

with serial disks. The coefficient of variation of unevenness of distribution of seed along a row went down from 55-73% to 37-48%.

For the pneumomassage seedmeters of a vacuum type with the fixed angular length of a vacuum chamber, rational correlation of angular length of a vacuum chamber and amount of cells of sowing disk it is necessary to count such at that there is simultaneous included of one cell in the zone of a vacuum chamber and exit of other cell from the zone of a vacuum chamber. For a pneumomassage vacuum seedmeter with angular length of a vacuum chamber 270° a rational amount of cells is 16 and 24 units.

pneumomechanical sowing unit, seeds, vacuum chamber, cells, sowing disc

Одержано (Received) 20.11.2019

Прорецензовано (Reviewed) 05.12.2019

Прійнято до друку (Approved) 23.12.2019

УДК 621.9.048.4

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.186-193>

В.Я. Ошовський, доц., канд. техн. наук, **О.І. Грабовенко**, ст., викл., **І.А. Швець**, ст. викл.

Первомайська філія національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Первомайськ, Україна

e-mail: oshovskyvikt@ukr.net, goi70@ukr.net, sheva_pm@ukr.net

Взаємодія рослинних олій з робочими контактними поверхнями деталей паливної апаратури дизельних двигунів

Виконано аналіз літературних джерел, щодо проблеми руйнування робочих поверхонь основних деталей паливної апаратури дизельних двигунів внаслідок контакту з рідкими паливами альтернативного походження. Проведено металографічне дослідження впливу контакту рослинних палив та дизельного палива на робочі поверхні деталей паливної апаратури дизельних двигунів. Здійснено аналіз впливу альтернативних палив на контактні робочі поверхні деталей диференційованим методом (до та після контакту). Зроблено аналіз отриманих результатів та надані пропозиції щодо подальших робіт по адаптації дизельних двигунів для роботи на рідких альтернативних паливах.

мікрошліф, альтернативні палива, паливна апаратура, дизельний двигун, рослинна олія, контактна поверхня, мікроскоп

В. Я. Ошовский, доц., канд. техн. наук, **А. И. Грабовенко**, ст., препод., **И.А. Швец**, ст., препод.

Первомайский филиал национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, г.Первомайск, Украина

Взаимодействие растительных масел с контактными поверхностями деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей

Выполнен анализ литературных источников по проблеме разрушения рабочих поверхностей основных деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей в результате контакта с жидкими топливами альтернативного происхождения. Проведено металлографические исследования влияния контакта растительных топлив и дизельного топлива на рабочие поверхности деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей. Осуществлен анализ влияния альтернативных топлив на рабочие контактные поверхности деталей дифференцированным методом (до и после контакта). Сделан анализ полученных результатов и представлены предложения для дальнейших работ по адаптации дизельных двигателей для работы на жидких альтернативных топливах.

микршлиф, альтернативные топлива, топливная апаратура, дизельный двигатель, растительное масло, контактная поверхность, микроскоп

© В.Я. Ошовський, О.І. Грабовенко, І.А. Швець, 2019

Вступ. Однією з ключових тенденцій в світі на сьогодні, щодо ефективного споживання та вироблення теплової енергії, залишається розширення можливостей застосування в енергетичних установках палив отриманих з відновлювальної сировини, альтернативних до палив отриманих в ході переробки сировини нафтового походження. Основними причинами такого стану речей є: кінцева вичерпність нафтової сировини в майбутньому і як наслідок цього нестабільна поведінка ціни нафти на світовому ринку, постійне зростання попиту на нафту в умовах промислового зростання країн і як наслідок зростання споживання нафти та продуктів отриманих в ході її переробки, та пошук шляхів зменшення шкідливого впливу токсичних компонентів отриманих в ході теплової утилізації нафти та її похідних на навколишнє середовище.

Альтернативні палива останнім часом набувають широкого використання в різних галузях промисловості та сільського господарства України. Так типове сучасне фермерське господарство, приймає безпосередню участь у вирощуванні, збиранні та зберіганні відновлювальної сировини, що може стати суттєвим резервом для отримання палив альтернативного походження. Як правило таке господарство має в своєму складі автотракторний парк та енергетичні установки різного функціонального призначення де силовою установкою є двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ). За умови створення повного циклу переробки такої сировини на палива альтернативні до палив нафтового походження, з'являється можливість відчутно зменшити матеріальні витрати господарств. Про можливості резервування сировини вирощеної на полі та подальшої її переробки на паливо описано в [1, 2].

