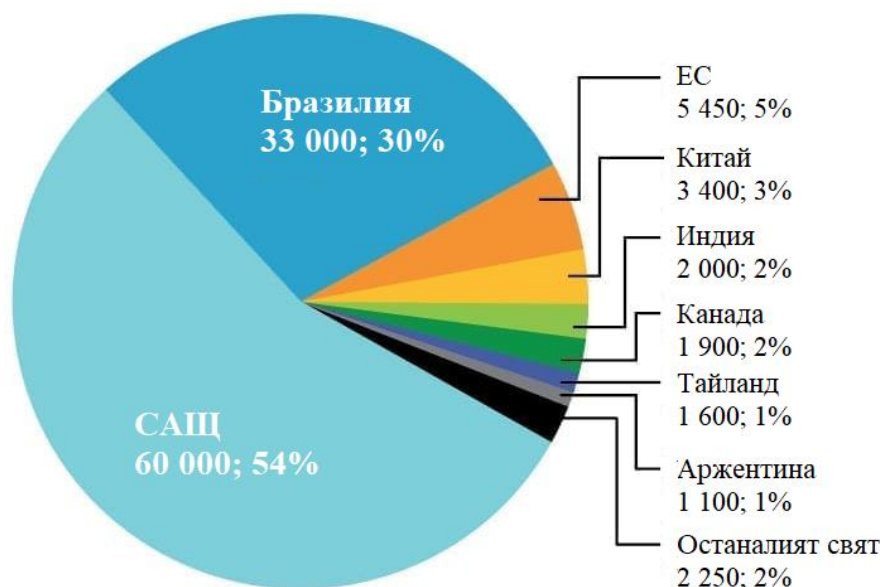
Етанолът може да бъде използван като гориво в двигателите с вътрешно горене. Като E100 (чист етанол) широко се използва за гориво в Бразилия и Аржентина, като за целта обаче е желателно двигателят да бъде модифициран. Може да се използва и като добавка към основното гориво в обикновен двигател. В САЩ често срещани са E10 и E85, които съдържат съответно 10 и 85% етанол. В Бразилия смеската от 20 – 25% етанол с бензин (газолин 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 царевичната е жизнено необходима в много краища на света. Друга критика е, че понякога за засаждането на тези култури се изсичат милиони хектари гори.

### Производство на етанол

В момента етанолът е най-широко използваното течно биогориво. Произвежда се чрез ферментация от захари, които могат да бъдат получени от естествени захарни култури (например захарна тръстика, захарно цвекло), нишестета (например царевица, пшеница) или целулозна биомаса (например, царевични стъбла, слама, трева, дървесина) (Hansen, A., 2005). Най-често срещаната суровина е захарна тръстика или захарно цвекло, а втората обикновено използвана суровина е царевичното нишесте. Понастоящем използването на целулозна биомаса е много ограничено поради скъпа предварителна обработка, която е необходима за разрушаване на кристалната структура от целулоза. Биоетанолът вече е утвърдена стока поради неговото широко приложение не само при горивата, а и в производството на фармацевтични продукти и козметика (Piev, S., 2015).

Всъщност етанолът е най-старият синтетичен органичен химикал, използван от човечеството. Фигура 1 показва най-големите производители на етанол за 2019г.



Фиг. 1. Производство на етанол по страни за 2019г. в милиона литри

Методът за производството на етанола зависи от вида на използваната суровина. При използването на целулозни суровини, процеса е по-дълъг в сравнение с използването на суровини, които са на основата на нишесте или захар.

Въпреки, че съществуват различни начини за производство на етанолово гориво, най-често срещаният начин е чрез ферментация.

Основните стъпки при производството на големи количества етанол са: микробактериална ферментация на захари, дестилация, дехидратация и денатуриране. Преди ферментацията някои култури се нуждаят от захарификация или хидролиза на въглехидрати като нишесте и целулоза до захари. Захарифицирането на целулозата се нарича целулолиза. Ензимите се използват за превръщане на нишестето в захар.

#### • Ферментация

Етанолът се получава чрез микробна ферментация на захарта. Понастоящем микробната ферментация работи директно само със захари. Два основни компонента на растенията, нишесте и целулоза, са направени от захари - и по принцип могат да бъдат превърнати в захари за ферментация. В момента само захар (напр. Захарна тръстика) и нишесте (напр. Царевица) могат да бъдат икономически целесъобразни. Има голяма активност в областта на целулозния етанол, където целулозната част от растението се разгражда до захари и впоследствие се превръща в етанол.

#### • Дестилация

За да може етанолът да се използва като гориво, трябва да се отстранят твърдите вещества на концентрирана маса от дрожди от вида *Saccharomyces cerevisiae* и по-голямата част от водата. След ферментацията кашата се нагрява, така че етанолът да се изпари. [25] Този процес, известен като дестилация, отделя етанола, но неговата чистота е ограничена до 95–96% поради образуването на нискокипящ водно-етанолов азеотроп. Тази смес се нарича хидратен етанол и може да се използва като гориво самостоятелно, той не се смесва във всички съотношения с дизелово гориво, така че водната фракция обикновено се отстранява при допълнителна обработка, за да изгори в комбинация с дизеловото гориво в двигателите със самовъзпламеняване.

#### • Дехидратация

Има три процеса на дехидратация за отстраняване на водата от азеотропната смес етанол/вода. Първият процес, използван в много заводи за етанол, се нарича азеотропна дестилация и се състои в добавяне на бензен или циклохексан към сместа. Когато тези компоненти се добавят към сместа, тя образува наситена пара на хетерогенна азеотропна смес, която при дестилация произвежда безводен етанол на дъното и парна смес от вода, етанол и циклохексан/бензен.

