

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В МОТОРНОЕ ТОПЛИВО

ANALYSIS TECHNOLOGY CONVERSION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE ENGINE FUEL

Т.В. БОДЯКИНА¹
П.А. БОЛОЕВ², д.т.н.
Т.П. GERGENOVA²

¹ Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутск, Россия

² Бурятский государственный университет, Улан-Удэ, Россия, Bodt-24@rambler.ru

T.V. BODYAKINA¹
P.A. BOLOEV², DSc in Engineering
T.P. GERGENOVA²

¹ Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

² Buryatskiy gosudarstvennyy universitet, Ulan-Ude, Russia, Bodt-24@rambler.ru

Увеличение доли возобновляемых источников энергии в качестве моторного топлива автотракторной техники способно существенно повлиять на экологическую и энергетическую безопасность при эксплуатации техники. Целью исследования является анализ технологий преобразования возобновляемых источников энергии для использования в качестве моторного топлива. К сырьевой энергетической среде в первую очередь относят углеводородные соединения, процесс термохимического преобразования которых сопровождается выходом главного целевого компонента – водорода. Присутствие водородного компонента обуславливает уникальные кинетические и экологические показатели сгорания моторного топлива, высокую эффективность рабочего цикла двигателя. Сложные эфиры являются производными органических или неорганических кислот и спиртов; содержатся главным образом в эфирных маслах и составляют основную часть растительных и животных масел. В настоящее время в качестве одного из наиболее перспективных топлив для дизелей рассматривается диметиловый эфир. В связи с этим при переводе дизелей на эфиры не требуется специальных мероприятий по принудительному воспламенению горючей смеси. Если рассматривать сырьевое происхождение и затраты на производство диметилового эфира, то он является наиболее перспективным моторным топливом. Положительным свойством растительных масел является способность смешиваться в любых пропорциях с бензином, керосином и дизельным топливом, что позволяет получить биотопливо с заданными физико-химическими свойствами.

В статье рассмотрены эфиры, способы их получения, растительные масла, а также описаны способы достижения необходимых свойств альтернативных видов энергоносителей как моторного топлива. Приведены результаты сравнительного анализа технологий переработки возобновляемых источников энергии в топливо для автотракторных двигателей. Обоснована потенциальная возможность использования альтернативных источников энергии в структуру энергопотребления АПК.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, спирты, растительные масла, эфиры, водно-биотопливные эмульсии, синтетические топлива.

The increase in the share of renewable energy sources as motor fuel of automotive vehicles can significantly affect the environmental and energy safety in the operation of equipment. The aim of the study is to analyze the technologies of conversion of renewable energy sources for use as a motor fuel. The raw energy medium primarily includes hydrocarbon compounds, which process of thermochemical transformation is accompanied by the release of the main target component – hydrogen. The presence of the hydrogen component causes unique kinetic and environmental indicators of its combustion, high efficiency of the engine operating cycle. Esters are derivatives of organic or inorganic acids and alcohols, they are found mainly in essential oils and make up the bulk of vegetable and animal oils. Currently, dimethyl ether is considered as one of the most promising fuels for diesel engines. In this regard, the transfer of diesels on the air does not require special measures for the forced ignition of the combustible mixture. If the raw material origin and the cost of production of dimethyl ether are taken into account, this is the most promising motor fuel. A positive property of vegetable oils is the ability to mix in any proportions with gasoline, kerosene and diesel fuel, which allows to obtain biofuels with desired physical and chemical properties. The article deals with esters, methods of their production, vegetable oils. It describes the ways to achieve the necessary properties of alternative energy as motor fuel. The results of the comparative analysis of processing technologies of renewable energy in the fuel for automotive engines are given. It substantiates the potential use of alternative energy sources in the energy structure of the agricultural complex.

Keywords: renewable energy, alcohol, vegetable oils, esters, water-biofuel emulsion, synthetic fuels.

