e-ISSN 2708-9754; ISSN 2307-1699
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ, 2026, Вип. 52
AGRICULTURAL MACHINES, 2026, Vol. 52

PERFORMANCE INDICATORS OF A TRACTOR–IMPLEMENT UNIT OPERATING ON BLENDED FUELS

O. Zaharchuk*

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

Key words:
biodiesel fuel,
waste cooking oil methyl ester,
blended fuel,
diesel fuel,
diesel engine,
agricultural tractor,
fuel economy,
productivity,
environmental performance.

Article history:
Received 04.10.2026
Reviewed 12.10.2026
Approved 30.10.2026

*__Corresponding author:__
Oleh.Zakharchuk@lutsk-ntu.com.ua

ABSTRACT

This paper investigates the use of methyl ester derived from used cooking oil as a renewable component of blended fuel for diesel engines in agricultural machinery. The physicochemical properties of biodiesel, conventional diesel fuel, and their blends with different proportions of the biodiesel component were analyzed. The results of previously conducted bench tests of the D-243 diesel engine were examined, showing that an increase in the proportion of the biodiesel component in the fuel blend was accompanied by a slight decrease in effective power output and an increase in fuel consumption. Field tests were conducted on a UMZ-8040 tractor equipped with a D-243 diesel engine and coupled with a PLN-3-35 plough during spring ploughing operations. Fuel consumption per hectare was determined by the gravimetric method, while the hourly field capacity of the tractor–implement combination was measured simultaneously. When operating on conventional diesel fuel, fuel consumption per hectare was 17.6 kg/ha, and field capacity was 0.79 ha/h. For a blend containing 25% methyl ester derived from used cooking oil and 75% diesel fuel, the corresponding values were 18.1 kg/ha and 0.78 ha/h. Further increases in the biodiesel component to 50% and 75% resulted in a gradual increase in fuel consumption per hectare and a slight reduction in field capacity. Among the blends investigated, the mixture containing 25% methyl ester derived from used cooking oil and 75% petroleum-derived diesel fuel was identified as the most suitable. This blend enables the replacement of 25% of petroleum-derived fuel with a renewable component while causing only a minor deterioration in operational performance. It was established that methyl ester derived from used cooking oil has a higher viscosity and a lower net calorific value than conventional diesel fuel. Its use as a component of blended fuel makes it possible to reduce the consumption of petroleum-derived fuel and contributes to improving the environmental performance of diesel-powered agricultural machinery.

DOI: 10.36910/acm.vi52.2354

To cite this article:
Zaharchuk, O. (2026). Performance indicators of a tractor–implement unit operating on blended fuels. *Agricultural Machines*, *52*, 226–232. https://doi.org/10.36910/acm.vi52.2354

e-ISSN 2708-9754; ISSN 2307-1699
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ, 2026, Вип. 52
AGRICULTURAL MACHINES, 2026, Vol. 52

УДК 631.16:536, 641

ПОКАЗНИКИ ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА ПРИ РОБОТІ НА СУМІШЕВИХ ПАЛИВАХ

О.В. Захарчук*

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

AGRICULTURAL MACHINES
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

Ключові слова:
біодизельне паливо,
метиловий ефір використаної олії,
сумішеве паливо,
дизельне паливо,
дизель,
сільськогосподарський трактор,
паливна економічність,
продуктивність,
екологічність.

Історія публікації:
Отримано 04.10.2026
Прорецензовано 12.10.2026
Затверджено до друку 30.10.2026

