

УДК 621.432.2

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НОВЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ЭТАНОЛА

А. Н. КАРТАШЕВИЧ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область, Беларусь, 213407, e-mail: kartashevich@yandex.by

С. А. ПЛОТНИКОВ, М. В. СМОЛЬНИКОВ

Вятский государственный университет
г. Киров, Россия, 610002

(Поступила в редакцию 09.01.2017)

В течение многих лет нетрадиционные возобновляемые источники энергии не рассматривались в качестве серьезной энергетической альтернативы. Сегодня большая часть потребностей в энергии в мире покрывается за счет использования возобновляемых источников энергии, одним из которых является этанол. В 2015 г. мировой объем производства топливного этанола достиг показателя в 97,7 млрд литров, в стоимостной оценке объем производства данного продукта в мире составил 46,1 млрд долларов США. В период 2010–2015 гг. наблюдается положительная тенденция производства биоэтанола со среднегодовым темпом на уровне 2 % в натуральной оценке. Основной проблемой использования данного вида топлива является недостаточная смешиваемость бензина и особенно дизельного топлива с этанолом, из-за чего последний вылаивается, особенно в условиях отрицательных температур. Особенно эта проблема актуальна для России и Беларуси, и окончательного решения ее до сих пор не найдено. В статье рассмотрены результаты исследований физико-химических свойств новых альтернативных топлив на основе дизельного топлива (ДТ) и этанола: относительная плотность, кинематическая вязкость, стабильность. Проведены исследования возможности повышения стабильности и улучшения эксплуатационных свойств смесевых топлив на основе ДТ и этанола путем введения присадок.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, топливный этанол, альтернативные топлива, свойства топлив.

For many years, non-traditional renewable energy sources have not been considered as a serious energy alternative. Today, most of the world's energy needs are covered by the use of renewable energy sources, one of which is ethanol. In 2015, the world production of fuel ethanol reached 97.7 billion liters, in the cost estimate, the volume of production of this product in the world amounted to 46.1 billion US dollars. In the period 2010-2015 there is a positive trend of bio-ethanol production with an average annual rate of 2% in the natural estimate. The main problem with using this type of fuel is insufficient miscibility of gasoline and especially diesel fuel with ethanol, which causes the latter to be dispensed, especially in the conditions of negative temperatures. This problem is especially acute for Russia and Belarus, and no final solution has been found to this day. The article examines results of research into physical and chemical properties of new alternative fuels on the basis of diesel fuel (DT) and ethanol: relative density, kinematic viscosity, stability. Studies have been carried out on the possibility of improving the stability and operational properties of mixed fuels based on DT and ethanol by the addition of additives.

Key words: renewable energy sources, fuel ethanol, alternative fuels, properties of fuels.

Введение

Топливный этанол подразделяется на биоэтанол и этанол, полученный другими методами (из отходов пластмасс, синтезированный из газа и т. д.). Биоэтанол – это жидкое этанолсодержащее топливо, получаемое на специальных заводах из крахмал-, целлюлозно-, или сахаросодержащего сырья по системе укороченной дисциплины, что позволяет получить качество, достаточное для использования в качестве топлива. Биоэтанол содержит метанол и сивушные масла, что делает его непригодным для питья. Применяется в чистом виде (в виде азеотропа 96,6 %), а чаще в смеси с бензином (называется газохолом) или дизельным топливом. Полноценно использовать биоэтанол способны лишь автомобили с соответствующими двигателями. Бензиновый двигатель способен потреблять бензин с добавкой этанола не более 30 % [1, 2].

В 2015 г. мировой объем производства топливного этанола достиг показателя в 97,7 млрд литров, что на 4,9 % выше показателя предыдущего года. В стоимостной оценке объем производства данного продукта в мире составил 46,1 млрд долларов США. В целом в период 2010–2015 гг. наблюдается положительная тенденция производства биоэтанола со среднегодовым темпом на уровне 2% в натуральной оценке. В стоимостном выражении данный показатель характеризуется незначительным снижением со среднегодовым темпом на уровне 1 %.

