

## **ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ В ДВС**

### **ALTERNATYVIŲ DEGALŲ NAUDOJIMO VDV PROBLEMOS**

<sup>1)</sup>Алексей Рэмович Кульчицкий, проф., д.т.н., <sup>2)</sup>Борис Юрьевич Голев, к.т.н.,

<sup>1)</sup>Алли Махроуд Алли Аття, магистр

<sup>1)</sup>ООО „ВМТЗ“, Владимирский Государственный Университет, г. <sup>2)</sup>Владимир. Россия,  
E-mail: ark6975@mail.ru

*Gauta 2010-05-25, pateikta spaudai 2010-09-06*

Необходимость решения проблем ограничения топливных ресурсов и загрязнения окружающей среды выбросами от ДВС заставляет ученых и производителей исследовать возможность использования альтернативных топлив. Однако последствия использования альтернативных топлив неоднозначны как по техническим характеристикам, так и выбросам вредных веществ. Это является следствием различия в физико-химических показателях альтернативных и традиционных топлив (бензина и дизельного топлива). Альтернативные топлива заметно отличаются от традиционных топлив, в частности, по молекулярной структуре (например, избыток кислорода, отсутствие серы, низкое содержание ароматических соединений), и теплотворности. В статье приведены результаты исследования влияния альтернативных топлив на показатели двигателя, а также рассмотрены характеристики горения этих топлив.

Исследование технических и экологических характеристик двигателя производилось с использованием метилэфира рапсового масла (МЭРМ). Испытания проводили по 8-ступенчатому испытательному циклу Правил ЕЭК ООН №96-02. Применение МЭРМ в смеси с дизельным топливом (с содержанием от 10 до 70%) обеспечило снижение эмиссии дисперсных частиц и суммарных углеводородов при некотором росте эмиссии оксидов азота и практическом постоянстве выброса оксида углерода.

Для топливных смесей в условиях эксплуатации и хранения важна такая характеристика как стабильность. Проверка стабильности смесей МЭРМ и дизельного топлива (с содержанием последнего от 10 до 70% в смеси) в течение 3 лет не обнаружила видимых изменений (ни по цвету, ни по расслоению).

Одной из важнейших характеристик, влияющих на процессы образования вредных веществ, является скорость горения топливо-воздушных смесей. Указанная характеристика определялась в сферической бомбе с центральным искровым воспламенением. Исследовалось влияние степени расслоения смеси и наличия кислорода в молекуле топлива. В основном, с увеличением стойкости топлива, скорость сгорания растет; кроме того, у кислородсодержащих топлив скорость сгорания на 5-10% выше, чем у аналогичных углеводородов.

Приведены данные о неоднозначном влиянии применения альтернативных топлив на технические и экологические показатели дизелей, что обусловлено отличием физико-химических характеристик этих топлив.

*Дизель, метилэфир рапсового масла, испытательный цикл, токсичность, стабильность смеси, скорость ламинарного горения.*

## Введение

Необходимость решения проблем исчерпания природных запасов нефти и загрязнения окружающей среды выбросами вредных веществ с отработавшими газами тепловых двигателей заставляет исследователей и эксплуатационников постоянно обращать внимание на возможность применения альтернативных топлив. Однако их физические и химические показатели отличаются от традиционных топлив – дизельного и бензина, что может привести к ухудшению экологических и технико-экономических показателей работы двигателя.

## Состояние вопроса

Интерес стран к использованию альтернативных топлив (АТ) обусловлен, в первую очередь, сокращением зависимости от стран-экспортеров нефти, а во-вторых, в отличие от конечности запасов источников традиционных топлив, возобновляемостью ресурсов АТ. Однако альтернативные топлива отличаются от традиционных – дизельного (ДТ) и бензина – по физическим и химическим показателям (табл. 1 и 2 [2, 3, 4]).

