

ОБОСНОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА ПЕРЕД ВПРЫСКОМ В ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Вячеслав Чуба

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Ул. Героев Обороны, 15, г. Киев, Украина. E-mail: engmech_centre@twin.nauu.kiev.ua*

Viacheslav Chuba

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Str. Heroiv Oborony, 15, Kiev, Ukraine. E-mail: engmech_centre@twin.nauu.kiev.ua*

Аннотация. Обосновано эффективную температуру нагрева дизельного биотоплива перед его впрыском в цилиндр дизельного двигателя внутреннего сгорания на основе минимизации его удельного расхода топлива при различной нагрузке. Для проверки адекватности полученных результатов выполнена проверка низшей теплотворной способности дизельного топлива и дизельного биотоплива, путем сжигания образцов топлива, которое использовалось во время проведения экспериментов в калориметрической бомбе. Исследования показали, что низшая теплотворная способность дизельного биотоплива меньше на 8,25 %, чем у дизельного топлива, что подтверждает адекватность полученных данных при проведении производственных испытаний работы трактора КИИ-14102. В результате проведенных исследований установлено, что нагрев дизельного биотоплива перед впрыском топлива в двигатель внутреннего сгорания целесообразно осуществлять в температурном диапазоне от 115 °С до 120 °С. Проведенные производственные испытания работы подтверждают эффективность применения полученного температурного диапазона нагрева дизельного биотоплива перед впрыском в цилиндр двигателя.

Ключевые слова: дизельное биотопливо, нагрев топлива, удельный расход топлива.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Современные научные исследования направлены на поиск путей эффективного

производства дизельного биотоплива из альтернативных сырьевых источников, таких как биомасса водорослей, животные и вторичные растительные жиры [16, 17, 11, 15]. Однако остаются нерешенными вопросы, связанные с использованием дизельного биотоплива в чистом виде, которые в первую очередь заключаются в различиях физико-химических свойств дизельного биотоплива и дизельного топлива.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Основные проблемы при использовании дизельного биотоплива в чистом виде вызваны высокой вязкостью данного типа топлива, его высокой предельной температурой фильтрации, агрессивным воздействием на резино-технические изделия, а также достаточно низкой окислительной стабильностью [18, 19]. Высокие показатели кинематической вязкости и плотности дизельного биотоплива по сравнению с дизельным топливом, вызывают увеличение среднего диаметра капель впрыскиваемого топлива, рост длины и уменьшение угла распыления впрыскиваемого факела топлива, что приводит к нарушению смесеобразования и уменьшения полноты сгорания дизельного биотоплива [3, 2, 4, 8, 12, 1, 5]. Наиболее эффективным способом повышения эксплуатационных показателей работы дизельного двигателя, является обеспечение уменьшения кинематической вязкости дизельного биотоплива за счет применения предварительного подогрева [6, 13, 9, 10, 14,

ОБОСНОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА ПЕРЕД ВПРЫСКОМ В ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

7]. Выполнены стендовые исследования влияния предварительного нагрева дизельного биотоплива до температур 30 °С, 60 °С, 90 °С и 120 °С на эксплуатационные характеристики работы двигателя [7], показали, что при нагреве до 90 °С происходит уменьшение часового расхода топлива и улучшение экологических показателей работы дизельного двигателя. При применении нагрева топлива до 120 °С зафиксировано увеличение потерь топлива через зазоры плунжерных пар топливного насоса высокого давления.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Определить эффективную температуру нагрева дизельного биотоплива перед его подачею в двигатель внутреннего сгорания.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для исследования влияния температуры нагрева дизельного биотоплива на эксплуатационные показатели работы дизельного двигателя нами была разработана и реализована схема двухступенчатого подогрева дизельного биотоплива (рис. 1: 1 - топливный бак дизельного биотоплива; 2 - теплообменник; 3 - фильтр грубой очистки; 4 - подкачивающих насосов; 5 - фильтр тонкой очистки; 6 - топливный насос высокого давления; 7 - топливопроводы высокого давления; 8 - нагревательная камера; 9 - форсунки двигателя; 10 - двигатель; 11 - блок контроля температуры; 12 - топливный бак дизельного топлива; 13 - топливный кран баке дизельного топлива, 14 - топливный кран баке дизельного биотоплива).

При использовании предложенной системы подогрева дизельного биотоплива, осуществляется начальный подогрев дизельного биотоплива в топливном баке, для обеспечения его фильтрации, а затем осуществляется последующий более высокий нагрев топлива после топливного насоса высокого давления на линии топливопроводов высокого давления, позволяет нивелировать влияние температуры топлива на работу топливного насоса высокого давления.