На протяжении всего периода развития биоэтанольной отрасли крупнейшими производителями являлись регионы Северной, Центральной и Южной Америки, особенно США и Бразилия. В 2015 г. на долю США приходилось около 59 % мирового производства топливного этанола в натуральном выражении, в то время как доля Бразилии составила порядка 28 %. В стоимостном выражении на долю США и Бразилии приходилось около 79,8 % общемирового производства биоэтанола. На третьей позиции находились государства-члены Европейского Союза, по итогам 2015 г., доля производства топливного этанола которых оценивается около 5,4 % и 7,6 % в натуральном и стоимостном выражении соответственно. В 2010 г. в России было произведено 700 млн литров этанола, тогда как в США – 45 360 млн литров. Сравнительная ценовая оценка стоимости бензина и этанола приведена в табл. 1.

Таблица 1. Цена бензина и топливного этанола в 2010 г., долларов за 1 литр

Страна	Бензин	Этанол
США	0,72	0,55
Бразилия	1,63	0,61
Европейский Союз	1,92	0,82

Как видно из табл. 1, стоимость бензина в Бразилии и Европейском Союзе более чем в 2 раза превышает стоимость этанола. Последние годы стали одними из худших по среднероссийскому росту цен на бензин и дизельное топливо, достигнув более 0,57 долларов за литр топлива (табл. 2) на подавляющем большинстве АЗС.

Таблица 2. **Цены на нефтяное топливо, доллар США**

Год / вид топлива	АИ-92	АИ-95	АИ-98	ДТ
2014	0,48–0,50	0,52–0,55	0,55–0,59	0,52–0,55
2015	0,5–0,52	0,55–0,58	0,59–0,64	0,55–0,57
2016	0,52–0,54	0,58–0,60	0,64–0,67	0,57–0,60

Эксперты прогнозируют, что новые повышения цен на топливо неизбежны, и это естественно заставляет задаться вопросом, какие альтернативы могут быть бензину и дизельному топливу, в том числе серьезно изучаются проблемы по использованию этанола.

Энергоэффективность двигателей внутреннего сгорания, модифицированных для работы на этаноле, на 20 % выше, чем в случае использования бензина, а у двигателей специально разработанных для использования этанола – более чем на 30 %. Более того, использования его в качестве топлива дает ряд экологических преимуществ, в частности, сокращаются выбросы в атмосферу свинца, С, CO, CO₂, SO₂, углеводородов.

Из-за различия химических характеристик этанола и бензина при использовании чистого этанола запуск двигателя в условиях отрицательных температур будет усложнен в связи с более медленным испарением этанола. Показатель теплотворности 1 литра этанола по сравнению с 1 литром бензина составляет 2/3. Этанол обладает подходящими характеристиками горения – полным сгоранием и высоким октановым числом.

Основной проблемой использования данного вида топлива является недостаточная смешиваемость бензина и особенно дизельного топлива с этанолом, из-за чего последний выслаивается, особенно в условиях отрицательных температур. Эта проблема актуальна для России и Беларуси, и ее решению посвящены совместные научные работы сотрудников Белорусской государственной сельскохозяйственной академии и Вятского государственного университета [3–12].

Основная часть

Измерение плотности эмульсий производилось согласно ГОСТ 3900-85. Для проведения опытов был использован комплект ареометров ТУ 25-11.1514-79. Опыт с каждым составом топлива повторялся три раза, результаты усреднялись.

При измерении вязкости использовались вискозиметр капиллярный стеклянный ВПЖ-2 (внутренний диаметр капилляра 0,56) и секундомер.

Исследования стабильности топлив проводились по методике, разработанной НПО «Синтез ПАВ» и с учетом традиционных методик исследования стабильности. Для этого приготавливалось различные пробы эмульсий, содержащих 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 и 50 % этанола, до 5 % выбранного эмульгатора и различное количество дистиллированной воды. По полученным результатам стабильности определялось оптимальное значение концентрации дистиллированной воды. Дальнейшие исследования проводились при выбранном значении ее концентрации. Процентное соотношение ингредиентов эмульсий выражалось в массовых долях от массы всей пробы, которая оставалась равной 100 граммов во всех случаях за счет изменения количества ДТ. Эмульсия готовилась на миксере при частоте вращения вала 1400 мин.⁻¹ в течение двух минут. Полученная проба эмульсии переливалась в градуированную пробирку, после чего производились наблюдения за ее стабильностью. За критерий стабильности принималось время до появления визуально наблюдаемых изменений (осадка или отстоя) в пробе эмульсии – время до начала седиментации.

