

УДК 621.433:621.436.068

**И.В. Парсаданов, д-р техн. наук, А.А. Теплицкий, инж.,  
В.В. Солодовников, канд. техн. наук, С.Ю. Белик, инж.**

## ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ В АВТОТРАКТОРНОМ ДИЗЕЛЕ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ. (ЧАСТЬ I)

**Введение.** Водотопливные эмульсии представляют собой систему, включающую в себя воду, которая является дисперсной фазой с диаметром капель 0,1...10 мкм, и топливо, являющейся дисперсной средой. Такие эмульсии носят название «эмульсии обратного типа» (вода в топливе), исключают контакт металлических поверхностей топливной аппаратуры и стенок трубопроводов с водой. Водотопливные эмульсии получают в гомогенизаторах и диспергаторах. Важным показателем качества эмульсий является стабильность. Стабильность эмульсий обеспечивается добавкой в нее поверхностно-активных веществ (ПАВ) – эмульгаторов. Применение водотопливных эмульсий не требует конструктивных переработок дизеля и позволяет заметно улучшить экологические характеристики двигателей внутреннего сгорания [1 – 5].

В научно-инвестиционной компании «Корал Инвест Технологии» на основе углеводородных соединений разработан эмульгатор, позволяющий при незначительном его добавке (2...4 % по массе) обеспечивать стабильность эмульсии в течение длительного времени. Водотопливные эмульсии с данным эмульгатором получили название – топливо экологическое дизельное (ТЭД).

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния ТЭД на показатели токсичности и дымности отработавших газов автотракторного дизеля.

**Цель исследований** определить концентрацию в отработавших газах оксидов азота, оксида углерода, газообразных углеводородов и дымность отработавших газов при работе автотракторного дизеля на ТЭД с различными концентрациями воды (до 31,2 % по массе) и уровнем диспергации.

**Объектом исследований** был выбран дизель 4ЧН 12/14 (СМД-19Т) с непосредственным впрыскиванием топлива, газотурбинным наддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха.

**Методика исследований.** Исследования дизеля с различными вариантами ТЭД проведены на стенде научно-исследовательской лаборатории кафедры ДВС НТУ «ХПИ» по нагрузочным характеристикам при частотах вращения коленчатого вала  $n = 1000, 1500, 2000 \text{ мин}^{-1}$ . Максимальные значения мощности на каждой из  $n$  соответствовали мощности по внешней характеристике дизеля. Промежуточные значения – мощностям, соответствующим 0,75, 0,50, 0,25 и 0,10 максимальной мощности. Установочный угол опережения впрыскивания топлива при исследованиях не изменялся. Исследования проведены при температуре окружающей среды +10...+15 °С.

Дизель исследовался: на стандартном дизельном топливе (ДТ), ТЭД с содержанием воды 12,3 % по массе (ТЭД-12,3-0), ТЭД с содержанием воды 19,4 % по массе (ТЭД-19,4-0), ТЭД с содержанием воды 23,2 % по массе (ТЭД-23,2-0), ТЭД с содержанием воды 23,2 % по массе (ТЭД-23,2-1), ТЭД с содержанием воды 23,2 % по массе (ТЭД-23,2-2), ТЭД с содержанием воды 31,2 % по массе (ТЭД-31,2-0). Индексы 0, 1, 2 в обозначениях ТЭД указывают на уровень диспергации: 0 – грубая диспергация (средний диаметр капель воды в ТЭД 8...9 мкм), 1 – улучшенная диспергация (средний диаметр капель воды в ТЭД 5...6 мкм), 2 – тонкая диспергация (средний диаметр капель воды в ТЭД 2...3 мкм). Основные характеристики топлив приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики исследованных ТЭД

| Условное обозначение ТЭД | $\rho^{20}$ , г/см <sup>3</sup> | $\nu^{20}$ , сСт | Массовое содержание ДТ, % | Массовое содержание ПАВ, % | Массовое содержание Н <sub>2</sub> О, % |
|--------------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|
| ТЭД-12,3-0               | 0,8457                          | 5,97             | 85,4                      | 2,3                        | 12,3                                    |
| ТЭД-19,4-0               | 0,854                           | 6,57             | 77,3                      | 3,3                        | 19,4                                    |
| ТЭД-23,2-0               | 0,862                           | 6,7              | 73,4                      | 3,4                        | 23,2                                    |
| ТЭД-23,2-1               | 0,862                           | 7,25             | 73,4                      | 3,4                        | 23,2                                    |
| ТЭД-23,2-2               | 0,862                           | 7,99             | 73,4                      | 3,4                        | 23,2                                    |
| ТЭД-31,2-0               | 0,8746                          | 10,42            | 64,7                      | 4,1                        | 31,2                                    |

