

УДК 621.436

*А.П. Кудряш, д-р техн. наук, П.Я. Перерва, канд. техн. наук, В.Н. Киреева, инж.,
А.А. Потапенко, инж.*

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИЗЕЛЕЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Вопросы экономии и рационального использования топливно-энергетических ресурсов не теряют своей актуальности. Сложная ситуация с экологической обстановкой в промышленно развитых регионах в перспективе приведет к увеличению доли альтернативных топлив при эксплуатации тепловых двигателей и котельных установок.

Одним из важнейших направлений борьбы за сохранение чистоты воздушного бассейна является поиск более «чистого» топлива, а также изыскание различных присадок и примесей к обычному углеродному топливу, которые могли бы снизить токсичность продуктов сгорания [1].

С недавних пор большой интерес проявляется к применению в качестве альтернативных топлив водотопливных эмульсий (ВТЭ). Исследования эффективности использования ВТЭ в качестве топлив для дизелей проводятся довольно широко. Однако определение оптимального состава ВТЭ по содержанию воды и степень ее воздействия на эффективные и экологические показатели дизеля неоднозначны. Большинство авторов считают оптимальным содержание воды в ВТЭ 10-20 %. Исследования других авторов [2] свидетельствуют, что оптимальным является содержание воды в ВТЭ до 50 %. Существенные различия в оценке оптимальной концентрации водной фазы зависит не только от типа двигателя и марки применяемого топлива, а также и от режима эксплуатации (нагрузки) двигателя.

При общих положительных результатах выявлены некоторые общие тенденции и особенности [2].

Для каждого типа двигателя существует свой оптимум по содержанию массовой доли воды (C_w),

определяемый максимальной экономией топлива. Причем оптимум имеет узкий диапазон изменения C_w (2-4 %). Температура отработавшего газа (ОГ) стабильно снижается по мере увеличения C_w , что является своего рода резервом к форсировке дизеля.

В процессе работы двигателя на дизельном топливе (ДТ) детали камеры сгорания (КС) покрываются прочным нагаром, клапаны имеют обширные зоны лаковых отложений, а на распылителях образуются коксовые отложения.

Перевод двигателя на ВТЭ не только улучшает показатели рабочего процесса (уменьшается удельный эффективный расход топлива ω_e) и снижает теплонапряженность деталей КС, но и существенно уменьшаются и теряют прочность нагароотложения, исчезают лаковые зоны на клапанах и коксовые отложения на форсунках.

Раскоксовывание сопел распылителей форсунок с помощью ВТЭ – этот эффект проявляется даже при кратковременном переводе двигателя на ВТЭ и имеет особо важное значение для эксплуатации ДВС.

Применение эмульгированного водой топлива существенно «облагораживает» работу дизелей, однако четкого механизма, объясняющего все обнаруженные положительные эффекты, исследователями не предложено.

Одни считают [4], что наибольшую положительную роль в рабочем процессе дизеля играют микровзрывы и увеличение местных значений коэффициента избытка воздуха. Микровзрывы разбивают капли топлива крупных размеров и асфальтовые включения, разрушают коксовые отложения на распылителях форсунок.

Другие авторы [5] считают, что процесс испарения капель ВТЭ значительно сложнее. Существенное значение имеют два фактора. Один из них – размер частиц водной фазы. Авторы приводят данные визуальных наблюдений, согласно которым горение капель мазута М-60 со средним диаметром частиц воды $3,7 \times 10^{-6}$ м не сопровождается явлением микровзрыва, а напоминает горение мазута, но без коптящего пламени, чем и объясняется снижение дымности при работе двигателя на ВТЭ.

Второй фактор, оказывающий существенное влияние на микровзрыв капель ВТЭ – давление среды. По данным авторов [6] микровзрыв водной фазы в каплях ВТЭ имеет место при относительно низких (до 1 мПа) давлениях. Причина микровзрыва капли ВТЭ – резкое увеличение объема воды при переходе из жидкой фазы в газообразную.

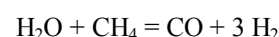
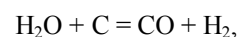
При более высоком давлении, которое наблюдается в КС дизелей, капля ВТЭ не взрывается, а происходит хаотичный выброс микроструй паров водной фазы. Это происходит потому, что при возрастании давления внешней среды объем воды при переходе жидкость-пар уменьшается по экспоненте [7]. Это и приводит к перерастанию взрывного характера процесса испарения воды в более спокойный процесс истечения микроструй. По-видимому, в реальных условиях существует несколько различных механизмов процесса разрушения капель ВТЭ. Существенное влияние на эти процессы оказывают вид топлива, размер частиц, давление среды, распределение температурного поля в КС.

Некоторые авторы [8] считают, что значительную роль в улучшении экологических показателей при сжигании углеводородного топлива на основе ВТЭ играют пары воды, которые могут действовать как катализатор химических реакций окисления и газификации углерода.

