

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістра

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»
Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

на тему: **«Дослідження процесів зносостійкості вузлів
тертя машин з вторинним використанням мастил»**

Шифр **МРТАМ 24. 23610. 000 ПЗ**

Виконав: студент 2-го курсу, група МТВАм 23-1
Лихайлович


Підпис

А.М.Лавренчук

Ініціали, прізвище

Зерівник к.т.н., доц. каф. ТАМ.


Підпис

О.П. Бабак

Ініціали, прізвище

За захисту допускаю:

ав. кафедри ТАМ д.т.н., проф.


О.В. Духа

Ініціали, прізвище

10 12 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Галузь знань 27 – Транспорт

Спеціальність – 274 Автомобільний транспорт

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

10 10 2024 року

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лавренчуку Андрію Михайловичу

Прізвище, ім'я, по батькові

Тема проекту (роботи) _____

Дослідження процесів зносостійкості вузлів тертя машин з вторинним використанням мастил»

Рівень проекту (роботи) Бабак Олег Петрович к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 28 серпня 2024р. № 60(Д28)

Строк подання студентом проекту на кафедру 2 грудня 2024 року

Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, ефектації, складанню і регулюванню вузла тертя; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт; техніко – економічні показники роботи підприємства.

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1 ОГЛЯД МАСТИЛ ТА ЇХ ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ; Розділ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМАЩУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛ РІЗНИХ ТИПІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИПРОБУВАНЬ; Розділ 3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА;

Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на айдах

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання_ ----

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	<i>Літературний огляд</i>	<i>30.09.2024</i>	використано матеріал
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>25.10. 2024</i>	у
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>15.11. 2024</i>	експеримент
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	<i>22.11. 2024</i>	вибір матеріалу
5	<i>Оформлення презентації бакалаврської роботи</i>	<i>1.12. 2024</i>	описано методи
6	<i>Нормоконтроль магістерської роботи</i>	<i>5.12. 2024</i>	У трьох
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	<i>5.12. 2024</i>	описано результати
			культури м. Києва
			побудовано по
			Випускна
			таблиць та 25 джерел
			Ключові слова

Студент

Керівник проекту (роботи)


Підпис


Підпис

Андрій ЛАВРЕНЧУК
Ініціали, прізвище

Олег БАБАК
Ініціали, прізвище

ПЕРЕДАЧ, ЗНОС

Реферат

Бакалаврську випускную роботу виконав студент 2 курсу, група МТВАм-23-1 Лавренчук Андрій Михайлович на тему: «Дослідження процесів зносостійкості вузлів тертя машин з вторинним використанням мастил».

Бакалаврська робота присвячена порівнянню різних типів мастильних матеріалів, які використовуються для змащення вузлів тертя. Переробка відпрацьованих масел з подальшим їх використанням у вузлах тертя стає важливим напрямом в умовах екологічних, економічних та ресурсних викликів сучасності. Цей процес пропонує безліч переваг, як промисловості, так навколишнього середовища.

У першому розділі проведено огляд основних мастильних матеріалів, які використовуються в вузлах тертя машин. Проведено також огляд мастильних матеріалів первинного та вторинного використання.

У другому розділі було проведено огляд машини для проведення експерименту, їх основних характеристик та властивостей. Також було проведено вибір мастил, які було використано для проведення експерименту. А також було описано методику проведення експерименту.

У третьому розділі було описано проведення експерименту. Також було описано результати, які ми отримали внаслідок проведення експерименту на чотири кульковій машині тертя. За результатами проведення експерименту було побудовано порівняльні таблиці та внесені данні в них.

Випускна робота складається з 62 сторінок, містить у собі 20 ілюстрацій, 8 таблиць та 25 джерел.

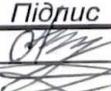



Ключеві слова: МАСТИЛО, ПРИСАДКА, АВТОМАТИЧНА КОРОБКА ПЕРЕДАЧ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, ВУЗЛИ ТЕРТЯ, ЕКСПЕРИМЕНТ.

Андрій ЛАВРЕНЧУК
Ініціали, прізвище

Олег БАБАК
Ініціали, прізвище

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ОГЛЯД МАСТИЛ ТА ЇХ ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ.....	8
1.1. Загальна характеристика.....	8
1.2. Основні вимоги до мастил.....	9
1.3. Мастильні матеріали первинного використання.....	15
1.4. Мастильні матеріали вторинного використання.....	18
1.5. Актуальність повторного використання мастил в вузлах тертя...21	
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМАЦУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛ РІЗНИХ ТИПІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИПРОБУВАНЬ.....	24
2.1. Методика проведення досліджень.....	24
2.2. Огляд і технічні характеристики чотирикулькової машини тертя ЧМТ-1.....	27
2.3. Вибір мастил для проведення досліджень.....	32
3. ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	41
3.1. Методика проведення дослідів.....	41
3.2. Обробка випробування першого типу.....	45

МРТАМ 24. 23610. 000 ПЗ									
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Дослідження процесів зносостійкості вузлів тертя машин з вторинним використанням мастил	Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Лавринчук						4	62
Перевір.		Бабак							
Реценз.									
Н. Контр.		Маковкін							
Затверд.		Диха							
						ХНУ група МТВАм 23-1			

ВСТУП

Масла, отримані з нафтопродуктів, мають широкий спектр застосування під час експлуатації сучасної техніки. Їх використання є важливим компонентом роботи будь-яких механізмів, що вимагає мастильних матеріалів для забезпечення належного функціонування. Щороку спостерігається зростання обсягів споживання мастил, що автоматично призводить до збільшення кількості відпрацьованих олив. Такі відпрацьовані нафтопродукти становлять небезпеку через їхню токсичність, низький рівень біорозкладності (10–30%) і належність до категорії небезпечних відходів. Їх необхідно збирати, утилізувати, а іноді й знищувати, щоб запобігти негативному впливу на довкілля.

Однак на сьогодні значна частина цих відходів, від 26% до 77%, незаконно потрапляє у водойми й ґрунт, завдаючи значної шкоди екосистемам. Зібрано вдається близько 40–48% використаних олив, проте лише 14–15% з них йдуть на переробку. Решта ж, у розмірі 26–33%, застосовується як паливо або просто спалюється.

В умовах сучасного розвитку промисловості стає надзвичайно важливим залучення вторинної сировини, включаючи відпрацьовані масла. При належній переробці вони можуть використовуватися як цінна сировина для створення нових нафтопродуктів. Найбільш ефективним способом поводження з такими відходами є регенерація, яка дозволяє повністю відновити їхні первісні властивості. Цей процес не лише сприяє економії ресурсів, а й мінімізує шкідливий вплив на довкілля.

Проблема регенерації використаних масел особливо актуальна для великих металургійних підприємств, які потребують значних обсягів мастильних матеріалів для обслуговування обладнання. На таких

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

підприємствах, де реалізується повний металургійний цикл виробництва якісної та високоякісної сталі, використовується понад 100 марок олив, включаючи індустріальні, трансмісійні та гідравлічні. Проте, попри великий обсяг використаних мастил, технології й обладнання для їхньої регенерації на таких підприємствах застосовуються недостатньо широко, а іноді взагалі відсутні.

У процесі експлуатації мастильні матеріали накопичують продукти окислення, забруднення та інші домішки, що значно знижує їх якість. В результаті масла перестають відповідати встановленим нормам і підлягають заміні на нові. Зібрані відпрацьовані оливи можна регенерувати, що дозволяє повторно використовувати цінну сировину. Це не лише економічно вигідно, а й сприяє раціональному використанню ресурсів.

Регенерація використаних масел здатна підвищити рівень культури їх збору, зберігання та обліку в структурних підрозділах підприємств. Це також забезпечує захист довкілля від забруднення нафтопродуктами, що є важливим у контексті збереження екологічної рівноваги.

Метою даного дослідження є аналіз впливу повторного використання регенерованих мастил на вузли тертя машин і механізмів, у яких вони застосовуються. Результати цього дослідження можуть слугувати основою для впровадження нових технологій регенерації й оптимізації використання мастильних матеріалів у промисловості.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		7

1. ОГЛЯД МАСТИЛ ТА ЇХ ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ

1.1 Загальна характеристика

Мастильні матеріали відіграють ключову роль у забезпеченні надійної роботи вузлів тертя машин, зменшуючи тертя між поверхнями деталей, що труться, та запобігаючи їхньому зношуванню. Вони сприяють зниженню енергетичних втрат, підвищенню довговічності механізмів і захисту від перегріву, корозії чи інших пошкоджень. Одним із найважливіших параметрів мастильних матеріалів є в'язкість, яка визначає здатність мастила створювати стабільний мастильний шар між деталями вузла тертя. В'язкість повинна залишатися стабільною за різних температур, адже при надто низькій в'язкості мастило не зможе належно змащувати поверхні, а надто висока в'язкість викличе додатковий опір у роботі системи. Важливою характеристикою є індекс в'язкості, який відображає ступінь зміни в'язкості мастила залежно від температури. Чим вищий цей показник, тим стабільніше мастило працює в широкому діапазоні температур.

Сучасні мастильні матеріали повинні демонструвати високу антифрикційну здатність, що дозволяє зменшувати коефіцієнт тертя між деталями, навіть у складних умовах, таких як високі температури або інтенсивні навантаження. З цією метою до складу масел додають спеціальні присадки, які також забезпечують протизадирні та протизношувальні властивості. Це особливо важливо для вузлів тертя, які працюють у важких умовах, адже мастильний шар має зберігати свої властивості навіть за підвищених температур чи впливу механічних навантажень.

Антиокислювальна стабільність мастил є ще однією важливою характеристикою, адже мастильні матеріали часто піддаються дії кисню повітря, що може призводити до утворення продуктів окислення, таких як

									Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата	МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ				8

смоли чи кислоти. Це, у свою чергу, викликає утворення осадів, які ускладнюють циркуляцію мастила в системі та провокують корозію деталей. Для запобігання таким явищам у мастильні матеріали додають антиокислювальні присадки.

