

**Рябашапка В.Б.**

к.т.н., старший викладач

**Вінницький національний
аграрний університет****Музичук В.І.**

К.т.н., доцент

**Вище професійне
училище сфери послуг****Івацко В.П.**

магістрант

**Вінницький національний
аграрний університет****Ryaboshapka V.**Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer**Vinnitsia National Agrarian
University****Muzychuk V.**Candidate of technical Sciences,
Associate Professor**Vinnitsia Higher
Professional School of the
Service Sector****Ivatsko V.**

Master

**Vinnitsia National Agrarian
University****УДК 631.372****DOI: 10.37128/2306-8744-2023-4-11****ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ
ПЛУНЖЕРНИХ ПАР
ПАЛИВНОГО НАСОСУ
ВИСОКОГО ТИСКУ ДИЗЕЛІВ ЗА
РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ
БІОПАЛИВА**

Першочерговим завданням інженерної служби завжди були контроль і прогнозування ресурсу вузлів і агрегатів будь-якої техніки. Вирішення такого завдання дозволяло не понести витрат, пов'язаних з ремонтом і простоем техніки. Актуальність роботи пов'язана з тим, що велика частина сільськогосподарської техніки, оснащена дизельними двигунами, система живлення яких містить найбільш складні, вартісні і відповідальні агрегати. Надійність роботи паливної апаратури визначає стабільність показників потужності, економічних та екологічних параметрів роботи техніки, що оснащена дизельними двигунами. Від роботи паливної системи двигуна залежить рівномірність роботи двигуна, що впливає на його вібрації, які є шкідливими як для машини в цілому так і для її ергономічних характеристик. З іншої сторони, збільшення амплітуди вібрацій говорить про порушення в роботі двигуна, технічний стан, якого на 70 % залежить від технічного стану паливної системи. Тому, зв'язок технічного стану системи з вібраціями силового агрегату, які описуються законами гармонічних коливальних процесів, можна використати для технологій діагностування вібраційними способами. В статті проаналізовані основні причини абразивного зношування плунжерних пар паливних насосів високого тиску, в тому числі залежність механізму зносу від температурного режиму роботи цих деталей. Проведено аналіз технологій, спрямованих на підвищення довговічності пар тертя з урахуванням матеріалу поверхонь пар тертя, режимів роботи деталей і властивостей робочого середовища. Запропоновано у якості палива використовувати альтернативне біодизельне паливо, що виготовляється з рослинних олій. Використанням біодизельного палива передбачається покращення змащувальних властивостей прецензійних деталей, що збільшить їх ресурс, опосередкованим показником чого може бути зменшення вібрацій. В даній науковій праці представлені результати виконання ініціативної науково-дослідної роботи 0122U002187.

Ключові слова: дизель, паливна апаратура, плунжерні пари, надійність, ресурс, біодизельне паливо.

Проблема, актуальність та апаратури, передбачає необхідність постановка задачі. Умови роботи деяких експлуатації їх у середовищах, що мають низькі систем та вузлів, зокрема деталей паливної змащувальні властивості, до таких можна



віднести також дизельне паливо. Тому дослідження, направленні на збільшення ресурсу плунжерних пар паливного насоса високого тиску дизелів шляхом використання біодизельного палива, мають науково-практичне значення та є актуальними.

Мета дослідження – підвищення ресурсу плунжерних пар паливного насоса високого тиску тракторних дизельних двигунів шляхом використання біодизельного палива.

Для досягнення мети поставлене наступне завдання – проаналізувати сучасний стан і перспективи подальших досліджень, що направленні на визначення ресурсу прецизійних деталей;

Об'єкт дослідження – прецизійні деталі, зокрема плунжерні пари паливного насоса та їх тертові поверхні в середовищі біодизельного палива.

Методи дослідження пов'язані з основами хімотології, стандартними методиками визначення фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей паливно-мастильних матеріалів, ресурсними дослідженнями деталей та теорією надійності.

Виклад основного матеріалу. Дизельне паливо, що попадає в систему живлення містить в собі органічні і неорганічні домішки [1]. Нерозчинна частина цих домішок становить 30-67% та містить такі хімічні елементи: кварц – 60 ... 90%, глинозем – до 15%, окис заліза – до 8%, і в значно меншій кількості сполуки MgO , CaO , K_2O ,

Na_2O [2-4]. Твердість таких абразивних частинок становить 6,5-9,0 одиниць за шкалою Мооса, що у два- три рази більше за твердість сталі ($ШХ15$, $38ХМЮА$, $P18$, $18Х2Н4ВА$, $25Х5МА$) – матеріали з яких виготовляють прецизійні деталі [3, 4, 5]. Таким чином, навіть незначна кількість механічних домішок викликає посилений знос прецизійних деталей і як наслідок зниження ресурсу паливної апаратури (ПА) (табл. 1) [6].

