

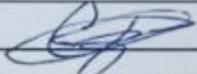
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

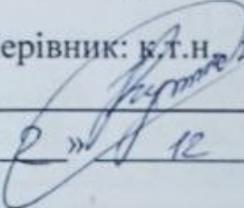
на тему:

«Підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Жмеринка шляхом визначення фактичного терміну заміни моторних олиव»

Виконав: здобувач 2-го курсу, групи ІАТ-24м
спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

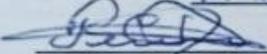

Слободян В.В.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ


Кужель В.П.

«2» 12 2025 р.

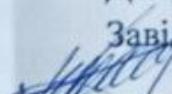
Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ


Репінський С.В.

«6» 12 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ


к.т.н., доц. Цимбал С.В.

«6» 12 2025 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 27 – Транспорт
Спеціальність – 274 – Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

« 25 » 09 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Слободяну Віктору Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Жмеринка шляхом визначення фактичного терміну заміни моторних оли,

керівник роботи Кужель Володимир Петрович, к.т.н., доцент.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «24» вересня 2025 року № 313.

2. Строк подання здобувачем роботи: 30.11.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів, потужність СТО – 9 постів, зони ТО і ПР – 6 постів; режим роботи зони ТО і ПР: початок роботи - 9.00; обідня перерва - з 13.00 до 14.00; закінчення роботи - 18.00; частина ринку автосервісних послуг, яку займає СТО - 25%; район експлуатації автомобілів – Україна, місто Жмеринка; показники роботи станції технічного обслуговування фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Жмеринка; сфера діяльності підприємства: надання послуг з технічного обслуговування та ремонту; об'єкт дослідження – процес визначення фактичного терміну заміни моторної оливи в автомобільних двигунах внутрішнього згорання, предметом дослідження є процеси мащення в двигунах легкових автомобілів. площа території – до 1,4 га, коефіцієнт використання території – до 50%.

4. Зміст текстової частини:

1 Науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Жмеринка.

2 Вимоги до експлуатаційних властивостей сучасних моторних оли.

3 Запропоновані математичні моделі для визначення терміну зміни моторної оливи.

4 Результати випробувань і досліджень з визначення фактичного терміну заміни моторних оли.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1-3 Тема, актуальність, мета роботи, об'єкт та предмет дослідження, завдання та новизна дослідження.

4 Апробація результатів роботи та публікації.

5 Розподіл потенційної смності на ринку між СТО та їх категорії.

6 Базова матриця SWOT – аналізу діяльності СТОА.

7 Стратегії, розроблені на основі даних SWOT-аналізу.

8 Аналіз факторів, що впливають на періодичність зміни моторної оливи.

9 Вплив періодичності зміни оливи на довговічність роботи ДВЗ.

10 Класифікація моторних оливи.

11 Класифікація моторний оливи за експлуатаційними властивостями.

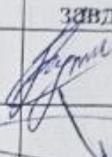
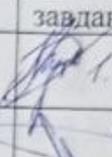
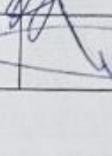
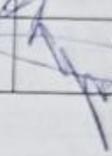
12 Методи випробувань моторних оливи і визначення їх якості.

13 Математичні моделі терміну заміни оливи.

14 Результати випробувань і досліджень.

15 Основні наукові і практичні результати, викладені в роботі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

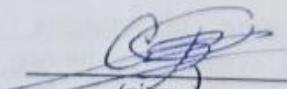
Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кужель В.П., доцент кафедри АТМ	 26.09.25	 1.12.25
Визначення ефективності запропонованих рішень	Буренніков Ю.Ю., професор кафедри АТМ	 17.11.25	 24.11.25

7. Дата видачі завдання «25» вересня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

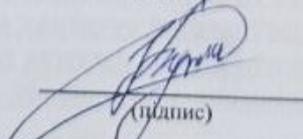
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	25.09-29.09.2025	вик
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	30.09-20.10.2025	вик
3	Обґрунтування методів досліджень	30.09-20.10.2025	вик
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-10.11.2025	вик
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	11.11-16.11.2025	вик
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	17.11-24.11.2025	вик
7	Нормоконтроль МКР	25.11-30.11.2025	вик
8	Попередній захист МКР	01.12-04.12.2025	вик
9	Рецензування МКР	05.12-09.12.2025	вик
10	Захист МКР	10.12.2025-12.12.2025	вик

Здобувач


(підпис)

Слободян В.В.