**Таблица 1.** Термохимические свойства некоторых моторных топлив.

**1 lentelė.** Kai kurių variklių degalų terminės ir cheminės savybės.

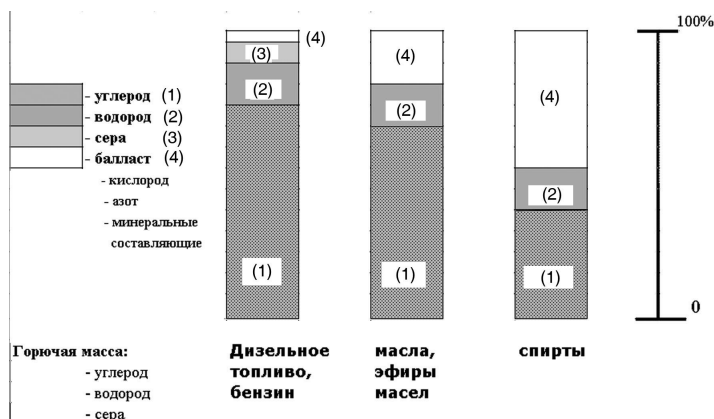
Свойство	Водород	Метан	пропан	бензин	ДМЭ	ДЭЭ	Этанол	Метанол
Химическая формула	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	CH <sub>3</sub> OH
Пределы воспламеняемости в объеме, %	4-75	5-15	2,2-9,4	1,4-7,1	3,4-27	1,8-36,5	3,3-19	6,3-36
Минимальная энергия зажигания, МДж	0,02	0,29	0,305	0,24				
Температура самовоспламенения, °С	570	580	480	620	350	190	490	510
Адиабатическая температура горения, К	2380	2226	2257	2331	2267	2257	2195	2150
Максимальная ламинарная скорость горения при нормальных условиях, см/с	325 @ Ф=1,8	44,8 @ Ф=1,08	46,8 @ Ф=1,06	47,6 @ Ф=1,0	48,6 @ Ф=0,99	48,2 @ Ф=1,05	44 @ Ф=1,1	50,4 @ Ф=1,08

*Примечание:* Ф – величина, обратная коэффициенту избытка воздуха.

**Таблица 2.** Физико-химические показатели некоторых жидких топлив.  
**2 lentelė.** Kai kurių skystųjų degalų fiziniai-cheminiai rodikliai.

Параметры	товарная нефть	дизельное	бензин	метанол	этанол	диметил-эфир
Эмпирическая формула	$C_{48}H_{65}S_{1,1}O_{3,2}$	$C_{13}H_{22,5}$	$C_{13}H_{23,5}$	$CH_3OH$	$C_2H_5O$ H	$C_2H_5OH$
Молекулярная масса	450...920	200...300	120...180	32	46	46
Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	0,76...1,35	0,82..0,86	0,74..0,76	0,791	0,81	668
Вязкость при 20 °С, °ВУ	1,0...5,0	2,0...8,0	1,05..1,50	0,55	1,76	0,13
Средний элементный состав, %:						
– углерод	86...89	87	85,0	37,5	52,2	52,2
– водород	11...14	12,6	15,0	12,5	13,0	13
– кислород	0,1...1,9	0,0035	-	50,0	34,8	34,8
– азот	0,02...1,7	-	-	-	-	-
– сера	0,01...5,5	0,0005	0,00003	-	-	-
Теплотворность топлива, МДж/кг	42,6...42,8	40,2..42,9	43,3..44,0	19,7	25,9	28,8
Стехиометрический коэфф., кг/кг	-	14,5	14,9	6,52	9	9
Теплотворность стехиометрической смеси с воздухом, МДж/м <sup>3</sup>	-	3,5...3,8	3,4...3,9	3,2...3,9	3,85	3,53
Теплота парообразования, кДж/кг	-	250...270	330	1104	850	410
Октановое число (исслед. метод)	-	3...5	80...100	106..135	108	-
Цетановое число	-	45...58	3...14	3...5	8	70

Основными отличительными чертами молекулярного состава большинства АТ является, во-первых, повышенное содержание кислорода и отсутствие серы и ароматических соединений, а во-вторых, их пониженная теплотворность. Причем, второе является следствием именно увеличения содержания кислорода (т.е. балласта) в молекуле топлива: в бензине кислорода практически нет, в дизельном топливе — около 0,4% (по массе), а в спиртах – до 50% (рис.1).



**Рис. 1.** Различия элементного состава топлив  
1 pav. Degalų elementarios sudėties skirtumai

Существенное влияние на физико-химические показатели веществ оказывает тип химических связей. Например, химические формулы этанола и диметилового эфира одинаковы:  $C_2H_6O$ . Однако их молекулярные формулы, характеризующие внутримолекулярные связи, различны:  $C_2H_5OH$  и  $CH_3OCH_3$ , соответственно, т.е. эти два вещества являются изомерами: состав атомов у них одинаков, но свойства различны. Последнее обстоятельство особенно хорошо заметно на примере структурных формул обоих веществ (рис.2).



