

УДК 620.9: 662.762.2

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛЬНОГО РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

**В.М. Третяк**, канд. техн. наук, доц.,

**В.С. Більбут**, ст. наук. співроб.

*ННЦ «ІМЕСГ»*

**О.М. Ганженко**, канд. техн. наук,

**А.М. Мазуренко**, канд. техн. наук

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*

*Наведений аналіз проблем і перспектив застосування пального рослинного походження різних видів та методи його ефективного використання для живлення двигунів внутрішнього згоряння сільськогосподарських машин.*

**Ключові слова:** *паливно-енергетичні ресурси, біологічна сировина, дизельний двигун, дизельне паливо, біодизель, біоетанол.*

**Проблема.** В умовах збільшення попиту на енергоносії, стрімкого росту кількості двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) та підвищення вимог до екології все більше уваги приділяється пошуку нових ефективних, екологічно чистих джерел енергії. Серед альтернативних джерел енергії, які реально використовуються для засобів мобільної енергетики та мають значний комерційний потенціал, біопалива займають особливе місце. Біопаливо для мобільної енергетики (біодизель та біоетанол) здатне замінити значну кількість нафти. Перевагами біопалива є підвищення енергетичної безпеки держави, зменшення викидів парникових газів та токсичних речовин, а також розвиток регіональної економіки [1]. За незаперечного позитивного впливу на екологію біодизельне паливо має ряд технологічних недоліків — ускладнення пуску двигуна взимку, відмови у роботі випускних клапанів, зменшення терміну служби паливної апаратури, полімеризація моторної оливи та інше. Тому ефективне використання палив рослинного походження для дизельних ДВЗ за умов зменшення дії негативних факторів на двигун є невідкладне питання сьогодення.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На міжнародному агропромисловому салоні SIMA 2013 компанія VALTRA представила трактор T133 Dual Fuel, який працює як на біогазі, так і на дизельному паливі. У режимі «біогаз» близько 83 % енергії виробляється з біогазу та 17 % з дизельного палива або біодизеля. Невелика кількість дизельного палива потрібна для запалювання біогазу в циліндрах ДВЗ. Балони для газу розташовані в безпечному місці на рамі трактора. У режимі «дизель» двигун працює як традиційний дизельний двигун. Характеристики трактора Valtra T133 Dual Fuel на біогазі схожі до стандартних тракторів. Вартість біогазу приблизно на 40 % нижче, ніж еквівалентної кількості дизельного палива.

Одним з головних недоліків біодизельного палива є високий коефіцієнт кінематичної в'язкості, що значно звужує температурний діапазон його використання.

**Мета досліджень.** Підвищення техніко-економічних показників роботи МТА за використання моторного палива рослинного походження для живлення ДВЗ.

**Методика досліджень.** Узагальнення даних науково-технічної літератури, науково-дослідних розробок, діагностико-прогностичного аналізу роботоздатності ДВЗ у процесі стендових та експлуатаційних випробувань.

**Результати досліджень.** Порівняння фізико-хімічних властивостей біодизельного палива та дизельного палива нафтового походження (табл. 1) показує, що основними параметрами, які стримують впровадження біодизельного палива є його висока в'язкість, внаслідок чого зменшується подача трубопроводами, погіршується процес сумішоутворення, під час розпилення утворюються великі краплі палива та зменшується довжина факела, пальному потрібно більше часу на випаровування, відбувається неповне згорання палива та інтенсивне утворення нагару на деталях циліндро-поршневої групи двигуна [2]. Крім того біодизельне паливо має нижчу питому теплоту згорання, що призводить до збільшення витрати палива та вищу граничну температуру фільтрації, що обмежує використання біодизеля за низьких температур.

В лабораторії мобільної енергетики, виробництва та використання біопалива ННЦ «ІМЕСГ» виготовлено дослідні партії дизельного біопалива з ріпакової, лляної, соєвої, рижієвої, гірчичної і соняшникової олій та встановлено їх основні властивості. Проведені дослідження показали, що найкращі фізико-механічні властивості має біодизельне паливо, отримане із лляної олії. За фізико-механічними властивостями використання біодизельного палива на основі ріпакової олії ефективно за температури вищої плюс 10°C.