Особливо це проявляється влітку, коли температура навколишнього повітря досить велика, внаслідок чого і збільшується температура палива. Як показують дослідження, при збільшенні температури палива з 20 до 60 °С область підвладна місцевим зношенням, збільшується в 1,5 ... 2 рази (Рис. 1). Це пояснюється тим, що гаряче, менш в'язке, паливо інтенсивніше просочується в збільшений під дією температури зазор між плунжером і втулкою, а разом з ним і потрапляють більші за розміром абразивні частинки. Крім того інтенсивність зношування збільшується так як при підвищенні температури ріжуча здатність абразивної

частинки зростає завдяки розм'якшенню зовнішньої її оболонки і оголення граней [6].

Таблиця 1
Вплив забрудненості палива на зношення дизельного двигуна

Паливо	Вміст механічних домішок, %	Зношення плунжерної пари насоса, %	Загальне зношення двигуна (по кількості заліза в маслі), г
Вихідний	0,0019	100	2,15
Після 72 год відстоювання (з верхніх шарів)	0,0008	51	1,75
Після фільтрування	Відсутній	32	1,60

З таблиці 2 видно, що біодизельне паливо, хоч і не значно, практично за кожним показником має відмінності від дизельного палива.

Процес зміни технічного стану плунжерної пари в результаті зносу, має монотонний характер, що призводить до погіршення техніко-економічних показників дизеля і виникнення поступових відмов самої паливної апаратури.

На практиці існують різні методи та способи запобігання зносу у вузлах та агрегатах техніки. Їх можна розділити на такі групи: матеріалознавчі, технологічні, конструкційні, виробничі та експлуатаційні:

1) матеріалознавчі методи – включають вибір раціональних матеріалів і мастил у вузлі тертя;

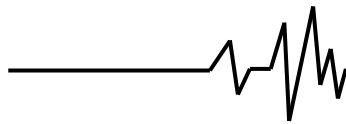
2) технологічні методи – методи, засновані на різних впливах на поверхні деталей (фізико-хімічні, теплові, механічні методи, наплавлення тощо) з метою підвищення їхньої зносостійкості;

3) конструкційні методи – включають підбір режимів роботи деталей, навантаження, швидкості температури;

4) виробничі методи – забезпечення зносостійкості у процесі виробництва та експлуатації деталей [15].

На даному етапі розвитку машинобудування, на наш погляд, перспективним напрямом у збільшенні ресурсу вузлів та агрегатів будь-якої техніки є підбір раціональних мастил у вузлі тертя.

Прецизійні деталі паливної апаратури працюють у середовищі дизельного палива, тому від його якості багато в чому залежатиме



довговічність, зокрема плунжерних пар. Змащувальні властивості дизельних палив значно гірше, ніж у мастил, так як і в'язкість, і вміст поверхнево-активних речовин (ПАР) у паливах менше, ніж їх вміст у оліях. Протизносні властивості палив покращуються із збільшенням вмісту ПАР, в'язкості та температури википання [5].

Для підвищення довговічності плунжерних пар дизельної паливної апаратури пропонується експлуатація техніки на біодизельному паливі. Дизельне паливо є сумішшю вуглеводнів різної будови і складу, в основному їх можна представити трьома основними групами [2]:

- парафінові вуглеводні C_nH_{2n+2} ;
- нафтонові вуглеводні C_nH_{2n} ;
- ароматичні вуглеводні C_nH_{2n-6} .

