
OPPORTUNITIES FOR USING BIOGAS AS A FUEL FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES¹

Assist. Prof. Radostin Dimitrov, PhD

Automotive engineering Department,
Technical University of Varna, Bulgaria
Tel.: 052/ 383 - 464
E-mail: r_dimitrov@tu-varna.bg

Abstract: *The article describes the possibilities of using biogas as a fuel for internal combustion engines. The use of biomethane as a fuel for internal combustion engines has great potential with important socio-economic benefits, as biomethane is an alternative energy source. Its use can significantly reduce exhaust emissions from vehicles in the air. The possibilities of using biogas and upgraded biogas are analyzed. The main areas of application of biogas like a fuel are shown.*

Keywords: *Biogas, upgraded biogas, ICE, environmental..*

ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на биометан като гориво за двигателите с вътрешно горене има голям потенциал с важни социално-икономически ползи (биометана е алтернативен енергиен източник). Чрез неговото използване значително могат да се намалят отделяните от автомобилите в атмосферата вредни емисии в отработилите газове, Освен това биогазът е изключително значим парников газ и има високо съдържание на метан и въглероден двуокис в пропорции около 60/ 40%. Това прави задължително използването на биогазът за енергийни цели в местата на неговото получаване (градски сметища, различни ферми и места на гниене на органични продукти), както и като гориво за ДВГ след обогатяването му.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Биометанът (обогатен биогаз със съдържание на метан до 95%) може да се използва като гориво за всички видове ДВГ, които са снабдени със горивна система за работа с природен газ. Реалното съдържание на метан и на двете горива е около 95%. Също така работата на двигателя с двата типа газ, както и протичащите процеси в цилиндъра, емисиите от отработилите газове, експлоатацията и ресурса на ДВГ се считат за еднакви. Съществуват различни начини за използването на природен газ за работа на ДВГ: компресиран природен газ (CNG), втечен природен газ (LNG), дву-горивни ДВГ (бензин или CNG) и двойно горивни ДВГ (LNG и дизелово гориво или CNG и дизелово гориво).

Необогатен биогазът не е подходящ за използване в ДВГ, тъй като съдържанието на метан е относително ниско (60÷70%). Освен това в необогатеният биогаз има високи концентрации на замърсители.

Към момента в повечето страни от европейския съюз няма единен стандарт за биогаз като транспортно гориво. Това е така, тъй като той има по-слабо приложение и съдържа по-малко съставки в сравнение с биоетанола и биодизела. След преработка и обогатяването му, биогазът съдържа основно метан CH_4 (над 80%) и CO_2 .

Въпреки това, поради нарастващото търсене и употреба на биогаз в Швеция, там съществува стандарт за биометан (SS 155438) – предназначен за биогазово гориво използвано при бензинови двигатели. Според този стандарт съдържанието на CH_4 в биогазът трябва да е $97\% \pm 1\div 2\%$. Този Шведски стандарт е разработен от STG technical Group №85

¹ Докладът е представен на пленарната сесия на 27 октомври 2017 с оригинално заглавие на български език: ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕТО НА БИОГАЗ КАТО ГОРИВО ЗА ДВИГАТЕЛИТЕ С ВЪТРЕШНО ГОРЕНЕ

(ТК 85), и се отнася за използване на биометан от бензинови двигатели или преработени дизелови двигатели за работа с газово гориво. В този стандарт биометана се дефинира като: газ произведен от микробна ферментация на органични вещества в анаеробна среда (Atrax Energi 2005). Автобусите използващи компресиран природен газ или компресиран биометан в Швеция са над 4500 бр.

В Германия към 2007 год. има изградени над 650 станции за биометан. Там според Германската технико-научна асоциация за газ и вода (DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.), биогазът използван в автотранспорта се класифицира в два стандарта: биогаз от група Н (високо калоричен газ) със съдържание на CH₄ от 87 ÷ 99,1% и биогаз от група L (ниско калоричен газ) със съдържание на CH₄ от 79,8 ÷ 87%.