**Результаты исследований.** Зависимости концентрации токсичных веществ в отработавших газах и дымности отработавших газов от содержания воды в ТЭД на режимах максимальной мощности при частотах вращения коленчатого вала  $n = 2000, 1500$  и  $1000 \text{ мин}^{-1}$  приведены на графиках (рис.1...4). Приведенные данные свидетельствуют о том, что применение ТЭД в качестве топлива позволяет существенно улучшить экологические показатели дизеля.

Замедление реакций образования  $\text{NO}_x$ , связанного с нагревом, испарением воды и перегревом пара в цилиндре дизеля, приводит к снижению концентрации  $\text{NO}_x$  в отработавших газах. На всех исследованных частотах вращения коленчатого вала концентрация оксидов азота в отработавших газах с увеличением количества воды в ТЭД уменьшилась. На режимах максимальной мощности концентрация  $\text{NO}_x$  уменьшилась в 1,2...1,7 раза при применении ТЭД-19,4-0 и в 1,6...3,2 раз при применении ТЭД-31,2-0 в сравнении с работой дизеля на ДТ. Со снижением частоты вращения коленчатого вала концентрация оксидов азота снижается более заметно.

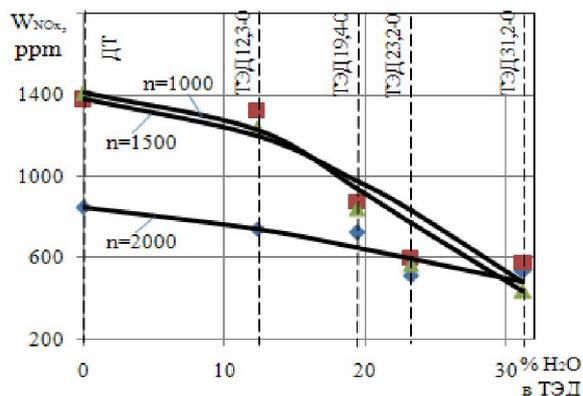


Рис. 1. Зависимости концентрации оксидов азота в отработавших газах от содержания воды в ТЭД

Также позитивное влияние оказывает ТЭД на концентрацию в отработавших газах оксида углерода. На режимах максимальной мощности уменьшение концентрации оксида углерода составляет 1,3...1,4 раза при использовании ТЭД-19,4-0 и 1,6...2,3 раза при использовании ТЭД-31,2-0 в сравнении с работой дизеля на ДТ. Влияние ТЭД на концентрацию газообразных углеводородов в отработавших газах дизеля неоднозначно и незначительно. Изменение концентрации газообразных углеводородов на каждом из исследован-

ных режимов для всех ТЭД не превышает 50 –60  $\text{млн}^{-1}$ .

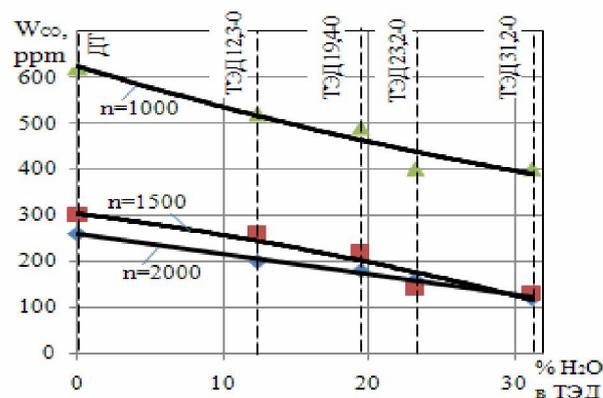


Рис. 2. Зависимости концентрации оксида углерода в отработавших газах от содержания воды в ТЭД

Вместе с тем можно отметить тенденцию к росту концентрации газообразных углеводородов при увеличении концентрации воды в ТЭД при номинальной частоте вращения и к уменьшению ее при частоте вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту.