Важливою є також здатність мастильних матеріалів захищати деталі від корозії. Мастило має створювати надійну плівку, що перешкоджає контакту поверхонь із водою чи агресивними хімічними речовинами. Для вузлів тертя, які працюють у вологих або водонасичених середовищах, використовують мастила з високою водовідштовхувальною здатністю. Крім того, мастильний матеріал повинен бути хімічно сумісним із матеріалами, з яких виготовлено деталі вузлів тертя, щоб уникнути пошкодження поверхонь.

Сучасні мастильні матеріали повинні демонструвати високу термостабільність, що дозволяє їм зберігати свої властивості навіть за тривалого впливу високих температур. Це мінімізує утворення нагару та осадів, які можуть перешкоджати нормальній роботі механізмів. В умовах посиленої уваги до екологічності мастильні матеріали також мають бути безпечними для довкілля, зокрема, бути біорозкладними та нетоксичними.

Таким чином, характеристика мастильних матеріалів є важливим фактором їх ефективного використання у вузлах тертя машин. Від правильного вибору мастильного матеріалу залежить не лише стабільність роботи вузлів, але й загальна надійність та довговічність техніки.

1.2 Основні вимоги до мастил

Індустріальні масла використовуються для зниження тертя у рухомих вузлах і запобігання зношуванню деталей, що труться. Вони слугують для змащування вузлів тертя різноманітних машин і механізмів промислового обладнання, таких

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		9

як прокатні стани, преси, металообробні верстати тощо. Завдяки своїм властивостям індустріальні масла сприяють зменшенню тертя у рухомих механізмах, що забезпечує їх широке застосування в сучасній техніці.

Будь-яке масло складається з базової основи, яка визначає його ключові в'язкісно-температурні характеристики, а також спеціальних присадок, що додають йому додаткові властивості, такі як стійкість до корозії, антиокислювальні властивості чи протизадирні можливості.

Гідравлічні масла є невід'ємною складовою будь-якої гідравлічної системи. Їх основна функція полягає у передачі механічної енергії від джерела до пункту призначення, змінюючи силу або напрямок її дії. Для ефективного функціонування гідравлічне масло повинно володіти низькотемпературними та стабільними в'язкісними властивостями, адже ці параметри безпосередньо впливають на потужність обладнання, якість змащування й переміщення мастила в вузлах системи.

Основні показники індустріальних та гідравлічних масел:

В'язкісно-температурна характеристика. Це одна з найважливіших властивостей як індустріальних, так і гідравлічних масел. Вона визначає залежність в'язкості від робочої температури й залежить від хімічного складу базової основи та спеціальних присадок.

Оскільки в'язкість є основною характеристикою експлуатаційних якостей масла, стабільність її змін із підвищенням чи зниженням температури має велике значення. Чим менше масло змінює в'язкість за коливань температури, тим якіснішим воно є. Масло, яке зберігає достатню в'язкість при високих температурах для забезпечення змащування й не надто густіє при низьких температурах, сприяє ефективній роботі системи.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Специфікація масла зазвичай містить дані про в'язкість при двох температурах і параметри, які характеризують залежність в'язкості від температури, наприклад, індекс в'язкості.

Антиокислювальна стабільність. Ця характеристика визначає здатність масла протистояти окисленню в умовах експлуатації та зберігання. Здатність масла витримувати вплив кисню повітря при високих температурах є важливим показником його стійкості. Погана антиокислювальна стабільність спричиняє швидке утворення продуктів окислення, таких як смоли, кислоти чи асфальтени. В результаті це може призвести до утворення осадів, які погіршують циркуляцію масла в системі, а також до корозії деталей.

Фактори, що впливають на швидкість окислення масла, включають температуру, вміст води, органічні кислоти, частки металевого зношування та інші забруднювачі.

Сучасні індустріальні масла містять спеціальні присадки, що підвищують їх антиокислювальну стабільність, особливо у вузлах тертя, які працюють при високих температурах і за умов інтенсивної циркуляції чи змішування.

Протизношувальна характеристика. Однією з ключових властивостей мастильних матеріалів, які визначають їх основне призначення, є протизношувальні властивості. Ця характеристика відображає здатність мастил зменшувати зношення поверхонь, що труться, завдяки утворенню на них захисного граничного шару. Цей шар запобігає безпосередньому контакту деталей, що взаємодіють у процесі тертя. Зношування деталей виникає через відділення матеріалу з поверхні твердого тіла внаслідок тертя, а також через накопичення залишкових деформацій, що поступово змінюють форму та розміри деталей. Основними причинами зношення є механічна дія, абразивний

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		11

та гідроабразивний впливи, корозійно-механічні та окислювальні процеси, які відбуваються на поверхнях тертя.

Деемульгувальна характеристика. Деемульгувальні властивості мастил визначають їх здатність забезпечувати швидке розшарування води і мастила та осадження води. Мастила з поганими деемульгувальними характеристиками у разі контакту з водою утворюють стійкі водомасляні емульсії. Це призводить до зниження в'язкості мастила, погіршення умов тертя, підвищення ризику корозії металевих поверхонь, а також до збільшення температури замерзання. Подібні ефекти негативно впливають на роботу механізмів і вузлів.

Чистота робочої рідини. Чистота робочих рідин безпосередньо впливає на надійність та технічний ресурс насосів, гідромоторів, а також різноманітних гідроапаратів, які встановлюються як на мобільних машинах, так і на стаціонарному виробничому обладнанні. Забруднення робочих рідин негативно впливає на стабільність та довговічність гідросистем. Попадання механічних домішок у робочу рідину може спричинити значні небажані наслідки. Зокрема, ці частинки рухаються разом із потоком рідини, потрапляючи в зазори рухомих деталей, на поверхні плоских пар тертя, у канали клапанів тощо. Це призводить до інтенсивного зношення, відмов у роботі обладнання, заклинювання золотників, закупорювання каналів малого перерізу, заклинювання плунжерів і втрати герметичності клапанів.

Такий вплив механічних домішок може значно скоротити ресурс роботи систем і підвищити витрати на ремонт та обслуговування обладнання.

Таблиця 1 – Основні експлуатаційні властивості мастил

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		12

Властивості	Показники	Приклади вузлів тертя
Протизадирні	Індекс задиру, зварювальне навантаження	Працюючі при високих температурах та швидкостях: гідродинамічні передачі, двигуни внутрішнього згорання
Зносостійкі	Показник зносу, критичне навантаження	Термін експлуатації яких визначається зносом поверхонь: ДВЗ, Елементи трансмісії
Припрацьовані	Показник зносу, зварювальне навантаження	Нові деталі в період обкатки
Антифрикційні	Динамічна і кінематична в'язкість, індекс в'язкості	З низьким коефіцієнтом корисної дії, червячні передачі, тощо
В'язкість	Індекс в'язкості, кінематична в'язкість	Ті , які працюють при перепадах температури

Продовження таблиці 1

Застигання	Температура застигання	Ті, які працюють при низьких температурах
Стабільність проти старіння	Оцінюється в балах	Складні механізми та машини з великими масляними ємкостями
Антикорозійні	Оцінюється в балах	Ті, які працюють в агресивних та вологих середовищах
Окисна стабільність	Кислотне число окисленого мастила	Для всіх механізмів
Липкість та текучість	Поверхневий натяг	Відкриті ділянки контакту
Відсутність взаємодії з неметалевими поверхнями	Оцінюється в балах	Гідросистеми, ДВЗ
Токсичність	Оцінюється в балах	Для всіх механізмів

1.3 Мастильні матеріали первинного використання

Мастильні матеріали первинного використання є ключовими елементами у забезпеченні належної експлуатації техніки й механізмів. Вони призначені для зменшення тертя, захисту від зносу, корозії та перегрівання рухомих частин машин. Ці мастила створюються зі свіжої сировини, мають високу якість і чітко визначені характеристики, що робить їх незамінними у різних галузях промисловості.

Мастила первинного використання — це продукти, виготовлені з первинної сировини без попередньої експлуатації. До їх складу входять базові масла (мінеральні або синтетичні) та спеціальні присадки, які надають мастилу додаткові властивості. Їх основна функція — зменшення тертя та захист механізмів від несприятливих впливів, що забезпечує довготривалу та ефективну роботу обладнання.

Мастильні матеріали можна класифікувати за кількома критеріями:

1. За типом основи:

- Мінеральні мастила — виготовляються шляхом рафінування нафти. Вони характеризуються доступністю і широким спектром застосування.
- Синтетичні мастила — створюються на основі синтезу органічних сполук. Вони мають покращені властивості (стійкість до високих температур, триваліший термін служби), але коштують дорожче.
- Напівсинтетичні мастила — поєднують властивості мінеральних і синтетичних, забезпечуючи оптимальний баланс між ціною та якістю.

2. За призначенням:

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- Моторні мастила (для автомобільних двигунів).
- Трансмісійні мастила (для редукторів, коробок передач).
- Індустріальні мастила (для механізмів на виробництві).
- Спеціальні мастила (для авіації, суднобудування тощо).

3. За станом агрегату:

- Рідкі мастила.
- Напівтверді (пластичні) мастила.
- Тверді мастильні матеріали (наприклад, графітові склади).

Ефективність мастильних матеріалів залежить від їхніх фізико-хімічних характеристик:

- В'язкість — основний показник, що визначає здатність мастила утворювати захисну плівку. Від неї залежить робота при високих і низьких температурах.
- Точка спалаху і застигання — показники температурного діапазону використання мастила.
- Термічна стабільність — здатність зберігати властивості при підвищених температурах.
- Антиокислювальні властивості — захищають мастило від руйнування під дією кисню.
- Миючі властивості — сприяють очищенню поверхонь від продуктів зносу та забруднень.

