

УДК 621.936 - 61

Чуба В.В.

(Національний науковий центр “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства” Національної академії аграрних наук України)

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ДВИГУНА НА ДИЗЕЛЬНОМУ БІОПАЛИВІ

Рассмотрены особенности использования дизельного биотоплива на основе рапсового масла, приведены результаты стендовых испытаний дизельного двигателя с использованием дизельного биотоплива и его смесей дизельным топливом.

Features of use of diesel biofuel on the basis of rape oil are considered, results of bench tests of the diesel engine with use of diesel biofuel and its mixes diesel fuel are resulted.

Вступ

Стабільне забезпечення в Україні сільськогосподарського виробництва паливно-енергетичними ресурсами, і в першу чергу нафтопродуктами, забезпечувало постійне зростання валової продукції сільського господарства. Так, за період з 1982 по 1990 роки виробництво зросло на 22,5 %, а з 1991 по 2004 роки знизилось на 69 %, і тільки за останні чотири роки почало зростати. Світова статистика свідчить, що на кожний відсоток приросту сільськогосподарської продукції потрібно збільшити витратити 2-3 % енергії.

Україна відчуває нестачу власних енергоресурсів і має суттєву залежність від імпортованих енергоносіїв. Видобування викопних палив становить 80 млн. т умовного палива, тоді як споживання первинних енергоресурсів складає 200 млн. т у. п.

В Україні сьогодні і в перспективі потреба в нафті і нафтопродуктах забезпечується на 80-90% за рахунок імпорту. Безперервний ріст цін на нафтове паливо, періодичний дефіцит його на ринку України приводить до несвоєчасного виконання технологічних операцій, і в результаті до значного недобору урожаю. Крім того, інтенсивне використання викопних енергоносіїв, в тому числі і нафти, несе в собі екологічну небезпеку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Можливість використання рослинних олій в якості моторного палива відома досить давно. Так, у патенті на двигун Р. Дизеля в кінці XIX століття рослинна олія вважалася одним із основних видів дизельного палива. Досить давно отримані позитивні результати використання органічних речовин рослинного походження в якості моторного палива, виготовлених на основі олії ріпаку, соняшнику, сої, арахісу, плодів пальм, бавовни та інших олійних культур [1].

Широкі дослідження дизельного біопалива провів Herbert Lampel [2]. Були проведені порівняльні випробування фізико-хімічних та експлуатаційних показників метилових ефірів ріпакової, кокосової, соєвої олій та олії ятрофи в порівнянні з дизельним паливом. По результатах досліджень відмічено зменшення потужності двигуна при переході на біопаливо та необхідність врахування впливу конструктивних особливостей та режимів роботи двигуна на потужність та паливо-економічні показники.

За дослідженнями [3] для двигуна СМД-14 при застосуванні 100% дизельного біопалива відбувається зменшення ефективної потужності двигуна на 12 % за однозначного збільшення питомої витрати палива на 10-13%.

В процесі роботи на дизельному біопаливі з рослинних олій, порівняно з дизельним паливом, істотно зменшуються викиди в атмосферу токсичних речовин: оксиду вуглецю (СО) на 15-98 %, вуглеводнів – на 38-92 %, сажі – на 31%, майже зовсім відсутні викиди діоксиду сірки, що як відомо є причиною кислотних дощів [4].

Мета досліджень

Визначити фізико-механічні властивості, встановити недоліки та переваги використання дизельного біопалива, проаналізувати експлуатаційні параметри роботи

дизельного двигуна на біопаливі та його сумішах з дизельним паливом.

Результати досліджень

Широкому впровадженню дизельного біопалива на основі рослинних олій в сільському господарстві заважає відмінність деяких фізико-хімічних властивостей в порівнянні з дизельним паливом, основні властивості яких наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Властивості дизельного палива та дизельного біопалива з рослинних олій

Характеристики	Дизельне паливо (літне)	Дизельне біопаливо
Цетанове число, не менше	45	51
Густина, кг/м ³	860*	860...900**
Масова частка сірки, % не більше	0,28	0,001
Коксованість 10%-го залишку, % не більше	0,3	0,3
Зольність, % не більше	0,01	0,02
Кінематична в'язкість, мм ² /с	3,0-6,0*	3,5-5***
Гранична температура фільтрованості, °С не вище	-5	+5
Вміст, %		
С	87	77,4
Н	12,6	12,3
О	-	10
Нижня теплота згоряння, МДж/кг	42,5	37,1-38,0

* - при температурі 20°C[5], ** - при температурі 15°C[6],*** - при температурі 40°C [5].