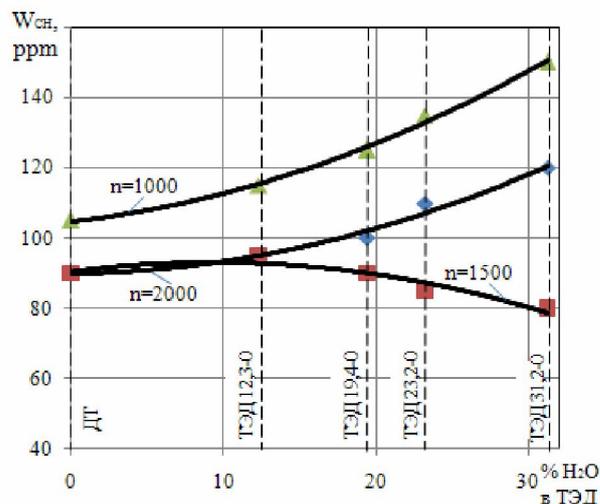


Рис. 3. Зависимости концентрации газообразных углеводородов в отработавших газах от содержания воды в ТЭД

Бесспорным преимуществом использования ТЭД в дизеле является ее влияние на дымность отработавших газов. На режимах максимальной нагрузки уменьшения дымности отработавших газов составляет 1,3...1,4 раз при использовании ТЭД-19,4-0 и 1,3...2,7 раз при использовании ТЭД-31,2-0. Со снижением частоты вращения коленчатого вала уменьшения дымности отработанных газов растет.

На экологические показатели дизеля оказывает влияние не только содержание воды в ТЭД, но и уровень ее дисперсности.

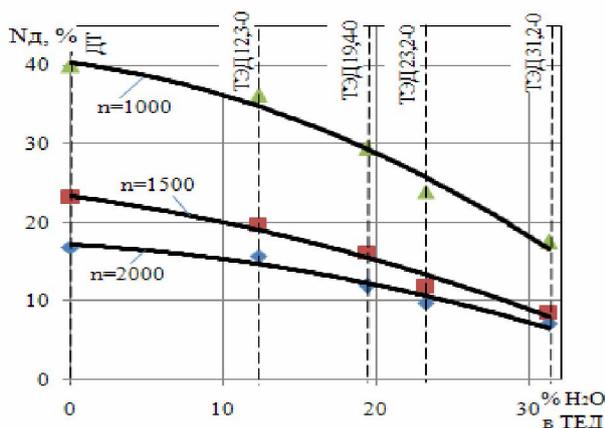


Рис. 4. Зависимости дымности отработавших газов от содержания воды в ТЭД

Для определения влияния уровня дисперсности на концентрацию токсичных веществ в отработавших газах и дымность отработавших газов проведены исследования дизеля при работе на ТЭД-23,2. Результаты проведенных исследований на режимах максимальной мощности при частотах вращения коленчатого вала  $n = 2000, 1500$  и  $1000 \text{ мин}^{-1}$  с тремя уровнями дисперсности (грубая, улучшенная и тонкая) приведены на рис. 5.

Анализируя полученные данные можно отметить, что уровень дисперсности 0 и 1 практически не оказывает влияние на экологические показатели дизеля. При обеспечении тонкой дисперсности (средний диаметр капель воды в ТЭД  $1...2 \text{ мкм}$ ) на режимах максимальной мощности в отработавших газах возрастает концентрация оксидов азота на  $60...160 \text{ ppm}$ , снижается концентрация оксида углерода на  $20...30 \text{ ppm}$  и дымность отработавших газов – на  $2 \%$  по шкале дымомера.

**Выводы**

1. Применение ТЭД в качестве топлива без изменения конструкции и регулировок автотракторных дизелей обеспечивает эффективное снижение уровня загрязнения окружающей среды токсичными компонентами отработавших газов. На режимах максимальной мощности:

- концентрация в отработавших газах оксидов азота снижается в  $1,3...3,5$  раза, концентрация оксида углерода снижается в  $1,3...2$  раза;
- дымность отработавших газов снижается в  $1,6...2,5$  раза.

2. Более тонкая дисперсация ТЭД снижает концентрацию в отработавших газах оксида угле-

рода и дымность отработавших газов, но увеличивает концентрацию оксидов азота.