В результате проведения серии стендовых испытаний работы двигателя Д-65Н получено экспериментальную зависимость влияния температуры нагрева дизельного биотоплива на удельные расходы топлива при различной нагрузке двигателя (рис. 2).

Анализ зависимостей (рис. 2) показывает, что с увеличением температуры нагрева удельный расход топлива постепенно снижается и достигает своего минимального значения соответственно: 318 г/(кВт ч) при нагрузке двигателя 37 кВт; 329 г/(кВт ч) при нагрузке двигателя 28 кВт и 386 г/(кВт ч) при нагрузке двигателя 19 кВт в температурном диапазоне от 115 до 120 °С.

Анализ зависимостей (рис. 2) показывает, что с увеличением температуры нагрева удельный расход топлива постепенно снижается и достигает своего минимального значения соответственно: 318 г/(кВт ч) при нагрузке двигателя 37 кВт; 329 г/(кВт ч) при нагрузке двигателя 28 кВт и 386 г/(кВт ч) при нагрузке двигателя 19 кВт в температурном диапазоне от 115 до 120 °С.

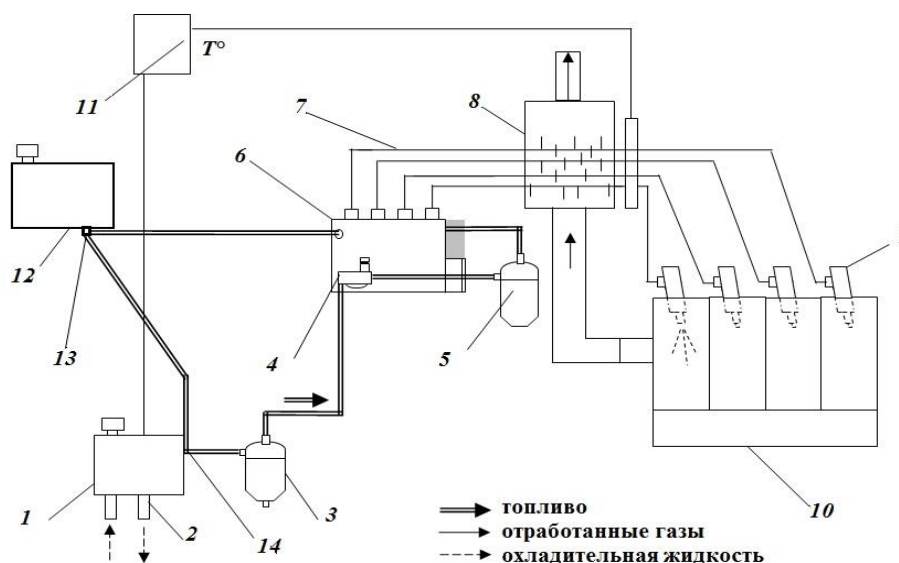


Рис. 1. Схема двухступенчатого подогрева дизельного биотоплива

Fig. 1. Schematic of the two-stage heating biodiesel

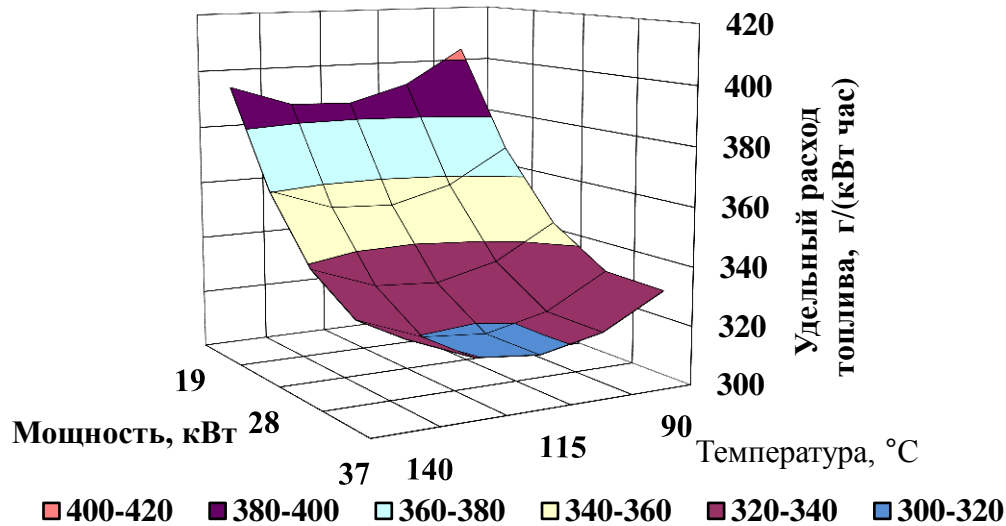


Рис. 2. Зависимость удельного расхода дизельного биотоплива от температуры топлива перед впрыском и загрузки двигателя

Fig. 2. Dependence of specific consumption of biodiesel on the temperature of the fuel before injection and engine load

Следует отметить, что характер изменения зависимостей удельного расхода топлива от температуры нагрева топлива, при соответствующих нагрузках двигателя схожий, значение температуры нагрева топлива, при которой достигается минимальный расход топлива, находится в диапазоне от 115 °С до 120 °С (рис. 3).