Керівник роботи


(підпис)

Кужель В.П.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.113.004.67: 656.13

Слободян В.В. Підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Жмеринка шляхом визначення фактичного терміну заміни моторних оливо. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 –Автомобільний транспорт, освітня програма – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2025. 105 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 21 назва; рис.: 15.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено основне питання підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів шляхом визначення фактичного терміну заміни моторних оливо. У розділі 1 проведено науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Жмеринка. В розділі 2 проаналізовано вимоги до експлуатаційних властивостей сучасних моторних оливо. В розділі 3 запропоновано математичні моделі для визначення терміну зміни моторної оливи. В розділі 4 наведені результати випробувань і досліджень з визначення фактичного терміну заміни моторних оливо. Проведено розрахунок економічної ефективності запропонованих рішень.

Графічна частина складається з 15 слайдів.

Ключові слова: технологія обслуговування, процес обслуговування автомобілів, станція технічного обслуговування автомобілів; заміна моторних оливо, термін фактичний.

ABSTRACT

Slobodian Viktor. Increasing the efficiency of the production process of car servicing in the conditions of a car service station of an individual entrepreneur “Sarafenyuk Anatoly Dmytrovych” city of Zhmerynka by determining the actual term of replacement of motor oils. Master's qualification work in the specialty 274 – Motor transport, educational program – Motor transport. Vinnytsia: VNTU, 2025. 105 p.

In Ukrainian. Bibliography: 21 titles; Fig.: 15.

The master's qualification work deals with the main issue of increasing the efficiency of the production process of car servicing in the conditions of a car service station by determining the actual term of replacement of motor oils. In section 1, a scientific and technical justification of increasing the efficiency of the production process of car servicing in the conditions of a car service station of an individual entrepreneur “Sarafenyuk Anatoly Dmytrovych” city of Zhmerynka is provided. In section 2, the requirements for the operational properties of modern motor oils are analyzed. In section 3, mathematical models are proposed for determining the term of changing motor oil. In section 4, the results of tests and studies on determining the actual term of changing motor oils are presented. The economic efficiency of the proposed solutions is calculated.

The graphic part consists of 15 slides.

Keywords: service technology, car service process, car service station; motor oil change, actual term.



ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ ФІЗИЧНОЇ ОСОБИ-ПІДПРИЄМЦЯ «САРАФЕНЮК АНАТОЛІЙ ДМИТРОВИЧ» МІСТО ЖМЕРИНКА.....	7
1.1 Загальна характеристика станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Жмеринка...	7
1.2 SWOT – аналіз діяльності СТОА.....	18
1.3 Обґрунтування факторів, що впливають на періодичність зміни моторної оливи на станції технічного обслуговування.....	20
1.4 Моторні оливи і умови їх роботи в двигунах внутрішнього згорання.....	22
1.3 Висновки до розділу та постановка завдань досліджень.....	31
РОЗДІЛ 2. ВИМОГИ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ	32
2.1 Класифікація моторних олив.....	32
2.2 Вплив якості олив на надійність і економічність роботи автомобільних двигунів.....	37
2.3 Оцінка експлуатаційних властивостей олив.....	45
2.3.1 Безмоторні випробування олив.....	48
2.3.2 Корозійні властивості оливи.....	52
2.3.3 Протизношувальні властивості оливи.....	53
2.3.4 Моторні випробування олив.....	60
2.4 Висновки до розділу 2.....	70
РОЗДІЛ 3. ЗАПРОПОНОВАНІ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ЗМІНИ МОТОРНОЇ ОЛИВИ.....	71
3.1 Трибологічні властивості оливи для двигунів.....	71

3.2 Аналіз існуючих математичних моделей терміну зміни оливи.....	73
3.3 Аналіз вже відомих критеріїв подібності.....	82
3.4 Висновки до розділу 3.....	84
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ І ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОГО ТЕРМІНУ ЗАМІНИ МОТОРНИХ ОЛИВ.....	85
4.1 Сутність підходу і мета випробувань.....	85
4.2 Вплив навантажено-швидкісного режиму на інтенсивність надходження продуктів зносу в оливу.....	86
4.3 Вплив зовнішніх умов, технологічних і експлуатаційних факторів на інтенсивність надходження продуктів зносу в оливу.....	91
4.4 Обґрунтування вибору параметрів для критерію фактичного терміну зміни моторної оливи в двигуні та його аналіз.....	92
4.5 Результати випробувань.....	98
4.6 Висновки до розділу 4.....	100
ВИСНОВКИ.....	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	102
ДОДАТКИ.....	105
Додаток А. Ілюстративна частина	
Додаток Б. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	



