

УДК 621.43

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ В ТРАНСПОРТНЫХ ДВС

**А.М. Левтеров, ст. науч. сотр., к.т.н., Л.И. Левтерова, вед. инженер,  
Н.Ю. Гладкова, вед. инженер, ИПМаш имени А.Н. Подгорного НАН Украины,  
г. Харьков**

*Аннотация.* Приведены результаты расчётных и экспериментальных исследований рабочих циклов бензинового 4Ч 7,9/8,0 и газового 2Ч 10,5/12,0 двигателей, для которых в качестве топлива использовались бензоэтанольные смеси, природный газ и биогаз.

*Ключевые слова:* ДВС, альтернативные топлива, расчет, токсичность, характеристика.

## ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ У ТРАНСПОРТНИХ ДВЗ

**А.М. Левтеров, ст. наук. співр., к.т.н., Л.І. Левтерова, пров. інженер,  
Н.Ю. Гладкова, пров. інженер, ІПМаш імені А.Н. Підгорного НАН України,  
м. Харків**

*Анотація.* Викладено результати розрахункових та експериментальних досліджень робочих циклів бензинового 4Ч 7,9/8,0 та газового 2Ч 10,5/12,0 двигунів, для яких в якості палива використано бензоетанольні суміші, природний газ та біогаз.

*Ключові слова:* двигун внутрішнього згорання, альтернативні палива, розрахунок, токсичність, характеристика.

## USE OF ALTERNATIVE FUELS IN ICE VEHICLES

**A. Levterov, senior researcher, Candidate of Technical Science,  
L. Levterova, principal engineer, N. Gladkova, principal engineer, IPMash after  
A. Podgornyi of NAS of Ukraine, Kharkiv**

*Abstract.* The results of calculated and experimental researches of the running cycles of petrol 4Ч 7,9/8,0 and gas 2Ч 10,5/12,0 engines for which petrol-ethanol mixtures, natural gas and biogas were used as fuel are presented.

*Key words:* internal combustion engine, alternative fuel, calculation, toxicity, characteristic.

### Введение

На текущий момент около 80 % общего потребления нефтяных топлив идет на нужды транспортных средств самого разного назначения. За сутки мировое потребление топлива различного вида составляет 30,4 млн. баррелей (4833 млн. литров) (рис. 1). Кроме того, транспорт дает 40 % общих вредных выбросов в атмосферу, в больших городах эта цифра достигает 90 % [1]. Предполагаемое сокращение запасов нефтяных энергоносителей, стремление к энергобезопасности госу-

дарств-импортеров топливных ресурсов заставляет уделять пристальное внимание энерго- и ресурсосбережению и находится в постоянном поиске новых видов топлив. Обозначился и определенный круг топлив, составляющих альтернативу традиционным топливам: природный газ (ПГ), шахтный метан и биотоплива, т. е. топлива, получаемые из биомассы различного происхождения (биогаз, биодизельное топливо, биометиловый и биоэтиловый спирты).

### Анализ публикаций и постановка задачи

Интерес к биотопливам в Западной Европе возник в начале 90-х годов прошлого столетия, страны Южной Америки и США адаптировали значительную часть своей транспортной системы к спиртовым топливам еще раньше. В странах ЕС уже несколько лет действует система принудительной 5 – 10 % добавки этанола к бензину при заправке автомобилей на АЗС; Германия, Швеция, Дания могут служить примером утилизации бытовых и сельскохозяйственных отходов до получения и использования биогаза на муниципальном транспорте и в фермерских хозяйствах.

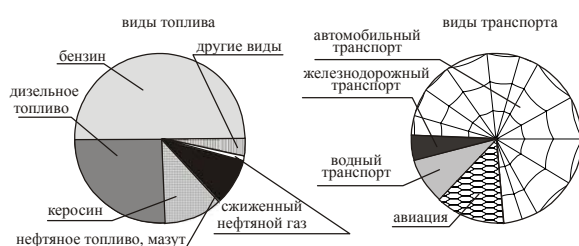


Рис. 1. Потребление топлив в мире по видам на различном транспорте

Кроме биотоплив, которые, судя по ситуации в ЕС (табл. 1), в ближайшее время не получат массового проникновения на топливный рынок, широкое распространение во всем мире получает сжиженный и сжатый природный газ (ПГ).