**Рис. 2.** Структурные формулы альтернативных топлив. Обозначения:  
а) этиловый спирт, б) диметилэфир.  
2 pav. Alternatyvių degalų struktūrinės formulės. Žymėjimai: а) etilo spiritas, б) dimetilefiras

В частности, в диметиловом эфире нет связи типа С-С и нет гидроксильной группы ОН. В результате, некоторые физические характеристики этих двух веществ различны (см. табл.1 и 2), что обуславливает возможность и последствия их применения в двигателях.

Конструкции и регулировки современных двигателей десятилетиями отработывались с учетом работы на традиционных топливах, физические и

химические показатели которых изменяются в достаточно узком диапазоне; соответственно, применение АТ чаще всего приводит к ухудшению показателей работы двигателей. При сгорании АТ (как и при сгорании любых веществ, содержащих углеводороды) происходит образование продуктов неполного сгорания: оксида углерода CO, углеводородов C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> и частиц сажи (последние входят в состав нормируемых дисперсных частиц РМ – Particle Matter). Количество указанных веществ в ОГ определяется развитием процессов топливоподачи, смесеобразования и сгорания. Положительным фактором является отсутствие в АТ серы, приводящее к снижению выброса твердых сульфатов (также входящих в состав РМ). Следует отметить то, что более низкие температуры горения АТ – залог снижения концентрации образующихся оксидов азота NO<sub>x</sub>, хотя следствием более высокого цетанового числа АТ является сокращение периода задержки воспламенения, приводящее к росту выхода NO<sub>x</sub>.

Что касается выброса CO<sub>2</sub>, то формально применение АТ по сравнению с ДТ позволяет сократить выброс CO<sub>2</sub> пропорционально уменьшению содержания углерода в АТ, но это только в случае полной замены ДТ и если не обращать внимание на изменение характеристик двигателей.

### **Цель исследований**

Оценка степени воздействия ряда факторов, обуславливающих неоднозначное влияние физико-химических показателей альтернативных топлив на эмиссию вредных веществ с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания и безотказность работы двигателей.

### **Методика испытаний и использованные средства измерения**

Моторные испытания двигателя проводились по методикам согласно ГОСТ 18509-88 “Дизели тракторные и комбайновые. Методы и средства измерения” и Правил ЕЭК ООН №96.

Основные средства измерения: расходомер топлива 730 (AVL, Австрия), расходомер воздуха PГ-400 (Россия), газоанализатор DiCom-4000/NO<sub>x</sub> (AVL, Австрия), дымомер МК-3 (Hartridge, Великобритания).

Основные средства измерения: Газоанализатор DiCom4000/NO<sub>x</sub> (AVL DiTest GmbH, Австрия); Дымомер МК-3 (Hartridge, Великобритания); Расходомер топлива 730 (AVL List GmbH, Австрия); Расходомер воздуха PГ-400 (Россия); Измеритель крутящего момента и частоты вращения коленчатого вала двигателя в составе стенда SAK-H-670 (ГДР).

Стенд для измерения скорости горения. Экспериментальная установка представляет собой закрытую цилиндрическую камеру сгорания (способной выдержать давление до 90 МПа) внутренним диаметром 145 мм и смотровым окном диаметром 30 мм (из плексигласа). Камера сгорания оснащена

несколькими портами для входа газа, выхода продуктов сгорания, монтажа датчиков давления и свечи искрового зажигания. Горючие смеси готовятся в отдельном сосуде. Процесс приготовления смеси зависит от индивидуального парциального давления каждого компонента в указанной смеси. Чтобы обеспечивать точные дозы компонентов, используются три емкостных датчика давления с различными диапазонами измерения (Setra 280E и два - Setra 206).

Смесь поджигается в центре бомбы двумя стальными электродами (диаметром 2 мм) через фиксированный искровой зазор около 0,8 мм. Энергия воспламенения обеспечивается специально разработанной емкостной цепью. Внешняя электрическая цепь обеспечивает прогрев внешней поверхности бомбы для равномерного прогрева смеси внутри бомбы до требуемой начальной температуры испытания.

