

УДК 621.436

А. В. САВЧЕНКО, Д. В. МЕШКОВ

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ

Выполнен аналитический обзор экспериментальных исследований по влиянию применения водотопливных эмульсий на экологические, энергетические, экономические и другие показатели дизеля: крутящий момент, мощность, уровень выбросов оксидов азота, удельный эффективный расход топлива. Рассмотрены механизмы воздействия водотопливных эмульсий на рабочий процесс дизеля. Отдельно рассмотрено влияние содержания воды в водотопливной эмульсии и угла опережения впрыскивания топлива на показатели дизеля.

Ключевые слова: водотопливная эмульсия; рабочий процесс; выбросы оксидов азота; микровзрыв

Введение

Задачи энергосбережения и экологической безопасности при работе энергетических установок с двигателями внутреннего сгорания входят в число важнейших задач, стоящих перед учёными и инженерами всего мира. При проектировании современных двигателей особое внимание уделяется их экономичности и минимизации вредного воздействия на окружающую среду.

Улучшение экологических и экономических показателей дизеля требует рациональной организации процесса смесеобразования. Качество смесеобразования можно улучшить посредством изменения ряда параметров дизеля: давление впрыскивания топлива, диаметр и количество распыляющих отверстий форсунки. Однако следует отметить, что резервы повышения качества смесеобразования такими методами практически исчерпаны и дальнейшее существенное улучшение качества смесеобразования сопряжено со значительными трудностями [1, 7].

Одним из способов уменьшения выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей является подача воды с топливом в камеру сгорания [1-3, 7-9]. К преимуществам данного способа следует отнести то, что он не требует существенных изменений в конструкции дизеля.

Анализ результатов исследований

Исследованы несколько методов подачи воды в камеру сгорания дизеля: впрыскивание воды форсункой во впускной коллектор, впрыскивание воды в камеру сгорания отдельной форсункой, впрыскивание в камеру сгорания эмульсии воды с топливом через единую форсунку. Наиболее эффективным с точки зрения экономических и экологических показателей является впрыскивание в цилиндр водотопливной эмульсии [1-3, 7].

Были проведены исследования [1, 2] влияния содержания воды в водотопливной эмульсии на характеристики дизеля, которые показали, что увеличение содержания воды позволяет заметно снизить удельный эффективный расход топлива (рис. 1) и уровень выбросов NO_x (рис. 2).