Показники таблиці 1 показують, що дизельне біопаливо має більшу густину, яка збільшує масу циклової подачі паливного насоса високого тиску та має меншу калорійність за рахунок присутності в молекулярній структурі близько 10 % кисню та відповідно менший вміст вуглецю та водню, що в свою чергу погіршує експлуатаційні характеристики роботи машинно-тракторного агрегату на біопаливі.

Також до основних недоліків слід віднести високу кінематичну в'язкість та гірші низькотемпературні властивості, що значно звужує температурний діапазон використання палива.

До переваг слід віднести вище цетанове число, відсутність в складі сірки та відновлюваність даного типу біопалива.

В ННЦ "ІМЕСГ" проведено дослідження впливу температури на зміну кінематичної в'язкості біопалива з різних олійних культур та їх суміші з дизельним паливом.

Для проведення аналізу було використано метилові ефіри (МЕ) на основі ріпакової (РМЕ) та соєвої (СМЕ) олій, СМЕ додатково виморожений при температурі мінус 20 °С та їх сумішей з літнім дизельним паливом (ДП) в різних співвідношеннях РМЕ+30% ДП, СМЕ+30% ДП, РМЕ+70%ДП, СМЕ+30% ДП.

Температурні зміни кінематичної в'язкості РМЕ та СМЕ та їх сумішей з ДП зображено на рис. 1. та рис. 2.

Із залежностей (рис.1) видно, що в досліджуваному температурному діапазоні РМЕ скрізь мав вищу в'язкість приблизно на 19 % ніж СМЕ.

Суттєве нелінійне зростання в'язкості РМЕ та СМЕ спостерігається при температурах нижчих від плюс 8 °С.

При підвищенні температури від плюс 8 до плюс 20°С кінематична в'язкість обох видів

палива буде знижуватися лінійно і зменшить своє значення на цьому інтервалі в середньому на 27 %.

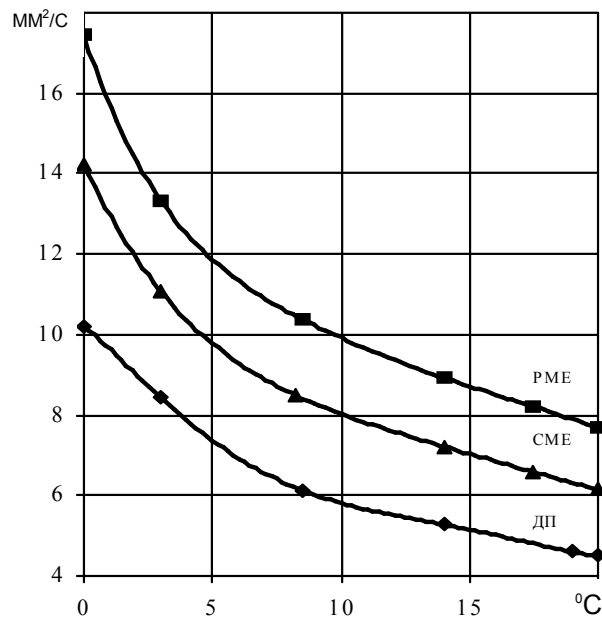


Рис. 1. - Залежність зміни кінематичної в'язкості PME , SME та ДП від температури