В момент зажигания электрический импульс инициирует запоминающий цифровой осциллограф, который отслеживает и хранит сигнал давления и сигнал запуска. Аналоговые данные превращается в цифровую форму с помощью сбора данных элементом CIO-DAS 1602/12, вставляемого в компьютер. Изменение давления отслеживается при частоте опроса 31250 и 6250 в секунду, и данные сохраняются для последующего анализа. Для расчета скорости горения используются данные не менее трёх идентичных экспериментов. Продукты сгорания ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{NO}_x$ ) определяются анализатором Anapol AG-модель EU200.

Часть системы обработки данных состоит из следующих элементов: пьезоэлектрического датчика давления (Kistler 6123 или PCB 112B11), электрометрического усилителя для кондиционирования выходного сигнала от датчика давления (Nexus 2690AOS1), цифрового осциллографа (Tektronix 2220), элемента сбора данных (CIO-DAS 1602/12) и персонального компьютера (Pentium II 233 МГц), где данные сохраняются для последующей обработки.

### **Основные результаты и обсуждение**

Оценка экологических характеристик двигателей производится на основании испытаний по испытательным циклам (ИЦ), представляющим собой совокупность различных режимов работы двигателя: от режимов номинальной мощности до режимов холостого хода. Поэтому обеспечение высоких экологических показателей возможно только за счет снижения выбросов вредных веществ (ВВ) на всех режимах, что предопределяет требования к составу топливовоздушной смеси на каждом из них. Соответственно, учет физико-химических показателей смесевых топлив (ДТ и АТ) позволит оптимизировать их состав в зависимости от режима работы двигателя.

С целью оценки влияния применения АТ (в частности, метилэфира рапсового масла – МЭРМ) в качестве добавки к ДТ на экономические и

экологические показатели двигателей были проведены исследования на дизеле воздушного охлаждения. Кроме того, были произведены оценка стабильности смесей ДТ и МЭРМ и определение химического воздействия МЭРМ на ряд деталей системы топливоподачи дизеля.

Определение удельного выброса ВВ с отработавшими газами (ОГ) выполнено по 8-ступенчатому циклу Правил ЕЭК ООН №96-01 при работе дизеля, как на ДТ, так и на смеси “ДТ / МЭРМ = 50 / 50”. Удельный выброс вредных веществ при переходе на смешанное топливо (при условии сохранения характера протекания внешней скоростной характеристики) составил: по оксидам азота  $\text{NO}_x$ , оксиду углерода СО и суммарным углеводородам  $\text{C}_n\text{H}_m$  – увеличение на 6, 16, и 4%, соответственно; по дисперсным частицам РМ – снижение на 30% (последнее было определено расчетным методом, разработанным одним из авторов статьи). Таким образом, изменения удельного выброса  $\text{NO}_x$  и  $\text{C}_n\text{H}_m$  практически находятся в пределах погрешности измерений и поддержания стабильности работы двигателя. Наиболее заметное изменение – это сокращению выбросов РМ с ОГ из-за отсутствия соединений серы в МЭРМ. Что касается значения удельного эффективного расхода топлива на режиме номинальной мощности, то он возрос на 3,5%.

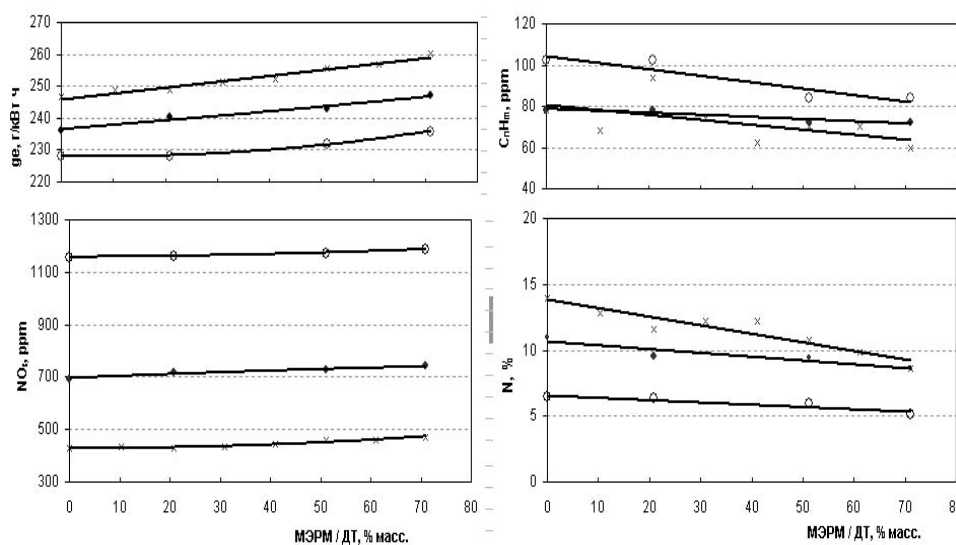
Кроме того, были проведены исследования влияния применения смешанного топлива различного состава на показатели дизеля на режиме номинальной мощности при трех значениях угла опережения впрыскивания топлива (УУОВТ) (8, 11, и 14° пкв до ВМТ). Содержание МЭРМ в смеси с ДТ составляло от 10 до 70% по массе (рис.3).