При применении нагрева дизельного топлива в температурном интервале от 90 до 120 °С происходит снижение вязкости топлива впрыскивается, как следствие, происходит улучшение характеристик впрыска (увеличивается угол распыла топлива, уменьшается дальность факела, уменьшается диаметр капель распыла), что приводит к улучшению полноты сгорания топлива и уменьшения удельного расхода топлива. При нагреве топлива более 125 °С происходит дальнейшее снижение вязкости топлива и, как следствие, чрезмерное уменьшение диаметра капель при распылении топлива, что приводит к уменьшению дальности факела, уменьшению турбулентных завихрений топливо-воздушной смеси в цилиндре, образование зон с чрезмерной концентрацией топлива и недостаточным количеством воздуха. В этих зонах уменьшается скорость горения топлива и полнота его сгорания, как следствие -

происходит увеличение удельного расхода топлива. Негативное влияние уменьшения диаметра капель во время распыления на процесс сгорания топлива отмечено также в работах [20, 21].

Для подтверждения полученного температурного диапазона нагрева дизельного биотоплива выполнена производственную проверку работы машинно-тракторных агрегатов на базе тракторов ЮМЗ-6АКЛ с двигателем Д-65Н и КИЙ-14102 с двигателем Д-245 при выполнении ими технологических операций сельскохозяйственного производства с соблюдением выбранного диапазона нагрева топлива (табл. 1 и табл. 2).

Анализ полученных результатов работы МТА на базе трактора ЮМЗ-6 АКЛ (табл. 1) показал, что при выполнении технологической операции сплошной культивации почвы при работе на дизельном биотопливе зафиксировано увеличение расхода топлива на 17,7 % по сравнению с расходом топлива на дизельном топливе. Применение нагрева дизельного биотоплива до температурного диапазона 110-125 °С позволило уменьшить расход топлива на 7,5 %. На исполнении технологической операции прикатывание посевов расход дизельного биотоплива увеличился на 18,2 %, а применение нагрева дизельного

ОБОСНОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА ПЕРЕД ВПРЫСКОМ В ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

биотоплива до температуры 100–110 °С уменьшило расход топлива на 4,7 %, однако следует отметить, что оптимального температурного диапазона нагрева дизельного биотоплива достичь не удалось.

Анализ полученных результатов (табл. 2) показывает, что перерасход дизельного биотоплива по сравнению с дизельным топливом составил при выполнении вспашки 8,58 %, а при дисковании - 9,02 %.

В большинстве случаев низшую теплоту сгорания дизельного биотоплива принимают на уровне 37,5 МДж/кг [22, 23], однако она может существенно отличаться, поэтому низшую теплоту сгорания дизельного биотоплива необходимо определять в каждом конкретном случае отдельно.

Для проверки адекватности полученных результатов выполнена проверка низшей теплотворной способности дизельного топлива и дизельного биотоплива, путем сжигания образцов топлива, которое

использовалось во время проведения экспериментов в калориметрической бомбе. Исследования показали, что низшая теплотворная способность дизельного биотоплива меньше на 8,25 %, чем у дизельного топлива, что подтверждает адекватность полученных данных при проведении производственных испытаний работы трактора КИЙ-14102.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследования установлено, что нагрев дизельного биотоплива перед впрыском топлива в двигатель внутреннего сгорания целесообразно осуществлять в температурном диапазоне от 115 °С до 120 °С. Проведенные производственные испытания работы подтверждают эффективность применения полученного температурного диапазона нагрева дизельного биотоплива перед впрыском в цилиндр двигателя.

