

А. П. Поляков, д. т. н. проф.; К. В. Аббе Нгаяхи; А. А. Галушак; Д. А. Галушак

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОДА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА РАБОТУ НА БИОДИЗЕЛЬНОМ ГОРЮЧЕМ

Представлены результаты критериальной оценки технико-экономических и экологических показателей дизельного двигателя при переводе его на работу на биодизельном горючем. Обоснована важность выбора критериев для сравнительной оценки качества и эффективности работы дизельного двигателя на дизельном и биодизельном горючих.

Ключевые слова: биодизельное горючее, технико-экономические и экологические показатели.

Вступление

Постановка проблемы. Проблема использования альтернативных источников энергии из возобновляемого сырья становится все более актуальной для современного общества как в связи с энергетическим кризисом, так и состоянием экологии [1]. С 90-х годов прошлого столетия в мире начали широко использовать биодизельное горючее в качестве горючего для дизельных двигателей. С экологической и экономической точки зрения биодизельное горючее имеет ряд преимуществ по сравнению с обычным дизельным горючим, среди которых можно отметить меньшую токсичность отработанных газов, довольно высокое цетановое число и хорошую смазывающую способность. Однако при прямом использовании биодизельного горючего в обычном дизельном двигателе возникают эксплуатационные проблемы из-за изменения технико-экономических характеристик двигателя за счет высокой вязкости биодизельного горючего, невысокого значения низшей теплотворной способности горючего и более высокой температуры воспламенения по сравнению с обычным дизельным горючим.

Для проведения сравнительной оценки показателей работы дизельного двигателя на дизельном и биодизельном горючих, а также оценки эффективности его работы при переводе на биодизельное горючее необходимо выбрать критерии оценки технических, экономических и экологических показателей дизельного двигателя.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросу оценки эффективности работы двигателей внутреннего сгорания при переводе их на альтернативные горючие посвящено ряд научных исследований [2 – 6]. Анализ этих работ позволил определить характер рабочего процесса дизельного двигателя при переводе его на биодизельное горючее. В материалах [2, 3] показано, что при использовании чистого биодизельного горючего наблюдается падение эффективной мощности дизельного двигателя на 10 – 20%, увеличение расхода горючего и количества выбросов оксидов азота NOx.

В работах [4, 5] рассмотрено влияние применения биодизельного горючего из пальмового масла на эффективность работы дизельного двигателя, а в работе [6] показаны результаты влияния разных видов биодизельных горючих на количество и качество отработанных газов. Результаты этих экспериментов показали, что при применении биодизельного горючего в качестве горючего для дизельного двигателя, наблюдается снижение мощности, снижение крутящего момента и увеличение расхода горючего. Следует также отметить, что эффективность работы дизельного двигателя при переводе на биодизельное горючее зависит от процента содержания этого горючего в горючей смеси, а также от режимов работы [6]. Особое внимание в работах обращается на показатели дизельного двигателя при переводе его на биодизельное горючее. Для проведения

сравнительного анализа технико-экономических и экологических показателей дизельного двигателя при переводе его на работу на биодизельном горючем необходимо выбрать оценочные критерии.

Постановка задач. Данная работа имеет целью выбор и обоснование критериев оценки качества и эффективности работы дизельного двигателя при переводе его на биодизельное горючее, а также проведение анализа влияния такого перевода на основные показатели двигателя по этим критериям.

Материалы и результаты исследования. Главными параметрами, позволяющими оценить качество горючего, являются его физико-химические свойства. В табл.1 приведено сравнение физико-химических свойств дизельного горючего D2 с эфиром пальмового масла, использующегося как биодизельное горючее [7, 8].

Таблица 1

Физико-химические свойства дизельного и биодизельного горючего

Горючее	Цетановое число	Средняя теплота сгорания, $K_J/K_{\text{г}}$	Кинематическая вязкость, 40°C , $\text{мм}^2/\text{с}$	Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$	Температура помутнения горючего, $^{\circ}\text{C}$	Наименьшая температура испарения, $^{\circ}\text{C}$
D2	47-55	45300-46700	1,9 – 3,8	(-17) – (-8)	(-36) – (-30)	52 – 77
Эфир пальмового масла	56,2	39070	4,5 (37,8 $^{\circ}\text{C}$)	8	6	193

Выбор критериев основывался на оценке влияния перевода дизельного двигателя на биодизельное горючее на его технико-экономические и экологические показатели. При этом учитывалось влияние физико-химических свойств биодизельного горючего на каждый из показателей двигателя.