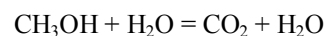
Ряд авторов [9] существенное улучшение полноты сгорания топлива при работе на ВТЭ объясня-

ют непосредственным участием паров воды, идеально перемешанных с парами углеводородного топлива, в протекании окислительных процессов при высоких температурах.

Считается, что вода очень устойчивое вещество. Это заключение основано на его высокой термической устойчивости. Так, при 1000 °С его степень диссоциации (распад на H_2 и O_2) составляет $3 \times 10^{-5} \%$, а при 2000 °С - 0,588 % [10]. Однако в то же самое время вода достаточно реакционноспособное вещество и при 1000-1100 °С она реагирует с углем и углеводородами [11]:

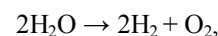


Со многими другими органическими соединениями реакции происходят при относительно низких температурах. Так, реакция

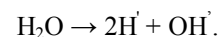


происходит уже при 250 °С [11].

«Облагораживающее» действие воды авторы [4, 8] объясняют гипотезой каталитического влияния воды на механизм воспламенения и горения топлива. Показано, что высокая температура в КС может вызывать не только термическую диссоциацию перегретого пара



но и диссоциацию на радикалы водорода и гидроксила



На стадии догорания повышенная концентрация активных радикалов способствует доокислению осколков молекул углеводородов, т.е. снижению токсичности ОГ.

В пользу этой теории свидетельствуют исследования авторов [9]. Масспектрометрический анализ продуктов сгорания двигателя 1ЧН 18/20, работав-

шего на 40 % ВТЭ, которая содержала помеченную изотопом O^{18} воду, показал, что 60 % кислорода воды, входящей в состав ВТЭ, непосредственно участвует в окислении углеводородов топлива.

Кроме всего вышеизложенного, сжигание ВТЭ приводит к перераспределению температурного поля в зоне горения и снижению уровня температур в области образования оксидов азота, что приводит к уменьшению их концентрации в ОГ двигателя.

В ИПМаш НАН Украины коллективом авторов [12] были получены и испытаны обратные ВТЭ с содержанием 10, 20 и 30 % воды.

Для приготовления эмульсий использовалась обычная (водопроводная) вода. Тип ВТЭ определяется исходя из требований к антикоррозионным свойствам эмульгированного топлива. Поэтому для исследований была выбрана эмульсия обратного типа (вода – дисперсная фаза, топливо – дисперсионная среда). В такой эмульсии даже при неблагоприятных условиях (в случае потери седиментационной устойчивости) частично отслаивается дизельное топливо и вода в чистом виде не выделяется. Для стабилизации эмульсий обратного типа был подобран двухкомпонентный стабилизатор, содержащий органическое вещество и катион щелочно-земельного металла. Такой стабилизатор покрывает каплю воды прочной многослойной сольватной оболочкой поверхностно-активного вещества, что и обеспечивает заданные антикоррозионные свойства ВТЭ.

На полученных эмульсиях были проведены сравнительные испытания на моторном стенде с дизелем 1Ч 8,5/11.

Испытания в силу производственных причин проводились в разное время. Поэтому оценка результатов дается в сравнении с несколько отличающимися

ся эталонными характеристиками двигателя, работавшего на дизельном топливе.

Испытания ВТЭ проводились при разных углах опережения впрыска топлива. Уровень дымности измерялся дымомером «ИНА-109», измерение содержания NO_x производилось с помощью газоанализатора «HORIBA».

Как и следовало ожидать, при работе на ВТЭ резко увеличивается период индукции и поэтому с помощью изменения угла опережения впрыска не удалось организовать проведение испытаний при равных p_z .

На рис. 1 и 2 представлены результаты измерений содержания оксидов азота и дымности при работе на эталонных дизельных топливах и приготовленных из них ВТЭ с 10, 20 и 30%-м содержанием воды.