Первым этапом исследования физико-химических свойств полученных топлив явилось измерение их относительной плотности (табл. 3) при смешивании дизельного топлива (ДТ) и этанола (Э).

Таблица 3. **Относительная плотность топлив**

№ п/п	Состав топлива	Плотность,	№ п/п	Состав топлива	Плотность,
1	ДТ 100 %	0,823	6	ДТ 80 % + Э 20 %	0,819
2	Э 100 %	0,807	7	ДТ 75 % + Э 25 %	0,817
3	ДТ 95 % + Э 5 %	0,822	8	ДТ 70 % + Э 30 %	0,816
4	ДТ 90 % + Э 10 %	0,821	9	ДТ 50 % + Э 50 %	0,812
5	ДТ 85 % + Э 15 %	0,820			

Таким образом, при добавлении в дизельное топливо 50 % этанола относительная плотность снизилась с 0,823 до 0,812 г/см³, или на 1,3 %. На втором этапе изучения проведены измерения кинематической вязкости испытуемых топлив (табл. 4).

Таблица 4. **Кинематическая вязкость топлив**

№ п/п	Вид топлива	Кинематическая вязкость при t=20°C, мм ² /с
1	ДТ 100 %	4,048
2	ЭТ 100 %	1,074
3	ДТ 95 % + Э 5 %	3,611

4	ДТ 90 % + Э 10 %	3,506
5	ДТ 85 % + Э 15 %	3,331
6	ДТ 80 % + Э 20 %	2,822
7	ДТ 75 % + Э 25 %	2,761
8	ДТ 70 % + Э 30 %	2,678
9	ДТ 50 % + Э 50 %	2,253

Анализ данных показывает, что повышение содержания этанола до 50 % снижает кинематическую вязкость смеси до 2,253 мм/с², или на 44,3 %. Исходя из этого, можно предположить повышение показателей износа и недостаток смазывающих свойств нового топлива. Данная проблема может быть решена добавлением присадок целенаправленного действия или многофункциональных поверхностно-активных веществ (ПАВ).

В предварительных опытах было исследовано влияние дистиллированной воды на стабильность эмульсий, содержащих различное количество этанола и 5 % эмульгатора.

Установлено, что, действие эмульгаторов усиливается с увеличением количества вводимой в этанол дистиллированной воды. Так, увеличение ее присутствия с 6 % до 12 % в эмульсиях с содержанием 40 % этанола повышает их стабильность с 32 мин. до 58 мин.

Принимая во внимание следующие обстоятельства: необходимость присутствия дистиллированной воды в этаноле с целью обеспечения возможности использования этанола-сырца и удешевления способа получения эмульсий; гигроскопичность этанола; нецелесообразность присутствия воды в больших количествах.

Содержание дистиллированной воды в этаноле было ограничено на уровне 12 % от его массы. Указанное количество воды было принято постоянным при проведении дальнейших испытаний. Применение присадок ПАВ, вводимых в ДТ, должно, в первую очередь, обеспечивать стабильность получаемых эмульсий, достаточную для работы дизеля в течение 7-часовой смены. Концентрация ПАВ при этом не должна превышать 2–5 %, т. к. это может привести к значительному удорожанию способа. На рис. 1 представлены изотермы стабильности эмульсий с применением присадки на основе полиметакрилата. Из графика видно, что стабильность прямо пропорциональна количеству вводимого эмульгатора и обратно пропорциональна содержанию этанола в эмульсии. Однако значения стабильности невысоки. Так, при увеличении концентрации этанола до 40 % время до начала седиментации не превышает 3 минут, а при дальнейшем увеличении содержания этанола это время уменьшается до 1 минуты. Очевидно, что возможность использования этого эмульгатора маловероятна. На рис. 2 представлены изотермы стабильности эмульсий с применением присадки на основе алкенилсукцинимида мочевины. Из графика видно, что стабильность прямо пропорциональна количеству вводимого эмульгатора и обратно пропорциональна содержанию этанола в эмульсии. Значения стабильности существенно выше. Так, при концентрации этанола до 10 % время до полного разложения эмульсии составляет 75 минут, при дальнейшем увеличении содержания этанола время уменьшается и при его концентрации 40 % составляет 58 минут.