Емисии от биометан: Съществуват два вида емисии на парникови газове, които са повлияни от производството и използването на биометан – CH₄ и CO₂. Метанът сам по себе си представлява парников газ с относително висок потенциал към глобалното затопляне. Всеки кг. метан затопля земята 23 пъти повече, отколкото същото масово количество CO₂, осреднено за период над 100 години. Метанът се излъчва в атмосферата от два различни източника (от източници свързани пряко с хората и от природни източници). Свързаните с човека дейности са: производство на изкопаеми горива, животновъдство, изгаряне на биомаса, управление на отпадъци и др. Смята се, че тези дейности отделят значителни количества CH₄ в атмосферата - над 60%. Естествените източници на CH₄ включват: влажни зони, газови хидрати, термити, океани, сладководни басейни, горски пожари и др.

Емисиите на CO₂ до голяма степен зависят от използваната суровина за производство на биогаз. Ако като суровина за производство на биогаз се използва биологичен отпадък от животновъдството, емисиите на CO₂ от производството могат да бъдат намалени с 65 ÷ 85%, в сравнение ако се използват специализирани енергийни култури.

Въпреки това, парниковите газове и вредните емисии отделяни при изгарянето на биометана са значително по-малко в сравнение в течните горива. Таблица 1 показва с колко % могат да се намалят излъчваните вредните емисии от ДВГ при използването на биометан (обогащен биогаз) в сравнение с дизелово гориво и бензина.

Основният проблем при използването на биогаз в транспорта е липсата на инфраструктура. Превозните средства които се движат с природен газ изискват допълнително оборудване и системи, които не се предлагат при масово произвежданите автомобили. Въпреки това в няколко европейски държави е създадена инфраструктура за производство и употреба на природен газ. Тези системи могат да се използват едновременно за природен газ и биометан.

Таблица 1 Намаляване на вредните емисии в % от изгарянето на биометан в сравнение с бензин и дизелово гориво.

Емисии	Бензин	Дизелово гориво
NO _x	55%	80%
CO	55%	50%
PM	-	98%
HC	80%	80%
Формиране на озон	65%	85%

Пречистването на биогаза е сравнително нова технология, но опита на Швеция и други страни показва, че това е възможно и може да се постигне високо качество с ниски разходи. Опита на Швеция показва, че биогазът може да бъде икономически устойчиво гориво, с възможност за драстично намаляване на излъчваните вредни емисии от градския транспорт.

Днес над 8 000 превозни средства използват метан като гориво в Швеция. През 2005 год. 45% от общото количество метан използвано при ДВГ е произведено от биогаз. В световен мащаб с всяка изминала година пазарът на биогаз, използван като транспортно гориво се увеличава.

В момента енергийните доставки са силно зависими от изкопаемите източници (суров петрол, лигнитни въглища, каменни въглища, природен газ). Тези източници са получени от вкаменени останки на растения и животни, които са били подложени на действието на топлината и налягането в земната кора в продължение на стотици милиони години. Това прави изкопаемите горива невъзобновяеми ресурси, чиито запаси намаляват много по-бързо, отколкото се формират нови. За сравнение биогазът е алтернативен източник на енергия, който може да се произведе от биологични отпадъци.

Биогазът се получава посредством биохимичния процес метаногенеза, като органичните вещества се разграждат от различни видове бактерии в среда с отсъствие на кислород до получаване на CH_4 . Когато готовата суровина приготвена за производство на метан е смес от два или повече вида изходни суровини, като например: разтвори от органични отпадъци от животновъдството и отпадъци от хранителната промишленост, тогава процесът се нарича коферментация. Това е и най-често използваният процес за получаване на биогаз.

Биогазът добит анаеробно чрез разтваряне на органични вещества, представлява богат на метан запалим газ, без цвят и мирис. Съставните компоненти на биогаза варират в зависимост от вида на изходната суровина и от начина на производството му. Основните съставни компоненти са показани в таблица 1.