Результаты испытаний по оценке влияния степени замещения ДТ на МЭРМ до 70% по массе показали:

- значение удельного эффективного расхода топлива и концентрация  $\text{NO}_x$  в ОГ увеличиваются максимум на 5 и 10%, соответственно;
- концентрация в ОГ  $\text{C}_n\text{H}_m$  и уровень дымности ОГ снижаются, однако в абсолютных единицах это составляет не более 20 ppm и 5% по шкале Hartridge, соответственно;
- концентрация СО практически не зависит от состава смеси (на рис.3 не приведена).

Таким образом, можно однозначно говорить об увеличении на 3...5% удельного расхода смеси “ДТ / МЭРМ” (относительно расхода ДТ) и снижении эмиссии РМ на 30% (за счет отсутствия серы в МЭРМ). Влияние на выброс остальных нормируемых ВВ с ОГ находится в пределах погрешности измерений и поддержания стабильности режима работы двигателя. Некоторое отличие между характером результатов, полученными по 8-ступенчатому циклу и на режиме номинальной мощности по выбросам СО и  $\text{C}_n\text{H}_m$  связано именно с тем, что испытательный цикл включает в себя не

только режимы полной подачи топлива, но и частичные, на которых характер выброса ВВ отличается от первых.



**Рис. 3.** Регулировочные характеристики по составу смеси ДТ и МЭРМ при трех значениях УУОВТ. Обозначения: (-x-) 8, (-•-) 11 и (-o-) 14 ° пкв до ВМТ  
**3 pav.** Reguliatorinės charakteristikos pagal mišinio sudėtį DD ir RME trims geometriniais degalų įpurškimo ankstinimo kampams. Žymėjimai: (-x-) 8, (-•-) 11 ir (-o-) 14 ° avp iki VGT

Вторым важным моментом применения АТ в смеси с традиционными топливами является воздействие на материал деталей, особенно изготовленных из неметалла. Этим влиянием отличаются метиловые эфиры, содержащих высокотоксичное вещество - метанол. Визуальная и качественная оценки, сделанные через 25 дней химического воздействия МЭРМ на детали, изготовленные из резины и полихлорвинила, показали заметное изменение геометрических размеров первых и пластичности последних. В результате, наличие МЭРМ в системе топливоподачи приведет к уменьшению ресурса резиновых и полихлорвиниловых деталей, и соответственно – к снижению безотказности дизеля в целом.

Следует отметить стабильность смесей ДТ и МЭРМ: за 3 года наблюдений видимых следов расслоения не отмечено ни в одной из смесей, содержащих от 10 до 70% МЭРМ.

Таким образом, применение МЭРМ в смеси с ДТ с целью сокращения выбросов ВВ с ОГ малоэффективно, тем более что МЭРМ, в составе которого присутствует метанол, - агрессивная и токсичная жидкость. Речь может идти только о частичной замене традиционного топлива, получаемого из невозобновляемых запасов нефти. Однако в этом случае следует, в первую



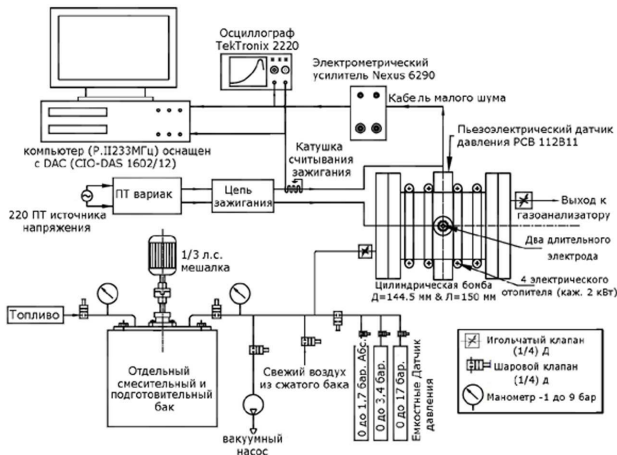
очередь, оценить экономическую эффективность применения МЭРМ в объемах, не требующих изменения конструкции и регулировок двигателя.