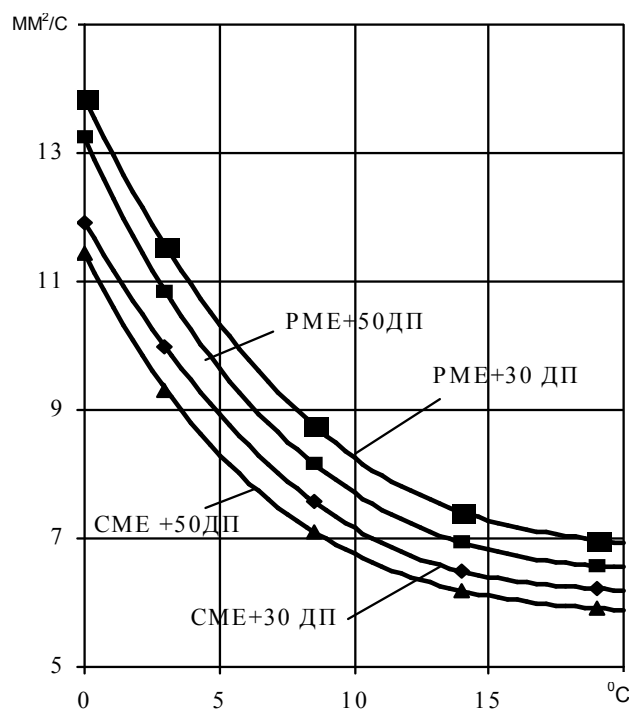


Рис. 2. - Залежність кінематичної в'язкості сумішей ME з дизельним паливом від температури

Характеристика залежності зміни кінематичної в'язкості для сумішей така ж, як і для чистих метилових ефірів.

Порівняльний аналіз даних свідчить, що при однакових температурних умовах, паливні суміші з однаковою концентрацією ДП та ME, виготовлені з різних рослинних олій, мають різне відхилення кінематичної в'язкості відповідно до чистого ME. Так, при температурі плюс 14°C кінематична в'язкість PME становить 8,92 мм²/с, а суміші з PME+30ДП - 7,36

мм²/с, що на 17,5 % менше, суміші РМЕ+50ДП - 6,93 мм²/с, що менше на 22,3 %; для соєвого СМЕ - 7,21 мм²/с, що на 10 % та 15,5% більше, ніж у СМЕ+30 %ДП та СМЕ+50 % ДП відповідно.

З метою визначення техніко-експлуатаційних та економічних параметрів роботи дизельного двигуна в ННЦ "ІМЕСТ" на власному обладнанні було виготовлено партію дизельного біопалива, складниками якого є суміш метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії та проведено стендові випробування двигуна Д-65Н трактора ПМЗ-6АКЛ на стенді КИ-5543-ГОСНИТИ при роботі двигуна на ДП, на чистому РМЕ та суміші ДП+50% РМЕ (РМЕ-50), виконано порівняльний аналіз отриманих регуляторних характеристик.

Стендові випробування проведені згідно з ГОСТ 18509-88 "Дизелі тракторні і комбайнові. Методи стендових випробувань" при незмінних налаштуваннях дизельного двигуна та його паливної системи і однакових атмосферних умовах.

В результаті стендових випробувань було отримано значення зміни обертів колінчатого валу двигуна n , крутного моменту M_k , годинної витрати палива G_T та питомої витрати палива g_e від ефективної потужності двигуна N_e . На основі сформованого масиву отриманих параметрів роботи двигуна Д-65Н (табл. 2), побудовано залежності регуляторних характеристик. На рис.3. та рис.4 відображено залежності регуляторних характеристик дизельного палива та чистого РМЕ.

Аналіз отриманих параметрів свідчить, що при використанні дизельного біопалива та його сумішей потужність та крутний момент залишилися майже на такому ж рівні, як і при використанні ДП, максимально зменшилися на 1 % при використанні чистого РМЕ. Годинна витрата палива двигуном на режимі максимальної потужності при використанні чистого дизельного біопалива склала 14,52 кг/год, суміші РМЕ-50 - 14,1 кг/год; чистого ДП - 13,85 кг/год, тобто при використанні чистого дизельного біопалива годинна витрата палива збільшилася на величину близько 5%. Питома витрата палива на цих режимах склала при використанні чистого дизельного біопалива 300 г/кВт·год, РМЕ-50 - 291 г/кВт·год, ДП - 284 г/кВт·год.

