

## Особенности смесевых дизельных топлив

*Е.Б. Шевченко<sup>1</sup>, А.М. Данилов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ГВУЗ “Украинский государственный химико-технологический университет”,  
Украина, 49005 Днепрпетровск, просп. Гагарина, 8; тел/факс: (0562) 47-33-16,

<sup>2</sup>ВНИИ НП,

Россия, 111116 Москва, ул. Авиамоторная, 6; тел.: +7(985)231-0942

Исследовано влияние рапсметилового эфира на эксплуатационные характеристики негидроочищенного и гидроочищенного дизельных топлив. Показано, что добавки РМЭ улучшают воспламеняемость, смазочные и низкотемпературные свойства нефтяного топлива. Это в принципе позволяет отказаться от использования соответствующих присадок при производстве малосернистых дизельных топлив, удовлетворяющих современным европейским требованиям.

Дизельные топлива, удовлетворяющие современным европейским требованиям, характеризуются малым и ультрамалым содержанием серы (соответственно менее 50 и 10 ppm), достаточно высоким цетановым числом (не ниже 51), отвечающим требованиям современных двигателей, и низкотемпературными свойствами, удовлетворяющими условиям окружающей среды. Производство таких топлив заключается в глубокой гидроочистке прямогонных и вторичных дизельных фракций с последующим добавлением специальных присадок: противоизносных, которые компенсируют потерю смазочных свойств из-за удаления соединений серы, промоторов воспламенения и депрессорно-диспергирующих присадок. Кроме того, в соответствии с директивой Евросоюза по биотопливу 2003/30/ЕС, не менее 5 % топлива по объему должно производиться из возобновляемых источников. В действительности за рубежом находят применение топлива Б-5, Б-20, Б-70 и даже Б-100, содержащие соответственно 5, 20, 70 и 100 % биодизеля. Под биодизелем понимают моноалкиловые эфиры жирных кислот, получаемые из растительных или животных масел. Использование биодизеля расширяет ресурсы топлив для двигателей внутреннего сгорания, а в некоторых случаях и улучшает их эксплуатационные свойства.

Для Украины, не располагающей достаточными нефтяными ресурсами, но обладающей большим сельскохозяйственным потенциалом, биодизельные топлива представляют практический интерес. После принятия Закона “Об альтернативных видах жидкого и газового топлива” от 14.01.2000 г. в стране была разработана программа “Украинский биодизель” [1], в соответствии с которой проведены исследования, показавшие принципиальную возможность использования биодизеля на эксплуатирующейся технике. Пока биодизель дороже нефтяных топлив, но полагают [2], что при поддержке государства его использование может быть выгодным. Установлено также [3], что смесевое биодизельное топливо может с успехом применяться на существующих дизельных двигателях при условии их небольшой перерегулировки. Однако эти выводы сделаны по результатам краткосрочных стендовых испытаний. Влияние биодизеля на ресурс работы двигателя и топливной аппаратуры, а также стабильность самого смесевоего топлива в течение длительного хранения изучены недостаточно. В то же время есть данные, свидетельствующие о некоторых нежелательных моментах, например образовании вязких смолистых отложений на фильтре [4], отрицательном влиянии на уплотнительные материалы и т. д.

Ответ на эти вопросы может быть получен в ре-

Таблица 1. Характеристики дизельных фракций

Показатели	Негидроочищенная фракция	Гидроочищенная фракция
Цетановое число	46	51
Температура застывания, °С	-23	-17
Температура предельной фильтруемости, °С	-7	-3
Содержание серы, ppm	4985	40
Средний диаметр пятен износа, мкм	396	550
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup>	1,8	1,5

Таблица 2. Основные характеристики рапсметилового эфира

Показатели	Значение
Цетановое число	55
Температура застывания, °С	-12
Температура предельной фильтруемости, °С	-9
Содержание серы, ppm	1000
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup>	0,7

зультате достаточно длительных стендовых испытаний на двигателях, составляющих основу дизельного парка страны, а также эксплуатации под наблюдением по специальным программам. Однако такие испытания дорогие и продолжительные, так как требуют большого количества статистических данных. Паллиативный путь заключается в исследовании основных свойств смесевых топлив по сравнению со стандартными топливами нефтяного происхождения, которые с успехом используются на практике. Некоторые принципиальные результаты исследований в этом направлении приведены в настоящей статье.