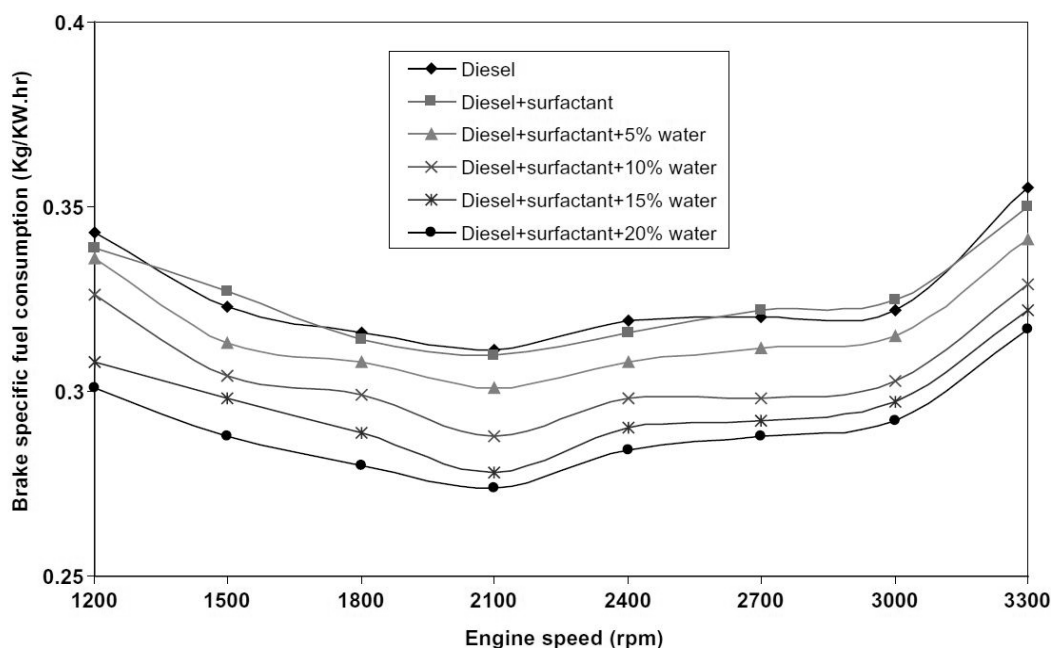


Рис. 1 – Зависимость удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала для топлива с различным содержанием воды

