

УДК 620.95

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ МТА ПРИ РОБОТІ НА ДИЗЕЛЬНОМУ БІОПАЛИВІ

Голуб Г. А., докт. техн. наук, професор

Чуба В. В., ст. наук. співроб.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел.: (044) 527-82-15

Визначено експлуатаційні параметри МТА при роботі на дизельному біопаливі та виконано виробничу перевірку системи підігріву палива для тракторних двигунів при виконанні польових робіт на дизельному біопаливі.

Проблема. Збільшення потреби суспільства в енергії та зменшення кількості мінеральних палив, підвищують зацікавленість спеціалістів до застосування моторних палив, одержаних з біологічної сировини. Україна відноситься до енергодефіцитних країн і може забезпечити свої потреби за рахунок власної нафти на 10–12 %, а за рахунок природного газу на третину, що створює загрозу енергетичній безпеці країни.

В структурі собівартості вирощування основних сільськогосподарських культур витрати на паливо складають найбільшу частку і вони перевищують сукупні витрати коштів на органічні та мінеральні добрива [1], тому впровадження в сільськогосподарському виробництві технологій з використанням відновлюваних палив, що виробляється з власної сировини є одним із напрямків зменшення витрат нафтового палива в сільському господарстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний час отримані позитивні результати використання олій на основі ріпаку, соняшнику, сої, арахісу, плодів пальм, бавовни та інших олійних культур і біопалив на їх основі, як моторного палива [2].

В травні 2003 року було затверджено Директиву ЄС 2003/30 «Про розвиток біопалива в країнах співдружності». Згідно з цією Директивою всі країни-члени ЄС до 2005 року мали збільшити використання біопалива для дизелів до 2 % від загальної кількості спожитого палива, а до 2010 року довести його використання до 5,75 %. Насамперед цей законодавчий акт був обумовлений просуванням ЄС до кращих екологічних стандартів. На виконання цієї Директиви Уряди країн-членів ЄС терміново розробили власні заходи по нарощуванню виробництва біопалива. Так, наприклад Франція, відвела 70 % своїх земель державного

резерву під культури для виробництва біологічного палива і створила з цією метою 27 тисяч нових робочих місць [3].

Дизельне біопаливо порівняно з паливом, яке одержане з нафти, має ряд переваг: не містить сірки; при потраплянні на ґрунт за 7 діб розкладається майже на 95 %, тоді як нафтове паливо лише на 16 % за цей самий період [4].

Одним з головних недоліків дизельного біопалива, одержаного шляхом етерифікації рослинних олій, є його висока кінематична в'язкість, що значно звужує температурний діапазон його використання. При цьому зменшується його прохідність по паливопроводах, погіршується процес сумішоутворення (під час розпилення утворюються великі краплини палива, що призводить до збільшення довжини факела, а також паливу потрібно більше часу на випаровування). Це призводить до неповного згоряння палива та інтенсивного утворення нагару на деталях циліндро-поршневої групи двигуна [5].

Результати попередньо проведених досліджень фізико-механічних властивостей чистого дизельного біопалива та його сумішей з дизельним паливом свідчать, що ефективний діапазон використання чистого дизельного біопалива знаходиться при температурі вищій плюс 15 °С, а сумішей – вищій плюс 10 °С [6].

Було також встановлено, що максимальна температура, до якої можливо здійснювати нагрівання палива залежить від конструкційних особливостей дизельного двигуна та будови застосованих форсунок, а її величина знаходиться в межах від 140 до 270 °С [7].

Мета досліджень: визначити експлуатаційні параметри МТА при роботі на дизельному біопаливі та виконати виробничу перевірку системи підігріву палива для тракторних двигунів при виконанні польових робіт на дизельному біопаливі.

Результати досліджень. На першому етапі підігрівання палива в паливопроводі низького тиску доцільно здійснювати до температури 30 °С з метою забезпечення його прогонності та фільтрування. Для визначення температури нагріву дизельного біопалива на другому етапі перед впорском в циліндр двигуна та вивчення його впливу на питому витрату палива при відповідному навантаженні двигуна, було проведено експериментальні дослідження за планом двофакторного експерименту Бокса-Бенкіна.