3. Влияние ТЭД и уровня его дисперсности на концентрацию в отработавших газах газообразных углеводородов незначительно и неоднозначно

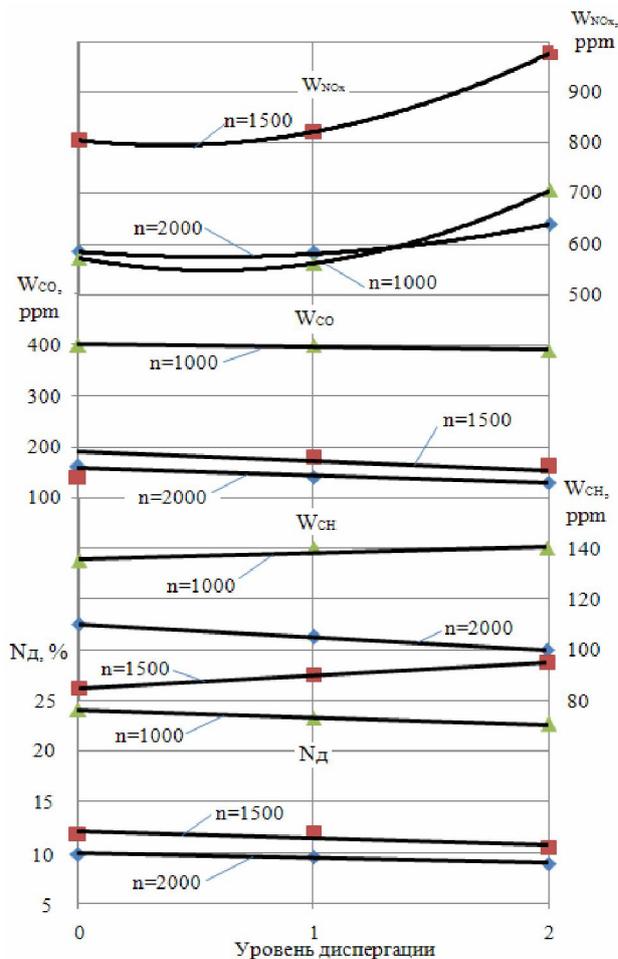


Рис. 5. Зависимости концентрации вредных веществ и дымности отработавших газов от уровня дисперсности ТЭД

**Список литературы:**

1. Гладков О.А. Создание малотоксичных дизелей речных судов / О.А. Гладков, Е.Ю. Лерман – Л.: Судостроение, 1990. – 112 с. 2. Сомов В.А. О применении водотопливных эмульсий в дизелях / В.А. Сомов, Двигателестроение.–1988.– № 3.– С. 35–37. 3. Парсаданов И.В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно-экологического критерия. / И.В. Парсаданов – Х.: Издат. центр НТУ «ХПИ», 2003.– 244 с. 4. Ceccarelli Ulderico. Metti l'emulsistem nel tuo motor // Tecmol. Serv. Pubbl.– 1987.– 7.– № 5.– P 52 – 54, 58 – 59. 5. Zhang T. Experimental study on water particles in the combustion of marine four-stroke diesel engine operated with emulsified fuels. / T. Zhang, H. Okada, T.Tsukamoto, K. Ohe – Paper № 193. – CIMAC 2007. – Vienna.

**Bibliography (transliterated):**

1. Gladkov O.A. Sozдание malotoksichnyh dizelej rechnyh sudov / O.A. Gladkov, E.Ju. Lerman – L.: Sudostroenie, 1990. – 112 s. 2. Somov V.A. O primenении vodotoplivnyh jemul'sij v dizeljah / V.A. Somov, Dvigatelsestroenie.–1988.– № 3.– S. 35–37. 3. Parsadanov I.V. Povyshenie kachestva i konkurentosposobnosti dizelej na osnove kompleksnogo toplivno-jekologicheskogo kriterija. / I.V. Parsadanov

– Harkov: izdat. centr NTU “HPI”, 2003.– 244 s. 4. Ceccarelli Ulderico. Metti l'emulsistem nel tuo motor // Tecno. Serv. Pubbl.– 1987.– 7.– № 5.– P 52 –54, 58 – 59. 5. Zhang T. Experimental study on water particles in the combustion of marine four-stroke diesel engine operated with emulsified fuels. / T. Zhang, H. Okada, T. Tsukamoto, K. Ohe – Paper № 193. – CIMAC 2007. – Vienna.

