

УДК 665.753.4+665.334.9

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО МАСЛА

А. Н. КАРТАШЕВИЧ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Беларусь, 213407

С. А. ПЛОТНИКОВ, П. Н. ЧЕРЕМИСИНОВ

Вятский государственный университет,  
Киров, Россия, 610000

(Поступила в редакцию 14.07.2017)

*В статье рассмотрены результаты исследований физико-химических свойств альтернативных топлив на основе дизельного топлива (ДТ) и рапсового масла: кинематической вязкости, молярного веса жирных кислот. В последние годы большой интерес проявляется к топливу, получаемому из возобновляемых ресурсов растительного происхождения, сырьевые запасы которых практически неисчерпаемы. В первую очередь, это биотопливо, производимое из растительных масел [1]. Непосредственное использование растительных масел в дизелях затруднено из-за различия физико-химических свойств растительных жиров и нефтяных топлив. Недостатками рапсового масла по сравнению с дизельным топливом (ДТ) являются: высокая вязкость (до 16 раз выше), высокая температура воспламенения, повышенная коксуемость, меньшая теплотворная способность (на 7...10%) [2]. Вязкость является одним из определяющих показателей, влияющих на качество процесса топливоподачи, смесиобразования и сгорания, поэтому необходимо снизить ее значение.*

**Ключевые слова:** дизельное топливо, рапсовое масло, кинематическая вязкость, молярный вес, жирные кислоты.

*The article examines results of research into the physical and chemical properties of alternative fuels on the basis of diesel fuel and rapeseed oil: kinematic viscosity and molar weight of fatty acids. In recent years, great interest has been shown in the fuel obtained from renewable resources of plant origin, whose raw materials are practically inexhaustible. First of all, it is bio-fuel produced from vegetable oils. Direct use of vegetable oils in diesel engines is difficult due to the difference in physical-chemical properties of vegetable fats and oil fuels. The disadvantages of rapeseed oil in comparison with diesel fuel are: high viscosity (up to 16 times higher), high ignition temperature, increased coking ability, lower calorific value (by 7 ... 10%). Viscosity is one of the defining parameters affecting the quality of the fuel supply, mixture formation and combustion, so it is necessary to reduce its value.*

**Key words:** diesel fuel, rapeseed oil, kinematic viscosity, molar weight, fatty acids.

### Введение

Существенно меньшей вязкостью обладают смеси рапсового масла с дизельным топливом. Так, вязкость смеси, содержащей (по объему) 80 % дизельного топлива и 20 % рапсового масла, при температуре 292 К (20 °С) составляет 9 мм<sup>2</sup>/с, а при 313 К (40 °С), характерной для условий систем топливоподачи дизелей, – 5 мм<sup>2</sup>/с. Иначе говоря, становится соизмеримой с вязкостью чистого дизельного топлива (норматив 3–6 мм<sup>2</sup>/с). Таким образом, поскольку рапсовое масло по своим физико-химическим свойствам отличается от стандартного дизельного топлива, его целесообразно применять в смеси с последним. Тем более, что эти компоненты хорошо смешиваются, а смеси имеют свойства, позволяющие сжигать их в дизеле без внесения изменений в его конструкцию [3].

Целью исследования являлось изучение свойств двух образцов рапсового масла («РМ №1 – производство Республики Беларусь», «РМ №2 – производство Кировской области Российской Федерации») в сравнении с маслами нефтяного происхождения.

### Основная часть

Для определения кинематической вязкости был использован вискозиметр ВПЖ-2 с требуемым диаметром капилляра. При выборе исходили из того, чтобы время истечения топлива находилось в пределах не менее 200 с (ГОСТ 33-2000). Кинематическая вязкость определялась при температуре 20°С.

Испытание производилось с повторностью 3...5 раз. В соответствии с ГОСТ 33-82 число измерений устанавливается в зависимости от времени истечения: пять измерений – при времени истечения от 200-300 с; четыре – от 300 до 600 с и три- при времени истечения свыше 600 с. Для подсчета вязкости определяют среднее арифметическое значение време-

ни истечения. При этом учитывают только те отсчеты, которые отличаются не более чем на  $\pm 0,5\%$  от среднего арифметического.