Автор для листування:*
Oleh.Zakharchuk@lutsk-ntu.com.ua

АНОТАЦІЯ

У статті досліджено використання метилового ефіру використаної олії як відновлюваного компонента сумішевого палива для дизелів сільськогосподарської техніки. Проаналізовано фізико-хімічні властивості біодизельного та дизельного палива та їх сумішей із різним вмістом біодизельного компонента. Розглянуто результати проведених стендових досліджень дизеля Д-243, які показали, що збільшення частки біодизельного компонента у сумішевому паливі супроводжується незначним зменшенням ефективної потужності та зростанням витрати палива. Проведено польові випробування трактора ЮМЗ-8040 з дизелем Д-243 у складі машинно-тракторного агрегата з плугом ПЛН-3-35 під час весняної оранки. Погектарну витрату палива визначали ваговим способом при живленні дизеля, одночасно визначали годинну продуктивність тракторного агрегата. При роботі на дизельному паливі погектарна витрата становила 17,6 кг/га, а продуктивність – 0,79 га/год. Для суміші 25 % метилового ефіру використаної олії та 75 % дизельного палива ці показники становили відповідно 18,1 кг/га та 0,78 га/год. Подальше збільшення частки біодизельного компонента до 50 і 75 % призводило до поступового зростання погектарної витрати палива та незначного зниження продуктивності. Найбільш прийнятною з досліджених визначено суміш із вмістом 25 % метилового ефіру використаної олії та 75 % мінерального дизельного палива, яка забезпечує заміщення 25 % палива нафтового походження відновлюваним компонентом при незначному погіршенні експлуатаційних показників. Встановлено, що метиловий ефір використаної олії має більшу в'язкість та меншу нижчу теплоту згоряння порівняно з дизельним паливом. Його використання у складі сумішевого палива дає змогу зменшити споживання палива нафтового походження та сприяє підвищенню екологічності експлуатації дизельної техніки.

DOI: 10.36910/acm.vi52.2354

Цитувати цю статтю:
Захарчук, О. В. (2026). Показники тракторного агрегата при роботі на сумішевих паливах. *Сільськогосподарські машини*, *52*, 226–232. https://doi.org/10.36910/acm.vi52.2354

СТАН ПИТАННЯ ТА АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ

Відпрацьовані кулінарні олії (ВКУ) є вигідною сировиною для біодизельного палива другого покоління, яку можна використовувати як джерело сталої енергії (*Corral-Bobadilla et al., 2022*). Біодизель, отриманий з ВКУ, зараз досліджується як привабливе альтернативне паливо (АП) завдяки низьким викидам, біорозкладності та нетоксичності (*Hosseinzadeh-Bandbafha et al., 2022*). В останні роки цей тип біодизеля набув значної популярності (*Chen et al., 2021*). Однак існують певні недоліки, пов'язані з використанням біодизеля, зокрема зміна показників ефективності роботи дизеля та утворення відкладень на його деталях.

Важливими напрямами досліджень є вдосконалення технологій виробництва біодизеля з ВКУ, застосування різних методів його отримання, реакторів і каталізаторів, а також оцінювання економічної ефективності та екологічної доцільності його виробництва (*Costa et al., 2020; Elavajagan et al., 2023; Liu et al., 2021; Rocha-Meneses et al., 2023; Zhao et al., 2021*).

Однією з найважливіших проблем є стабільність біодизеля, особливо при виробництві з ВКУ. Основною проблемою є висока в'язкість біодизеля, яка негативно впливає на властивості розпилення та перекачування при використанні в дизелях (*Adhikesavan et al., 2022*). Щоб пом'якшити ці недоліки, в'язкість чистого біодизеля слід максимально знизити.

Одним із недоліків використання естерів є їхня висока в'язкість, що призводить до різних проблем, включаючи холодний запуск. Щоб вирішити цю проблему, біодизель використовують у суміші з дизельним паливом (ДП). Це додавання допомагає підвищити ефективність роботи двигуна та процесу згоряння, одночасно зменшуючи кількість шкідливих речовин, таких як димність та тверді частинки (*Adhikesavan et al., 2022; Kharkwal et al., 2023; Yesilyurt, 2019*).

Незважаючи на ці досягнення, актуальним залишається питання комплексної оцінки ефективності використання сумішевих біодизельних палив у реальних умовах експлуатації. Значна частина попередніх досліджень зосереджена на визначенні фізико-хімічних властивостей біодизельних палив та стендових дослідженнях показників дизелів (*Adhikesavan et al., 2022; Kharkwal et al., 2023; Yesilyurt, 2019*). Водночас результати стендових випробувань потребують перевірки в реальних умовах роботи машинно-тракторних агрегатів, де на паливну економічність і продуктивність впливають режими роботи двигуна та умови виконання технологічних операцій. Тому актуальним є дослідження впливу різного вмісту біодизельного компонента в сумішевому паливі на експлуатаційні показники трактора під час виконання сільськогосподарських робіт.