© А. В. Савченко, Д. В. Мешков, 2015

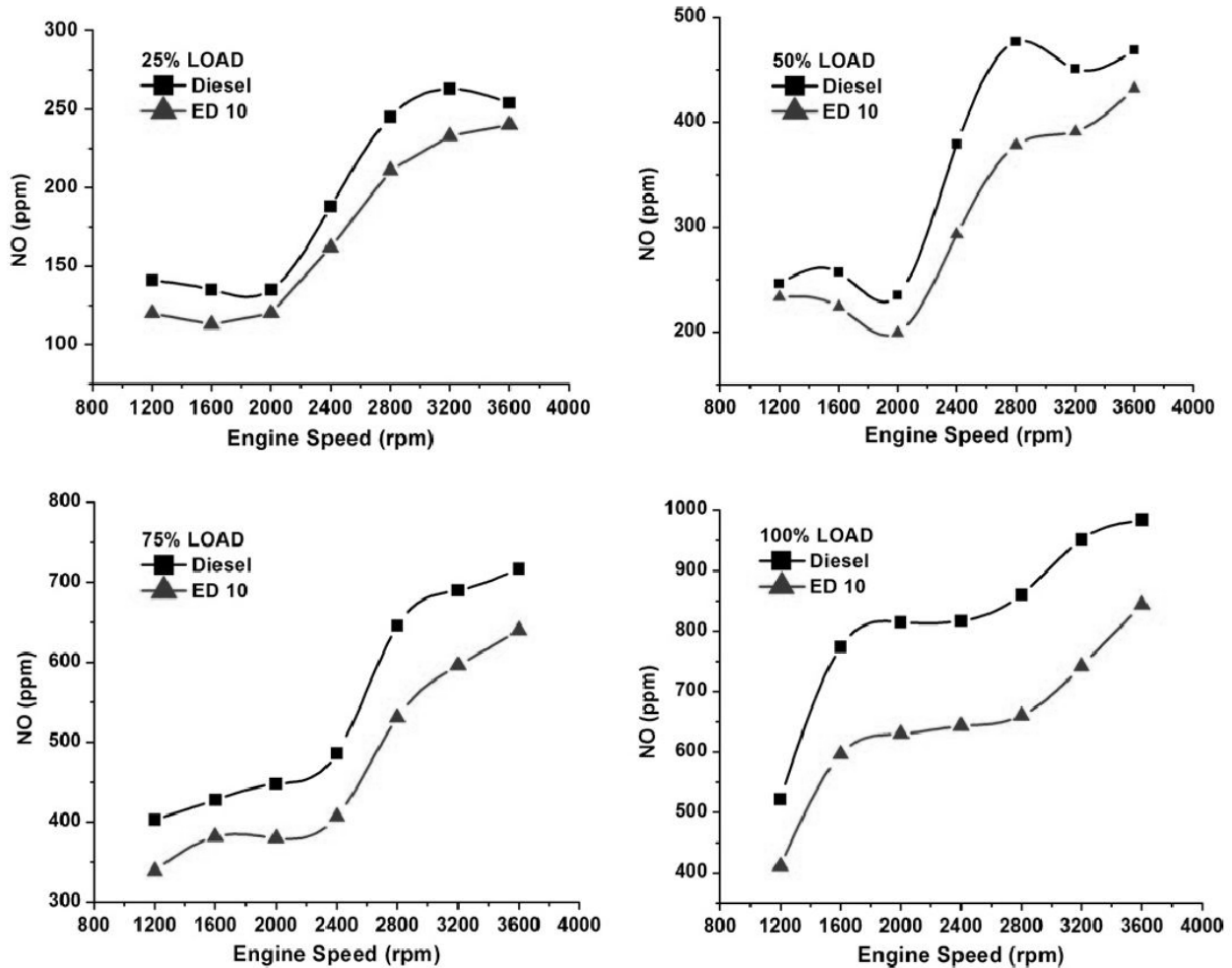


Рис. 2 – Зависимость уровня выбросов оксидов азота от частоты вращения коленчатого вала для водотопливной эмульсии с содержанием воды 10 % и чистого дизельного топлива при различной нагрузке

Из приведённых на рис. 2 графиков видно, что удалось добиться значительного снижения выбросов оксидов азота на всех режимах работы дизеля [2]. Это может быть объяснено тем, что высокая температура и давление в цилиндре двигателя являются одними из основных источников образования оксидов азота. Использование водотопливных эмульсий позволяет снизить максимальную температуру рабочего цикла. Следовательно, применение водотопливных эмульсий позволяет снизить уровень образования NO_x .

Для оценки влияния водотопливной эмульсии на рабочий процесс был проведён комплекс стендовых испытаний дизеля [2], включающий индицирование двигателя, результаты которого приведены на рис. 3. Скорость тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на водотопливной эмульсии и чистом дизельном топливе приведены на рис. 4. Скорость и полнота сгорания топлива определяются локальными значениями температур и концентраций реагирующих компонентов, т.е. в значительной степени качеством смесеобразования. В результате исследования рабочего процесса ДВС при использовании водотопливных эмульсий было установлено, что при сгорании увеличивается период задержки воспламенения при одновременном уменьшении общей продолжительности сгорания, снижаются

выбросы NO_x и сажи [2]. Во многом влияние водотопливной эмульсии на рабочий процесс дизеля объясняется явлением микровзрыва [5, 7]. Микровзрыв заключается во вторичном распылении топлива под действием давления водяных паров, которые образуются в процессе кипения воды внутри капли водотопливной эмульсии. В ходе исследований данного явления было определено, что содержание воды в капле эмульсии оказывает значительное влияние на момент микровзрыва. Проведённые японскими учёными экспериментальные исследования [4] по изучению поведения капли водотопливной эмульсии при нагреве свидетельствуют о том, что повышение содержания воды в эмульсии вызывает снижение температуры возникновения микровзрывов. Согласно исследованиям [5], использование водотопливной эмульсии позволяет снизить нагарообразование на стенках камеры сгорания, а также удалить существующие отложения нагара. В ходе исследований влияния водотопливных эмульсий на безотказность и долговечность дизеля были получены результаты, которые свидетельствуют об отсутствии какого-либо заметного ухудшения по сравнению с дизельным топливом.

