

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Ефективність використання модифікатора тертя в
трибоспряженнях циліндро-поршневої групи**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-1-23

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Брандзе Богдан Ігорович

Керівник: _____ Макаренко Дмитро Олександрович

Рецензент: _____

ДНІПРО – 2024

5. Перелік демонстраційного матеріалу

Мета і задачі досліджень. Обґрунтування теми (4 аркуші, А4). 2. Обладнання для виконання досліджень (1 аркуш, А4) 3. Результати стендових досліджень та випробувань ефективності модифікатору тертя (5 аркуші, А4) 5. Техніко-економічні показники роботи (1 аркуш, А4). 6. Висновки (1 аркуш, А4).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Макаренко Д.О., доцент		
нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 11.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядовий	до 30.12.2024 р.	
2	Програма, устаткування, обладнання та методики виконання досліджень	до 07.10.2024 р.	
3	Експериментальний	до 31.10.2024 р.	
4	Охорона праці	до 08.11.2024 р.	
5	Економічне оцінка роботи	до 20.11.2024 р.	
6	Демонстраційна частина	до 06.12.2024 р.	

Студент

(підпис)

Богдан БРАНДЗЕ

((ім'я та прізвище))

Керівник роботи

(підпис)

Дмитро МАКАРЕНКО

(ім'я та прізвище)

УДК 621.2

АНОТАЦІЯ

Брандзе Б.І. Ефективність використання модифікаторів тертя в трибоспряженнях циліндро-поршневої групи двигуна / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024 р.

В дипломній роботі виконано аналіз існуючих методів підвищення довговічності (зносостійкості) деталей ДВЗ. Проаналізовано вплив мастильного середовища на режими роботи та довговічність ДВЗ. Розглянуто основні показники роботи ДВЗ та методи їх підвищення. Розроблено програму, наведено устаткування, обладнання та методики досліджень. Встановлено, що введення присадки на основі метолокераміки, дозволяє незначно знизити витрату оливи та підвищити величину надлишкового тиску. Обґрунтовано ефективність використання модифікатора тертя для моторної оливи, як ревіталізанту для деталей циліндро-поршневої групи. Розглянуто вимоги безпеки праці при виконанні досліджень. Виконано економічну оцінку дипломної роботи.

Ключові слова: моторна олива, ревіталізант, методи безрозбірного відновлення, величина надлишкового тиску, двигун внутрішнього згорання, шорсткість поверхні.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	<u>8</u>
1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДВЗ ТА ІСНУЮЧИХ МОДИФІКАТОРІВ ТЕРТЯ.....	<u>10</u>
1.1 Методи підвищення довговічності (зносостійкості) деталей ДВЗ.....	<u>10</u>
1.2 Аналіз впливу мастильного середовища на режими роботи та довговічність ДВЗ.....	<u>14</u>
1.3 Огляд існуючих присадок (модифікаторів тертя) для оливи ДВЗ та їх сфери застосування.....	<u>17</u>
1.4 Обґрунтування теми дипломної роботи.....	<u>23</u>
2. ПРОГРАМА, ОБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	<u>25</u>
2.1 Програма та основні завдання досліджень.....	<u>25</u>
2.2 Обладнання та методики проведення досліджень.....	<u>27</u>
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	<u>33</u>
3.1 Результати дослідження величини надлишкового тиску ДВЗ.....	<u>33</u>
3.2 Результати визначення витрати моторної оливи ДВЗ.....	<u>35</u>
3.3 Результати трибологічних стендових досліджень модифікатора тертя (ревіталізанту).....	<u>36</u>
3.4 Результати дослідження поверхонь тертя.....	<u>39</u>
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	<u>44</u>
4.1 Загальні поняття охорони праці.....	<u>44</u>
4.2 Шкідливі та небезпечні фактори при проведенні досліджень.....	<u>45</u>
4.3 Дії при виникненні надзвичайної ситуації (пожежі).....	<u>46</u>

5. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ.....	<u>47</u>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	<u>51</u>
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	<u>53</u>
ДОДАТКИ.....	<u>57</u>

ВСТУП

Більшість виробників автотранспортної та самохідної сільськогосподарської техніки особливу увагу акцентують на довговічності її роботи. Забезпечити високий рівень надійності (довговічності) машин можна шляхом поєднання оптимального співвідношення конструкції деталі або спряжень машин та матеріалів із яких вони виготовлені. На початковому етапі одержання деталі, її надійність в майбутньому, буде залежати від якості вихідного матеріалу (заготовки), відповідності розмірів та якості обробки поверхні.

Середньорічні витрати на виконання ремонту транспортних засобів в Україні значно перевищують 50 млрд. грн. Витрати на виконання ремонтних робіт часто перевищують вартість нового агрегату чи механізму. Навіть досконала конструкція виробу та забезпечення високої якості виготовлення деталей та збирання машин не завжди може забезпечити її тривалу роботу. Режимми експлуатації та якістю виконання робіт з ТО та ремонту машин мають вирішальний вплив на довговічність роботи. Тому, особливу увагу необхідно приділяти питанню щодо експлуатаційних методів підвищення довговічності трибоспряжень машин, зокрема використання якісних мастильних матеріалів та суворе дотримання вимог системи ТО. Проте, навіть повне забезпечення цих вимог не може повністю захистити деталі трибоспряжень від зносу.

Безрозбірне відновлення зношених деталей машин є одним із способів відновлення справності (працездатності), що має незначну вартість та достатню ефективність, за певних умов, зокрема незначних величин зносу трибоспряжень. Серед відомих методів відновлення поверхонь, широкого розповсюдження одержали методи, що пов'язані із введенням спеціальних компонентів в зону тертя рухомих з'єднань. Наприклад, для ДВЗ, це введення спеціальних присадок або модифікаторів тертя в систему мащення двигуна. Однак реальна ефективність таких присадок залежить від званої кількості факторів: знос деталей ЦПГ, КШМ та ін. Крім того, ефективність використання

присадок в системі мащення двигуна буде залежати від режимів експлуатації (температура зовнішнього середовища, вологість повітря, якість моторної оливи та ін.), які привести до певних рамок майже не можливо.

Тому, метою роботи є дослідження показників роботи ДВЗ при введенні в систему мащення модифікатора тертя та визначення його ефективності щодо відновлення деталей циліндро-поршневої групи.

Вказана мета дослідження буде досягнута вирішенням наведених нижче задач:

1. Проаналізувати методи підвищення довговічності (зносостійкості) деталей ДВЗ. Розглянути вплив мастильного середовища на режими роботи та довговічність ДВЗ. Провести огляд існуючих присадок (модифікаторів тертя) для оливи ДВЗ.

2. Розробити програму, навести прилади, обладнання та методики досліджень.

3. Обґрунтувати ефективність використання модифікатора тертя для моторної оливи, як ревіталізанту для деталей циліндро-поршневої групи.

4. Розглянути вимоги безпеки праці при виконанні досліджень.

5. Навести економічну оцінку дипломної роботи.

Об'єкт дослідження. Процеси зміни величини надлишкового тиску та режимів тертя при внесенні в моторну оливу ДВЗ присадки-ревіталізанту.

Предмет дослідження. Закономірності зміни параметрів та показників роботи ДВЗ при внесенні в систему мащення присадки-ревіталізанту.

Методи досліджень. Визначення показників роботи ДВЗ та стендові дослідження оливи з введенням присадки-ревіталізанту проводили на основі стандартних методик. Практична цінність одержаних результатів полягає в обґрунтуванні ефективності застосування присадки-ревіталізанту для відновлення деталей циліндро-поршневої групи ДВЗ.

1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДВЗ ТА ІСНУЮЧИХ МОДИФІКАТОРІВ ТЕРТЯ

1.1 Методи підвищення довговічності (зносостійкості) деталей ДВЗ

Більшість виробників автотранспортної та самохідної сільськогосподарської техніки, як на показник якості, звертають увагу на довговічність її роботи. В загальному розумінні, довговічністю називають властивість об'єкту зберігати стан, при якому забезпечується виконання функцій механізму або машини до настання граничного стану за умови дотримання вимог системи технічного обслуговування та ремонту. При цьому, довговічність роботи кожної окремо взятої машини буде мати стохастичних характер. Найбільший вплив на вказаний параметр будуть мати умови та режими експлуатації механізму або машини. Крім експлуатаційних режимів роботи на довговічність вагомий вплив має якість матеріалів технологічні режими одержання деталей машин та процесів пов'язаних із збиранням механізму або машини.

Забезпечити високий рівень надійності (довговічності) машин можна шляхом поєднання оптимального співвідношення конструкції деталі або спряжень машин та матеріалів із яких вони виготовлені. На початковому етапі одержання деталі, її надійність в майбутньому, буде залежати від якості вихідного матеріалу (заготовки), відповідності розмірів та якості обробки поверхні.

Середньорічні витрати на виконання ремонту транспортних засобів в Україні значно перевищують 50 млрд. грн. Витрати на виконання ремонтних робіт часто перевищують вартість нового агрегату чи механізму. За характером виникнення розділяють поступові та раптові відмови. Раптові відмови неможливо передбачити, так як вони зумовлені втратою міцності від втоми, внутрішніми дефектами матеріалів одержаних за рахунок відхилень в технологічних процесам одержання заготовок чи термічної обробки деталей.

Поступові відмови пов'язані із поступовим спрацювання поверхонь деталей внаслідок зношування. Такі відмови, можна передбачити, шляхом проведення діагностування під час експлуатації машин і обладнання.

Основними мобільними технічними засобами в сільському господарстві є трактора та вантажні автомобілі. Їх надійність багато в чому залежить від надійності двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ). Потужності заводів з виробництва нових тракторів становлять чверть від загальної потужності заводів, які займаються виготовленням нової техніки, запасних частин та їх ремонтом [1]. В той час як на частку ремонтних потужностей припадає майже 45 %. Основною причиною цього є невисока довговічності сучасних машин, що пов'язана із загальною світовою тенденцією (відпрацював гарантійний термін, і потрібно ремонтувати або купувати нову машину).

Вченими встановлено [1], що затрати часу протягом всього терміну експлуатації автомобілів розподіляються таким чином: виготовлення – 1,5 %, проведення робіт з ТО 45 %, проведення поточного ремонту – 46 %, виконання робіт з капітального ремонту 7%.

Відомо, що основною причиною втрати працездатності механізмів та машин є знос [1, 2]. Тому, підвищення зносостійкості поверхонь тертя ДВЗ є актуальним завданням сучасного машинобудування.

Методи підвищення зносостійкості можна розділити на декілька основних груп (напрямків):

- 1. Конструктивні (так звана першопричина) пов'язані із вибором оптимальних матеріалів деталей, допусків та посадок, шорсткості поверхонь, мастильних матеріалів та ін. На практиці, можна частково підвищити довговічність механізму навіть за умови не зовсім вдалої конструкції, за рахунок підбору оптимальних матеріалів для її деталей. Наприклад, використовувати певних трибоспряженнях елементи із самозмащувальних полімерно-композитних матеріалів (ПКМ), які не потрібно змащувати в процесі роботи [3, 4]. Одним із напрямків удосконалення конструкцій рухомих з'єднань є розробка вузлів, що

мають можливість щодо саморегулювання в процесі роботи (автоматизовані системи контролю технічного стану із можливістю впливу на параметри трибоспряжень);

- 2. Технологічні методи засновані на оптимізації властивостей матеріалів із яких виготовляють деталі машин. Властивості майбутньої деталі починають формуватися ще на етапі лиття заготовок, потім в процесі обробки вони удосконалюються або адаптуються до конкретних умов експлуатації механізму;
- 3. Експлуатаційні (пов'язані із заходами підвищення довговічності безпосередньо під час експлуатації механізмів і машин) методи підвищення довговічності механізмів реалізуються шляхом вчасного та якісного проведення ТО, оптимального підбору витратних матеріалів при проведенні ТО та ремонту, експлуатації машин відповідно до рекомендованих заводом виробником режимів.

Конструктивні методи підвищення зносостійкості містять такі етапи:

- аналіз схеми роботи рухомих з'єднань та їх вплив на довговічність машини;
- оптимізація вибору матеріалів деталей, що труться;
- впровадження заходів спрямованих на оптимізацію режимів роботи (навантажень, величини коливань та ін.);
- створення (у разі необхідності) систем для мащення та захисту пар тертя від негативного впливу навколишнього середовища (пил, волога та ін.);
- розробка систем захисту (запобіжників) на випадок аварійної ситуації;
- створення технічних засобів для діагностування стану трибоспряжень.

Відповідно до наведеної інформації стає очевидним, що реалізувати вказані технологічні прийоми або заходи можливо тільки в умовах спеціалізованих підприємств.

Серед технологічних методів підвищення довговічності найбільш розповсюджені такі:

- одержання заготовок матеріалу із запроєктованими властивостями;
- дотримання вимог щодо точності виготовлення готових деталей;
- застосування різноманітних способів зміцнення верхніх шарів деталей трибоспряжень;
- висока якість складальних робіт.

Навіть досконала конструкція виробу та забезпечення високої якості виготовлення деталей та збирання машин не завжди може забезпечити її тривалу роботу. Режими експлуатації та якість виконання робіт з ТО та ремонту машин мають вирішальний вплив на довговічність роботи. Тому, особливу увагу необхідно приділяти питанню щодо експлуатаційних методів підвищення довговічності трибоспряжень машин.

Серед вище розглянутих методів найбільш оптимальним є симбіоз одразу всіх методів, спираючись на результати реальної експлуатації машин та відмов, що виникають. Проте, конструкторські та технологічні методи потребують значних капіталовкладень або суттєвих змін у технологічних процесах плавки металів чи технологічних ліній з обробки деталей. Тому, вони застосовуються тільки у випадках значної невідповідності планової довговічності та реальної (значні рекламації на гарантійному терміні експлуатації). Розглянемо одні із найбільш розповсюджених способів підвищення довговічності деталей шляхом обробки їх поверхонь тертя (як термічна обробка, так і нанесення спеціальних матеріалів або сполук) [5-7]. Одним із таких способів є термодифузійні методи, що пов'язані із насичення поверхневих шарів деталі різними елементами: цементація, хромування та ін. Такі методи дозволяють без змін геометричних розмірів деталей виконати зміцнення їх поверхневих шарів або створити спеціальне покриття для захисту від інтенсивної дії кислот чи інших агресивних середовищ. Подальшим розвитком в даному напрямку стало використання газової цементації.