Полученные результаты показали, что работа двигателя на смеси АТ и ДТ постоянного состава заметного эффекта при работе на различных режимах в отношении эмиссии ВВ и экономичности двигателя не дает. При этом надо учесть, что для условий рабочего процесса в дизеле характерным является одновременность двух режимов горения: кинетического (предварительно перемешанного с окислителем некоторой доли топлива) и диффузионного (остального количества топлива), что оказывает существенное влияние на процессы образования и разложения ВВ.

Для анализа процесса горения одним из важных фактором является ламинарная скорость горения ( $S_L$ ):

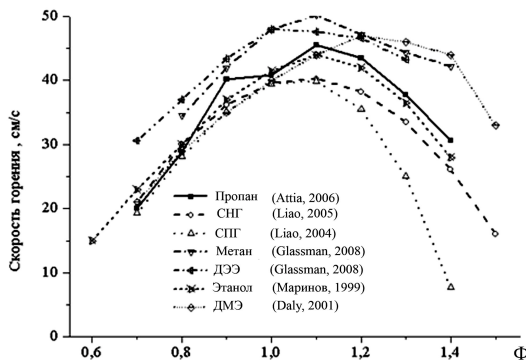
- основное физико-химическое свойство предварительно перемешанной смеси, зависящее от температуры, давления и коэффициента избытка воздуха,
- важное для изучения процесса стабилизации пламени и определения скорости тепловыделения при выгорании невозмущенной газовой смеси,
- влияющее на эффективность и выбросы продуктов сгорания,
- используемое для вычисления турбулентной скорости горения,
- влияющее на толщину гашения пламени, время задержки воспламенения и энергию воспламенения горючей смеси.

С целью оптимизации скорости горения топливовоздушных смесей были проведены исследования по определению зависимости указанной величины от состава смеси  $\Phi$  – величины, обратно-пропорциональной коэффициенту избытка воздуха. Исследования проводились на установке, представляющей собой замкнутый цилиндрический сосуд (внутренним диаметром 145 мм и длиной 150 мм) выдерживающий внутреннее давление до 90 МПа. Камера сгорания оснащена несколькими портами для входа газа, выхода продуктов сгорания, монтажа датчиков давления и искрового зажигания. Наполнение горячей смеси в сосуде зависит от парциальных давлений каждого элемента в смеси. Смесь поджигается при минимальной энергии зажигания в центре сосуда посредством двух стальных электродов (диаметром 2 мм) через фиксированный искровой зазор около 0,8 мм. Энергия для воспламенения вырабатывается в специально разработанной емкостной цепи (рис.4 [4]).



**Рис. 4.** Схема экспериментальной установки  
**4 pav.** Eksperimentinės įrangos schema

Полученные данные по пропану хорошо совпадают с результатами других исследователей и подтверждают наличие зависимости значения ламинарной скорости горения от молекулярной структуры топлива (рис.5 [5...8]). Подмечено, что ламинарная скорость горения растет при увеличении степени ненасыщенности связей в молекуле, поэтому для метана значение этой величины меньше, чем у всех других углеводородов. Для кислородсодержащих топлив (такие как эфиры и спирты) это значение больше на 5-10%, чем для обычных топлив с соответствующим углеродным числом.



**Рис. 5.** Влияние структуры топлива на скорость горения различных углеводородов. Обозначение:  $\Phi$  – величина обратная коэффициенту избытка воздуха

**5 pav.** Degalų sudėties įtaka įvairių angliavandenilių degimo greičiui. Žymėjimai:  $\Phi$  – Dydis atvirkščias oro pertekliaus koeficientui