Смесевые топлива готовили путем добавки рапсметилового эфира (РМЭ) к прямогонным дизельным фракциям с пределами выкипания 180–365 °С, взятым до и после гидроочистки. Гидроочищенная фракция представляет собой основу стандартного дизельного топлива летнего вида. Характеристики этих фракций до и после гидроочистки резко различаются между собой (табл. 1). В результате гидроочистки не только удаляются сернистые соединения, но в некоторой степени изменяются групповой и химический состав топлива, что приводит к изменению его эксплуатационных характеристик. С удалением серы ухудшаются

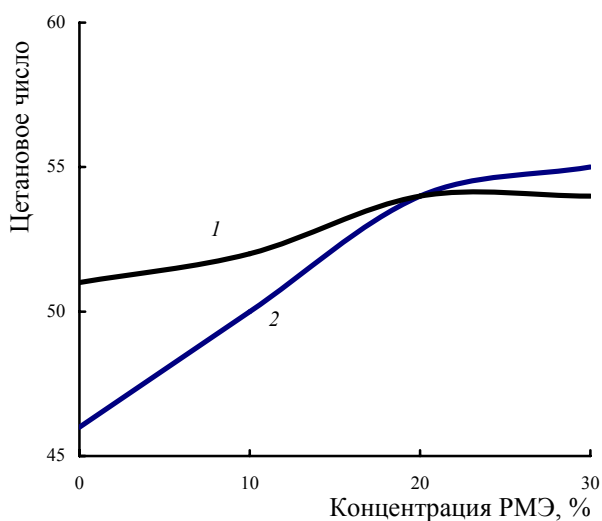


Рис. 1. Влияние добавки РМЭ на цетановое число негидроочищенной (1) и гидроочищенной (2) дизельной фракции

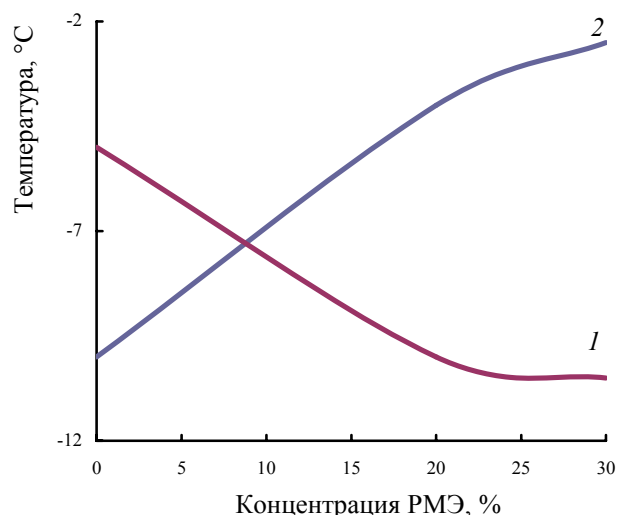


Рис. 2. Влияние добавки РМЭ на предельную температуру фильтруемости прямогонного гидроочищенного (1) и негидроочищенного (2) топлив

смазывающие свойства топлива, поэтому приходится добавлять в них специальные противоизносные присадки. Воспламеняемость топлива после гидроочистки, напротив, улучшается вследствие частичного удаления ароматических соединений. Кроме того, топливо, подвергнутое гидроочистке, обычно характеризуется худшими низкотемпературными свойствами по сравнению с негидроочищенным. Это объясняется изменением молекулярно-массового распределения высокоплавких парафинов в процессе гидроочистки [5].

Характеристики дизельных фракций и РМЭ, представлены в табл. 1 и 2.

Ниже обсуждаются результаты исследования основных эксплуатационных свойств смесевых топлив.

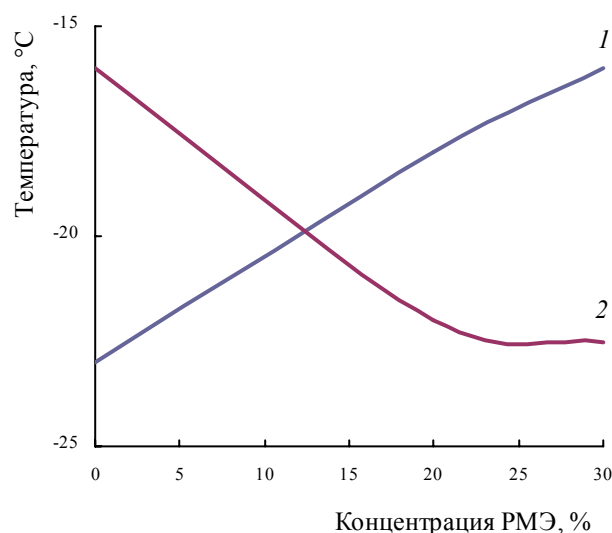


Рис. 3. Влияние добавки РМЭ на температуру застывания прямогонного гидроочищенного (1) и негидроочищенного (2) топлив

Таблица 3. Депрессия температуры застывания дизельных топлив с добавками РМЭ и депрессорных присадок (концентрация присадок – 0,05 %)