С целью сравнения состава образцов масел были проведены их исследования методом капиллярной газовой хроматомасс-спектрометрии. Хроматомасс-спектрометрия проводилась на газовом хроматомасс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus («Шимадзу», Япония) с масс-фильтром квадрупольного типа. Прибор был оснащен капиллярной кварцевой колонкой Ultra ALLOY-5 длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм с полидиметилфенилсилоксановой неподвижной жидкой фазой. Данный метод является гибридным и сочетает в себе два отдельных независимых метода: газовую хроматографию и масс-спектрометрию. Подготовку проб проводили с использованием методики получения метиловых эфиров жирных кислот из триглицеридов переэтерификацией с метанольным раствором гидроксида калия в соответствии с ГОСТ 31665-2012.

Пробу исследуемого масла 0,1 г предварительно растворяли в 2 см<sup>3</sup> гексана. В полученный раствор добавляли 0,1 см<sup>3</sup> раствора гидроксида калия в метаноле с концентрацией 2 моль/дм<sup>3</sup>. Смесь интенсивно перемешивали в течение 2 мин, после чего отстаивали для отделения глицерина. Верхний гексановый слой, содержащий метиловые эфиры жирных кислот, анализировали методом капиллярной газовой хроматомасс-спектрометрии. Относительное процентное содержание кислот в исследуемых маслах определяли методом внутренней нормализации по площадям хроматографических пиков соответствующих метиловых эфиров. Обработку данных осуществляли с помощью программного обеспечения GCMSolution 2.5 укомплектованного универсальной библиотекой масс-спектров 250000 органических соединений NIST 05.

Получаемые масс-спектры были интерпретированы с помощью программного обеспечения, которое дает возможность подбора и сравнения максимально сходимых масс-спектров из электронных библиотек с экспериментально полученными масс-спектрами. Идентификация химических соединений производилась также по их временам (индексам) удерживания, зависящим от природы соединения, неподвижной жидкой фазы колонки и условий проведения эксперимента.

Кинематическая вязкость рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{g}{9,807} \cdot T \cdot K,$$

где  $g = 9,8156 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;  $T$  – время истечения, с;  $K$  – постоянная вискозиметра.

Результаты измерений кинематической вязкости смесей образцов рапсового масла с дизельным топливом представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Результаты измерений кинематической вязкости смесей рапсового масла «РМ №1» с дизельным топливом

№	Время истечения, с	Среднее время истечения, с	Диаметр капилляра вискозиметра	Значение кинематической вязкости, мм <sup>2</sup> /с
<b>Содержание РМ 100%</b>				
1	291,0	291,0	1,31	87,3
2	289,5			
3	291,5			
<b>Содержание РМ 50%</b>				
1	668,2	667,5	0,73	19,4
2	666,7			
3	668,0			
<b>Содержание РМ 25%</b>				
1	305,0	303,5	0,73	8,8
2	302,0			
3	303,0			
<b>Содержание РМ 15%</b>				
1	237,5	238,0	0,73	6,9
2	239,0			
3	236,5			

Таблица 2. Результаты измерений кинематической вязкости смесей рапсового масла «PM №2» с дизельным топливом

№	Время истечения, с	Среднее время истечения, с	Диаметр капилляра вискозиметра	Значение кинематической вязкости, мм <sup>2</sup> /с
<b>Содержание PM 100%</b>				
1	259,0	259,5	1,31	77,9
2	260,0			
3	259,5			
<b>Содержание PM 50%</b>				
1	483,0	482,0	0,73	14,0
2	481,0			
3	482,0			
<b>Содержание PM 25%</b>				
1	237,0	236,5	0,73	6,8
2	236,0			
3	236,5			
<b>Содержание PM 15%</b>				
1	221,0	219,5	0,73	6,3
2	218,0			
3	219,0			