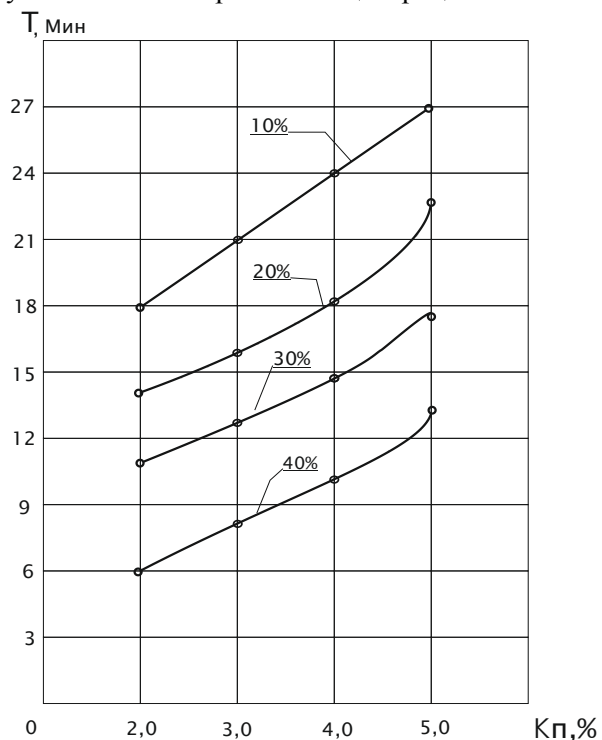


Рис. 1. Стабильность эмульсий с добавкой полиметакрилата

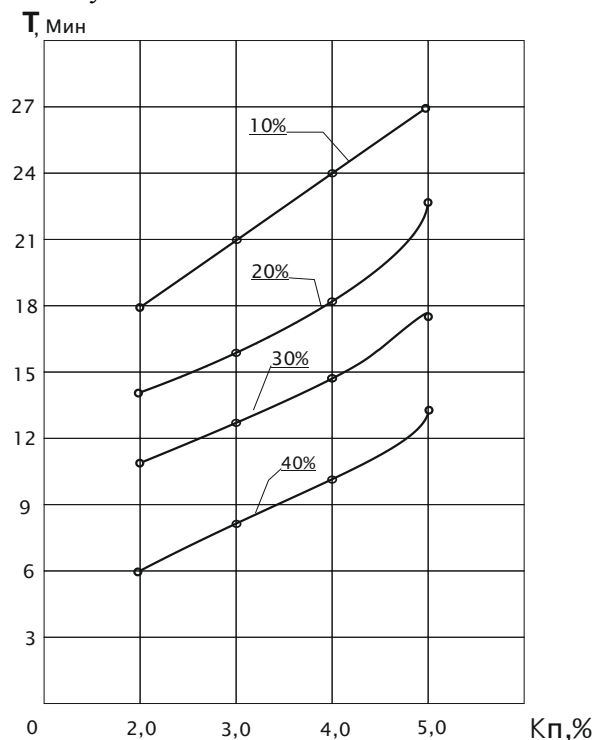


Рис. 2. Стабильность эмульсии с добавкой алкенилсукцинимида мочевины

Таким образом, создание топлив на основе ДТ и этанола следует считать целесообразным и эффективным. Достижение и дальнейшее улучшение эксплуатационных свойств эмульсий ДТ и этанола может быть осуществлено правильно обоснованным выбором вида и количества присадки.

