

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 введення спеціальних змащувальних
композицій на показники роботи двигуна
внутрішнього згорання**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-2-20

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Мисоченко Олександр Олександрович

Керівник: _____ Годяєв Сергій Георгійович

Рецензент: _____

правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення досліджень. Виконати техніко-економічну оцінку дипломної роботи.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

Мета і задачі досліджень. Обґрунтування завдань (4 аркуші, А4). 2. Обладнання для виконання експериментальних досліджень (1 аркуш, А4) 3. Результати досліджень експериментальних досліджень (2 аркуш, А4) 5. Техніко-економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (2 аркуші, А4).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Годяєв С.Г., доцент		
2	Годяєв С.Г., доцент		
3	Годяєв С.Г., доцент		
4	Кравець В.В., доцент		
5	Вініченко І.І., професор		
6			
нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 21.09.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 07.10.2021 р.	
2	Програма, обладнання та методики досліджень	до 15.10.2021 р.	
3	Експериментальний	до 28.10.2021 р.	
4	Охорона праці	до 10.11.2021 р.	
5	Економічний	до 23.11.2021 р.	
6	Демонстраційна частина	до 29.11.2021 р.	

Студент

_____ Мисоченко О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Годяєв С.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 621

АНОТАЦІЯ

Мисоченко О.О. Ефективність введення спеціальних змащувальних композицій на показники роботи двигуна внутрішнього згорання / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація рослинництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

В дипломній роботі проаналізовано основні показники роботи двигунів внутрішнього згорання та методи їх підвищення. Розглянуто перспективні напрямки відновлення трибоспряжень з врахуванням собівартості та складності їх реалізації. Розроблено програму, наведено обладнання та методики досліджень показників роботи двигуна внутрішнього згорання. Встановлено вплив спеціальної змащувальної композиції на показники роботи двигуна внутрішнього згорання. Проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори, що діють на працівника при виконанні досліджень. Наведено вимоги безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення досліджень. Виконано техніко-економічну оцінку дипломної роботи.

Ключові слова: змащувальна композиція, двигун внутрішнього згорання, ефективність, показники роботи двигуна, компресія, вміст шкідливих речовин.

Список публікацій здобувача (за наявності):

Макаренко Д.О., Муранов Є.С., Мисоченко О.О., Холод Р.Р., Подкін А.С., Осипов Є.В., Антіпов А.О. Дослідження показників роботи ДВЗ при введенні спеціальної змащувальної композиції // Збірник матеріалів Міжнародної наукової конференції «Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту». – Кропивницький: ЦНТУ, 17-19 листопада, – 2021 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	<u>8</u>
1. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ (ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ) ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДВЗ ТА СПОСОБІВ ЇХ ПІДВИЩЕННЯ	<u>10</u>
1.1 Огляд основних показників роботи бензинових ДВЗ	<u>10</u>
1.2 Шляхи поліпшення показників роботи ДВЗ.....	<u>14</u>
1.3 Огляд існуючих композицій для відновлення трибоспряжень двигунів внутрішнього згоряння	<u>17</u>
1.4 Обґрунтування теми дипломної роботи.....	<u>19</u>
2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	<u>21</u>
2.1 Програма та завдання досліджень.....	<u>21</u>
2.2 Обладнання та методики проведення експериментальних досліджень ...	<u>22</u>
2.3 Програмне забезпечення для контролю показників роботи ДВЗ.....	<u>28</u>
3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	<u>33</u>
3.1 Результати дослідження величини компресії.....	<u>33</u>
3.2 Результати дослідження вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах...	<u>35</u>
3.3 Результати дослідження витрати палива та режиму роботи ДВЗ.....	<u>37</u>
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	<u>39</u>
4.1 Основні поняття охорони праці.....	<u>39</u>
4.2 Шкідливі та небезпечні фактори при виконанні робіт з діагностування ДВЗ	<u>39</u>
4.3 Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників від шкідливих та небезпечних факторів.....	<u>40</u>
4.4 Правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення діагностування ДВЗ	<u>41</u>
4.5 Дії у разі виникнення надзвичайної ситуації (пожежі в лабораторії).....	<u>43</u>

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ.....	<u>45</u>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	<u>50</u>
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	<u>52</u>
ДОДАТКИ	<u>55</u>

ВСТУП

Двигуни внутрішнього згорання поки залишаються основними силовими елементами легкових та вантажних автомобілів. Основним недоліком таких двигунів є викиди шкідливих речовин у зовнішнє середовище при спалюванні палива нафтового походження. При цьому, максимально допустимий вміст шкідливих речовин у вихлопних газах постійно зменшують, на законодавчому рівні, задля зменшення забруднення навколишнього середовища. Крім конструкції самого двигуна та системи відведення вихлопних газів, значний вплив на кількість шкідливих речовин має технічний стан систем двигуна внутрішнього згорання. Стан системи живлення, циліндро-поршневої групи та механізму газорозподілу найбільше впливають на збільшення рівня CO та CH.

Серед значного різноманіття методів безрозбірного відновлення трибоспряжень ДВЗ, за рахунок незначної собівартості та ефективності, найбільшого розповсюдження отримали методи пов'язані із введенням в мастильне середовище спеціальних компонентів (в тому числі й наноматеріалів). При цьому, такі методи доцільно використовувати у випадках коли рухомі спряження ДВЗ мають незначний знос. Саме тому, ефективність того чи іншого методу буде залежати від технічного стану конкретних трибоспряжень кожного окремо взятого ДВЗ.

Тому, метою роботи є дослідження показників роботи двигуна внутрішнього згорання при введенні спеціальних змащувальних композицій та обґрунтування ефективності їх застосування для безрозбірного відновлення трибоспряжень.

Поставлена мета буде досягнута вирішенням таких задач:

1. Проаналізувати основні показники роботи ДВЗ та методів їх підвищення. Розглянути перспективні напрямки відновлення трибоспряжень з врахуванням собівартості та складності реалізації.

2. Розробити програму, навести обладнання та методики досліджень показників роботи ДВЗ.

3. Встановити вплив введення спеціальної змащувальної композиції в систему мащення на показники роботи двигуна внутрішнього згорання.

4. Проаналізувати шкідливі та небезпечні фактори, що діють на працівника при виконанні досліджень показників роботи ДВЗ. Навести правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення досліджень.

5. Виконати техніко-економічну оцінку дипломної роботи.

Об'єкт дослідження. Процеси зміни показників роботи двигуна внутрішнього згорання при введенні в систему мащення спеціальної змащувальної композиції.

Предмет дослідження. Закономірності зміни показників роботи двигуна внутрішнього згорання при введенні спеціальної змащувальної композиції.

Методи досліджень. Експериментальні дослідження показників роботи двигуна внутрішнього згорання виконували за стандартними методиками. Обробку та інтерпретації результатів експериментальних досліджень проводили за допомогою пакетів прикладних програм на ПК.

Практична цінність отриманих результатів роботи полягає обґрунтуванні рекомендацій, щодо ефективності використання спеціальних змащувальних композицій для підвищення показників роботи двигунів внутрішнього згорання.

1. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДВЗ ТА СПОСОБІВ ЇХ ПІДВИЩЕННЯ

1.1 Огляд показників роботи двигунів внутрішнього згорання

Ефективність та економічність роботи ДВЗ визначаються його експлуатаційними властивостями. Основними експлуатаційними властивостями ДВЗ є [1, 2]:

- ефективна потужність двигуна, кВт;
- крутний момент, кН·м;
- годинна витрата палива, кг/год;
- питома витрата палива, г/с кВт· год;
- частота обертання колінчастого валу двигуна, об/хв (хв^{-1}).

Ефективна потужність двигуна постійно змінюється в залежності від частоти обертання колінчастого валу двигуна. Крім того, її величина з напрацюванням – зменшується, що обумовлено процесами зношування трибоспряжень ДВЗ. Крутний момент двигуна також залежить від частоти обертання і від стану циліндро-поршневої групи, механізму газорозподілу та системи живлення двигуна. При цьому, має місце максимальних значень вказаних величин при відповідних частотах обертання колінчастого валу двигуна. Їх називають номінальний режим (режим максимальної потужності двигуна) та режим максимального крутного моменту відповідно.

Питома витрата палива широко використовується для дизельних двигунів призначених для використання на самохідній сільськогосподарській техніці. В той час, як для ДВЗ вантажних та легкових автомобілів цей показник майже не використовується. Для вказаних транспортних засобів актуальним є показник – годинна витрата палива або витрата палива на 100 км пробігу [3]. Саме на основі цього показника бортові системи (бортові комп'ютери) сучасних автомобілів визначають витрату палива на 100 км пробігу, що є одним із найвагоміших показників економічності роботи ДВЗ. Так, сучасні легкові

автомобілі, що мають гібридну силову установку (комбінація ДВЗ та електросилової установки) дозволяють досягти неможливих раніше показників витрати палива – 2...3 л/100км пробігу [4]. Але такі автомобілі мають високу вартість та більш призначені для експлуатації в межах великих міст. В той час, як більшість автомобілів, що використовуються в сільському господарстві (як вантажних, так і легкових) мають тільки ДВЗ (бензинові чи дизельні).

Частота обертання колінчастого валу двигуна характеризує режим роботи двигуна: холостий хід (мінімальна стабільна частота обертання), робочий режим (частота обертання вище холостого ходу). Більшість експлуатаційних показників визначають саме в залежності від частоти обертання колінчастого валу.

Крім основних показників роботи двигуна необхідно особливу увагу приділити додатковим показникам роботи ДВЗ, а саме:

- величина надлишкового тиску (компресія);
- вміст шкідливих речовин (CO , CH , NO_x) у вихлопних газах (при спалюванні бензину) або димність (для дизельних ДВЗ).

Величина надлишкового тиску не є експлуатаційним показником, проте ця величина є узагальнюючою для визначення технічного стану циліндро-поршневої групи та механізму газорозподілу.

Максимально допустимий вміст шкідливих речовин у вихлопних газах постійно зменшують, на законодавчому рівні, задля зменшення забруднення навколишнього середовища. Зокрема, найбільший негативний вплив на довкілля мають саме обсяг викидів окису вуглецю (CO) – угарного газу та вуглеводні (CH). Відповідно до норм ДСТУ 4277:2004 [5] встановлені гранично допустимий вміст окису вуглецю та вуглеводнів для автомобілів без каталізатора (табл. 1) та з каталізаторами й нейтралізатором (табл. 2).

Таблиця 1.1 – Граничнодопустимий вміст оксиду вуглецю та вуглеводнів для автомобілів без каталізатора [5].