Для отримання повноти даних про процес роботи двигуна проаналізовано регуляторні характеристики при завантаженні двигуна 35 кВт, що становить близько 72 % від номінальної при роботі на ДП, витрата палива при використанні дизельного біопалива збільшилася на 11%, РМЕ -50 - на 11 %.

Погіршення енергетичних показників роботи двигуна пов'язане із меншою на 10 % питомою теплотою згоряння РМЕ, нелінійна зміна витрати палива при різному завантаженні двигуна при випробуваннях пояснюється різним перебігом термохімічних реакцій під час згоряння.

Отримані результати досліджень впливу температури на кінематичну в'язкість свідчать, що ефективний діапазон використання дизельних біопалив на основі ріпакової та соєвої олій, при якому кінематична в'язкість не буде суттєво впливати на роботу дизельного двигуна, знаходиться при температурі більшій за плюс 5°С для сумішей метилових ефірів з дизельним паливом (ДП), та чистих метилових ефірів соєвої та ріпакової олії при температурі більшій за плюс 10°С.

Для розширення температурного діапазону використання дизельного біопалива реалізовано та проходить випробування система двостадійної підготовки дизельного біопалива згідно із запропонованим способом[7].

Суть запропонованого способу полягає в попередньому підігріві палива на першій стадії перед паливним насосом високого тиску до температури, що забезпечує прогонність і якісне фільтрування, та подальший більш високий підігріві перед впорском у циліндр для покращення розпилу та згоряння палива

Таблиця 2

Експлуатаційні параметри роботи дизельного двигуна Д-65Н трактора ПМЗ-6АКЛ при роботі на дизельному біопаливі та його суміші з дизельним паливом

Тип палива	Оберти колінчатого валу, об/хв..	Потужність, кВт	Крутний момент, Н м	Питома витрата палива, г/кВт год.	Годинна витрата палива, кг/год.
Дизельне паливо	1892 (хх)	0	0,00	0	4,13
	1866	17,11	6,57	0,388	6,64
	1847	27,89	10,81	0,297	8,30
	1819	42,19	16,61	0,281	11,87
	1812	45,94	18,15	0,284	13,04
	1802	47,61	18,93	0,286	13,63
	1776	48,83	19,70	0,284	13,85
	1641	46,90	20,47	0,284	13,31
	1557	45,33	20,86	0,280	12,68
РМЕ 50%	1890 (хх)	0,00	0	0	4,02
	1871	16,14	6,18	0,412	6,64
	1832	35,56	13,90	0,294	10,47
	1813	44,98	17,77	0,288	12,95
	1805	46,72	18,54	0,289	13,49
	1798	48,48	19,31	0,291	14,10
	1760	48,39	19,70	0,298	14,40
	1599	46,05	20,62	0,308	14,17
	1568	45,46	20,76	0,307	13,95
РМЕ	1885 (хх)	0	0	0	4,04
	1869	16,13	6,18	0,436	7,03
	1847	25,89	10,04	0,349	9,05
	1831	35,54	13,9	0,313	11,11
	1803	46,68	18,54	0,296	13,84
	1796	48,43	19,31	0,300	14,52
	1740	47,87	19,70	0,298	14,29
	1630	46,59	20,47	0,293	13,63
	1515	43,31	20,47	0,301	13,04

