

FRI- 20.21-1-TMS-14

CONVERSION OF A GASOLINE INTERNAL COMBUSTION ENGINE TO RUN ON BUTANOL¹⁴

M. Eng. Stanimir Tsanov, PhD Student

Department of Transport Equipment and Technologies

Technical University of Varna

Tel.: +358 76 213188

E-mail: stanimir.tsanov@mail.bg

Assoc. Prof. Dr. Simeon Iliev, PhD

Department of Engines and Vehicles

University of Ruse "Angel Kanchev"

E-mail: spi@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Dr. Radostin Dimitrov, PhD

Department of "Transport Equipment and Technologies"

Technical University of Varna

E-mail: r_dimitrov@tu-varna.bg

***Abstract:** This work examines the possibilities of using butanol as an alternative fuel in gasoline internal combustion engines and the necessary modifications to ensure efficient and reliable operation. Butanol has a number of advantages over ethanol, including higher energy density, lower hygroscopicity, and better compatibility with fuel infrastructure. However, differences in physicochemical properties compared to gasoline require changes to the fuel system, ignition calibrations and mixture management. The article presents the key aspects of these modifications, emphasizing the potential of butanol to reduce harmful emissions and improve the sustainability of the energy system by partially or fully replacing gasoline. The study highlights the potential of butanol to establish itself as a sustainable fuel in the transportation sector.*

Въведение

Повишаващите се изисквания за опазване на околната среда и намаляване на зависимостта от изкопаеми горива насочват вниманието на научните среди и индустрията към алтернативни енергийни източници. Сред тях, бутанолът се очертава като перспективно биогориво за приложение в двигатели с вътрешно горене. Благодарение на по-високата си топлотворна способност спрямо етанола и сходната плътност с бензина, бутанолът предлага по-добра енергийна ефективност и по-малки конструктивни промени при адаптация на двигателя (Iliev S. 2021).

Въпреки тези предимства, директното му използване в стандартни бензинови двигатели е свързано с редица технически предизвикателства: различна скорост на горене, по-висока топлопроводимост, както и специфично влияние върху формирането на горивно-въздушната смес. Затова е необходимо да се анализират и приложат инженерни решения за корекция на горивната система, системата за запалване и управлението на двигателя (Qureshi, N., et al. 2008).

Настоящата работа цели да изследва тези аспекти и да представи практически насоки за модификация на бензинови двигатели за работа с бутанол, като се оценява потенциалът му за подобряване на екологичните и енергийните характеристики на транспортния сектор.