Таблица 1. Эксплуатационный расход топлива МТА базе трактора ЮМЗ-6АКЛ

Table 1. Operating fuel tractor units based tractor UMZ-6AKL

Вид операции	Тип топлива			Перерасход дизельного биотоплива, %
	Дизельное топливо	Дизельное биотопливо		
	Расход топлива, кг/га	Температурный диапазон нагрева, °С	Расход топлива, кг/га	
Сплошная культивация: ЮМЗ-6АКЛ + КПС-4	5,2	60–65	6,12	17,69
		110–125	5,69	9,4
Прикатывание посевов: ЮМЗ-6АКЛ + ЗККШ-6	1,43	40–55	1,69	18,18
		100–110	1,61	12,58

Таблица 2. Эксплуатационный расход топлива МТА базе трактора КИЙ-14102

Table 2. Operational fuel tractor units based tractor KIU-14102

Вид операции	Тип и расход топлива, кг/га		Перерасход дизельного биотоплива, %
	Дизельное топливо	Дизельное биотопливо	
Оранка: КИЙ-14102 + PRO-3	15,85	17,21	8,58
Дискование: КИЙ-14102 +БДВ-3	5,74	6,258	9,02
Посев: КИЙ-14102 + Great Plains-1,5	8,7	9,8	12,64

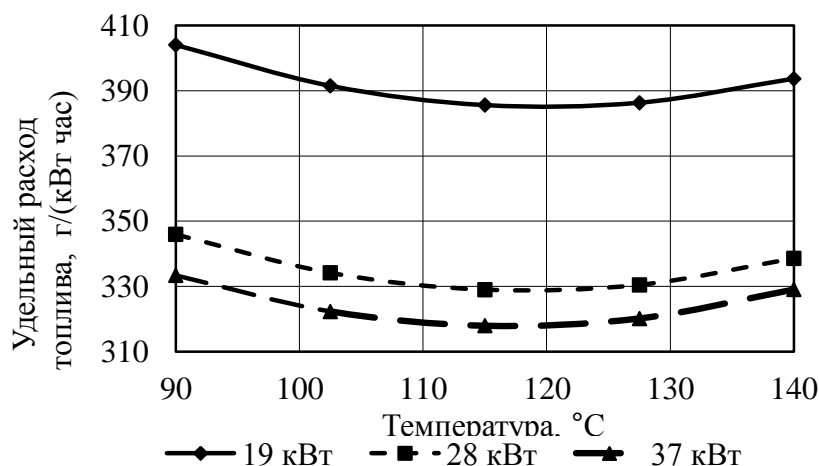


Рис. 3. Зависимость удельного расхода топлива от температуры нагрева при соответствующем нагрузке двигателя

Fig. 3. The dependence of the specific fuel consumption of the heating temperature at the appropriate engine load

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Alptekin E. 2009.** Characterization of the key fuel properties of methyl ester–diesel fuel blends / E. Alptekin, M. Canakci // *Fuel*. – Vol. 88(1). – 75–80.
- An experimental 2012.** investigation into biodiesel stability by means of oxidation and property determination / M Shahabuddin, M. Kalam, H. Masjuki [and other] // *Energy*. – Vol. 44(1). – 616–622.
- Demirbas A. 2006.** Biodiesel production via non-catalytic SCF method and biodiesel fuel characteristics / A. Demirbas // *Energy Conversion and Management*. – Vol. 47(15). – 2271–2282.
- Gumus M. A. 2010.** Comprehensive experimental investigation of combustion and heat release characteristics of a biodiesel (hazelnut kernel oil methyl ester) fueled direct injection compression ignition engine / M. A. Gumus // *Fuel*. – Vol. 89(10). – 2802–2814.
- Heilig A. 2011.** Spray Analysis and Comparison of Diesel and Biodiesel-Methanol Blends / A. Heilig, M. Kaiser, F. Dinkelacker // *ILASS – Europe 2011: 24th Annual Conference on Liquid Atomization and Spray Systems*. – Estoril. – 63–67.
- Karabektas M. 2009.** The effects of turbocharger on the performance and exhaust emissions of a diesel engine fuelled with biodiesel / M. Karabektas // *Renewable Energy*. – Vol. 34(4). – 89–93.
- Karabektas M. 2008.** The effects of preheated cottonseed oil methyl ester on the performance and exhaust emissions of a diesel engine / M. Karabektas, G. Ergen, M. Hosoz // *Applied Thermal Engineering*. – Vol. 28 (17). – 36–43.
- Lee C. S. 2005.** An experimental study on the atomization and combustion characteristics of biodiesel-blended fuels / C. S. Lee, S. W. Park, S. I. Kwon // *Energy Fuels*. – Vol. 19(5). – 2201–2208.
- Mittelbach M. 2001.** Long Storage Stability of Biodiesel Made from Rapeseed and Used Frying Oil / M. Mittelbach, S Gang // *JAOCS*. – Vol. 78. – 573–577.
- Performance 2008.** characteristics of a low heat rejection diesel engine operating with biodiesel / C. Hasimoglu, M. Ciniviz, I. Ozsert [and other] // *Renewable Energy*. – Vol. 33(7). – 09–15.
- Potential 2013.** of feedstock and catalysts from waste in biodiesel preparation / I Nurfitri, G. Pragas, N. Hindryawati [and other] // *Energy Conversion and Management*. – Vol. 74. – 395–402.
- Quantifying 2009.** the effects of biodiesel blend ratio, at varying ambient temperatures, on vehicle performance and emissions / C. D. Bannister, J. G. Hawley, H. M. Ali [and other] // *SAE Technical Paper Series*. – № 1. – 1893–2009.
- Selim M. 2009.** Reducing the viscosity of jojoba methyl ester diesel fuel and effects on diesel engine performance and roughness /