Постановка проблеми. Серед рідких альтернативних палив, що мають поступово замінити палива нафтового походження, для роботи в ДВЗ все більшого розповсюдження набувають рослинні олії. Вони по своїм фізичним властивостям, та кількості виділеної енергії під час згоряння в циліндрі двигуна майже не поступаються дизельному паливу, табл. 1.

Таблиця 1 – Фізичні властивості палива дизельного палива (ДП) та ріпакової олії (РО)

№ п/п	Параметри палив	ДП	РО
1	Густина при 20 °С, в кг/м ³	830	916
2	Кінематична в'язкість при 20 °С, в мм ² /с (сСт)	3,8	75
3	Коефіцієнт поверхневого натягу при 20 °С, в мН/м	27,1	33,2
4	Нижча теплота згоряння, в кДж/кг	42,5	37,3
5	Цетанове число	45	36

Джерело: [2]

Але треба визнати, що застосування рослинних олій на базі сировини отриманої з ріпаку, сої, та інших представників сімейства хрестоцвітих в якості палива для чотиритактних поршневих ДВЗ має певну проблематику. Пов'язана вона насамперед з специфікою хімічного складу та фізичними властивостями даних олій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Так згідно даних в [3, 4, та 5] палива отримані на основі рослинної сировини та їх сумішеві модифікати при контакті з деталями паливної апаратури (ПА) можуть викликати процеси окислення робочих поверхонь та їх часткового руйнування. Так в роботі [3] наводяться результати металографічного дослідження деталей ПА після контакту з біодизельним паливом, яке є синтетичною похідною від сировини рослинного походження.

В роботі [4] наведені не лише групи деталей ПА що контактують з біодизельним паливом, але вказані найбільш поширені матеріали з яких вони виготовленні та описано негативний вплив внаслідок контакту з альтернативним паливом. Серед таких наслідків згідно даних [4, табл. 1] є:

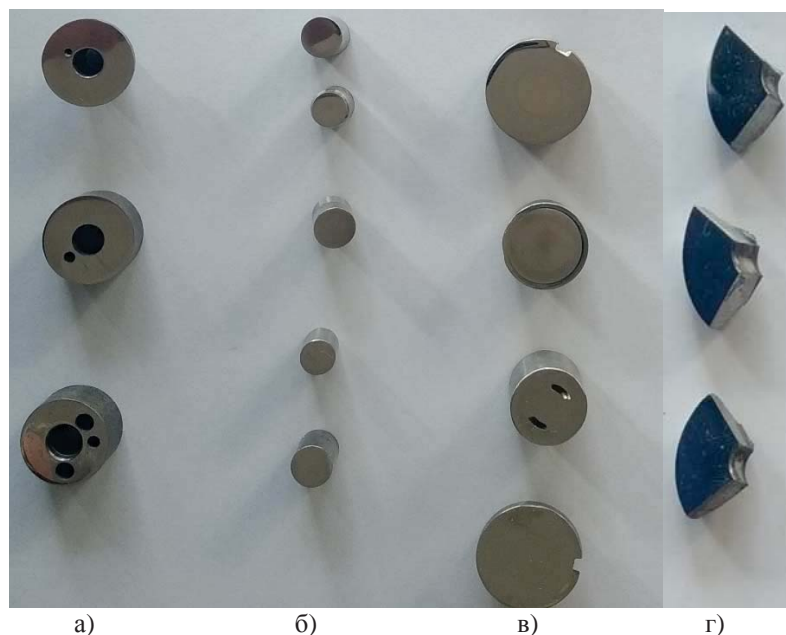
- висихання, затвердіння і руйнування гумових виробів, що входять до вузлів та складальних одиниць ПА;
- потрапляння в моторну оливу та зміна її робочих властивостей;
- корозія кольорових металів;
- утворення осаду на рухомих частинах деталей ПА з подальшою полімеризацією та коксуванням;
- забивання паперових елементів фільтрів ПА та поступовий вихід їх із ладу;
- утворення електроліту і прискорення корозії цинку;
- утворення солей органічних кислот та органічних сполук, що негативно впливають на робочі поверхні деталей ПА.

Виходячи з цього постає питання впливу альтернативних палив рослинного походження на робочі поверхні ПА дизельного ДВЗ. Тому дослідження впливу альтернативного палива з рослинних олій на робочі поверхні деталей ПА під час контакту є **актуальною проблемою**.