Таблица 2 Компоненти на биогаза

Компонент	Хим. ф-ла	Размерност	Биогаз от биологични отпадъци	Биогаз от растителни суровини	Сметищен биогаз
Метан	CH_4	% от обема	65 ÷ 75	45 ÷ 75	45 ÷ 55
Въглероден диоксид	CO_2	% от обема	20 ÷ 35	20 ÷ 55	20 ÷ 30
Въглероден оксид	CO	% от обема	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Азот	N_2	% от обема	3,4	0,01 ÷ 5,00	10 ÷ 25
Кислород	O_2	% от обема	0,5	0,01 ÷ 2,00	1 ÷ 5
Водород	H_2	% от обема	следи	0,5	няма
Аргон	Ar	% от обема	0,001	0,001	0,001
Сероводород	H_2S	mg/ m ³ *	< 8000	10 ÷ 30	< 8000
Амоняк	NH_3	mg/ m ³ *	следи	0,01 ÷ 2,50	следи
Силоксани	R_2SiO	mg/ m ³ *	< 0,1 ÷ 5,0	следи	< 0,1 ÷ 5,0
Бензен, толуен	$\text{C}_6\text{H}_6, \text{CH}_3, \text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	mg/ m ³ *	< 0,1 ÷ 5,0	няма	< 0,1 ÷ 5,0
хлоро-флуоро-въглероди	CFC	mg/ m ³ *	няма	20 ÷ 1000	няма
Долна топ-лина на изгаряне	Hu	MJ/ kg *	18,6 ÷ 23,3	15,5 ÷ 23,3	12,8 ÷ 15,6
Плътност	ρ	kg/ m ³ *	1,16	1,16	1,27
Октаново число	-	RON	134	124 ÷ 150	136

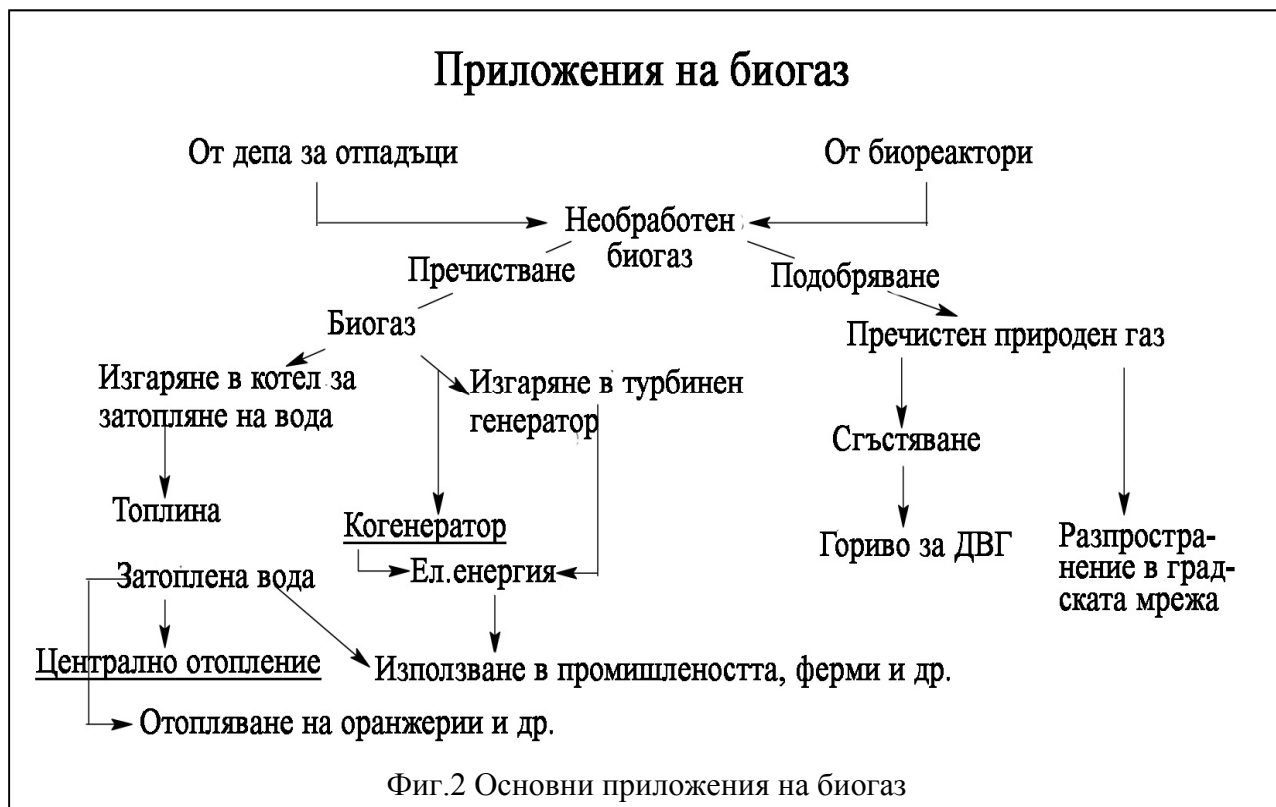
* - представените данни са измерени при стандартни условия ($p=101325 \text{ Pa}$ и $T=293,15 \text{ K}$)

