

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СМЕСЕВЫЕ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ТОПЛИВА

С.С. Кулманаков, Д.Д. Матиевский, А.И. Балашев, С.В. Лебедевас

В данной статье рассматриваются материалы исследований по влиянию смесевых кислородсодержащих топлив на показатели индикаторного процесса, топливной экономичности и эмиссии токсичных компонентов в отработавших газах дизеля. Приведены результаты моторных испытаний дизеля 1413/14 на смесях метилового эфира рапсового масла, этанола, дизельного топлива и рапсового масла.

In this article materials of researches mixes oxygenic fuels influence on indicator process, fuel profitability and issue of toxic components in the exhaust gases of a diesel engine are considered. Results of motor tests of a diesel engine on mixes of a methyl aether rapeseed oil, ethanol, diesel fuel and rapeseed oil are brought.

Современный этап развития человечества характеризуется увеличением внимания к топливам из возобновляемых ресурсов и ужесточением экологических требований.

С 2000 г. в странах Европейского экономического сообщества установлены новые требования к качеству дизельных топлив. Отличительной особенностью являются ограничения по содержанию в дизельных топливах серы, которое не должно превышать 0,035 %, регламентировано содержание ароматических углеводородов.

На нынешнем этапе развития двигателестроения улучшение экологических характеристик дизелей невозможно достигнуть только совершенствованием их конструкций. Проблема может быть решена применением на двигателях новых топлив с улучшенными экологическими свойствами.

Хорошими экологическими свойствами обладает биодизель. При использовании чистого биодизеля производится примерно на 80 % меньше выбросов диоксида углерода и почти на 100 % меньше - диоксида серы. При сгорании биодизельного топлива происходит значительное уменьшение количества в ОГ углеводородов, в т.ч. и ароматического ряда. Выбросы оксидов азота в зависимости от двигателей оцениваются практически в тех же цифрах, что и для минерального дизтоплива. Есть данные, что за счет снижения мутагенности, биодизельное топливо на 90 % уменьшает риск развития рака. Биодизельное топливо состоит из 11 % (по весу) кислорода и не содержит серы. Биодизельное топливо безопасно для хранения и транспортировки, поскольку оно является биологически чистым

продуктом и обладает высокой температурой вспышки. В то же время биодизель обладает определенными недостатками. В холодных условиях двигатель работает на биодизеле заметно хуже, чем на ДТ, вследствие худших низкотемпературных свойств. Также данное топливо обладает агрессивными свойствами по отношению к некоторым конструктивным материалам, поэтому возникает необходимость в использовании более стойких материалов, что сказывается на стоимости.

Биодизелем называют топливо, полученное химической реакцией между растительными маслами или животными жирами и спиртами в присутствии катализатора. В результате процесса этерификации, масла и жиры вступают в реакцию с метиловым (или этиловым) спиртом и катализатором, в итоге чего образуются жирные кислоты, а также побочные продукты: глицериновые основания и растворимый поташ.

Учитывая климатические условия, в Европе наибольшее распространение получил эфир на основе рапсового масла. К тому же рапсовое масло подходит для непосредственного применения его в качестве дизельного топлива. Преимуществом рапсового топлива, помимо возобновляемости, являются его более высокие экологические характеристики, по сравнению с традиционным топливом нефтяного происхождения.

Двигатель, работающий на рапсовом масле, выбрасывает в атмосферу ровно такое количество углекислого газа, какое было поглощено из неё в процессе фотосинтеза растением рапс, следовательно, не способствует увеличению парникового эффекта в атмосфере.

ре. Что касается вредных выбросов, то наблюдается их уменьшение. Кроме того, само топливо, в случае его утечки, быстро распадается в почве и не оказывает негативного воздействия на окружающую среду. Наибольшую экологическую опасность для человека представляют окислы азота и сажа. Наиболее эффективным способом снижения сажи является применение кислородсодержащих топлив и присадок. С этой целью хорошо справляются спирты (этанол или метанол). Но препятствием является то, что этанол (метанол) не образует смеси с дизельным топливом во всех пропорциях при температурах окружающей среды, поэтому возникает необходимость в применении третьего компонента – совместного растворителя. Растворитель должен иметь свойства как дизельного топлива, так и спирта. Наиболее приемлемыми с этой точки зрения являются высшие спирты и эфиры. Однако производство высших спиртов весьма дорого в производстве. Наиболее подходящими яв-

ляются - метиловый или этиловый эфиры рапсового масла (RME).