## Выводы

1. Применение альтернативных топлив в смеси с дизельным топливом обеспечивает снижение эмиссии дисперсных частиц благодаря отсутствию серы в составе первых. Изменение выбросов остальных нормируемых вредных веществ находится в пределах погрешности измерения и поддержания стабильности работы двигателя.
2. Частичное замещение традиционных топлив альтернативным, при условии сохранения мощностных показателей двигателя согласно требованиям завода-изготовителя, приводит к увеличению удельного расхода смесевого топлива пропорционально разнице в теплотворности смесей альтернативных и традиционных топлив с воздухом.
3. Применение в двигателях ряда альтернативных топлив проблематично в связи с их высокими агрессивностью и токсичностью. Контакт этих топлив с неметаллическими деталями системы топливоподачи двигателя приводит к изменению геометрических размеров и пластичности деталей, что, в итоге, обусловит снижение безотказности работы двигателя.
4. Значение ламинарной скорости горения эфиров и спиртов больше, чем у соответствующих углеводородов из-за наличия кислорода в молекуле топлива, приводя к повышению скорости химической реакции.
5. Сокращение эмиссии вредных веществ с отработавшими газами при горении смесей традиционных и альтернативных топлив возможно только при учете влияния режима работы двигателя на процесс горения смесевых топлив. Последнее же в большой мере определяется изменением скорости ламинарного горения альтернативных топлив, что требует оптимизации состава смесевого топлива в зависимости от режима работы двигателя.

## Библиографический список

1. Лютко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.
2. Равич М.Б. Эффективность использования топлива. - М.: Наука, 1977. - 344 с.
3. Трушин, В.М. Газовое оборудование и арматура для газобаллонных автомобилей / В.М. Трушин. – Л.: Недра, 1990. – 151 с.
4. Attia, A. M. A., "Burning velocity of combustible mixtures in a cylindrical combustion bomb" // Thesis of Engineering and Technology, Mechanical Engineering, High Institute of Technology Benha University / Benha, Egypt, 2006.
5. Daly, C. A., Simmie, J. M., Wurmel, J., Djebaili, N., and Paillard, C., "Burning Velocities of Dimethyl Ether and Air", Combustion and Flame 125:1329–1340, 2001.

6. Glassman, I., Yetter, R. A., "Combustion", 4<sup>th</sup> edition, Academic Press is an imprint of Elsevier, 2008, ISBN: 978-0-12-088573-2.
7. Liao, S.Y., Jiang, D.M., Gao, J., Huang, Z.H., Cheng, Q., Hu, Y., "Correlations for laminar burning velocities of liquefied petroleum gas–air mixtures", *Energy Conversion and Management* 46 (2005). - p. 3175–3184.
8. Liao, S.Y., Jiang, D.M., Gao, J., Huang, Z.H., "Measurements of Markstein numbers and laminar burning velocities for natural gas–air mixtures", *Energy & Fuels*, 2004, 18. – p. 316-326/
9. Marinov, N. M., "A Detailed Chemical Kinetic Model for High Temperature Ethanol Oxidation", *International journal of chemical kinetics*, 31: 183-220, 1999.

Alexey Removich Kulchitskiy, Boris Yurevich Golev, Ali Mahmoud Ali Attia

## PROBLEMS OF THE USE OF ALTERNATIVE FUELS IN ICE

### Abstract

The necessity to solve problems of limiting fuel resources and the environmental pollution caused by the engine emissions enforces the scientists and engine manufacturers to investigate the possibility of using alternative fuels. However, there are wide variations in the effect of using alternative fuels on both performance and environmental impacts of the engines. These variations are mainly owing to the differences of physiochemical properties for these fuels over those of traditional fuels (benzene and diesel fuels). The alternative fuels have distinguishable properties over traditional fuels; including molecular structure (as the existence of oxygen and absence of sulfur in addition to very low aromatic compounds), but they suffer from lower heating value. In this study the effect of alternative fuels and their stability have been studied. Moreover, the burning velocity of different fuels used as engine fuel is considered.

The investigation of the effect of alternative fuels on the mechanical and environmental performance of the diesel engine was performed with special concern in the use of rapeseed oil methyl ester (RME). The test target contains the diesel engine setup equipped with all necessary instrumentations, and the test program follows the 8-mode test cycle of Regulation #96-02. The use of RME in mixture with diesel fuel leads to remarkable reduction in both particulate matter and unburned hydrocarbons (with rate increasing as the percent of RME in the fuel mixture increases reaching from 10% to 70%). However, a slight increase of both NO<sub>x</sub> and specific fuel consumptions is observed with no effect on the CO emission.

The fuel mixture stability is a very important for both fuel transportation and storing. This property has been proved for different fuel mixtures (containing from 10 to 70% RME); there are no changes in color or odor for long time (up to 3 years), moreover mixture stratification was not observed.