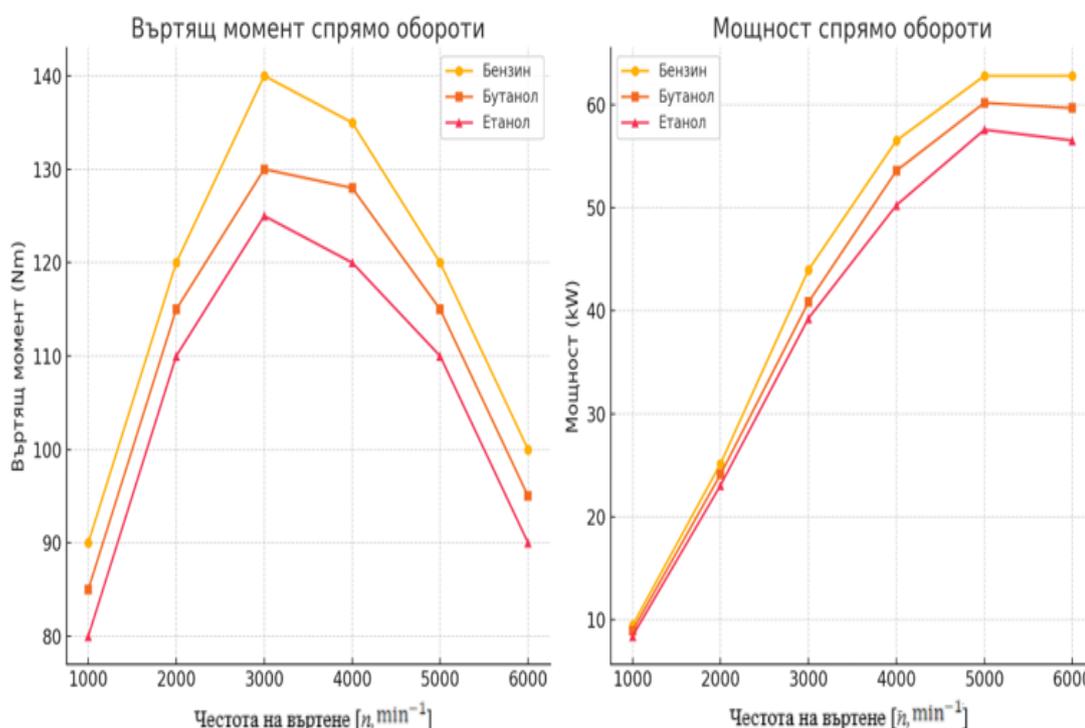
ИЗЛОЖЕНИЕ

Преобразуване на бензинов двигател за работа с бутанол

¹⁴ Докладът е представен на студентската научна сесия на 24 октомври 2025 г. в секция Транспорт и Машинознание с оригинално заглавие на български език: Преобразуване На Бензинов Двигател С Вътрешно Горене За Работа С Бутанол.

Общи изисквания и съвместимост

Бутанолът притежава физико-химични свойства, които го правят подходяща алтернатива на бензина в двигатели с вътрешно горене. С по-високо октаново число (около 96–105, в зависимост от изомера), бутанолът позволява по-високи степени на компресия и намалява риска от детонации. Освен това, той е по-малко летлив от етанола, което води до по-стабилна работа на двигателя при нормални условия. Въпреки тези предимства, някои компоненти на горивната система трябва да бъдат проверени или заменени, за да се избегне корозия или повреда. Материали като алуминий, месинг и някои видове пластмаса могат да бъдат уязвими към дълготрайна експозиция на алкохолни горива, включително бутанол (Dürre, P. 2007). (Фиг.1).



Фиг. 1. Мощностна характеристика между Бутанол, Бензин и Етанол

Необходими модификации

За да бъде един бензинов двигател напълно съвместим с бутанол, са необходими следните ключови промени:

-Горивна система: Подмяна на горивните маркучи, уплътнения и филтри с алкохол-устойчиви материали (например Viton). Дюзите трябва да бъдат с по-голям дебит, тъй като бутанолът има по-ниска енергийна плътност (около 27 MJ/kg спрямо 43 MJ/kg за бензин).

-Система за запалване: Времето на запалване трябва да бъде коригирано (чрез ремапинг или пренастройка на ECU), тъй като бутанолът има по-висока топлоемкост и различна скорост на изгаряне.

-Контролен блок (ECU): Необходимо е ремапване на ECU или използване на програмируем модул (piggyback ECU), за да се постигне оптимално съотношение въздух-гориво (AFR) и да се отчете различното поведение при запалване и горене.

-Предпусково загряване: Особено в студен климат, може да се наложи интеграция на система за подгриване на горивото или входящия въздух, тъй като бутанолът има по-ниска изпаряемост от бензина.

Предимства и предизвикателства

Предимства:

- По-висока устойчивост на детонации.
- Намалени емисии на въглероден оксид и несгорели въглеводороди.
- Възможност за използване на възобновяеми суровини за производство на бутанол.
- По-добра смесимост с бензин в сравнение с етанол.

Предизвикателства:

- Трудности при студено стартиране.
- Понижена мощност при 100% бутанол, ако не се оптимизира напълно системата.
- Потенциални проблеми с материалната съвместимост и дългосрочна надеждност.
- Необходимост от честа калибрация и диагностика при преходни режими.