Крім того, для забезпечення підвищення міцності поверхонь використовують такі способи як ціанування (витримка деталей у ваннах, що містять ціаністий калій), іонна хіміко-термічна обробка (бомбардування поверхні деталі позитивними іонами та її азотування газами), лазерне зміцнення поверхонь та хіміко-термічна обробка високочастотними струмами.

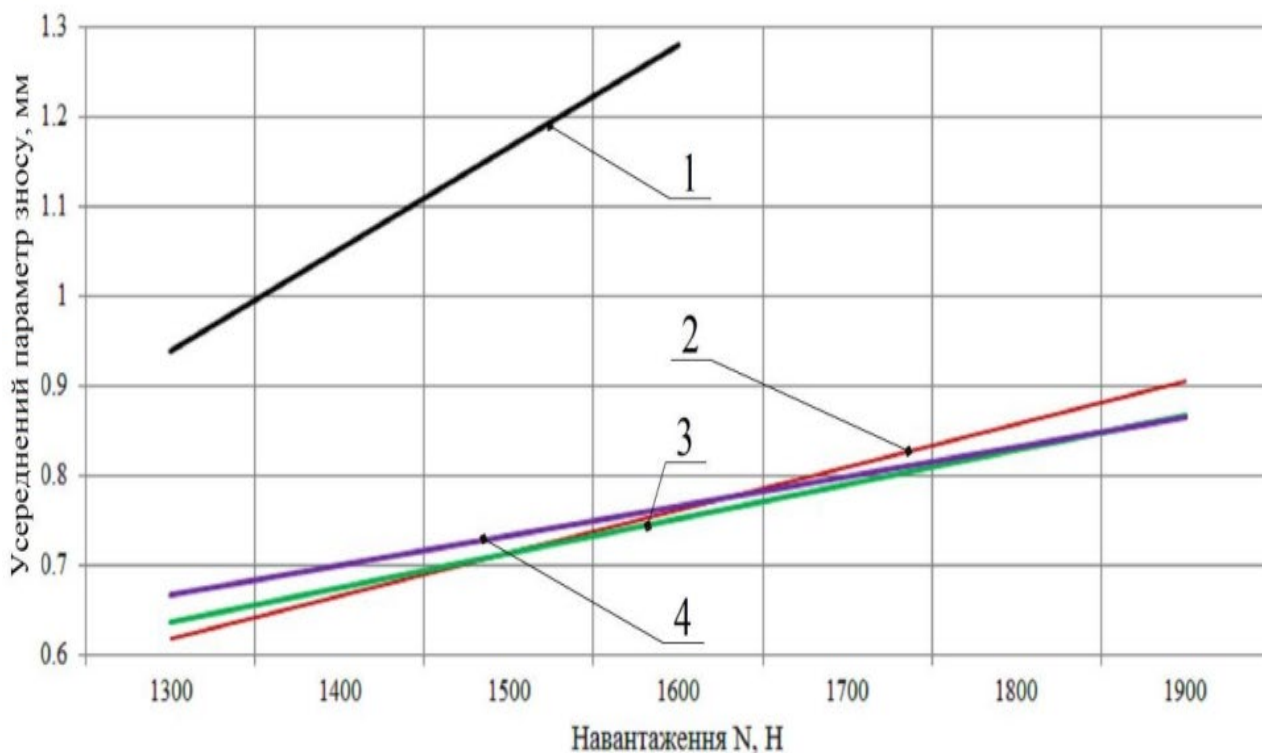
Експлуатаційний метод дозволяє значно підвищити довговічність механізмів та машин. Зокрема, використання якісних мастильних матеріалів призводить до суттєвих змін в режимах тертя трибоспряжень. Введення мастильних матеріалів, навіть незначної кількості – десятка частка мікрометра, різко знижує силу тертя, в десятки разів. При цьому інтенсивність зношування може знизитися в сотні або навіть тисячу разів.

1.2 Аналіз впливу мастильного середовища на режими роботи та довговічність ДВЗ

Сучасні мастильні матеріали, крім базових компонентів або так званої «базисної» мастила, мають значну кількість різноманітних присадок, що спрямовані на зменшення зносу, мінімізації задирів та ін. Для цього використовують різні матеріали, як природнього та і штучного походження [9-13].

У дослідженнях [9] розглянуто характер зміни зовнішніх швидкісних характеристик ДВЗ при введенні присадок до моторної оливи. Найбільший приріст потужності досліджуваного двигуна зафіксовано при використанні дисульфиду молібдену. Крім цього, введення модифікаторів тертя дозволяє зменшити момент, що виникає на початку пуску двигуна і відповідно навантаження на деталі механізмів в даному режимі роботи.

У роботі [10] детально досліджено вплив різних модифікаторів тертя на властивості базових моторних оливи та характеристики двигунів внутрішнього згорання. Зокрема, протизносні властивості оливи зростають в рази, що буде мати позитивний ефект на надійність ДВЗ, що працюють на модифікованій оливі (рис. 1.1).



Джерело [10]

Рисунок 1.1 – Залежність середнього значення зносу від навантаження:
1 – базове мастило (без модифікаторів тертя), 2-4 – мастило, що містить модифікатори тертя.

Введення модифікаторів тертя дозволяє суттєво змінити властивості мастильного середовища та підвищити довговічність трибоспряжень. При цьому, кожен із модифікаторів тертя дозволяє отримати певні результати протягом нетривалого терміну роботи. Пов'язано це із «спрацюванням» присадок, в результаті чого необхідно постійно поповнювати концентрацію таких елементів або сполук в зоні тертя.

Одним із важливим модифікаторів тертя є матеріали на основі фулерену. Фулерени – це одна із форм вуглецю. Одним із найвідоміших фулеренів є фулерен C_{60} , що має форму футбольного м'яча. Цей матеріал має низький коефіцієнт тертя, здатність до переносу на поверхні тертя із зони тертя та накопичення у впадинах (шорсткість) поверхонь, що взаємодіють. Одержання цього матеріалу дороге вартісне, один грам готового фулерену може коштувати тисячі доларів США. Проте, його використання доцільне, як модифікатора

тертя до мастильних матеріалів, наприклад моторних та трансмісійних оливо. В роботах [12-14] досліджено вплив геомодифікаторів на основі фулерену на тертя та зношування трибоспряжень, що працюють в середовищу мащення. Доведено ефективність таких модифікаторів щодо зниження коефіцієнту тертя та часткового «вирівнювання поверхні». Проте, такі присадки дають тимчасовий ефект та не дозволяють одержати сталого результату без їх подальшого використання.

Серед модифікаторів тертя значну популярність отримали матеріали на основі дисульфиду молібдену. Присадки на його основі дозволяють суттєво знизити інтенсивність зношування та зменшити час припрацювання трибоспряжень ДВЗ [15, 16]. Інколи сплави такого матеріалу використовують для нанесення на поверхні тертя шляхом наплавлення, напилення або легування. При цьому, такі технологічні прийоми мають значну собівартість та стають доцільними для застосування обмеженої сфери машинобудування.

Крім вище вказаних присадок широкого розповсюдження набули присадки в моторну оливу на основі металокераміки або перліту. Введення таких матеріалів до моторної оливи дозволяє при потраплянні в зону тертя виконувати перенесення метало керамічних частинок в зони із найбільшим навантаженням. Таким чином, елементи присадки починають накопичуватися на зношених елементах трибоспряжень [17]. При досягненні певного накопичення відбувається збільшення площі контакту, і відповідно зменшення питомого тиску, що сповільнює процес подальшого накопичення присадки в зоні тертя. Відбувається так зване «саморегулювання» перерозподілу активної присадки в зони із найбільшим тиском, між парами тертя.

Відповідно до проведеного вище аналізу очевидно, що найбільш простішим методом підвищення довговічності пар тертя, із точки зору реалізації, є застосування експлуатаційних методів. Зокрема, виробники мастильних матеріалів та присадок пропонують значне їх різноманіття.

1.3 Огляд існуючих присадок (модифікаторів тертя) для оливи ДВЗ та їх сфери застосування.

Розглянемо деякі із модифікаторів тертя, які представлені в Україні. Умовно їх можна розділити на присадки, які повинні зменшувати момент (коефіцієнт) тертя та величину зносу, присадки для відновлення поверхонь тертя, та так звані кондиціонери металу.

Одним із розповсюджених модифікаторів тертя є дисульфід молібдену. Його використовують як протизносні присадки для мастила (в значній концентрації) (рис. 1.2) [18, 19].

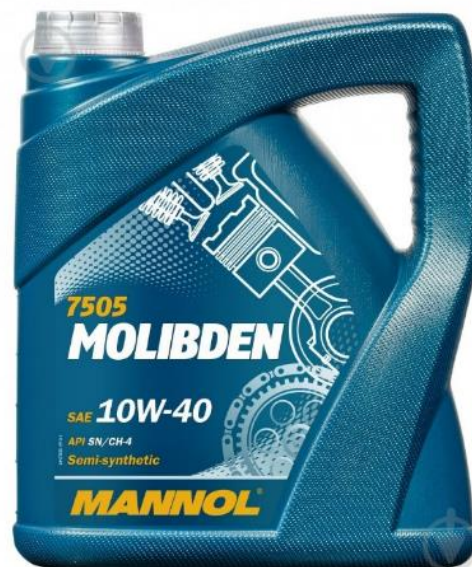


Рисунок 1.2 – Протизносні присадки в моторну оливу на основі дисульфиду молібдену виробництва: а – Mannol; б – Liqui Moly.

Окрім використання молібдену, як присадки, що потрібно вносити в систему мащення, деякі виробники пропонують для споживачів моторну оливу із доданим до її складу дисульфиду молібдену у незначних кількостях. Такими оливами є Luxe Molybden, Mannol Molibden, Liqui Moly MoS2 та ін. (рис. 1.3)



а



б



в

Рисунок 1.3 – Моторні оливи, що містять дисульфід молібдену в своєму складі: а – Luxe Molybden; б – Mannol Molibden; в – Liqui Moly MoS₂

Даний елемент має властивість щодо значного зниження коефіцієнту тертя трибоспряжень при потраплянні на їх поверхні. При зниженні коефіцієнту тертя знижується відповідно і момент тертя, як результат це

призводить до зменшення затрат енергії на тертя, що позитивно впливає на витрату палива ДВЗ. Крім того, молібден знижує знос, та запобігає заклинюванню трибоспряжень, так як створює додаткову плівку на поверхнях тертя товщиною у декілька мікрон.

Щодо окислення даного матеріалу, то для цього потрібно дуже високі температури на рівні вище 3500° С. Тому, ніяких процесів окислення молібдену у ДВЗ не відбувається.

Даний компонент у мастилі дозволяє запобігти серйозному пошкоджені рухомих з'єднань двигуна навіть у випадку тимчасового або коротко термінованого масляного голоду (наприклад у випадку пошкодження масляної системи та витоку з неї оливи).

За рахунок зниження коефіцієнту тертя, дана присадка дозволяє зменшити рівень шуму, що виникає при роботі двигуна.

Недоліком даного компоненту, як присадки, є те що вона не зв'язується з поверхнями тертя, створюючи додатковий шар. Відповідно така діє не дозволяє одержати навіть незначного відновлення зношених поверхонь тертя. Саме тому, виробники рекомендують використовувати такі присадки на постійній основі, додаючи їх щоразу при заміні моторної оливи.

Друга група присадок, що запропонована до огляду є кондиціонери металу (рис. 1.4) [20-22].

Кондиціонером металу називають присадки в мастило (моторну, трансмісійну чи гідравлічну оливи), що дозволяють змінювати режими тертя поверхонь на основі заліза. Деталі трибоспряжень обов'язково повинні містити залізо, так як при його терті навіть по іншим матеріалів виникають магнітні поля, що дозволяють реалізувати процеси дії присадки. Кондиціонери металу не повинні змінювати властивості основної оливи, а забезпечувати зміни на поверхнях тертя за рахунок створення оптимальних тробологічних їх властивостей. Тому, вони можуть використовуватися зі всіма типами та класами олив.



Рисунок 1.4 – Кондиціонери металу виробництва: а – XADO Maximum; б – SMT; в – Energy Release

При використанні таких присадок (рис. 1.4) відбувається формування на поверхні тертя дуже тонкого захисного шару. Цей захисний шар виникає за умови присутності магнітного поля (виникає при терті металів), та взаємодії водню з оливи та компонентів кондиціонера. Кондиціонери металів містять солі заліза, що також приймають участь в процесах створення захисних шарів на трибоспряження. Захисний шар на поверхнях має незначний опір на здвиг та значний опір на стиск, тому захисне покриття не дозволяє навіть за значного навантаження контактувати поверхням тертя між собою (тільки через створений захисний шар).

Такі матеріали фактично створюють спеціальні режими тертя, що забезпечують менший коефіцієнт тертя, знос та підвищують довговічність трибоспряжень.

Недоліками таких матеріалів є те, що вони створюють захисні шари на поверхнях тертя тимчасово, тільки під час їх безпосередньої участі в зоні тертя. Після зупинки двигуна, та зникненні тертя (поля) утворена плівка руйнується (розкладається). Крім того, кондиціонери тертя мають значно вищу в'язкість, у

порівнянні із моторними оливами. Тому, після запуску двигуна необхідно не менше 10...15 хв часу для утворення нової стабільної захисної плівки на поверхнях тертя. Як і більшість присадок, кондиціонер металу має свій ресурс, і з часу потребує додаткового його внесення в систему мащення. При цьому, деякі виробники вказують досить значний ресурс таких матеріалів, який може сягати 100 тис. км пробігу.

Третьою групою присадок, які розглянемо є присадки, що здатні створювати відносно постійні захисні шари на поверхнях тертя. До них можна віднести присадки на основі металокераміки (карбідів металів). Одними із найбільш розповсюджених таких матеріалів у Україні є виробництва Xado та Megaforce (рис. 1.5), Liqui Moly та Pro-Tec (рис. 1.6).