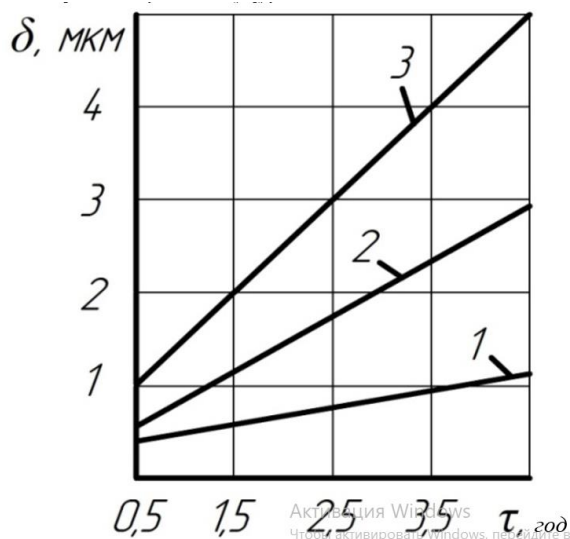


Рис. 1. Зміна середнього радіального зносу плунжера насоса 4ТН 8,5Х10 при температурі палива: 1 – 20 °С; 2 – 40 °С; 3 – 60 °С [6]

Біодизельне паливо складається з молекул складних ефірів жирних кислот:

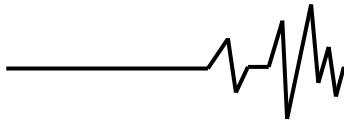
- складні ефіри ненасичених жирних кислот $C_nH_{2n-p}COO$;
- складні ефіри насичених жирних кислот $C_nH_{2n}COO$.

Молекули біодизельного палива мають дифільну будову, тобто містять як полярну групу COO , так і неполярний вуглеводневий радикал R , що відносить їх до класу поверхнево-активних речовин. ПАР здатні утворювати моно- та полімолекулярні шари при адсорбції активних молекул на поверхні розділу фаз [5-6, 15, 16-17].

Таблиця 2
Основні фізико-хімічні властивості дизельного палива і метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО)

Найменування показника	Паливо	
	ДТ-Л	МЕРО
Наближена сумарна формула	$C_{13}H_{24}$	$C_{19}H_{35,2}O_2$
Цетанове число, не менше	45	50
Кінематична в'язкість при 20°C, $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	3,0-6,0	6,0-8,5
Густина при 20°C, $\text{кг}/\text{м}^3$	860	880
Теплота згорання, МДж/кг	42,5	37,8
Температура самозапалювання, °C	250	230
Температура помутніння, °C	-5	-15
Температура застигання, °C	-10	-19
Фракційний склад: 50 % переганяється при температурі, °C, не вище	280	340
96 % переганяється при температурі (кінець перегонки), °C, не вище	360	360
Масова доля сірки, %	0,2	0,002
Коксівність, 10%-ного залишку, %, не більше	0,2	0,3
Кислотність, мг КОН/г	0,05	0,5
Йодне число, г йоду на 100 г палива	6	120
Температура спаху, що визначається в закритому тиглі, °C, не нижче	40	120
Кількість повітря, що необхідне для згорання 1 кг речовини, кг	14,3	12,6
Вміст, % по масі: С - вуглецю Н - водню О - кисню	87,0 12,6 0,4	77,5 12,0 10,5

Наявні дані вітчизняних і зарубіжних вчених, що стосуються впливу біодизельного палива на змащувальну здатність палив і на знос дуже суперечливі.



Вперше з погіршенням змащувальної здатності дизельних палив зіткнулися в США. До жовтня 1993 року у дизельного палива, що продається на території США, вміст сірки становив 0,5%. У 1993 р. управління з охорони навколишнього середовища (EPA) прийняло положення про скорочення вмісту сірки в дизельному паливі, що продається в США, до 0,05%. Першого червня 2006 року EPA знову знизило допустимий вміст сірки до 0,015%. У ході каталітичної гідродесульфуризації, необхідної для очищення дизельного палива від сірчистих сполук, також з нього видаляються кисень і азот, що містять сполуки, вплив яких на змащувальну здатність палива більш значний, ніж сполук сірки. Дизельне паливо, що проходить подібний обробіток, вже не забезпечувало змащувальної здатності, необхідної для оптимальної роботи паливної системи дизеля. Внаслідок чого різко підвищилася кількість відмов паливних систем, що призвело до необхідності шукати шляхи підвищення змащувальної здатності низькосірчистих дизельних палив, що використовуються в США.