Биогазът може да се използва за получаване на електричество или механична енергия, като гориво на ДВГ и газови турбини, за загряване на самия субстрат от отпадъците, за получаване на топлинна, за битово и промишлено гориво, като суровина в химическата промишленост и т.н..

При изгарянето на един кубичен метър биогаз се получава около 370 KJ топлинна енергия на всеки процент метан от състава на биогаза (примерно: ако 1 м³ биогаз съдържа 65% метан, то получената топлинна енергия ще е около 24,05 MJ/m³). Един кубичен метър метан при атмосферно налягане 1013,25 hPa и температура 15 °C има маса 0,679 кг. От 1 кг биомаса (като сухо вещество) се получават от 200 до 1200 литра биогаз в зависимост от състава на биомасата и условията на ферментация.

Биогазът може да бъде използван за производство на електричество чрез горивни клетки или турбинни двигатели, комбинирано производство на топло и електроенергия или като транспортно гориво. Някои от приложенията на биогаза като гориво са показани на фигура 2.

Биогаз като гориво – когато биогазът се използва като гориво за ДВГ, всички замърсители включително и въглеродният диоксид, трябва да се премахнат за да се повишава съдържанието на метан в газа. Биогазовото гориво е смес от CH₄ и CO₂, обикновено в съотношение 6:4 (55 ÷ 80 % метан). В допълнение се съдържат и малки количества сероводород и следи от други газове. Единствено CH₄ може да се използва като гориво в ДВГ, затова той трябва да се отдели от CO₂ и останалите газове.



Този процес се нарича обогатяване на биогаза. Като краен продукт се получава биометан, който съдържа CH₄ между 95÷98 %. Съществуват различни технологии за обогатяване на биогаза за постигане на необходимото качество като транспортно гориво. Най-широко разпространените методи са: абсорбцията (водно очистване, очистване с органични разтвори) и адсорбцията (pressure swing adsorption - това е процес на задържане на молекулите на газа върху повърхността на твърдо вещество и се осъществява при променливо налягане). Друга, по-рядко използвана техника е криогенната сепарация. Обикновено обогатяването на биогаза става в две стъпки, като основната част в процеса е премахването на CO₂. Второстепенните замърсители като серните съединение, се пречистват преди премахването на CO₂, като се регулира точката на кондензиране на водата в зависимост от процеса. Нова обещаваща технология е „мембранната технология“, която има потенциал да бъде и енергийно ефективна.

Също така премахването на въглеродният диоксид е необходимо, за да се достигне необходимият индекс на Вобе. Индексът на Вобе представлява отношението между горната топлина на изгаряне на единица обем газ и корен квадратен от неговата относителна плътност, измерени при едни и същи условия. Когато се отстранява въглеродният диоксид от биогаза, се отнемат и малки количества CH_4 . Тъй като метанът е парников газ и е 23 пъти по-силен от CO_2 (т.е. молекула метан е 23 пъти по-ефективна, отколкото е молекула CO_2 в улавянето на излъчена от земята топлина), е важно загубите на метан да се ограничат до минимум по икономически причини и за опазване на околната среда.