Присадки відіграють важливу роль у формуванні цих властивостей. Вони покращують такі характеристики, як стійкість до окислення, антикорозійний захист, термостабільність тощо.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		16

Процес виробництва мастильних матеріалів первинного використання включає кілька ключових етапів:

- Видобуток базових компонентів (нафта, природний газ, синтетичні матеріали).
- Рафінування (очищення) нафти або синтез базових масел із хімічних сполук.
- Додавання присадок для покращення властивостей мастил.
- Контроль якості, що забезпечує відповідність продукту стандартам і специфікаціям.

Сучасні технології, такі як гідрокрекінг, дозволяють отримувати базові масла високої якості, що мають низький вміст сірки і високу стабільність до окислення.

Мастильні матеріали первинного використання застосовуються у таких галузях:

- Автомобільна промисловість: мастила для двигунів внутрішнього згорання, коробок передач і підвісок.
- Машинобудування: змащування механізмів і промислового обладнання.
- Авіація: високотехнологічні мастила для авіадвигунів і агрегатів.
- Енергетика: мастильні матеріали для генераторів і турбін.

Однією з важливих проблем є вплив мастильних матеріалів на довкілля. Виробники працюють над зменшенням шкідливих викидів, впроваджують відновлювані джерела сировини (біомастила) і вдосконалюють процеси утилізації відпрацьованих мастил.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		17

Мастила первинного використання відіграють критично важливу роль у сучасній техніці та промисловості. Їх висока якість забезпечує ефективність, довговічність і безпеку роботи механізмів, сприяючи розвитку технологій і підвищенню продуктивності. Водночас їхнє використання потребує екологічно свідомого підходу, зважаючи на можливі негативні впливи на довкілля.

1.4 Мастильні матеріали вторинного використання

Мастильні матеріали, які використовуються повторно, є важливим елементом сучасної стратегії раціонального використання ресурсів. Їхнє вторинне застосування дозволяє зменшити екологічне навантаження та зберегти природні ресурси, не поступаючись ефективністю і надійністю в багатьох галузях промисловості.

Мастила вторинного використання — це мастильні матеріали, які були вилучені після первинного застосування, пройшли процес регенерації або переробки і знову готові до використання. Вони виготовляються з відпрацьованих мастил, що збираються, очищуються та піддаються спеціальній обробці для відновлення їхніх властивостей.

Ці мастила є прикладом кругової економіки, яка спрямована на повторне використання ресурсів і мінімізацію відходів.

Процес переробки відпрацьованих мастил включає кілька ключових стадій:

1. Збір і транспортування:

- Відпрацьовані мастила збираються із різних джерел, таких як автомобільні майстерні, промислові підприємства або енергетичні компанії.
- Мастила транспортуються до спеціалізованих центрів регенерації.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		18

2. Первинна очистка:

- Видалення великих забруднень, таких як металеві частинки, пісок, вода або смоли.

3. Регенерація базової основи:

- Гідроочистка, вакуумна дистиляція або інші методи, що дозволяють відновити базове масло.
- Усунення шкідливих домішок (важких металів, окислених продуктів розпаду).

4. Додавання присадок:

- Для поліпшення характеристик мастила до очищеної базової основи додаються антифрикційні, антикорозійні, антиокислювальні та інші присадки.

5. Контроль якості:

- Перевірка відповідності відновлених мастил технічним стандартам.

Мастила вторинного використання можна класифікувати за аналогічними категоріями, як і мастила первинного використання:

- За типом: моторні, трансмісійні, індустріальні тощо.
- За станом: рідкі, пластичні, тверді мастильні матеріали.
- За складом: мінеральні, синтетичні, напівсинтетичні.

Однак важливо зазначити, що мастила вторинного використання зазвичай обмежуються сферами, де вимоги до якості є менш критичними, наприклад, у будівництві, сільському господарстві чи в обладнанні, яке працює за стандартних умов.

Регеновані мастила за властивостями можуть наближатися до первинних, якщо процес переробки був виконаний правильно. Основні характеристики:

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		19

- В'язкість: залишається стабільною завдяки додаванню присадок.
- Термостабільність: залежить від якості очищення і присадок.
- Антикорозійні властивості: забезпечуються хімічними добавками.
- Здатність знижувати тертя: відповідає вимогам для більшості промислових задач.

Проте такі мастила не завжди придатні для високотехнологічного обладнання (наприклад, авіаційних двигунів) через залишкові домішки.

Відновлені мастила широко застосовуються у сферах, де їхні властивості є достатніми для ефективної роботи:

- Промисловість: мастила для змащування механізмів з помірним навантаженням.
- Будівництво: змащування техніки, зокрема тракторів, екскаваторів тощо.
- Сільське господарство: використання у тракторах, комбайнах та іншій техніці.
- Енергетика: у менш відповідальних вузлах генераторів та турбін.

Мастильні матеріали вторинного використання відіграють важливу роль у зменшенні впливу на довкілля:

- Зменшення кількості відходів: замість утилізації відпрацьовані мастила переробляються, що скорочує шкідливі викиди.
- Збереження природних ресурсів: використання відновлених мастил зменшує потребу в добуванні нафти.
- Зниження витрат енергії: регенерація мастил споживає менше енергії, ніж виробництво нових.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		20

Проте слід пам'ятати, що процес переробки повинен відповідати екологічним нормам. Неправильна регенерація або утилізація може спричинити забруднення ґрунту і води токсичними речовинами.

Переваги:

- Економічна доцільність (дешевші за мастила первинного використання).
- Екологічність (зменшення відходів і ресурсозбереження).
- Достатня ефективність для більшості задач.

Недоліки:

- Обмежене застосування у високотехнологічних сферах.
- Можливість залишкових домішок.
- Потреба у ретельному контролі якості.

Масильні матеріали вторинного використання — це важливий крок до сталого розвитку, який забезпечує зменшення впливу на довкілля, економію ресурсів і зниження витрат. Їх правильне використання вимагає дотримання технологій регенерації та відповідності технічним стандартам.

1.5 Актуальність повторного використання мастил в вузлах тертя

Переробка відпрацьованих масел з подальшим їх використанням у вузлах тертя стає важливим напрямом в умовах екологічних, економічних та ресурсних викликів сучасності. Цей процес пропонує безліч переваг, як промисловості, так навколишнього середовища.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Відпрацьовані масла містять токсичні речовини, такі як важкі метали та органічні сполуки, які при попаданні в ґрунт або воду завдають серйозної шкоди навколишньому середовищу.

Переробка олій дозволяє:

- скоротити обсяг відходів, що підлягають утилізації,
- мінімізувати забруднення екосистем,
- сприяти сталому розвитку.

Виробництво нових мастильних матеріалів потребує видобутку та переробки сировини нафти, що пов'язано з високими витратами. Переробка відпрацьованого масла знижує собівартість виробництва, забезпечуючи:

- зниження витрат на закупівлю нових олій,
- більш економне використання природних ресурсів,
- здешевлення мастильних матеріалів для споживачів.

Сучасні технології переробки, такі як гідроочищення та дистиляція, дозволяють отримувати масла, які за характеристиками не поступаються новим. Повторне використання таких олій у вузлах тертя забезпечує:

- стабільні мастильні властивості (зменшення тертя, зносу та тепловиділення),
- продовження терміну служби обладнання,
- зниження ризику аварій завдяки покращенню характеристик мастильних матеріалів.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		22

Повторне використання масел також сприяє створенню робочих місць у сфері їх збирання, переробки та повторного застосування. Це стимулює розвиток "зелених" галузей економіки.

Переробка та повторне використання масел у вузлах тертя є перспективним рішенням, яке поєднує екологічні, економічні та технічні переваги. Не лише знижує навантаження на природу, а й підвищує ефективність роботи промислових систем.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		23

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМАЩУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛ РІЗНИХ ТИПІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИПРОБУВАНЬ

2.1 Методика проведення досліджень

Методика експерименту — це сукупність дій, що виконуються у певній послідовності для досягнення визначеної мети. Основним елементом реалізації методики є план (програма) експерименту. Незалежно від теми наукового дослідження план повинен містити такі складові:

- мета та завдання дослідження;
- вибір варіативних факторів;
- обґрунтування кількості паралельних експериментів;
- -порядок проведення експериментів і послідовність змінювання факторів;
- вибір кроку зміни факторів, обґрунтування засобів діагностики та вимірювання;
- послідовність дій при виконанні експерименту;
- обґрунтування методів обробки та аналізу результатів експериментів.

З урахуванням попередньої теоретичної підготовки можна виділити три основні варіанти реалізації експериментальних досліджень:

Є аналітична залежність, яка однозначно визначає досліджуваний процес. Обсяг експерименту для перевірки цієї залежності мінімальний, оскільки вона визначається лише експериментальними даними, що вказують, які параметри потрібно варіювати. Наприклад, якщо аналітична залежність містить три параметри, то під час експерименту змінюються саме ці три параметри;

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		24

Немає єдиної аналітичної залежності, що описує досліджуваний процес, але існує набір аналітичних залежностей. В такому випадку обсяг експерименту значно зростає, оскільки потрібно визначити багато невідомих параметрів;

Відсутня аналітична залежність, що описує весь процес. Обсяг експерименту стає значним, оскільки потрібно дослідити всі можливі фактори і здійснити їхню реалізацію.

Формулювання мети експерименту (постановка задачі) є важливим і часто найбільш творчим етапом у діяльності дослідника або розробника нової техніки та технологій. Мета експерименту визначає план його проведення, методи обробки отриманих результатів, а також їх використання для прийняття рішень.

Завдяки розвитку системного підходу та прикладних методів дослідження складних систем, побудованих на математичних моделях, останніми роками спостерігається посилене взаємодія теоретичних та експериментальних досліджень, що сприяє розвитку комбінованих експериментально-теоретичних методів. Математична модель у цьому контексті є зв'язуючим елементом між теоретичними та експериментальними дослідженнями.

До спеціальних методів експериментування також відноситься проведення експериментів на ЕОМ, так зване імітаційне моделювання (обчислювальний експеримент), яке полягає в моделюванні роботи об'єкта за допомогою спеціально розробленої програми, що наближається до реальних умов.