Експериментальні дослідження проводилися з використанням стенду КИ-5543 та трактора ПМЗ-6АКЛ з двигуном Д-65Н, обладнаним системою двостадійного підігріву палива. У відповідності з проведеними попередніми дослідженнями, був вибраний температурний діапазон підігріву палива в інтервалі від 90 до 140 °С при завантаженні двигуна в діапазоні від 19 до 37 кВт, що відповідає робочому діапазону потужності при найпоширеніших видах робіт на яких засто-

совують даний тип трактора. В якості критерію оцінювання впливу температури на експлуатаційні показники роботи двигуна було вибрано питому витрату палива. Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Інтервали та рівні варіювання досліджуваних факторів

Найменування фактора	Позначення		Рівні факторів			Інтервали варіювання
			-1	0	+1	
Температура нагріву палива перед впорском	T_{Π}	(X1)	90	115	140	25
Завантаження двигуна	$N_{ДВ}$	(X2)	19	18	37	9

За результатами проведених експериментів отримано математичну модель залежності питомої витрати палива від температури палива перед впорском і величини завантаження двигуна:

$$g_{\Pi} = 973,8 - 5,217T_{\Pi} - 20,268N_{ДВ} + 0,021T_{\Pi}^2 + 0,281N_{ДВ}^2 + 0,0067T_{\Pi}N_{ДВ}$$

де g_{Π} – питома витрата палива, г/кВт год.;

T_{Π} – температура палива перед впорском в циліндр двигуна, °С;

$N_{ДВ}$ – потужність завантаження двигуна, кВт.

Перевірка адекватності математичної моделі експериментальним даними за критерієм Фішера показала, що отриману модель можна вважати адекватною з 95 %-ною ймовірністю, так як $F_P = 4,3263$, що менше $F_T = 4,4957$.

Зі збільшенням температури палива та при зміні навантаження двигуна (рис. 1) питома витрата палива змінюється за параболічною функцією, яка має оптимум – мінімальне значення функції відгуку для досліджуваного діапазону температури і потужності знаходиться при температурі 117,4 °С і навантаженні 33,2 кВт. Отримана математична залежність дозволила змоделювати зміну питомих витрат палива в залежності від температури нагріву (рис. 2) та завантаження двигуна (рис. 3).

Аналіз залежностей (рис. 2) показує, що зі збільшенням температури нагріву питома витрата палива поступово знижується і досягає свого мінімального значення відповідно: 318 г/кВт год. при завантаженні двигуна 37 кВт; 329 г/кВт год. при завантаженні двигуна 28 кВт та 386 г/кВт год. при завантаженні двигуна 19 кВт при температурі близькій до 120 °С. При подальшому збільшенні температури нагріву відбувається поступове зростання витрати палива.

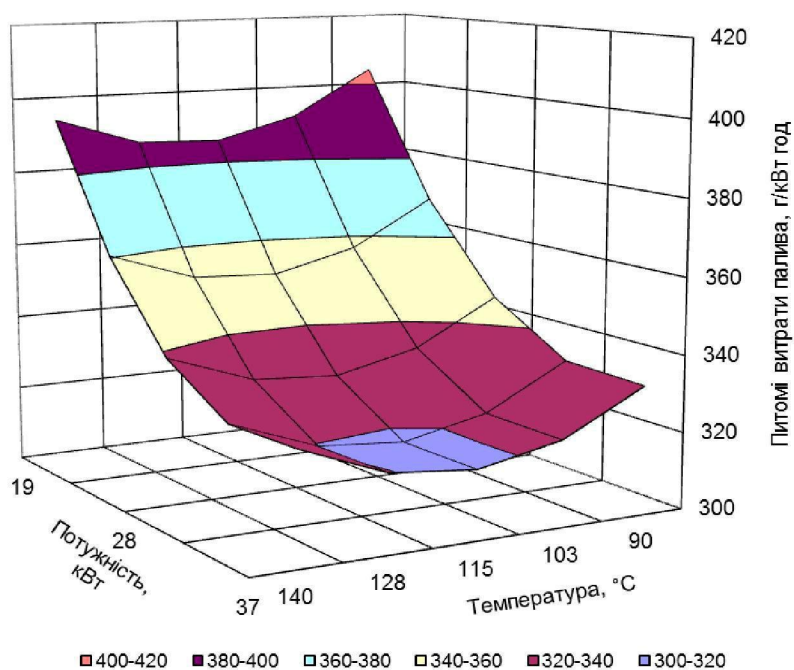


Рисунок 1 – Залежність питомої витрати палива від температури нагріву палива перед впорском та завантаження двигуна