Рисунок 1.5 – Присадки до моторної оливи що позиціонуються виробниками для відновлення зношених поверхонь тертя деталей: а – XADO EX120 Revitalizant; б – Megaforce



Рисунок 1.6 – Присадки до оливи, що містять наночастинки (відповідно до даних виробника): а – Liqui Moly CeraTec; б – Pro-Tec Nano Engine Protect & Seal

Наведені вище присадки мають схожі властивості. Розглянемо особливості кожної з них, що вказані виробником.

Виробник XADO позиціонує свою присадку із назвою EX120 Revitalizant, як присадку в склад якої входить металокераміка [23] або їх ще називають карбідами металів. Елементи присадки при потраплянні в зону тертя починають відкладатися на пошкоджених поверхнях, заповнюючи впадини та покриваючи поверхні тертя надтонким шаром металокерамічного покриття. Це дозволяє частково відновити зношені поверхні деталей ДВЗ. Найбільш ефективно така присадка працює в спряженнях ЦПГ та КШМ, так як вони працюють за найбільших навантажень. В результаті чого зростає величина надлишкового тиску (компресія), знижується витрата оливи та незначно частково витрата палива. При цьому, утворене покриття проникає та зв'язується з поверхневими шарами металу, тому має високий опір на здвиг. Товщина утвореного покриття зазвичай не перевищує величину від декількох мікрон до декількох десятків мікрон.

Серед недоліків присадки EX120 Revitalizant слід вказати необхідність проведення трьох етапів обробки двигуна. При цьому, вартість комплексу присадок для відновлення буде коштувати орієнтовно 1100...1200 грн. Тому, першочерговим питанням стає доцільність, з економічної точки зору її використання. Зрозуміло, що ефект від використання вказаної присадки буде залежати від конкретного стану ДВЗ та його трибоспряжень.

Виробник присадки Megaforce [24] для відновлення ДВЗ також позиціонує свій продукт, як такий, що дозволяє відновити поверхні тертя та зменшити знос за рахунок використання наночастинок природнього походження. Позитивні аспекти щодо збільшення компресії та зменшені витрати палива повинна забезпечити введення присадки в систему мащення ДВЗ. Даний виробник також позиціонує, що в склад присадки входять поверхнево-активні речовини, що виконують завдання очищення трибоспряжень та захисту їх від надмірного зносу.

Присадки виробництва Liqui Moly CeraTec та Pro-Tec [25, 26] також створені на основі мікрокераміки та молібдену. Кожен цей компонент призначений для певних функцій. Металокерамічні елементи відновлюють поверхні тертя, а молібден значно знижує момент та коефіцієнт тертя.

Ефективність та розглянутих вище присадок залежить від значної кількості факторів, що обумовлені ступенем зносу кожного окремо взятого трибоспряження ДВЗ та режимами його експлуатації. Реально визначити ефективність можна тільки за рахунок порівняння певних параметрів роботи ДВЗ до внесення присадки в систему мащення та після її введення. Крім того, бажано виконати стендові дослідження процесів тертя в лабораторних умовах.

1.4 Обґрунтування теми дипломної роботи

Безрозбірне відновлення зношених деталей машин є одним із способів відновлення справності (працездатності), що має незначну вартість та достатню ефективність, за певних умов, зокрема незначних величин зносу

трибоспряжень. Серед відомих методів відновлення поверхонь, широкого розповсюдження одержали методи, що пов'язані із введенням спеціальних компонентів в зону тертя рухомих з'єднань. Наприклад, для ДВЗ, це введення спеціальних присадок або модифікаторів тертя в систему мащення двигуна. Однак реальна ефективність таких присадок залежить від званої кількості факторів: знос деталей ЦПГ, КШМ та ін. Крім того, ефективність використання присадок в системі мащення двигуна буде залежати від режимів експлуатації (температура зовнішнього середовища, вологість повітря, якість моторної оливи та ін.), які привести до певних рамок майже не можливо.

Тому, метою роботи є дослідження показників роботи ДВЗ при введенні в систему мащення модифікатора тертя та визначення його ефективності щодо відновлення деталей циліндро-поршневої групи.

Вказана мета дослідження буде досягнута вирішенням наведених нижче задач:

1. Проаналізувати методи підвищення довговічності (зносостійкості) деталей ДВЗ. Розглянути вплив мастильного середовища на режими роботи та довговічність ДВЗ. Провести огляд існуючих присадок (модифікаторів тертя) для оливи ДВЗ.
2. Розробити програму, навести прилади, обладнання та методики досліджень.
3. Обґрунтувати ефективність використання модифікатора тертя для моторної оливи, як ревіталізанту для деталей циліндро-поршневої групи.
4. Розглянути вимоги безпеки праці при виконанні досліджень.
5. Навести економічну оцінку дипломної роботи.

2. ПРОГРАМА, ОБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма та основні завдання досліджень

Сучасні двигуни вдосконалюються впровадженням різних систем керування режимами їх роботи, контролем та коригуванням вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах, системами само діагностування та ін. В процесі експлуатації самохідної техніки, за рахунок тертя, відбувається знос її трибоспряжень. Величина зносу рухомих з'єднань залежить від режимів роботи (навантаження, швидкість ковзання) та якості використання мастильних матеріалів. Саме останні, мають найбільший вплив на довговічність трибоспряжень. Деталі ЦПГ та КШМ сприймають найбільші навантаження, що діють в ДВЗ. Саме тому, вони зазвичай досягають стану граничного зносу першочергово. Граничний знос деталей ЦПГ призводить до зменшення потужності, що розвиває двигун, перевитрати палива, підвищеної витрати моторної оливи та ін. Тому, при граничному стані цих деталей необхідно виконувати відновлювані роботи.

Серед способів відновлення деталей ЦПГ найбільш ефективні це виконання ремонтних робіт із заміною спрацьованих деталей на нові або безрозбірне відновлення (за умови граничного, а не критичного зносу).

Безрозбірне відновлення може застосовуватися при граничному стані деталей. У деяких випадках, відновлення може використовуватися навіть за умови номінального розміру деталей трибоспряжень для подовження їх ресурсу.

Таке відновлення є більш доцільним з економічної точки зору, так як відсутня необхідність розбирання машини (вузла) та вартість проведення незначна.

Програма робіт складалась із таких етапів:

- підготовка приладів, обладнання та витратних матеріалів для

- проведення досліджень;
- дослідження величини витрати моторної оливи та величини компресії до внесення модифікатора тертя;
 - введення модифікатора тертя в моторну оливу та проведення обкатування ДВЗ;
 - дослідження величини витрати моторної оливи та величини компресії після внесення модифікатора тертя;
 - дослідження трибологічних властивостей модифікатора тертя на спеціальному обладнанні;
 - аналіз одержаних результатів та оформлення висновків щодо проведених досліджень.

На основі виконаних досліджень, в роботі буде надано висновки щодо ефективності застосування модифікатору тертя на основі металокераміки для відновлення деталей ЦПГ та її вплив на показники роботи двигуна.

Для досліджень обрано модифікатор тертя або ревіталізатор XADO EX120 Revitalizant (рис. 2.1), що в якості основного компоненту містить металокерамічні мікроелементи (за інформацією виробника). Загальний об'єм даної присадки становить 9 мл, і розрахований на двигуни із системою мащення об'ємом від 3 до 10 л. Таким чином, можна вважати, що концентрація присадки може бути від 3мл/л до майже 1мл/л моторної оливи.



Рисунок 2.1 – Ревіталізатор XADO EX120, який обрано для проведення досліджень

2.2 Обладнання та методики проведення досліджень

Визначення величини надлишкового тиску в циліндрах ДВЗ.

Величина надлишкового тиску є узагальнюючою величиною на основі якої можна зробити висновок про стан ЦПГ та механізму газорозподілу. Недоліком даного параметра є те, що на його величину впливає значна кількість факторів (теплові зазори в газорозподільчому механізмі, знос поршневих та масло знімних кілець, стан поверхонь стінок циліндрів). Для вимірювання вказаного параметра використовують компресиметри. У дослідження для визначення величини компресії використовували автомобільний компресиметр виробництва ХЗСО (рис. 2.2), з діапазоном вимірювання 0...16 кгс/см². Для досліджень буде використано двигун автомобіля Daewoo Sens.

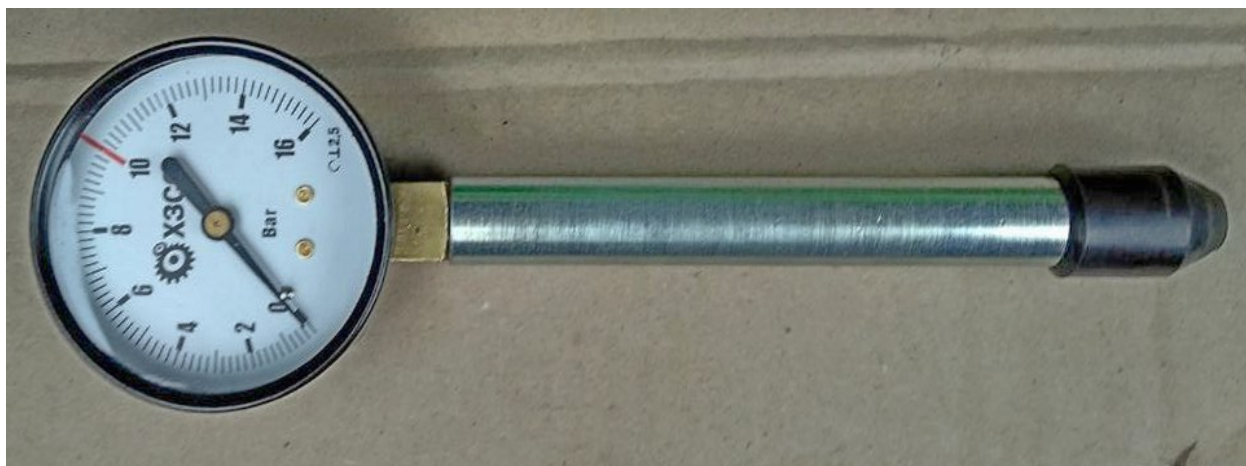


Рисунок 2.2 – Автомобільний компресиметр виробництва ХЗСО

Компресиметр складається із корпусу в середині якого виконаний канал для з'єднання манометра та наконечника із гумовим конусом для встановлення в отвір свічки запалювання. В середині приладу є зворотній клапан, що розміщений у нижній частині. Цей клапан відкривається при створенні надлишкового тиску та закривається у випадку його відсутності. Таким чином, при русі поршня з нижнього положення створюється надлишковий тиск який передається до манометра, і його стрілка вказує величину компресії. При русі поршня з верхньої мертвої точки в нижню створюється розрідження і зворотній

клапан закривається, що дозволяє зафіксувати стрілку манометра на максимальному значенні вимірювальної величини. Зворотній клапан має можливість примусового відкриття вручну для скидання вимірних показників та встановлення компресиметра на 0.

Методика визначення величини надлишкового тиску містить такий порядок дій:

1. Необхідно виконати прогрівання ДВЗ до робочої температури та дати його охолонути до температури 30...40° С.
2. Після охолодження двигуна потрібно викрутити свічки запалювання та відключити модулю або котушку запалювання від електричної мережі автомобіля (для уникнення їх виходу з ладу).
3. Закрити отвори свічок запалювання, для яких зараз не виконується вимірювання надлишкового тиску, тканиною для унеможливлено потрапляння в них сторонніх предметів та вильоту з них паливно-повітряної суміші.
4. Перевірити чи встановлено манометр компресиметра на 0, якщо ні, то за допомогою натискання на зворотній клапан, встановити показання манометра на 0.
5. Встановити наконечник приладу в отвір свічки запалювання циліндра, що перевіряється.
6. Протягом 3...4 секунд прокручувати стартером ДВЗ, за умови відкритої дросельної заслінки та зафіксувати величину надлишкового тиску. Тривалість прокручування може бути більшою, а саме до встановлення стабільних показань компресиметра. При цьому тривалість роботи стартера не повинна перевищувати 7...10 с.
7. Після фіксації результатів величини компресії, необхідно за допомогою зворотного клапану встановити стрілку манометру на 0 та перейти до виконання вимірювань величини надлишкового тиску для інших циліндрів ДВЗ.

Якщо під час дослідження стрілка компресиметра не фіксується в певному положенні, то це вказує на несправність зворотного клапану та необхідність виконання його ремонту або заміни.

Величину втрати моторної оливи виконували шляхом фіксації її середнього рівня відповідно до міток щупа та пробігу автомобіля. Після пробігу 1000 км, моторну оливу доливали до раніше встановленої «контрольної» позначки. Витрату оливи визначали в л/1000 км шляхом ділення обсягу долитої оливи до контрольної мітки після пробігу авто 1000 км. Для забезпечення ідентичних умов роботи без модифікатора тертя та з ним, пробіг та витрата мастила фіксувалися в умовах міста та за умови руху за типовим маршрутом.

Стендові дослідження впливу модифікатора тертя моторної оливи на трибоспряження виконували на машині тертя СМЦ-2. Загальний вигляд машини тертя СМЦ-2 наведено на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Машина СМЦ-2

Дослідження впливу присадки до моторної оливи виконували на вказаній машині за схемою типу «диск-колодка» (діаметр диску 50 мм) за стандартною методикою [3, 4]. Загальний вигляд дослідних зразків наведено на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Зразки для дослідження на тертя та знос

Режими дослідження:

- питомий тиск: режим притирання – 5 МПа, режим випробувань – 7 МПа;
- швидкість ковзання – 0,785 м/с;
- тривалість припрацювання – 60 хв.;
- тривалість випробувань – 60 хв.

Припрацювання виконували в базовому середовищі – моторній оливі всесезонного використання 10W40.

Перед виконанням досліджень проводили визначення шорсткості зразків за допомогою профілометра. Для створення ідентичних умов стендових випробувань припрацювання трибоспряжень виконували в одному середовищі.

Коефіцієнт тертя розраховували за виразом:

$$f = \frac{M_{кр}}{N \cdot \Delta}, \quad (3.1)$$

де $M_{кр}$ – крутний момент, який виникає при тертя двох експериментальних зразків, Н·м (фіксується самописцем);

N – навантаження на трибоспряженні, Н;

Δ – крок паперу самописця, м., $\Delta = 0,0025$ м.