Експерименти на натурних об'єктах складають один з основних видів досліджень, оскільки тільки вони можуть надати достовірну інформацію про явища та процеси. Однак для того, щоб отримати достатньо точні значення необхідних статистичних характеристик, часто потрібно проводити велику кількість експериментів, що вимагає значних затрат часу та ресурсів.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		25

Завершення експериментального дослідження полягає в розв'язанні задач аналізу та синтезу, встановленні основних властивостей і закономірностей функціонування об'єкта або системи, а також визначенні оптимальних значень параметрів чи режимів роботи.

Показники ефективності системи та її підсистем обираються у вигляді числових характеристик, які оцінюють ступінь відповідності до поставлених завдань.

Ефективність технічних рішень — це підвищення терміну служби тертьових елементів машин, значною мірою визначається результатами лабораторних випробувань на тертя та зношування. Це обумовлено тим, що натурні випробування тертьових вузлів машин є дорогими та складними. Вони не дають змоги варіювати режимними параметрами в широкому діапазоні і вимагають значного часу для проведення. Тому на сьогодні визначення антифрикційних властивостей і зносостійкості матеріалів здійснюється у три етапи:

Лабораторні випробування для дослідження впливу навантаження, швидкості ковзання та зовнішнього середовища на антифрикційні властивості та зносостійкість матеріалів.

Стендові випробування для розробки конструктивного оформлення тертьового вузла.

Промислові (натурні) випробування, що дають змогу оцінити експлуатаційні характеристики тертьового вузла.

За результатами останнього етапу оцінюється довговічність тертьового вузла, в якому використовується новий конструкційний або мастильний матеріал.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		26

Властивості мастильного матеріалу безпосередньо впливають на виникнення та розвиток втомних руйнувань, як у напрямку збільшення терміну служби тертьового вузла, так і у зниженні працездатності катушок чи елементів кочення.

2.2 Огляд і технічні характеристики чотирикулькової машини тертя ЧМТ-1

У природі існує два основних види тертя: тертя кочення та тертя ковзання. Під час взаємного переміщення двох тіл, що притиснуті одне до одного певною силою, витрачається енергія для подолання сил тертя. Це включає деформацію та руйнування мікронерівностей, а також подолання молекулярного притягання у точках контакту між поверхнями.

При терті кочення витрати енергії менші, ніж при терті ковзання. Це зумовлено тим, що деформація та руйнування мікронерівностей відбуваються лише на краях зони контакту, а не по всій її площі. Крім того, у разі кочення розрив адгезійних зв'язків спостерігається лише на кінцях зони контакту. У випадку ковзання усі адгезійні зв'язки руйнуються та формуються нові.

Особливістю тертя кочення є те, що розрив адгезійних зв'язків відбувається у напрямку, перпендикулярному до поверхні (по нормалі). Натомість при терті ковзання розриви мають тангенціальний характер, тобто відбуваються вздовж дотичної до поверхні.

Якщо між двома поверхнями знаходиться шар мастила, і верхня поверхня починає рухатися, то мастильний шар розділяється на кілька підшарів. Верхній шар рухається разом із верхньою поверхнею, тоді як нижній залишається нерухомим. Інші шари мастила переміщуються зі швидкостями, що змінюються за лінійним законом у межах шару.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		27

змащування контактуючих поверхонь. Її метою є визначення основних трибологічних характеристик мастильних матеріалів відповідно до вимог стандарту ГОСТ 9490-75.

У лабораторіях підприємств і організацій, що виробляють або споживають мастильні матеріали, установка ЧМТ-1 застосовується для визначення таких параметрів:

- «індекс задиру»;
- «критичне навантаження»;
- «показник зносу»;
- «навантаження зварювання».

На Рисунку 2.2 зображена чотирикулькова машина тертя ЧМТ-1



Рисунок 2.2 – Чотирикулькова машина тертя ЧМТ-1

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		29

Чотирьохкулькова машина дає змогу проводити випробування на трьох різних швидкостях обертання верхньої кульки.

Особливості

Машина тертя оснащена світловою сигналізацією. Режим роботи напівавтоматичний із функцією автоматичного вимкнення двигуна:

- після завершення випробувань – через 10 ± 2 с або $60 \pm 0,5$ хв;
- при досягненні максимального моменту тертя – 1180 ± 25 Н/см, $120 \pm 2,5$ кг/см.

Принцип роботи базується на створенні нормованих впливів (осьового навантаження, заданої швидкості обертання тощо) на зразки, які перебувають у мастильному матеріалі, з подальшим визначенням величини зносу зразків.

Розташування під час експлуатації: машина ЧМТ–1 встановлюється на підлозі приміщення.

Режим роботи: циклічний.

Машина виконана у вигляді єдиного агрегата. Основним її механізмом є вузол тертя, що являє собою піраміду з чотирьох кульок, які контактують між собою. Три нижні кульки закріплені нерухомо в чашці машини з випробуванням мастилом, тоді як верхня кулька, закріплена у шпинделі, обертається відносно трьох нижніх під заданим навантаженням 6...1000 кгс із частотою обертання 1460 ± 70 об/хв.

Пристрій для нагріву мастильного матеріалу забезпечує досягнення максимальної температури 300 °С протягом 30 хвилин та підтримання заданої температури з похибкою ± 5 °С за шкалою потенціометра.

Технічні характеристики:

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		30

Витримка впливу температури та вологості відповідає виконанню УХЛ категорії 4.2 за ГОСТ 15150–69 при температурі від +10 до +35 °С.

Захищеність від впливу навколишнього середовища відповідає звичайному виконанню за ГОСТ 12997–84.

Діапазон осьових навантажень: 59...9800 Н (6...1000 кгс) з похибкою не більше ± 1 %.

Поріг чутливості системи навантаження, приведений до осьового навантаження, становить не більше 5,0 Н (0,5 кгс).

Значення моменту тертя в вузлі тертя, при досягненні якого автоматично припиняються випробування, становить 1180 ± 25 Н·см ($120 \pm 2,5$ кгс·см).

Вібрації верхньої кульки, виміряні на її поверхні в точці, що знаходиться вертикально на 2 мм вище її нижньої точки, перпендикулярно до дотичної, проведеної через точку вимірювання, не перевищують 0,03 мм.

Швидкість обертання шпинделя машини, в якому закріплена верхня кулька, у межах осьового навантаження у вузлі тертя 59...9800 Н (6...1000 кгс) становить 1460 ± 70 об/хв.

Тривалість випробувань: 10 с або 60 хв.

Абсолютна похибка тривалості: у режимі «10 с» – не більше $\pm 0,2$ с; у режимі «60 хв» – не більше $\pm 0,5$ хв.

Довільне обертання шпинделя після зупинки випробувань становить не більше п'яти обертів.

Діапазон регулювання температури вузла тертя: від температури навколишнього середовища до 300 °С. Похибка підтримання температури вузла

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

тертя не перевищує ± 5 °С. Час нагрівання вузла тертя від температури навколишнього середовища до 300 °С – не більше 35 хв.

Електроживлення машини ЧМТ–1: трифазна мережа змінного струму з напругою 380/220 В, допустимі коливання напруги: +10...–15 %. Частота струму: 50 ± 1 Гц.

Габаритні розміри машини ЧМТ–1 (Д×Ш×В): 970×520×1750 мм, не більше.

Маса машини: 230 кг [13].

Для дослідження протизносних властивостей трансмісійних масел була обрана машина ЧМТ–1, оскільки існує стандартна методика проведення випробувань, і результати таких тестів легко перевіряються на відтворюваність.

Після аналізу методів випробувань було обрано експериментальні лабораторно-модельні тести. Вони будуть проведені на машині тертя ЧМТ–1, що дозволить отримати показник діаметра плями зносу $D_{и}$ (характер зносу).

2.3 Вибір мастил для проведення досліджень

Для проведення дослідження було обрано чотири марки трансмісійних олив, дві з яких є оригінальними для автомобілів, що продаються в автомагазинах, одна є популярною серед автолюбителів, а ще одна — це «темна конячка», яка позиціонує себе як мастило яке використовується повторно після попередньої переробки .

Трансмісійна олива HYUNDAI ATF SP-IV.

Це оригінальна трансмісійна олива, вироблена за технологією гідрокрекінгу на основі масел третьої групи. Вона призначена для використання в 6-ступеневих автоматичних коробках перемикачів передач автомобілів

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		32

концерну Hyundai/Kia. Олива Hyundai ATF SP-IV має відмінні в'язкостно-температурні характеристики, що забезпечують стабільну роботу трансмісії в широкому температурному діапазоні.

На рисунку 2.3 представлена трансмісійна олива HYUNDAI ATF SP-IV.

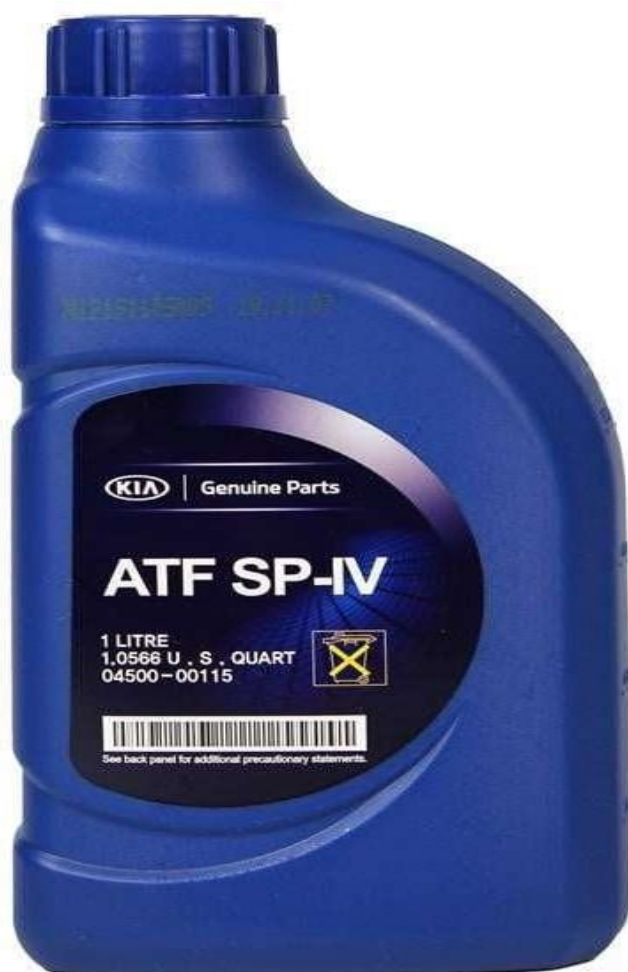


Рисунок 2.3 Олива HYUNDAI ATF SP-IV

Забезпечує надійний захист усіх елементів трансмісії при будь-яких режимах роботи. Чудові миючі властивості дозволяють підтримувати чистоту в автоматичній коробці передач і запобігають подальшому утворенню забруднень. Олива ефективно передає обертальний момент від двигуна до коліс автомобіля, не перевантажуючи основні елементи коробки. Вона активно

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		33

захищає вузли трансмісії від зносу, ефективно відводить тепло від тертьових поверхонь і подовжує загальний ресурс роботи агрегату. Сприяє швидкому та плавному перемикаю передач у АКПП, а також захищає від утворення високотемпературних відкладень і корозії.