*Таблиця 1. Фізико-механічні властивості дизельного та біодизельного палива*

Характеристики	Дизельне паливо (літне)	Біодизельне паливо
Цитанове число, не менше	45*	51*
Густина, кг/м <sup>3</sup>	860*	860-900**
Кінематична в'язкість, мм <sup>2</sup> /с	3,0-6,0*	3,5-5**
Масова частка сірки, % не більше	0,288*	0,001**
Температура спалаху в закритому тиглі, °С, не менше	40*	120**
Гранична температура фільтрованості, °С, не вище	-5*	+5**
Коксованість 10%-го залишку, % не більше	0,3	0,3
Зольність, % не більше	0,01	0,02
Вміст, %		
• Вуглецю С	87	77,4
• Водню Н	12,6	12,3
• Кисню О	-	10
Нижня питома теплота згоряння, МДж/кг	42,5	37,1-38,0

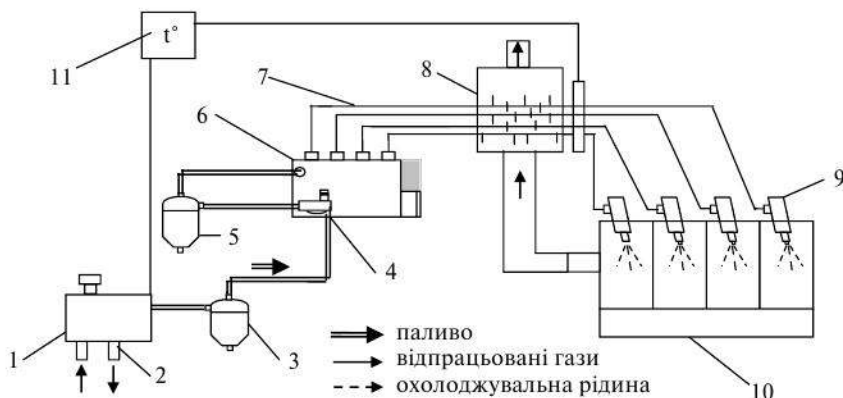
\* згідно з ДСТУ 3868 [3];

\*\*згідно з ДСТУ 6081 [4].

Для ефективного використання та збільшення температурного діапазону використання біодизельного палива розроблено та виготовлено систему його двоступеневого підігріву (рис. 1), що дозволяє експлуатувати біодизель за низької температури повітря та забезпечує більш повне його згоряння, сприяє збільшенню строку експлуатації картерного масла, дає можливість використовувати очищену олію для роботи двигуна.

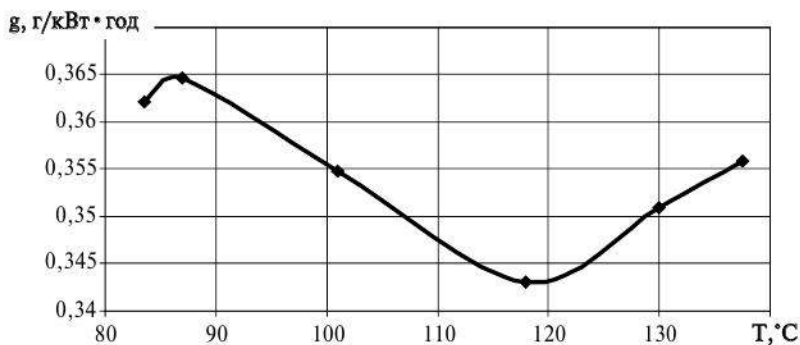
Згідно схеми пуск дизельного двигуна відбувається на дизельному паливі, яке міститься в допоміжній ємності. Двигун прогрівають до робочої температури 75-80°C, за цей час в основному паливному баку за допомогою трубчастого теплообмінника розігрівається біодизельне паливо і після досягнення робочої температури двигун переключається на нього. Для забезпечення якісного фільтрування палива його підігрівають в паливопроводі низького тиску до 45°C. Для забезпечення кращого розпилення та підвищення швидкості і повноти згоряння біодизельне паливо додатково нагрівають до 140-170°C на ділянці між паливним насосом високого тиску та форсунками. Запропонована схема впроваджена на тракторах ПМЗ-6АКЛ з двигуном Д-65Н та МТЗ-82.40 з двигуном Д-243.

Залежність питомої витрати пального двигуном Д-65Н від температури біопалива під час 70% навантаження свідчить, що мінімальні витрати біопалива досягаються за температури його вприскування 115-120°C (рис. 2).



**Рис. 1.** Схема системи двохступеневого підігріву палива для автотракторних двигунів:

1 — паливний бак, 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



**Рис.2.** Залежність питомої витрати пального двигуном Д-65Н від температури біопалива під час вприскування в циліндр двигуна за 70% навантаження

Виробничу перевірку ефективності застосування системи двохступеневого підігріву палива для трактора ПМЗ-6АКЛ з двигуном Д-65Н проводили на виконанні технологічних операцій передпосівної культивуації агрегатом КПС-4 та коткування посівів з кільчasto-шпоровими котками ЗККШ-6 (табл. 2). Результати виробничої перевірки показали, що найменші витрати біодизельного палива досягаються за підігрівання його до температури 110-125°C, що співпадає з результатами стендових випробувань. (Дослідження проводились за участю зав. лабораторії Чуби В.В.)