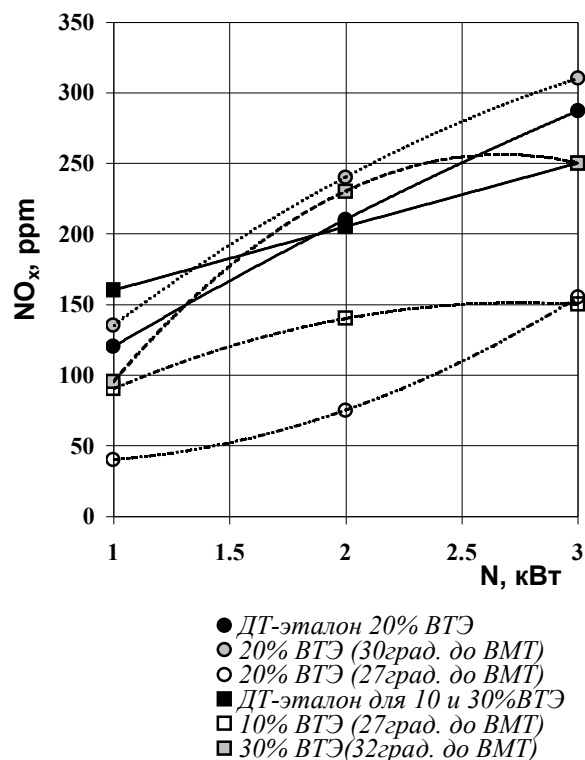


Рис. 1. Содержание оксидов азота в ОГ двигателя 1Ч 8,5/11 при работе на ДТ и ВТЭ

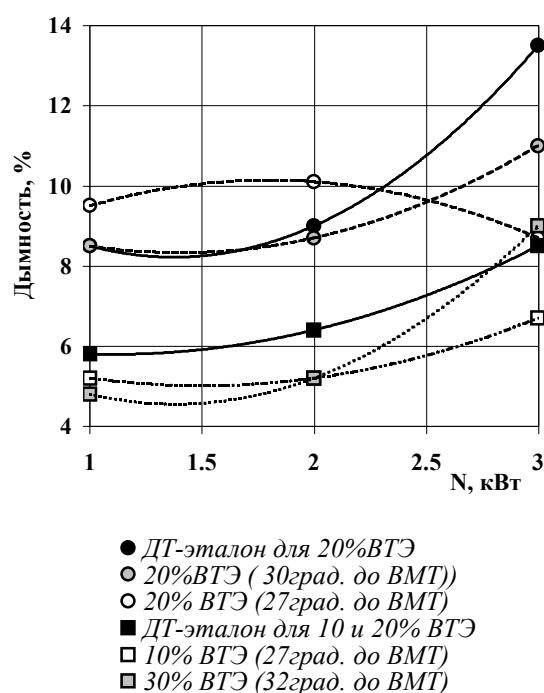


Рис. 2. Дымность ОГ двигателя 1Ч 8,5/11 при работе на ДТ и ВТЭ

Из приведенных графиков видно, что наблюдается заметное снижение дымности (с 8,5 до 6,5 %) при 10%-м содержании воды в ВТЭ и при этом содержание NO_x в ОГ уменьшается с 250 до 150 ppm при нагрузке 3 кВт. Это происходит при практически равном удельном расходе топлива. Следует отметить, что при содержании воды в ВТЭ более 20 % резко возрастает p_z . Необходимо в будущем всесторонне оценить целесообразность использования ВТЭ с содержанием воды более 20 %.

В заключение следует сказать, что результаты экспериментальных исследований подтвердили работоспособность дизельного двигателя и улучшение экологических показателей при работе на ВТЭ.

Авторы выражают признательность Мараховскому Владимиру Петровичу и Семикину Виталию Максимовичу за оказанную помощь в проведении стендовых испытаний.

Список литературы:

1. Химия окружающей среды / Пер. с англ., Под ред. А.П. Цыганкова. – М.: Химия, 1982. – 672 с.
2. Лерман Е.Ю., Гладков О.А. Высококонцентрированные водотопливные эмульсии – эффективное средство улучшения экологических показателей легких быстроходных дизелей // Двигателестроение. – 1986. – № 10. – С. 35 – 38.
3. Воржесв Ю.И. Применение водотопливных эмульсий в судовых дизелях // Двигателестроение. – 1986. – № 12. – С. 30 – 33.
4. Лебедев О.Н., Сомов В.А., Сисин В.Д. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях. – Л.: Судостроение, 1988. – 105 с.
5. Школьный А.А., Сенчило В.В. Анализ процесса испарения водотопливных эмульсий методами теории бинарных смесей // Двигателестроение. – 1978. – № 8. – С. 6 – 8.
6. Лебедев О.Н., Марченко В.Н. Исследование процессов испарения и сгорания эмульгированного моторного топлива // Двигателестроение. – 1979. – № 12. – С. 26 – 27.
7. Литвин А.М. Техническая термодинамика. – М.:Л.: ГЭИ, 1959. – 312 с.
8. Хилько С.Л., Титов Е.В. Коллоидные композиции как экологически чистые виды топлив // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2001. – № 6. – С. 12 – 15.
9. Бернштейн Е.В., Гладков О.А. Уменьшение вредных выбросов дизелей при их стендовых испытаниях: Обзор. – М.: ЦНИИ-ТЭИтяжмаш, 1989. – 28 с.
10. Неницеску К. Общая химия. – М.: Мир, 1968. – 176 с.
11. Реми Г. Курс неорганической химии. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1963. – Т. 1. – С. 44 – 46.
12. Особенности получения водотопливных эмульсий и их применение в дизельных двигателях / А.П. Кудряш, В.П. Шпачук, А.А. Потапенко, В.Н. Киреева, В.М. Семикин. – Харьков: 1996. – 41 с. (Препр. / Ин-т проблем машиностроения НАН Украины; № 395).