

### **Целесообразность использования альтернативного топлива**

Ларионов Л.Б.<sup>1</sup>, д.т.н. Болоев П.А.<sup>2</sup>, Ильин П.И.<sup>2</sup>, к.т.н. доц. Кабанов А.Н.<sup>3</sup>,  
Сиряева И.В.<sup>4</sup>, к.т.н., доц. Паламодов Е.О.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,

<sup>2</sup>Иркутский Государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского,

<sup>3</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,

<sup>4</sup>Забайкальский аграрный институт филиал

Иркутского Государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского,

[siryeva2011@mail.ru](mailto:siryeva2011@mail.ru)

*Аннотация.* В данной статье рассмотрена целесообразность использования различных видов альтернативного топлива как моторного топлива в России. Известно и испытано много так называемых альтернативных топлив – моторных топлив, получаемых не из нефти. Это различные спирты, водород, этанол, метанол, рапсовое масло, биогаз и др. Приведены состав и отличительные особенности альтернативных топлив. Среди этих топлив стоит выделить биогаз. Биогаз является альтернативным источником энергии, в настоящее время его так же можно использовать в качестве моторного топлива для двигателей внутреннего сгорания.

*Ключевые слова:* альтернативный вид топлива, биогаз, природный газ, водород, этанол, рапсовое масло.

Сейчас в большинстве стран мира решается задача поиска заменителей топлива нефтяного происхождения, запасы которого резко сокращаются, а потребности в нем растут. Применению альтернативных источников энергии для двигателей автомобилей и тракторов в настоящее время уделяется огромное внимание [1–5]. В последнее время потребление углеводородных топлив в общем энергетическом балансе мира увеличилось в 4,2 раза.

Решением проблемы значительного сокращения потребления моторного топлива автомобилями, за счет совершенствования рабочего цикла ДВС, вряд ли может быть достигнуто. Это связано с тем, что известные способы улучшения экономичности, такие как совершенствование топливных систем и систем зажигания, в том числе применение микропроцессорных систем управления двигателем (МСУД), управление процессом газообмена, применение наддува, рециркуляция отработавших газов, недостаточно эффективны для кардинального решения проблемы.

Применение альтернативных топлив может значительно помочь решению этой задачи, а также решение проблемы загрязнения автомобилями окружающей среды.

В связи с этим во всех промышленно развитых странах мира широко развернуты работы по поиску эффективных заменителей топлив нефтяного происхождения. Несколько программ перевода ДВС на альтернативные топлива разрабатываются в США. Так, в начале 2003г. более чем 520 тыс. автомобилей в США работали на этаноле, метаноле и биогазе, в Швеции начался выпуск автомобиля *Volvo S-80 Bi-Fuel*, который работает как на бензине, так и на биогазе. Но наибольших успехов в этом направлении достиг Китай, где 80 % сельских и 60 % городских перевозок осуществляются на биогазе. Кроме того, Китай экспортирует специальные ДВС, работающих на биогазе, в 20 стран мира [7].

Анализируя состояние с использованием моторных топлив, делаем вывод, что такими топливами уже в ближайшее время могут быть: этанол, метанол, рапсовое масло, биогаз.

Все альтернативные топлива можно классифицировать по следующим признакам [5, 8, 9]:

- по составу – углеводородные, углеводно-кислотные спирты, водородные, спирты, угольный порошок и др.;
- по агрегатному состоянию – жидкие, газообразные, твердые, смешанные;
- по калорийности – высококалорийные, средне калорийные, низкокалорийные;
- по способу применения – в виде добавок к нефтяным топливам;
- по источникам сырья – полученные из угля, торфа, сланцев, биомассы, воды и др.;

- за технологическими процессами получения – пиролиз, гидрогенизация, каталитическая конверсия, газификация, электролиз и др.

Применение альтернативных топлив осуществляется в двух вариантах:

- частичная замена, то есть применение в качестве добавок;
- полная замена основного топлива.

В ряде стран уже широко используются добавки спиртов к бензину, что позволяет значительно уменьшить потребление последнего [10]. Проводятся исследования по производству синтетических бензинов из угля, сланцев и нефтяных песков, проводится также исследование возможности использования в качестве топлива смеси бензина с 15% метанола и 7% изобутилового спирта, добавляется в качестве стабилизатора [11, 12].

Перспективным считается применение метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) в качестве присадки к бензину вместо токсического тетраэтилсвинца. Несмотря на то, что теоретически и экспериментально доказано целесообразность использования в качестве моторного топлива водорода, он пока ценный. Кроме того, не до конца решена проблема его рационального хранения на борту автомобиля [11, 12].