УДК 621.433:621.436.068

**И.В. Парсаданов, д-р техн. наук, А.А. Теплицкий, инж., И.Н. Карягин, инж., В.В. Солодовников, канд. техн. наук, С.А. Кравченко, канд. техн. наук, П.Г. Ходак, инж.**

**ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ В АВТОТРАКТОРНОМ ДИЗЕЛЕ. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ. (ЧАСТЬ II)**

**Введение.** В первой части статьи приведены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния водотопливных эмульсий, изготовленных научно-инвестиционной компанией «Корал Инвест Технологии» на основе стандартного дизельного топлива производства Кременчугского НПЗ (ДСТУ 4840-2007) с добавками эмульгатора, на показатели токсичности и дымности отработавших газов автотракторного дизеля. Изготовитель дал название этому топливу – ТЭД (топливо экологическое дизельное). Основным преимуществом ТЭД перед другими водотопливными эмульсиями является высокая стабильность при хранении. Например, проба ТЭД12,3-0, полученного на основе дизельного топлива с добавкой 2,3 % по массе эмульгатора, сохранила свою стабильность на протяжении проведения исследований в научно-исследовательской лаборатории кафедры ДВС НТУ «ХПИ» в течение более 2000 часов.

Во второй части статьи приведены данные о влиянии ТЭД на энергетические и экономические показатели дизеля.

**Цель исследований** оценить расхода топлива и мощность автотракторного дизеля при работе на ТЭД с различными концентрациями воды и уровнем диспергации.

**Объект и методика исследований.** Исследования проведены на дизеле 4ЧН 12/14 (СМД-19Т). Методика исследований приведена в первой части статьи, там же даны сведения об основных характеристиках топлив.

**Результаты исследований. Влияние ТЭД на экономические показатели дизеля.**

Зависимости часовых расходов ДТ и ТЭД от содержания воды в ТЭД на режимах максимальной мощности дизеля по внешней характеристике при

частотах вращения коленчатого вала  $n = 2000, 1500$  и  $1000 \text{ мин}^{-1}$  приведены на графиках (рис.1 и 2).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что с увеличением состава воды часовой расход ТЭД возрастает. Для обеспечения номинальной мощности ( $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ ) при работе на ТЭД19,4-0 необходимо увеличить часовой расход эмульсии на 4,8 кг/ч в сравнении с ДТ. При работе на ТЭД31,2-0 – на 9,6 кг/ч. Для обеспечения максимального крутящего момента ( $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ ) при работе на ТЭД19,4-0 необходимо увеличить часовой расход эмульсии на 3,6 кг/ч в сравнении с ДТ. При работе на ТЭД31,2-0 – на 7,5 кг/ч.

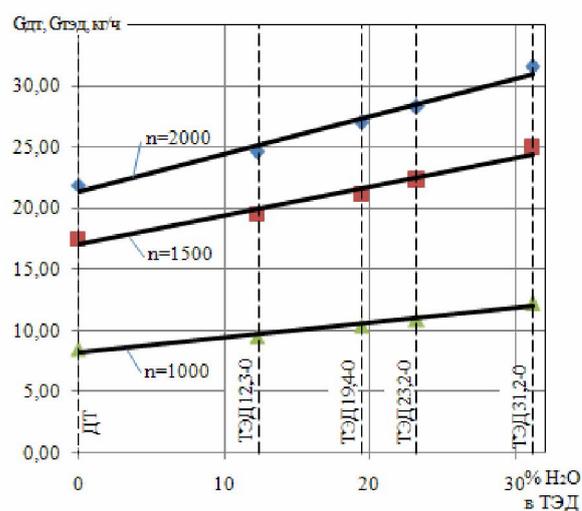


Рис. 1 Зависимости часовых расходов ДТ и ТЭД от содержания воды в ТЭД

Одновременно, как это видно из рис. 2, расход ДТ в ТЭД при увеличении содержания воды уменьшается. Наиболее эффективно с точки зрения экономии ДТ использование ТЭД с содержанием воды 15...25 %. При работе дизеля на ТЭД19,4-0 на режиме номинальной мощности расход ДТ умень-