Постановка завдання. Відповідно метою даного дослідження є підтвердження чи спростування фактів щодо наявності/відсутності хімічного впливу рослинних олій на контактні поверхні деталей ПА дизельного двигуна під час експлуатації.

Виклад основного матеріалу. Проведення даного дослідження здійснювалось в лабораторії кафедри «Теплоенергетики та технології машинобудування» за участю співробітників кафедри «Енергетичного машинобудування» ПФ НУК. Для дослідження вищевказаного впливу на робочі контактні поверхні ПА було запропоновано наступний алгоритм:

- 1) обґрунтування та вибір дослідних зразків ПА;
- 2) підготовка їх до металографічного дослідження ;
- 3) металографічний аналіз та фотографування отриманої контактної поверхні деталей ПА;
- 4) занурення підготовлених мікрошліфів зразків з наступною витримкою їх на протязі заданого інтервалу часу та зберіганням за умов навколишнього середовища;
- 5) діставання та промивання зразків з наступним їх витиранням та подальшим металографічним дослідженням диференційованим методом;
- б) формування заключення на основі отриманих результатів металографічного дослідження.



а) розпилювач форсунки ФД-22; б) голка форсунки ФД-45; в) плунжерна пара ПНВТ з НД-24/2;
г) корпус нагнітального клапана ПНВТ типу 962-Г

Рисунок 1 – Мікрошліфи деталей та вузлів паливної апаратури дизельних двигунів різного функціонального призначення

Джерело: фото зроблено авторами

Вибір деталей ПА дизельного двигуна для металографічного дослідження базувався, виходячи з врахування наступних факторів:

- а) матеріал зразків ПА мають бути різного хімічного складу;
- б) обрані деталі ПА мають здійснювати безпосередній контакт деталей ПА з паливом під час роботи;
- в) обрані деталі ПА під час роботи знаходяться під впливом суттєвих механічних та теплових навантажень.

Для дослідження впливу палив рослинного походження на робочі контактні поверхні ПА та порівняльного аналізу було обрано наступні рідини:

- а) дизельне пальне Л-0,10-40 по ДСТУ 3868 – 99;
- б) сояшникова олія нерафінована ДСТУ 4492:2005;
- в) ріпакова олія нерафінована ДСТУ 46.072.2005;
- г) конопляна олія нерафінована ГОСТ 8989 – 73;
- д) лляна олія нерафінована ДСТУ ISO 150 – 2002;

Мікрошліфи занурювались в зазначені олії та дизельне пальне на фіксований час в 48 годин за наступних умов навколишнього середовища:

- тиск середовища $p_0 = 95,2$ кПа;
- температура середовища $t_0 = 16,4$ °С;
- відносна вологість повітря 75%;

Для дослідження взаємодії рослинних олій з контактними поверхнями деталей паливної апаратури було задіяно металографічний мікроскоп моделі МИМ-8 з цифровим монокуляром Bresser німецького виробництва. Отримані завдяки монокуляру цифрові зображення з поверхонь мікрошліфів, через USB-порт передавалися на мобільний персональний комп'ютер (ПК), і за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення оброблялися та зберігалися. На рисунку 2 представлено фото дослідного обладнання.



1 – металографічний мікроскоп МИМ-8; 2 – цифровий монокуляр Bresser;
3 – мобільний ПК для отримання та зберігання мікрофотографій; 4 – дослідний зразок

Рисунок 2 – Обладнання для цифрової металографії

Джерело: фото зроблено авторами

На рисунках 3,4 та 5 представлені мікрофотографії мікрошліфів деталей ПА апаратури дизельних двигунів до і після занурення в дослідні рідини. Видимі сліди механічної обробки (риски, раковини) не доводились виходячи з наступних міркувань:

а) деталі ПА отримані в ході промислового виробництва та вмонтовані в ПА дизельного двигуна мають параметри шорсткості набагато вище ніж отримані в ході підготовки мікрошліфів. Відповідно, при контакті з дослідною рідиною виступи та канавки шорсткої поверхні утворені в результаті механічної обробки будуть заповнюватись нею, забезпечуючи безпосередній контакт між рідиною та металом.

б) контактування рідини з робочими поверхнями ПА забезпечують сили поверхневого натягу, забезпечуючи при цьому заповнення міжвиступних канавок. Саме такий контакт палива з міжвиступними канавками дасть можливість спостерігати видимі результати електрохімічного пошкодження.