Введение

Увеличение доли возобновляемых источников энергии в качестве моторного топлива автотракторной техники способно существенно повлиять на экологическую и энергетическую безопасность при эксплуатации техники.

Цель исследования

Анализ технологий преобразования возобновляемых источников энергии для использования в качестве моторного топлива.

Материалы и методы

Для обеспечения необходимых свойств альтернативных видов энергоносителей как моторное топливо их необходимо предварительно подвергнуть технологическому циклу преобразования [3]. К сырьевой энергетической среде в первую очередь относят углеводородные соединения, процесс термохимического преобразования которых сопровождается выходом главного целевого компонента – водорода. Присутствие водородного компонента обуславливает уникальные кинетические и экологические показатели его сгорания, высокую эффективность рабочего цикла двигателя.

Низшие спирты (этанол, метанол) могут быть получены из биомассы. В России имеются отлаженные технологии массового производства этих спиртов. Токсичность паров метанола в 3 раза ниже, чем у бензина и в 3 раза выше, чем у дизельного топлива [4].

Этанол по своим физико-химическим свойствам во многом близок к метанолу, и технологии его переработки в новый вид моторного топлива достаточно разработаны.

Эфиры представляют собой органические кислородо-содержащие соединения, являются изомерами соответствующих спиртов, т.е. веществами, одинаковыми по составу и молекулярной массе, но отличающимися от соответствующих спиртов по строению или расположению атомов в пространстве и вследствие этого – по физическим и химическим свойствам [1]. Основной способ получения эфиров – нагревание спиртов в присутствии серной кислоты. В зависимости от структуры различают простые и сложные эфиры. К простым эфирам относятся эфиры со структурой R–O–R, где R – одинаковые или различные радикалы типа CH_3 , C_2H_5 , C_6H_5 и др., между которыми соединительным звеном является атом кислорода O.

Сложные эфиры являются производными органических или неорганических кислот и спиртов, содержатся главным образом в эфирных маслах и составляют основную часть растительных и животных масел. В настоящее время в качестве одного из наиболее перспективных топлив для дизелей рассматривается диметиловый эфир $\text{CH}_3\text{–O–CH}_3$ (или $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), а также диэтиловый эфир $\text{C}_2\text{H}_5\text{–O–C}_2\text{H}_5$ (или $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$). Диметиловый эфир может быть получен из биомассы или природного газа CH_4 . У эфиров более высокие цетановые числа и низкие температуры самовоспламенения (у диметилового эфира – более 55 и 235 °С соответственно) по сравнению со спиртами, сажи практически нет.

В связи с этим при переводе дизелей на эфиры не требуется специальных мероприятий по принудительному воспламенению горючей смеси. Из-за большой доли кислорода (35 %) в молекуле диметалового эфира он имеет относительно низкую теплоту сгорания ($H_u = 28800$ кДж/кг), низкое значение максимальной температуры цикла и, как следствие, – низкую концентрацию оксидов азота и сажи в продуктах сгорания. С другой стороны, снижение тепловыделения в цилиндре в сравнении с традиционными жидкими топливами приводит к снижению мощности дизеля, что компенсируется увеличением цикловой подачи топлива.

Если рассматривать сырьевое происхождение и затраты на производство диметилового эфира, то он является наиболее перспективным моторным топливом, и его ожидаемое потребление в двигателях составит не более 5–10 % – как доля спиртов.

Из растительных масел (рапсового, подсолнечного, соевого, оливкового, арахисового, пальмового, хлопкового, касторового и др.) наиболее перспективным в качестве альтернативного топлива для двигателей считается рапсовое масло [6]. По своим свойствам (плотность 900 кг/м³, цетановое число 36, температура самовоспламенения 318 °С, теплота сгорания 37300 кДж/кг) оно хорошо подходит для дизелей. Рапсовое масло содержит 78 % C, 12 % O₂ и 10 % H₂ (в массовых долях). Повышенное содержание кислорода снижает максимальную температуру цикла дизельного двигателя, концентрацию оксидов азота и уменьшает количество неполных продуктов сгорания.