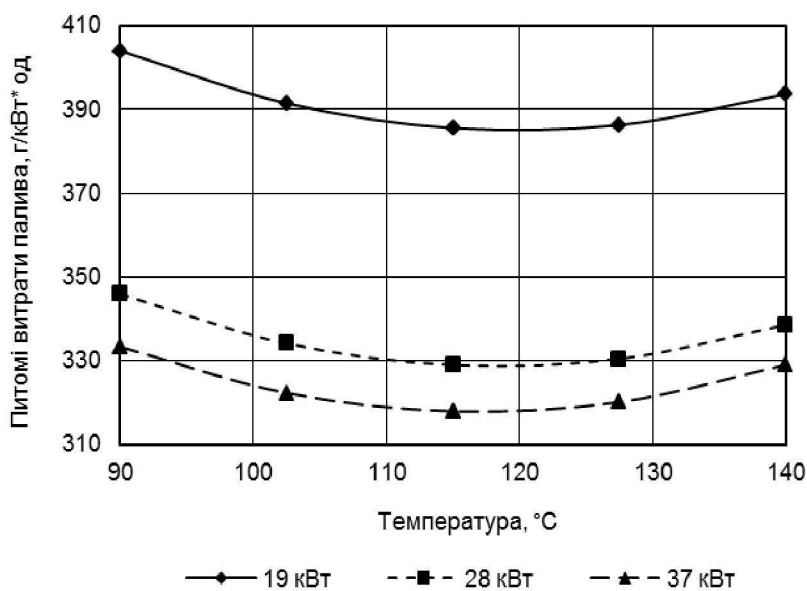


Рисунок 2 – Залежність питомої витрати палива від температури нагріву при відповідному навантаженні двигуна

Згідно загальноприйнятої теорії згорання палива [8–10], паливо в дизельних двигунах згорає в результаті перебігу складних процесів кінетичного та дифу-

зійного горіння. Розпилення палива, як імпульсного неоднорідного струменя в умовах дизеля, являє собою складний процес, який характеризується нестационарністю, складною динамікою розвитку факела палива й окремих крапель, неоднаковою структурою факела по довжині й перерізу, наявністю крапель палива різного діаметра, які перебувають у циліндрі в різні терміни часу, значною температурно-концентраційною неоднорідністю у зоні паливного факела [11].

При застосуванні нагріву дизельного палива до 120 °С, відбувається зниження в'язкості палива, що впорскується, як наслідок відбувається покращення характеристик впорску (збільшується кут розпилу палива, зменшується дальнобійність факелу, зменшується діаметр краплин розпилу [12, 13]), що призводить до покращення повноти згорання палива. Внаслідок цього зменшується питома витрата палива. При нагріві палива до температури понад 120 °С і подальшому зниженні в'язкості палива відбувається надмірне зменшення діаметра краплин розпилу, що призводить до зменшення далекобійності факелу, зменшення турбулентних завихрювань паливо-повітряної суміші в циліндрі, утворення зон з надмірною концентрацією палива та недостатньою кількістю повітря, в яких зменшується швидкість горіння палива та повнота його згорання. Наслідком цього є збільшення питомої витрати палива. Негативний вплив зменшення діаметру краплин під час розпилу на процес згорання палива відмічено також в роботах [14, 8]. Слід зазначити, що характер зміни залежностей питомої витрати палива від температури нагріву палива, при відповідних завантаженнях двигуна подібний, проте значення температури нагріву палива при якій досягається мінімальна витрата палива знаходиться в діапазоні від 115 °С до 120 °С, причому менше значення температури відповідає більшому завантаженню двигуна.

Аналіз показує, що питомі витрати палива зменшуються при збільшенні завантаження двигуна, найменші питомі витрати палива мають місце при завантаженні двигуна в межах від 32 до 34 кВт та температурі нагріву 115 °С (рис. 3). Характер зміни питомої витрати палива від навантаження обумовлений регуляторними характеристиками двигуна Д-65Н.