Примери от практиката

През последното десетилетие в редица академични среди и състезателни екипи са реализирани успешни проекти за конверсия на бензинови двигатели за работа с бутанол. Един от най-значимите примери са университетските състезания с еко-автомобили, в които отборите залагат на алтернативни горива за постигане на висока енергийна ефективност и минимални емисии. При тези проекти се използват специализирани ECU контролери с възможност за фина настройка на момента на запалване и количеството впръскано гориво. Така се компенсира различната тоplotворна способност и скорост на горене на бутанола в сравнение с бензина. Практическите резултати показват, че дори стандартни двигатели от малка категория (с работен обем 1.4 L до 1.6 L) могат да постигнат задоволителни характеристики при работа с бутанол. В някои случаи е отчетено подобрение на специфичния разход на гориво с до 5–8% и едновременно с това понижение на въглеродния оксид (CO) и незгорелите въглеводороди (HC). Намалването на емисиите е особено отчетливо при частично натоварване и ниски честоти на въртене на двигателя, което е от значение за градския транспорт. Освен академичните инициативи, в състезателни среди също са провеждани експерименти с бутанол като компонент в горивни смеси. В някои отбори от Formula Student бутанолът се използва като добавка към бензина, за да се съчетаят високата му устойчивост на детонации и по-добрите екологични показатели. Резултатите сочат, че смесите с 20–30% бутанол могат да осигурят почти същата мощност като бензина, но с осезаемо по-ниски емисии. В практиката вече съществуват и реални примери за малки автомобили, модифицирани да работят с високи дялове бутанол. Това доказва, че макар и с известни предизвикателства, внедряването му в съвременните двигатели е технически постижимо. Най-често срещаните модификации включват корекция на горивните карти, използване на по-продуктивни горивни помпи и смяна на някои уплътнителни материали заради химичните свойства на бутанола.

Всички тези примери ясно показват, че бутанолът не е само теоретична възможност, а реална алтернатива, която може да намери широко приложение в бъдеще, особено в условията на засилващи се екологични изисквания (Xue, C., Zhao, J., Liu, F., Lu, C., Yang, S., & Bai, F. 2017) (Таблица 2).

Таблица 2. Сравнение на параметри на двигател преди и след модификация за бутанол

Параметър	Двигател (бензин)	След модификация (бутанол)
Гориво	Бензин	100% n-бутанол
Октаново число	95	96–105
Макс. въртящ момент 4000 n, min ⁻¹	135 Nm	128 Nm
Макс. мощност 6000 n, min ⁻¹	84.8 kW	74.8 kW
Специфичен разход на гориво	270 g/kWh	300 g/kWh
AFR (съотношение въздух/гориво)	14.7:1	11.2:1

Време за студено палене	<3 секунди	4–6 секунди
Емисии CO (в %)	1.2	0.6
Температура на изгорелите газове	750°C	720°C
ECU настройки	ОЕМ	Ремап или piggyback модул
Материали на горивна система	Каучук, пластмаса	Viton, тефлон, устойчива гума
Предпусково загряване	Не	Препоръчително

Заклучение

Представените технически сравнения, емпирични данни и реализирани модификации на двигатели потвърждават, че бутанолът може да бъде използван както в чист вид, така и в различни смеси с бензин, без необходимост от фундаментални конструктивни промени. В повечето случаи е достатъчна оптимизация на системата за управление на двигателя, корекция на горивните карти и адаптиране на някои компоненти от горивната система.

Съществено предимство на бутанола е неговата по-ниска хигроскопичност, която намалява риска от корозия и проблеми при дългосрочно съхранение на горивото. Освен това, добрата му смесимост с бензина го прави подходящ за използване в широк диапазон от пропорции, без необходимост от сложна инфраструктура или отделни системи за доставка.

Докладът отразява резултати от работата по проект No 2025-РУ-02, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.“

REFERENCES

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.

Qureshi, N., et al. (2008). Bioconversion of renewable resources into butanol. *Applied Microbiology and Biotechnology*.

Илев, 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 - SMS; ISBN 978-989-758-242-4; ISSN 2184-495X

Xue, C., Zhao, J., Liu, F., Lu, C., Yang, S., & Bai, F. (2017). *Developing a low-cost fermentation process for butanol production from lignocellulosic biomass*. *Bioresource Technology*, 243, 914–921

Dürre, P. (2007). Biobutanol: an attractive biofuel. *Biotechnology Journal*. U.S. Department of Energy – Biofuels Basics (energy.gov)

Илев 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