M. Selim // Energy Conversion and Management. – Vol. 50(7). – 1781–1788.

14. Sun X. 1994. Performance evaluation of low heat rejection engines / X. Sun, W. Wang, R. Bata // Transactions ASME. – 58–64.

15. Tan Y. H. 2015. The potential of waste cooking oil-based biodiesel using heterogeneous catalyst derived from various calcined eggshells coupled with an emulsification technique: A review on the emission reduction and engine performance / Y. H. Tan, M. O. Abdullah, C. N. Hipolito // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Vol. 47. – 589–603

16. Van Damme S. 2014. Comparison of Biodiesel Production Scenarios with Coproduction of Triacetin According to Energy and GHG Emissions./ S. Van Damme, S. Bram, F. Contino // Energy Procedia. – Vol. 61. – 1852–1859.

17. Shulyak M. L. 2012. Pidvy`shhennya efekty`vnosti mashy`nno-traktorny`x agregativ z vy`kory`stannyam biody`zel`ny`x paly`v: avtoref. dy`s. na zdobuttya nauk. stupenya kand. texn. nauk: specz. 05.05.11 «Mashy`ny` i zasoby` mexanizaciyi sil`s`kogospodars`kogo vy`rob-ny`cztva». – Xarkiv. – 20.

18. Semenov V. G. 2002. Analiz pokazny`kiv roboty` dy`zeliv na naftovy`x i al`ternaty`vny`x paly`vax rosly`nnogo poxodzhennya / V. G Semenov // Visny`k Nacional`nogo texnichnogo univerty`tetu «XPI»: Zbirka nauk. pracz`. Xarkiv: NTU «XPI». – # 3. – 177–197.

19. Dunn R. O. 2009. Effects of minor constituents on cold flow properties and performance of biodiesel / R. O. Dunn //Progress in Energy and Combustion Science. – Vol. 35. – 481–489.

20. Razlejev N.F. 1980. Modely`rovany`e y`opty`my`zacy`ya processa sgorany`ya v dy`zelyax. – Xar`kov: Vy`shha shkola. – 169.

21. Sharoglazov B. A. 2004. Dvy`gately`vnutrennego sgorany`ya: teory`ya, modely`rovany`e y` raschët processov: uchebny`k / B. A. Sharoglazov, M. F. Farafontov, V. V. Klement`ev // – Chelyaby`nsk: YuurGU. – 344.

22. Al`ternaty`vnye 2012. dy`zel`nye toply`va / V. Poly`shhuk, V. Dubrov`n, A. Poly`shhuk // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin. – T. 14. – 20–31.

23. Zaxarchuk V. 2010. By`ody`zel`noe toply`vo na osnove y`zopropy`lovых efy`rov rapsovogo masla / V. Zaxarchuk, V. Tkachuk // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin. – T. 12. – 188–193.

SUBSTANTIATION HEATING TEMPERATURE PRIOR TO INJECTION OF BIODIESEL IN DIESEL INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Summary. It is proved the effective temperature of heating of diesel biofuel before its injection in the cylinder of a diesel internal combustion engine on the basis of minimization its specific fuel consumption at various loading. For check of adequacy of the received results check of the lowest calorific ability of diesel fuel and diesel biofuel, by burning of samples of fuel which was used during experiments in a calorimetric bomb is executed. Researches showed that the lowest calorific ability of diesel biofuel is 8,25% less, than at diesel fuel that confirms adequacy of the obtained data when carrying out production tests of work of the KIY-14102 tractor. As a result of carried out researches it is established that it is expedient to carry out heating of diesel biofuel before injection of fuel in an internal combustion engine in the temperature range from 115 °C to 120 °C. The carried-out production tests of work confirm efficiency of use of the received temperature range of heating of diesel biofuel before injection in the engine cylinder.

Key words: biodiesel fuel, heating, fuel consumption.