Основні характеристики цієї оливи наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики оливи HYUNDAI ATF SP-IV

Параметри	Метод дослідження	Значення та одиниці виміру
В'язкість кінематична при 40°C:	ГОСТ 34	25,6 мм ² /с
В'язкість кінематична	ГОСТ 34	5,4 мм ² /с
Індекс в'язкості :	ГОСТ 25361	200
Температура застигання:	ГОСТ 20267	-44 °С
Температура запалювання:	-	208 °С
Плотність при 15 °С:	-	0,850 кг/л
Колір:	-	червоний
Зовнішній вигляд:	-	Прозора

Трансмійна олива ZIC ATF SP 4. Це повністю синтетична трансмісійна олива, розроблена для 6-ступеневих автоматичних коробок перемикаю передач автомобілів Hyundai та KIA, а також Dodge Dart, Jeep Compass та інших. Виготовлена на основі синтетичної базової оливи Yubase. Олива є оригінальною для первинного заповнення на заводах Hyundai та KIA.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Основні переваги:

- Забезпечує плавне перемикання передач протягом усього міжсервісного інтервалу;
- Відмінні низькотемпературні характеристики;
- Має тривалий термін служби завдяки високій стабільності основи;
- Сумісна з матеріалами ущільнювальних з'єднань;
- Завдяки зниженій в'язкості зменшує витрату пального.

На рисунку 2.4 представлена трансмісійна олива ZIC ATF SP 4.



Рисунок 2.4 - Олива ZIC ATF SP 4

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		35

В таблиці 2.2 приведені характеристики масла ZIC ATF SP 4.

Таблиця 2.2 Характеристика масла ZIC ATF SP 4.

Параметр	Метод дослідження	Значення, одиниця виміру
Кінематична в'язкість при 40°C:	ГОСТ 34	25,8 мм ² /с
Кінематична в'язкість при 100°C:	ГОСТ 34	5,7 мм ² /с
Індекс в'язкості:	ГОСТ 25381	155
Температура застигання:	ГОСТ 20267	-53,7 °C
Температура горіння	-	206 °C
Плотність при 15 °C:	-	0,860 кг/л
Колір:	-	Червоний
Зовнішній вигляд:	-	Прозора

Трансмiсійна олива NISSAN Matic Fluid-D.

NISSAN ATF Matic Fluid D — це синтетична трансмісійна олива, призначена для автоматичних коробок перемикання передач автомобілів марки NISSAN. Використовується в моделях, оснащених електронною системою автоматичної коробки передач, системою електронного блокування та повністю електронною автоматичною коробкою передач E-AT. Олива має червоний колір і містить пакет присадок, що запобігають корозії та окисленню, а також протизносні та миючі компоненти.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Олива ефективно захищає трансмісію від різних негативних впливів, таких як високі та низькі температури. Вона забезпечує плавне перемикання передач, стабільні характеристики при різних умовах експлуатації, низьку піну, мінімальне утворення відкладень. Чистить систему, запобігаючи утворенню різноманітних відкладень, зокрема лакувальних. Не піниться, що виключає можливість кавітаційного пошкодження металевих деталей.

Рідина зберігає відмінні характеристики в'язкості та текучості в широкому діапазоні умов.

На рисунку 2.5 представлена олива NISSAN Matic Fluid-D.



Рисунок 2.5 – Олива NISSAN Matic Fluid-D.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		37

Таблиця 2.3 Характеристика мастила NISSAN Matic Fluid-D.

Параметр	Метод дослідження	Значення, одиниця виміру
Кінематична в'язкість при 40°C:	ГОСТ 34	33,36 мм ² /с
Кінематична в'язкість при 100°C:	ГОСТ 34	7,45 мм ² /с
Індекс в'язкості:	ГОСТ 25382	220
Температура застигання:	ГОСТ 20265	-56°C
Температура горіння	-	192 °C
Плотність при 15 °C:	-	0,87 кг/л
Колір:	-	Червоний
Зовнішній вигляд:	-	Прозора

Castrol Transmax Eco-NT — це трансмісійне масло, яке підходить для широкого спектру автоматичних коробок передач. Однак у рамках програми збереження ресурсів і підвищення ефективності, це масло може бути піддано процесу відновлення, який включає фільтрацію, регенерацію та додавання спеціальних присадок для відновлення його протизносних і антифрикційних властивостей.

Відновлене Castrol Transmax Eco-NT може бути використано в наступних типах трансмісій:

- Автоматичні коробки передач легкових автомобілів
- Коробки передач для вантажних автомобілів
- Системи трансмісії в умовах важких навантажень

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		38

Процес відновлення дозволяє значно зменшити витрати на нове масло та мінімізувати вплив на навколишнє середовище, не втрачаючи при цьому необхідних властивостей для забезпечення безперебійної роботи трансмісії.



Рисунок 2.6 – Олива Castrol Transmax Eco-NT.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		39

Таблиця 2.4 Характеристика мастила Castrol Transmax Eco-NT.

Параметр	Метод дослідження	Значення, одиниця виміру
Кінематична в'язкість при 40°C:	ГОСТ 34	29,36 мм ² /с
Кінематична в'язкість при 100°C:	ГОСТ 34	6,45 мм ² /с
Індекс в'язкості:	ГОСТ 25482	198
Температура застигання:	ГОСТ 20465	-45°C
Температура горіння	-	188 °C
Плотність при 15 °C:	-	0,79 кг/л
Колір:	-	Червоний
Зовнішній вигляд:	-	Прозора

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

3.1 Методика проведення дослідів

Експериментальна робота з дослідження впливу додаткових присадок на протизносні властивості оливо для автоматичних трансмісій виконувалася в лабораторії . У цій лабораторії знаходиться машина тертя ЧМТ-1, яка була обрана для проведення даної роботи.

Для досягнення мети дослідження та виконання поставлених завдань застосовувався комплекс методів: експеримент, спостереження, обробка отриманих даних, а також графічне представлення результатів.

Дослідження проходило в декілька етапів. На першому етапі чисті трансмісійні оливи перевіряли на відповідність стандарту ДСТУ 23672-79 «Мастила трансмісійні. Технічні умови» (з урахуванням змін №1-8). Для цього вимірювався діаметр плями зносу.

На другому етапі до трансмісійних оливо додавали присадку на основі діалкілдитіофосфату молібдену, після чого також вимірювали діаметр плями зносу для визначення відповідності ДСТУ. За результатами цього етапу робили висновки про доцільність використання даної присадки.

На третьому етапі до трансмісійних оливо додавали трибологічний склад на основі серпентину, який є активною речовиною в продуктах, таких як Liqui Moly Ceru Tec. Після цього проводили оцінку доцільності використання цієї присадки.

На четвертому етапі до трансмісійних оливо додавали присадку Valena SV, після чого вимірювали діаметр плями зносу відповідно до ДСТУ та оцінювали ефективність даної присадки.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		41

Для мінімізації впливу зовнішніх факторів на результати експерименту на кожному етапі забезпечували:

- однаковий температурний режим;
- рівний час роботи за однакових навантажень.
- Перший етап проводився на машині тертя ЧМТ-1 із використанням чистих олив без присадок.

До експерименту було залучено такі матеріали:

- трансмісійна олива ZIC ATF SP 4;
- трансмісійна олива HYUNDAI ATF SP 4;
- трансмісійна олива NISSAN Matic Fluid-D;
- трансмісійна олива вторинного використання Castrol Transmax Eco-NT;
- кульки діаметром $(12,70 \pm 0,01)$ мм;
- мірний стакан;
- мікроскоп із вимірювальною шкалою;
- розчинник;
- тканина для протирання.

На цьому етапі проводилося тестування чистих олив. Навантаження по осі становило 392 Н (40 кгс).

Послідовність дій під час експерименту:

1. Кульки попередньо очищали тканиною за допомогою розчинника нефраса.
2. Очищені кульки закріплювали у шпинделі машини та в спеціальній чашці для мастильного матеріалу (рисунок 3.1).

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		42



Рисунок 3.1 - Чаша

3. Далі чашу з мастильним матеріалом встановлюють у машину, після чого поступово прикладають задане навантаження і запускають електродвигун (рисунок 3.2). Температура у зоні тертя, де розміщена термопара, підтримується з похибкою не більше $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Тривалість повного циклу роботи обладнання, від моменту ввімкнення до вимкнення, під час визначення показника зносу становить 60 ± 5 хвилин.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		43



Рисунок 3.2 – Машина терта з чашою

- Після завершення встановленого часу машина зупиняється, чаша розбирається, а мастильний матеріал зливається. Кульки очищають розчинником нефрас. За допомогою мікроскопа визначають діаметри плям зносу на кожному з нижніх кульок.