Для проведения исследования были созданы топлива на основе рапсового масла (PM), этанола (Э), дизельного топлива (ДТ) и эфира рапсового масла (RME).

В ходе опытов были проведены моторные испытания со следующими видами топливам:

- дизельное топливо (ДТ);
- смешанное топливо, состоящее из 55 % RME, 20 % этанола и 25 % ДТ;
- смешанное топливо, состоящее из 55 % RME, 30 % этанола и 15 % ДТ;
- смешанное топливо, состоящее из 55 % RME, 20 % этанола и 25 % PM;
- смешанное топливо, состоящее из 55 % RME, 30 % этанола и 15 % PM.

Лабораторными и расчетными методами были получены физико-химические свойства для смешанных топлив (таблица 1).

Таблица 1 – Физико-химические свойства топлив

	ДТ	PM	Этанол	RME	RME(55)+Э(20)+ДТ(25)	RME(55)+Э(30)+ДТ(15)	RME(55)+Э(20)+PM(25)	RME(55)+Э(30)+PM(15)
Молекулярная масса	230	932	46	310	237,2	218,8	412,7	324,1
Элементный состав:								
С	87	77,9	52,1	77,5	74,8	71,3	72,5	69,9
H	12,6	11,8	13,04	12	12,4	12,4	12,2	12,3
O	0,4	10,3	34,8	10,5	12,8	16,3	15,3	17,8
Плотность при 20 °С, кг/м ³	830	915	794	877,75	849	845	870	858
Цетановое число	48,5	40	8	48	32,4	26,8	30,6	25,9
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	42,5	37,5	27,4	37,6	36,8	35,3	35,5	34,5
Теоретически необходимое количество воздуха для окисления 1 кг топлива, кг	14,5	12,7	9,1	12,7	12,4	11,9	12,0	11,6
кмоль	0,499	0,438	0,313	0,439	0,429	0,410	0,414	0,401
Теплосодержание топлива, МДж	2,752	2,741	2,719	2,742	2,741	2,738	2,738	2,736

Опытная установка представляла один из самых распространенных типов двигателей – дизель серии Д-440 и Д-460 размерностью 130/140 производства ОАО «ПО АМЗ», которая унифицирована с автомобильными двигателями ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238.

Это четырехтактные быстроходные дизельные двигатели с непосредственным впрыском топлива, объемно-пленочным смесеобразованием и жидкостным охлаждением.

Опытная установка была оснащена необходимыми контрольно-измерительными приборами и специальным оборудованием

для проведения исследований. В ходе испытаний регистрировались контрольные показатели работы двигателя, индицировались внутрицилиндровое давление и параметры топливоподачи (давление и подъем иглы распылителя форсунки), также измерялись показатели вредных выбросов (окислов азота NO_x , окиси углерода CO и твердых частиц C).

Анализ показателей топливной экономичности дизеля (рисунок 1 и 2) выполнен с использованием удельного индикаторного расхода топлива g_i и индикаторного КПД η_i .

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СМЕСЕВЫЕ КИСЛОРОДОСодЕРЖАЩИЕ ТОПЛИВА