Температуру в околі тертя фіксували електронним логером температури Easy Logger USB (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Easy Logger USB

Логер температури попередньо налаштовували за допомогою спеціального програмного забезпечення та далі працює за встановленим алгоритмом. По завершенню дослідження, інформація з логера температури зчитується та перетворюється в масив даних для подальшої обробки та аналізу.

Шорсткість поверхонь тертя визначали за допомогою тестера шорсткості Walcom SRT-6210 (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Тестер шорсткості Walcom SRT-6210 із досліджуваними зразками

Даний прилад дозволяє визначати декілька параметрів, зокрема R_a , R_z , R_q , R_t . Визначення величини шорсткості відбувається за допомогою спеціального датчика із алмазною пірамідкою, що ковзає по вимірювальній поверхні [27]. Принцип датчика – індуктивний (зміна параметру в залежності від переміщення у вертикальній площині).

Обов'язковим етапом, перед використанням тестера шорсткості, є його калібрування (перевірка правильності показань, відповідно до реальних значень) [27]. Для цього в комплекті з приладом постачається пластинка із еталонної (відомою) шорсткістю.

Визначення шорсткості досліджуваних зразків виконували до та після тертя з п'яти кратним повторюванням, за остаточний результат прийняли середнє значення без показань, що мають значні відхиленням.

Дослідження поверхонь тертя виконували на інструментальному мікроскопі із застосуванням цифрової камери та програмного забезпечення для персонального комп'ютера.

Величину зносу зразків визначали, як різницю між початковою масою (до дослідження) та кінцевою (після дослідження) на аналітичних терезах.

Відповідно до вказаних вище методик проведені дослідження, результати яких висвітлено в наступному розділі роботи.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати дослідження величини надлишкового тиску ДВЗ

Величина надлишкового тиску або компресія – це узагальнений показник технічного стану ЦПГ та газорозподільчого механізму ДВЗ. За допомогою цього параметру (непрямий метод) можна оцінити технічний стан деталей вказаних механізмів. Як знизена величина компресії, так і підвищення її відносно номінального значення може бути пов'язано із зносом деталей ЦПГ або втрата працездатності.

Якщо величина компресії перевищує номінальне значення, вказане у технічній документації, то це може вказувати на залягання масла знімних кілець або втрати їх пружності. В результаті чого, мастило цими кільцями не знімається зі стінок циліндра, забезпечуючи додаткове ущільнення між спряженнями стінки циліндра-кільця-поршень. Слід зазначити, що при такій несправності зазвичай спостерігається збільшення вигорання мастила, що залишається на стінках циліндра, і його рівень в картері двигуна зменшується.

Зниження величини надлишкового тиску, менше допустимого рівня, може бути пов'язано із втратою пружності поршневих кілець, їх зносом, а також фізичним їх руйнуванням. Крім того, низьке значення компресії може бути пов'язане із негерметичністю прилягання клапанів газорозподілу, їх прогоранням (утворення у них тріщин чи отворів).

Саме тому, саме визначення величини компресії, не є тим показником, за допомогою якого можна визначити дійсний технічний стан деталей ЦПГ та механізму газорозподілу. Проте, на основі такого діагностування можна дізнатися загальний стан ДВЗ та основних його механізмів. Крім того, у випадку виконання ремонтних робіт чи проведення відновлення окремих деталей, можна оцінити їх вплив на загальний стан двигуна.

Відповідно до технічної документації до двигуна MeM3-307, досліджуваного автомобіля, номінальне значення величини компресії становить

– 1,2 МПа. Визначення величини компресії виконували після прогрівання двигуна до номінальної температури та його охолодження до температури 25...30 °С. Досліджувану величину вимірювали при експлуатації ДВЗ на чистому мастилі марки Zic 5 10W40, та спостерігали за її динамікою, після внесення в систему мащення присадки XADO EX120 Revitalizant.

Методика обробки ДВЗ ревіталізатором містила таку послідовність.

Відповідно до рекомендацій виробника присадки, обробка двигуна виконувалася в три етапи. Перед внесенням присадки двигун прогрівали до номінального теплового режиму. Наступним етапом було внесення вмісту флакону із присадкою в масло заливну горловину двигуна. Після цього двигун залишали працювати на холостому ході протягом 10 хвилин. Далі, без зупинки двигуна автомобіля проїжджали мінімум 15 км. Подальша експлуатація авто до пробігу мінімум 150...200 км, після введення присадки, виконувалася в штатному режимі. Після пробігу вказаної мінімальної відстані автомобілем (150...200 км), виконували повторну обробку ДВЗ ревіталізатором XADO EX120, відповідно до вище вказаної послідовності. Третій етап обробки ДВЗ виконували аналогічно до першого та других етапів. Результати визначення величини надлишкового тиску наведені на рис. 3.1.

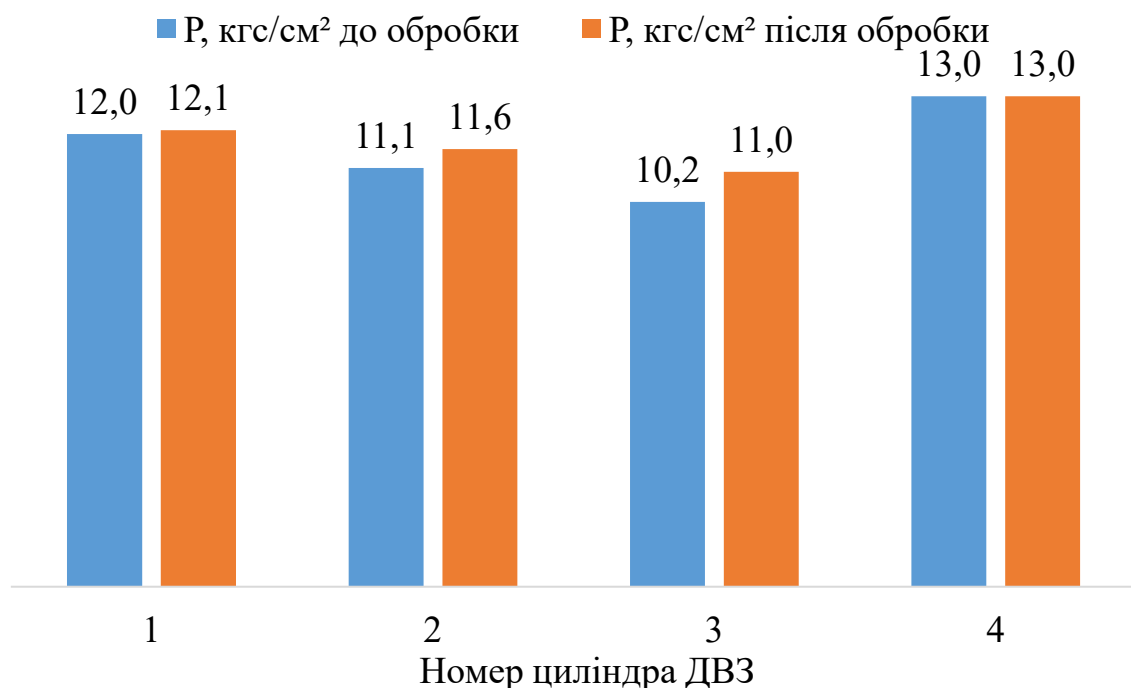


Рисунок 3.1 – Результати визначення величини надлишкового тиску

Виробник заявляє, що повністю виконаною обробкою двигуна можна вважати у випадку пробігу авто більш ніж 1500 км, після виконання всіх етапів внесення присадки. Вимірювання величини компресії після введення ревіталізанту та пробігу автомобіля – 1745 км.

Встановлено, що введення ревіталізанту до моторної оливи призводить до вибіркового підвищення величини компресії (рис. 3.1). Так, для другого та третього циліндру досліджувана величина зросла на 4,5 % та 7,8 % відповідно. При цьому, для першого та четвертого циліндрів зростання величини надлишкового тиску було, або відсутнє, або зовсім незначне.

3.2 Результати визначення витрати моторної оливи ДВЗ

Виконані вимірювання витрати моторної оливи до введення ревіталізанту та після цього шляхом доливання мастила до певної мітки на щупу та контролю пробігу за одометром. Обсяг мастила вимірювали медичним шприцом, що дозволяє стверджувати про точність визначення необхідного обсягу. Результати визначення витрати моторної оливи наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Результати визначення витрати моторної оливи ДВЗ

№ з/п	Режим експлуатації	Загальний показник одометра, км		Пробіг, км	Втрата мастила, мл	Витрата мастила, мл/1000 км
		попередній	поточний			
1	місто		187214			
1	місто	187214	188105	891	500	561
2	за містом	188105	188670	565	500	885
Виконано повну обробку ДВЗ введенням присадки до оливи						
3	місто	188670	189652	982	400	407
4	за містом	189652	190415	763	450	590

Встановлено, що обробка ДВЗ присадкою XADO EX120 Revitalizant, призводить до зменшення витрати моторної оливи двигуна MeM3-307 за умови експлуатації: в міському режимі на 27 % (з 561 мл до 407 мл/1000 км); у замському циклі на 33,3 % (з 885 мл до 590 мл/1000 км). Таким чином, можна вважати, що введення ревіталізанту дозволяє зменшити витрату оливи в середньому на 30 %, що є досить вагомим позитивним ефектом. Крім того, після внесення присадки, на мою суб'єктивну думку, зафіксовано зменшення рівня шуму при роботі ДВЗ на холостому ході. Слід зауважити, що для більш точного визначення тривалості одержаного ефекту необхідно виконати ресурсні випробування для значно більшого пробігу.

3.3 Результати трибологічних стендових досліджень ефективності модифікатора тертя (ревіталізанту)

Для визначення трибологічних властивостей досліджуваного модифікатора тертя визначали динаміку моменту (коефіцієнт) тертя, а також температури оливи.

Момент тертя фіксували вимірюванням напруги з датчиків за допомогою цифрового мультиметру під'єданого до машини тертя СМЦ-2. Мультиметр дозволяє з високою точністю визначати необхідний параметр в автоматичному режимі із завчасно встановленим кроком фіксації моменту тертя.

Режими стендових досліджень:

- питомий тиск у режимі припрацювання – 3,5 МПа;
- питомий тиск у режимі досліджень – 5 МПа;
- лінійна швидкість – 0,785 м/с;
- шлях тертя – 4,7 км (тривалість – 100 хв.).

Результати визначення моменту тертя для умов тертя в середовищі чистої оливи наведено на рис. 3.2, та з додаванням ревіталізанту на рис. 3.3.

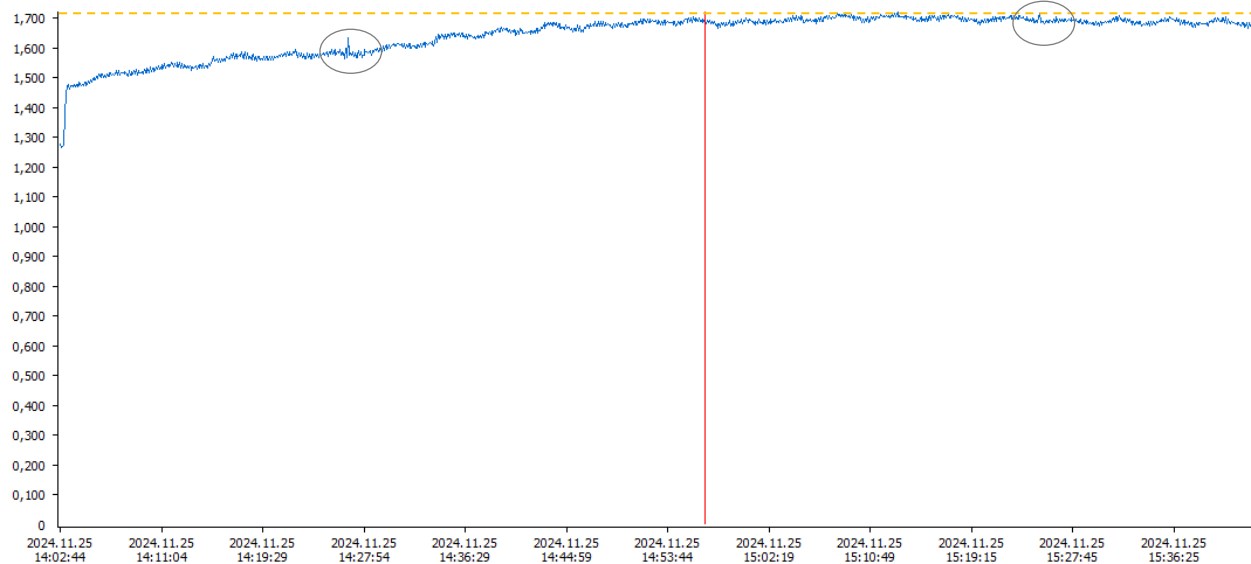


Рисунок 3.2 – Динаміка моменту тертя при терті зразків в чистій оліві

Одержані результати свідчать, про відсутність суттєвої різниці у величині моменту тертя (коефіцієнту тертя) при терті в чистій оліві та за умови додавання модифікатору тертя.