Для аналізу використовується середнє арифметичне значення діаметрів плям зносу трьох нижніх кульок. Отримані результати записуються у протокол випробувань.

Показник діаметрального зносу визначається за постійного навантаження, яке вказане у відповідній нормативно-технічній документації. Для встановлення значення діаметрального зносу проводять щонайменше два послідовні експерименти.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		44

Надійність визначення діаметрального зносу забезпечується стабільною роботою обладнання без вібрацій і сторонніх шумів. Крім того, точність тестування перевіряється за показником збіжності результатів [14].

Збіжність (визначається для пластичних мастильних матеріалів лише за показником зносу D_n).

Два результати вимірювань, отримані одним виконавцем, вважаються достовірними з довірчою імовірністю 95%, якщо різниця між ними не перевищує значення для більшого результату за показником зносу (D_n/D_n) (рисунок 3.3).

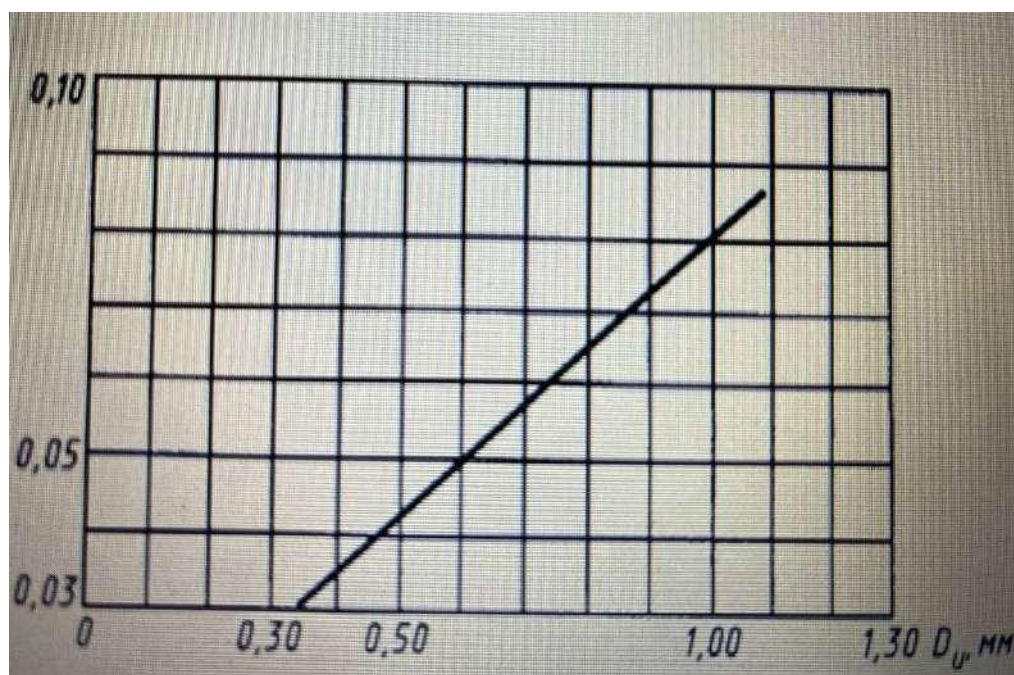


Рисунок 3.3 – Графік збіжності отриманих результатів

3.2 Обробка випробування першого типу

Було проведено загалом чотири експерименти на машині тертя ЧМТ-1, тривалість кожного з яких становила 2 години. Отримані результати занесено до

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		45

протоколу (таблиця 3.1). На цьому етапі здійснювалася перевірка чистих олів на відповідність вимогам ГОСТ.

Таблиця 3.1 – Результати випробування першого етапу

Номер випробування	Діаметр плями зносу Нижніх шариків, мм	Середній діаметр зносу $D_{и}$, мм
№1 Чисте масло ZIC ATF SP 4	0,484	0,481
	0,516	
	0,429	
№2 Чисте масло ZIC ATF SP 4	0,573	0,571
	0,633	
	0,534	
№3 Чисте масло HYUNDAI ATF SP 4	0,462	0,484
	0,452	
	0,546	
№4 Чисте масло HYUNDAI ATF SP 4	0,473	0,473
	0,471	
	0,484	
№5 Чисте масло NISSAN Matic Fluid-D	0,389	0,437
	0,452	
	0,457	
№6 Чисте масло NISSAN Matic Fluid-D	0,511	0,482
	0,472	
	0,489	
№7 Чисте масло Castrol Transmax Eco-NT	0,469	0,422
	0,441	
	0,382	
№8 Чисте масло Castrol Transmax Eco-NT	0,460	0,448
	0,438	
	0,48	

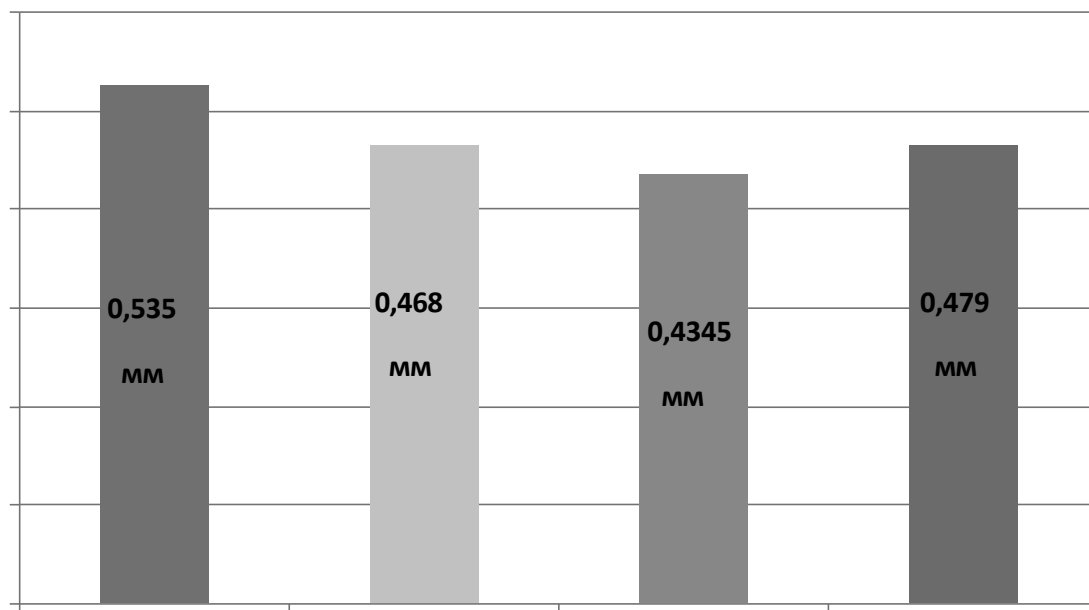
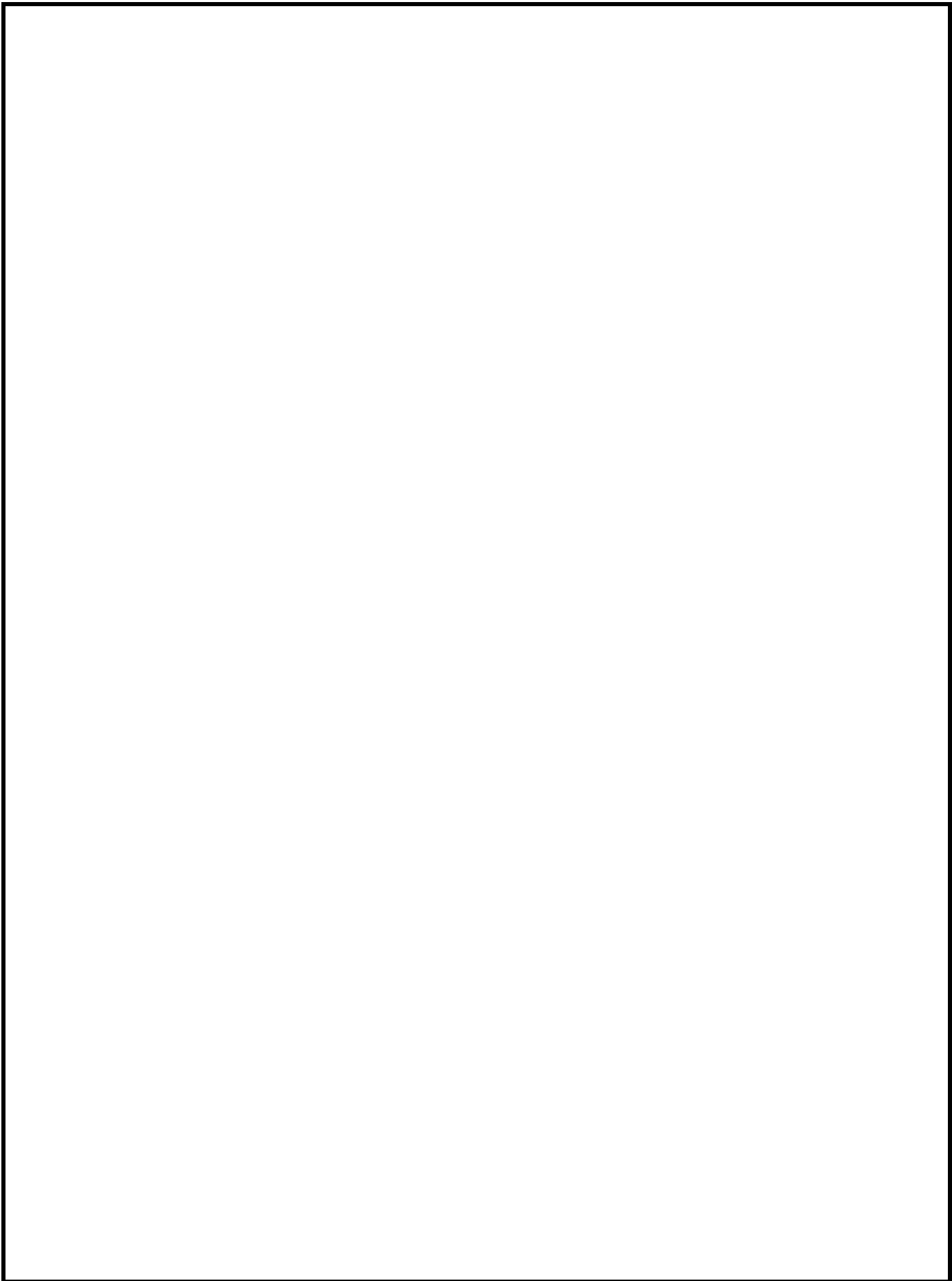


Рисунок 3.4 – Величина плями зносу чистих масел

За результатами проведених вимірювань було побудовано графік залежності величини діаметра плями зношування для чистих олив (рисунок 3.4). На рисунках 3.5–3.8, відповідно, зображено плями контакту кульок із чистими оливами.