#### Етанолът, като алтернативно гориво при дизеловите двигатели

Съдържанието на кислород в биодизела варира от 10 до 12% (Rajasekar, E.; Selvi, S., 2014) (Hoeckman, S.K., 2012) (Alptekin, E.; Canakci, M., 2008), а етанолът съдържа около 35 % (Çelebi, Y.; Aydın, H.J.F., 2019) (Gerdes, K.; Suppes, G.J., 2001). 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 (Rakopoulos, D., 2008). 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.J.F., 2010), 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 смесобразуването (Маринов Е., Трендафилов А., 2006).

Има три начина за използване на етанол в дизеловите двигатели (Rakopoulos, D., 2008) (Alptekin, E.J.F., 2017). Първият метод е да се осигури фумигация на етанола във постъпващия въздух с помощта на карбуратор или дюза монтирана на пълнителния

коллектор. Вторият метод е да се изгради система за двойно впръскване в цилиндровата глава, чрез модифициране на конфигурацията на системата и механична смяна на цилиндровата 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. (He, V.-Q., 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<sub>x</sub>), въглеродните окиси (CO) и димността намаляват, при използване на етанолови смеси, но СН се увеличават. Rakopoulos et al. (Rakopoulos, D., 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<sub>x</sub> има тенденция да намалява леко, докато СН 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 (Sayin, C.J.F., 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 1000min<sup>-1</sup> и 1800min<sup>-1</sup>. Резултатите от експеримента показват, че CO, СН и дисперсните частици намаляват, но NO<sub>x</sub> и BSFC се увеличават.

## ИЗВОДИ

Изкопаемите горива са ценен източник на енергия, който се използва в огромни количества. Кое то води не само до бързото изразходване на наличните запаси на земята, но и отделянето на големи количества вредни емисии във въздуха.

Използването на алтернативни горива, като биодизел и биоетанол намаляват необходимостта от използването на ископаемите горива, но въпреки това за тяхното производство са необходими други източници. Както беше споменато основният добив на етанол се получава от захарна тръстика, царевица, захарно цвекло, картофи и житни култури. Кое то води до използването на хранителни продукти, а също така и обезлесяването на големи територии, необходими за засаждането на тези насаждения.

Основните заключения, които могат да бъдат направени относно етанола, като гориво при дизеловите двигатели са:

- Етанолът не може да бъде използван, като основен горивен източник на енергия.
- Етанолът може да бъде използван само като добавка към дизеловото гориво.
- Направените до момента изследвания са показали, че увеличаването на порцията етанол в дизеловото гориво води до намаляване на NO<sub>x</sub>, CO и дисперсните частици, но се увеличава количеството на СН.
- Повишената концентрация на етанол в дизеловото гориво води и до увеличаване на BSFC и намалява BTE.

При цялостното разглеждане на използването на алтернативни горива, като се започне с добивът му, след това преработката му и стигнем до ефекта оказващ върху работата на двигателите със самовъзпламеняване. Не може да се даде точен отговор, относно това дали се намалява или увеличава вредата от използването на алтернативни горива в глобален мащаб.

## REFERENCES

- Iliev, S. (2018). *Comparison of Ethanol and Methanol Blending with Gasoline Using Engine Simulation, Biofuels - Challenges and opportunitie*. Mansour Al Qubeissi, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.81776.
- Iliev, S. (2017). *Investigation of N-Butanol Blending with Gasoline using a 1-D Engine Model*. In Proceedings of the 3rd International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems - Volume 1, pp. 385-391
- Torres-Jimenez, E., et al (2011). *Physical and chemical properties of ethanol–diesel fuel blends*. Fuel, vol. 90, pp. 795-802.
- Hansen, A. (2005). *Ethanol-diesel fuel blends - a review*. Bioresource Technology, vol. 96, pp. 277-285.
- Iliev, S., & Mitev, E. (2019). *Modeling and investigation of a diesel engine with methanol additives*. DAAAM International Vienna.
- Iliev, S. (2015). *Comparison of Ethanol and Methanol Blending with Gasoline Using Engine Simulation*. Procedia Engineering, vol. 100, pp. 1013-1022.
- Suh, H.K., Lee, C.S. (2016). *A review on atomization and exhaust emissions of a biodiesel-fueled compression ignition engine*. Renew. Sustain. Energy Rev. 58, 1601–1620.
- 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. Manag. 49, 3155–3162.
- Sayin, C.J.F. (2010). *Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol–diesel blends*. Fuel, 89, 3410–3415.
- Alptekin, E.J.F. (2017). *Evaluation of ethanol and isopropanol as additives with diesel fuel in a CRDI diesel engine*. Fuel, 205, 161–172.
- He, B.-Q.; Shuai, S.-J.; Wang, J.-X.; He, H.J.A.E. (2003). *The effect of ethanol blended diesel fuels on emissions from a diesel engine*. Atmos. Environ. 37, 4965–4971.
- Hooftman N., Messagie M., Mierlo J. V., Coosemans T. (2018). *A review of the European passenger car regulations – Real driving emissions vs local air quality*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 86, Pages 1-21.
- Marinov E., Trendafilov A. (2006). *Vъзможности за подобряване условията на изгаряне на биогорива в дизелови двигатели*. Izdatelstvo: “MOTAUTO”, Varna, str. 17-18. (**Оригинално заглавие:** Маринов Е., Трендафилов А. (2006). Възможности за подобряване условията на изгаряне на биогорива в дизелови двигатели. Издателство „MOTAUTO“, Варна, стр. 17-18.)