Заключение

Проводимые исследования ставили собой цель создание топлив с возможно максимальным содержанием этанола, обеспечивающих работу дизеля с показателями, идентичными его работе на дизельном топливе. Учитывая данные проведенных ранее теоретических изысканий, было сделано предположение о возможности использования присадок на основе сукцинимида и полиметакрилата.

1. При добавлении до 50 % этанола в дизельное топливо относительная плотность эмульсии уменьшается с 0,823 г/см³ до 0,812 г/см³.

2. Повышение содержания этанола до 50 % снижает кинематическую вязкость смеси до 2,253 мм/с², или на 44,3 %. Для улучшения показателей смазывающих свойств нового топлива могут быть использованы присадки целенаправленного действия или многофункциональные поверхностно-активные вещества (ПАВ).

3. Необходимая стабильность эмульсий может быть достигнута введением присадок на основе полиметакрилата или алкенилсукцинимида мочевины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле. Часть I. /А. Н. Карташевич, Г. Н. Гурков, С. А. Плотников. – Киров, 2011. – 116 с.

2. Альтернативные виды топлива для двигателей: монография / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки, 2013. – 376 с.

3. Карташевич, А. Н. Основные принципы и расчетные соотношения теоретических исследований процесса сгорания спиртосодержащих топлив в дизеле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников. – Вестник БГСХА. – 2007. – №2. – С. 145–149.

4. Карташевич, А. Н. Алгоритм расчета цетанового числа и периода задержки воспламенения при работе дизельного двигателя на спиртовых топливах / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников // Вестник БГСХА. – 2007. – №4. – С. 108–112.

5. Карташевич А. Н. Методы определения цетанового числа и периода задержки воспламенения топлив / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников // Агропанарама. – 2008. – №4. – С. 4–7.

6. Карташевич, А. Н. Расчет показателей процесса сгорания этанолсодержащих топлив в дизеле / А. Н. Карташевич, Г. Н. Гурков, С. А. Плотников // Вестник БГСХА. – 2011. – №3. – С. 156–159.

7. Влияние добавки этанола к воздуху на эффективные показатели тракторного дизеля / А. Н. Карташевич [и др.] // Двигателестроение. – 2012. – № 1. – С. 44–47.

8. Карташевич, А. Н. Изучение свойств и разработка возобновляемых источников энергии на основе этанола / А. Н. Карташевич, Г. Н. Гурков, С. А. Плотников, М. В. Смольников // Наука-Технология-Ресурсосбережение: матер. Межд. научно-практ. конф. – Киров, ВГСХА, 2016. – Вып. 17. – С. 120–123.

9. Плотников С. А. Создание новых видов альтернативных топлив на основе этанола. ОБЩЕСТВО, НАУКА, ИННОВАЦИИ. (НПК-2016) [Электронный ресурс] / С. А. Плотников, М. В. Смольников //Всерос. ежегод. науч.-практ. конф.: сб. статей, 18–29 апреля 2016 г. /Вят. гос. ун-т. – Киров, 2016. – С. 1358–1362.

10. Плотников, С. А. Программа расчета периода задержки воспламенения этанолсодержащего топлива в дизеле («ПЗВ-Этанол») / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, А. Н. Карташевич, Г. Н. Гурков //Свидетельство об офиц. регистр. прогр. для ЭВМ № 2010610381 от 11.01.2010.

11. Плотников, С. А. Программа расчета параметров фазы быстрого горения в дизеле при работе на этанолсодержащих топливах («ФБГ-Этанол») / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, А. Н. Карташевич, Г. Н. Гурков // Свидетельство об офиц. регистр. прогр. для ЭВМ № 2010610380 от 11.01.2010.

12. Патент №2554348 Российская Федерация. Топливная эмульсия. МКИ⁷ C10L 10/08 / С. А. Плотников, В. В. Загребин, Ш. В. Бузиков, А. Н. Карташевич, Г. Н. Гурков // Офиц. Бюл. Изобретения. Полезные модели. –2015. №18.5С,1 ил.