Вид палива	Частота обертання	Вміст CO, %	Вміст вуглеводні, млн. ⁻¹ , для двигунів з числом циліндрів	
			до 4-х включно	більше 4-х
Бензин	n _{min}	3,5*	1200	2500
	n _{підв}	2,0	600	1000
Газ природний	n _{min}	1,5	600	1800
	n _{підв}	1,0	300	600
Газ нафтовий зріджений	n _{min}	3,5	1200	2500
	n _{підв}	1,5	600	1000

* – для автомобілів, виготовлених до 1 жовтня 1986 р., допустимий вміст вуглецю становить 4,5%.

Таблиця 1.2 – Граничнодопустимий вміст оксиду вуглецю та вуглеводнів автомобілів з каталізатором [5].

Частота обертання	Автомобілі з каталізаторами		Автомобілі з трикомпонентними нейтралізаторами	
	Оксид вуглецю, об'ємна частка, %	Вуглеводні, об'ємна частка, млн. ⁻¹	Оксид вуглецю, об'ємна частка, %	Вуглеводні, об'ємна частка, млн. ⁻¹
n _{min}	1,0	600	0,5	100
n _{підв}	0,6	300	0,3	100

Нормативні документи, що діють в країнах, які входять до складу Європейського Союзу планують подальше суттєве зменшення встановлених теперішніх норм (табл. 3).

Таблиця 1.3 – Граничні норми вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах бензинових двигунів.

Стандарт, дійсний з	CO, г/км	HC, г/км	NO _x , г/км
Euro I, 12/92	2,72	-	-
Euro II, 07/97	2,20	-	-
Euro III, 01/00	2,30	0,20	0,20
Euro IV, 01/05	1,00	0,10	0,10
Euro V, 09/09	1,00	0,10	0,10
Euro VI, 08/14	1,00	0,10	0,10

В деяких країнах планується з 2025...2030 років заборони в'їзд у великі міста транспортних засобів, що не відповідають встановленим нормам щодо викидів в атмосферу.

Збільшений вміст CO на холостому ході ($CO > 1,5\%$ для автомобілів з каталізаторами) приводить до перевитрати палива у міському циклі і провалів на початку руху дросельної заслінки. Якщо не вдасться відрегулювати гвинтом кількості суміші карбюратора вміст CO до необхідного рівня то найбільш вірогідними причинами можуть бути [6]:

- пошкодження ущільнюючого кільця на гвинті якості;
- завищений рівень палива у поплавковій камері;
- збільшена пропускна здатність головного паливного жиклера;
- заїдання при відкритому стані заслінки у вторинній камері;
- засмічення повітряного фільтру або жиклера.

На автомобілях, обладнаних системою упорскування палива у цьому випадку можливі несправності [6]:

- потенціометра CO;
- датчика масової витрати повітря;
- датчик температури повітря;
- датчик залишкового кисню;
- датчика температури охолоджуючої рідини.

Занижений вміст CO на холостому ході (<0,3 % для автомобілів з каталізаторами) викликає в'ялий розгін, провал на початку руху і перевитрату палива, а CO < 0,1 % викликає пропуски іскри а, звідси, збільшення вмісту СН і, відповідно, перевитрату палива.

На підвищений вміст шкідливих речовин, як вказано вище, крім самої системи відведення відпрацьованих газів, суттєвий вплив має стан систем та механізмів ДВЗ. Тому, при різкому збільшенні концентрації шкідливих речовин необхідно звернути увагу на технічний стан ДВЗ та його систем. У випадку виявлення невідповідності параметрів роботи двигуна необхідно виконати регулювання або ремонт механізмів чи їх окремих складових.

1.2 Шляхи поліпшення показників роботи ДВЗ

Основними шляхами поліпшення показників роботи ДВЗ є:

- виконання ремонту (розбирання, дефектування, відновлення, контролю, збирання);
- безрозбірне відновлення поверхонь шляхом обробки поверхонь трибоспряжень (без розбирання).

Кожен з наведених шляхів має свої переваги та недоліки. Зокрема, виконання ремонту з розбирання деталей трибоспряжень потребує значних затрат часу та енергоресурсів. При цьому, перевагою є повне відновлення з можливістю контролю кінцевого результату та значний ресурс до наступного відновлення (ремонту). Безрозбірне відновлення використовується при незначній величині зносу трибоспряжень. Процес нанесення спеціальних покриттів або створення умов припрацювання має значно меншу собівартість, але й ресурс відновлених рухомих з'єднань менший, у порівнянні зі звичайним ремонтом.

Аналіз існуючих триботехнічних методів відновлення робочих поверхонь деталей дає можливість провести деяку їх класифікацію (рис. 1.1).



Рис. 1 – Триботехнічні методи відновлення робочих поверхонь

Кожен із вказаних методів (рис. 1.1) має свої особливості та забезпечується різноманітним впливом на трибоспряження.

Так, метод формування спеціальних покриттів на поверхнях деталей базується на утворенні шару металів із їх розчинів або сплавів. Серед найбільш розповсюджених слід назвати такі методи формування покриттів: електролітичний, фрикційний, хімічний та ін.

Триботехнічний метод заснований на використанні в зоні тертя мастильних матеріалів з металорганічними присадками (домішками). Вказані присадки забезпечують створення на поверхні тертя деталей плівок, що мають підвищену зносостійкість у порівнянні з необробленими спряженнями.

Пропускання електричного струму (постійного або змінного) через спряжені деталі дозволяє зруйнувати виступи (піки) на поверхні спряжених деталей.

При застосуванні трибоелектрохімічного методу відновлення використовується металева вставка і пропускається постійний струм через

трибоспряження. В результаті чого іони металу введеної вставки під дією струму осаджуються на поверхнях тертя відновлюваних деталей спряження.

Електрохіміко-механічний метод заснований на використанні електроліту. В результаті пропускання змінного електричного струму через електроліт відбувається механічна та електрохімічна взаємодія та прискорюється час припрацювання поверхонь рухомих з'єднань.

В основі методу обробки спряжених поверхонь деталей та моторної оливи магнітним полем покладено введення в моторну оливу спеціальних присадок та її попередня обробка магнітним полем, а також обробка поверхонь тертя магнітним полем.

Використання мастил з фуллеренсодержащими складовими, які забезпечують утворення на поверхні тертя нового матеріалу з високими антифрикційними властивостями.

Фізико-хімічний метод відновлення поверхонь тертя із застосуванням наноматеріалів заснований на введенні в оливу спеціальних наночастинок матеріалів. Введення вказаних наповнювачів у моторну оливу забезпечують утворення на поверхнях тертя нових структур (матеріалів), що мають високі антифрикційні властивості.

Фізико-хімічний та триботехнічний методи відновлення поверхонь тертя мають переваги у порівнянні з іншими наведеними методами, а саме не потребують використання спеціального обладнання та устаткування для реалізації технології відновлення. Основна задача при реалізації вказаних методів – введення спеціальних наповнювачів та контроль процесу припрацювання (відновлення). Застосування цих методів має незначну собівартість та забезпечує достатню довговічність нанесених покриттів на поверхнях деталей трибоспряжень.

Відомий позитивний ефект від введення в систему мащення ДВЗ спеціальних компонентів – модифікаторів тертя [7-9]. Саме тому, серед перспективних методів відновлення поверхонь тертя ДВЗ найбільшого

розповсюдження отримали методи, що засновані на введенні спеціальних наповнювачів до моторного чи трансмісійного мастила.

1.3 Огляд існуючих композицій для відновлення трибоспряжень двигунів внутрішнього згоряння

Розглянемо декілька найбільш розповсюджених присадок до моторного мастила, що представлені в асортименті в Україні розділивши їх на декілька категорій, в залежності від матеріалів що використовуються в їх складі.

Одними з таких є присадки, що мають у своєму складі мідь, олово і навіть срібло. Серед них можна назвати такі: Suprotec Актив Стандарт, RESURS UNIVERSAL, R1metall (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Присадки для ДВЗ: а – Suprotec Актив Стандарт, б – RESURS UNIVERSAL, R1metall

Введення наведених вище домішок у зону тертя рухомих з'єднань дійсно може приводити до заповнення нерівностей поверхні, що в подальшому сприятиме зменшенню шуму, вібрації та до підвищення величини компресії. Проте деякі частина активних елементів вказаних сумішей залишаються у фільтрі системи мащення. Це в свою чергу призводить до необхідності подвійної, а інколи й потрійної, обробки ДВЗ. Як результат, підвищення вартості матеріалів для досягнення мети значно зростає.

Одна з груп присадок, яка представлена виробниками для безрозбірного відновлення – присадки на основі металокерамічних наночастинок [10-12]. Серед таких одними з найвідоміших є: Xado, Liqui Moly Cera Tec, RVS Master Engine (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Присадки для відновлення поверхонь ДВЗ на основі металокерамічних компонентів: а – Xado Revitalizant EX120, б – Liqui Moly Cera Tec, в – RVS Master Engine

Недоліком присадок з додаванням металокераміки мають декільки суттєвих недоліків, один з яких – висока їх вартість. Це обмежує широке використання їх в якості постійного використання для підтримання утвореного шару.

Інша група присадок заснована на введенні дисульфиду молібдену або інших схожих за властивостями елементів. Серед таких матеріалів слід відзначити: NANOPROTEC Active Регуляр, MANNOL Molibden Additive, Liqui Moly Oil Additiv (рис. 1.4). Всі наведені присадки засновані саме на використанні дисульфиду молібдену – матеріалу що дозволяє значно зменшити коефіцієнт тертя при введенні його в трибоспряження.

Додавання дисульфиду молібдену дозволяє зменшити силу тертя, за рахунок зменшення коефіцієнту тертя, підвищити величину компресії та мають незначну вартість.



Рисунок 1.4 – Присадки для ДВЗ на основі дисульфиду молібдену: а – NANOPROTEC Active Регуляр, 2 – MANNOL Molibden Additive, 3 – Liqui Moly Oil Additiv.

Саме використання недорогих, у порівнянні з іншими, присадок на основі дисульфиду молібдену дозволяє отримати непоганий ефект при незначних затратах.

1.4 Обґрунтування теми дипломної роботи

Серед значного різноманіття методів безрозбірного відновлення трибоспряжень ДВЗ, за рахунок незначної собівартості та ефективності, найбільшого розповсюдження отримали методи пов'язані із введенням в мастильне середовище спеціальних компонентів (в тому числі й наноматеріалів). При цьому такі методи доцільно використовувати у випадках коли рухомі спряження ДВЗ мають незначний знос. Саме тому, ефективність

того чи іншого методу буде залежати від технічного стану конкретних трибоспряжень кожного окремо взятого ДВЗ.

Тому, метою роботи є дослідження показників роботи двигуна внутрішнього згорання при введенні спеціальних змащувальних композицій та обґрунтування ефективності їх застосування для безрозбірного відновлення трибоспряжень.