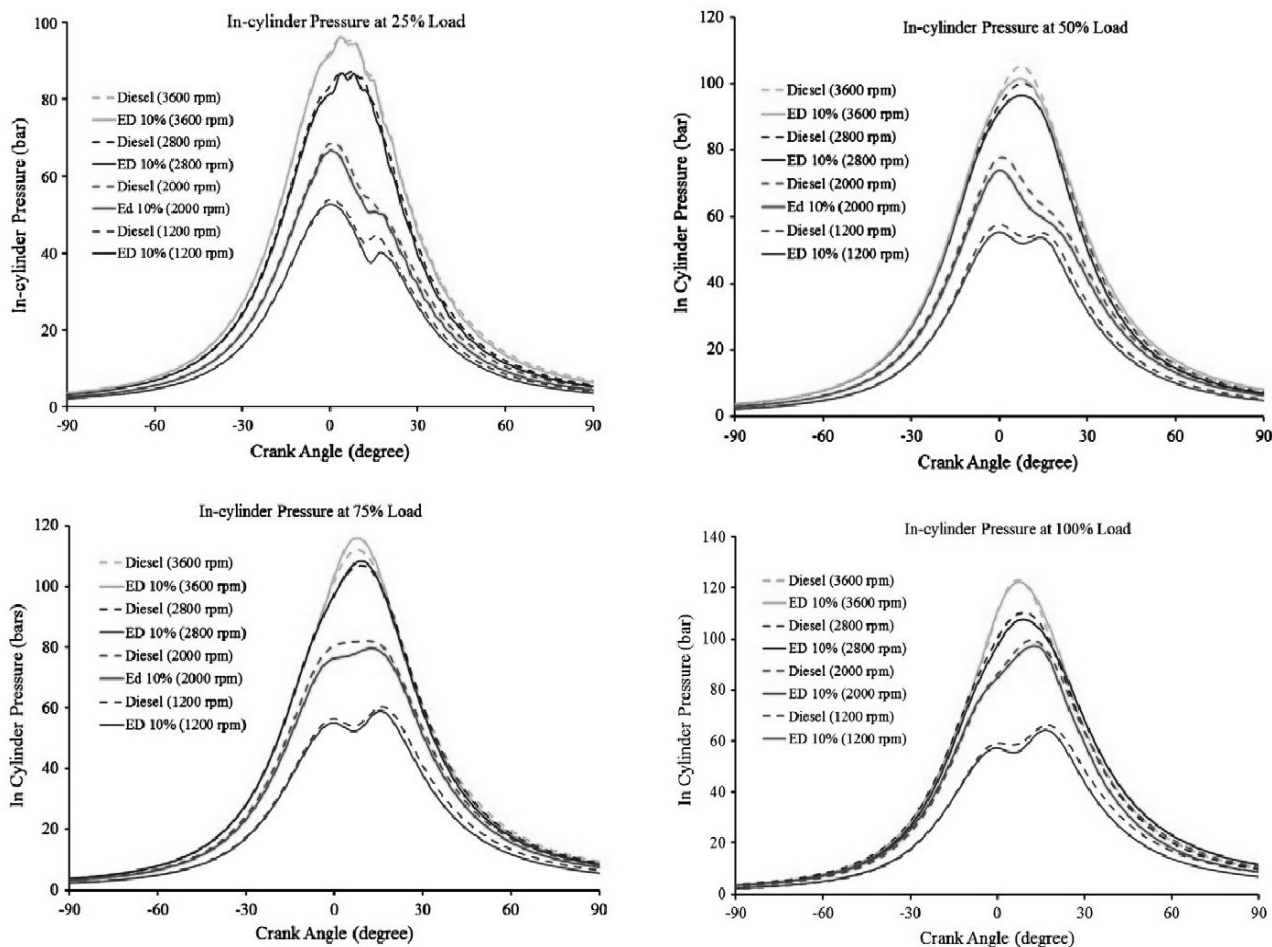


Рис. 3 – Индикаторные диаграммы дизеля при работе на водотопливной эмульсии с содержанием воды 10 % и чистом дизельном топливе при разных нагрузках и частоте вращения коленчатого вала

Это объясняется тем, что частицы воды в эмульсии всегда окружены прочной плёнкой топлива, предохраняющей металлические детали от контакта с водой [5]. Однако следует отметить, что чрезмерное

повышение содержания воды в водотопливной эмульсии может вызвать попадание воды в моторное масло, что приведёт к потере его свойств.