ИЗВОДИ

Използването на биогаз в транспортния сектор е технология с голям потенциал и важни социално-икономически ползи. Броят на пътническите автомобили, общественият транспорт и тежкотоварните автомобили, задвижвани с биогаз нараства с всяка изминала година. Обогатеният биогаз може да се използва като гориво по същия начин и в същите транспортни средства, както и природния газ. Броят на европейските градове, които подменят дизеловите си автобуси, с автобуси задвижвани от метан непрекъснато се увеличава. Много от личните превозни средства са модифицирани за работа с CH_4 , като са инсталирани резервоари за съхранение на CH_4 под високо налягане в багажното отделение и система за подаване на газово гориво. Днес повече от 50 производители на автомобили по света предлагат над 250 модела леко и тежко товарни пътно-транспортни средства, задвижвани от CH_4 . Тежкотоварните моторно превозни средства могат да бъдат приспособени да се движат само на метан, но в повечето случаи се монтират двугоривни двигатели. Този тип двигател използва система за впръскване на дизелово гориво като CH_4 се запалва чрез впръскването на малко количество дизел. Тези двигатели са по-икономични и поддържат същите транспортни характеристики, както при дизеловите варианти.

Превозните средства използващи обогатен биогаз имат значителни предимства спрямо тези с бензинови или дизелови двигатели. Общите емисии CO_2 са драстично редуцирани в следствие използването на газово гориво. Емисиите на сажди също са намалени драстично, дори в сравнение с новите дизелови двигатели, които използват съответните филтри. Емисиите на азотните оксиди и неметановите въглеводороди също са значително намалени. Доказано е, че обогатеният биогаз (биометан) има най-голям потенциал като гориво, в сравнение с останалите биогорива.

Голям потенциал за производство на биогаз има в малките градски райони, където има разположени множество малки животински ферми. Животинските отпадъци с успех могат да се използват за производство на биогаз, а той за производство на електроенергия или отопление през студените сезони.

REFERENCES

Dimitrov R. (2015); Investigation the influence of upgraded biogas on combustion processes in engine with external mixture formation. Thesis for acquiring PhD degree. Varna. 2015. Bulgaria

Dimitrov R., P. Zlateva (2015); A study of the environmental characteristics of a gasoline engine operating on upgraded biogas; Eastern Academic Journal; Volume 2, July, 2015; ISSN: 2367-7384.

Zlateva P., Demirova S., Logistics chain of natural gas in Bulgaria, Acta tehnica corviniensis, University Politehnica Timisoara, ISSN: 2067 – 3809, Fascicule 4, Tome IX, 2016, pp. 67-70

Zlateva P., Dimitrov R., Tehniko-ikononicheski aspekti pri izpolzvaneto na vtechen prirodni gaz, sp. Enerdzhi revyu, ISSN 1314-0671, br. 5, 2014, str.40-43 (**Оригинално заглавие:** Златева П., Димитров Р., Техничко-икономически аспекти при използването на втечен природен газ, сп. Енерджи ревью, ISSN 1314-0671, бр. 5, 2014, стр.40-43)

Arnott M. The biogas/ biofertilizer business handbook, USA, Publisher: Peace corps, 1985,

Beil M., Uwe Hoffstede. Technical success of the applied biogas upgrading methods, Publisher: biogasmax.eu, 2010,

Miltner M., A. Makaruk, M. Harasek. Application of gas permeation for biogas upgrade – operational experiences of feeding biomethane into the Austrian gas grid, Austria, Vienna university of technology, Institute of chemical engineering,

<http://lemvigbiogas.com/>

<http://bg.wikipedia.org/wiki/Биогаз>

www.agroekon.com