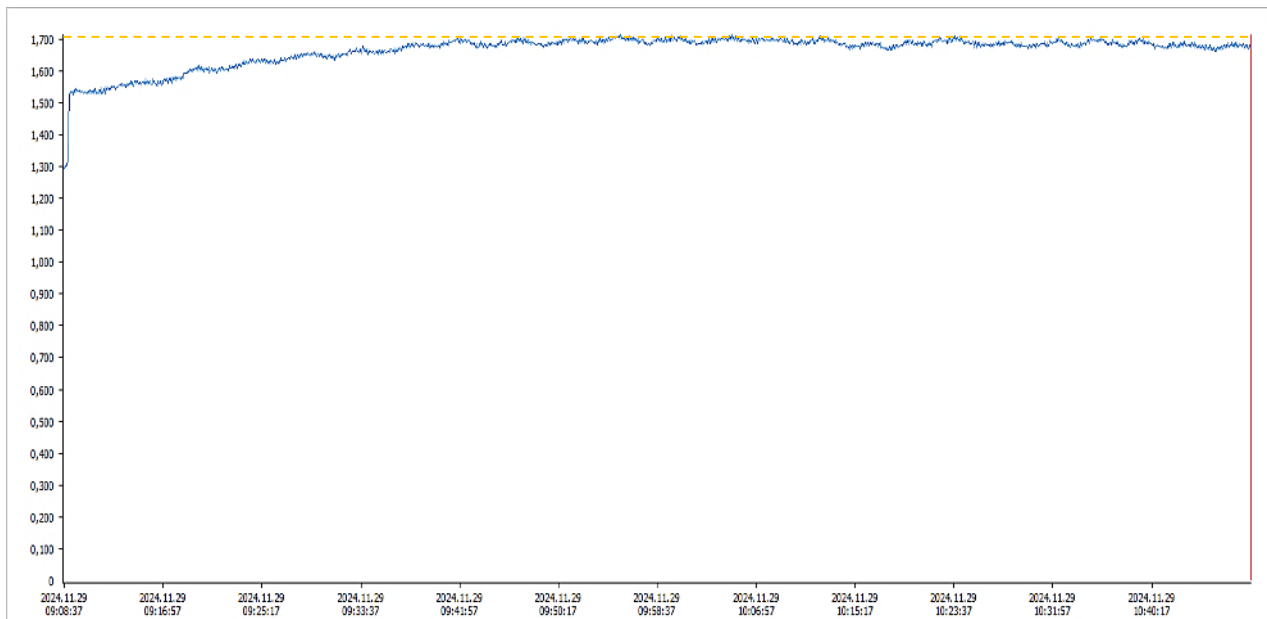


Рисунок 3.3 – Динаміка моменту тертя при терті в оліві із додаванням ревіталізанту

Встановлено, що при терті в чистій оліві, момент тертя стабілізувався тільки через 50...55 хв тертя. При цьому, за умов тертя з додаванням присадки, стабілізація моменту тертя зафіксовано вже через 35...40 хвилин.

Досліджуваний показник за умови тертя в оливі, без додавання ревіталізатору, мав короточасні стрибки або піки (виділені зони на рис. 3.2), що вказують на утворення задирів або схоплення. За цих умов досліджень також зафіксовано більшу амплітуду моменту тертя при терті в чистій оливі, у порівнянні із тертям з додаванням присадки. Це може бути свідченням нестабільних властивостей оливи або роботи базового комплексу присадок, що входять до її структури.

Дослідженнями динаміки температури оливи при терті без додавання модифікатору тертя (рис. 3.4) та після його внесення (рис. 3.5), не зафіксовано значної різниці досліджуваного показника.

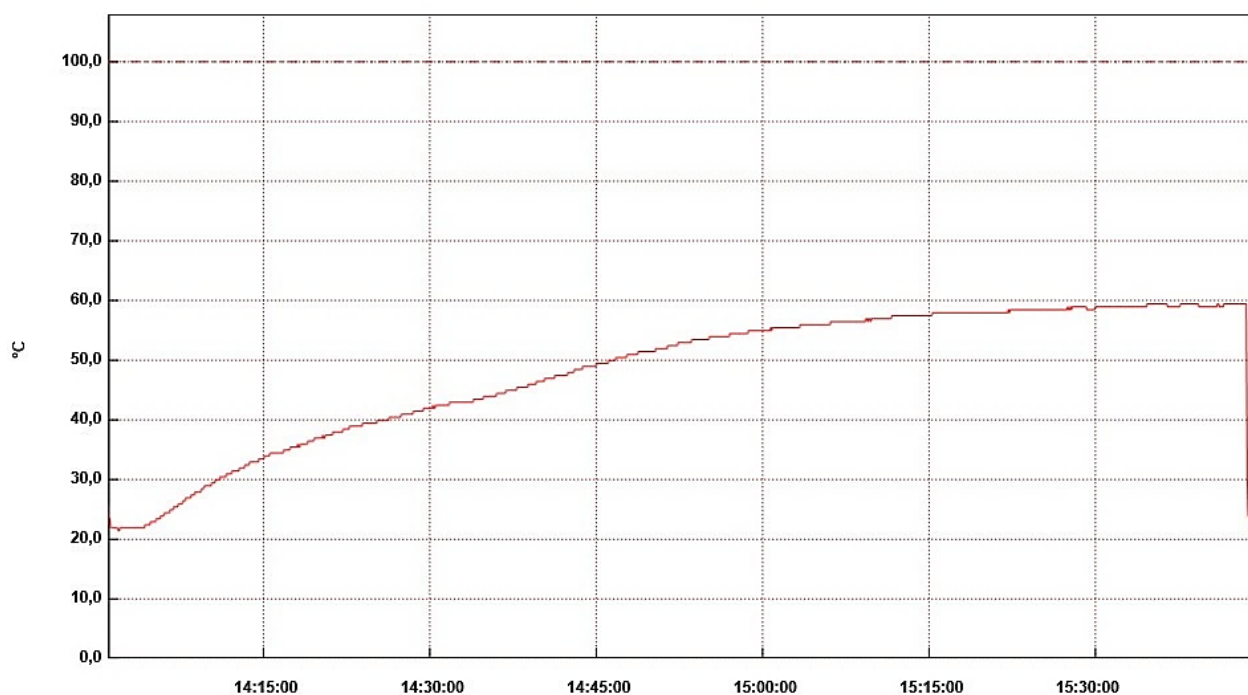


Рисунок 3.4 – Динаміка температури при терті в середовищі чистої оливи

Модифікатор тертя вводили через пів години після початку тертя в чистій оливі. Саме з цим, скоріше всього пов'язано, різке зменшення температури протягом 5 хв після внесення присадки до чистої оливи (виділена зона на рис. 3.5).

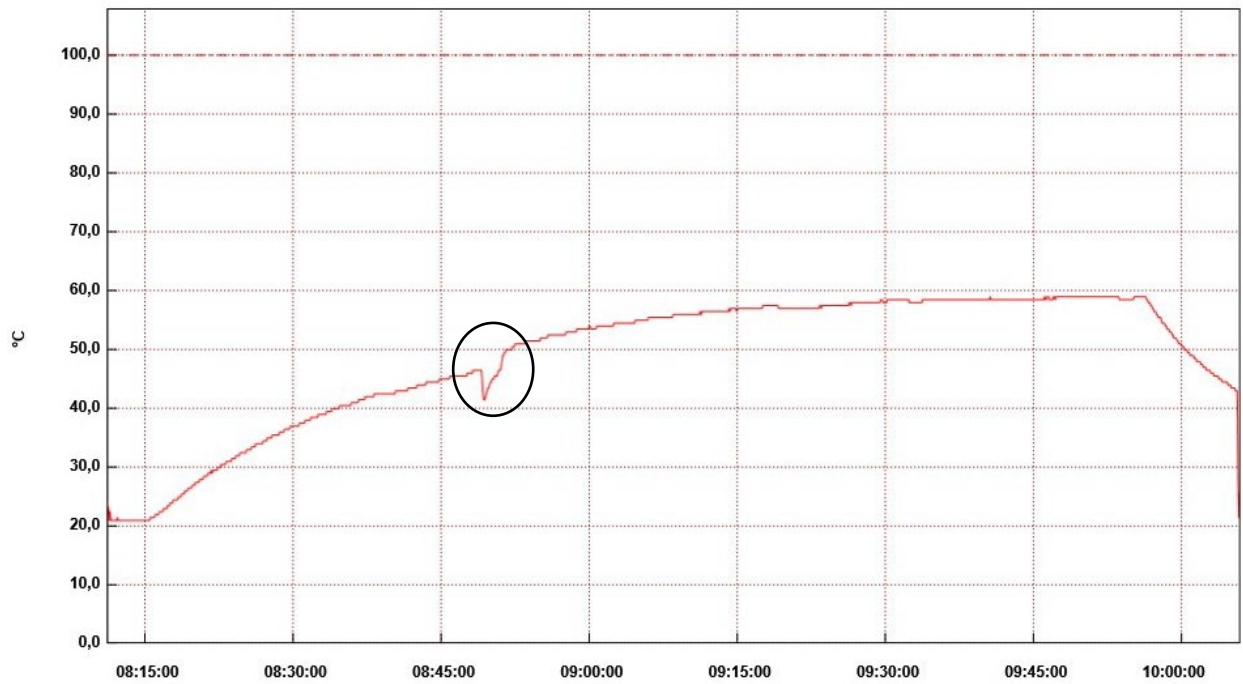


Рисунок 3.5 – Динаміка температури при терті в середовищі оливи та модифікатора тертя

Температура в кінці безперервного тертя протягом 100 хвилин для чистої оливи становила 59,5 °С, а для оливи із ревіталізантом – 59,0 °С.

3.4 Результати дослідження поверхонь тертя

Аналіз поверхонь тертя є одним із аспектів комплексного дослідження впливу введення присадки до моторної оливи. Перед початком тертя, зроблені мікрофото поверхонь диску та контр тіла (рис. 3.6). На них чітко можна побачити значну кількість смуг, що є «піками» після механічної обробки зразку, чорні смуги – ніщо інше як впадини або борозни (рис. 3.6). Шорсткість поверхонь досліджуваних зразків визначали за методикою наведеною вище. Саме цей показник є одним із основних, який впливає на тривалість припрацювання поверхонь.

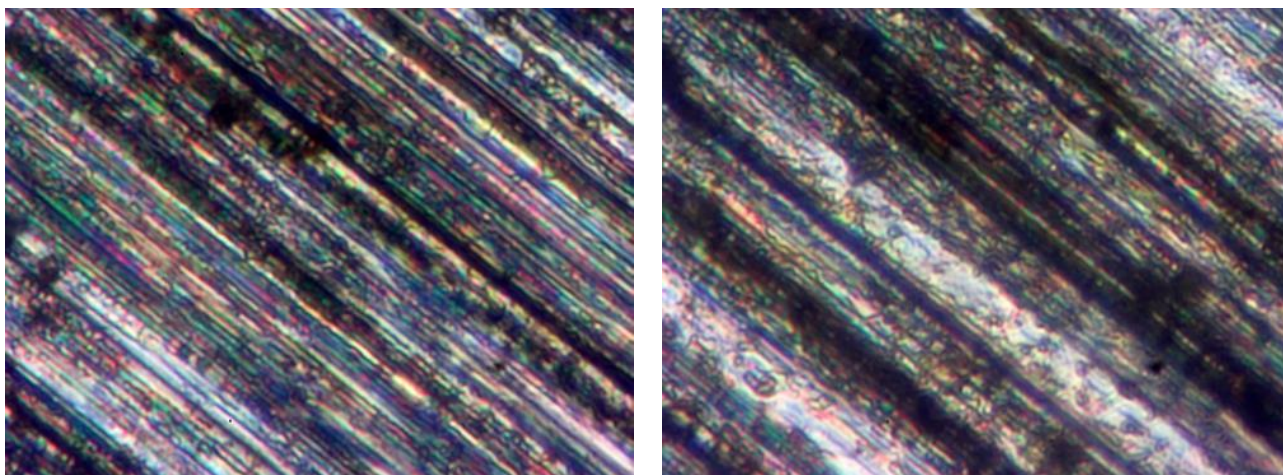
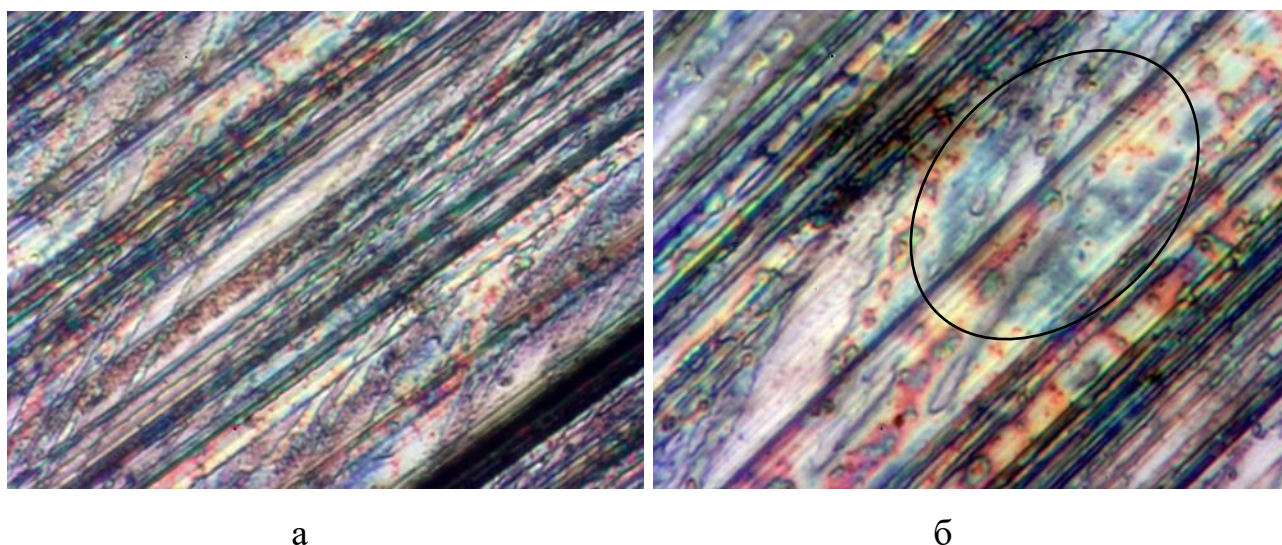


Рисунок 3.6 Металографічні знімки поверхні сталевих зразків до тертя

Припрацювання виконували в середовищі мастила за питомого тиску 3,5 МПа. Тривалість припрацювання становило 20 годин. Мікрофото поверхонь тертя після завершення припрацювання та після тертя в середовищі оливи з присадкою наведено на рис. 3.7.



а

б

Рисунок 3.7. Мікрофото поверхні тертя колодки після роботи у середовищі оливи з присадкою із різним збільшенням: а – $\times 135$; б – $\times 300$.

Дослідженнями зафіксовано, що після тертя в середовищі оливи із присадкою на поверхні почали утворюватися «островки» із специфічним матовою структурою та сірим відтінком. Вони скоріше всього є зонами накопичення основної діючої речовини присадки – ревіталізанту. При

збільшенні до 300 разів, можна побачити вказані зони. Проте, однозначно сказати що це можливості немає.

