

ТРАНСПОРТ МЕГАПОЛИСА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОМ БИОДИЗЕЛЬНОМ  
ТОПЛИВЕ

Семёнов В.Г.

(ООО «НИИ альтернативных топлив», Харьков, Украина)

Экономия энергоносителей нефтяного происхождения, ужесточение норм выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей, а также ограничение эмиссии диоксида углерода заставляют большинство стран искать пути снижения опасности влияния тепловых двигателей на окружающую среду.

В последнее время все более широкое распространение получают альтернативные биотоплива на основе масел и животных жиров. Интенсивные работы по переводу дизельных двигателей на биотопливо ведутся как в странах с ограниченными топливно-энергетическими ресурсами, так и в высокоразвитых странах, имеющих возможность приобретения жидких энергоносителей.

Биодизельное топливо (биодизель, МЭРМ, РМЭ, RME, FAME, EMAG, бионафта и др.) - это экологически чистый вид биотоплива, получаемый из жиров растительного и животного происхождения и используемый для замены нефтяного дизельного топлива (ДТ). С химической точки зрения биодизельное топливо представляет собой смесь метиловых (этиловых) эфиров насыщенных и ненасыщенных жирных кислот.

В таблице 1 - приведены Европейский стандарт EN14214:2003 "Автомобильные топлива. Метиловые эфиры жирных кислот (FAME) для дизельных двигателей. Требования и методы испытаний" и национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия».

Вкратце рассмотрим влияние некоторых физико-химических показателей био дизельного топлива, определяемые стандартом EN14214:2003, на параметры дизеля и его эколого-эксплуатационные характеристики. Повышенные, по сравнению с дизельным топливом, на 10% плотность и кинематическая вязкость в 1,5 раза способствуют некоторому увеличению дальности топливного факела и диаметра капель распыленного топлива, что может привести к увеличенному попаданию биодизельного топлива на стенки камеры сгорания и гильзы цилиндра. Меньшие значения коэффициента сжимаемости биодизельного топлива приводит к увеличению действительного угла опережения впрыскивания топлива и максимального давления в форсунке. Высокое цетановое число биодизельного топлива 51 и более способствует сокращению периода задержки воспламенения и менее «жесткой» работе дизеля. Повышенная почти в 3 раза, температура вспышки биодизельного топлива в закрытом тигле 120 °С и более, обеспечивает высокую пожаробезопасность. Кислород (~ 10 %) в молекуле метилового эфира действует по следующим направлениям. Наличие окислителя непосредственно в молекуле топлива позволяет интенсифицировать процесс сгорания и обеспечить более высокую температуру в цилиндре дизеля, что, с одной стороны, способствует повышению индикаторного и эффективного к. п. д. двигателя, а с другой - приводит к некоторому увеличению оксида азота  $\text{NO}_x$  в отработавших газах. Меньшая доля углерода (~ 77 %) в молекуле биодизельного топлива приводит к уменьшению его низшей теплоты сгорания на 13 - 15 % и увеличению часового и удельного эффективного расходов топлива. Для сохранения номинальных параметров двигателя при переводе на биодизельное топливо требуется перерегулировка топливной аппаратуры (упор рейки топливного насоса высокого давления переуставливают на увеличение цикловой подачи топлива).