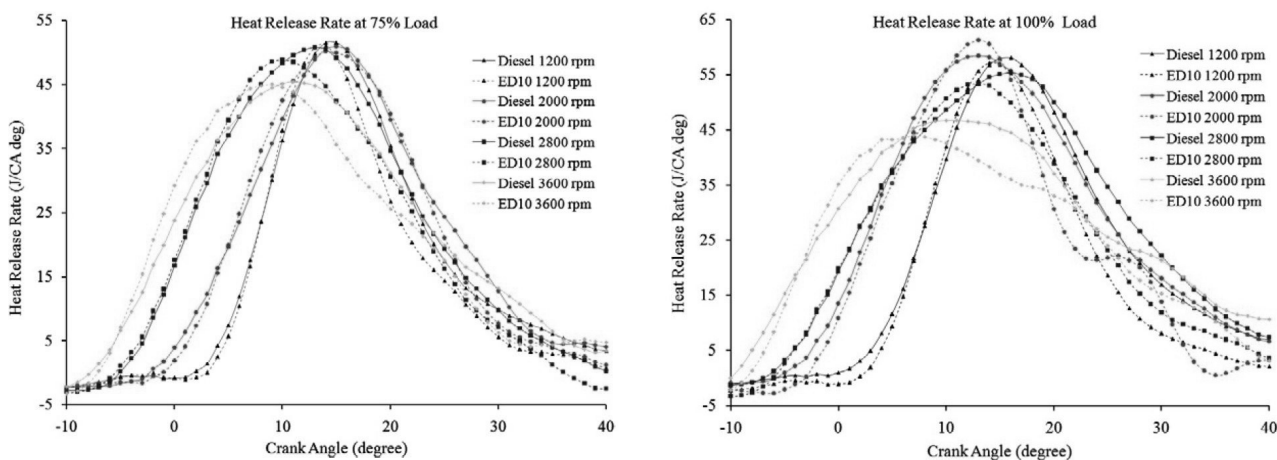


Рис. 4 – Скорость тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на водотопливной эмульсии с содержанием воды 10 % и чистом дизельном топливе при разных нагрузках и частоте вращения коленчатого вала

Были проведены исследования по определению оптимального установочного угла опережения

впрыскивания топлива на заданном режиме работы дизеля для различных по составу водотопливных

эмульсий [6]. Результаты свидетельствуют о том, что оптимальные значения указанных параметров позволяют добиться одновременного улучшения экономических и экологических показателей дизеля. Следует отметить, что авторы данного исследования производили поиск оптимального сочетания установочного угла опережения впрыскивания топлива и содержания воды в водотопливной эмульсии исключительно опытным путём. Ввиду этого представляется целесообразной разработка методики расчётно-экспериментального исследования для определения оптимальных параметров дизеля при его работе на водотопливной эмульсии и проведение комплекса стендовых испытаний.

Вывод

Применение водотопливных эмульсий в качестве топлива для дизелей является одним из способов снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами, а также снижения удельного эффективного расхода топлива. Однако ряд исследований показывает, что ввиду отличия свойств водотопливных эмульсий от свойств дизельного топлива, характеристики рабочего процесса дизеля при работе на этих двух видах топлива будут значительно отличаться. Следовательно, для наиболее полного использования энергетического потенциала водотопливной эмульсии необходимо выбирать параметры дизеля, исходя из свойств этого вида топлива. В этой связи представляется целесообразной разработка методики расчётно-экспериментального исследования для определения оптимальных параметров дизеля.

Список литературы: 1. *Abu-Zaid M.* Performance of single cylinder, direct injection diesel engine using water fuel emulsions / *M. Abu-Zaid* // Energy Conversion and Management – 2004 – № 45 – с. 697-705 2. Experimental investigation of the performance and emission characteristics of direct injection diesel engine by water emulsion diesel under varying engine load condition / *M. Fahd, Y. Wenming, P. Lee* [и др.] // Applied Energy – 2013 – № 102 – с. 1042-1049 3. *Greeves G.* Effects of water introduction on diesel engine combustion and emission /