Проведено дослідження з визначення показників роботи та викидів відпрацьованих газів дизельного двигуна трактора ПМЗ-6АКЛ з двигуном Д-65Н на сумішах з часткою біодизельного палива 20, 25, 50 та 75 % (табл. 3). Дослідження проводились на обкатувально-гальмівному стенді КИ-5543-ДержНДТІ, що створював постійне 100 % навантаження згідно вимог ГОСТ 17.2.2.05 [5]. Результати досліджень свідчать, що суміші 20-75% метилового естеру з дизельним паливом за 100 % навантаження дизеля дає економію дизельного палива в межах 16,6–73,0 %, та знижує кількість шкідливих викидів на 9,5–14,2%. Застосування 20–50 % сумішей не вимагає додаткового регулювання системи паливонадачі. Рівень викидів зменшується: оксиду вуглецю (СО) на 6,8–24,2 %; двооксиду вуглецю (СО<sub>2</sub>) на 6,5–11,1 %; вуглеводнів (СН) на 4,7–5,2 %. Кількість викидів оксидів азоту (NO) з 20 % сумішшю майже не змінюється.

**Таблиця 2.** Експлуатаційні витрати палива агрегатами на базі трактора ПМЗ-6АКЛ під час виконання технологічних операцій за застосування підігріву палива

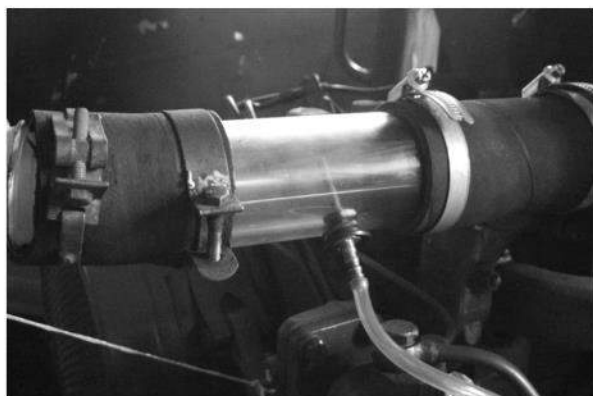
№№ п/п	Вид операції	Коефіцієнт завантаження тракторного двигуна	Тип палива			
			Дизельне паливо		Біодизельне паливо	
			Температурний діапазон, °С	Витрата палива, кг/га	Температурний діапазон, °С	Витрата палива, кг/га
11	Суцільна культивуація КПС-4	0,60-0,70	70-80	5,61	60-70	6,12
					80-90	6,07
			100-110	5,58	90-100	6,06
					100-110	6,02
					110-125	5,69
120-140	5,55	130-135	6,09			
22	Прикочування посівів ЗККШ-6	0,55	50-55	1,63	50-55	1,69
			70-80	1,62	80-90	1,64
			90-100	1,58	100-110	1,61

**Таблиця 3.** *Погодинна витрати палива (сумішей) та 100% режимів навантаження дизельного двигуна Д-65Н*

Показник	ДП-100%	БП-10%	БП-20%	БП-25%	БП-50%	БП-75%
	ДП-90%	ДП-80%	ДП-75%	ДП-50%	ДП-25%	
Витрати палива, кг/год	11,9	12,3	12,4	12,45	12,55	12,8
Питома витрата палива, г/кВт*год	257	265,66	267,81	268,9	271,05	276,46
Оксид вуглецю (CO), об.%	0,799	0,744	0,691	0,686	0,594	0,605
Двоокис вуглецю (CO <sub>2</sub> ), об.%	9,73	9,1	8,62	8,57	8,65	8,96
Сума вуглеводнів, %	0,193	0,184	0,178	0,18	0,185	0,183
Оксид азоту (NO), %	0,188	0,166	0,188	0,199	0,244	0,265
Кисень (O <sub>2</sub> ), %	7,66	9,68	9,75	9,89	8,32	8,25

Визначення параметрів роботи дизельного двигуна Д-21А трактора ХТЗ-2511 за 10% роздільної подачі біоетанолу з дизельним паливом проводилися за допомогою обкатувально-гальмівного стенду КИ-5543-ДержНДТІ. Подача біоетанолу відбувалася у повітряний колектор за допомогою жиклера, встановленого у спеціальному пристосуванні (рис. 3).