Поставлена мета буде досягнута вирішенням таких задач:

1. Проаналізувати основні показники роботи ДВЗ та методів їх підвищення. Розглянути перспективні напрямки відновлення трибоспряжень з врахуванням собівартості та складності реалізації.

2. Розробити програму, навести обладнання та методики досліджень показників роботи ДВЗ.

3. Встановити вплив введення спеціальної змащувальної композиції в систему мащення на показники роботи двигуна внутрішнього згорання.

4. Проаналізувати шкідливі та небезпечні фактори, що діють на працівника при виконанні досліджень показників роботи ДВЗ. Навести правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення досліджень.

5. Виконати техніко-економічну оцінку дипломної роботи.

2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма та завдання досліджень

Оптимізація роботи ДВЗ – основний напрям розвитку машинобудування двигунів такого типу. Сучасні двигуни працюють під контролем блоків керування, які зчитують показники роботи з датчиків, і у разі необхідності вносять зміни (корегування) для оптимізації режимів роботи. При цьому під час експлуатації ДВЗ відбувається процеси зношування, що призводять до відхилень деяких показників більше нормативних меж. У цьому випадку системи керування не здатні повністю скорегувати режими роботи, що призводить до погіршення основних експлуатаційних показників, а саме, потужності, витрати палива, вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах.

Основними напрямками відновлення поверхонь деталей ДВЗ є ремонт (із розбиранням) та безрозбірне відновлення. Кожен з них має, як свої переваги, так і недоліки.

Безрозбірне відновлення трибоспряжень має декілька основних переваг, у порівнянні зі звичайним ремонтом. Серед них можна назвати такі: низька вартість, час на проведення, відсутність спеціального обладнання для реалізації технології. При цьому основним недоліком є можливість відновлення поверхонь або нанесення покриттів при незначній величині зносу. Одним із перспективних методів безрозбірного відновлення є фізико-хімічний та триботехнічний методи, які засновані на введенні спеціальних модифікаторів тертя або наночастинок матеріалів в зону тертя разом з моторною оливою.

Програма робіт включала такі етапи:

- підготовка обладнання та спеціальної добавки до моторного мастила;

- дослідження величини надлишкового тиску при введенні модифікатора тертя;
- дослідження концентрації шкідливих речовин у вихлопних газах ДВЗ;
- дослідження витрати палива ДВЗ на холостому ході;
- обробка результатів досліджень та формування висновків.

Основним завданням дослідження є встановлення залежності показників роботи ДВЗ при введенні в моторну оливу спеціальних змащувальних композицій та надання рекомендацій щодо використання отриманих результатів при безрозбірному відновленні ДВЗ.

2.2 Обладнання та методики проведення досліджень

Визначення кількості шкідливих речовин у вихлопних газах.

Збільшення вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах, крім погіршення екологічного аспекту, вказує на неякісне згоряння палива у ДВЗ. Так, підвищення концентрації СО у вихлопних вказує на неповне згоряння палива, в результаті чого підвищується витрата палива та зменшується потужність двигуна.

Для визначення концентрації шкідливих речовин у вихлопних газах використовують різноманітні газоаналізatori або широкосмугову датчики кисню. В роботі для виконання даного завдання використано газоаналізатор «Інфракар-М» (рис. 2.1). Вказаний газоаналізатор є чотирьох компонентним та призначений для визначення об'ємної частки таких речовин у вихлопних газах: оксид вуглецю (СО), діоксиду вуглецю (СО₂), вуглеводнів, у перерахунку на гексан (СН), кисню (О₂) (рис. 2.2). В газоаналізаторі є окремий датчик для вимірювання частоти обертання колінчастого валу двигунів. Крім цього, аналізатор дозволяє визначати коефіцієнт надлишку повітря λ. Газоаналізатор Інфракар М застосовуються на станціях автотехобслуговування, в органах автоінспекції, в автогосподарствах при контролі за технічним станом

бензинових двигунів і їх регулювання [6]. Тахометр призначений для вимірювання і відображення в цифровому вигляді (рис. 2.1-2.2) частоти обертання колінчастого валу двох і чотиритактних двигунів внутрішнього згоряння, безконтактної і контактної системами запалювання з високовольтним розподілом.



Рисунок 2.1 – Газоанализатор «Инфракар-М» з датчиком частоти обертання колінчастого валу та зондом для діагностування

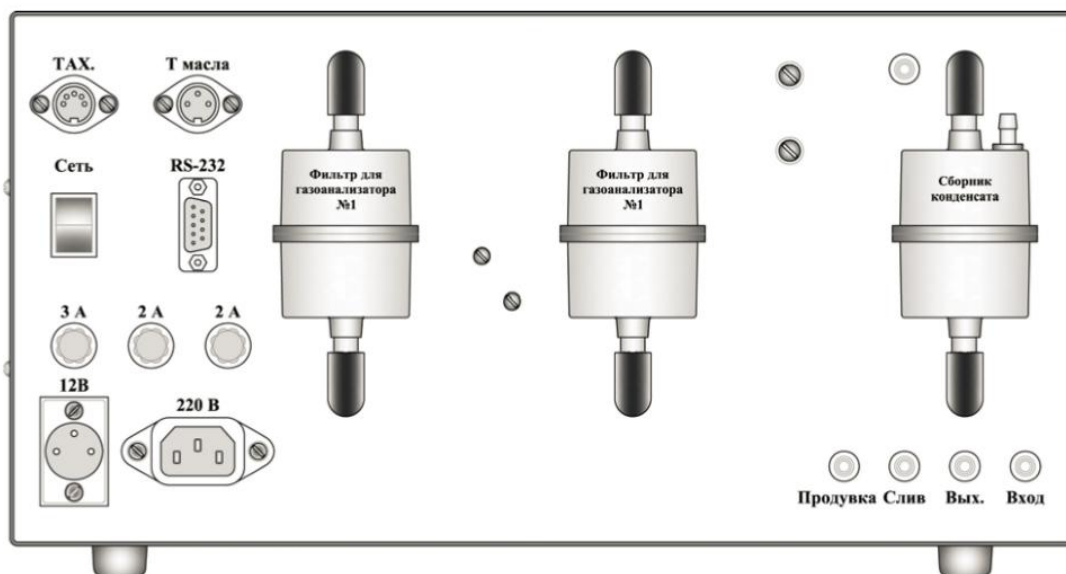


Рисунок 2.2 – Задня панель приладу «Инфракар-М»

Робочі умови використання приладу [6]:

- 1) живлення приладу може бути від:
 - мережі змінного струму напругою 220В, частотою 50 Гц.,
 - джерела постійного струму з напругою живлення $12 \pm 1,2$ В;
- 2) робоча температура повітря робочої зони від 0 до +40 °С;
- 3) відносна вологість навколишнього повітря повинна становити не більше 95 % при температурі +30 °С. Можлива робота в умовах нижчих температури за умови відсутності процесу конденсації вологи;
- 4) атмосферний тиск повинен бути 84...106,7 кПа;
- 5) датчик для вимірювання частоти обертання колінчастого валу підключається до високовольтного проводу свічки запалювання за умови таких характеристик: амплітуда імпульсів в діапазоні 2-20 кВ; тривалість імпульсів повинна бути в межах 20-50 мс.

Принцип дії датчика вимірювання концентрації кисню – електрохімічний. Принцип дії датчика частоти обертання колінчастого валу заснований на індуктивному методі визначення частоти імпульсів струму в системі запалювання. Вимірювальний блок приладу містить оптичний блок, в якому є випромінювач, вимірювальну кювету, 4 піроелектричних приймача випромінювання, перед якими розміщені 4 інтерференційних фільтрів. Випромінювання модулюється обтюратором. Оптична і газова схеми приладу наведено на рис. 2.3. У вимірювальному блоці також розміщений електрохімічний датчик кисню.

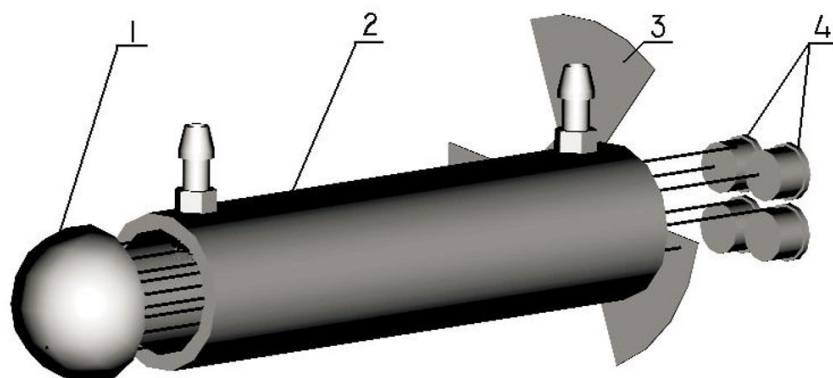


Рисунок 2.3 – Оптична схема газоаналізатора: 1 – випромінювач; 2 – кювета; 3 – обтюратор; 4 – приймач випромінювання з інтерференційними фільтрами [6].

Блок електронний призначений для вимірювання вихідних сигналів первинних перетворювачів газоаналізаторів «Інфракар-М», обробки і представлення результатів вимірювання. Газоаналізатор «Інфракар-М» містить:

- комбінований блок живлення постійного струму напругою (12 +2,8 - 1,2) В і змінного струму напругою (220+22/-33) В, частотою (50 ±1) Гц.,
- блок попереднього посилення сигналу піроелектричних приймачів;
- мікропроцесорний контролер, в тому числі виконує функцію вимірювання частоти обертання колінчастого валу двигуна;
- 6 світлодіодних індикаторів;
- клавіатуру;
- датчик температури;
- цифровий вихід для зв'язку з комп'ютером через роз'єм RS 232.

Порядок виконання роботи з приладом «Інфракар-М» [6]. Встановити для забору газів приладу у вихлопну трубу автомобіля на глибину не менше 300 мм від зрізу (до упору) та обов'язково зафіксувати його. Провести налаштування нулів всіх каналів натисканням кнопки ►0◄. У цьому режимі необхідно забезпечити надходження чистого повітря, без потрапляння з вихлопних газів CO₂, CO і CH. Довге тримання кнопки «4/2 такту» дозволяє встановити для нормальної роботи тахометра тип двигуна, до якого підключений прилад (двох - чотиритактний). Короткочасне натискання вказаної кнопки дозволяє проконтролювати обраний тип двигуна(двотактний чи чотиритактний). Якщо потрібно провести зміну чутливості показів тахометра необхідно одночасно натиснути кнопки «Друк» і «4/2 такту». При цьому на індикаторі «λ» повинно відобразитись значення встановленого рівня чутливості.