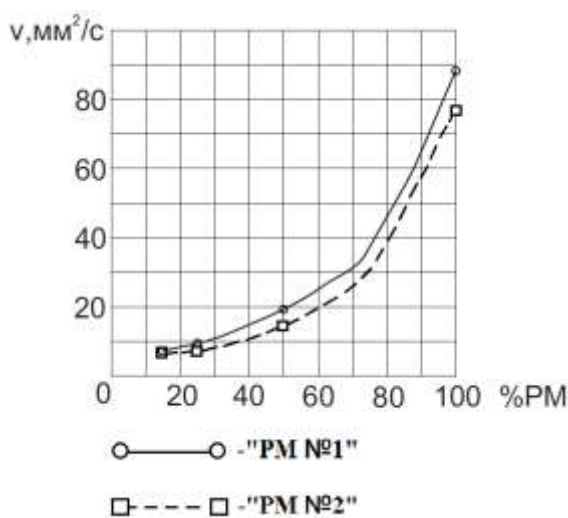


Рис. График сравнения кинематической вязкости образцов рапсового масла

Анализ табл. 1, 2 и рисунка показывает, что снижение содержания рапсового масла в дизельном топливе до 15 % приводит к существенному уменьшению кинематической вязкости с 87,3 и 77,9 до 6,9 и 6,3 мм<sup>2</sup>/с соответственно для 1-го и 2-го образцов рапсового масла и приближается к нормативным показателям по вязкости для дизельного топлива (3,0–6,0 мм<sup>2</sup>/с). Отчет об идентификации компонентов исследования методом капиллярной газовой хроматомасс-спектрометрии, сформированный программой обработки данных с помощью программного обеспечения GCMSSolution 2., представлен в табл. 3.

Таблица 3. Жирнокислотный состав масел

Кислота	Содержание в образце масла, % масс.	
	«PM №1»	«PM №2»
Пальмитиновая	1,42	1,01
9,12-Октадекадиеновая	5,03	6,13
Олеиновая	91,22	91,34
Стеариновая	1,04	0,68
10-Октадецеиновая	1,03	0,61
Бегеновая	0,26	0,24

Вязкость растительных масел зависит от молекулярного веса жирных кислот, входящих в их состав. С увеличением молярного веса жирных кислот вязкость масла увеличивается. Как видно из данных, представленных в таблице 3, содержание жирных кислот, следовательно, и их молярный вес, выше в образце рапсового масла PM №1.

## **Заключение**

1. Снижение содержания рапсового масла в дизельном топливе до 15% приводит к существенному уменьшению кинематической вязкости с 87,3 и 77,9 до 6,9 и 6,3 мм<sup>2</sup>/с для двух образцов рапсового масла и приближается к нормативным показателям по вязкости для дизельного топлива (3,0 – 6,0 мм<sup>2</sup>/с).

2. Кинематическая вязкость рапсового масла зависит от молярного веса жирных кислот, входящих в его состав. С увеличением молярного веса жирных кислот вязкость масла повышается.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Карташевич, А. Н. Применение топлив на основе рапсового масла в тракторных дизелях: Монография / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка. – Киров: Типография «Авангард», 2014. – 144 с.

2. Плотников, С. А. Создание новых альтернативных топлив / С. А. Плотников // Концепт. – 2014. – Спецвыпуск №10. – <http://e-koncept.ru/2014/14621.htm>.

3. Плотников, С. А. Недостатки применения топлив на основе рапсового масла в дизельных двигателях. Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика / С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов // Сб. науч. тр. по мат. заоч. науч.-практ. конф. – Воронеж: ООО ИПЦ «Научная книга», 2015. – № 4. – Ч. 1 (15-1). – С. 97–101.

4. Плотников, С. А. Влияние присадок на кинематическую вязкость топлив на основе рапсового масла. Общество, наука, инновации. (НПК-2016) [Электронный ресурс] / С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов // Всерос. ежегод. науч.-практ. конф.: сб. статей, 18–29 апреля 2016 г. /Вят. гос. ун-т. – Киров, 2016. – С. 1378–1382.

5. Карташевич, А. Н. Перспективные сорта рапса для производства биодизельного топлива / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. А. Корнейчук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008.- №1. – С. 126–129.