Положительным свойством растительных масел является способность смешиваться в любых пропорциях с бензином, керосином и дизельным топливом, что позволяет получить биотопливо с заданными физико-химическими свойствами.

Использование растительных масел в чистом виде в качестве альтернативного топлива для дизелей сдерживается повышенным нагарообразованием в камере сгорания и отложением кокса на распылителях форсунки из-за присутствия в них смолистых веществ.

В работах А.Б. Горелика (ТОГУ), В.А. Маркова (МГТУ), С.Н. Девянина (РГАУ-МСХА), С.А. Нагорного (ВНИИТиН) и других предлагаются различные способы приготовления топливных эмульсий. В ТОГУ предлагают приготовление водотопливных эмульсий путем многократного впрыска дизельного топлива и воды через форсунку. Другие авторы предлагают для получения эмульсий модифицированный смеситель-активатор.

Результаты и обсуждение

Нами предлагается получение водно-биотопливной эмульсии с помощью ультразвуковой установки, которая обеспечивает мелкодисперсную эмульсию. Данная установка представлена на рис. 1.



Рис. 1. Ультразвуковая установка Ultrasonic Disintegrator type UD-11 automatic

В статье [3] на основании экспериментальных испытаний проведена оценка возможности снижения выбросов токсичных компонентов с отработанными газами при работе дизельного двигателя на водно-биотопливной эмульсии (ВБТЭ до 15 %) и дизельном топливе (см. табл.). Технология получения ВБТЭ основана на многофакторном энергетическом воздействии в импульсной форме, которое интенсифицирует процесс смешивания топлив, разрушает связи между отдельными частями молекул и влияет на изменение структурной вязкости, в результате чего происходит улучшение физико-химических параметров топлива, его эксплуатационных и экологических свойств.

Из работ [3, 4] выявлено, что при применении на дизеле водно-биотопливной эмульсии удельный массовый выброс оксидов азота уменьшается на 26,6 %, а эффективный КПД дизельного двигателя повышает на 5,9 %. Кроме этого использование водно-биотопливной эмульсии позволяет за счет вскипания воды в камере сгорания и образования пара, разрывающего капли эмульсии, увеличить дисперсность топлива. В результате улучшается процесс перемешивания топлива с воздухом, что обеспечивает более полное сгорание. Снижение температуры сгорания из-за испарения и перегрева воды приводит к замедлению реакций образования оксидов азота, что улучшает экологические показатели.

В качестве синтетического топлива можно использовать механическую смесь горючих и инертных газов, например водорода, метана и азота или водорода и азота. Такие синтез-газы, позволяющие «смесевое управление» рабочим процессом, могут быть достаточно дешевыми и перспективными моторными топливами.

Таблица

Показатели дизельного двигателя Д-240, работающего на водно-биотопливной эмульсии и дизельном топливе

Показатели	Диз. топливо	Водно-биотопливная эмульсия
Крутящий момент M_e , Н·м:		
– на режиме максимальной мощности	254	215
– на режиме максимального крутящего момента	322	296
Часовой расход топлива G_T , кг/ч:		
– на режиме максимальной мощности	15,5	15,7
– на режиме максимального крутящего момента	11,23	10,75
Дымность отработанных газов K_x , %:		
– на режиме максимальной мощности	15	8,2
– на режиме максимального крутящего момента	26	16

Для выявления потенциальных возможностей эффективной реализации предлагаемого метода [5], прогнозируемых моделированием, проведена серия исследований по опытной апробации ряда вариантов его реального применения на дизеле. Во всех исследованиях использованы водородосодержащие продукты конверсии метанола, генерируемые в бортовом термokatалитическом реакторе с использованием тепловой энергии, отводимой с отработанных газов дизеля [1]. Примерный компонентный состав: 64 % H_2 , 34 % CO при незначительном содержании в них CO_2 и C_2H_4 (2 %).

