

в настоящее время наиболее перспективным из-за хорошей доступности и высокой плотности на единицу массы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Возобновляемые источники энергии: науч.-практ. пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2007. – 264 с.
2. Альтернативное топливо для автомобилей [Электронный ресурс]. 31 августа 2015 – Режим доступа: <http://alternativenergy.ru/energiya/953-vidy-alternativnogo-topлива.html>. – Дата доступа: 26.10.2018 г.
3. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер; пер. с нем. М. И. Серебряного. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
4. Карташевич, А. Н. Тракторы и автомобили. Газовое оборудование для авто-тракторной техники: курс лекций / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин, А. А. Сысоев. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2012. – 86 с.
5. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – 360 с.

УДК 621.43.057

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ

С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор;
Ш. В. БУЗИКОВ, канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Киров, Россия

В настоящее время одним из наиболее перспективных источников тепловой энергии, используемых в качестве топлива в дизелях, является применение всевозможных смесевых топлив, получаемых путем предварительного смешивания товарного дизельного топлива (ДТ) и альтернативного [1, 2]. В качестве альтернативных топлив в смесевых топливах наиболее часто применяют спирты, эфиры и растительные масла [1–5]. Непосредственное использование чистых альтернативных топлив в дизелях затруднено из-за их различия в физико-химических и моторных свойствах по сравнению с чистым ДТ [6]. Основными недостатками альтернативных топлив по сравнению с ДТ являются высокая или низкая вязкость, скрытая теплота парообразования, высокая температура воспламенения, низкое цетановое число, меньшая тепло-творная способность [7, 8]. На данный момент времени имеется достаточный объем исследований по применению различных составов сме-

севых топлив [9, 10, 11]. В то же самое время, данные по оптимальным составам смесевых топлив для их применения в дизелях практически отсутствуют. В связи с этим разработка критериев определения оптимальных составов смесевых топлив является на сегодняшний день весьма актуальной задачей.

Известно, что при использовании смесевых топлив снижается часовой расход дизельного топлива, однако при этом полный часовой расход увеличивается [6, 8, 10, 12].

Часовой расход смесового топлива, поступающего в дизель, можно определить как:

$$G_T = N_e g_e, \quad (1)$$

где N_e – эффективная мощность дизеля, кВт;

g_e – эффективный удельный расход топлива, г/кВт·ч.

Эффективную мощность дизеля можно найти:

$$N_e = \frac{p_e V_h i n}{30 \tau}, \quad (2)$$

где p_e – среднее эффективное давление, МПа;

V_h – рабочий объем одного цилиндра, м³;

i – количество цилиндров дизеля, шт.;

n – частота вращения коленчатого вала дизеля, мин⁻¹;

τ – тактность дизеля, $\tau = 4$.

Эффективный удельный расход топлива равен:

$$g_e = \frac{3600 \rho_k \eta_v}{p_e l_0 \alpha}, \quad (3)$$

где ρ_k – плотность свежего заряда воздуха, поступающего в цилиндры, кг/м³;

η_v – коэффициент наполнения цилиндров дизеля;

l_0 – теоретически необходимое количество воздуха в кг для полного сгорания 1 кг смесового топлива, кг возд./кг топл.;

α – коэффициент избытка воздуха.

Подставим уравнения (2) и (3) в (1), преобразуем, тогда получим:

$$G_T = \frac{30 V_h i n \rho_k \eta_v}{l_0 \alpha}. \quad (4)$$

Вычислить с достаточной точностью значения плотности свежего заряда воздуха, поступающего в цилиндры ρ_k , и коэффициента напол-

нения цилиндров дизеля η_v можно выразив при этом коэффициент избытка воздуха:

$$\alpha = \frac{G_B}{G_T l_0}, \quad (5)$$

где G_B – часовой расход воздуха дизелем, кг/м³.

После подстановки выражения (5) в выражение (4) и преобразования можно выразить произведение плотности свежего заряда воздуха, поступающего в цилиндры, и коэффициента наполнения цилиндров дизеля:

$$\rho_k \eta_v = \frac{G_B}{30 V_h i n}. \quad (6)$$

Анализ выражения (6) говорит о том, что при одних и тех же скоростном и нагрузочном режимах работы дизеля независимо от состава применяемого смесового топлива расход воздуха, плотность свежего заряда и коэффициент наполнения цилиндров остаются постоянными.

На основании вышеизложенного, проанализировав выражение (4) можно сделать вывод о том, что на часовой расход топлива при одном и том скоростном и нагрузочном режиме работы одного и того же дизельного двигателя при применении смесовых топлив влияние оказывает теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг смесового топлива. Видно, что чем меньшее количество воздуха необходимо для полного сгорания 1 кг смесового топлива, тем больше будет расход топлива.

Теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг смесового топлива можно определить:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O \right), \quad (7)$$

где $\frac{1}{0,23}$ – количество воздуха, содержащего 1 кг кислорода, кг;

$\frac{8}{3}$ – количество кислорода для полного сгорания 1 кг углерода, кг;

C – массовая доля углерода в 1 кг смесового топлива, кг;

8 – количество кислорода для полного сгорания 1 кг водорода, кг;

H – массовая доля водорода в 1 кг смесового топлива, кг;

O – массовая доля кислорода в 1 кг смесового топлива, кг;

Элементный состав жидких смесовых топлив можно выразить:

$$\sum_{i=1}^n (C_i + H_i + O_i) m_i = 1, \quad (8)$$

где C_i – массовая доля углерода в 1 кг i -го компонента смеси, кг;
 H_i – массовая доля водорода в 1 кг i -го компонента смеси, кг;
 O_i – массовая доля кислорода в 1 кг i -го компонента смеси, кг;
 m_i – масса i -го компонента в смеси;
 n – количество компонентов в смеси, шт.