ВСТУП

Актуальність теми. Відзначимо, що прогнозування термінів зміни оливої може принести істотну економію як мастильних матеріалів так і економію коштів на обслуговування автомобілів. Досвід застосування оливої у двигунах говорить за те, що в багатьох випадках олива, що вже працювала, до моменту зливу зберігає запас якості, достатній для подальшої експлуатації на певний час. Найчастіше таке положення складається на автомобілях, агрегати яких експлуатувалися на часткових навантаженнях при сприятливих кліматичних умовах.

Крім того, дослідження показали, що часта зміна оливи не вигідна не тільки економічно, але і технічно, оскільки моторна олива здобуває оптимум експлуатаційних властивостей, зокрема протизношувальних, тільки після визначеного наробітку в двигуні. Таким чином, прогнозування термінів зміни моторних оливої в двигунах внутрішнього згорання є актуальною науково-практичною задачею.

Аналіз існуючих математичних моделей по визначенню термінів зміни моторних оливої показав, що жоден з них не дає комплексного уявлення про фактичний термін зміни моторних оливої, а критерії подібності не мають експериментального підтвердження і засновані лише на теорії, а значить поки не застосовні до рішення практичних задач.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота автором виконувалась відповідно з науково-дослідними тематиками кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету і являється продовженням досліджень пов'язаних саме з підвищенням ефективності роботи станцій технічного обслуговування автомобілів.

Мета і завдання дослідження.

Мета роботи – підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування шляхом визначення фактичного терміну заміни моторних оливої.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- провести науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Жмеринка;
- проаналізувати вимоги до експлуатаційних властивостей сучасних моторних оливо;
- запропонувати математичні моделі для визначення терміну зміни моторної оливи;
- навести результати випробувань і досліджень з визначення фактичного терміну заміни моторних оливо.

Об'єкт дослідження – процес визначення фактичного терміну заміни моторної оливи в автомобільних двигунах внутрішнього згорання.

Предметом дослідження є процеси мащення в двигунах легкових автомобілів.

Методи дослідження – в роботі використовуються математичні моделі з визначення термінів зміни моторних оливо для розуміння фактичного терміну зміни моторних оливо, запропоновані критерії подібності, також виконувались експериментальні дослідження на двигунах легкових автомобілів.

Новизна одержаних результатів.

Дістали подальшого розвитку методи пошуку критерію фактичного терміну зміни моторної оливи з метою прогнозування термінів заміни моторних оливо в двигунах внутрішнього згорання.

Практичне значення одержаних результатів. Автор вирішив для автосервісних підприємств одне з центральних питань, а саме в результаті проведених випробувань були отримані експериментальні данні, які дозволяють визначити фактичний термін зміни моторних оливо двигунів для підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Жмеринка.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем в роботі був отриманий критерій фактичного терміну зміни моторної оливи, який враховує конструктивні особливості двигуна (літрова потужність двигуна, бічна площа поршня, максимальні обороти, об'єм оливи в системі змащення), умови експлуатації (сумарна витрата палива, скоректована згідно умовам експлуатації, енергетичний інтегральний критерій, об'єм доливу свіжої оливи) та закономірності зміни службових властивостей моторної оливи (кінематична в'язкість оливи, схильність оливи до окислення, лужне число оливи, кислотне число, наявність сірки в паливі, середньозважений вміст пилу в повітрі).

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень доповідалися й обговорювалися на XVIII міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 20-22 жовтня 2025 року. – Вінниця.

Публікації. Проміжні результати досліджень були частково викладенні і опубліковані в 1 науковій праці: Кужель В.П. Види присадок та варіанти модифікації складу автомобільного палива / В.П. Кужель, В.В. Слободян, Р.Д. Шонік // Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 20-22 жовтня 2025 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2025. – С. 262 – 264 (PDF, 536 с.). ISBN 978-617-8163-71-6 (PDF) [1].

РОЗДІЛ 1

НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ ФІЗИЧНОЇ ОСОБИ-ПІДПРИЄМЦЯ «САРАФЕНЮК АНАТОЛІЙ ДМИТРОВИЧ» МІСТО ЖМЕРИНКА

1.1 Загальна характеристика станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Жмеринка

Станція технічного обслуговування автомобілів (СТОА) фізичної-особи підприємця «Сарафенюк А.Д.» була створена у вересні 1996 року, на території автопарку Жмеринського заводу «Сектор» (з 1995 року завод «Сектор» потрапив під програму приватизації).