Газовые топлива первыми получили распространение как моторные топлива, составляющих альтернативу традиционным. Известно несколько видов альтернативных топлив, которые можно и целесообразно использовать в России как автомобильные топлива, а именно: нефтяной газ, природный газ, генераторный газ, водород, биогаз, этанол и рапсовое масло (таблица 1).

Таблица 1

**Свойства наиболее перспективных альтернативных топлив по сравнению с традиционными топливами**

Показатели	Ед. изм.	Бензин	Природный газ	Биогаз	Этанол	Метанол	Рапсовое масло
Низшая теплота сгорания, $H_u$	кДж/кг	44000	33802.6	29850	41900	21500	37100
Высшая теплота сгорания, $H_o$	кДж/м <sup>3</sup>	34500-35600	32186	32300	-	26230	39500
Границы зажигания в смеси с воздухом по коэффициенту избытка воздуха	-	0,29-1,18	-	0,65-1,88	0,9-1,1	0,7-2,0	-
Температура самовоспламенения	°С	467-527	640-680	685-747	423	464	329
Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания топлива	м <sup>3</sup> /кг	12,35	9,52	-	6,53	6,45	12,6
температура кипения	°С	33-168	-	-161,3	365	338	-
плотность	кг/м <sup>3</sup>	700-760	0,717	0,71-0,74	0,75	0,791	0,877
октановое число	-	76-98	110	126	125	125	-

*Нефтяной газ* – бутан-пропановая смесь, используется преимущественно в сжиженном состоянии (СНГ). Ее октановое число составляет 90 – 100 ед. Низшая теплота сгорания 24800 кДж/кг. Применение ее вместо бензина значительно уменьшает содержание вредных веществ в ОГ автомобиля CO – в 2 раза,  $C_nH_n$  – в 1,3...1,9 раза,  $NO_x$  – в 1,2 раза.

*Природный газ* – автомобилестроители уже разработали и построили значительное количество автомобилей, работающих на природном газе. Это объясняется, прежде всего, тем, что современные ДВС для перевода на природный газ требуют лишь небольшие конструктивные изменения в системе питания топливом, в установке угла опережения зажигания и в системе смазки. Для обеспечения достаточного запаса газа на борту автомобиля он предва-

рительно должен быть сжижен (СПГ). Октановое число природного газа составляет 100 – 110 единиц, низшая теплота сгорания – 32 – 36 мДж/кг. При эксплуатации двигателей на природном газе существенно уменьшается токсичность по  $CO$  – в 4 – 6 раз, по  $C_nH_n$  – в 1,3 – 1,9 раза, по  $NO_x$  – в 1,3 раза; в газодизель – дымность на 50 – 70% меньше, чем в дизелях, содержание канцерогенных веществ уменьшается в 5 – 7,5 раз,  $NO_x$  остается на том же уровне, что и в дизеле, но в газодизель больше выбросов  $C_nH_n$  и альдегидов.

Необходимость быстрого перехода на газовые альтернативные топлива, связана с переоборудованием топливной аппаратуры существующих транспортных средств (ТС), которая дает возможность работать на двух видах топлива – бензине и газе (в зависимости от их наличия). Но при этом ухудшаются энергетические показатели ТС на 15 – 20%. Для сокращения таких расходов необходимо изготавливать ДВС, предназначенные только для газового топлива.

Во многих странах мира (США, Канада, Новая Зеландия, Аргентина, Нидерланды, Франция, Китай и др.) перевод ТС на работу на газовом топливе поднят до ранга государственной политики как путь к экологизации автотранспорта. Для чего разработаны и внедряются нормативно - законодательные базы: ценовая, налоговая, тарифная, кредитная. Такая политика дает ощутимые результаты. Так, в Нидерландах 50%, в Италии – более 20%, в Австрии – 95%, в Дании – 87% автобусного парка работает на газовом топливе. США планировали в 2010 году довести использование природного газа на ТС до 57% , а пропан-бутановой смеси – до 31% [13].

*Генераторный газ* или синтез-газ (ГГ). Его получают на борту транспортного средства в реакторе (генераторе) в результате преобразования в газовое состояние твердого топлива: древесного угля, каменного угля, торфа, древесины и др. Состоит из 50% водорода и 50% оксида углерода. Отличительной особенностью его является, то, что он получается с обновляющимся источником энергии и для его хранения на борту ТС требуются значительно меньшие емкости, что значительно увеличивает грузоподъемность этого ТС. Для продуцирования ГГ на борту ТС привлекается энергия системы охлаждения, которая в обычном ТС рассеивается в окружающую среду, то есть уменьшается тепловое загрязнение атмосферы и частично утилизируется теплота сгорания.