Для ефективного використання та збільшення температурного діапазону використання дизельного біопалива розроблено схему та виготовлено дослідний зразок системи двохступеневого підігріву дизельного біопалива (рис. 4), що дозволяє використовувати дизельне біопаливо при будь-яких значеннях температури навколишнього середовища та забезпечує його більш повне згорання, сприяє збільшенню строку експлуатації картерного масла двигуна, дає можливість використовувати чисту очищену олію для роботи двигуна.

При реалізації запропонованої схеми на тракторі Кий-14102 було внесено ряд змін в штатну систему паливоподачі, а саме об'єднано з паливного насоса високого тиску закорльовано на паливний фільтр тонкої очистки, а паливо для жив-

лення паливного насосу подавалося через запірний клапан зворотної дії, магістраль обратки зі штатного місця в основному паливному баку 12 з'єднана через паливний кран 13 з магістраллю подачі палива, яка в свою чергу з'єднана з паливним краном 14 баку дизельного біопалива, а вже звідти приєднана до фільтру грубої очистки палива.

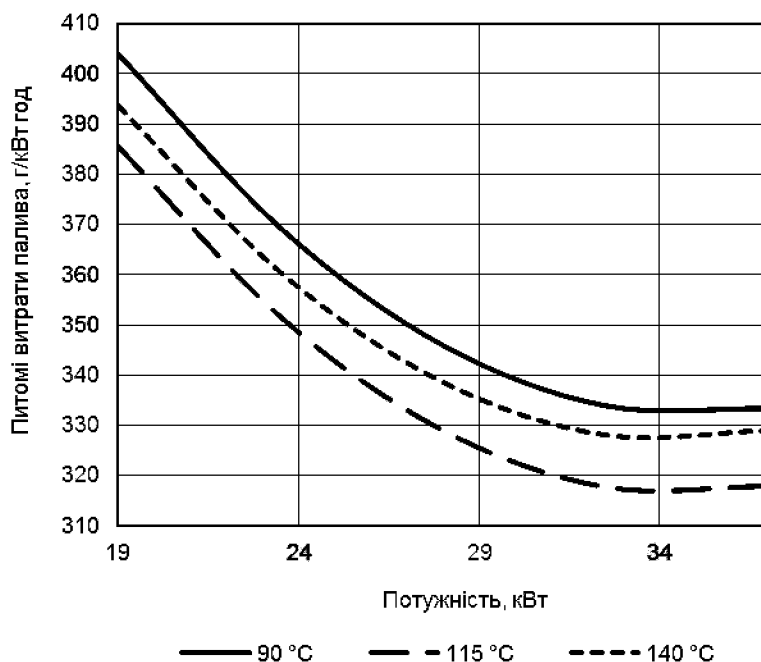
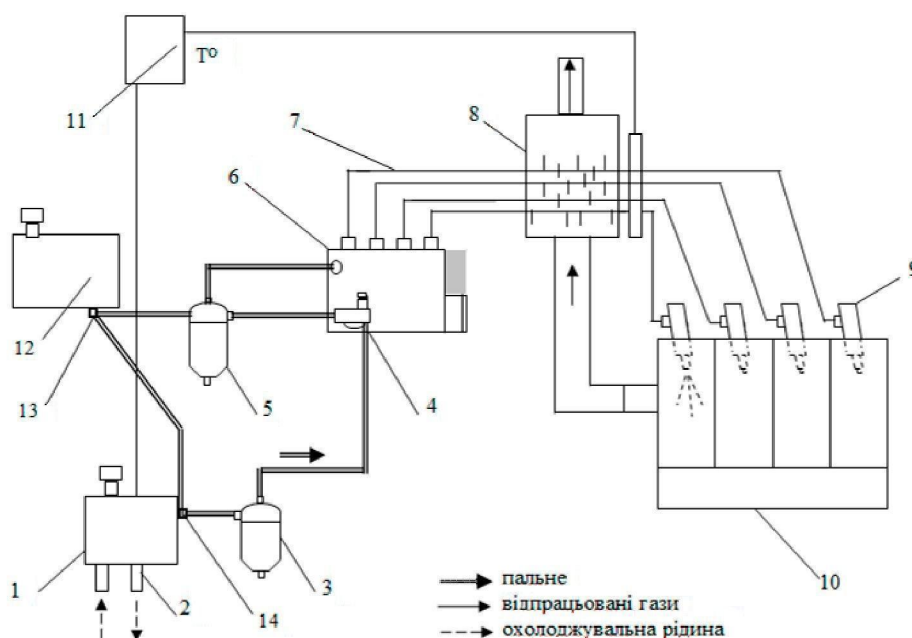