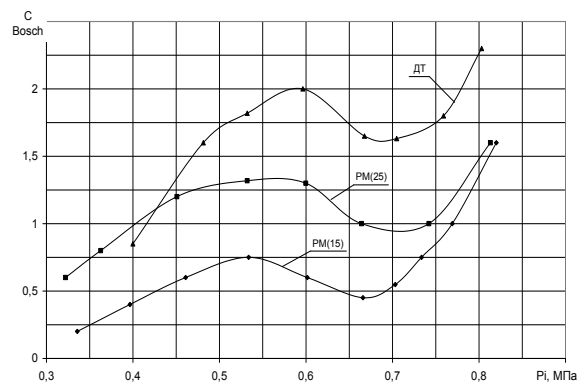
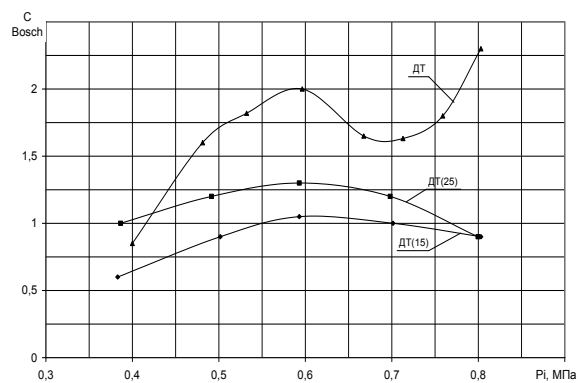
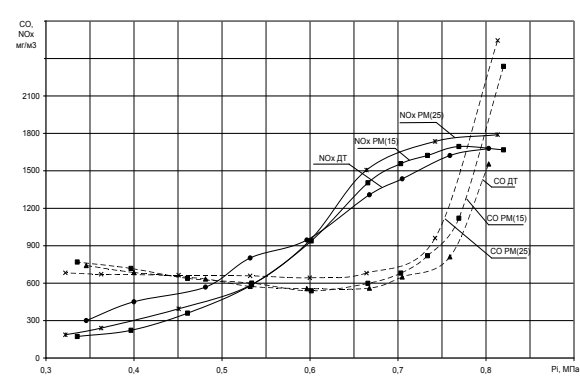
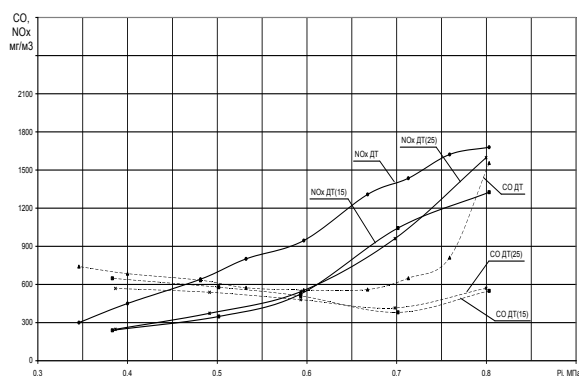
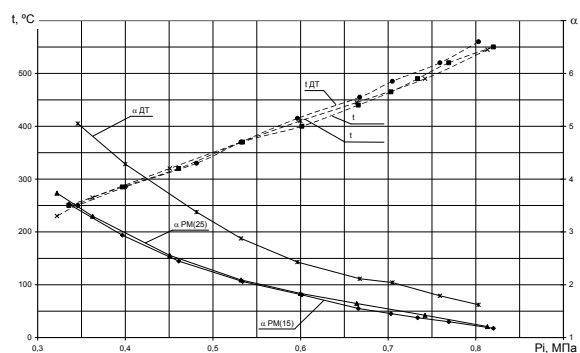
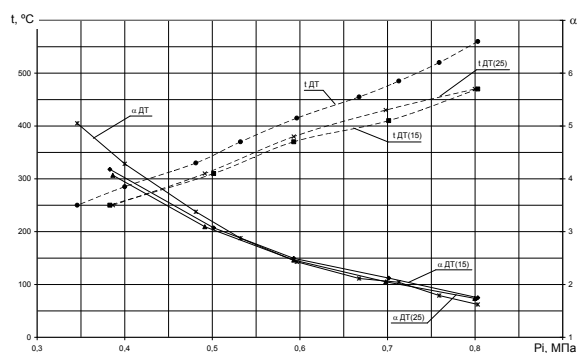
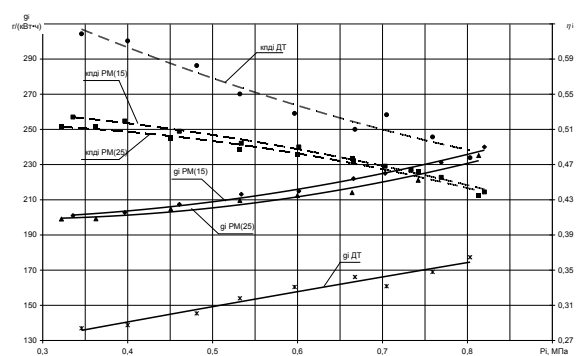
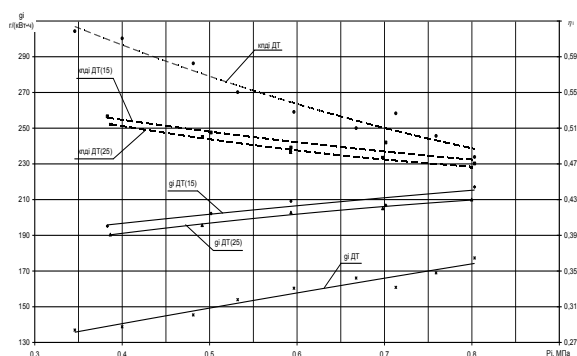


