

Д.Д. Матиевский, д-р техн. наук, С.С. Кулманаков, канд. техн. наук

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НОРМ ДВС ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СМЕСЕВЫХ БИОТОПЛИВ

Введение

Улучшение экологических показателей дизелей невозможно достигнуть только совершенствованием их конструкций. Проблема может быть решена применением новых топлив с улучшенными экологическими свойствами.

Хорошими экологическими свойствами обладает биодизельное топливо (БТ). При его сгорании происходит уменьшение количества в отработавших газах (ОГ) углеводородов. Выбросы оксидов азота (NO_x) оцениваются практически в тех же цифрах, что и для нефтяного дизтоплива (ДТ). БТ не содержит серы. Оно безопасно для хранения и транспортировки, поскольку является биологически чистым продуктом и обладает высокой температурой вспышки. В то же время БТ обладает определенными недостатками. В холодных условиях двигатель работает на БТ 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 двигателя.

БТ получают в результате химической реакции между растительными маслами или животными жирами и спиртами в присутствии катализатора. Учитывая климатические условия, в Европе наибольшее распространение получил эфир на основе рапсового масла. К тому же рапсовое масло может непосредственно применяться в качестве топлива. Преимуществами рапсового топлива являются его возобновляемость и более высокие экологические характеристики, по сравнению с ДТ.

Наибольшую экологическую опасность в ОГ дизелей представляют оксиды азота и сажа. Эффективным способом снижения эмиссии сажи является применение кислородсодержащих топлив и присадок. С этой целью применяют 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 подходящими являются – метиловый или этиловый эфиры рапсового масла (RME). Для проведения исследований были созданы топлива на основе рапсового масла (PM), этанола (Э), ДТ и RME.

Экспериментальная часть

Исследования проведены со следующими видами топлив:

- дизельное топливо;
- 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).

Опытная установка представляла один из самых распространенных типов дизелей серии Д-440 и Д-460 размерностью 130/140 производства ОАО «ПО АМЗ», которые унифицированы с автомобильными дизелями ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238. Это четырехтактные быстроходные дизели с непосредственным впрыскиванием топлива, объемно-плочным смесеобразованием и жидкостным охлаждением. Установка была оснащена необходимыми контрольно-измерительными приборами и специальным оборудованием для проведения исследований. В ходе исследований регистрировались показатели работы двигателя, индицировались внутрицилиндровое давление и параметры топливopодачи (давление и подъем иглы распылителя форсунки), также измерялись показатели вредных выбросов NO_x , оксида углерода (CO) и сажевых частиц (C).

Анализ результатов

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

Для смесевых топлив как на основе ДТ, так и на основе РМ наблюдается увеличением удельного индикаторного расхода топлива, связанное с уменьшением низшей теплоты сгорания, обуслов-

ленное наличием в топливе кислорода. В зависимости от состава топлива и режима работы двигателя расход может увеличиваться до 35 %.

Таблица 1. Физико-химические свойства топлив

| | ДТ | РМ | Этанол | РМЕ | РМЕ(55)+Э(20)+ДТ(25) | РМЕ(55)+Э(30)+ДТ(15) | РМЕ(55)+Э(20)+РМ(25) | РМЕ(55)+Э(30)+РМ(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 |
| | Н | 12,6 | 11,8 | 13,04 | 12 | 12,4 | 12,4 | 12,2 | 12,3 |
| | О | 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 | |

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 ДТ. С увеличением доли спирта в смесевых топливах наблюдается увеличение η_i . Это объясняется лучшим смесеобразованием, что предопределяет уменьшение продолжительности сгорания.

Для смесевых топлив на основе РМ индикаторный КПД имеет меньшие значения по сравнению с топливами на основе ДТ из-за различия физико-химических свойств ДТ и РМ.

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

Топлива на основе РМ имеют 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 ОГ. 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 коэффи-

циента избытка воздуха говорит о более качественном смесеобразовании для смесевых топлив.

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

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

Так как при сгорании смеси топлива на основе РМ 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 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 больших значений максимального дав-

ления топлива и выбросы окислов азота резко возрастают.