Дослідження дії рослинних та мінеральних олій на зразки деталей паливної апаратури проводилося таким чином. Зразки вирізалися з таких деталей (діючої) паливної апаратури: голка, клапан нагнітальний, корпус розпилювача, плунжерна пара та ніпель.

Досліджувана поверхня кожного зразка готувалася за методикою приготування мікрошліфів «до травлення». Поверхня шліфувалася на шліфувально-полірувальному верстаті для приготування мікрошліфів, на обертових дисках обтягнутих водостійким шліфувальним папером, змоченим водою. Потім полірувалася на фетровому диску, який змочувався водою з домішкою порошку окису алюмінію. На поверхнях зразків залишалися грубі риски попередньої обробки між якими були поліровані ділянки для дослідження можливості впливу травлення на поверхню кожного зразка рідин вказаних вище.

Досліджувалася мікроструктура декількох зразків кожної деталі в кожній олії «до травлення» та «після травлення». Травлення оліями тривало відбувалося згідно визначеного проміжку часу у 48 годин.

Суть утворення темних ділянок на поверхні розглянутих мікрошліфів при дії рослинних олій, що містять домішки розчину кислот, є в тому, що за фазовими складовими полірована поверхня сталейних деталей паливної апаратури неоднорідна. Так, евтектоїдна (0,8% С) сталь після зміцнюючої термообробки може містити фазові складові мартенсит+залишковий аустеніт, заевтектоїдна (більше 0,8%С) –

мартенсит+карбіди+ залишковий аустеніт при низькому відпусканні загартованої сталі, а при вищій температурі відпускання ферито-цементитну суміш. Сталь 40, з якої виготовлений ніпель – доевтектоїдна і містить ферит+цементит.

Різні фазові складові мають різний електрохімічний потенціал. Тому при дії рослинних олій, що містять складові насичених та ненасичених жирних кислот, мають різнопотенціальні фазові складові і утворюють катоди та аноди, між якими протікають мікроструми. Границі фазових зерен витравлюються, а поверхні окремих фаз розчиняються, утворюючи поглиблення. В результаті, на неоднорідній за фазовими складовими поверхні утворюється мікрорельєф, який розсіює або частково не відбиває світло. На фотознімках, отриманих на металографічному мікроскопі ці ділянки мають темний або сірий колір. Однорідні ділянки залишаються світлими.

Таким чином результати дослідження показали, що різні рослинні олії, які можна використовувати для роботи дизельних двигунів, по-різному діють на поверхні деталей ПА.

Так, під дією дизельного пального мікроструктура голки розпилювача та інших деталей (пошти) практично не змінилася. Сліди грубих рисок механічної обробки стали більш чіткими.

Під дією рапсового масла в структурі з'явився сірий фон, що свідчить про дію окремих домішок масла на фазові складові (мартенсит, карбіди і залишковий аустеніт) загартованої сталі через наявність в олії незначної кількості розчину кислот. Аналогічно діє рапсова олія і на нагнітальний клапан (рис.3,а), корпус розпилювача (рис.3, б) та на плунжер (рис.4, а).