Присадка	Топливо негидроочищенное с добавкой РМЭ, %					Топливо гидроочищенное с добавкой РМЭ, %				
	0	20	30	40	50	0	20	30	40	50
На основе ВЭС	7	10	11	5	4	14	7	8	7	5
На основе ПМА	0	5	2	3	2	2	2	2	1	2

*Воспламеняемость.* Сведения из разных источников о цетановом числе (ЦЧ) биодизеля различаются, но общим мнением является то, что ЦЧ эфиров жирных кислот выше, чем дизельных фракций. Можно полагать, что в среднем оно близко к 55. Нами установлено, что при добавке РМЭ к прямогонной дизельной фракции в пределах до 20 %, ЦЧ возрастает линейно (рис. 1), а затем стабилизируется на значении 54–55 ед. Интересно отметить, что в смеси с негидроочищенным топливом ЦЧ растёт быстрее, чем с гидроочищенным. Как известно, добавки промоторов воспламенения действуют наоборот: чем выше ЦЧ исходного топлива, тем сильнее проявляется эффект. Различие можно объяснить тем, что РМЭ не представляет собой присадку, повышающую ЦЧ, а является просто высокоцетановым компонентом. В любом случае добавка РМЭ в концентрации около 30 % дает возможность достичь значения ЦЧ = 55, что удовлетворяет требованиям Евро-5, а использование специальных присадок не требуется.

*Низкотемпературные свойства.* Влияние добавки РМЭ в исследованных образцах также было различным. Добавка РМЭ улучшала температуру застывания и предельную температуру фильтруемости гидроочищенного топлива, а в случае негидроочищенного – ухудшала (рис. 2, 3). Этот факт требует дополнительного изучения. Можно полагать, что объяснение заключается в различном групповом углеводородном составе фракций и различном молекулярно-массовом распределении высокоплавких парафинов топлива. Так или иначе, низкотемпературные свойства товарных малосернистых топлив могут быть улучшены добавкой РМЭ. При необходимости можно использовать депрессорные присадки. Как и в нефтяных топливах, наибольший эффект проявляют депрессоры на основе сополимеров этилена с винилацетатом (ВЭС) по сравнению с присадками на основе полиалкилметакрилатов (ПМА) (табл. 3 и 4).

Интересно отметить, что смесевые топлива с депрессорной присадкой на основе сополимеров этилена и винилацетата выдержали тест на седиментационную устойчивость в условиях хранения при отрицательных температурах без добавки диспергатора парафинов, требующейся в случае дизельного топлива.

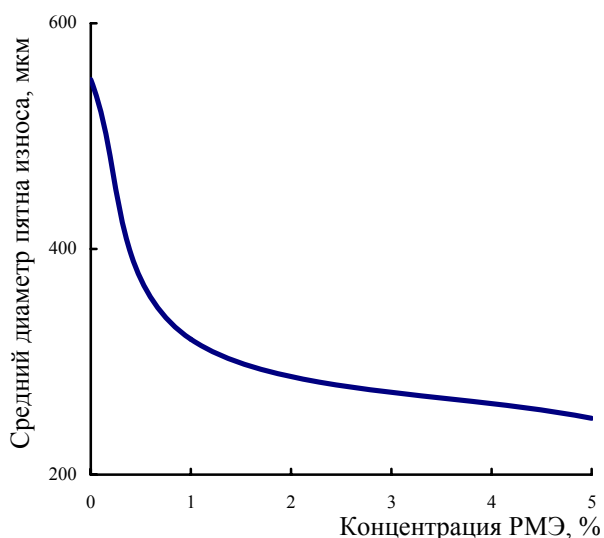
*Смазочные свойства* нефтяных топлив при добавке биодизеля улучшаются, что неоднократно отмечалось многими исследователями. Нашими экспериментальными данными это также подтверждено. При добавке РМЭ в гидроочищенную фракцию средний диаметр пятен износа интенсивно уменьшался в области концентраций РМЭ до 1 %, затем зависимость становилась менее выраженной (рис. 4). Эти данные, в частности, свидетельствуют о том, что смесевые дизельные топлива на основе глубокогидроочищенных дизельных топлив не нуждаются в специальных смазывающих присадках, что упрощает технологию и дает возможность избежать дополнительных расходов.

*Окислительная стабильность* смесевых топлив сравнительно низка, что объясняется двумя факторами. Во-первых, дизельные фракции глубокой гидроочистки, не содержащие соединений серы – природных антиоксидантов, окисляются даже в нативных условиях. Во-вторых, биодизельные топлива, содержащие в основном эфиры ненасыщенных карбоновых кислот, также легко окисляются. Этим вызваны упомянутые ранее отложения на фильтре [4] и это же может привести к нагарообразованию в цилиндропоршневой группе. Имеются сообщения [5, 6], что окислительная стабильность может быть повышена добавкой ингибиторов радикально-цепного окисления типа экранированных фенолов.