G. Greeves, I. M. Khan, G. Onion // Power systems – 1977 – № 1 – с. 321-336 4. Water-coalescence in an oil-in-water emulsion droplet burning under microgravity / *D. Segawa, H. Yamasaki, T. Kadota* [и др.] // Proceedings of the Combustion Institute – 2000 – № 28 – с. 985-990 5. *Патров Ф. В.* Использование водотопливной эмульсии при эксплуатации судовых ДВС / *В. Ф. Патров, О. С. Вахромеев* // Вестник АГТУ – 2009 – № 1 – с. 223-225 6. Улучшение показателей дизеля, работающего на водотопливной эмульсии / *М. Г. Шатров, Б. А. Кудряшов, А. Ю. Дунин* [и др.] // Известия ВолгГТУ – с. 62-66 7. *Свистула А. Е.* Снижение расхода топлива и вредных выбросов дизеля при дополнительном диспергировании топлива / *А. Е. Свистула* // Наука и образование – 2007 – № 4 8. *Патров Ф. В.* Снижение концентрации оксидов азота в отработавших газах судовых дизелей при использовании водотопливных эмульсий / *В. Ф. Патров, О. С. Вахромеев* // Вестник АГТУ – 2010 – № 1 – с. 141-146 9. *Кульчицкий А. Р.* Улучшение экологических характеристик дизелей применением водотопливных эмульсий / *А. Р. Кульчицкий, А. М. Атия, А. Н. Гоц* // Фундаментальные исследования – 2013 – № 10-7 – с. 1419-1422.

Bibliography (transliterated): 1. *Abu-Zaid M.* Performance of single cylinder, direct injection diesel engine using water fuel emulsions / *M. Abu-Zaid* // Energy Conversion and Management – 2004 – No 45 – p. 697-705 2. Experimental investigation of the performance and emission characteristics of direct injection diesel engine by water emulsion diesel under varying engine load condition / *M. Fahd, Y. Wenming, P. Lee* [и др.] // Applied Energy – 2013 – No 102 – p. 1042-1049 3. *Greeves G.* Effects of water introduction on diesel engine combustion and emission / *G. Greeves, I. M. Khan, G. Onion* // Power systems – 1977 – No 1 – p. 321-336 4. Water-coalescence in an oil-in-water emulsion droplet burning under microgravity / *D. Segawa, H. Yamasaki, T. Kadota* [и др.] // Proceedings of the Combustion Institute – 2000 – No 28 – p. 985-990 5. *Patrov F. V.* Ispolzovanie vodotoplivnoy emulsii pri ekspluatatsii sudovyih DVS / *V. F. Patrov, O. S. Vahromeev* // Vestnik AGTU – 2009 – No 1 – p. 223-225 6. Uluchshenie pokazateley dizelya, rabotayushchego na vodotoplivnoy emulsii / *M. G. Shatrov, B. A. Kudryashov, A. Yu. Dunin*, [и др.] // Izvestiya VolgGTU – p. 62-66 7. *Svistula A. E.* Snizhenie rashoda topliva i vrednyih vyibrosov dizelya pri dopolnitelnom dispergirovanii topliva / *A. E. Svistula* // Nauka i obrazovanie – 2007 – No 4 8. *Patrov F. V.* Snizhenie konsentratsii oksidov azota v otrabotavshih gazah sudovyih dizelei pri ispolzovanii vodotoplivnyih emulsiy / *V. F. Patrov, O. S. Vahromeev* // Vestnik AGTU – 2010 – No 1 – p. 141-146 9. *Kulchitskiy A. R.* Uluchshenie ekologicheskikh harakteristik dizeley primeneniem vodotoplivnyih emulsiy / *A. R. Kulchitskiy, A. M. Attiya, A. N. Gots* // Fundamentalnyie issledovaniya – 2013 – No 10-7 – p. 1419-1422.

Поступила (received) 09.07.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Савченко Анатолий Викторович – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», аспирант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», Харьков, Украина, тел.: (096) 402-38-38, e-mail: never_surrender_89@mail.ru

Savchenko Anatolii Viktorovich – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», post-graduate student of the chair of «Internal combustion engines», Kharkiv, Ukraine, tel.: (096) 402-38-38, e-mail: never_surrender_89@mail.ru.

Мешков Денис Викторович – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», Харьков, Украина, тел.: (050) 954-59-37, e-mail: denys.meshkov@mail.ru

Meshkov Denis Viktorovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Associate Professor at the Department of «Internal combustion engines», Kharkiv, Ukraine, tel.: (050) 954-59-37, e-mail: denys.meshkov@mail.ru