Рисунок 3 – Мікроструктура зразків до і після травлення в рапсовій олії

Джерело: фото зроблено авторами

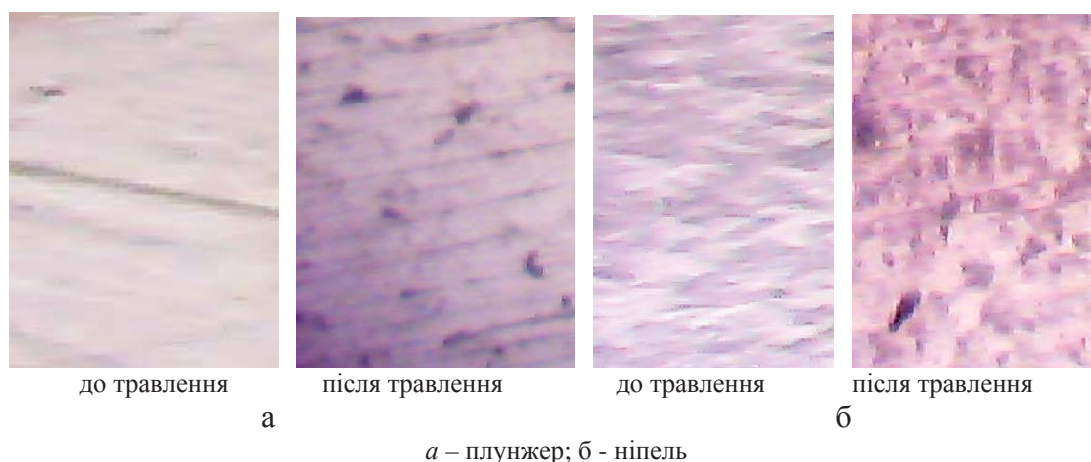


Рисунок 4 – Мікроструктура зразків до і після травлення в рапсовій олії

Джерело: фото зроблено авторами

Особливо чітко виявляється при травленні рапсовою олією мікроструктура (ферит і перліт) ніпеля, який виготовлений з доевтектоїдної сталі, що містить близько 0,4% вуглецю.

Ще більшу дію на поверхні деталей має олія льону. Так, в мікроструктурі голки виявляються світлі та темні ділянки (рис. 5, а).

Сояшникова олія теж діє, але не так інтенсивно (рис. 5, б).

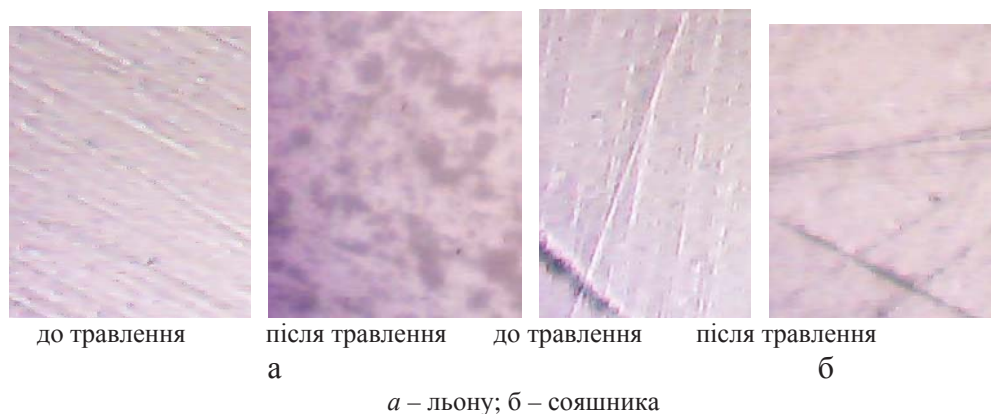


Рисунок 5 – Мікроструктура зразка голки до і після травлення в олії

Джерело: фото зроблено авторами

Висновки. Проведений аналіз впливу рослинних олій та дизельного палива на контактні робочі поверхні деталей ПА дизельних двигунів виявив що:

1) мікрошлифи деталей, які були занурені в дизельне паливо показали, що вплив дизельного палива на їх поверхню майже відсутній;

2) мікрошлифи деталей, які були занурені в рослинні олії показали наявність впливу рослинних олій (через наявність електрохімічного потенціалу на контактні поверхні ПА на фазові складові матеріалу деталей (мартенсит, карбіди і залишковий аустеніт). Найбільший вплив на фазові складові спостерігався від ріпакової та лляної олій.

Таким чином експериментально доведено, що вплив палив рослинного походження на деталі паливної апаратури через їх фізико-хімічні властивості присутній.

В зв'язку з цим доцільно продовжити дослідження впливу альтернативних палив із рослинних олій, та відповідно розширити поле експериментальної діяльності. Для цього пропонується наступне:

- а) збільшити кількісний асортимент дослідних олій;
- б) збільшити тривалість дослідження впливу рослинних олій на робочі поверхні ПА;
- в) оцінити вплив на фізико-хімічні властивості зазначених альтернативних палив від зміни зовнішніх чинників.

Список літератури

1. Адаменко О., Височанський В., Лютко В., Михайлов М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: підручник для енергетичних і екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів: підручник / під ред. докт. техн. наук, проф. В. Лютко. Івано-Франківськ: "Полум'я", 2000. 225 с.
2. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г., Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. Харків: Новое слово, 2007. 452 с.
3. Митков Б., Юдовинский В., Митков В. Влияние свойств биотоплива на эффективность и надежность работы дизельного двигателя. *Транспорт, экология – устойчивое развитие*: материалы

- XVI науч.-техн. конф. с межд. участием, 20–22 мая 2010 г. Варна, Болгария. 2010. С. 407–415.
4. Мельник В.М., Войцехівська Т.Й., Сумер А.Р. Дослідження основних техніко-експлуатаційних характеристик альтернативних видів палива для дизельних ДВЗ. *Наукові праці ВНТУ. секція Машинобудування та транспорт*. 2018. № 2. С. 62-74.
 5. Третяк В.М., Большут В.С., Ганженко О.М., Мазуренко А.М. Ефективність використання пального рослинного походження для живлення двигунів внутрішнього згорання сільськогосподарських машин. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип.19. С. 163-167 с.