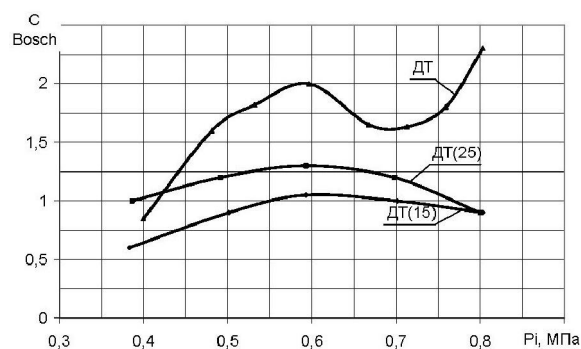
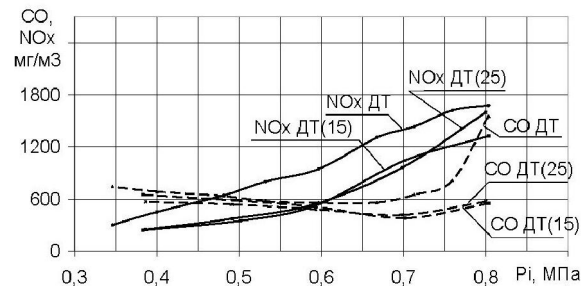
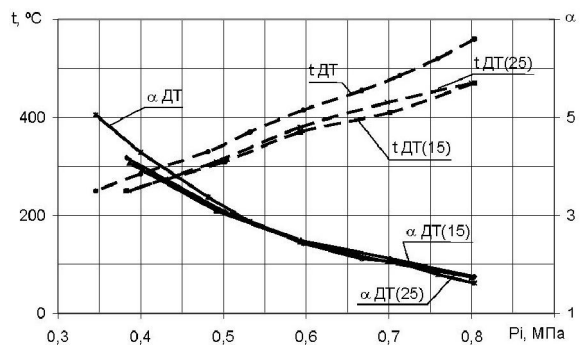
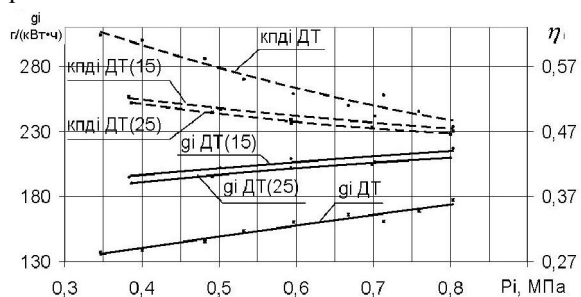


Рис. 1. Показатели смеси на основе дизельного топлива

При номинальной нагрузке работа на смешанных топливах сопровождается более высокой концентрацией NO_x . Увеличение составляет порядка 11 – 15 %.

При сгорании смеси на основе ДТ NO_x выбрасывается в среднем на 30 % меньше по сравнению с чистым ДТ, что объясняется более качественным смесеобразованием и меньшей максимальной тем-

пературой цикла вследствие неоптимального подвода теплоты в цикле.

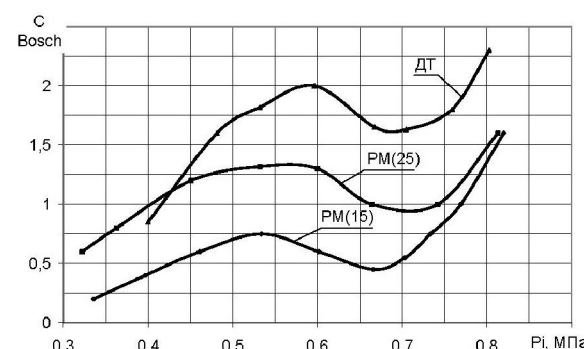
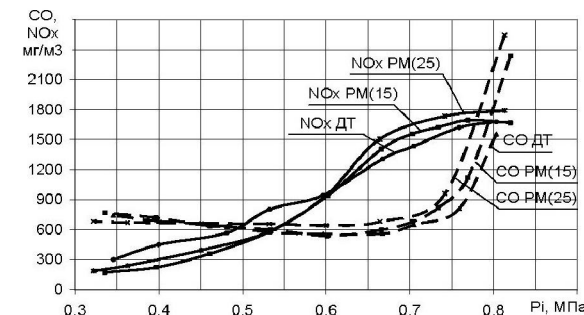
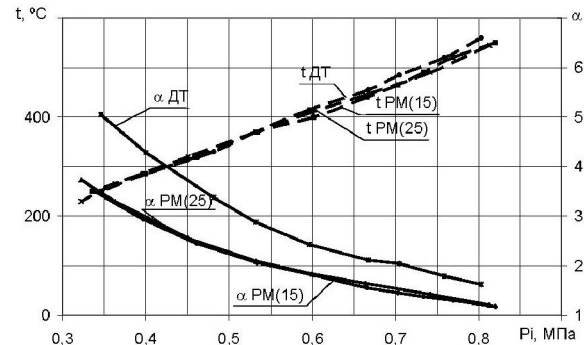
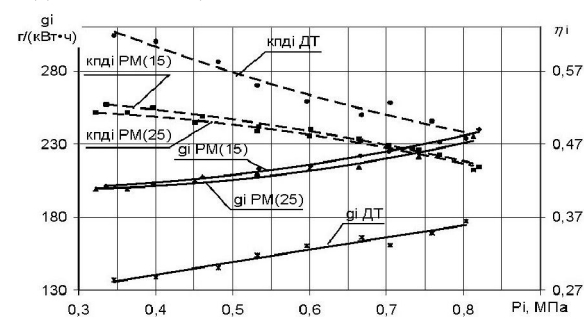