За кордоном існує велика кількість робіт, що підтверджують поліпшення здатності змащувальної низькосірчистого дизельного палива, при додаванні в нього 1-2% біодизельного палива. При введенні такої добавки, ґрунтуючись на випробуваннях, що проводяться за HFRR і SL-BOCLE методами, спостерігалось відновлення змащувальної здатності, яка виходила на рівень, яким володіють дизельні палива з вмістом сірки від 0,2-0,5% [10, 18-19]. Так само, були випробувані і суміші з різним вмістом біодизельного палива, в роботі [20] йдеться про те, що змащування чистим біодизельним паливом призвело до зменшення маси зразків, що випробовуються, на $3,5 \cdot 10^{-3}$ кг, сумішшю з 20% біодизельного палива $4,1 \cdot 10^{-3}$ кг, дизельним паливом $6,1 \cdot 10^{-3}$ кг за час тестування.

У роботі [20] проведено дослідження роботи дизеля на суміші дизельного палива з 20% метилового ефіру лляної олії. Два нові двигуни перед випробуваннями було розібрано для мікрометрування найбільш навантажених деталей. Після складання обидва двигуни працювали за єдиною програмою, що складалася з 32 циклів тривалістю по 16 годин кожен. Результати випробувань показали, що зношування рухомих деталей, коксування розпилувачів, утворення нагару та інші дефекти суттєво знизилися під час роботи на суміші дизельного палива з 20 % метилового ефіру лляної олії. Зокрема, зношування деталей зменшилося в середньому на 30 %, що пояснюється вищими змащувальними властивостями цього палива та меншим

вмістом золи у продуктах згоряння. Спектроскопічне дослідження проб олії показало, що вміст в олії частинок *Fe*, *Cu*, *Zn*, *Mg*, *Pb* і *CH* зменшилося [20].

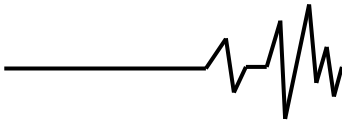
Це свідчить про кращі змащувальні властивості біодизельного палива.

Ще один аспект, який слід розглядати при використанні біодизельного палива – це збільшення гідравлічної щільності прецензійних деталей, особливо для плунжерних пар, завдяки більшій густині, кінематичній в'язкості (див. табл. 2) та силі поверхневого натягу біодизельного палива порівняно зі стандартним нафтовим [15]. Підвищення гідравлічної щільності призводить до зменшення витоків в зазорі між плунжером і гільзою, що в свою чергу підвищує рівномірність роботи паливного насоса високого тиску. Рівномірна робота паливного насоса впливає на рівномірність роботи циліндрів двигуна та підвищує його експлуатаційні показники – потужність, крутний момент, годинну та питому витрату палива.

Опосередкованим показником нерівномірної роботи циліндрів є вібрації, що виникають внаслідок дії сил інерції обертальних та зворотно-поступальних мас кривошипно-шатунного механізму і перекидального моменту, що в сукупності діють на опори двигуна і створюють гармонічні коливання періодичного характеру. Ці коливання передаються на остов і далі на кабінку, вчиняючи негативний вплив на оператора, погіршуючи також ергономічні характеристики машини.

Тому, важливим науково-технічним завданням вбачаємо також визначення кількісних характеристик впливу біопалива чи біопаливних сумішей на вібраційні характеристики дизельного двигуна. Такі дослідження можуть мати практичну цінність для розробки нових методик діагностування двигунів на основі вібраційних характеристик [21].

Крім того, дослідження швидкісних характеристик паливних насосів високого тиску показують [21], що нерівномірність продуктивності насосних елементів паливного насоса високого тиску і, як результат, нерівномірність роботи циліндрів двигуна, проявляється зі зниженням поступальної швидкості плунжера, що в роботі дизеля це проявлятиметься на режимі мінімальної частоти холостого ходу та при невеликих навантаженнях двигуна. Зменшення нерівномірності на таких режимах має особливе практичне значення. Тому вважаємо, що усунення цих недоліків шляхом використання альтернативного палива буде вагомою перевагою на користь використання



біологічних дизельних палив, вироблених на основі рослинної олії.

Висновки та пропозиції:

1. Надійність паливної апаратури та її деталей в умовах експлуатації залишається дуже низькою. Основним параметром технічного стану паливної апаратури дизельного двигуна, що визначає її надійність, насамперед, є стан прецизійних деталей, зокрема плунжерних пар.

2. У ході розгляду робіт з дослідження зносу плунжерних пар паливної апаратури не було виявлено теоретичного обґрунтування впливу фізико-механічних властивостей біодизельного палива на знос, що свідчить про необхідність подальших досліджень в цьому напрямку.