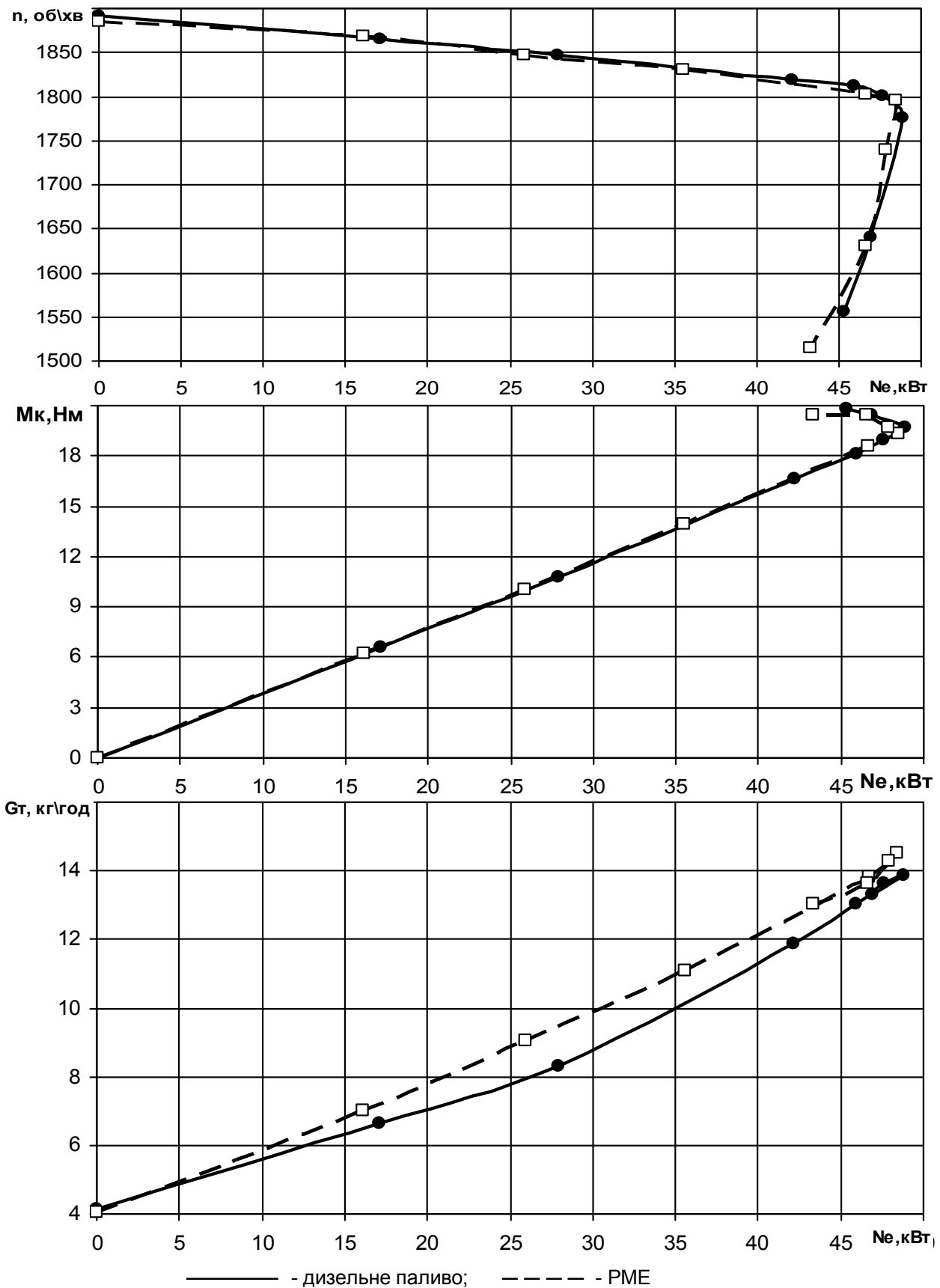


Рис. 3. Залежності зміни частоти обертів n , крутного моменту M_k та годинної витрати палива G_t від навантаження двигуна N_e