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є оцінювання впливу використання метилового ефіру використаної олії (МЕВО) та його сумішей з ДП на енергетичні й економічні показники дизеля Д-243 та експлуатаційні показники трактора ЮМЗ-8040 під час виконання сільськогосподарських робіт.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі завдання:

– визначити та порівняти фізико-хімічні й теплоенергетичні властивості МЕВО, ДП та їх сумішей із різним вмістом МЕВО;

– проаналізувати результати раніше проведених стендових досліджень дизеля Д-243 та встановити вплив складу сумішевого палива на його ефективну потужність, годинну та питому ефективну витрату палива;

– провести польові випробування трактора ЮМЗ-8040 з дизелем Д-243 у складі машинно-тракторного агрегата з плугом ПЛН-3-35 на ДП та сумішевих паливах і визначити погектарну витрату палива та продуктивність агрегата;

– провести порівняльний аналіз результатів експлуатаційних випробувань та оцінити доцільність використання сумішей МЕВО з ДП під час експлуатації трактора ЮМЗ-8040.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Досліджуване паливо (МЕВО) отримане відомим методом трансетерифікації. Для порівняння теплоенергетичних властивостей біодизельних палив, які відрізняються між собою за елементарним складом, розраховано нижчу теплоту згоряння. Для цього визначено елементарний склад нового

біопалива відповідно до вмісту жирних кислот у соняшниковій олії (табл. 1) за методикою, яка використовувалась авторами для розрахунку складу іншого біопалива (*Zakharchuk et al., 2019*).

Моторні дослідження дизеля Д-243 на різних видах палив проводились на електричному гальмівному стенді в умовах лабораторії ЛНТУ. Стенд оснащений ваговим пристроєм для вимірювання витрати палив (*Zakharchuk et al., 2024*).

Польові випробування трактора ЮМЗ-8040 з дизелем Д-243 на різних видах палив проводились під час весняної оранки. При цьому вимірювалась погектарна витрата палива ваговим способом. Дизель працював від мірного паливного бачка. Також вимірювалась погектарна продуктивність тракторного агрегата. Режими роботи дизеля відповідали режимам стендових випробувань.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

В таблицю для порівняння включені також дані щодо ріпакового метилового ефіру (МЕРО).

Таблиця 1 – Фізико- хімічні властивості досліджуваних палив

Показник	Паливо		
	ДП	МЕРО	МЕВО
Густина при 20 С, кг/м^3	830	880	886
Вязкість кінематична при 20 С, мм^2/с	3,8	5,6	7,0
Теплота згоряння нижча, МДж/кг	42,5	37,5	37,2
Цетанове число	45	48	47
Температура застигання, ℃	–35	–12	–17
Кількість повітря, яке необхідне для повного згоряння 1 кг палива, кг	14,3	12,7	12,5
Вміст, % (мас.): Вуглець С	87,0	77,5	76,7
Водень Н	12,6	12,0	12,2
Кисень О	0,4	10,5	11,1

Як видно з розрахунків, менша кількість вуглецю в молекулах біодизельних палив призводить до зменшення їх нижчої теплоти згоряння. Тому для отримання однакової ефективної потужності дизеля при його роботі на ДП та біодизельних паливах питома ефективна витрата палива є більшою у випадку використання біопалив.

До деякого погіршення показників дизеля при роботі на біопаливах призводить більша їх в'язкість у порівнянні з мінеральним паливом. Вплив підвищеної в'язкості палива зводиться в основному до погіршення впорскування, його запізнення і затягування, та до підвищення навантажень в приводі паливного насоса. Тому пропонується використовувати дане біопаливо в підігрітому до 65 ℃ стані. В цьому випадку в'язкість біопалива наближається до в'язкості ДП.