Рисунок 3 – Залежність питомої витрати палива від навантаження при відповідній температурі

Дана схема підключення дала змогу отримати кільце паливоподачі, тому при переході на дизельне біопаливо (кран 13 закритий, кран 14 відкритий), підігріте дизельне біопаливо (ДБП) попадає в магістраль паливоподачі, а при переході двигуна на живлення дизельним паливом (кран 14 закритий, кран 13 відкритий), магістраль повністю заповнюється дизельним паливом (ДП). Це дозволило вирішити проблему обігріву паливної магістралі дизельного біопалива в холодну пору року.

Виробничо-польові випробування системи температурної підготовки дизельного біопалива було проведено при виконанні технологічних операцій обробітку ґрунту трактором Кий-14102 (рис. 5).



1 – паливний бак дизельного біопалива; 2 – теплообмінник; 3 – фільтр грубого очищення; 4 – підкачувальний насос; 5 – фільтр тонкого очищення; 6 – паливний канал насоса високого тиску; 7 – паливопроводи високого тиску; 8 – нагрівальна камера; 9 – форсунки двигуна; 10 – двигун; 11 – блок контролю температури; 12 – основний паливний бак; 13 – паливний кран основного баку; 14 – паливний кран баку дизельного біопалива.

Рисунок 4 – Схема двохступеневого підігріву палива



Рисунок 5 – Трактор Кий-14102 обладнаний системою двохступеневого підігріву палива на виконанні технологічних операцій при використанні чистого дизельного біопалива

Випробування проводилися під час осінніх польових робіт при температурі навколишнього середовища від мінус 1 до плюс 6 °С. Температура нагріву дизельного біопалива підтримувалася в інтервалі від 115 до 120 °С за допомогою дроселювання випускного каналу відпрацьованих газів системи підігріву дизельного біопалива. Витрата палива фіксувалася за допомогою встановленого електронного витратоміра палива на базі датчика DFM-90A-P. Значення експлуатаційних витрат палива при використанні дизельного та дизельного біопалива приведено в таблиці 2.

Аналіз отриманих результатів показує, що перевитрата дизельного біопалива порівняно з дизельним паливом становила при виконанні оранки 8,58 %, а при дискуванні – 9,02 %, що пояснюється меншою калорійністю дизельного біопалива.

Таблиця 2 – Експлуатаційні витрати палива агрегатами на базі трактора Кий-14102 при використанні системи температурної підготовки дизельного біопалива

Вид операції	Використано ДБП, л	Тип і витрата палива, кг/га		Перевитрата ДБП, %
		ДП	ДБП	
Оранка: Кий-14102 + PRO-3	200	15,85	17,21	8,58
Дискування: Кий-14102 +БДВ-3	670	5,74	6,258	9,02

У більшості випадків нижчу теплоту згорання дизельного біопалива приймають на рівні 37,5 мДж/кг [15, 16, 17], проте вона залежить від складу жирних кислот рослинної олії з якої виготовлено паливо, вміст яких, у свою чергу, залежить від сорту, умов вирощування та способу отримання олії, а тому нижчу теплоту згорання дизельного біопалива необхідно визначати в кожному окремому випадку.

Для перевірки адекватності отриманих результатів нами виконано перевірку нижчої теплотворної здатності дизельного та дизельного біопалива, шляхом спалювання зразків палива, яке використовувалося під час проведення експериментів, в калориметричній бомбі. Виконані дослідження показали, що нижча теплотворна здатність дизельного біопалива нижча на 8,07 % ніж дизельного палива, що майже збігається з даними перевитрати палива (табл. 2) при виробничих випробуваннях.

Висновок. Нагрів дизельного біопалива перед впорском в двигун внутрішнього згорання доцільно здійснювати в температурному інтервалі від 115 до 120 °С незалежно від завантаження двигуна, при цьому спостерігається зменшен-

ня питомих витрат палива внаслідок покращення повноти згорання палива. Проведена виробнича перевірка підтвердила ефективність розробленої системи температурної підготовки дизельного біопалива, а її використання дозволило виконувати роботи МТА з перевитратою дизельного біопалива, яка перевищує різницю в теплотворній здатності не більше ніж на 1 %.