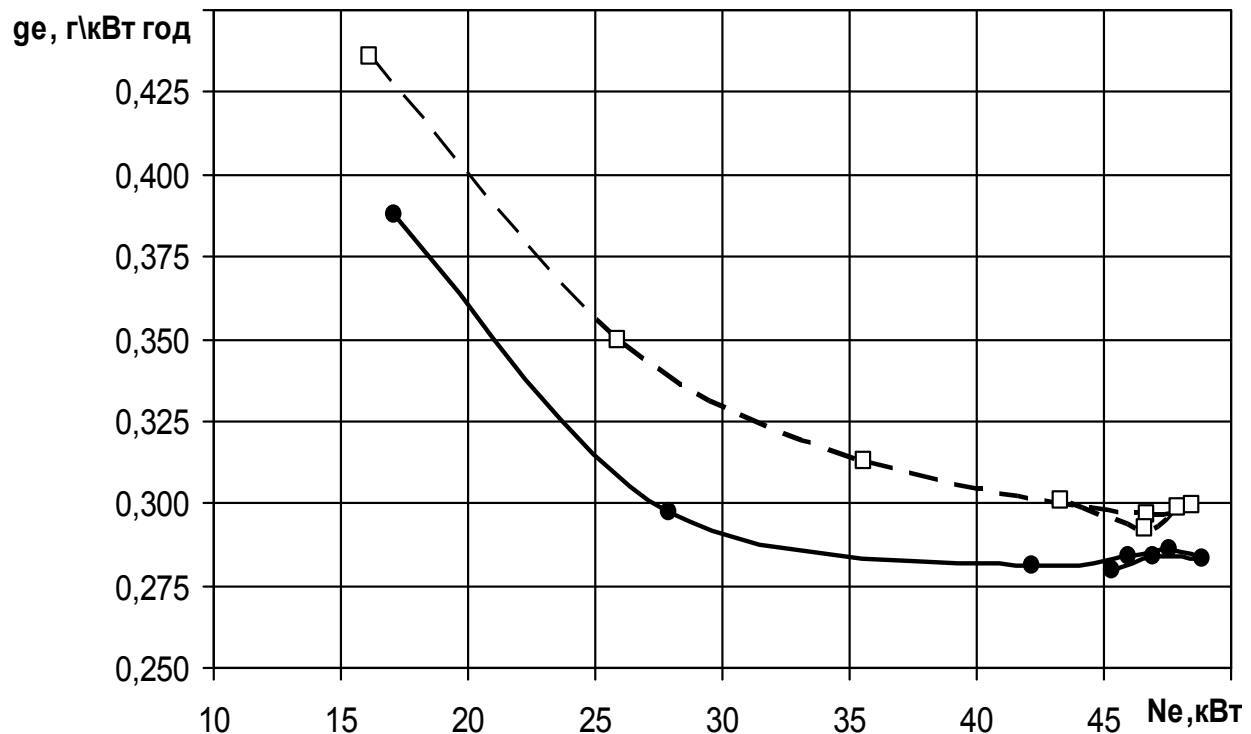


Рис. 4. - Залежності зміни питомої витрати палива від навантаження двигуна

Висновки

Таким чином, стендові випробування дизельного двигуна показали, що при застосуванні в якості палива РМЕ, потужність та крутний момент, що розвиває двигун, залишилися незмінними, проте збільшилися годинна та відповідно питома витрати палива, тому ці особливості необхідно враховувати при плануванні виконання операцій машинно-тракторних агрегатів та оцінці економічної ефективності застосування дизельного біопалива, а використання дизельного біопалива при температурах зовнішнього повітря менше 10 °С потребує дообладнання паливної системи тракторних двигунів додатковим підігрівом.

Література

1. Onion G., Bodo L.D. Oxygenate fuel for diesel engines: a survey of world – wide activities // *Biomass*. - 1983. - № 2. - p. 77-133.
2. DI. Herbert Lampel. Alternative fuels for diesel engines// *OECD Annual Meeting*. – Paris, 2007/
3. Войтов В., Карнаух М., Даценко М. Техніко-експлуатаційні та екологічні показники дизельних двигунів з використанням біодизеля // *Техніка і технології АПК*. – 2009. – № 1 – С. 13-17.
4. Ковальський В., Голідников А., Григорак М., Косарев А., Кузьменко В. Про підвищення рівня енергетично-екологічної безпеки України // *Економіка України*. – 2000. - №10. – С. 34-41.
5. ДСТУ 3868-99. Паливо дизельне. Технічні умови.
6. ДСТУ 6082:2009. Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні умови.
7. Спосіб температурної підготовки пального на двигунах. Патент на корисну модель №21673 Україна, МПК (2006) P02M 31/02, Трегуб М.І., Чуба В.В. заяв. 13.11.2006, Опубл. 15.03.2007, Бюл. №3,2007.