Для забезпечення нормативних техніко-економічних показників дизелів потрібне біопаливо, яке має ті ж експлуатаційні характеристики, що і мінеральне ДП. Тому в даний час біопалива зазвичай використовуються в сумішах з мінеральним ДП.

В табл. 2 наведені дані сумішей біопалива з мінеральним ДП. З табл. 1 видно, що МЕВО має в'язкість в два рази більшу у порівнянні з мінеральним ДП. Потрібне значення в'язкості можна отримати змішуванням МЕВО з ДП. Добавка 25 % МЕВО дозволяє отримати прийнятне значення в'язкості сумішевого палива.

З табл. 1 видно, що МЕВО має в'язкість в два рази більшу у порівнянні з мінеральним ДП. Потрібне значення в'язкості можна отримати змішуванням МЕВО з ДП (табл. 2). Добавка 25 % МЕВО дозволяє отримати прийнятне значення в'язкості сумішевого палива.

В таблиці 3 показані результати стендових випробувань дизеля Д-243 на різних видах палив при 80 % навантаженні та частоті обертання 2000 об/хв.

Внаслідок меншої теплоти згоряння паливних сумішей спостерігається незначне зменшення ефективної потужності дизеля і зростання витрати сумішевих палив.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні властивості сумішевих палив

Показник	Паливо		
	25% МЕВО +75% ДП	50% МЕВО +75% ДП	75% МЕВО +25% ДП
Густина, кг/м^3	841	852	854
Вязкість кінематична, мм^2/с	4,4	5,0	5,9
Теплота згоряння нижча, МДж/кг	41,4	40,4	38,6



Рис. 1 – Дизель Д-243 на випробувальному стенді

Таблиця 3 – Результати стендових випробувань дизеля Д-243 при роботі на різних видах палив

Показник	Вид палива			
	ДП	25% МЕВО +75% ДП	50% МЕВО +75% ДП	75% МЕВО +25% ДП
Годинна витрата палива, кг/год	11,5	11,6	12,0	12,6
Питома ефективна витрата палива кг/кВт год	0,26	0,28	0,275	0,285
Ефективна потужність, кВт	44,0	43,9	43,8	43,7

Однією з найбільш трудомістких сільськогосподарських операцій є оранка. Польові випробування машинно-тракторного агрегата у складі трактора ЮМЗ-8040 і плуга ПЛН-3-35 проводились при весняній оранці з глибиною обробки глинисто-чорноземного грунту 22-25 см. Грунт – пшенична стерня, дискована восени.

Результати експлуатаційних випробувань трактора ЮМЗ-8040 при весняній оранці і роботі дизеля на різних видах палив показані в табл. 4.



Рис. 2 – Трактор ЮМЗ-8040 з плугом ПЛН-3-35

Таблиця 4 – Експлуатаційні показники трактора ЮМЗ-8040 з дизелем Д-243 при роботі з плугом ПЛН-3-35

Показник	Вид палива			
	ДП	25%МЕВО +75% ДП	50%МЕВО +50% ДП	75%МЕВО +25% ДП
Погектарна витрата палива, кг/га	17,6	18,1	18,6	19,1
Продуктивність, га/год	0,79	0,78	0,77	0,76

Експлуатаційні польові випробування трактора ЮМЗ-8040 на оранці, працюючого на сумішевому паливі (25% МЕВО + 75% ДП), у порівнянні з роботою на товарному нафтовому паливі свідчать, що погектарна витрата палива зростає з 17,6 до 18,1 кг/га, а годинна продуктивність тракторного агрегата незначно зменшується (з 0,79 до 0,78 га/год). Така тенденція спостерігається при збільшенні вмісту біодизеля у суміші.