Натисканням на кнопки «4/2 такту» (+) та «Печать» (-) можна обрати необхідний рівень чутливості показів тахометра для оптимального вимірювання частоти обертів колінчастого валу окремо взятого автомобіля чи мотоцикла. При завищенні показань тахометра і при його нестійкої роботи необхідно знизити чутливість, при зниженні показань – підвищити чутливість тахометра. Запам'ятовування встановленого рівня проводиться натисненням

кнопки (►0◄). Вихід без запам'ятовування натисканням кнопки «Насос» (Вихід). При вимірі частоти обертання колінчастого валу в двигунах з 2-во іскровою системою запалювання в тахометрі встановлюється режим такий же, як на двотактний двигун. Включити «Насос» натисненням кнопки. Газоаналізатор готовий до роботи. Після закінчення режиму установки нуля (чутливості - по каналу O_2) газоаналізатор переходить в режим вимірювання концентрацій всіх каналів, а також частоти обертання колінчастого валу двигуна, проводиться розрахунок коефіцієнта λ .

Зміну режимів визначення величини параметра λ для різних видів палива виконується довготривалим утриманням, більше 4 секунди, кнопки СО кор. (Паливо). В такому випадку у вікні індикатора λ будуть висвітлюватися назви режимів в порядку «БЕНЗ», «ПЗО», «П. ГАЗ». «БЕНЗ» – для бензину, «ПЗО» – для суміші пропан-бутан, «П. ГАЗ» – для метану (природного газу). Автоматичне налаштування на нуль виконується кожні 30 хв., час налаштування – 30 с. Якщо під час діагностування натиснута кнопка насоса автоматичне налаштування не виконується. Показання газоаналізатора дозволяється фіксувати тільки через 40-60 с. після початку

Отримані значення можна фіксувати підключенням приладу до ПК та за допомогою спеціального програмного забезпечення. Це дозволяє в подальшому краще виконати аналіз одержаних значень за різних режимів роботи ДВЗ.

Методика визначення величини надлишкового тиску (компресії). Для визначення величини надлишкового тиску найпростішими приладами є компресиметри. Для проведення досліджень у роботі використано компресиметр КИ-861 (рис. 2.4). Величина компресії зменшується внаслідок зносу деталей циліндро-поршневої групи, клапанів та їх гнізд, відсутності зазорів між клапанами та коромислами, поломки пружини клапана, руйнування чи пошкодження прокладки циліндрів тощо. Компресиметр складається з корпусу, рукоятки та манометра із шкалою вимірювання 0...1,6 МПа. У нижній частині корпусу знаходиться зворотній клапан, що забезпечує фіксацію показників надлишкового тиску та його скидання після кожного вимірювання

[13]. На вимірювальному кінці приладу встановлено гумовий конус, що забезпечує ущільнення робочої порожнини компресиметра і надпоршневої порожнини циліндра при вимірюваннях величини компресії.



Рисунок 2.4 – Компресиметр

Порядок роботи при визначенні величини компресії:

- прогріти двигун до робочої температури;
- викрутити свічки запалювання з всіх циліндрів двигуна;
- накрити свічні отвори циліндрів для яких в даний момент вимірювання не буде виконуватися тканиною для уникання вилітання частинок паливо-повітряної суміші з циліндрів;
- натиснути на зворотній клапан для скидання попередніх показів та встановлення манометра на «0»;
- гумовий наконечник встановити в свічний отвір циліндра, що перевіряється та натиснути на рукоятку, притиснувши компресиметр;
- за допомогою стартера протягом декількох секунд прокручувати колінчастий вал двигуна при повністю відкритій дросельній заслінці, зафіксувати покази манометра;
- натиснути на зворотній клапан, скинути показники манометра і переходять до перевірки величини компресії в інших циліндрах двигуна.

У випадку коли після здійснення вимірювання тиск на манометрі не стабілізується (зменшується), це вказує на нещільності у конструкції

компресметра, зокрема у сідлі зворотного клапана. У такому випадку необхідно виконати усунення виявленої несправності, і тільки потім виконувати вимірювання.

2.3 Програмне забезпечення для контролю показників роботи ДВЗ

Контроль витрати палива та стабільності частоти обертання на xx ході.

Сьогодні витрату палива та частоту обертання колінчастого валу двигунів можна визначати за показами бортових систем діагностування та управління. Для двигунів сімейства MeM3-307 (317 та ін.) існує значна кількість програмного забезпечення, що дозволяє отримувати великий обсяг даних про роботу ДВЗ. Однією з таких є програмне забезпечення T-monitor. Загальний вигляд стартової сторінки програмного забезпечення представлено на рис. 2.5.

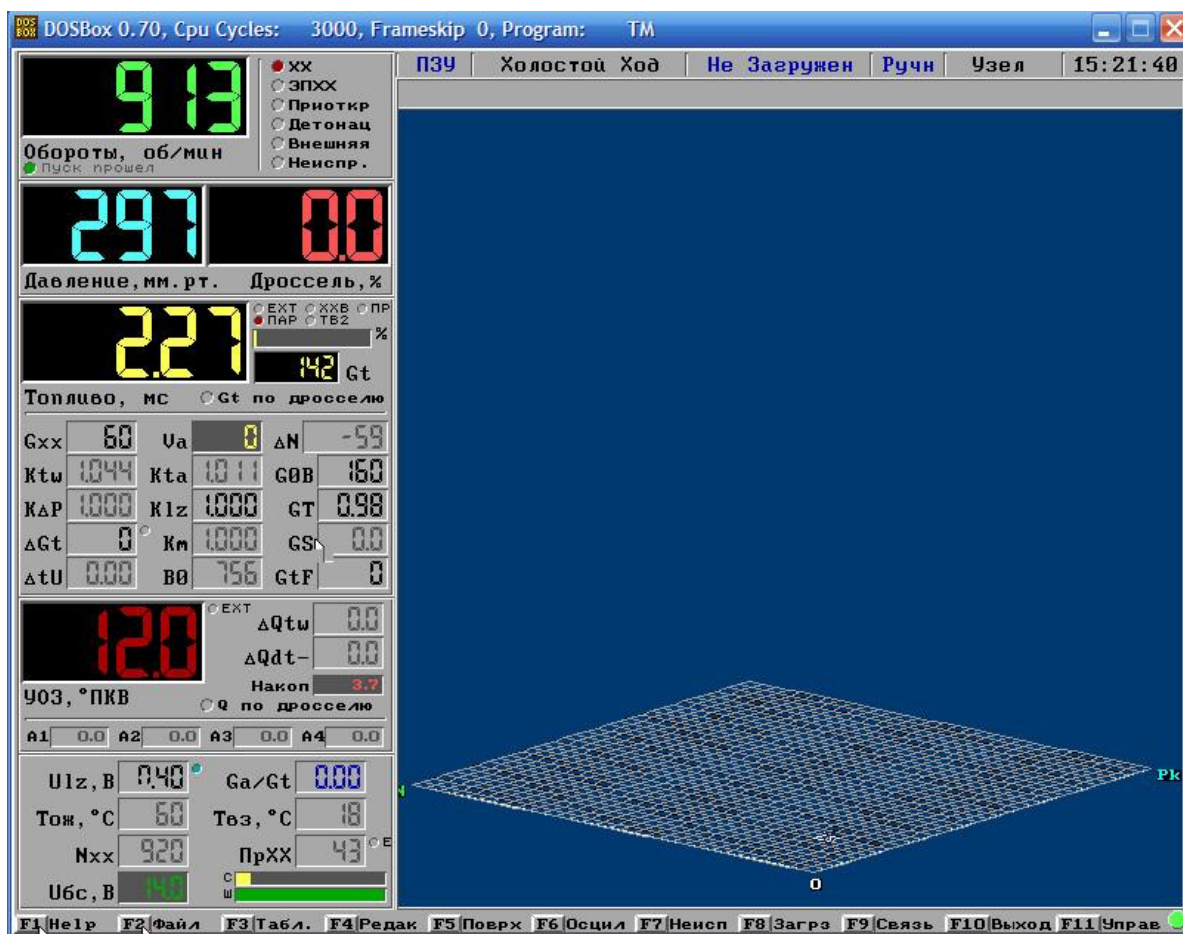


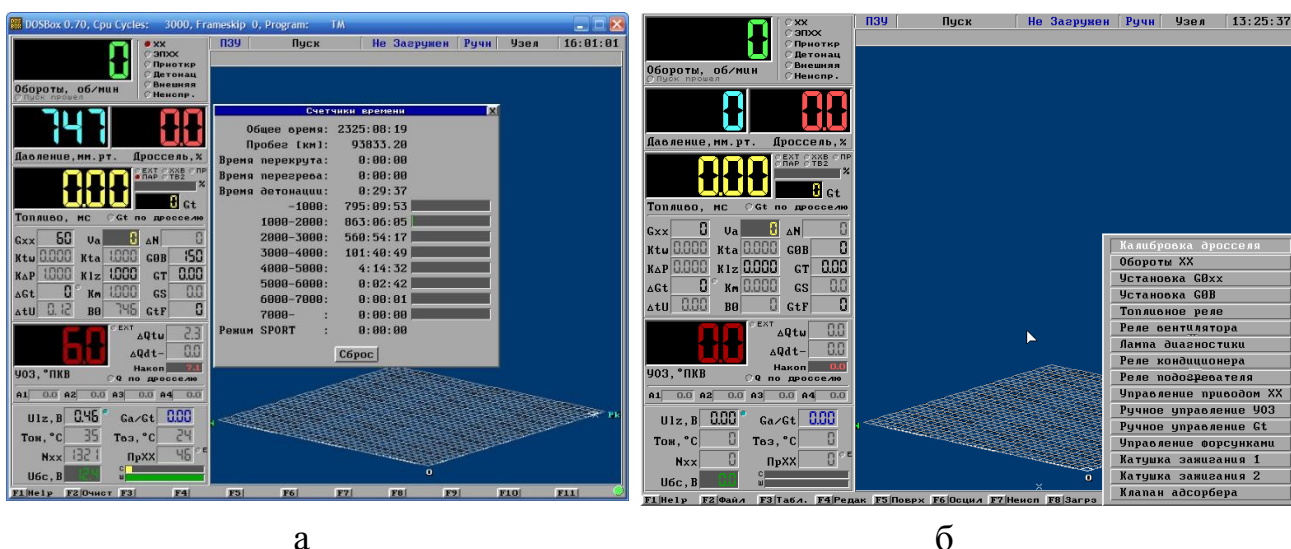
Рисунок 2.5 – Стартова сторінка програмного забезпечення T-monitor

Зчитування показників роботи ДВЗ виконують за допомогою ПК на який встановлено програмне забезпечення T-monitor та діагностичного адаптеру K-line (рис. 2.6). Адаптер підключається через діагностичний роз'єм автомобіля.