3. Використання низькосірчистих дизельних палив, що мають низькі змащувальні властивості, негативно позначається на ресурсі прецизійних деталей паливної апаратури.

4. Аналіз існуючих у практиці методів запобігання зносу вузлів тертя, дозволив виявити найбільш прийнятний для плунжерних пар паливної апаратури метод підвищення їх довговічності – введення в його склад ПАР.

5. У якості ПАР пропонуємо використовувати біодизельне паливо, так як воно є найкращим замінником дизельного палива.

6. В статті також розглянута перспективність науково-технічного напрямку дослідження параметрів паливної апаратури за вібраційними характеристиками роботи двигуна з урахуванням використання біодизельного палива, впливу його на експлуатаційні характеристики двигуна та ергономічність машини.

7. Сформульовано, що використання біодизельного палива може вплинути на вирішення важливої науково-практичної проблеми – зменшення нерівномірності роботи циліндрів двигуна на малих швидкісних режимах.

Список використаних джерел

1. Григоров А. Б. Зберігання нафти та нафтопродуктів в умовах нафтобаз : навч. посіб. Харків-Тернопіль : НТУ «ХПІ», Видавництво «Крок», 2022. 184 с. URL: [content \(kpi.kharkov.ua\)](http://kpi.kharkov.ua) (дата звернення: 10.11. 2023)

2. Моторні палива: властивості та якість / за заг. ред. проф. С. Бойченка. Київ : «Центр учбової літератури», 2017. 324 с.

3. Анісімов В. Ф., Єленич А. П. [Особливості конструкції паливної апаратури та збільшення терміну її експлуатації](#). *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. № 2 (113). С. 67–77.

4. Бурик С. М., Воробйов С. М., Галєєва А. П., Марченко Д. Д. Підвищення довговічності паливних насосів високого тиску шляхом нанесення покриттів та їх модернізації. *Перспективна техніка і технології* : Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 22-24 вер. 2015 р., м. Миколаїв МНАУ, 2015. С. 164–170.

5. Проблеми хімотології. Теорія та практика використання традиційних і альтернативних паливно-мастильних матеріалів : монографія / за заг. ред. проф. С. Бойченка. Київ : «Центр учбової літератури», 2017. 452 с.

6. Фізико-хімія паливно-мастильних матеріалів / : за ред. Г. О. Сіренка. Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2017. 508 с.

7. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві / за ред. д.т.н., проф. Г.А. Голуба. Київ : НУБіП України, 2016. 226 с.

8. Anisimov V., Ryaboshapka V., Ivanovs S. Calculation of the performance indicators of machine and tractor aggregates using biofuel. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2016. 61(3). P. 16–20.

9. Калетнік Г. М. Перспективи виробництва біодизельного палива в Україні. *Економіка АПК*. 2008. №22. С. 16–19.

10. Вивчення впливу природи вихідних компонентів на властивості біодизельного палива / О. Б. Шевченко та ін. *Питання хімії та хімічної технології*. 2008. № 6. С. 93–96.

11. Обґрунтування впливу температури компонентів сумішевого палива на роботу двигуна / О. О. Галушак та ін. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. № 1 (9) С. 38–43.

12. Отримання дизельного палива з поліпшеними властивостями / О. В. Троценко та ін. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2021. 4'2021. С. 75–83.

13. Черненко П. В. Пропозиції щодо обладнання ділянки обслуговування та ремонту паливної апаратури дизельних двигунів сучасним устаткуванням. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Сер. Технічні науки*. 2023. Т. 34. (73), №1 С. 322–328.

14. Бганцев В. М. Наукові принципи підвищення ефективних показників дизелів при використанні біопалив. *Двигуни внутрішнього згорання*. 2021. 1'2021. С. 15–25.

15. Грабар І. Г., Колодницька Р. В., Семенов В. Г. Біопалива на основі олій для дизельних двигунів : монографія. Житомир : ЖДТУ, 2011. 152 с.

16. Закалов О. В., Закалов І. О. Основи тертя і зношування в машинах : навчальний посібник. Тернопіль : видавництво ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 322 с.



17. Староста В. І., Янчук О. М. Колоїдна хімія. Практикум : навч. посіб. Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2014. 360 с.

18. Grigg C. Reformulated diesel fuels and fuel injection equipment. *New fuels and vehicles for cleaner air conference*. 1994. № 6. P. 11–12.