*Коррозионная активность* смесевых топлив остаётся под вопросом. Обращает на себя внимание высокое кислотное число биодизеля [7], но проведенная нами оценка коррозионной агрессивности топлив, содержащих до 30 % биодизеля, показала отсутствие

Таблица 4. Депрессия предельной температуры фильтруемости дизельных топлив с добавками РМЭ и депрессорных присадок (концентрация присадок – 0,05 %)

Присадка	Топливо негидроочищенное с добавкой РМЭ, %					Топливо гидроочищенное с добавкой РМЭ, %				
	0	20	30	40	50	0	20	30	40	50
На основе ВЭС	14	10	11	4	4	6	14	13	7	7
На основе ПМА	0	2	0	2	2	0	1	2	0	1



**Рис. 4.** Влияние добавки РМЭ на средний диаметр пятен износа смесевых топлив на базе гидроочищенной фракции

коррозии на медной пластинке. Этот вопрос требует дополнительного исследования с вовлечением других металлов.

#### **Выводы**

1. Смесевые биодизельные топлива на основе РМЭ по сравнению с гидроочищенным дизельным топливом характеризуются лучшими воспламеняемостью, противоизносными и низкотемпературными свойствами. Вследствие этого специальные присадки не требуются.

2. Наличие биодизеля в смесевых топливах обеспечивает их высокую седиментационную стабильность в

условиях холодного хранения.

3. Окислительная стабильность и коррозионная агрессивность смесевых топлив нуждаются в дополнительном изучении.

Авторы выражают благодарность О.В. Угрюмову (ОАО «НИИ Нефтепромхим», Казань), предоставившему образец рапсметилового эфира.

1. Гулямов Ю.М., *Міжнародна науково-технічна конференція "Прогрес в технології горючих копалин та хімії паливно-мастильних матеріалів"*. Дніпропетровськ, 12–15 вересня 2005 р. *Тези доповідей*, Дніпропетровськ: УДХТУ, 2005, 36–37.

2. Семёнов В.Г., *Вісн. Винницького політехн. ін.-ту*, 2007, № 4, с. 62–65, 140–146.

3. Марков В.А., Гайворонский А.И., Девянин С.Н., Пономарёв Е.Г. *Автомоб. пром-сть*, 2006, (2), 1–3.

4. Ведрученко В.Р., *Промышл. энергетика*, 2010, (12), 50–58.

5. Хайрутдинов И.Р., Жирнов Б.С., Сидрачёва И.И., *Нефтепереработка и нефтехимия*, 2011, (1), 43–45.

6. Заявка ФРГ 10252714, 2004.

7. Панкин К.Е., Иванова Ю.В., Кузьмина Р.И., Штыков С.Н., *Химия и технол. топлив и масел*, 2011, (1), 8–10.

*Поступила в редакцию 14.12.2011 г.*

## Особливості сумішевих дизельних палив

*О.Б. Шевченко<sup>1</sup>, О.М. Данилов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ДВНЗ “Український державний хіміко-технологічний університет”,  
Україна, 49005, Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 8, тел./факс: (0562) 47-33-16

<sup>2</sup>ВНИИ НП,  
Росія, 111116, Москва, вул. Авіамоторна; тел.: +7(985)231-0942

Досліджено вплив ріпакметилового естеру на експлуатаційні характеристики негідроочищеного та гідроочищеного дизельних палив. Показано, що його додавання покращує займистість, мастильні та низькотемпературні властивості нафтового палива. Це в принципі дає змогу відмовитись від застосування відповідних присадок при виробництві малосірчистих дизельних палив, що відповідають сучасним європейським вимогам.

## Features of mixing diesel fuels

*E. Shevchenko<sup>1</sup>, A. Danilov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>State Higher Educational Institution “Ukrainian State Chemical Technological University”,  
8 Gagarin’s Av., 49005 Dnipropetrovsk, Ukraine; tel. (+380562) 47-33-16

<sup>2</sup>“All-Russia Research Institute of Oil Refining” Joint Stock Company,  
6 Aviamotornaya str., 111116, Moscow, Russia, tel. +7(985)231-0942

The influence of rape-methyl ester upon performance characteristics of non- hydroprocessed and hydroprocessed diesel fuels has been studied. It has been illustrated that RME additives improve inflammability, lubricative and low-temperature properties of oil fuels. Strictly speaking, this allows to cancel application of relevant additives for low-sulphur diesel fuels manufacturing, which meet current European regulations.