Рисунок 2.6 – Діагностичний адаптер K-line

Програмне забезпечення T-monitor дозволяє одержувати значну кількість діагностичних показників роботи ДВЗ (рис. 2.5, 2.7, а), і у разі необхідності навіть виконувати коригування режимів роботи двигуна чи перевірки працездатності деяких механізмів або елементів ДВЗ (рис. 2.7, б).



а

б

Рисунок 2.7 – Вкладки програмного забезпечення T-monitor: а – перевірка режимів роботи ДВЗ, б – управління окремими системами та елементами ДВЗ

Вказане програмне забезпечення дозволяє в реальному часі знімати осцилограми показників роботи двигуна, що спрощує процес аналізу роботи двигуна після виконання досліджень.

Програмне забезпечення для контролю вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах. Для контролю шкідливих речовин у вихлопних газах та подальшого аналізу одержаних даних для газоаналізатора «Інфракар-М» використано програмне забезпечення «Інфракар-графічний». Можливі варіації відображення отриманих результатів представлено на рис. 2.8, це можуть бути як гістограми, так і залежності всіх компонентів у вигляді осцилограм.

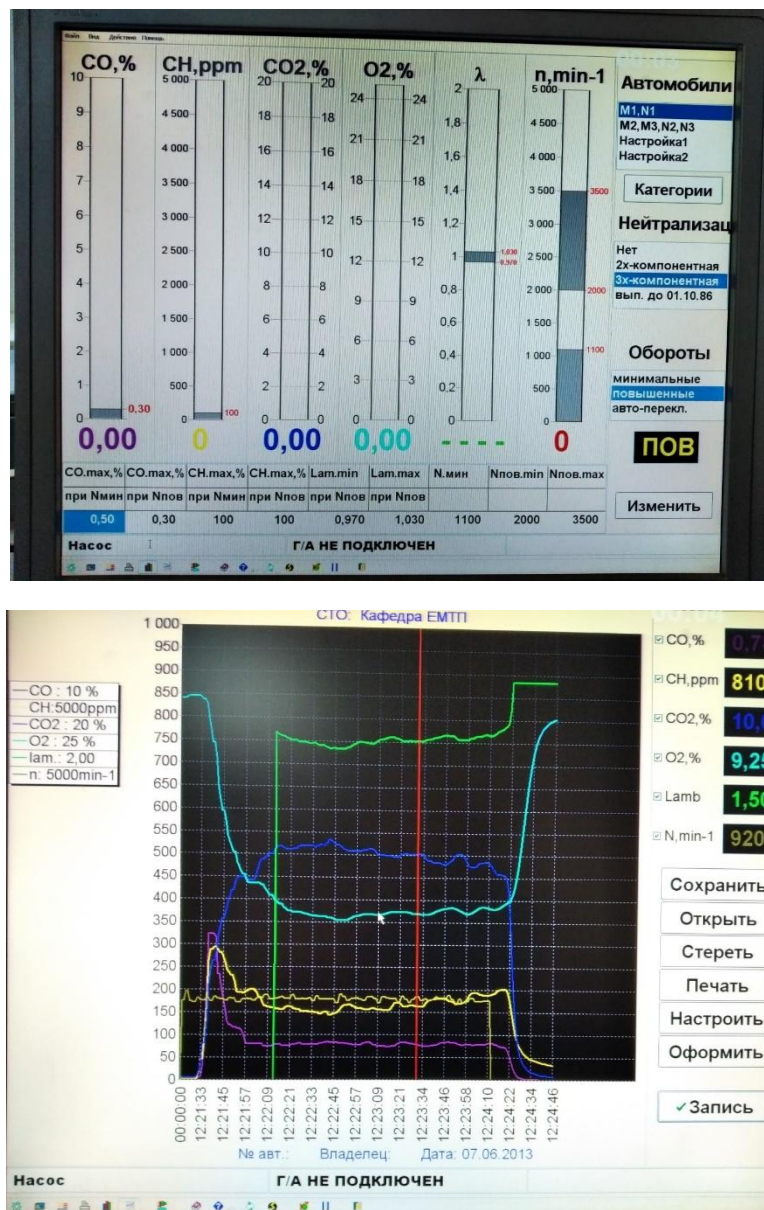


Рисунок 2.8 – Робочі екрани програмного забезпечення при роботі з газоаналізатором

Підготовка та технологія введення спеціальної змащувальної композиції

Для виконання досліджень обрано спеціальну змащувальну композицію MANNOL Molibden Additive (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Спеціальна присадка до моторного мастила MANNOL Molibden Additive

Перед внесенням присадки необхідно прогріти двигун до номінальної робочої температури. Композицію необхідно також підігріти до температури 40...50 °C та добре збовтати протягом 3...5 хв. Після цього необхідно влити присадку в масло заливну горловину ДВЗ. Якщо рівень мастила, перед введенням композиції, близький до максимального, необхідно 300...350 мл мастила забрати з системи мащення.

Після введення присадки необхідно дати попрацювати двигуну на холостому ході 10...15 хв, потім на підвищеній частоті обертання без навантаження протягом 3...5 хв. Після цього, можна продовжувати експлуатацію ДВЗ у звичайному режимі.

Перед початком досліджень виконано вимірювання величини надлишкового тиску ДВЗ при номінальній температурі двигуна. Також визначено вміст шкідливих речовин у вихлопних газах при роботі двигуна на холостому ході. Для детального аналізу виконано визначення обсяги шкідливих

речовин при роботі двигуна на бензині та на зрідженій суміші газів – пропан-бутан.

Відповідно до наведеної вище програми робіт та методик проведення діагностування виконані дослідження показників роботи двигуна до внесення та при введенні спеціальних змащувальних композицій.

Програмне забезпечення дозволяє виконувати запис значень параметрів роботи ДВЗ у реальному часі, і забезпечує якісний їх аналіз після закінчення процесу діагностування.

Результати досліджень наведені у наступному розділі дипломної роботи.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати дослідження величини компресії

Дослідження виконували на двигуні MeM3-307 прогрітому до номінальної температури охолоджувальної рідини 85...87 °С. Після прогрівання двигуна його глушили та викручували свічки системи запалювання, які мали зовнішній вигляд наведений на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Свічки запалювання двигуна MeM3-307 до проведення робіт

За результатами зовнішнього огляду можна зробити висновок що паливно-повітряна суміш близька до нормальної.

Після викручування свічок запалювання відключали також і сам модуль запалювання задля запобігання ураження електричним струмом при прокручуванні колінчастого валу двигуна.

Прокручування колінчастого валу виконували на пусковій частоті обертання з повністю відкритою дросельною заслінкою. Кількість обертів для кожного вимірювання не менше 7...8. Кратність вимірювання – потрійна. Результати, щодо величини надлишкового тиску до внесення спеціальної змащувальної композиції та після пробігу 350 км наведено на рис. 3.2.

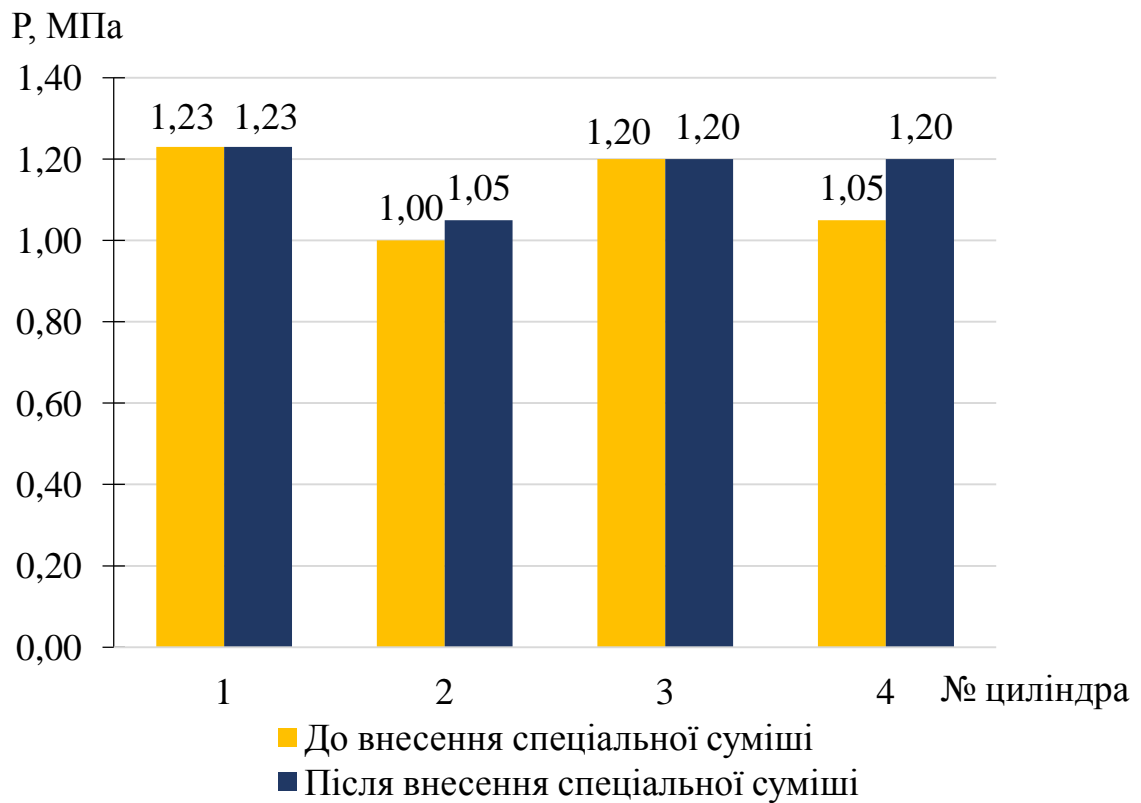


Рисунок 3.2 – Результати визначення величини компресії до та після внесення модифікатора тертя

На основі одержаних результатів (рис. 3.1) можна зробити такі висновки щодо ефективності дії модифікатору тертя Molibden Additive:

- В циліндрах в яких значення величини компресії до введення змащувальної композиції було найбільше ніяких змін не відбулося або вони були в межах похибки вимірювання.

- У другому циліндрі, який мав найменше значення компресії спостерігається незначне збільшення надлишкового тиску – всього на 5 %.

- При цьому у четвертому циліндрі відбулося значне зростання величини компресії після введення модифікатора тертя – на 14,3 %.

Відсутність відчутного зростання величини компресії у другому циліндрі може бути пов'язано з несправністю клапанів механізму газорозподілу або серйозним зносом циліндро-поршневої групи вказаного циліндру. Позитивним ефектом є вирівнювання величини надлишкового тиску у четвертому циліндрі до значень першого та третього циліндрів.