Рисунок 1 – Показатели смеси на основе дизельного топлива
ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК №1-2 2009

Рисунок 2 – Показатели смеси на основе рапсового масла

- Для смесевых топлив как на основе дизтоплива, так и на основе рапсового масла наблюдается увеличением удельного индикаторного расхода топлива, связанное с уменьшением по значению низшей теплоты сгорания, обусловленное наличием в топливе кислорода.

В зависимости от состава топлив и режима работы двигателя расход может увеличиваться до 35 %.

- Сравнивая индикаторный КПД, можно наблюдать его меньшие значения для смесевых топлив по сравнению с нефтяным ДТ, что объясняется различным цетановым числом топлив и настройкой топливной аппаратуры дизеля на работу на стандартном ДТ.

С увеличением доли спирта в смесевых топливах наблюдается увеличение η_i , что объясняется лучшим смесеобразованием и более однородной топливо-воздушной смесью, что предопределяет уменьшение продолжительности сгорания.

- Для смесевых топлив на основе рапсового масла индикаторный КПД имеет меньшие значения по сравнению с топливами на основе ДТ. Данная разница объясняется различием физико-химических свойств ДТ и РМ.

Анализ коэффициента избытка воздуха α и температуры отработавших газов даёт понять насколько качественно проходит процесс сгорания того или иного топлива.

- Топлива на основе РМ имеют несколько большую теплоту сгорания смеси по сравнению с топливами на основе ДТ, но отличие физико-химических свойств РМ приводят к увеличению продолжительности сгорания, а, соответственно, к уменьшению индикаторного КПД и возрастанию температуры отработавших газов. Для компенсации вышеозначенных потерь теплоты приходится увеличивать количество введенной теплоты за счет уменьшения α . Вследствие чего α получается на 3-4 % меньше, а в сравнении с дизельным топливом разница достигает 25 %. В то же время, работа при более низких значениях коэффициента избытка воздуха говорит о более качественном смесеобразовании для смесевых топлив.

- Так как регулировки топливной аппаратуры настроены для работы на нефтяном ДТ, а воспламеняемость для смесевых топлив хуже, то процесс сгорания сдвигается на линию расширения, в результате чего ухудшается индикаторный КПД и увеличивается температура отработавших газов.

Выполнен анализ эмиссии токсичных компонентов, характеризующихся различными механизмами образования в цилиндре дизеля: продуктов неполного окисления топлива на примере окиси углерода СО и наиболее токсичного компонента в ОГ дизеля - окислов азота NO_x . Термохимический механизм образования NO_x в цилиндре дизеля обуславливает прямую взаимосвязь эмиссии окислов азота с максимальной температурой цикла, либо максимальных температур в локальных зонах.