Таблица 1. Физико-химические показатели биодизельного и дизельного ЕВРО топлив

| Показатели                                      | Европейский стандарт на метиловые эфиры жирных кислот для дизельных двигателей EN14214:2003 | Национальный стандарт Российской Федерации на топливо дизельное ЕВРО ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2004) |         |     |  |                          |
|---|---|--|---------|-----|--|--------------------------|
|   |   | Размерность  | пределы |     | Наименование показателя  | Значение                 |
|   |   |  | min     | max |  |                          |
| Содержание эфира                                | % (м/м)   | 96,5   |         |     | Плотность при температуре 15 °С, кг/м <sup>3</sup>                               | 820-845                  |
| Плотность при температуре 15°С                  | кг/м <sup>3</sup>   | 860  | 900     |     |  |                          |
| Кинематическая вязкость при температуре 40°С    | мм <sup>2</sup> /с  | 3,50   | 5,0     |     | Кинематическая вязкость при 40°С, мм <sup>2</sup> /с                             | 2,00-4,50                |
| Температура вспышки                             | °С  | 120  | –       |     | Температура вспышке, и в закрытом тигле, °С, выше                                | 55                       |
| Содержание серы                                 | мг/кг   | –  | 10,0    |     | Содержание серы, мг/кг, не более   | I-350; II-50,0; III-10,0 |
| Коксуемость 10% остатка                         | % (м/м)   | –  | 0,30    |     | Коксуемость, 10% остатка разгонки, %(м/м), не более                              | 0,30                     |
| Цетановое число                                 |   | 51,0   |         |     | Цетановый индекс, не менее   | 46,0                     |
| Зольность                                       | % (м/м)   | –  | 0,02    |     | Цетановое число, не менее  | 51,0                     |
| Содержание воды                                 | мг/кг   | –  | 500     |     | Зольность, % (м/м), не более   | 0,01                     |
| Содержание механических примесей                | мг/кг   | –  | 24      |     | Содержание воды, мг/кг, не более   | 200                      |
| Испытания на медной пластинке (3 часа при 50°С) | оценка  |  | класс 1 |     | Общее загрязнение, мг/кг, не более   | 24                       |
| Окислительная стабильность, 110°С               | часов   | 6,0  | –       |     | Коррозия медной пластинки (3 часа при 50 °С), единицы по шкале                   | Класс 1                  |
| Кислотное число                                 | мг КОН/г  |  | 0,50    |     | Окислительная стабильность: общее количество осадка, г/м <sup>3</sup> , не более | 25                       |
| Йодное число                                    | г J <sub>2</sub> / 100 г  |  | 120     |     | Полициклические ароматические углеводороды, % (м/м), не более                    | 11                       |
| Метиловый эфир линоленовой                      | % (м/м)   |  | 12,0    |     | Фракционный состав:  |                          |

| кислоты  |         |  |      |   |                    |    |    |
|--|---------|--|------|---|--------------------|----|----|
| Полиненасыщенные (>=4 двойных связи) метиловые эфиры | % (м/м) |  | 1    | При температуре 250 °С, % (об/об), менее  | 65                 |    |    |
| Содержание метанола                                  | % (м/м) |  | 0,20 | При температуре 350 °С, % (об/об), не менее   | 85                 |    |    |
| Содержание моноглицеридов                            | % (м/м) |  | 0,80 | 95% (об/об) перегоняется при температуре, °С, не выше                               | 360                |    |    |
| Содержание диглицеридов                              | % (м/м) |  | 0,20 | Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа при 60 °С, не более | 460                |    |    |
| Содержание триглицеридов                             | % (м/м) |  | 0,20 |   |                    |    |    |
| Свободный глицерин                                   | % (м/м) |  | 0,02 | Наименование показателя   | значение для марок |    |    |
| Общий глицерин                                       | % (м/м) |  | 0,25 | Предельная температура фильтруемости, °С, не выше (топливо для умеренного климата)  | A                  | B  | C  |
| 1-а группа металлов (Na+K)                           | мг/кг   |  | 5,0  |   | 5                  | 0  | -5 |
| 2- а группа металлов (Ca+Mg)                         | мг/кг   |  | 5,0  |   | D                  | E  | F  |
| Содержание фосфора                                   | мг/кг   |  | 10,0 | Содержание метиловых эфиров жирных кислот, % (об/об), не более                      | 10                 | 15 | 20 |
|  |         |  |      |   | 5                  |    |    |

Применение биодизельного топлива позволяет обеспечить снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами. Для дизельных двигателей с вихревой камерой (предкамерой) и непосредственным впрыском снижение соответственно составляет: СО - 12 (10) %, СnHm- 35 (10) %, РМ (твердые частицы) - 36 (24) %, сажа - 50 (52) %. Некоторое увеличение выбросов NOx можно компенсировать рядом мероприятий: уменьшением действительного угла опережения впрыскивания топлива, рециркуляция отработавших газов, подача воды на впуске.