В подальшому необхідно продовжити контрольні вимірювання компресії за циліндрами двигуна задля визначення значення вказаного показника в залежності від пробігу автомобіля.

3.2 Результати дослідження вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах

Визначення вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах виконували на повністю прогрітому двигуні при роботі ДВЗ на бензині. Автомобіль обладнано також газобалонною установкою для роботи на суміші газів пропан-бутан, але в дослідженнях вона не використовувалась. Діаграма, що відображає вміст речовин у вихлопних газах при роботі ДВЗ, на холостому ході ($N = 890 \text{ хв}^{-1}$), до внесення в систему мащення спеціальної композиції наведена на рис. 3.2. Як видно з даних спостерігається незначні коливання вмісту CO та CO_2 у вихлопних газах. Стабільна робота ДВЗ спостерігалась за показників, що наведені на рис. 3.3.

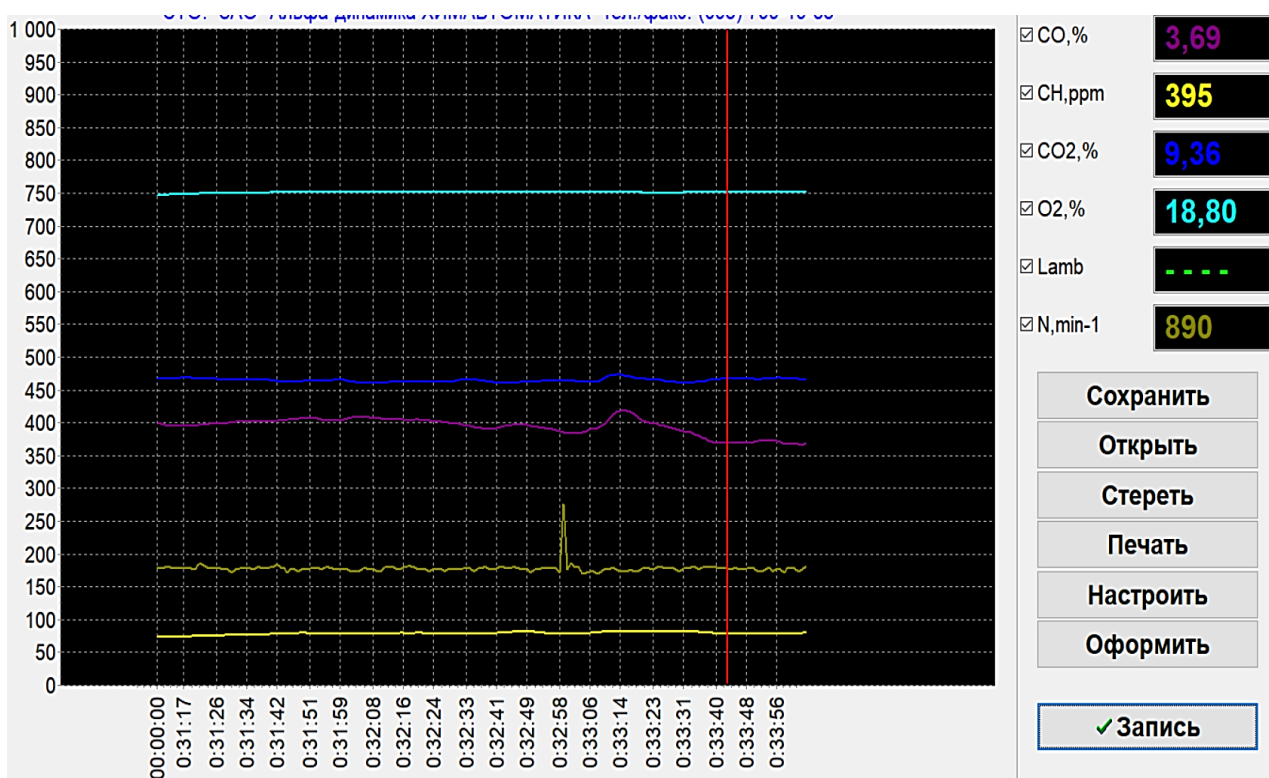


Рисунок 3.2 – Вміст речовин у вихлопних газах ДВЗ до внесення спеціальної композиції в систему мащення

Після додавання модифікатора тертя в систему мащення ДВЗ та роботи на холостому ході спостерігалась тенденція до зниження рівня СО у вихлопних газах та стабілізація показника СО на рівні 3,07 % (рис. 3.4). При цьому, закономірно було підвищення відсоткового вмісту продукту повного згоряння палива CO_2 з 9,36 % до 9,66 %.

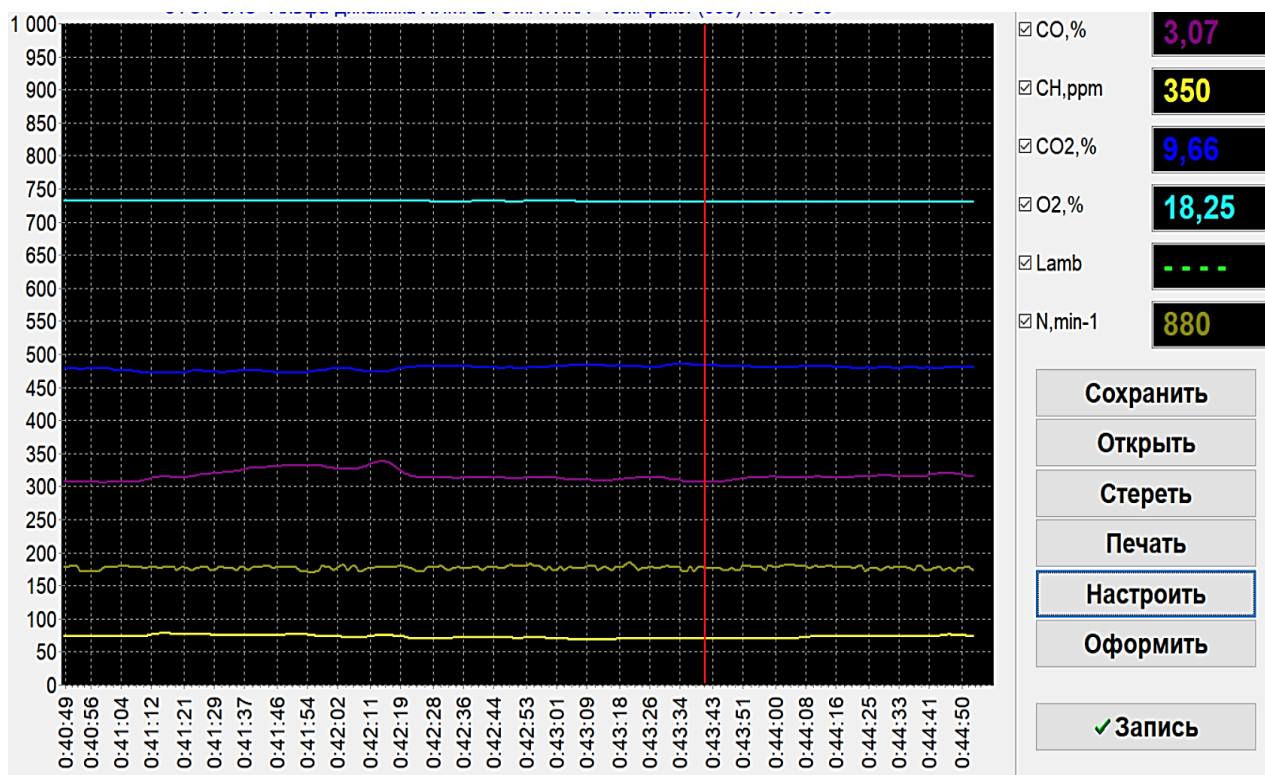


Рисунок 3.4 – Вміст речовин у вихлопних газах ДВЗ після внесення спеціальної композиції до системи мащення

Крім цього зафіксовано зменшення вмісту кисню у відпрацьованих газах, який ймовірно вступив у взаємодіє при згорянні палива, що й дозволили зменшити вміст шкідливих речовин у газах. Цим також можна пояснити значне зменшення викидів вуглеводнів у навколишнє середовище на 11,4 %. Середні значення вмісту речовин у відпрацьованих газах вносимо до таблиці 3.1.

Результати дослідження вмісту речовин у відпрацьованих газах вказують на позитивний результат щодо використання спеціальних змащувальних композицій на основі дисульфиду молібдену, зокрема Molibden Additive, для поліпшення екологічних показників роботи ДВЗ.

Таблиця 3.1 – Вміст речовин у вихлопних газах ДВЗ

Показник	Середнє значення вмісту речовин у вихлопних газах, % (крім СН)			
	СО	СН	СО ₂	О ₂
До внесення спеціальної композиції	3,69	395	9,36	18,8
Після внесення спеціальної композиції	3,08	350	9,66	18,25

Одержані результати підтверджують ефективність спеціальної змащувальної композиції Molibden Additive для зменшення вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

3.3 Результати дослідження витрати палива та режиму роботи ДВЗ

Дослідження витрати палива за допомогою програмного забезпечення T-monitor не виявили значної різниці у витраті палива при роботі двигуна на холостому ході (рис. 3.5).



а



б

Рисунок 3.5 – Показники роботи ДВЗ на хх: а – до внесення композиції,
б – після внесення спеціальної композиції в систему мащення

Показник GT (виділений на рис. 3.5) – годинна витрата палива двигуна л/год. Найкраще оцінити зміну витрати палива можна в режимі навантаження, але виникають труднощі пов'язані зі створенням однакових режимів роботи двигуна, які майже неможливо повторити. Саме тому, такі дослідження в роботі не виконано. Суттєвих змін в режимі роботи ДВЗ не зафіксовано. Можливо необхідно виконати ресурсні випробування протягом декількох років для одержання вагомого ефекту змін режиму роботи.

Висновки до розділу. Встановлено, що ведення спеціальної змащувальної композиції на основі дисульфиду молібдену Molibden Additive призводить до зниження, у порівнянні з показниками до внесення, вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах, зокрема CO на 16,5 %, CH на 11,4 %. При цьому, витрата палива двигуна внутрішнього згоряння на холостому ході не змінилась. Виявлено, що вплив модифікатора тертя на величину надлишкового тиску (компресію) має вибірковий ефект. У четвертому циліндрі величина компресії зросла на 14,3 % (з 1,05 МПа до 1,20 МПа). та підрівнялась до значень в першому та третьому циліндрах. Проте, в другому циліндрі збільшення зовсім незначне – на 5% (з 1,00 МПа до 1,05 МПа).

