

УДК 662.758.2

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ
В СМЕСИ С ПОДСОЛНЕЧНЫМ МАСЛОМ****Я.В. ПРАШКОВИЧ, В.А. ТРОЦ***(Представлено: канд. техн. наук А.В. СПИРИДОНОВ)*

В данной статье рассматриваются влияние добавки подсолнечного масла в дизельное топливо на изменение температуры кипения смеси. Проведены исследования эффективности применения и свойств биодизельных топливных композиций. Представлен фракционный состав этих топлив. Приведены основные характеристики и мировой опыт использования отходов растительных масел.

Идея использовать растительные масла в качестве топлив для дизельных двигателей была выдвинута еще при создании первых таких моторов. Однако с освоением нефтяных запасов в XX веке более выгодным оказалось топливо из нефти. Сейчас биодизельное топливо часто отождествляют с рапсовым маслом, которое действительно стало основным сырьевым источником "биосоляры" в Европе. Однако биодизельное топливо можно получать и из других масел, например, подсолнечного, пальмового или соевого, что и делают за пределами Европы.

Важно иметь в виду, что сами по себе растительные масла в качестве топлив не используются. Любая «биосоляра» представляет собой смесь растительных масел. В растительном содержатся жиры – эфиры жирных кислот с глицерином. В Европе основным биодизельным топливом стал метиловый эфир рапсового масла.

Растительные масла и их эфиры, как и спирты, отличаются агрессивностью ко многим материалам, традиционно используемым в двигателях и топливной системе автомобилей. В последние годы большинство европейских производителей выпускают машины, допускающие использование смесей нефтяного топлива с "биосолярой" в количестве 5-20%, а иногда и 100% биотоплива. Добавление биодизельного компонента в количестве до 5% обычно считается приемлемым для любых двигателей, неадаптированных к биотопливу. Достаточно активно биодизельное топливо внедряется и в США, где в качестве сырья используют чаще всего соевое масло. Еще один перспективный источник "биосоляры" - отработанные пищевые масла.

Истощение нефтяных месторождений и продолжающийся рост цен на нефть и нефтепродукты делают неизбежным все более широкое использование в дизельных двигателях биотоплив на основе растительных масел. Перевод дизелей на биотоплива позволит не только обеспечить замещение топлив нефтяного происхождения топливами, производимыми из возобновляемых сырьевых ресурсов, но и заметно снизить токсичность отработавших газов (ОГ) и улучшить экологическую ситуацию в крупных городах и населенных пунктах сельской местности [1–3].

Для централизованного снабжения топливом автотранспорта больших городов в значительной степени пригодны сложные эфиры растительных масел — метиловые, этиловые и бутиловые, получаемые путем обработки растительных масел спиртами (соответственно метанолом, этанолом и бутанолом) [4, 5]. Из перечисленных эфиров более дешевыми являются метиловые эфиры. Причем сложные эфиры растительных масел можно получать из различных растительных масел — рапсового, подсолнечного, соевого, пальмового и др. Возможно использование для этих же целей животных жиров. Производство биодизельных топлив на основе растительных масел и животных жиров постоянно расширяется. Данные о динамике производства биодизельного топлива в некоторых странах представлены на рис. 1-2.

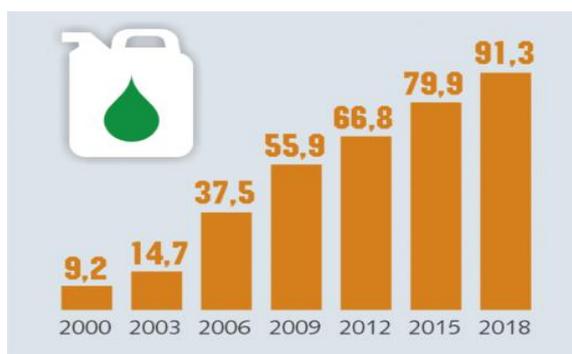


Рисунок 1. – Динамика роста производства биодизельного топлива (эферы растительных масел и животных жиров) в мире в млн. т.

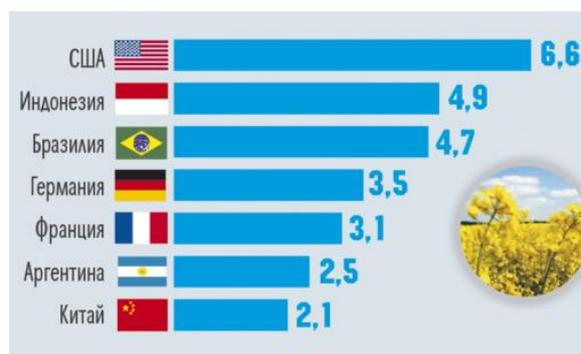


Рисунок 2. – Мировые лидеры по производству биодизельного топлива.