По сравнению с природным газом ГГ сгорает медленнее и имеет более низкую теплоту сгорания 16,8...21,0 мДж/кг. Его октановое число составляет 90 – 95 единиц. То есть работа на нем связана с крупнейшими потерями технико-экономических показателей ДВС.

*Водород*. Наиболее экологически чистое топливо с неограниченными запасами в природе:  $H_2$  входит в состав 90% компонентов, имеющих в окружающей среде, и более, чем в треть компонентов на поверхности земли. Его основные недостатки в качестве топлива при применении на ТС: высокая энергия, которая нужна для его сжатия, и очень низкая удельная энергоемкость. Есть проблемы и с хранением его на борту автомобиля, особенно в криогенных баках, но главная проблема – высокая стоимость его получения.

Более перспективным является применение водорода на ТС в виде топливных элементов, особенно с применением протонных обменных мембран (*Proton exchange membrane*). Первые автомобили с топливными элементами уже продемонстрировали фирмы *Toyota*, *Honda*, *Volkswagen*, *BMW*, *Nissan*, *Hyundai*, но для налаживания их промышленного производства требуется время.

*Биогаз*. Сравнительно новое, перспективное, экологически чистое и экономически выгодное моторное топливо для транспортных установок. По данным шведских и швейцарских ученых, биогаз на 75% чище дизельного топлива и на 50% чище бензина.

В состав биогаза входит: метан  $CH_4$  (60 – 70%), диоксид углерода  $CO_2$  (до 30%), а также в малых количествах оксид углерода  $CO$ , водород  $H_2$ , азот  $N_2$ , кислород  $O_2$ , воздух, водяной пар  $H_2O$ , и сернистый водород  $H_2S$ .

Перед применением в ДВС биогаз лучше подвергать обогащению до уровня метана 95%, очистке, сушке и компримированию. Энергетический эквивалент биогаза составляет 9

– 10 (кВт·ч/м<sup>3</sup>). Физико-химические и экологические свойства обогащенного и очищенного биогаза и природного газа практически идентичны, поэтому для них может применяться одна и та же топливная аппаратура. Есть только одно отличие между природным газом и биогазом: при сгорании последнего в атмосферу выбрасывается такое же количество  $CO_2$ , которой был из него удален при переработке. Еще биогаз считается абсолютно сбалансированным биологическим топливом.

Согласно Европейским планам, биогаз будет использоваться, прежде всего, на автотранспорте, который обслуживает сельские и пригородные районы. Кстати, в Западной Европе биогазом уже отапливается не менее половины птицеферм, причем сырьем для отопительных установок являются обычные отходы тех же птицеферм. Благодаря биогазу потребности западноевропейского животноводства в топливе за последние десять лет сократились более чем на треть.

Лидером по использованию биогаза является Китай, который еще в 70-е годы XX в. совершил «большой биогазовый скачок», в результате которого более 60% всего автобусного парка страны, в том числе в сельской местности, сейчас работает на биогазе. Производство биогазовых двигателей в Китае к концу 80-х годов XX в. было засекречено. Сейчас Китай экспортирует их более чем в 20 стран мира [14].

Ученые подсчитали, что только в мировом сельском хозяйстве накапливается столько отходов, что их энергопотенциал может дважды покрыть общемировой спрос на энергию [32].

*Этанол.* Одно из наиболее практичных альтернативных топлив. Чистый этанол или смесь этанола и бензина могут применяться в ДВС, предназначенных для работы на бензинах, например *Chevrolet Suburban / Tahoe, GMC Wicon* и др. В США сейчас объем потребления этанола – бензиновой смеси составляет до 10% от общего объема использования бензина.

Главные преимущества топлива на базе этанола: во-первых, при сгорании образуется меньше токсичных веществ, во-вторых, при сгорании снижается содержание озона в воздухе.

Недостатками этанола в качестве моторного топлива является его низкая энергоемкость (таблица 1), более высокая стоимость по сравнению с бензином и меньшая продолжительность пробега на одной заправке.

*Рапсовое масло.* Среди стран Европы рапсу уделяют наибольшее внимание Германия, Франция, Бельгия, Италия, Польша.

При сгорании топлива из рапсового масла выхлопные газы содержат на 20 – 25% меньше вредных веществ, значительно меньше серы, а круговорот  $CO_2$  значительно уменьшает угрозу парникового эффекта.