Рисунок 3.5 - Пляма контакту ZIC ATF SP 4



					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		48



Рисунок 3.6 – Пляма контакту NISSAN MATIC FLUID D



Рисунок 3.7 – пляма контакту NISSAN Matic Fluid-D

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		49



Рисунок 3.8 – Пляма контакту Castrol Transmax Eco-NT

3.3 Обробка випробування другого типу

Було проведено два експерименти на триботехнічній установці ЧМТ-1, кожен з яких тривав по одній годині. Отримані дані були зафіксовані таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Результати другого випробування

Номер прибування	Діаметр плями зносу нижніх кульок, мм	Середній діаметр зносу $D_{и}$, мм
№1 NISSAN ATF Присадка ДМ	0,484	0,485
	0,516	
	0,449	
№2 Castrol Transmax Eco-NT Присадка ДМ	0,573	0,575
	0,613	
	0,534	
№3 HYUNDAI ATF Присадка ДМ	Випробування не відбулось	
№3 ZIC ATF Присадка ДМ	Випробування не відбулось	

На цьому етапі до трансмісійних олів додавали присадку на основі діалкілдитіофосфату молібдену, після чого проводили вимірювання діаметра плями зношування для перевірки відповідності вимогам ГОСТу. Зазначена присадка під час випробувань спричиняла розрідження трансмісійної оливи, через що експеримент вдалося завершити лише з двома зразками олів. В інших випадках відбувалося тертя кульок без утворення масляної плівки.



Рисунок 3.9 – Пляма контакту Castrol Transmax Eco-NT з присадкою

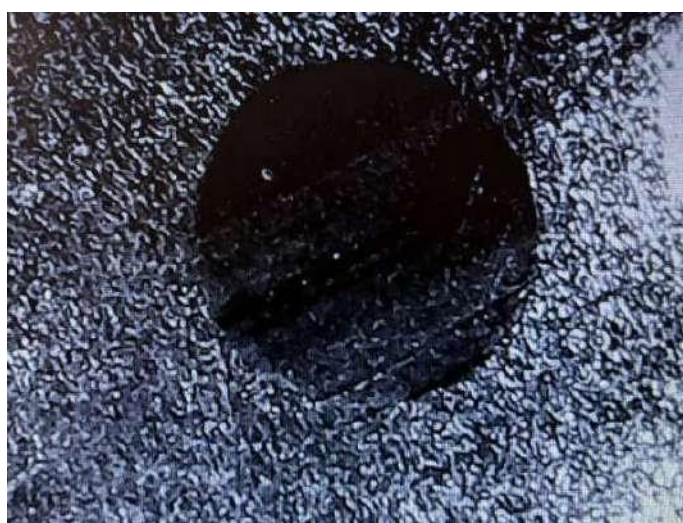


Рисунок 3.10 – Пляма контакту NISSAN ATF з присадкою

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		51

На рисунках 3.9–3.10 наведено зображення плям контакту кульок із додаванням присадки на основі діалкілдитіофосфату молібдену.

3.4 Обробка випробування третього типу

Загалом було проведено чотири експерименти на триботехнічній установці ЧМТ-1, кожен із яких тривав одну годину. Отримані результати були зафіксовані у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати випробування третього типу

Номер випробування	Діаметр плями зносу нижніх кульок, мм	Середній діаметр зносу $D_{и}$, мм
№1 NISSAN ATF Присадка Liqui Moly Cera Tec	0,478 0,508 0,411	0,465
№2 Castrol Transmax Eco-NT Присадка Liqui Moly Cera Tec	0,435 0,445 0,448	0,443
№2 ZIC ATF SP 4 Присадка Liqui Moly Cera Tec	0,499 0,525 0,423	0,483
№2 HYUNDAI ATF SP Присадка Liqui Moly Cera Tec	0,558 0,594 0,527	0,576

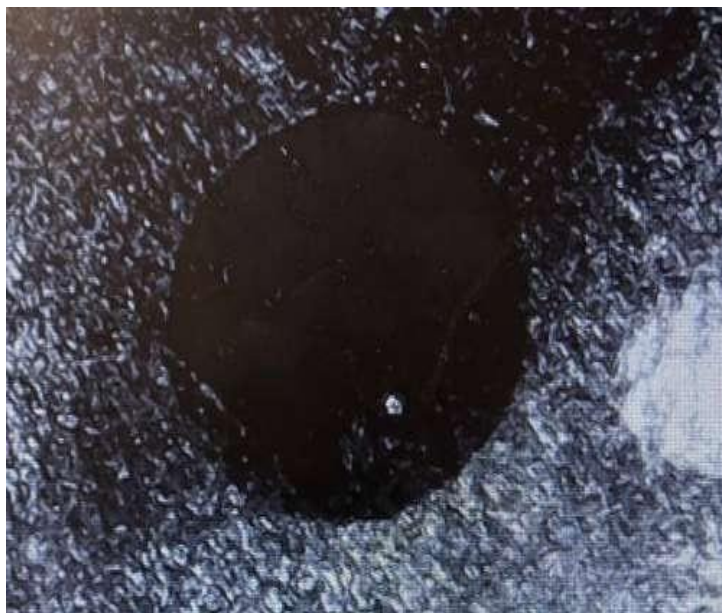


Рисунок 3.11 – Пляма контакту масла NISSAN ATF з присадкою Liqwi Moly Cera Tec

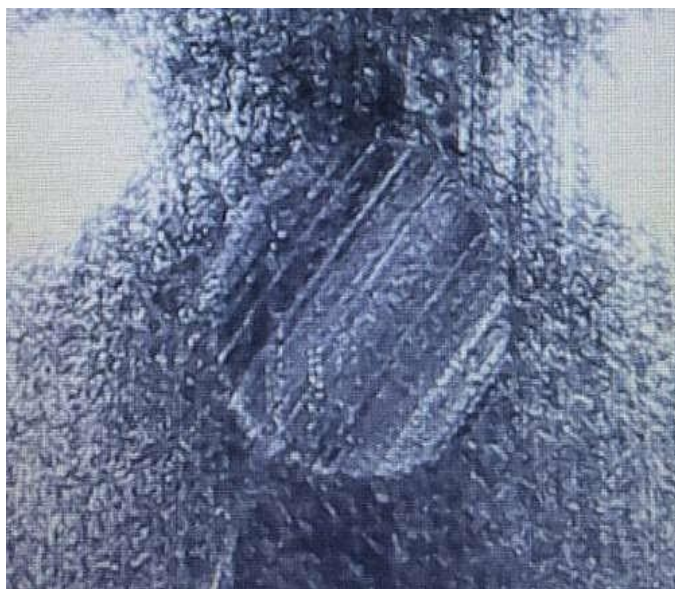


Рисунок 3.12 – Пляма контакту масла Castrol Transmax Eco-NT з присадкою Liqwi Moly Cera Tec

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		53

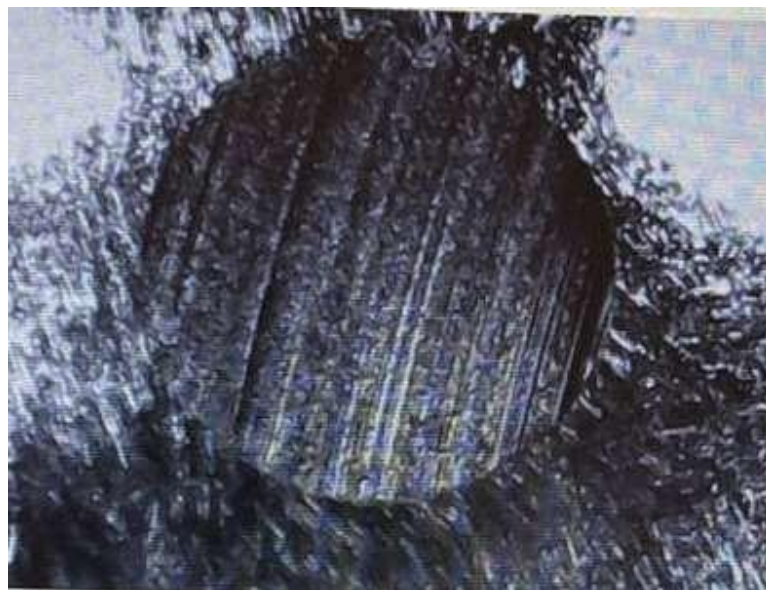


Рисунок 3.13 – Пляма контакту масла ZIC ATF SP 4 з присадкою Liqui Moly Cera Tec

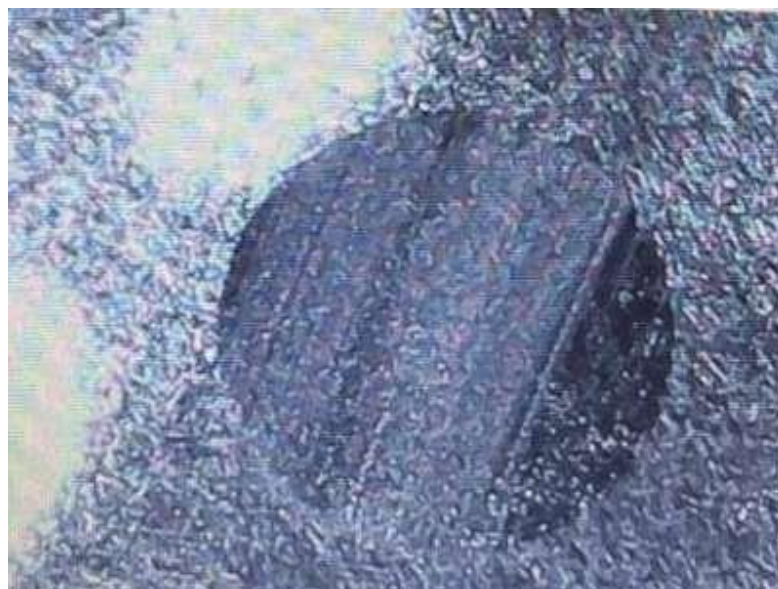


Рисунок 3.13 – Пляма контакту масла HYUNDAI ATF SP з присадкою Liqui Moly Cera Tec

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		54

На рисунках 3.11-3.14 ми показали зображення плям зносу масла з додаванням присадки відомого світого бренду, а саме Liqui Moly Cera Tec.