Таблица 1 Пропорции (в %) использования альтернативных топлив в ЕС до 2020 г.

Год	Биотоплива	ПГ	H <sub>2</sub>	Общий показатель
2005	2	–	–	2
2010	6	2	–	8
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23

В соответствии с «Энергетической стратегией развития Украины до 2030 года» предусмотрена к 2030 году замена части нефтяного топлива природным газом и топливами биологического происхождения. Ожидается до 14,4 % использования природного газа в балансе моторных топлив, что соответствует 5,47 млрд м<sup>3</sup>, а рост развития биоэнергетики должен обеспечить увеличение биологиче-

ской составляющей с 1,3 млн т в 2005 г. до 9,2 млн т в 2030 г. в пересчете на условное топливо [2]. Увеличение потребления альтернативных видов топлива, особенно для транспортных тепловых двигателей, предполагает, кроме поиска сырьевых источников и новых технологий производства этих топлив, необходимость решения целого ряда научно-технических задач. Это и коррекция или новая организация рабочих циклов ДВС с целью повышения их экономичности, и обеспечение необходимого ресурса, и, что особенно важно, обеспечение высокого уровня экологической безопасности транспорта. Особое значение решение этих задач приобретает, когда в эксплуатации находится достаточно большое количество автотранспорта устаревших моделей. Поэтому расчетно-экспериментальные исследования мощностных, экономических и экологических показателей транспортных ДВС, работающих на альтернативных топливах, представляются весьма целесообразными.

### Результаты численного и экспериментального исследования основных характеристик двигателей

Ниже приводятся и анализируются результаты численного и экспериментального исследования основных характеристик автомобильного бензинового двигателя 4Ч 7,9/8,0 и газового двигателя широкого назначения 2Ч 10,5/12,0, для которых в качестве топлива использовались бензоэтанольные смеси, ПГ и биогаз различного состава. На рис. 2–5 приведен характер изменений индикаторных ( $g_i$ ,  $p_i$ ,  $\eta_i$ ) и экологических (эмиссия оксидов азота и углерода – NO, CO, CO<sub>2</sub>) показателей двигателей по внешним скоростным и нагрузочным характеристикам.

Экспериментальные исследования проводились с 10 % бензоэтанольной смесью, природным газом и биогазом с соотношением метан – углекислый газ 64/36. Полученные результаты хорошо согласуются с результатами математического моделирования полного рабочего цикла двигателей (рис. 2, 3).

Практика использования этанола показала, что его наличие в количестве 5–15 % в смеси топлива не требует проведения существенных мероприятий по осуществлению эксплуатации двигателя.

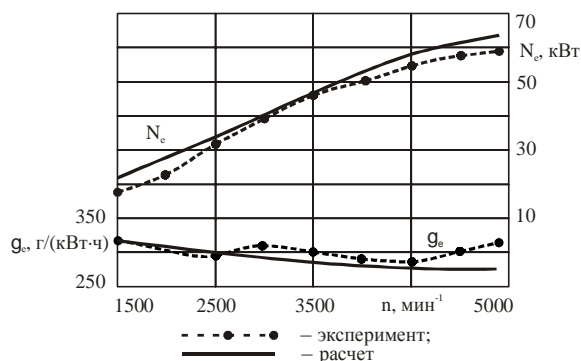


Рис. 2. Внешняя скоростная характеристика двигателя 4Ч 7,9/8,0 на бензоэтаноле с 10 % содержанием этанола

Как показывают расчеты, в таком случае практически не изменяются его мощностные показатели; содержание токсичных составляющих в отработавших газах – монооксидов азота и углерода – незначительно увеличивается, но заметно уменьшается эмиссия диоксида углерода (рис. 4). Последний показатель, который часто трактуется как одно из главных преимуществ использования этанола, имеет смысл снижения парникового эффекта только в случае производства этанола из био-массы.