Свойства МЭСМ отличаются от аналогичных свойств дизельного топлива (меньшее значение  $H_u$ , больше плотность, коэффициент поверхностного натяжения и проч.). Поэтому для эффективного использования МЭСМ в качестве биотоплива необходимо изменить некоторые конструктивные и регулировочные параметры дизеля.

### Выводы

1. Одним из наиболее перспективных альтернативных топлив является биогаз. Сравнительно новое, перспективное, экологически чистое и экономически выгодное моторное топливо для транспортных установок. По данным шведских и швейцарских ученых, биогаз на 75 % чище дизельного топлива и на 50 % чище бензина.
2. Перевод части автомобильного транспорта на альтернативные виды топлива позволило бы решить проблему топливоснабжения автомобильного транспорта в отдалённых районах. При этом сэкономились бы большие средства за счёт существенного снижения объёмов топлива, поставляемого в эти районы.
3. Химический состав биогаза требует его очистки перед использованием в качестве топлива для ДВС.
4. При производстве биогаза можно параллельно решать проблемы с продовольствием (за счёт получения высококачественных удобрений).

### Литература

1. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Исследование показателей процесса сгорания в тракторном дизеле при применении природного газа и рециркуляции, метано- и этано-топливных эмульсий// Тракторы и сельхозмашины. – 2015. - №9.
2. Фомин В.М., Апельинский Д.В. Повышение эффективности использования энергии альтернативных топлив// Тракторы и сельхозмашины. – 2015. - №7.
3. Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р., Копчиков В.Н. и др. Образование оксидов азота в дизеле при работе на метаноле и метиловом эфире рапсового масла// Тракторы и сельхозмашины. – 2015. - №5.
4. Марков В.А., Акимов В.С., Шумовский В.А., Маркова В.В. Влияние состава смесового биотоплива на параметры процесса впрыскивания топлива в дизеле// Тракторы и сельхозмашины. – 2014. - №10.
5. Фомин В.М. Анализ технологий химического преобразования альтернативных источников энергии в моторное топливо// Тракторы и сельхозмашины. – 2014. - №12.
6. Тельдеш Ю., Лесны Ю. Мир ищет энергию. – М. : Мир, 1985. – с. 439.
7. Устименко В. С., Ковалев С. О., Бейко О. А. Перспективи і проблеми розширення використання біопалив автомобільним транспортом України // Автошляховик України, 2003, № 2.
8. Leuchs M. Probleme beim Motorenbetrieb mit schwankender Gasgualitat. - VDI - Ber., 1982, № 459, p. 49 - 51.
9. Clark S. J. Marr Jerry, Schrock Mark. Anaerobic digester gas fueling of spark ignition engines. – Winter Meet. Amer. Soc. Agr. Eng., 1985, № 3569, p. 1 - 32.
10. Chen Xiaofu. A review of the stude on alcohol fuels for automotive engines. – SAE Techn Pap / Ser., 1989, № 890433, p. 1 - 6.
11. Васильев Ю. Н., Золоторевский Л. С., Ксенофонтов С. И. Улучшение эксплуатационных и экономических показателей газотранспортного оборудования. – М. : 1988. – с. 45 - 53.
12. Il propellente metane e il motore// Congr. espos int impiego metano transp. Bologna, 21 - 23 sett., 1984.
13. Диб Рамадан. Исследование работы легкового автомобиля на биогазе (на примере автомобиля ВАЗ 2103). - Дисс...канд. техн. наук. - Харьков, 1997.
14. Строков О.П., Тимченко І.І. та ін. Наукові основи використання біогазу як альтернативного палива в енергетичних транспортних установках. Звіт про науково-дослідну роботу (проміжний). Харків, ХНАДУ, 2003.

### **Методика расчета детонации в цилиндре биогазового двигателя с искровым зажиганием**

Ларионов Л.Б.<sup>1</sup>, д.т.н. Болоев П.А.<sup>2</sup>, Ильин П.И.<sup>2</sup>, к.т.н. доц. Кабанов А.Н.<sup>3</sup>, Сиряева И.В.<sup>4</sup>, к.т.н., доц. Паламодов Е.О.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,

<sup>2</sup>Иркутский Государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского,

<sup>3</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,

<sup>4</sup>Забайкальский аграрный институт филиал

Иркутского Государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского,

[siryeva2011@mail.ru](mailto:siryeva2011@mail.ru)

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен биогаз полученный путем переработки навоза крупного рогатого скота. Полученный биогаз был обогащен и компримирован до уровня природного газа.

**Ключевые слова:** биогаз, процесс сгорания, характеристика тепловыделения, искровое зажигание, турбонаддув, токсичность, эмпирическое уравнение, биогазовая технология, крутящий момент.