Анализ результатов проведенных исследований [9] позволил выделить основные критерии, определяющие эффективность рабочего процесса дизельного двигателя, и установить требуемый диапазон их значений. Для определения результатов влияния перевода дизельного двигателя на работу на биодизельном горючем выбраны следующие критерии: мощность и КПД двигателя, долговечность и надежность его деталей, экономичность и допустимое количество выбросов вредных веществ в отработанных газах.

На основе практических и теоретических работ [2, 3] критерии были разделены на экономические, технические и экологические.

Экономические критерии.

Определение необходимой массы горючего, поступающего в цилиндры двигателя, при сохранении значения коэффициента полезного действия осуществляется по формуле:

$$m_e = \frac{P \cdot b_0 \cdot 33,33}{n \cdot z}, \text{ мг/ход} \quad (1)$$

где P – мощность двигателя, кВт; b_0 – удельный эффективный расход горючего двигателя, г/кВт·ч; n – частота вращения коленчатого вала, мин^{-1} ; z – число цилиндров.

При этом цикловая подача горючего определяется по формуле:

$$Q_H = \frac{P \cdot b_0 \cdot 1000}{30 \cdot n \cdot z \cdot \rho}, \text{ мм}^3/\text{ход}, \quad (2)$$

где ρ – плотность горючего.

Анализ формул (1) и (2) позволяет отметить, что мощность двигателя обратно пропорциональна объемному расходу горючего и прямо пропорциональна плотности горючего.

Из теории двигателей известно, что удельный расход горючего рассчитывается по

формуле:

$$b_0 = \frac{3600}{\eta_i \cdot h_i}, \text{ г/кВт}\cdot\text{год}, \quad (3)$$

где η_i – индикаторный коэффициент полезного действия двигателя; h_i – низшая теплотворная способность горючего, кДж/г.

Из этого выражения следует, что с уменьшением низшей теплотворной способности горючего, увеличивается удельный расход горючего и уменьшается получаемая от двигателя мощность. Исследования [2] показали, что при использовании биодизельного горючего его объемный расход приблизительно на 10% больше, чем при использовании обычного дизельного горючего. Следовательно, для сохранения неизменным КПД при переводе дизельного двигателя на работу на биодизельном горючем необходимо увеличивать удельный эффективный расход и цикловую подачу горючего.

Использование биодизельного горючего в качестве горючего для дизельных двигателей незначительно влияет на надежность элементов конструкции двигателя. Необходимо отметить, что возможно образование продуктов коксования в форсунках и отложения в цилиндрах двигателя, что снижает срок его эксплуатации [10]. Однако этот вопрос требует дальнейшего исследования.

Технические показатели.

Согласно формуле (3), при переводе дизельного двигателя на работу на биодизельном горючем увеличивается удельный расход горючего за счет меньшей низшей теплотворной способности горючего, что непосредственно приводит к уменьшению получаемой от двигателя мощности. Это означает, что для получения необходимой мощности необходимо использовать большее количество горючего.

Скоростные (зависимости мощности, крутящего момента, расхода горючего от числа оборотов) и нагрузочные (зависимости часового и удельного расходов от мощности и крутящего момента) характеристики двигателя при переводе на биодизельное горючее могут снизиться за счет большего расхода горючего, меньшего значения низшей теплотворной способности горючего, чем у обычного дизеля, большой вязкости биодизельного горючего, проблемы с горением за счет высокой точки воспламенения биодизельного горючего.

Экологические критерии.

Использование биодизельного горючего снижает выброс вредных веществ в отработанных газах дизельного двигателя. Однако некоторые экспериментальные данные [2] показали, что при использовании биодизельного горючего, повышается количество выбросов оксидов азота NOx. Биодизельное горючее имеет более высокие значения плотности и вязкости по сравнению с обычным дизельным горючим, что может привести к его недогоранию. При этом может повыситься дымность двигателя.

В табл. 2 приведены результаты анализа технико-экономических и экологических критериев дизельного двигателя при переводе его на работу на биодизельном горючем.