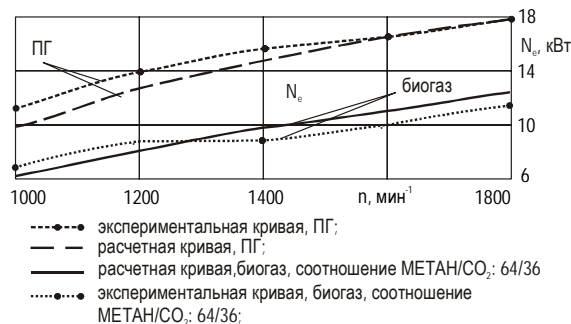


Рис. 3. Внешняя скоростная характеристика газового двигателя 2Ч 10,5/12,0 на природном газе и биогазе

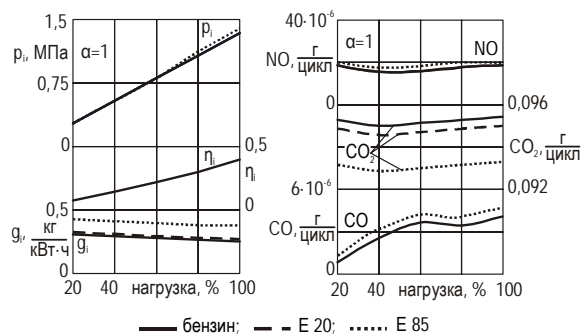


Рис. 4. Индикаторные показатели и показатели токсичности рабочего цикла двигателя 4Ч 7,9/8,0 по нагрузочной характеристике ( $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ )

Увеличение концентрации этанола в бензо-этанольной смеси до 85 %, а такое топливо достаточно распространено в некоторых государствах, вызывает рост максимальной температуры цикла, рост эмиссии NO и CO и требует замены некоторых конструкционных материалов двигателя в силу агрессивности этанола. Более глубокие исследования токсичности бензоэтанольных смесей, известных как E10 и E15 [3], проведенные на нескольких транспортных средствах по одному ездовому циклу, но с каталитическими нейтрализаторами разного типа, дают результаты эмиссии вредных веществ в широком диапазоне значений: бензола – (3,33–56,48 мг/км), толуола – (8,62–124,66 мг/км), м-ксилола – (2,97–51,65 мг/км), формальдегида – (20,82–477,57 мг/км), ацетальдегида – (9,46–219,86 мг/км). В сравнении с бензином отмечается очень незначительное сокращение эмиссии бензола, толуола и м-ксилола, существенное сокращение вредных летучих органических соединений, но увеличение эмиссии формальдегида и ацетальдегида.

В настоящее время в мире насчитывается около 11 млн. единиц транспортных средств, использующих ПГ. Энергетический потенциал ПГ как моторного топлива используется полностью за вычетом расходов на компримирование или сжижение и на транспортировку. Представляя собой смесь предельных углеводородов и имея незначительные примеси азота, кислорода, водорода, сероводорода, ПГ имеет высокую теплотворную способность и при сгорании даёт малотоксичный состав продуктов сгорания. На рис. 5 приведены расчётные показатели полного рабочего цикла газового двигателя 2Ч 10,5/12,0, полученные для ПГ и биогаза различного состава.