Биодизельные топлива, предназначенные для использования в дизельных двигателях, должны за минимальный период сформировать в камере сгорания топливно-воздушную смесь, обеспечивающую ее легкое воспламенение, плавное и достаточно полное сгорание с минимальным содержанием сажи, токсичных и канцерогенных веществ. Не допускается образование осадков в топливоподающей системе и нагароотложений на деталях двигателя. В связи с изложенным одной из основных проблем является организация рабочего процесса дизельных двигателей, работающих на биодизельных топливах. Обеспечение современных требований к показателям топливной экономичности и токсичности возможно лишь при дальнейшем совершенствовании процессов распыливания топлива и смесеобразования. При этом скорость формирования топливно-воздушной смеси предопределяется как длиной и шириной топливных струй, так и их структурой (качеством распыливания), интенсивностью испарения топлива и диффузии его в сжатый воздух.

Для достижения требуемого качества процесса смесеобразования топливо должно обладать заданным фракционным составом, который является одним из важнейших показателей эксплуатационных свойств топлив для двигателей внутреннего сгорания. Фракционный состав характеризует содержание в топливе различных фракций, выкипающих в определенных температурных пределах.

При снятии характеристик фракционного состава для традиционного дизельного топлива обычно выделяют температуру начала перегонки (начала кипения), температуры перегонки 10, 50, 90 % топлива и температуру окончания перегонки (конца кипения), соответствующую перегонке 96 или 98 % топлива. Температура перегонки 10 % топлива характеризует склонность топлива к образованию паровых пробок в системе питания дизеля. Наличие в топливе большого количества легких фракций приводит к увеличению жесткости сгорания (скорости нарастания давления и максимального давления сгорания) и снижению ресурса работы дизельного двигателя.

Среднюю испаряемость топлива устанавливают по температуре выкипания 50 %, которая обуславливает испаряемость топлива и период задержки воспламенения. Наличие в топливе тяжелых трудноиспаряющихся фракций можно определить по температуре перегонки 90 %. По температуре окончания перегонки, соответствующей перегонке 96 или 98 % топлива, также выявляют присутствие в нем тяжелых (выкипающих при высоких температурах) фракций, чрезмерное содержание которых в топливе приводит к ухудшению испарения и усложнению образования однородной топливно-воздушной смеси. Высокая температура выкипания 96 % топлива свидетельствует о наличии тяжелых фракций, которые не только ухудшают смесеобразование, но и увеличивают нагарообразование на деталях цилиндропоршневой группы и тем самым снижают экономичность и надежность работы двигателя. При использовании топлива с большим содержанием тяжелых фракций некоторая их часть догорает в такте расширения, вызывая дымность ОГ и повышение их температуры, рост удельного расхода топлива, загрязнение моторного масла и деталей двигателя продуктами неполного сгорания топлива, прежде всего сажей.

Перечисленные выше факторы указывают на необходимость учитывать фракционный состав при выборе топлива для дизелей. Это также относится и к биодизельному топливу. Фракционный состав топлив определяется методом перегонки — путем разделения смеси жидкостей на компоненты, основанном на разности температур их кипения. Данный метод заключается в нагревании жидкости до кипения с последующей конденсацией паров в холодильнике. В настоящее время существуют способы и устройства автоматического определения фракционного состава топлив. Проведём фракционную перегонку дизельного топлива с подсолнечным маслом.

Нанесем на график (рис. 3) зависимости разности температур кипения смесей дизельного топлива с подсолнечным маслом и чистого дизельного топлива разной концентрации подсолнечного масла по интервалу кипения (согласно ГОСТу 2177-99).

Эти точки можно адекватно описать полиномами. Введём обозначения величин: $\Delta t = t_{дт} - t_{см}$ – разность температур кипения дизельного топлива (чистого) и смеси дизельного топлива с растительным маслом; $v = V/V_0$ – объёмная доля отгона нефтепродукта (по ГОСТу), φ – объёмная доля растительного масла в дизельном топливе.

Рассмотрим зависимость разности температур кипения смесей дизельного топлива с подсолнечным маслом и чистого дизельного топлива от концентрации подсолнечного масла в дизельном топливе (рис. 3). Кривые в интервале от начала кипения до 40%-й точки и от 93%-й точки до конца кипения имеют монотонный характер. Кривые в интервале 50% - 90% имеют точки экстремума. Эти кривые можно представить полиномиальными уравнениями.

Графики на рис. 3-4 представляют собой проекции этой поверхности на координатные плоскости. Таким образом можно представить зависимость разности температур кипения смесей дизельного топлива в виде поверхности 3-го порядка (рис. 4).