Рис. 2. Показатели смеси на основе рапсового масла

При работе на малых и средних нагрузках выбросы CO остаются примерно на одном уровне независимо от выбора топлива. С дальнейшим увеличением нагрузки при сгорании смеси на основе ДТ прослеживается уменьшение выбросов CO , 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 смесевоего топлива на основе РМ уровень выбросов СО сравним с уровнем при работе на ДТ, но при нагрузках близких к номинальным уровни СО превышают уровень при работе на ДТ. Это объясняется тем, что при максимальных нагрузках вследствие больших давлений в топливной системе и повышенной вязкости смесевых топлив на основе РМ, ухудшается 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 ДТ на смесевое топливо получен за счет снижения концентрации сажи в ОГ. С увеличением нагрузки содержание сажи в ОГ возрастает для всех топлив, несколько уменьшаясь в районе средних и немного больших нагрузок. Однако при сгорании смесевоего топлива сажи образуется на 35 % и 60 % меньше, в зависимости от содержания РМ в смеси.

При сгорании смеси на основе ДТ характер изменения концентрации сажи иного рода. На малых и средних нагрузках происходит увеличение выбросов сажевых частиц. С дальнейшим увеличе-

нием нагрузки улучшаются условия смесеобразования, тем самым снижая уровень выбросов частиц в ОГ. Таким образом, на максимальных нагрузках обеспечивается снижение выбросов сажи в 2,5 раза по сравнению с ДТ.

Заключение

Лучшие экологические показатели имеет дизель, работающий на смесях с большим содержанием этанола. Дальнейшие исследования направлены на улучшение экономических показателей путём увеличения индикаторного КПД и подбора оптимального состава топлива, не снижая при этом достигнутых экологических показателей.

Список литературы:

1. Биотопливо вместо солярки, выход из «нефтяного тупика» // *Агро-Информ*. – октябрь 2006 (96).
2. Demirbas A. Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines / A. Demirbas. 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.А. Прохоренко, А.А. Осетров, В. Смайлис, В.Сенчила // *Двигатели внутреннего сгорания*. – 2004. – № 1. – С. 46-51.
5. Batshelor S.E. Rapeseed today and tomorrow / S.E. Batshelor, E.J. Booth, K.C. Walker // *A comparison of the energy balance of rape methyl ester and bioethanol: 9 th International rapeseed congress*. – 2005. – vol 4. – P. 1363.

УДК 621.43.068.4

А.П. Строков, д-р техн. наук, А.Н. Кондратенко, асп.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЕЙ ОТ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

Введение

Как известно, приоритетными направлениями совершенствования ДВС являются: улучшение экологичности, повышение топливной экономичности, увеличение надежности ДВС. Современные требования к ДВС, диктующие вышеуказанные задачи, сами по себе формулируются законами рынка, и только требования к экологичности закреплены законодательно. Выполнение этих задач зачастую невозможно без использования всех известных способов снижения токсичности одновременно. Особое место занимают различные способы

и методы очистки отработавших газов (ОГ) двигателя от твердых частиц (ТЧ) [1, 2].

Цель и постановка задачи

Целью работы является анализ современных систем очистки ОГ дизеля.

Для достижения поставленной цели решались такие задачи:

- проведен литературный обзор и патентный поиск по современным системам очистки ОГ;
- на основании анализа публикуемых данных предложены варианты совершенствования существующих способов и методов очистки ОГ.