Дослідження шорсткості поверхні виконували також до тертя в середовищі оливи, після такого та за умови введення модифікатора тертя. Початкове визначення шорсткості виконували до встановлення зразків у тримачі машини тертя, після тертя в середовищі мастила та з додаванням модифікатора тертя – безпосередньо на машині тертя без знімання зразків. Необхідність виконувати таке визначення шорсткості пов'язано із тим, що при зніманні та повторного встановлення зразків, відбувається їх зміщення відносно до попереднього розташування. Це фактично призводить до необхідності повторного припрацювання поверхонь тертя.



Рисунок 3.8 – Визначення шорсткості досліджуваних зразків на машині тертя без їх знімання

Результати визначення шорсткості поверхонь тертя наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Динаміка шорсткості поверхонь тертя досліджуваних зразків

Ra (колодка), мкм					
після припрацювання		після тертя в чистій оливі		після тертя в оливі+модифікатор	
виміряно	сер. значення	виміряно	сер. значення	виміряно	сер. значення
0,607	0,576	0,774	0,611	0,830	0,722
0,412		0,622		0,582	
0,565		0,615		0,800	
0,720		0,685		0,780	
0,650		0,520		0,690	
0,500		0,446		0,648	

Одержані результати вказують, що після припрацювання та терті в середовищі оливи, шорсткість поверхонь майже не змінилася, різниця складає всього 6 %. При цьому, після тертя в оливі з додаванням модифікатора тертя шорсткість поверхні колодки зросла на 18,1 % (з 0,611 до 0,722). Такий ефект може бути пов'язаний із накопиченням модифікатору на поверхнях тертя, що є фактично точками з найбільшими висотами на профілю поверхні. Для одержання кінцевого результату необхідно виконувати ресурсні дослідження.

Висновки до розділу. Встановлено, що введення ревіталізатору до моторної оливи призводить до вибіркового підвищення величини компресії у циліндрах, що мають величину значно нижчу, у порівнянні з іншими. Так, для другого та третього циліндру досліджувана величина зросла на 4,5 % та 7,8 % відповідно. При цьому, для першого та четвертого циліндрів зростання величини надлишкового тиску було, або відсутнє, або зовсім незначне.

Дослідженнями зафіксовано, що обробка ДВЗ присадкою XADO EX120 Revitalizant, призводить до зменшення витрати моторної оливи двигуна MeM3-307 за умови експлуатації: в міському режимі на 27 % (з 561 мл до 407 мл/1000 км); у заміському циклі на 33,3 % (з 885 мл до 590 мл/1000 км). Таким чином, можна вважати, що введення ревіталізатору дозволяє зменшити витрату оливи в середньому на 30 %, що є досить вагомим позитивним ефектом. Слід

зауважити, що для більш точного визначення тривалості одержаного ефекту необхідно виконати ресурсні випробування для значно більшого пробігу.

Одержані результати досліджень свідчать, про відсутність суттєвої різниці у величині моменту тертя (коефіцієнту тертя) при тертя в чистій оливі та за умови додавання модифікатору тертя. Встановлено, що при терті в чистій оливі, момент тертя стабілізувався тільки через 50...55 хв тертя. При цьому, за умов тертя з додаванням присадки, стабілізація моменту тертя зафіксовано вже через 35...40 хвилин.

Дослідженнями зафіксовано, що після тертя в середовищі оливи із присадкою на поверхні почали утворюватися «островки» із специфічним матовою структурою та сірим відтінком. Це напевне є зони накопичення основної діючої речовини присадки – ревіталізанту.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Загальні поняття охорони праці

«Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності»[28].

Визначення величини надлишкового тиску необхідно виконувати за умови повного прогрітого ДВЗ, що пов'язано із можливою дією шкідливих та небезпечних факторів на працівників (наприклад працівників СТО). «Об'єкт підвищеної небезпеки – це об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру» [29]. Серед об'єктів підвищеної небезпеки слід назвати місця для зберігання нафтопродуктів (палива та моторної оливи). Заправку моторною оливою необхідно виконувати

«Шкідливий виробничий фактор – чинник трудового процесу та виробничого середовища, вплив якого на організм людини за умови недотримання гігієнічних нормативів може стати причиною зниження працездатності та погіршення здоров'я аж до появи професійного захворювання» [28, 29]. «Небезпечний виробничий фактор – чинник трудового процесу та виробничого середовища, вплив якого на організм людини в певних умовах може призвести до травми або іншого раптового погіршення здоров'я» [29].

При визначенні величини надлишкового тиску робота виконується на при підвищеній температурі ДВЗ, у порівнянні із зовнішнім середовищем. Крім того, сам процес визначення величини компресії супроводжується

прокручуванням двигуна за допомогою стартеру. Тому, можуть мати місце небезпечні фактори. В наступному пункті роботи розглянемо основні шкідливі та небезпечні фактори, що можуть бути при виконання досліджень.

4.2 Шкідливі та небезпечні фактори при проведенні досліджень

Процес дослідження розділимо на два етапи, перший – пов'язаний із визначенням величини компресії двигуна та витрати моторної оливи; другий – пов'язаний із проведенням трибологічних досліджень модифікатора тертя та чистої моторної оливи.

Виконання робіт із визначення величини надлишкового тиску може бути пов'язане із такими шкідливими та небезпечними факторами:

- можливий наїзд автомобіля на учасників дослідження (у випадку неналежного рівня підготовчих (кріпильних робіт);
- травмування (за рахунок падіння чи самовільного руху) інструменту, окремих деталей чи агрегатів автомобіля;
- обертові та зворотно-поступальні рухи ДВЗ при проведенні досліджень величини надлишкового тиску;
- занадто висока або низька температура зовнішнього середовища;
- низький рівень освітленості робочої зони;
- неконтрольоване загорання палива чи мастильних матеріалів, що використовуються при виконанні досліджень;
- виконання робіт у незручних позах, що може призводити до перенапруження працівників;
- можлива присутність шкідливих речовин (з вихлопних газів) у робочій зоні.

При виконанні досліджень трибологічних властивостей та характеристик на машині тертя СМЦ-2 на працівника (виконавця) можуть діяти шкідливі та небезпечні фактори.

Перелік шкідливих та небезпечних факторів, що можуть діяти на виконавця робіт, при роботі на машині СМЦ-2:

- машина тертя СМЦ-2 працює від небезпечного джерела напругою 380 В;
- обертові елементи машини тертя: вал та диск;
- підвищена температура експериментальних зразків та середовища їх мащення (може бути вище 100° С);
- бабка машина тертя, що провертається навколо своєї осі та має значну масу;
- випробовування з мастильними матеріалами та високою напругою, що підводиться до обладнання є потенційно пожежонебезпечним.

4.3 Дії при виникненні надзвичайної ситуації (пожежі)

У дослідженні використовуються мастильні матеріали, електрообладнання, що має високу напругу живлення, що є потенційно пожежонебезпечним. Тому, необхідно розглянути основні дії при виникненні пожежі в умовах лабораторії.

У випадку зафіксованих ознак горіння (тління) чи пожежі необхідно терміново повідомити в ДСНС із обов'язковою вказівкою місця пожежі та особливості споруди де виявлено займання. Після чого потрібно повідомити керівництво закладу про факт пожежі та організувати евакуацію учасників дослідження за затвердженою схемою. За можливості, необхідно виключити подачу струму до лабораторії та почати гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння, які є в наявності.

Крім цього, необхідно надати інформацію відповідальному за гасіння пожежі про легкозаймисті та вибухонебезпечні речовини, що зберігаються в приміщенні. Обов'язково необхідно надати першу долікарську допомогу потерпілим, якщо такі особи є.

5. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ

Безрозбірне відновлення двигунів внутрішнього згорання є актуальним шляхом зменшення вартості відновлюваних робіт. При цьому, необхідно враховувати, що ефективність застосування присадок або модифікаторів тертя залежить від технічного стану окремих деталей двигуна. Відновити критичний знос безрозбірним відновленням неможливо. Крім того, вартість спеціальних речовин, що застосовуються для такого відновлення може сягати 2000...3000 тис. грн у розрахунку на повний комплекс обробки двигуна.

Значний знос деталей циліндро-поршневої групи призводить до погіршення техніко-експлуатаційних характеристик двигуна, серед основних це зниження максимальної потужності та збільшення витрати палива.

Для двигуна автомобіля, що використовується зафіксовано значне зростання витрати моторної оливи. Відповідно до технічної документації на ДВЗ, допустима норма витрати оливи становить до 0,5 %, від витрати палива. З врахуванням того, що витрата палива MeM3-307 становить в середньому 9 л/100 км, то витрати оливи не повинні перевищувати 45 мл/100 км або 450 мл у розрахунку на 1000 км. Перед початком випробувань витрата оливи даного двигуна становила від 560 мл до 880 мл на 1000 км, в залежності від режиму експлуатації (в місті або за містом). Величина витрати оливи значно перевищує допустимі значення вказані в технічній документації.

Таким чином, можна стверджувати, про необхідність виконання відновлюваних (ремонтних) робіт для вказаного двигуна. Вартість виконання капітального ремонту ДВЗ в умовах спеціалізованих підприємств становить в середньому 13 тис. грн. Регламентна періодичність проведення капітального ремонту ДВЗ MeM3-307 становить 130 тис. км. На етапі початку виконання робіт пробіг авто складав орієнтовно 187 тис. км.

Вартість комплексу ревіталізаторів для проведення повної обробки двигуна складає 1125 грн. Обробка, відповідно до рекомендацій виробника,

виконується в три етапи, для кожного етапу використовували XADO EX120 Revitalizant об'ємом 9 мл, вартість туби – 375 грн.

Виконаними дослідженнями встановлено, що використання присадки дозволяє незначно зменшити витрату моторної оливи на 27...33 %. Також зафіксовано зростання та вирівнювання по окремими циліндрам, величини компресії. Це позитивно впливає на стабільність роботи двигуна та зниження витрати палива.

Для визначення економічної ефективності застосування ревіталізанту виконаємо розрахунки щодо експлуатаційних витрат до та після використання присадки у моторну оливу.

Витрати на експлуатацію автомобіля будемо виконувати з врахуванням затрат на паливо та відрахувань на технічне обслуговування, ремонт та реновацію двигуна [30]:

$$C_{\text{ит}} = C_{\text{нмм}} + C_{\text{м}}, \quad (5.1)$$

де, $C_{\text{нмм}}$ – експлуатаційні витрати на паливо, грн./км.

$C_{\text{м}}$ – загальні витрати на ТО, ремонт та реновацію, грн./км.

Експлуатаційні затрати на паливо розраховуємо за виразом:

$$C_{\text{нмм}} = (C_{\text{к}} \cdot g_{\text{га}} \cdot K_i) / 100 \quad (5.2)$$

де $C_{\text{к}}$ – вартість одного літра палива. Так як основним видом палива є зріджений нафтовий газ, приймаємо 35 грн./л;

$g_{\text{га}}$ – затрати палива автомобіля, л/100 км. Введення присадки незначно впливає на витрату палива, вона орієнтовно знизилася на 0,3 л/100км. Тому, приймаємо норму витрати палива при експлуатації в межах міста, до внесення присадки – 10 л/100 км, після внесення 9,7 л/100 км.

K_i – поправочний коефіцієнт, що враховує можливу індексацію вартості пального.

Визначаємо вартість ПММ для базового та проектного двигунів:

$$C_{\text{нмм}}^{\text{б}} = (35 \cdot 10 \cdot 1) / 100 = 3,50 \text{ грн./км}$$

$$C_{\text{нмм}}^{\text{п}} = (35 \cdot 9,7 \cdot 1) / 100 = 3,40 \text{ грн./км}$$

Економічний ефект, який можна одержати за рахунок зниження витрати пального визначаємо за виразом:

$$E_{ПММ} = C_{пмм}^{\delta} - C_{пмм}^n \quad (5.3)$$

Враховуючи отримані результати розрахунків, отримаємо:

$$E_{ПММ} = 3,50 - 3,40 = 0,10 \text{ грн./км}$$

Виробник для забезпечення сталого ефекту рекомендує використовувати додатково кондиціонер металу, який необхідно вносити при кожній заміні мастила.

Експлуатаційні витрати розраховуємо за виразом [30]:

$$C_m = \left[\frac{B_m \cdot \alpha_{pm} \cdot g_{км} \cdot 0,76}{100 \cdot G_{прікн}} + \frac{(C_{прм} + C_{том} + C_{зм}) \cdot g_{за} \cdot 0,76}{10000} \right] \cdot K_i, \quad (5.4)$$

Балансову вартість автомобіля приймаємо – 60 тис. грн., норма відрахувань на амортизацію – 10 %, норма відрахувань на ТО та ремонт приймаємо для базового варіанту – 9 % для проектного – 8 %. Нормативне значення пробігу до КР – 130 тис. км.

Експлуатаційні (питомі) затрати для базового авто:

$$C_m^{\delta} = \left(\frac{60000 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,76}{100 \cdot 130000} + \frac{5400 \cdot 10 \cdot 0,76}{10000} \right) = 4,45 \text{ грн/км}$$

Експлуатаційні (питомі) затрати при використанні модифікатору тертя:

$$C_m^n = \left(\frac{60000 \cdot 10 \cdot 9,7 \cdot 0,76}{100 \cdot 130000} + \frac{4800 \cdot 9,7 \cdot 0,76}{10000} \right) = 3,88 \text{ грн/км}$$

Сумарні експлуатаційні витрати у розрахунку на 1 км пробігу розраховуємо за вище наведеною формулою.

Базовий варіант:

$$C_{num}^{\delta} = 3,50 + 4,45 = 7,95 \text{ грн./км}$$

Проектний варіант:

$$C_{num}^n = 3,40 + 3,88 = 7,28 \text{ грн./км}$$

Економічний ефект у розрахунку на 1 км пробігу складе:

$$E_{ef}^{км} = C_{num}^{\delta} - C_{num}^n = 7,95 - 7,28 = 0,67 \text{ грн./км}$$

З рахуванням середнього річного пробігу в межах 8 тис. км, річний економічний ефект від використання ревіталізанту буде становити:

$$E_{ef}^{рік.екс} = L \cdot (C_{num}^б - C_{num}^н) = 8000 \cdot (7,95 - 7,28) = 5360 \text{ грн}$$

Доадтковий економічний ефект буде одержаний за рахунок зменшення витрати моторної оливи на 1,5 л/10000, що орієнтовно буде становити – 200...250 грн.