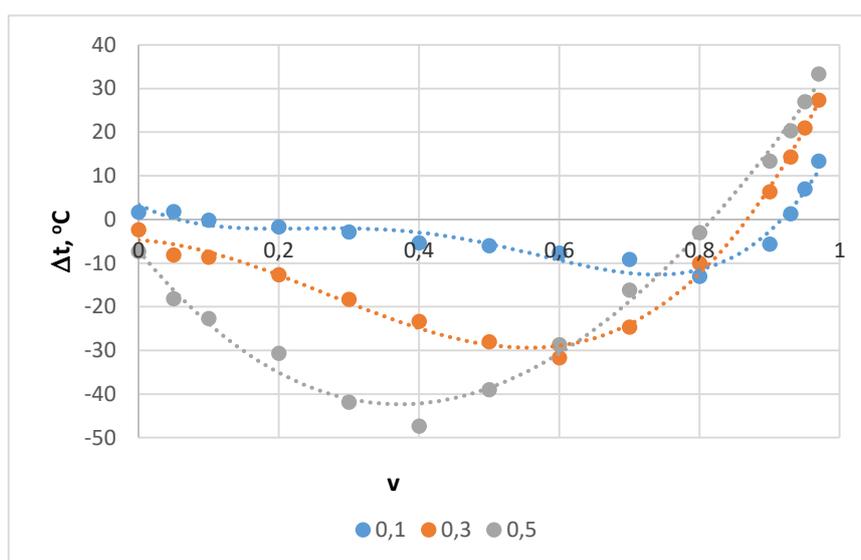


Рисунок 3. – График зависимости разности температур кипения в контрольных точках (по ГОСТу) дизельного топлива и смесей дизельного топлива с подсолнечным маслом разной концентрации подсолнечного масла по интервалу кипения

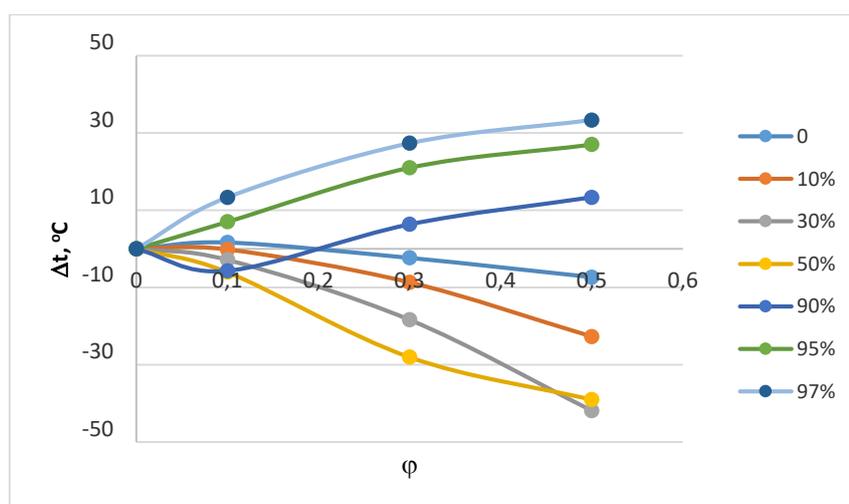


Рисунок 4. – График зависимости разности температур кипения дизельного топлива и смесей дизельного топлива с подсолнечным маслом от концентрации подсолнечного масла (цветные линии – контрольные точки кипения по ГОСТу).

Обработав массив экспериментальных данных получили значения коэффициентов в приведенном выше уравнении, со средним квадратичным отклонением 3 °С. Проведём оценку значимости полученных коэффициентов уравнения регрессии. После оценки значимости мы пришли к выводу, что некоторые переменные оказывают незначительное влияние на результаты расчёта, поэтому их количество можно сократить. В результате получим новое уравнение регрессии и произведем уточнённый расчёт коэффициентов, со средним квадратичным отклонением 3 °С. Т.е. значение среднего квадратичного отклонения осталось прежним.

$$\Delta t = 42,2 \cdot \varphi - 127 \cdot \varphi^2 + 20,1 \cdot v - 128 \cdot v^3 + 112 \cdot v^4 - \\ - 669 \cdot \varphi \cdot v + 720 \cdot \varphi \cdot v^2 + 668 \cdot \varphi^2 \cdot v - 562 \cdot \varphi^2 \cdot v^2$$

Таким образом, можно считать данный вид уравнения приемлемым для дальнейших расчётов. Данное уравнение позволяет определить изменение температуры кипения дизельного топлива в различных точках по ГОСТу в зависимости от количества добавленного растительного масла. Это актуально, так как каждая контрольная точка дизельного топлива, как отмечалось выше, влияет на его эксплуатационные показатели.

В заключение следует отметить, что приведенные данные экспериментальных исследований подтверждают возможность использования в дизелях биодизельных топлив, получаемых из различных сырьевых ресурсов. Наибольшее приближение к свойствам нефтяных дизельных топлив обеспечивает применение смесей нефтяного дизельного топлива и метиловых эфиров растительных масел. При этом удастся получать показатели токсичности отработавших газов, которые заметно лучше аналогичных показателей дизеля, работающего на чистом дизельном топливе. Причем улучшения показателей токсичности отработавших газов достигают даже при небольшом содержании биодизельного топлива в смеси. Это позволяет использовать исследованные биодизельные топлива в качестве экологических добавок к нефтяному дизельному топливу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Использование биотоплив на основе растительных масел в дизельных двигателях / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семенов, А.В. Шахов, В.В. Багров. М.: ISSN 0236-3941. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. "Машиностроение". 2012.
2. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семенов, А.В. Шахов, В.В. Багров. М.: ООО НИЦ "Инженер", 2011. 536 с.
3. Электронный документ от 13.04.2017: <http://computerra.ru/> Зачем нужны биотоплива - Компьютерра-Онлайн.htm
4. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник. / ред. Школьников В.М. – М. «Техноинформ», 1999, с. 13-94.