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Основні 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 [14].

Процеси діагностування технічного стану автомобільного транспорту пов'язані з роботами що мають ряд небезпечних виробничих факторів, і тому потребують обов'язковому дотриманню правил безпеки праці при виконанні робіт [15]. «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» [16].

4.2 Шкідливі та небезпечні фактори при виконанні робіт з діагностування ДВЗ

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 [15, 16]. «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» [16].

При виконанні робіт з діагностування ДВЗ можуть мати місце такі шкідливі та небезпечні фактори [17]:

- наїзди автомобілів на працівників;
- падіння деталей, агрегатів, вузлів, інструменту;
- падіння обслуговуючого персоналу з висоти (з підніжок, естакад та ін.);
- знижена температура повітря у холодну пору року;
- недостатня освітленість;
- напруженість праці пов'язана з незручними позами виконання робіт, зокрема при виконанні робіт з оглядової ями;
- термічні фактори при виконанні робіт на двигуні прогрітому до номінального теплового режиму чи при пожежах у випадку займання ПММ;
- присутність у повітрі робочої зони продуктів згорання палива та інших летючих речовин, зокрема окису вуглецю, вуглеводні та ін.

Температура поверхонь устаткування та обладнання з яким контактує працівник не повинні перевищувати +45 °С [18].

При виконанні робіт з діагностування, запланованих в дипломній роботі, слід виділити такі об'єкти підвищеної небезпеки:

- об'єкт діагностування – двигун внутрішнього згорання, його вузли та агрегати;
- обладнання для проведення досліджень показників роботи ДВЗ, що працює від зовнішнього джерела напругою 220 В.

4.3 Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників від шкідливих та небезпечних факторів

Основними організаційними заходами є своєчасне проведення інструктажів, навчань та перевірки знань з охорони праці. За характером і часом проведення розрізняють вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі.

Далі представлені інструктажі, які проводять для студента, у випадку виконання дипломної роботи в лабораторії технічного діагностування:

- вступний (загальні питання перед початком роботи в лабораторії);
- первинний (перед виконанням нових видів роботи);
- повторний (при тривалості виконання робіт в лабораторії більше 6 місяців);
- позаплановий (проведення після літніх канікул, які триваліші за 60 днів).

Захист очей при виконанні робіт з діагностування повинен здійснюватися відповідно до [19], в залежності від характеру шкідливого фактору і особливостей технологічних операцій. Для захисту від пилу і дрібних твердих частинок при механічній обробці можна користуватися окулярами відкритого типу 02-76, 02-У76, 03-76 або закритими ЗП1-80, ЗН4-72, ЗН8-72, ЗП2-80, ЗПЗ-80, для захисту від парів і бризок агресивних рідин – герметичними захисними окулярами.

Для захисту органів слуху, у випадках перевищення рівня шуму, необхідно застосовувати проти шумні вкладиші одноразового користування, заглушки проти шумні ВЦНИИОТ-2, ВЦНИИОТ-4 та ін.

4.4 Правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення діагностування ДВЗ

Вимоги безпеки перед початком роботи. До проведення діагностування та технічного обслуговування агрегатів, допускаються особи, навчені за професією по ремонту транспортних засобів, водіїв автотранспортних засобів, що пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктаж. Технічне обслуговування та діагностування автомобілів, агрегатів виконується відповідно до діючих положень про технічне обслуговування і ремонт автомобільного транспорту [17]. Працівник (студент) повинен виконувати доручений вид роботи, що визначений викладачем. При переході з однієї

роботи на іншу з використанням нового обладнання, працівник зобов'язаний ознайомитися з конструкцією, методами безпечної роботи й одержати конкретне завдання, розписатися в журналі видачі змінних завдань. Працівник зобов'язаний утримувати в чистоті і порядку робоче місце, деталі і вузли, не захаращувати проходи і проїзди. Робочий інструмент необхідно розмістити в зручному і безпечному для використання порядку. Необхідно перевірити робочий інструмент на справність та відповідність вимогам охорони праці. Працівник забезпечується засобами індивідуального захисту відповідно до типових галузевих норм безкоштовної видачі спецодягу, взуття, запобіжних пристосувань, інструментом.

Вимоги безпеки під час роботи. При постановці автомобіля на діагностування чи обслуговування, його необхідно встановити на ручне гальмо, заглушити двигун, ввімкнути знижену передачу та підкласти під колеса не менш двох упорів щоб запобігти самовільному русі. При ремонті й обслуговуванні автомобілів на електромеханічному підйомнику на пульті керування вивісити табличку «Не включати – працюють люди». При обслуговуванні зафіксувати підйомник в робочому (піднятому) положенні запобіжними упорами (штангами). Злив мастила, охолоджуючої і гальмівної рідини необхідно виконувати в спеціальну тару. Місця розливу мастила, охолоджуючої рідини, гальмівної рідини необхідно засипати піском, тирсою, ретельно прибрати і протерти місце розливу. При виконанні робіт, що потребують із прокручуванням колінчатого валу, необхідно обов'язково впевнитись у виключенні запалювання, подачу палива (для дизелів) і установку важеля перемикачів передач у нейтральне положення. Розсувні ключі не повинні бути ослаблені в рухливих частинах. Для запобігання травмування рук довжина інструмента не повинна бути менш 150 мм. Користатися викрутками, леза яких повинні бути відтягнуті і розплющені до товщини, необхідної для входу їх без зазору в проріз голівки гвинта чи шурупа.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях. У випадку аварійної ситуації необхідно негайно завершити роботу, та прийняти заходи для

унеможливлено отримати травм, організувати охорону небезпечної зони. Повідомити керівника робіт про те, що сталося. Якщо є потерпілі надати їм першу медичну допомогу; при необхідності викликати «Швидку допомогу». При виникненні пожежі, проводити її гасіння наявними засобами пожежегасіння, при необхідності викликати пожежну частину. Виконувати вказівки керівника робіт по усуненню аварійної ситуації.

Вимоги безпеки після закінчення роботи. Після закінчення діагностування потрібно виконати наступні дії:

- прибрати робоче місце. Інструмент, пристрої протерти та скласти на відведеному для них місці.

- перевірити надійність встановлення автомобіля на підставках. Залишати автомобіль, піднятий домкратом не дозволяється.

- повідомити керівника робіт про всі порушення та недоліки, які були виявлені під час роботи.

- зняти спецодяг, вимити руки та обличчя теплою водою з милом. Мити руки мастилом, бензином, гасом не дозволяється.

Забороняється: Приступати до роботи і технічного обслуговування без відмітки про профілактичний огляд, одержання завдання й інструктажу з охорони праці; Користуватися при виконанні робіт не справними ЗІЗ, устаткуванням, інструментом і пристосуваннями.

4.5 Дії у разі виникнення надзвичайної ситуації (пожежі)

У разі пожежі (ознак горіння) кожен працівник зобов'язаний [20]:

- негайно повідомити про це оперативно-рятувальній службі за телефоном «101» або «112», вказати адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, а також своє прізвище;

- повідомити про пожежу керівництву;

- організувати евакуацію людей і матеріальних цінностей;

- вимкнути (за потреби) струмоприймачі та вентиляцію;

- розпочати гасити пожежу наявними первинними засобами пожежогасіння;

- організувати зустріч підрозділів оперативно-рятувальної служби та надати їм допомогу під час гасіння пожежі;

- попередити керівника гасіння пожежі про наявність вибухонебезпечних, отруйних та хімічно активних речовин;

- в усіх випадках виконувати вказівки керівника гасіння пожежі.

При наявності потерпілих необхідно надати першу долікарську допомогу при опіках, яка включає виконання таких дій:

- Необхідно виконати заходи щодо припинення дії високої температури на потерпілого.

- Обережно зняти з поверхні тіла тліючий і різко нагрітий одяг, щоб грубими рухами не порушити цілісність шкірних покривів. Відривати одяг від шкіри не можна; її необхідно обрізати навколо опіку.

- Швидко накласти суху асептичну пов'язку для попередження інфікування опікової поверхні. За відсутності спеціального стерильного перев'язувального матеріалу опікову поверхню можна закрити бавовняною тканиною, пропрасованою гарячою праскою або змоченою етиловим спиртом.

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ

Використання різноманітних присадок – модифікаторів тертя в систему мащення дозволяє знизити коефіцієнт тертя і як результат – зменшити силу тертя трибоспряжень ДВЗ. Крім цього, деякі спеціальні змащувальні композиції включають наночастинки, що заповнюють нерівності поверхонь тертя, збільшуючи площу та щільність контакту. У такому випадку відбувається підвищення величини надлишкового тиску, що сприяє кращому згоранню палива, та зменшенні кількості картерних газів. Всі сучасні ДВЗ обладнані системи рециркуляції картерних газів. Принцип роботи таких систем базується на затягуванні картерних газів до впускного колектору ДВЗ, і як результат відсутності їх викидів в зовнішнє середовище.

У випадку граничного зносу циліндро-поршневої групи відбувається різке збільшення кількості газів, що прориваються через нещільності. Потім відбувається їх видалення з картеру та подача знову в впускний колектор. Таким чином, наповнення циліндрів відбувається сумішшю чистого повітря, картерних газів та палива. При цьому кисню у такій суміші недостатньо для повного згорання палива, що призводить до збільшення витрати палива.

Двигун внутрішнього згорання, що використаний для проведення досліджень – MeM3-307 (автомобіль – Daewoo Sens) має такі основні характеристики: робочий об'єм – 1299 см³, ступінь стиску – 9,8, номінальна потужність – 51,5 кВт (70 к.с.) при частоті обертання колінчастого валу 5200...5500 хв⁻¹, ресурс до першого капітального ремонту – 130000 км.

При роботі двигуна відбувається зниження рівня мастила, витрата якого складає приблизно 1,5...2 л/10000 км пробігу. В більшості випадків він залежить від режиму експлуатації. При вартості мастила 140...160 грн/л, додаткові витрати на підтримку необхідного рівня мастила складають від 210 до 320 грн/10000 км пробігу.

Вартість ремонту ДВЗ станом на листопад 2021 року складає 10...12 тис. грн. Враховуючи, що автомобіль має пробіг 165220 км (при регламентному напрацюванні до ремонту 130000 км) та підвищену витрату мастила, можна зробити висновок про необхідність проведення ремонту ДВЗ.

Результатами досліджень встановлено, що введення спеціальної суміші на основі дисульфиду молібдену MANNOL Molibden Additive призводить до підвищення компресії та зниження вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах, що сприяє зменшенню витрати палива. Тому приймаємо, що витрата палива зменшиться дещо менше у порівнянні зі зниженню вмісту СО у вихлопних газах на 8...10 %. Середня значення витрати палива двигуна марки MeM3-307 становить 8,6 л/100 км.