При эксплуатации дизельных двигателей на биодизельном топливе необходимо обратить внимание на следующее (см. табл. 2). Перед началом эксплуатации двигателя на биодизельном топливе необходимо промыть фильтр грубой и тонкой очистки топлива. Из-за повышенной агрессивности такого топлива требуется смена топливных шлангов и прокладок на изготовленные из устойчивого к биотопливу материала, а также тщательное удаление биодизельного топлива, попавшего на лакокрасочные покрытия. В некоторых случаях требуется более частая смена моторного масла из-за возможного разжижения попадающим в него биодизельным топливом. Возможно некоторое увеличение уровня шума и дымности при холодном пуске, при пониженных температурах требуется применение депрессорных присадок.

Таблица 2. Возможные неисправности дизеля, топливной аппаратуры и его систем при работе на биодизельном топливе

| Составляющие и характеристики топлива   | Действие  | Неисправность  |
|---|---|--|
| 1                                       | 2   | 3  |
| Метилловые эфиры жирных кислот          | Вызывает высыхание, затвердевание и разрушение резиновых изделий, попадание в моторное масло  | Течь топлива. Более частая смена моторного масла   |
| Свободный метанол                       | Коррозия алюминия и цинка   | Коррозия топливной аппаратуры. Низкая температура вспышки в закрытом сосуде.   |
| Свободная вода в топливе                | Преобразование метиловых эфиров растительного масла в жирные кислоты. Коррозия. Увеличение электропроводности топлива, развитие микроорганизмов | Засорение фильтра. Коррозия топливной аппаратуры   |
| Свободный глицерин                      | Коррозия цветных металлов. Образование осадка на движущихся частях и на лакокрасочном покрытии  | Засорение фильтров. Засорение сопел топливных форсунок   |
| Моно- и диглицериды                     | Такое же, как и глицерин  |  |
| Свободные жирные кислоты                | Образование электролита и ускорение коррозии цинка. Образование солей органических кислот. Образование органических соединений                  | Коррозия топливной аппаратуры. Засорение фильтра. Отложение осадка на деталях  |
| Увеличение плотности топлива            | Увеличение давления впрыска   | Уменьшение ресурса топливной аппаратуры  |
| Большая вязкость при низкой температуре | Более жесткие условия работы ТНВД. Повышенный износ деталей   | Повышенный износ деталей ТНВД. Ухудшение показателей впрыска топлива. Необходимость применения депрессорных присадок |
| Твердые частицы                         | Ухудшение смазочных способностей топлива  | Снижение ресурса топливной аппаратуры  |
| Муравьиная и уксусная кислоты           | Коррозия всех металлических частей  | Коррозия топливной аппаратуры  |
| Высокомолекулярные органические кислоты | Такое же, как и свободные жирные кислоты  | Коррозия топливной аппаратуры. Засорение фильтра. Отложение осадка на деталях  |
| Продукты полимеризации                  | Отложение осадков, особенно в смесевых топливах   | Засорение фильтра  |
| Фосфор                                  | Отравление нейтрализаторов и катализаторов системы выпуска дизеля   | Выход из строя, снижение уровня экологической безопасности отработавших газов (ОГ) дизеля                            |

Необходимо осуществлять контроль содержания воды в биодизельном топливе (из-за его большой гигроскопичности), чтобы избежать опасности развития микроорганизмов, образования перекисей и коррозионного воздействия воды, в том числе и на элементы топливной аппаратуры.