Одержані результати щодо розрахунків наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Модель ДВЗ	-	MeM3-307	
Напрацювання до капітального ремонту	тис. км	130	
Витрати пального у міському циклі експлуатації	л/100 км	10,0	9,7
Витрати моторної оливи у міському циклі	л/1000 км	0,56	0,41
Питомі експлуатаційні затрати	грн./км	7,95	7,28
Економічний ефект на 10000 км	грн.	-	5360

Висновки до розділу. Встановлено, що економічний ефект використання ревіталізанту, для відновлення поверхонь тертя деталей ДВЗ, дозволяє зменшити питомі експлуатаційні витрати на 0,67 грн/км. З врахування середньостатистичного пробігу авто – 8 тис. км/рік, річний економічний ефект становитиме 5360 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що середньорічні витрати на виконання ремонту транспортних засобів в Україні значно перевищують 50 млрд. грн. Витрати на виконання ремонтних робіт часто перевищують вартість нового агрегату чи механізму. Серед відомих методів відновлення поверхонь, широкого розповсюдження одержали методи, що пов'язані із введенням спеціальних компонентів в зону тертя рухомих з'єднань. Проте ефективність присадок та модифікаторів тертя залежить від значної кількості факторів, що обумовлені ступенем зносу кожного окремо взятого трибоспряження ДВЗ та режимами його експлуатації. Тому, визначити їх ефективність можна тільки за рахунок порівняння певних параметрів роботи ДВЗ до внесення присадки в систему мащення та після її введення.

2. В дипломній роботі розроблено програму, наведено устаткування, обладнання та методики досліджень. Розглянуто методику та порядок обробки ДВЗ шляхом введення в його систему мащення ревіталізанту.

3. Встановлено, що введення ревіталізанту до моторної оливи призводить до вибіркового підвищення величини компресії у циліндрах, що мають величину значно нижчу, у порівнянні з іншими. Так, для другого та третього циліндру досліджувана величина зросла на 4,5 % та 7,8 % відповідно. При цьому, для першого та четвертого циліндрів зростання величини надлишкового тиску було, або відсутнє, або зовсім незначне.

Дослідженнями зафіксовано, що обробка ДВЗ присадкою XADO EX120 Revitalizant, призводить до зменшення витрати моторної оливи двигуна MeM3-307 за умови експлуатації: в міському режимі на 27 % (з 561 мл до 407 мл/1000 км); у заміському циклі на 33,3 % (з 885 мл до 590 мл/1000 км). Таким чином, можна вважати, що введення ревіталізанту дозволяє зменшити витрату оливи в середньому на 30 %, що є досить вагомим позитивним ефектом. Слід зауважити, що для більш точного визначення тривалості одержаного ефекту необхідно виконати ресурсні випробування для значно більшого пробігу.

Одержані результати досліджень свідчать, про відсутність суттєвої різниці у величині моменту тертя (коефіцієнту тертя) при тертя в чистій оливі та за умови додавання модифікатору тертя. Дослідженнями зафіксовано, що після тертя в середовищі оливи із присадкою на поверхні почали утворюватися «островки» із специфічним матовою структурою та сірим відтінком. Це напевне є зони накопичення основної діючої речовини присадки – ревіталізанту.

4. Розглянуто вимоги безпеки праці при виконанні досліджень та дії у разі виникнення пожежі в лабораторії.

5. Встановлено, що економічний ефект використання ревіталізанту, для відновлення поверхонь тертя деталей ДВЗ, дозволяє зменшити питомі експлуатаційні витрати на 0,67 грн/км. З врахування середньостатистичного пробігу авто – 8 тис. км/рік, річний економічний ефект становитиме 5360 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закалов, О.В. Основи тертя і зношування в машинах: Навчальний посібник / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 322 с.
2. Диха О. В., Свідерський В. П., Дробот О. С., Машовець Н. С. Технологічне забезпечення довговічності технічних трибо-систем: монографія. – Хмельницький : ХНУ, 2021. – 178 с.
3. Макаренко Д. О. Підвищення довговічності паралелограмного механізму посівних комплексів зміною конструкції рухомих з'єднань: Дис.. канд. техн. наук: 05.05.11. – Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2018. – 185с.
4. Деркач, О.Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: Дис. канд. техн. наук: 05.05.11. – Тернопіль, 2006. – 182с.
5. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин [Текст]: навч. посіб. / А.Г. Фесенко та [ін.] – Д.: РВВ ДНУ, 2015. – 104 с
6. Киричок П. О. Зміцнення поверхонь металевих деталей / П. О. Киричок, В. Г. Олійник, Т. Ю. Киричок. Київ: Преса України, 2004. 240 с.
7. Скоряк С.А. Аналіз методів підвищення зносостійкості деталей сільськогосподарської техніки. Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації». С. 504-505.
8. Дерев'янка І. С. Стан і аналіз сучасних методів підвищення надійності деталей машин поверхневим зміцненням / І. С. Дерев'янка // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Сер. «Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні». 2007. № 583. С. 18–24.

9. Аулін В.В. Слонь В.В., Голуб Д.В. Вплив присадок до моторних олиव на характеристики дизелів, що працюють в нестационарних умовах експлуатації. Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2014, вип. 148, ч. 1. С. 18-25.

10. Підвищення довговічності силових агрегатів транспортних машин використанням олив з присадкою на основі геомодифікатора [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / Слонь Віктор Вікторович ; Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. Петра Василенка. - Харків, 2021. - 20 с.

11. Аулін В.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Слонь В.В. та ін. Вплив процесів, що відбуваються в рухомих спряженнях деталей транспортних машин під дією компонентів геомодифікатора, на ефективність триботехнологій припрацювання і відновлення. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С.250-265.

12. Деркач О.Д., Харченко Б.Г., Кабат О.С., Макаренко Д.О. Дослідження захисного шару, утвореного силікато-фулереновим геомодифікатором. Вісник ХНТУСГ імені П. Василенка. Випуск 145 «Технічний сервіс машин для рослинництва». – Х.: Віровець А.П. «Апостроф», 2014. С.217-221

13. Диха О.В., Аулін В.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В. Вплив експлуатаційних факторів на режим змащування і зносостійкість деталей дизельних двигунів автомобілів. Проблеми трибології (Problems of Tribology) 2018, № 4. С. 41-53.

14. Деркач О.Д., Харченко Б.Г., Макаренко Д.О., Міщенко Г.Я. Застосування фулереновмісних композицій при експлуатації та технічному сервісі сільгосптехніки. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – Дніпропетровськ, – 2012. – №2.– С. 124-126.

15. Є.К. Солових, В.В. Аулін, А.Є. Солових, С.Є. Катеринич. Підвищення функціональних властивостей гальванічних полімерометалевих покриттів на основі міді при проточному нарощуванні зношених поверхонь. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2015. Вип. 28. С. 24-29.

16. Гапонова О.П., Тарельник Н.В. Дослідження структури і трибологічних властивостей MOS_2 -покриттів, отриманих методом електроіскрового легування.

17. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: Монографія / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик та ін.; за ред. В.В. Ауліна. – Кіровоград: видавництво Лисенко В.Ф., 2016. – 303 с.

18. Протизносна присадка MANNOL Molibden Additive 9991 <https://mannol-shop.com.ua/product/mannol-molibden-additive-9091-protiznosna-prisadka-mos2>

19. Протизносна присадка для двигуна. <https://liquimoly.ua/ua-protiznosna-prisadka-dlya-dviguna-oil-additiv>

20. https://xado.com/revitalizanti/revitalizanti-tretego-pokoleniya/amc-maximum-category/xado-1-stage-maximum?srsId=AfmBOooITrxIj0kOSgNJ36jPE2YF_6DogcwQ0En_DWxOwmB4RnJb0dEO

21. Синтетичний кондиціонер металу SMT 2. <https://ucar.net.ua/product/00-00254027>

22. Antifricition metal conditioner. <https://energyrelease.com>

23. Ревіталізант для бензинових двигунів XADO EX120 Revitalizant. <https://xado.com/revitalizanti/ex120-usilennie-revitalizanti/revitalizant-ex120-dlya-benzinovich-i-na-szhizhenom-prirodnom-gaze-lpg-dvigatelye&option=16312>

24. Присадка в оливу для відновлення двигуна. <https://megaforce.ua/uk/katalog/prisadka-v-maslo-vostanovitel'naya-dlya-dvigatelya>

25. Захисна присадка для мотора Liqui Moly CERA TEC . https://liquimoly.com.ua/ua/prisadki/prisadki-v-maslo/liqui-moly_cera-tec

26. Нанопокриття і захист двигуна. <https://autoprofishop.in.ua/ua/p1558233508-nanopokrytie-zaschita->

dvigatelya.html?srsltid=AfmBOop7KdQexbETzj8oZzj_dbzKVCW1ZEV2ntzXS6kOIeu3Vrbc0O1K

27. Інструкція з експлуатації тестера шорсткості Walcom SRT-6210. 13 с.
28. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ.
29. Наказ МОЗ «Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» від 27.12.2001 N 528.
30. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П. та ін. Практикум з використання машин у рослинництві. Дн-ськ, ДДАУ, 2002. – 212с.

ДОДАТКИ

Додаток А – Демонстраційний матеріал до дипломної роботи

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

**Ефективність використання модифікатора тертя в
трибоспряженнях циліндро-поршневої групи**

Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІ-1-23

Брандзе Богдан Ігорович

Керівник: к.т.н., доцент

Макаренко Дмитро Олександрович

ДНІПРО 2024

Методи підвищення довговічності поділяються на 3 основні групи:

1. Конструктивні (так звана першопричина) пов'язані із вибором оптимальних матеріалів деталей, допусків та посадок, шорсткості поверхонь, мастильних матеріалів та ін.

2. Технологічні методи засновані на оптимізації властивостей матеріалів із яких виготовляють деталі машин.

3. Експлуатаційні (пов'язані із заходами підвищення довговічності безпосередньо під час експлуатації механізмів і машин) методи підвищення довговічності механізмів реалізуються шляхом вчасного та якісного проведення ТО, оптимального підбору витратних матеріалів при проведенні ТО та ремонту, експлуатації машин відповідно до рекомендованих заводом виробником режимів.

Продовження додатку А

Сучасні мастильні матеріали, крім базових компонентів або так званої «бази» оливи, мають значну кількість різноманітних присадок, що спрямовані на зменшення зносу, мінімізації задирів та ін.



а б

Рис. 1. Протизносні присадки з дисульфідом молібдену: а – Molibden Additive, б – Liqui Moly Oil Additiv



а б в

Рис. 2. Присадки групи «Кондиціонери металів а – XADO Maximum; б – SMT; в – Energy Release



а б в

Рис. 3. Присадки-ревіталізанти зношених поверхонь тертя деталей: а – XADO EX120 Revitalizant; б – Megaforce.



а б

Рис. 4. Присадки що містять наночастинки: а – Liqui Moly Cera Tec, б – Pro-Tec Nano Engine Protect & Seal

Метою роботи є дослідження показників роботи ДВЗ при введенні в систему мащення модифікатора тертя та визначення його ефективності щодо відновлення деталей циліндро-поршневої групи.

Для досягнення мети необхідно виконати такі задачі:

- Проаналізувати методи підвищення довговічності (зносостійкості) деталей ДВЗ. Розглянути вплив мастильного середовища на режими роботи та довговічність ДВЗ. Провести огляд існуючих присадок (модифікаторів тертя) для оливи ДВЗ.
- Розробити програму, навести прилади, обладнання та методики досліджень.
- Обґрунтувати ефективність використання модифікатора тертя для моторної оливи, як ревіталізанту для деталей циліндро-поршневої групи.
- Розглянути вимоги безпеки праці при виконанні досліджень.
- Навести економічну оцінку дипломної роботи.