Вартість присадки MANNOL Molibden Additive об'ємом 300 мл, яка розрахована на використання в ДВЗ, що мають систему мащення до 5 л – 110 грн. Об'єм системи мащення двигуна MeM3-307 становить – 3,45 л включно з фільтром. Виробник присадки рекомендує додавати її в систему мащення при кожній заміні мастила – 10000 км.

Таким чином, необхідно визначити експлуатаційні витрати на роботу вказаного ДВЗ з врахуванням додаткової перевитрати палива та мастила.

Питомі експлуатаційні витрати визначаємо за формулою [21]:

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

де, $C_{\text{нмм}}$ – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн./км.

$C_{\text{м}}$ – сума витрат на реновацію, капітальний і поточний ремонт, технічне обслуговування, грн./км.

Вартість паливно-мастильних матеріалів (ПММ) визначаємо за формулою:

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

де $C_{\text{к}}$ – ціна 1 л палива, приймаємо 30 грн./л;

$g_{\text{га}}$ – витрата палива, л/100 км. Приймаємо для ДВЗ до внесення присадки – 8,6 л/100 км, для двигуна обробленого Molibden Additive – 8,0 л/100 км;

K_i – коефіцієнт який враховує індексацію цін на паливо ($K = 1$).

Визначаємо вартість ПММ для базового та проектного двигунів:

$$C_{пмм}^{\sigma} = (30 \cdot 8,6 \cdot 1)/100 = 2,58 \text{ грн./км}$$

$$C_{пмм}^n = (30 \cdot 8,0 \cdot 1)/100 = 2,40 \text{ грн./км}$$

Економічний ефект за рахунок зменшення витрати палива визначаємо за формулою:

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

Підставивши одержані результати, маємо:

$$E_{ПММ} = 2,58 - 2,40 = 0,18 \text{ грн./км}$$

Враховуючи необхідність введення спеціальної змащувальної композиції Molibden Additive при кожній заміні мастила (10000 км), маємо:

$$E^{10k}_{ПММ} = (E_{ПММ} \cdot 10000) - V_{присад.} = (0,18 \cdot 10000) - 110 = 1690 \text{ грн}$$

Питомі експлуатаційні витрати для двигунів MeM3-307 визначаємо за формулою:

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

де B_m , a_{pm} – відповідно балансова вартість (грн.) та норма відрахувань на реновацію машини (%), норму амортизаційних відрахувань становить – 11 %. Балансова вартість автомобіля, на який встановлюється двигун марки MeM3-307 – 70000 грн.

$C_{прм}$, $C_{том}$, $C_{зм}$ – відповідно питомі нормативні витрати на поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання (грн.). Для базового двигуна приймаємо витрати на вказані складові – 8,5 %, для ДВЗ з використанням присадки Molibden Additive знижується до 8,0 %.

$G_n^{рик}$ – напрацювання двигуна до капітального ремонту, приймаємо 130000 км.

Питомі експлуатаційні витрати на базовий агрегат становить:

$$C_m^{\sigma} = \left(\frac{70000 \cdot 11 \cdot 8,6 \cdot 0,76}{100 \cdot 130000} + \frac{5950 \cdot 8,6 \cdot 0,76}{10000} \right) = 4,29 \text{ грн./км}$$

Питомі експлуатаційні витрати на проектний агрегат становить:

$$C_M^n = \left(\frac{70000 \cdot 11 \cdot 8,0 \cdot 0,76}{100 \cdot 130000} + \frac{5950 \cdot 8,0 \cdot 0,76}{10000} \right) = 3,97 \text{ грн./км}$$

Загальні питомі експлуатаційні витрати визначаємо за формулою (5.1).

Для базової машини, маємо:

$$C_{num}^b = 2,58 + 4,29 = 6,87 \text{ грн./км}$$

Для проектного (з додаванням присадки):

$$C_{num}^n = 2,40 + 3,97 = 6,37 \text{ грн./км}$$

Економічний ефект на 1 км пробігу авто дорівнює:

$$E_{ef}^{км} = C_{num}^b - C_{num}^n = 6,87 - 6,37 = 0,5 \text{ грн./км}$$

При середньому річному пробігу авто – 10000 км, експлуатаційний річний економічний ефект від впровадження складе:

$$E_{ef}^{рік.екс} = L \cdot (C_{num}^b - C_{num}^n) = 10000 \cdot (6,87 - 6,37) = 5000 \text{ грн}$$

Економічний ефект, з врахування напрацювання двигуна до капітального ремонту, складе:

$$E_{ef}^{ресурс} = 130000 \cdot (6,87 - 6,37) = 65000 \text{ грн.}$$

Отримані показники заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники роботи

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Марка двигуна	-	MeM3-307	
Ресурс до КР	км	130000	
Витрати палива	л/100 км	8,6	8,0
Витрати мастила (понад норму)	л/10000 км	1,5	0,5
Експлуатаційні витрати	грн./км	6,87	6,37
Економічний ефект на 10000 км	грн.	-	5000

Висновки до розділу. Економічний ефект від введення спеціальної змащувальної композиції на основі дисульфиду молібдену в систему мащення двигуна MeM3-307 (автомобіль Daewoo Sens) становить – 0,5 грн/км. При середньому річному пробігу автомобіля 10000 км – економічний ефект складає 5000 грн. Крім цього, використання змащувальної композиції сприяє зниженню вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах двигуна внутрішнього згорання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що значний вплив на показники роботи двигуна внутрішнього згорання має технічний стан його систем. Відомий позитивний ефект від введення в систему мащення двигуна внутрішнього згорання спеціальних компонентів – модифікаторів тертя. Встановлено, що серед перспективних методів відновлення поверхонь тертя найбільшого розповсюдження отримали методи, що засновані на введенні спеціальних наповнювачів до моторного чи трансмісійного мастила. При цьому, такі методи доцільно використовувати у випадках коли рухомі спряження двигуна внутрішнього згорання мають незначний знос. Саме тому, ефективність того чи іншого методу буде залежати від технічного стану конкретних трибоспряжень кожного окремо взятого двигуна.

2. В роботі розроблено програму та наведено обладнання і методики досліджень показників роботи двигуна внутрішнього згорання. Запропоноване обладнання та програмне забезпечення дозволяє виконувати запис значень параметрів роботи двигуна внутрішнього згорання у реальному часі, і забезпечує якісний їх аналіз після закінчення процесу діагностування.

3. Встановлено, що ведення спеціальної змащувальної композиції на основі дисульфиду молібдену Molibden Additive призводить до зниження, у порівнянні з показниками до внесення, вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах, зокрема CO на 16,5 %, CH на 11,4 %. При цьому, витрата палива двигуна внутрішнього згорання на холостому ході не змінилась. Виявлено, що вплив модифікатора тертя на величину надлишкового тиску (компресію) має вибірковий ефект. У четвертому циліндрі величина компресії зросла на 14,3 % (з 1,05 МПа до 1,20 МПа). та підрівнялась до значень в першому та третьому циліндрах. Проте, в другому циліндрі збільшення зовсім незначне – на 5% (з 1,00 МПа до 1,05 МПа).

4. Проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори, що діють на працівника при виконанні робіт з діагностування технічного стану двигунів внутрішнього згорання. Наведено вимоги безпеки праці при виконанні робіт з обладнанням та машинами для проведення досліджень.

5. Економічний ефект від введення спеціальної змащувальної композиції на основі дисульфиду молібдену в систему мащення двигуна MeM3-307 становить – 0,5 грн/км. При середньому річному пробігу автомобіля 10000 км – економічний ефект складає 5000 грн. Крім цього, використання змащувальної композиції сприяє зниженню вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах двигуна внутрішнього згорання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник.– К.: Аграрна освіта, 2010. – 617с.
2. Ільченко В.Ю., Нагорний Ю.П. Машиновикористання в землеробстві. – К., Урожай, 1996. 384с.
3. Кухаренко П.М. Методичні вказівки «Нормування витрати палива на роботу автомобільного транспорту». Дн-ськ. ДДАЕУ. 2015. – 12с.
4. Результати випробувань гібридних автомобілів.
<https://fra.org.ua/uk/an/publikatsii/novosti/siensatsiini-visnovki-doslidzhiennia-ghibridnikh-avtomobiliv>
5. ДСТУ 4277:2004. Система стандартів у галузі охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання ресурсів. Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині.
6. Муранов Є.С. Визначення токсичності відпрацьованих газів бензинових двигунів газоаналізатором «ІНФРАКАР-М»: Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. Дніпропетровськ. 2016. – 28с.
7. Деркач О.Д., Харченко Б.Г., Макаренко Д.О., Мищенко Г.Я. Застосування фулереновмісних композицій при експлуатації та технічному сервісі сільгосптехніки. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – Дніпропетровськ, – 2012. – №2.– С. 124-126.
8. Аулин В.В., Деркач А.Д., Буря А.И., Макаренко Д.А., Мищенко Г.Я. Трибология восстановления деталей мобильной с.-х. и транспортной техники модификацией моторного масла фуллеренсодержащим составом. Тракторы и сельхозмашины. Ежемесячный научно-практический журнал. № 4. – 2014. С. 26-29.
9. 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

10. Ревіталізатор виробництва Xado <https://xado.com/revitalizanti/ex120-usilennie-revitalizanti/xado-revitalizant-ex120-dlya-benzinovich-dvigately-usilenniy-revitalizant>

11. https://liqui-moly.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=152

12. https://rvsmaster.ru/prisadki-v-maslo-dlya-dvigatelyj/engine_ga4

13. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Кухаренко П.М. та ін. «Лабораторний практикум з використання машин в рослинництві», Дн-ськ, ДДАУ. – 2003. – 376с.

14. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ.

15. 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.

16. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» від 18.01.2001 N 2245-III

17. НПАОП 0.00-1.62-12. Правила охорони праці на автомобільному транспорті

18. ДСТУ EN 563-2001 «Безпечність машин. Температури поверхонь, доступних для дотику. Ергономічні дані для встановлення граничних значень температури гарячих поверхонь» (EN 563:1994, IDT).

19. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 7 вересня 2004 року № 194. Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам хімічних виробництв (Частина 1).

20. Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МНС від 19.10.2004 № 126.

21. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П. та ін. Практикум з використання машин у рослинництві. Дн-ськ, ДДАУ, 2002. – 212с.

22. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для студентів інженерно-технологічного факультету денної та заочної форм навчання за спеціальністю 208 «Агроінженерія» ступінь вищої освіти «Магістр» / Дудін В.Ю., Кобець О.М., Мельянцов П.Т. – Дніпро: ДДАЕУ, 2018. – 32с.

ДОДАТКИ