Тогда массовую долю углерода в 1 кг смесового топлива можно найти:

$$C = \sum_{i=1}^n C_i m_i. \quad (9)$$

Массовая доля водорода в 1 кг смесового топлива определится:

$$H = \sum_{i=1}^n H_i m_i. \quad (10)$$

Массовую долю кислорода в 1 кг смесового топлива найдем:

$$O = \sum_{i=1}^n O_i m_i. \quad (11)$$

После подстановки (9), (10) и (11) в (7) получим:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} \sum_{i=1}^n C_i m_i + 8 \sum_{i=1}^n H_i m_i - \sum_{i=1}^n O_i m_i \right). \quad (12)$$

Из полученного выражения видно, что чем больше массовая доля водорода в 1 кг смесового топлива и чем меньше массовая доля кислорода в 1 кг смесового топлива тем большее количество воздуха потребуется для сгорания 1 кг смесового топлива.

Конечное выражение для определения часового расхода топлива при работе дизеля на различных составах смесового топлива с учетом выражения (12) выглядит:

$$G_T = \frac{30 V_h \ln \rho_k \eta_v}{\frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} \sum_{i=1}^n C_i m_i + 8 \sum_{i=1}^n H_i m_i - \sum_{i=1}^n O_i m_i \right) \alpha}. \quad (13)$$

Анализ выражения (13) показал, что в значительной мере на часовой расход топлива будет оказывать состав смесового топлива, в котором наличие массовой доли водорода будет максимально, а кислорода минимально.

Таким образом, представленные теоретические предпосылки позволяют определить оптимальный вид и концентрацию жидких альтернативных топлив, входящих в состав смесовых топлив.

Так, например, в состав рапсового масла входят одно- и двухосновные предельные и непредельные жирные кислоты. Наибольшее присутствие из них имеют: пентадекановая, пальмитиновая, пальмитолеиновая, маргариновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая,

арахиновая, эйкозеновая, бегеновая [13]. В связи с этим применение различных сортов рапсовых масел и их концентраций в смесевом топливе будет также оказывать влияние на часовой расход топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – С. 68.
2. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – С. 133.
3. Плотников, С. А. Определение влияния топливных присадок на кинематическую вязкость смесового топлива / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, И. С. Козлов // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018): сб. статей XVIII Всерос. науч.-практ. конф.: в 3 т. / Вятский государственный университет. – 2018. – С. 766–771.
4. Плотников, С. А. Определение влияния компонентного состава топливной смеси на кинематическую вязкость / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, И. С. Козлов // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018): сб. статей XVIII Всерос. науч.-практ. конф.: в 3 т. / Вятский государственный университет. – 2018. – С. 759–765.
5. Плотников, С. А. Улучшение смесей дизельного топлива с рапсовым маслом для использования в тракторных дизелях / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, П. Н. Черемисинов // Двигателестроение. – 2017. – № 4 (270). – С. 21–24.
6. Плотников, С. А. Недостатки применения топлив на основе рапсового масла в дизельных двигателях / С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 4–1 (15–1). – С. 97–101.
7. Карташевич, А. Н. Оптимизация параметров топливоподачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 3 – С. 13–16.
8. Плотников, С. А. Влияние присадок на кинематическую вязкость топлив на основе рапсового масла / С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов // Общество, наука, инновации (НПК-2016): сб. статей; 2-е изд., испр. и доп. / Вятский государственный университет. – 2016. – С. 1378–1382.
9. Карташевич, А. Н. Применение топлив на основе рапсового масла в тракторных дизелях / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка. – Киров: Типография «Авангард», 2014. – С. 144.
10. Плотников, С. А. Определение оптимальных регулировок системы топливоподачи двигателя 4ч 11,0/12,5 при работе на смесях рапсового масла с дизельным топливом / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, П. Н. Черемисинов // ОБЩЕСТВО. НАУКА. ИННОВАЦИИ (НПК-2017): сб. статей Всерос. ежегод. науч.-практ. конф. / Вятский государственный университет. – 2017. – С. 1841–1847.
11. Определение эксплуатационных показателей трактора «Беларус-922» при работе на смесевом топливе / С. А. Плотников [и др.] // Вестник Мордовского университета. – 2018. – Т. 28. – № 3. – С. 445–459.
12. Plotnikov, S. A. Analysis of pre-heated fuel combustion and heat-emission dynamics in a diesel engine / S. A. Plotnikov, A. N. Kartashevich, S. V. Buzikov // Journal of Physics: Conference Series (см. в книгах). – 2018. – Т. 944. – С. 012089.
13. Плотников, С. А. Исследование моторных свойств рапсового масла / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, И. С. Козлов // Общество. Наука. Инновации (НПК-2017): сб. статей Всерос. ежегод. науч.-практ. конф. / Вятский государственный университет. – 2017. – С. 1808–1816.