ВИСНОВКИ

Експлуатаційні випробування трактора ЮМЗ-8040 на оранці при роботі на сумішевому паливі показали можливість заміщення частини мінерального ДП МЕВО. При цьому погектарна витрата палива дещо зростає, а продуктивність тракторного агрегата незначно зменшується. Найбільш прийнятною з досліджених є суміш 25 % МЕВО + 75 % ДП, використання якої забезпечує заміщення 25 % мінерального палива при незначному погіршенні експлуатаційних показників. Використання МЕВО як відновлюваного компонента сумішевого палива також сприяє зменшенню споживання палив нафтового походження та створює передумови для зменшення димності, викидів твердих частинок і, відповідно, токсичності відпрацьованих газів дизеля.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

Corral-Bobadilla M., Lostado-Lorza R., Somovilla-Gómez F., Íñiguez-Macedo S. (2022) Life cycle assessment multi-objective optimization for eco-efficient biodiesel production using waste cooking oil // Journal of Cleaner Production. Vol. 359. Article 132113. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132113.

Hosseinzadeh-Bandbafha H., Nizami A. S., Kalogirou S. A., Gupta V. K., Park Y. K., Fallahi A., Sulaiman A., Ranjbari M., Rahnama H., Aghbashlo M., Peng W., Tabatabaei M. (2022) Environmental life cycle assessment of biodiesel production from waste cooking oil: A systematic review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 161. Article 112411. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112411

Chen C., Chitose A., Kusadokoro M., Nie H., Xu W., Yang F., Yang S. (2021) Sustainability and challenges in biodiesel production from waste cooking oil: An advanced bibliometric analysis // Energy Reports. Vol. 7. P. 4022–4034. DOI: https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.06.084

Liu Y., Yang X., Adamu A., Zhu Z. (2021) Economic evaluation and production process simulation of biodiesel production from waste cooking oil // Current Research in Green and Sustainable Chemistry. Vol. 4. Article 100091. DOI: https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100091

Rocha-Meneses L., Hari A., Inayat A., Yousef L. A., Alarab S., Abdallah M., Shanableh A., Ghenai C., Shanmugam S., Kikas T. (2023) Recent advances on biodiesel production from waste cooking oil (WCO): A review of reactors, catalysts, and optimization techniques impacting the production // Fuel. Vol. 348. Article 128514. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128514

Costa M. J., Silva M. R. L., Ferreira E. E. A., Carvalho A. K. F., Basso R. C., Pereira E. B., de Castro H. F., Mendes A. A., Hirata D. B. (2020) Enzymatic biodiesel production by hydroesterification using waste cooking oil as feedstock // Chemical Engineering and Processing – Process Intensification. Vol. 157. Article 108131. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108131

Zhao Y., Wang C., Zhang L., Chang Y., Hao Y. (2021) Converting waste cooking oil to biodiesel in China: Environmental impacts and economic feasibility // Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 140. Article 110661. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110661

Elavajagan E., Sowmiya A., Sivalingam S. (2023) Comprehensive analysis and process simulation of biodiesel production from biomass // Indian Journal of Chemical Technology. Vol. 30, No. 5. P. 623–633.

Adhikesavan C., Ganesh D., Augustin V. C. (2022) Effect of quality of waste cooking oil on the properties of biodiesel, engine performance and emissions // Cleaner Chemical Engineering. Vol. 4. Article 100070. DOI: https://doi.org/10.1016/j.clce.2022.100070

Kharkwal V. S., Kesharvani S., Verma S., Dwivedi G., Jain S. (2023) Numerical investigation of engine characteristics of a diesel engine fuelled with ethanol and diethyl ether supplemented Diesel-WCO biodiesel blend // Materials Today: Proceedings. DOI: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.106

Yesilyurt M. K. (2019) The effects of the fuel injection pressure on the performance and emission characteristics of a diesel engine fuelled with waste cooking oil biodiesel-diesel blends // Renewable Energy. Vol. 132. P. 649–666. DOI: https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.024

Zakharchuk V., Zakharchuk O., Dembitskij V., Ivanciv V., Pankevich S. (2019) Evaluation of Energy and Ecological Indicators of Motor Biofuels // Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange. DSMIE 2019: Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. P. 912–919. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_91

Zakharchuk V., Zakharchuk O., Skalyga M., Kuts N., Yaroschuk V. (2024) Improving environmental indicators of the wheeled tractor diesel engine by using biofuels // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 2, No. 10 (128). P. 51–58. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301328