3.5 Обробка випробування четвертого типу

Під час четвертого випробування застосовувалася присадка «Remol-2». Для проведення експерименту було обрано трансмісійне масло Castrol Transmax Eco-NT, оскільки воно продемонструвало найкращі результати у попередніх тестуваннях. Отримані дані занесено до протоколу (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 – Результати випробування четвертого типу

Номер випробування	Діаметр плями зносу нижніх кульок, мм	Середній діаметр зносу $D_{и}$, мм
№1 Castrol Transmax Eco-NT	0,618	0,578
Присадка « Remol-2»	0,586	
	0,536	

Оскільки присадка не продемонструвала зменшення діаметра плями зношування, було вирішено не проводити випробування з іншими зразками олив. На рисунку 3.15 наведено зображення плями контакту трансмісійної оливи Castrol Transmax Eco-NT із додаванням присадки «Remol-2».

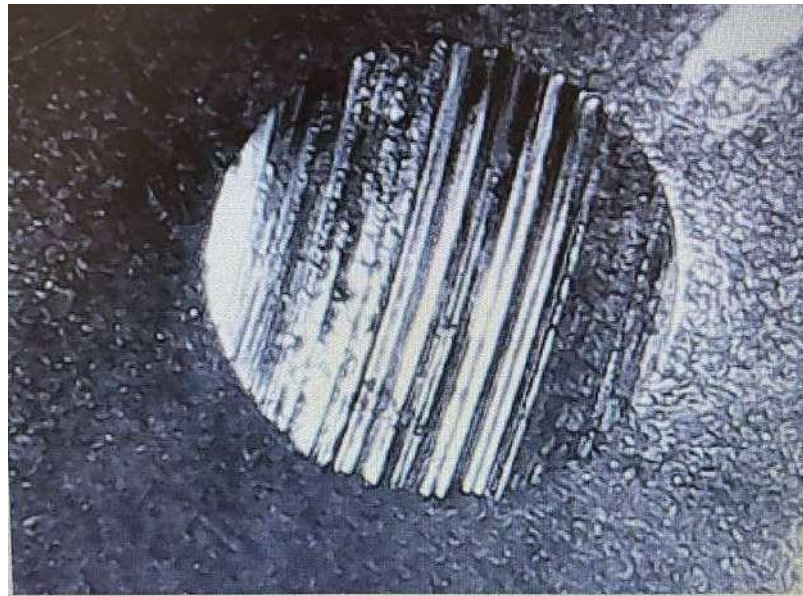


Рисунок 3.15 – Пляма контакту Castrol Transmax Eco-NT із додаванням присадки «Remol-2»

Під час випробувань усі чисті трансмісійні оливи продемонстрували подібні результати щодо діаметра плями зношування. Проте найкращий результат було зафіксовано у трансмісійної оливи Castrol Transmax Eco-NT, яка водночас є мастилом вторинного застосування після попередньої обробки, серед усіх досліджуваних зразків.

Додавання різних присадок не сприяло покращенню протизношувальних властивостей трансмісійних оливок, що використовуються для автоматичних коробок передач. Це свідчить про те, що ефективність додаткових компонентів у цьому випадку залишається на низькому рівні або взагалі не впливає на кінцеві показники.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

У цій дослідницькій роботі було здійснено огляд популярних торгових марок присадок до олив для автоматичних трансмісій, а також проведено низку експериментальних досліджень, спрямованих на оцінку їх ефективності.

На першому етапі були проведені вимірювання чистих трансмісійних олив за допомогою чотиришарикової машини тертя ЧМТ-1. Результати показали, що показник зношування для всіх випробуваних олив знаходився в межах від 0,42 до 0,57 мм. Це дозволило зробити висновок, що трансмісійні оливи в чистому вигляді мають схожі характеристики зношування.

На другому етапі були проведені випробування трансмісійних олив із додаванням присадки на основі діалкілдитіофосфату молібдену. Отримані результати показали, що ця присадка не впливає на зменшення діаметра плями зношування. Крім того, під час випробувань активно виплескувалося масло з чашки з випробуваними кульками, що свідчить про розрідження оливи через дифузію присадки. Це дозволяє припустити, що присадка не тільки не покращує зносостійкість оливи, а й може змінювати її консистенцію.

На третьому етапі до олив було додано трибологічний склад на основі серпентину, що є активною складовою таких сумішей, як «Liqui Moly Cera Tec». В результаті експерименту також не було зафіксовано покращення показників зношування, що вказує на те, що цей склад не приносить бажаного ефекту в умовах тестування.

На четвертому етапі використовувалась присадка «Remol-2», однак її додавання також не призвело до поліпшення показників зношування. Це може свідчити про те, що дана присадка не є ефективною для зменшення тертя та зношування в трансмісійних оливах.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		57

У майбутньому для більш комплексної оцінки ефективності трансмісійних оливо і їх присадок необхідно провести додаткові випробування, зокрема на навантаження зварювання. Це дозволить оцінити оливи та їх присадки за іншими критеріями, що важливо для визначення їх реальної застосовності в автомобільних трансмісіях.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		58

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Белов, Ю. М. "Зносостійкість матеріалів і поверхонь" / Ю. М. Белов. – Київ: Вища школа, 2015. С 81-84.
2. Гулей, В. П. "Механіка зношування та зносостійкість матеріалів" / В. П. Гулей. – Львів: Наука, 2018. С. 92-102.
3. Мартиненко, А. В. "Техніка та технології підвищення зносостійкості" / А. В. Мартиненко. – Харків: Фактор, 2017. С. 32-44.
4. Михайлов, Д. А. "Матеріалознавство: основи зносостійкості та механічних властивостей" / Д. А. Михайлов. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. С. 103-110.
5. Крикун, В. О. "Механізми зносу та методи підвищення зносостійкості" / В. О. Крикун. – Київ: Наукова думка, 2014. С. 34-52.
6. Васильєв, В. П. "Аналіз процесів зносу та їх вплив на довговічність машин" / В. П. Васильєв. – Київ: Політехніка, 2019. С. 31-40.
7. Кондрашов, С. І. "Матеріали з високою зносостійкістю" / С. І. Кондрашов. – Одеса: Морський університет, 2020.
8. Щербань, О. М. "Фізика зносостійкості матеріалів" / О. М. Щербань. – Харків: ХНУ, 2016.
9. Шевченко, П. В. "Методи дослідження зносостійкості матеріалів та інструментів" / П. В. Шевченко. – Львів: Наука і техніка, 2015.
10. Головка, В. В. "Технічна експлуатація та зносостійкість матеріалів" / В. В. Головка. – Київ: Академія, 2018.
11. Сікора, І. М. "Матеріали для високих навантажень: зносостійкість та удосконалення" / І. М. Сікора. – Харків: Техніка, 2017.
12. Ярмоленко, В. С. "Основи фізики зношування матеріалів" / В. С. Ярмоленко. – Київ: Наукова думка, 2020.

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		59

13. Перепічка, С. П. "Методи аналізу зношування і ресурсозбереження" / С. П. Перепічка. – Одеса: Одеська національна академія, 2019.
14. Радченко, С. О. "Знос і механізми зношування металів" / С. О. Радченко. – Харків: Вища школа, 2016.
15. Shishkin, I. B., Cherkasskiy, D. A. "Wear resistance of materials: experimental approaches and mechanisms" / I. B. Shishkin, D. A. Cherkasskiy. – Springer, 2021.
16. Bansal, R. K., Batra, S. "Wear and Tear: The Study of Friction and Wear of Materials" / R. K. Bansal, S. Batra. – Elsevier, 2022.
17. Suh, J. Y. "Friction and Wear: A Textbook in Tribology" / J. Y. Suh. – Springer, 2021.
18. Evans, A. G. "Materials Science of Wear" / A. G. Evans. – Cambridge University Press, 2020.
19. Jiang, X. "Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials" / X. Jiang. – Wiley, 2022.
20. Buhl, M. L., Bergmann, P. "Surface Engineering for Wear Resistance" / M. L. Buhl, P. Bergmann. – Wiley-VCH, 2020.
21. Tiwari, A., Saini, M. "Wear Resistance of Materials and Coatings" / A. Tiwari, M. Saini. – Springer, 2021.
22. Papini, M., Lugo, J. S. "Materials and Wear in Mechanical Engineering" / M. Papini, J. S. Lugo. – Wiley, 2019.
23. Fridman, A. "Tribology: Principles and Applications" / A. Fridman. – Elsevier, 2020.
24. Zhu, Z., Liu, J. "Tribological Performance of Materials: Wear and Friction Mechanisms" / Z. Zhu, J. Liu. – CRC Press, 2021.
25. Zhang, L., Qiu, M. "Wear and Tear: The Materials and Mechanisms Behind Friction" / L. Zhang, M. Qiu. – Elsevier, 2020

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		60

Додатки

					МТВАм 24. 23610. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		61