Moreover, the burning laminar velocity as one of the major combustion characteristics that directly affects the burning rate and emission formation for different alternative fuels has been studied. The burning velocity was determined using cylindrical closed combustion chamber with central ignition at the minimum ignition energy. The effect of fuel saturability and oxygen compound in its structure has been observed. Generally, as the degree of unsaturation increases, the burning velocity increases. The oxygenated fuels have higher values (by 5-10%) of burning laminar velocity comparing with those of conventional fuels having similar number of carbons. There is data about ambiguous influence of application alternative fuels on technical and ecological indicators of the diesel engines. This is mainly due to the effects of physical and chemical characteristics of fuels.

*Diesel, rapeseed oil methyl ester, test cycle, emission, mixture stability, burning velocity.*

Alexey Removich Kulchitskiy, Boris Yurevich Golev, Ali Mahmoud Ali Attia

## ALTERNATYVIŲ DEGALŲ NAUDOJIMO VDV PROBLEMOS

### Reziumė

Siekis išspręsti mažėjančių degalų resursų problemas ir variklių deginių emisijos keliamą aplinkos taršą verčia mokslininkus ir variklių gamintojus tirti alternatyvių degalų panaudojimo galimybes. Tačiau dėl plačios galimo efekto variacijos, alternatyvių degalų naudojimo įtaka variklių darbo charakteristikoms ir deginių emisijos pokyčiams yra nevienareikšmė. Šis poveikis sąlygojamas skirtingomis fizinėmis ir cheminėmis alternatyvių ir tradicinių (benzino ir dyzelinių degalų) savybėmis. Alternatyvių degalų savybės gerokai skiriasi nuo tradicinių degalų; įskaitant molekulinę struktūrą (pavyzdžiui, deguonies pertekliumi, sieros eliminavimu, mažu aromatinių junginių kiekiu), tačiau jų mažesnė šiluminė vertė. Straipsnyje nagrinėjama alternatyvių degalų ir jų stabilumo įtaka variklio rodikliams, o taip pat analizuojamos šių degalų degimo charakteristikos.

Techninės ir ekologinės variklio charakteristikos buvo tiriamos, maitinimui panaudojus rapsų aliejaus metilo esterį (RME). Bandymų objektas buvo dyzelinio variklio bandymo stendas, aprūpintas visais reikiama matavimo prietaisais. Bandymų programa atitiko 8-režimų bandymo ciklo Reklamentą #96-02. Variklį maitinant RME ir dyzelinių degalų mišiniais, ženkliai sumažėja kietųjų dalelių ir nesudegusių angliavandenių emisija ir jos mažėjimo laipsnis didėja, procentiniam RME kiekiui degalų mišinyje didėjant nuo 10% iki 70%). Tačiau, pastebimas nedidelis NO<sub>x</sub> kiekio ir lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų padidėjimas, nesant jokio efekto CO emisijai.

Degalų mišinio stabilumas yra labai svarbus tiek transportuojant degalus, tiek ir juos saugant. Ši savybė buvo patikrinta skirtingiems biodegalų mišiniais, kurių sudėtyje buvo nuo 10 iki 70% RME); mišinius išlaikius ilgą laiką (iki 3

metų), jokių spalvos ir kvapo pokyčių neaptikta, be to mišinių išsisluoksniavimo taip pat nepastebėta.

Dar daugiau, degimo greitis, kaip viena svarbiausių charakteristikų, tiesiogiai įtakojančių biodegalų energijos konversiją ir emisijos susiformavimą, skirtingiems alternatyviems degalams taip pat buvo tiriamas. Degimo greitis buvo nustatytas, panaudojus cilindrinę uždara degimo kamerą su centriniu uždegimu ir minimalia uždegimo energija. Ištirtas taip pat mišinio išsisluoksniavimo efektas ir deguonies kiekis biodegalų sudėtyje. Bendru atveju, didėjant biodegalų neprisotinimo laipsniui, jų degimo greitis padidėja. Deguonimi prisotintų biodegalų degimo greičio reikšmės yra didesnės 5-10% negu tą patį anglies atomų kiekį turinčių analogiškų angliavandenilių.

*Dyzelinis variklis, rapsų aliejaus metilo esteris, bandymo ciklas, emisija, mišinio stabilumas, degimo greitis.*