Перелік посилань

1. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / За ред. П. Т. Саблука, Д. І. Мазоренка, Г. Є. Мазнева. – К. : ННЦ ІАЕ, 2004. – 400 с.
2. *Onion G.* Oxygenate fuel for diesel engines: a survey of world-wide activities / G. Onion, L.D. Vodo // *Bio-mass*, 1983. – № 2. – Р. 77–133.
3. *Кобець М. І.* Стан та проблеми виробництва ріпаку в Україні / М. І. Кобець // *Науковий вісник Національного аграрного університету*. – К., 1987. – Вип. 73. – 2004. – 354 с.
4. *Ковальський В.* Про підвищення рівня енергетично-екологічної безпеки України / В. Ковальський, А. Голідников, М. Григорак, А. Косарев, В. Кузьменко // *Економіка України*, 2000. – № 10. – С. 34–41.
5. *Итинская П. И.* Справочник по топливу, маслам и техническим гидкостям / П. И. Итинская, Н. А. Кузнецов. – М. : Колос, 1982. – 208 с.
6. *Чуба В. В.* Температурні та в'язкісні аспекти використання біодизельного пального / В. В. Чуба, М. І. Трегуб // *Міжвід. темат. наук. зб. ННЦ «ІМЕСГ» НААН «Механізація та електрифікація сільського господарства»*. – Глеваха : ННЦ «ІМЕСГ», 2007. – Вип. 91. – С. 169–174.
7. *Энглин Б. А.* Влияние температуры и качества топлива на осмоление распылителей форсунок / Б. А. Энглин, Г. П. Откупщиков, И. А. Рубинштейн // *Химия и технология топлив и масел*. – 1961. – № 3. – С. 55–60.
8. *Разлейцев Н. Ф.* Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях / Н. Ф. Разлейцев. – Харьков : Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1980. – 169 с.
9. *Свиридов Ю. Б.* Смесеобразование и сгорания в дизелях / Ю. Б. Свиридов. – Л. : Машиностроение, 1972. – 224 с.
10. *Вырубов Д. Н.* Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д. Н. Вырубов, Н. А. Иващенко, В. И. Ивин и др. [Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова.] / – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 372 с.
11. *Марченко Андрій Петрович, Парсадов Товажнянський Шеховцов;* Двигуни внутрішнього згорання: Серія підручників у 6-ти т.. Т. 5. Екологізація ДВЗ / Андрій Петрович Марченко, І. В. Парсадов, П. П. Товажнянський,

А. Ф. Шеховцов. – Харків : Видавничий центр НТУ “ХПІ”, 2004. – 354 с. : рис. – ISBN 966-8690-05-2.

12. *Пучков Н. Г.* Дизельные топлива / Н. Г. Пучков // Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. – Москва – Ленинград, 1953. – 194 с.

13. *Астахов В. И.* Дизелестроение, 1937. – № 2.

14. *Шароглазов Б. А.* Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процес сов : учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания» / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев. – Челябинск : Изд. ЮУрГУ, 2004. – 344 с.

15. *Семенов В. Г.* Визначення нижчої теплоти згорання біодизельного палива за хроматографічними даними / В. Г. Семенов, С. М. Черненко, А. І. Атамась // Вісник Кремен. держ. університету ім. М. Остроградського. Наукові праці КДУ ім. М. Остроградського. – Кременчук : КДУ ім. М. Остроградського, 2010. – Вип. 2/2010 (61). – Ч. 1. – С. 87–91.

16. *Васильев И. П.* Влияние свойств биотоплив на характеристики впрыскивания в камеру с постоянным давлением / И. П. Васильев, А. Хайлинг, М. Кайзер, Ф. Динкелякер // Двигатели внутреннего сгорания, 2011. – № 2. – С. 37–41.

17. *Полищук В.* Альтернативные дизельные топлива / В. Полищук, В. Дубровин, А. Полищук // MOTROL. Motoryzacja i ener-GETYKA rolnictwa. – Lublin, 2012. – Т. 14. – С. 20–31.

OPERATING PARAMETERS MACHINE-TRACTOR AGGREGATE DURING WORK ON DIESEL BIOFUEL

Summary. The operating parameters of machine-tractor aggregate are defined when operating on a diesel biofuel and productive verification of the system of heating of fuel is executed for tractor engines at implementation of the field works on a diesel biofuel.