19. Knothe G. Steidley K. Lubricity of components of biodiesel and petrodiesel. *The origin of biodiesel lubricity*. 2005. № 19. P. 1192–1200.

20. Agarwal A. K., Bijwe J., Das L. M. Effect of Biodiesel Utilization of Wear of Vital Parts in Compression Ignition Engine. *Transactions of the ASME. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*. 2003. Vol. 125. № 2. P. 604–611.

21. Яцковський В. І., Солоня О. В., Яцковська Р. О. Діагностування паливної апаратури дизельних двигунів за вібраційними характеристиками блок-картеру двигуна. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2012. № 3. С. 158-166.

References

1. Hryhorov, A.B. (2022). *Storage of oil and oil products in the conditions of oil depots*. Kharkiv-Ternopil: NTU «KhPI» [in Ukrainian].

2. Boichenko, S., Pushak, A., Topilnytskyi, P., & Leida, K. (2017). *Motor fuels: properties and quality*. Kyiv: «Tsentr uchbovoi literatury» [in Ukrainian].

3. Anisimov, V.F., & Yelenych, A.P. (2021). Features of fuel equipment design and extension of its life. *Engineering, Energy, Transport AIC*, № 2 (113). 67-77. DOI: 10.37128/2520-6168-2021-2-8 [in Ukrainian].

4. Buryk, S.M., Vorobiov, S.M., Halieieva, A.P., & Marchenko, D.D. (2015). Increasing the durability of high-pressure fuel pumps by applying coatings and their modernization. *Perspektyvna tekhnika i tekhnologii : Materialy XI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv* (pp. 164-170) - Mykolaiv: MNAU [in Ukrainian].

5. Boichenko, S., Leida, K., Mateichyk V., & Topilnytskyi, P. (2017). *Problems of chemotology. Theory and practice of using traditional and alternative fuels and lubricants*. Kyiv: «Tsentr uchbovoi literatury» [in Ukrainian].

6. Sirenko, H.O., Kyrychenko, V.I., & Sulyma, I.V. (2017). *Physico-chemistry of fuel and lubricant materials*. Ivano-Frankivsk [in Ukrainian].

7. Holub, H.A., Kukharets, S.M., Marus, O.A., Pavlenko, M.Yu., Siera, K.M., & Chuba V.V. (2016). *Bioenergy systems in agricultural production*. Kyiv: NUB&NU. [in Ukrainian].

8. Anisimov V., Ryaboshapka V., Ivanovs S. Calculation of the performance indicators of machine and tractor aggregates using biofuel. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2016. 61(3). P. 16–20. [in English].

9. Kaletnik, H.M. (2008). Prospects for biodiesel production in Ukraine. *Ekonomika APK*, 22, 16-19 [in Ukrainian].

10. Shevchenko, O.B., Tertyshyna, O.V., Karpishchenko, L.S. & Kachkurkina I.A. (2008). Study of the influence of the nature of the initial components on the properties of biodiesel fuel. *Pytannia khimii ta khimichnoi tekhnologii*, 6, 93-96 [in Ukrainian].

11. Halushchak, O.O., Burlaka, S.A. Halushchak, D.O. & Malakov O.I. (2019). Justification of the influence of the temperature of the components of the mixed fuel on the operation of the engine. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu*, 1 (9), 38-43. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-9-1-38-43> [in Ukrainian].

12. Trotsenko, O.V., Hryhorov, A.B., & Nazarov, V.M. (2021). Obtaining diesel fuel with improved properties. *Intehrovani tekhnologii ta enerhozberezhennia*, 4'2021, 75-83. doi: 10.20998/2078-5364.2021.4.08 [in Ukrainian].

13. Chernenko, P.V. (2023). Proposals regarding the equipment of the service area and repair of the fuel equipment of diesel engines with modern equipment. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Ser. Tekhnichni nauky*, T. 34 (73), 1, 322-328. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.1/48> [in Ukrainian].

14. Bhantsev, V.M. (2021). Scientific principles of increasing the efficiency of diesel engines when using biofuels. *Dvyhuny vnutrishnoho zgorannia*, 1'2021, 15-25. DOI: 10.20998/0419-8719.2021.1.03 [in Ukrainian].

15. Hrabar, I. H., Kolodnytska, R. V., & Semenov, V. H. (2011). *Oils based on oils for diesel engines*. Zhytomyr: ZhDTU [in Ukrainian].