- Так как при сгорании смеси топлива на основе рапсового масла температура в локальных зонах будет выше за счет худшего смесеобразования, чем при смеси на основе дизельного топлива, то и концентрация NO_x в целом будет выше.

- Отличительной особенностью работы на смеси с РМ является различие закономерности изменения выбросов NO_x по сравнению с работой на нефтяном ДТ. На малых нагрузках выбросы NO_x в 1,5 – 2 раза меньше чем при работе на ДТ, но с увеличением нагрузки ухудшается качество смесеобразования вследствие большие значений максимального давления топлива и выбросы окислов азота резко возрастают. При номинальной нагрузке работа на смесевых топливах сопровождается более высокой концентрацией окислов азота. Увеличение составляет порядка 11–15 %.

- При сгорании смеси на основе ДТ окислов азота выбрасывается в среднем на 30 % меньше по сравнению с чистым ДТ, что объясняется более качественным смесеобразованием и меньшей максимальной температурой цикла вследствие неоптимальности подвода теплоты в цикле.

- При работе на малых и средних нагрузках выбросы СО остаются примерно на одном уровне независимо от выбора топлива. С дальнейшим увеличением нагрузки при сгорании смеси на основе ДТ прослеживается уменьшение выбросов СО, обусловленное лучшим использованием воздушного заряда вследствие улучшения смесеобразования. По сравнению с ДТ и смесями на основе РМ, смесь с ДТ на максимальных нагрузках образует соответственно в 3 и 4,5 раза меньше окислов углерода.

- При работе дизеля с использованием смесового топлива на основе рапсового масла уровень выбросов СО сравним с уровнем при работе на чистом ДТ, но при нагрузках близких к номинальным уровни СО превышают уровень при работе на ДТ. Это объяс-

няется тем, что при максимальных нагрузках действуют вследствие больших давлений в топливной системе и повышенной вязкости смесевых топлив на основе РМ ухудшаются качество смесеобразования за счет увеличения доли пленочного смесеобразования. Вследствие этого испаряющееся со стенок топливо сгорает в конце расширения при недостатке окислителя, тем самым способствуя увеличению выбросов СО.

Наибольший эффект улучшения экологических показателей дизеля при переводе его работы с минерального дизельного топлива на смесевое получен в отношении концентрации твердых частиц в отработавших газах.

С увеличением нагрузки содержание твердых частиц в ОГ возрастает для всех топлив, несколько уменьшаясь в районе средних и немного больших нагрузок. Однако при сгорании смесового топлива образуется на 35 % и 60 % меньше, в зависимости от содержания рапсового масла в смеси (соответственно 25 % и 15 %).

При сгорании смеси на основе ДТ характер изменения концентрации сажи иного рода. Начиная с малых нагрузок и заканчивая средними, происходит увеличение выбросов твердых частиц. С дальнейшим увеличением нагрузки возникают лучшие условия смесе-

образования, тем самым снижая уровень выбросов твердых частиц в отработавших газах. Таким образом, на максимальных нагрузках обеспечивается снижение выбросов сажи в 2,5 раза по сравнению с нефтяным ДТ.

Дальнейшие исследования направлены на улучшение экономических показателей путем увеличения индикаторного КПД и подбора оптимального состава топлива, не снижая при этом достигнутых экологических показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биотопливо вместо солярки, выход из «нефтяного» тупика // Агро-Инфор. – 2006. – № 96.
2. Demirbas, A. Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines. – Springer-Verlag London Limited, 2008 – 208 p.
3. The biodiesel handbook. – AOCS Press, Champaign, Illinois, 2005 – 303 p.
4. Марченко, А. П. Сравнительная оценка эффективности применения растительных топлив в дизельном двигателе / А. П. Марченко, А. Ф. Минак, И. А. Слабун // Двигатели внутреннего сгорания. – 2004. – № 1. – С. 46-51.
5. Batshelor, S. E. A comparison of the energy balance of rape methyl ester and bioethanol / E. J. Booth, K. C. Walker / 9 th International rapeseed congress «Rapeseed today and tomorrow», 2005. – vol 4. – P. 1363.