Referencis

1. Adamenko, O., Vysochans'kyj, V. L'otko, V. & Mykhajlov, M. (2000). *Al'ternatyvni palyva ta inshi netradytsijni dzherela enerhii: pidruchnyk dlja enerhetychnykh i ekolohichnykh spetsial'nostej vyschykh navchal'nykh zakladiv [Alternative fuels and other non-traditional energy sources]*. V. L'otko (Ed.). Ivano-Frankivs'k, "Polum'ia" [in Ukrainian].
2. Devjanin, S.N., Markov, V.A. & Semenov, V.G. (2007). *Rastitel'nye masla i topliva na ih osnove dlja dizel'nyh dvigatelej [Vegetable oils and fuels based on them for diesel engines]*. Harkiv: Novoe slovo [in Russian]
3. Mitkov B., Judovinskij V., Mitkov V. (2010). Vlijanie svojstv biotopliva na jeffektivnost' i nadezhnost' raboty dizel'nogo dvigatelja [Influence of biofuel properties on efficiency and reliability of diesel engine operation]. *Transport, ecology - sustainable development: XVI nauch.-tehn. konf. s mezhd. uchastiem (20–22 maja 2010 g.) – XVI Scientific and Technical Conference with International Participation* (pp. 407-415). Varna, Bolgarija [in Russian]
4. Mel'nyk, V.M., Vojtsekhivs'ka, T.J. F& Sumer, A.R. (2018). Doslidzhennia osnovnykh tekhniko-eksploatatsijnykh kharakterystyk al'ternatyvnykh vydiv palyva dlja dyzel'nykh DVZ [Investigation of the basic technical and operational characteristics of alternative fuels for diesel engines]. *Naukovi pratsi VNTU – Scientific works of VNTU*, 2, 62-74 [in Ukrainian].
5. Tretiak V.M., Bol'but V.S., Hanzhenko O.M., Mazurenko A.M. Efektyvnist' vykorystannia pal'noho rosllynnoho pokhodzhennia dlja zhyvlennia dvyhuniv vnutrishn'oho zghoriannia sil's'kohospodars'kykh mashyn [Efficiency of the use of fuel of vegetable origin for powering internal combustion engines of agricultural machines]. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovykh buriakiv – Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet*. 2013. Vyp.19. S. 163-167 [in Ukrainian].

Viktor Oshovsky, PhD tech. sci., **Olexandr Grabovenko**, Senior Lecturer, **Igor Shvets**, Senior Lecturer
Pervomaisk Branch of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Pervomaisk, Ukraine

Interaction of Vegetable Oils with the Contact Surfaces of Parts of Diesel Equipment of Diesel Engines

A number of published sources point to the problem of the chemical effect of liquid fuels of alternative origin on the metal structure of fuel equipment parts. This in turn creates certain problems in the operation of internal combustion engines using alternative fuels.

In this regard, the question of studying the chemical effect of alternative fuels of plant origin on the structure of metals in diesel engine fuel equipment has become urgent. In the course of studying this issue, an analysis of literature on the problem of the destruction of the working surfaces of the main parts of the fuel equipment of diesel engines as a result of contact with liquid fuels of alternative origin was performed. Metallographic studies of the effect of contact between vegetable fuels and diesel fuel on the working surfaces of parts of fuel equipment of diesel engines have been carried out. The analysis of the influence of alternative fuels on the working contact surfaces of parts using a differentiated method (before and after contact) is carried out.

The analysis of the results obtained showed the presence of such an effect on the phase components of the material (martensite, carbides and residual austenite) of the parts of the fuel equipment. The greatest influence on the structure of metals was revealed during the contact of the experimental samples with rapeseed and linseed oil. In this regard, it is planned to continue the experiment with expanding the amount of vegetable oils used.

micro grinder, alternative fuels, fuel equipment, diesel engine, vegetable oil, contact surface, microscope

Одержано (Received) 16.10.2019

Прорецензовано (Reviewed) 06.11.2019

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019