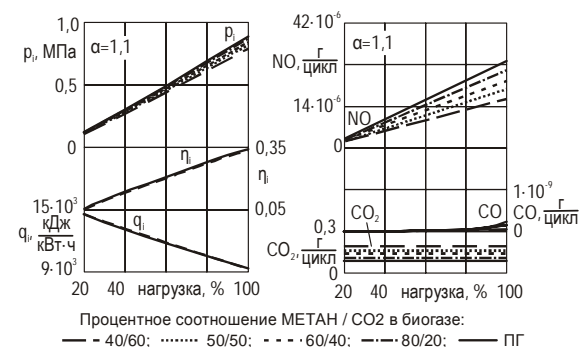


Рис. 5. Индикаторные показатели и показатели токсичности рабочего цикла газового двигателя 2Ч 10,5/12,0 по нагрузочной характеристике ( $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ )

Расчетом не предусматривалось определение эмиссии несгоревших частиц углеводорода СН, но экспериментальные исследования работы двигателя на смеси метана и углекислого газа в отношении 64/36 по объему показали ее снижение. Аналогичные результаты приводятся для биогаза, содержащего в своем составе 40 % CO<sub>2</sub>, в [4], где при сохранении величины эмиссии NO, соответствующей использованию ПГ, получают снижение эмиссии СН на 8 %, СО – на 15 %.

Биогаз при хорошо налаженной системе его получения и использования, пожалуй, является самым приемлемым альтернативным топливом. При незначительном снижении мощностных показателей, но снижении эмиссии NO, СО и соблюдении баланса CO<sub>2</sub> в продуктах сгорания технология использования биогаза, кроме того, способствует утилизации отходов. Ряд развитых стран Западной Европы (наверное, это удел развитых стран – убирать за собой мусор) успешно применяют технологии использования биогаза: в Дании биогазу отводится 18 % в общем энергобалансе страны, Швейцарская газовая ассоциация прогнозирует к концу 2010 года перевести 10 % всего автотранспорта на биогаз [5].

### Выводы

Использование биоэтанола без поддержки государства проблематично, кроме случая, когда речь идет об отходах спиртового производства. Производство этанола из биомассы обходится в 2 – 3 раза дороже, чем бензина, а о государственной поддержке производителей и потребителей биоэтанола в тех странах, где это топливо устойчиво используется, можно судить по стоимости E85 и бензина: E 85 продается по 0,75 – 0,85 €/л, а бензин по 1,11 – 1,19 €/л [6, 7].

Использование ПГ как альтернативного топлива целесообразно как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Долю биогаза в балансе моторных топлив Украины можно и нужно наращивать. Преимущество его использования неоспоримы

как в плане замены части нефтяного топлива, так и с точки зрения экологии – уменьшается эмиссия вредных веществ в отработавших газах, что подтверждается расчетными и экспериментальными исследованиями и, кроме того, утилизируются бытовые отходы жизнедеятельности общества.

### Литература

1. World Petroleum Council. London [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.world-petroleum.org>
2. Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 года. / Распоряжение КМ Украины от 15 марта 2006 г. № 145-р.
3. Sing T.L. Applicability of gasoline containing ethanol as Thailand's alternative fuel to curb toxic VOC pollutants from automobile emission / Sing Tet Leong, S. Muttamara, Preecha Laortanatul // Atmospheric Environment, – 2002, July. – Vol 36. – Is 21. – P. 3495 – 3503.
4. Roubaud A. Lean-Burn Cogeneration Biogas Engine with Unscavenged Combustion Prechamber: Comparison with Natural Gas / A. Roubaud, R. Rotlisberger, D. Favrat // Int.J. Applied Thermodynamics, ISSN 1301-9724. – 2002, December. – Vol. 5 (№ 4). – P. 169–175.
5. Галечан Г. Альтернативная энергетика. [Электронный ресурс] / Г. Галечан // Analitika. – 2009 г., 30 мая. – Режим доступа <http://analitika.at.ua/news/2009-05-30-8981>.
6. Лысогор А. В. Биотопливное раздорожье / А.В. Лысогор, В.Г. Сердюк // Современная АЭС. – 2007 г., январь. – С. 76–83.
7. Кириллов Н.Г. Анализ перспективности различных видов альтернативных моторных топлив: сжиженный природный газ – моторное топливо XXI века / Н.Г. Кириллов, А.Н. Лазарев // Двигателестроение. – 2010 г. – №1. – С. 26 – 33.

Рецензент: Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 4 октября 2010 г.