16. Zakalov O.V., & Zakalov I.O. (2011). *Basics of friction and wear in machines*. Ternopil: vydavnytstvo TNTU im. I. Puliuia [in Ukrainian].

17. Starosta V.I., & Yanchuk O.M. (2014). *Colloid chemistry. Practicum*. Lutsk: EENU im. Lesi Ukrainky [in Ukrainian].

18. Grigg C. Reformulated diesel fuels and fuel injection equipment. *New fuels and vehicles for cleaner air conference*. 1994. № 6. P. 11–12. [in English].

19. Knothe G. Steidley K. Lubricity of components of biodiesel and petrodiesel. *The origin of biodiesel lubricity*. 2005. № 19. P. 1192–1200. [in English].

20. Agarwal A. K., Bijwe J., Das L. M. Effect of Biodiesel Utilization of Wear of Vital Parts



in Compression Ignition Engine. *Transactions of the ASME. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*. 2003. Vol. 125. № 2. P. 604–611. [in English].

21. Yaczkovs`ky`j, V.I., Solona, O.V., & Yaczkovs`ka, R.O. (2012). Diagnostics of the fuel equipment of diesel engines based on the vibration characteristics of the engine crankcase. *Vibration in engineering and technology*, 3, 158-166 [in Ukrainian].

INCREASING THE DURABILITY OF THE PLUNGER PUMPS OF THE HIGH PRESSURE DIESEL FUEL PUMP DUE TO THE USE OF BIOFUEL

The primary task of the engineering service has always been the control and forecasting of the resource of nodes and aggregates of any equipment. Solving such a task made it possible not to incur costs associated with the repair and downtime of equipment. The relevance of the work is due to the fact that most of the agricultural machinery is equipped with diesel engines, the power system of which contains the most complex, expensive and responsible units. The reliability of the fuel equipment determines the stability of power indicators, economic and environmental parameters of the equipment equipped with diesel engines. The smooth operation of the engine depends on the operation of the engine's fuel

system, which affects its vibrations, which are harmful both to the machine as a whole and to its ergonomic characteristics. On the other hand, an increase in the amplitude of vibrations indicates a malfunction of the engine, the technical condition of which is 70% dependent on the technical condition of the fuel system. Therefore, the connection of the technical state of the system with the vibrations of the power unit, which are described by the laws of harmonic oscillatory processes, can be used for diagnostic technologies by vibration methods. The article analyses the main causes of abrasive wear of plunger pairs of high-pressure fuel pumps, including the dependence of the wear mechanism on the operating temperature of these parts. The analysis of technologies aimed at increasing the durability of friction pairs, taking into account the material of the surfaces of the friction pairs, the modes of operation of the parts and the properties of the working environment, was carried out. It is proposed to use alternative biodiesel fuel made from vegetable oils as fuel. The use of biodiesel fuel is expected to improve the lubricating properties of precision parts, which will increase their resource, an indirect indicator of which can be a reduction in vibrations. This scientific work presents the results of the initiative research work 0122U002187.

Key words: diesel, fuel equipment, plunger pairs, reliability, resource, biodiesel fuel.

Відомості про авторів

Рябошапка Вадим Борисович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри агроінженерії та технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: vadym@vsau.vin.ua).

Музичук Василь Іванович – кандидат технічних наук, доцент, викладач Вінницького вищого професійного училища сфери послуг (вул. Хмельницьке шосе, 145, м. Вінниця, 21000, Україна, email: musvasil1972@gmail.com).

Івацко Вадим Петрович – магістр з автомобільного транспорту, оператор приватного акціонерного товариства "Вінницька кондитерська фабрика" (вул. Гліба Успенського, 8, м. Вінниця, 21001, Україна, email: ivatsko95@gmail.com).

Ryaboshapka Vadym – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Agricultural Engineering and Technical service of Internal Combustion Engines and Alternative Fuel Resources, Vinnitsa National Agrarian University (3, Sunny St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: vadym@vsau.vin.ua).

Muzychuk Vasyi – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Teacher of the Vinnytsia Higher Professional School of the Service Sector (145 Khmelnytske Shosse St., Vinnytsia, 21000, Ukraine, email: musvasil1972@gmail.com).

Ivatsko Vadym – Master of road Transport, Operator of the private joint-stock Company "Vinnytsia Confectionery Factory" (8 Gliba Uspenskoho St., Vinnytsia, 21001, Ukraine, email: ivatsko95@gmail.com).