Таблица 2

Технико-экономические и экологические критерии эффективности дизельного двигателя при переводе его на работу на биодизельном горючем

Показатели	Анализ влияния перевода дизельного двигателя на работу на биодизельном горючем
Экономические	
Расход горючего	Удельный расход горючего возрастает
Эффективный КПД	Возможное падение эффективного КПД
Цикловая подача горючего	Возможное падение цикловой подачи горючего
Технические	
Мощность	Возможное падение мощности дизеля

Тягово-скоростные характеристики	Возможное снижение тягово-скоростных характеристик
Максимальный крутящий момент	Возможное уменьшение максимального крутящего момента
Надежность	Возможное снижение надежности деталей
Экологические	
Степень токсичности и дымности отработанных газов	Экологические показатели дизеля улучшаются, снижаются выбросы вредных веществ (выбросы CO уменьшаются на 12%, CnHm -35%, сажи -50%), однако повышается количество выбросов оксидов азота NOx и возможно увеличение дымности вследствие неполного сгорания горючего

После выбора основных критериев оценки эффективности работы дизеля при переводе его на биодизельное горючее можно провести сравнительный анализ целесообразности использования биодизельного горючего как альтернативного горючего для дизельного двигателя. Нужно отметить, что эти критерии позволяют оценить изменения всех показателей работы дизельного двигателя при переводе его на биодизельное горючее в процессе эксплуатации.

Вывод

В работе представлены результаты анализа влияния перевода дизельного двигателя на биодизельное горючее на его технико-экономические и экологические показатели. Определены критерии качественной оценки степени влияния применения биодизельного горючего на показатели дизельного двигателя и проведен анализ влияния перевода дизельного двигателя на работу на биодизельном горючем по этим критериям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев Р. Г. Перспективы развития производства биотоплива в России. Сообщение 1: биодизель / Р. Г. Васильев // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю. А. Овчинникова. – 2007. – Т. 3. – № 1. – С. 47 – 54.
2. Demirbas Ayhan. Biodiesel A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engine / Ayhan Demirbas. – London: Springer-Verlag London Ltd., 2008. – 208 p.
3. Knothe Gerhard. The Biodiesel Handbook (Jon Van Gerpen, Jürgen Krah) / Gerhard Knothe. – Champaign, Illinois: AOCS Press, 2005. – 302 p.
4. An Experimental Study on Diesel Engine Performances Using Crude Palm Oil Biodiesel : (Mechanical Engineering. The 2nd Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)” 21 – 23 November 2006, Bangkok, Thailand) Hendra Wijaksana, B. W. Gusti Kusuma. [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://www.jgsee.kmutt.ac.th/see1/cd/file/C-008.pdf>.
5. Power and Torque Characteristics of Diesel Engine Fuelled by Palm-Kernel Oil Biodiesel. Oguntola J Alamu, Ezra A Adeleke, Nurudeen O. Adekunle, Salam O. Ismaila. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://ijs.academicdirect.org/A14/066_073.pdf.
6. Experimental Study of DI Diesel Engine Performance Using Three Different Biodiesel Fuels. J. Patterson, M. G. Hassan, A. Clarke, G. Shama, K. Hellgardt and R. Chen. 2005 SAE International [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://www.biofuel-uk.net/loughboroughuniversitybiodiesel.pdf>
7. Biodiesel: The Use of Vegetable Oils and Their Derivatives as Alternative Diesel Fuels. Gerhard Knothe, Robert O. Dunn, Marvin O. Bagby [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.biodieselgear.com/documentation/VegetableOilsAsAlternativeDieselFuels.pdf>.
8. Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union. Bozbas Kahraman. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.rms.lv/bionett/Files/File/BioD-2005-101%20Biodiesel%20in%20the%20EU.pdf>.
9. Буралев Ю. В. Устройства, обслуживание и ремонт топливной аппаратуры автомобилей: учебник для сред. ПТУ : 3-е изд., перераб. и доп. / Ю. В. Буралев, О. А. Мартиров, Е. В. Кленников. – М.: Высш. шк., 1987. – 288 с.
10. Шульман Р. Ф. Энергосберегающая энциклопедия биотопливных технологий и альтернативных источников энергии / Р. Ф. Шульман. – 2006. – С. 313.

Поляков Андрей Павлович – д. т. н., профессор, декан факультета автомобилей и их ремонта и восстановления.

Нзаяхи Аббе Клод Валери – аспирант кафедры АТМ.

Галушак Дмитрий Александрович – ст. гр. 1АТ-11.

Галушак Александр Александрович – ст. гр. 1АТ-11
Винницкий национальный технический университет.