Обладнання для виконання досліджень



Рис. 4. Машина СМЦ-2



Рис. 5. Логер температури Easy Logger USB



Рис. 6. Тестер шорсткості Walcom SRT-6210



Рис. 7. Компресиметр ХЗСО

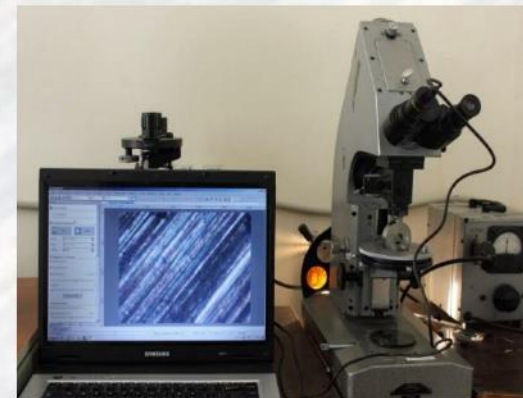


Рис. 8. Мікроскоп МБИ-6 з окулярною камерою та ПК

Продовження додатку А

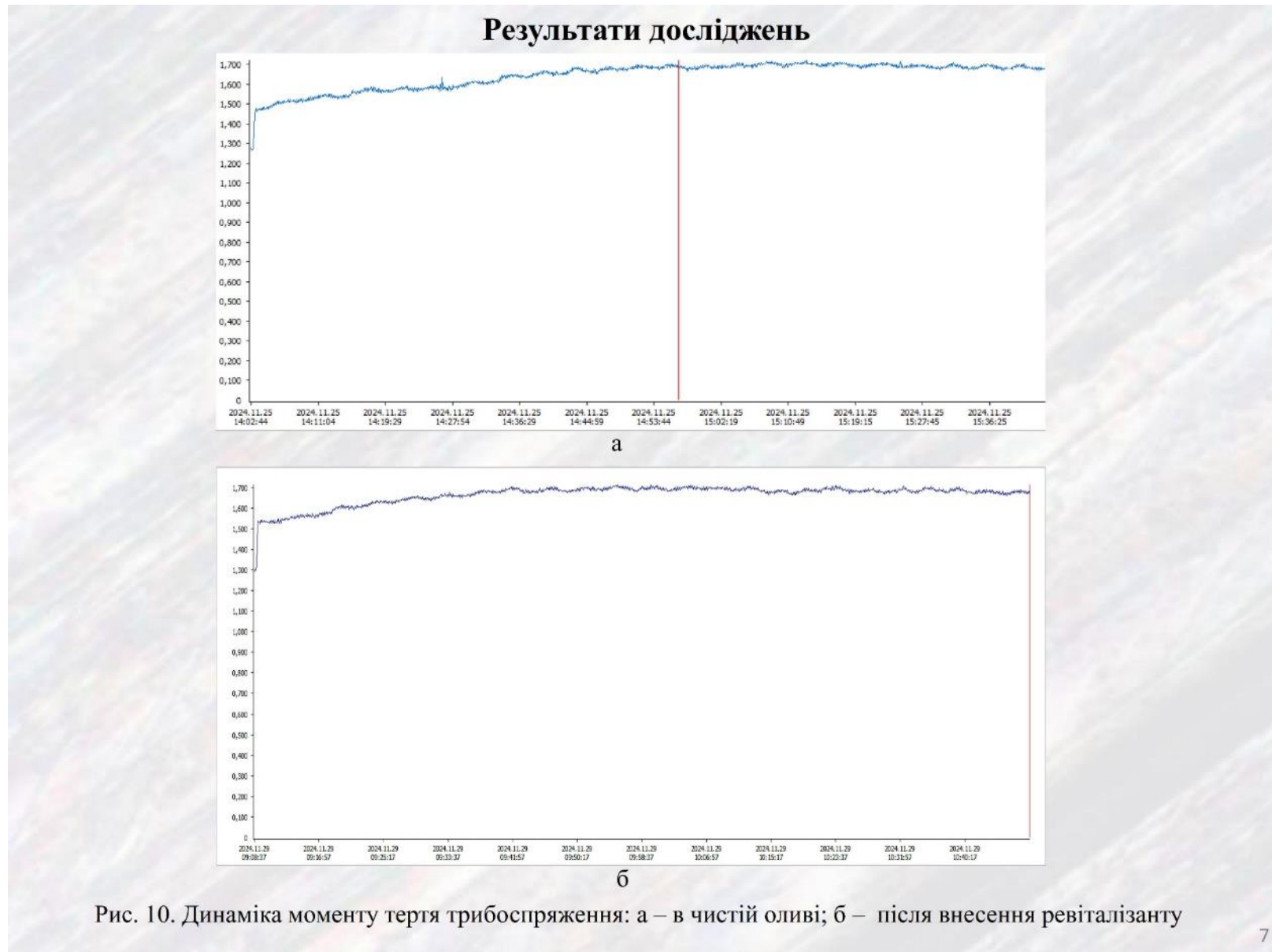


Рис. 9. Результати визначення величини надлишкового тиску

Табл. 1 – Результати визначення витрати моторної оливи

№ з/п	Режим експлуатації	Загальний показник одометра, км		Пробіг, км	Втрата мастила, мл	Витрата мастила, мл/1000 км
		попередній	поточний			
1	місто		187214			
1	місто	187214	188105	891	500	561
2	за містом	188105	188670	565	500	885
Виконано повну обробку ДВЗ введенням присадки до оливи						
3	місто	188670	189652	982	400	407
4	за містом	189652	190415	763	450	590

Продовження додатку А



Продовження додатку А

Результати досліджень динаміки температури при терті

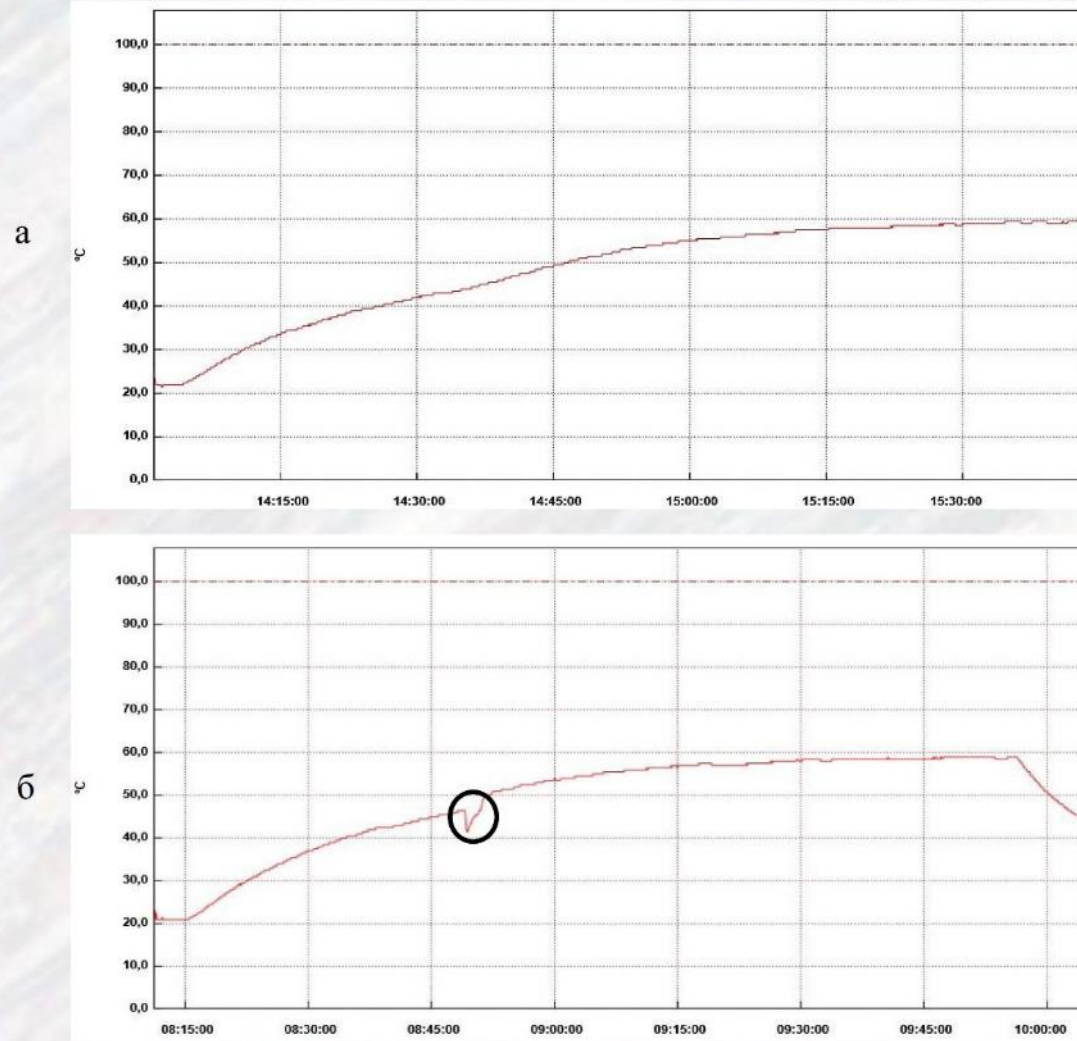


Рис. 11. Динаміка моменту тертя трибоспряження: а – в чистій оливі; б – після внесення ревіталізатору

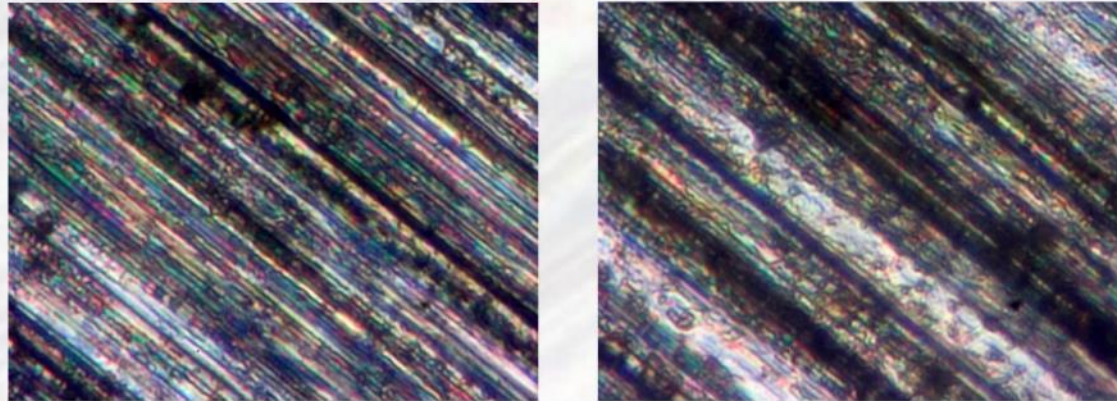
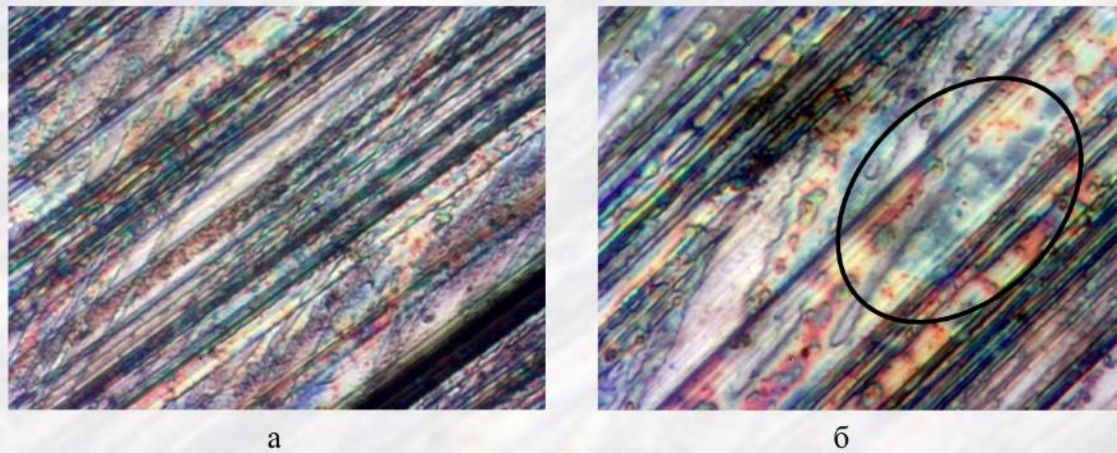
Результати досліджень поверхонь тертя

Рис. 12. Металографічні знімки поверхні сталевих зразків до тертя

Рис. 13. Металографічні знімки поверхні колодки після тертя в середовищі оливи та присадки-ревіталізанту: а – $\times 135$; б – $\times 300$

Продовження додатку А

Результати досліджень поверхонь тертя

Табл. 2 – Динаміка шорсткості поверхонь тертя досліджуваних зразків

Ra (колодка), мкм					
після припрацювання		після тертя в чистій оливі		після тертя в оливі+модифікатор	
виміряно	сер. значення	виміряно	сер. значення	виміряно	сер. значення
0,607	0,576	0,774	0,611	0,830	0,722
0,412		0,622		0,582	
0,565		0,615		0,800	
0,720		0,685		0,780	
0,650		0,520		0,690	
0,500		0,446		0,648	

Продовження додатку А

Техніко-економічні показники роботи

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Модель ДВЗ	-	MeM3-307	
Напрацювання до капітального ремонту	тис. км	130	
Витрати пального у міському циклі експлуатації	л/100 км	10,0	9,7
Витрати моторної оливи у міському циклі	л/1000 км	0,56	0,41
Питомі експлуатаційні затрати	грн./км	7,95	7,28
Економічний ефект на 10000 км	грн.	-	5360

Висновки

- Встановлено, що середньорічні витрати на виконання ремонту транспортних засобів в Україні значно перевищують 50 млрд. грн. Витрати на виконання ремонтних робіт часто перевищують вартість нового агрегату чи механізму. Серед відомих методів відновлення поверхонь, широкого розповсюдження одержали методи, що пов'язані із введенням спеціальних компонентів в зону тертя рухомих з'єднань. Проте ефективність присадок та модифікаторів тертя залежить від значної кількості факторів, що обумовлені ступенем зносу кожного окремо взятого трибоспряження ДВЗ та режимами його експлуатації. Тому, визначити їх ефективність можна тільки за рахунок порівняння певних параметрів роботи ДВЗ до внесення присадки в систему мащення та після її введення.
- В дипломній роботі розроблено програму, наведено устаткування, обладнання та методики досліджень. Розглянуто методику та порядок обробки ДВЗ шляхом введення в його систему мащення ревіталізанту.
- Встановлено, що введення ревіталізанту до моторної оливи призводить до вибіркового підвищення величини компресії у циліндрах, що мають величину значно нижчу, у порівнянні з іншими. Так, для другого та третього циліндру досліджувана величина зросла на 4,5 % та 7,8 % відповідно. При цьому, для першого та четвертого циліндрів зростання величини надлишкового тиску було, або відсутнє, або зовсім незначне.
- Дослідженнями зафіксовано, що обробка ДВЗ присадкою XADO EX120 Revitalizant, призводить до зменшення витрати моторної оливи двигуна MeM3-307 за умови експлуатації: в міському режимі на 27 % (з 561 мл до 407 мл/1000 км); у замському циклі на 33,3 % (з 885 мл до 590 мл/1000 км). Таким чином, можна вважати, що введення ревіталізанту дозволяє зменшити витрату оливи в середньому на 30 %, що є досить вагомим позитивним ефектом. Слід зауважити, що для більш точного визначення тривалості одержаного ефекту необхідно виконати ресурсні випробування для значно більшого пробігу.
- Одержані результати досліджень свідчать, про відсутність суттєвої різниці у величині моменту тертя (коефіцієнту тертя) при тертя в чистій оливі та за умови додавання модифікатору тертя. Дослідженнями зафіксовано, що після тертя в середовищі оливи із присадкою на поверхні почали утворюватися «островки» із специфічним матовою структурою та сірим відтінком. Це напевне є зони накопичення основної діючої речовини присадки – ревіталізанту.
- Розглянуто вимоги безпеки праці при виконанні досліджень та дії у разі виникнення пожежі в лабораторії.
- Встановлено, що економічний ефект використання ревіталізанту, для відновлення поверхонь тертя деталей ДВЗ, дозволяє зменшити питомі експлуатаційні витрати на 0,67 грн/км. З врахування середньостатистичного пробігу авто – 8 тис. км/рік, річний економічний ефект становитиме 5360 грн.