Заключение

Сравнительный анализ технологий по преобразованию альтернативных источников энергии в моторное топливо – это компромисс, учитывающий его энергетическую ценность, экологические показатели, стоимость, сырьевую базу и возможность адаптации к условиям эксплуатации альтернативных двигателей.

Применение водно-биотопливной эмульсии по сравнению с использованием дизельного топлива показывает заметное снижение концентрации оксидов азота, монооксидов углерода и дымности в отработанных газах.

Литература

1. Кавтарадзе З.Р., Кавтарадзе Р.З. Перспективы применения поршневых двигателей на альтернативных топливах // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1. С. 74–80.
2. Болоев П.А., Шуханов С.Н., Поляков Г.Н. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в условиях Восточной Сибири // Аграрный научный журнал. 2015. № 10. С. 31–34.
3. Марков В.А., Десянин С.Н., Нагорнов С.А., Левина Е.Ю. Улучшение экологических характеристик дизельного двигателя при работе на водно-биотопливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 11. С. 3–6.
4. Фомин В.М. Анализ технологий химического преобразования альтернативных источников энергии в моторное топливо // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 10. С. 3–6.
5. Fomin V.M., Makunin A.V. Thermochemical recovery of heat contained in exhaust gases of inter-

nal combustion engines (a general approach to the problem of heat contained in exhaust gases) // Theoretical foundations of chemical engineering. 2009. Vol. 43. No 5. Pp. 834–841.

6. Ларионов Л.Б., Болоев П.А., Ильин П.И., Кабанов А.Н., Сиряева И.В., Паламодов Е.О. Целесообразность использования альтернативного топлива // Известия Московского государственного университета МАМИ. 2015. Т. 1. № 3 (25). С. 76–80.

References

1. Kavtaradze Z.R., Kavtaradze R.Z. Perspektivy primeneniya porshnevnykh dvigateley na alternativnykh toplivakh [Prospects of application of piston engines on alternative fuels]. Transport na al'ternativnom toplive. 2013. No 1, pp. 74–80 (in Russ.).
2. Boloyev P.A., Shukhanov S.N., Polyakov G.N. Resursosberegayushchiye tekhnologii vozdelvaniya zernovykh kultur v usloviyakh Vostochnoy Sibiri [Resource-saving technologies of grain crops cultivation in Eastern Siberia]. Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2015. No10, pp. 31–34 (in Russ.).
3. Markov V.A., Devyanin S.N., Nagornov S.A., Levina E.YU. Uluchsheniye ekologicheskikh kharakteristik dizelnogo dvigatelya pri rabote na vodno-biotoplivnoy emulsii [Improving the environmental performance of the diesel engine when working on a water-biofuel emulsion]. Traktory i sel'hozmashiny. 2015. No 11, pp. 3–6 (in Russ.).
4. Fomin V.M. Analiz tekhnologiy khimicheskogo preobrazovaniya alternativnykh istochnikov energii v motornoye toplivo [Analysis of technologies for chemical conversion of alternative energy sources into motor fuel]. Traktory i sel'hozmashiny. 2014. No 10, pp. 3–6 (in Russ.).
5. Fomin V.M., Makunin A.V. Thermochemical recovery of heat contained in exhaust gases of internal combustion engines (a general approach to the problem of heat contained in exhaust gases). Theoretical foundations of chemical engineering. 2009. Vol. 43. No 5, pp. 834–841 (in Russ.).
6. Larionov L.B., Boloev P.A., Il'in P.I., Kabanov A.N., Siryayeva I.V., Palamodov E.O. Tselesoobraznost ispolzovaniya alternativnogo topliva [Feasibility of using alternative fuels]. Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta MAMI. 2015. Vol. 1. No 3 (25), pp. 76–80 (in Russ.).