Результати випробувань (табл. 4) показали доцільність додавання 10 % біоетанолу у впускний колектор дизельного двигуна. Це помітно не впливає на характер його роботи та знижує викиди оксиду вуглецю (CO) на 25 %, двоокису



**Рис. 3.** *Подача біоетанолу у повітряний колектор дизельного двигуна Д-21А*

**Таблиця 4.** Показники викидів у відпрацьованих газах дизельного двигуна Д-21А за роздільної подачі біоетанолу з дизельним паливом за навантаження 100 % потужності

Показник	ДП-100 %	Біоетанол-10 %, дизельне паливо-90 %
Оксид вуглецю (CO), об. %	0,38	0,282
Двоокис вуглецю (CO <sub>2</sub> ), об. %	9,56	8,29
Сума вуглеводнів, %	0,15	0,143
Оксид азоту (NO), %	0,106	0,185
Кисень (O <sub>2</sub> ), %	10,13	18,79

вуглецю (CO<sub>2</sub>) на 13 %, вміст вуглеводнів (CH), які не згоріли, залишився майже таким, як і на дизельному паливі, збільшення концентрації оксидів азоту (NO) пояснюється наявністю додаткового кисню у молекулі біоетанолу.

#### **Висновки.**

1. Виробничі випробування машинно-тракторного агрегату під час культивування підтвердили результати стендових випробувань, що підігрів біодизельного палива перед впорскуванням до температури 110–125°C зменшує витрата палива на 7 % завдяки кращому його розпиленню та згорянню, при цьому також знижуються шкідливі викиди азоту на 7,8 %.
2. Стендові випробування показали, що суміші 20–75% метилового естеру з дизельним паливом за 100 % навантаження дизеля Д-65 Н дає економію дизельного палива в межах 16,6–73,0 %, та знижує кількість шкідливих викидів на 9,5–14,2%. Застосування 20–50 % сумішей не вимагає додаткового регулювання системи паливоподачі. Рівень викидів зменшується: оксиду вуглецю (CO) на 6,8–24,2 %; двоокису вуглецю (CO<sub>2</sub>) на 6,5–11,1 %; вуглеводнів (CH) на 4,7–5,2 %. Кількість викидів оксидів азоту (NO) з 20% сумішшю майже не змінюється.
3. Стендові дослідження показали доцільність додавання 10 % біоетанолу у впускний колектор дизельного двигуна. Це помітно не впливає на характер його роботи та знижує викиди оксиду вуглецю (CO) на 25 %, двоокису вуглецю (CO<sub>2</sub>) на 13 %, вміст вуглеводнів (CH), які не згоріли, залишився майже таким як і на дизельному паливі, збільшення концентрації оксидів азоту (NO) пояснюється наявністю додаткового кисню у молекулі біоетанолу.

## **Бібліографія**

1. *Роїк М.В.* Біоенергетика в Україні: стан та перспективи розвитку / М.В. Роїк, В.Л. Курило, М.Я. Гументик, О.М. Ганженко // Біоенергетика. — 2013. — № 1. — С. 5-10.
2. *Итинская Н.И.* Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям / Н.И. Итинская, Н.А. Кузнецов. — М.: Колос, 1982. — 205 с.
3. *Паливо дизельне.* Технічні умови: ДСТУ 3868-99 — (Чинний від 1999.09.01). — К.: Держспоживстандарт України, 1999. (Національний стандарт України).
4. *Паливо моторне.* Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги: ДСТУ 6081:2009 — (Чинний від 2010.01.01). — К.: Держспоживстандарт України, 2009. — 16 с. (Національний стандарт України).
5. *Охрана природы.* Атмосфера. Нормы и методы определения выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин: ГОСТ 17.2.2.05-97 — (Чинний від 1999-07-01). — М.: Госстандарт России, 1999. (Межгосударственный стандарт).

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

*Приведен анализ проблем и перспектив применения топлива растительного происхождения различных видов и методы его эффективного использования для питания двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственных машин.*

**Ключевые слова:** *топливно-энергетические ресурсы, биологическое сырье, дизельный двигатель, дизельное топливо, биодизель, биоэтанол.*

## **EFFECTIVE USE OF PHYTOGENOUS FUEL FOR SUPPLYING COMBUSTION ENGINES OF AGRICULTURAL MACHINERY**

*Given are an analysis of the problems and perspects of use of phylogenous fuel of various kinds and methods of its effective use for supplying combustion engines of for agricultural machinery.*

**Key words:** *fuel and energy resources, biological raw materials, diesel engine, diesel fuel of mineral, biodiesel, bioethanol.*