За час свого існування СТОА пережило ряд перетворень:

- з липня 2003 року СТОА надає послуги з встановлення та ремонту газобалонного обладнання легкових автомобілів.
- з квітня 2005 року підприємство уповноважене на перевірку технічного стану АТЗ при проведенні технічного контролю колісних транспортних засобів (КТЗ) (табл. 1.1).

В наш час СТОА «Сарафенюк А.Д.» є потужною структурою, яка надає послуги з технічного обслуговування і ремонту автомобілів в місті Жмеринка.

Зазначимо, що для ФОП привабливість створення СТО зумовлена все ще порівняно високим попитом на роботи з ТО і ПР, який не знижується навіть в умовах зменшеної платоспроможності населення, та сталим приростом парку транспортних засобів. Організація невеликого СТО, яке не претендує на європейську якість послуг, не потребує, відповідно, і великих капіталовкладень, нових дорогих технологій, висококваліфікованих кадрів. Швидко окупити початкові витрати дозволяє щоденне надходження готівки при незначних виробничих

витратах. Ринок автосервісних послуг привабливий також різноманітністю сегментів. В м. Жмеринка відсутня велика кількість СТО, тому станції у «сусідніх» сегментах майже не конкурують між собою.

Характеристика СТОА ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович»: форма власності – приватна; юридична адреса СТО (фактична адреса СТО) – вул. Барляєва, 9ж, м. Жмеринка, 23100; директор (власник) СТО– Сарафенюк Анатолій Дмитрович.

СТО ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» надає такі послуги:

- встановлення газобалонного обладнання (ГБО);
- ремонт і обслуговування ГБО;
- зварювальні, рихтувальні роботи, фарбування;
- шиномонтаж, вулканізація, балансування коліс, правка колісних дисків;
- передпродажна підготовка автомобілів;
- виконання ТО та ПР легкових автомобілів;
- проведення та видача сертифікатів з технічного контролю АТЗ.

В таблиці 1.1 наведені суб'єкти господарювання уповноважені на перевірку технічного стану КТЗ при техогляді.

Таблиця 1.1 – Суб'єкти господарювання уповноважені на перевірку технічного стану КТЗ при техогляді у місті Жмеринка

Назва суб'єкта	Юридична адреса	Галузь акредитації	Контактний телефон
СТО ФОП Сарафенюк А.Д. р.н. 000412	м. Жмеринка, вул. Барляєва, 9Ж	М1, М2, М3 N1, N2, N3 O1, O2, O3, O4	0679118008 Сарафенюк А.Д.

Зазначимо, що СТО автомобілів ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» є суб'єктом господарювання, що здійснює свою діяльність від імені його власника без статусу юридичної особи, має самостійний баланс, здійснює бухгалтерський облік, має поточний та інші рахунки у національній валюті в установах українських банків, печатку з найменуванням ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович», штампи.

Регіон дії СТО ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» – м. Жмеринка. Незначна частина робіт виконується для транзитних автомобілів.

Метою діяльності СТО є одержання максимального прибутку.

Клієнтами автосервісного підприємства СТО автомобілів є власники приватних автомобілів і підприємства. Підприємство укладає угоди на планове технічне обслуговування та ремонт легкових автомобілів з колективними господарствами та автотранспортними підприємствами. Розрахунок зі станцією ведеться як готівкою, так і по безготівковому розрахунку.

Наведемо особливості системи обслуговування приватних автомобілів:

- ТО і ПР автомобілів в більшості випадків здійснюються на СТО саме на основі заявки власника. Може застосовуватися і самообслуговування;
- СТОА не має закріпленої клієнтури;
- планово-попереджувальна система обслуговування рекомендує та частково регламентує власникам автомобілів періодичність ТО, але не передбачає відповідальність за невиконання цих вказівок. ТО часто виконується завдяки застосуванню сервісних книжок;
- власник користується правом на вибіркове проведення операцій з ТО і ПР;
- капітальний ремонт автомобілів не виконується; виконується тільки капітальний ремонт вузлів та агрегатів.

В системі розрахунків за послуги та в системі планування запасів, запасних частин існують такі специфічні особливості:

- витрати на ТО, ремонт, запасні частини та експлуатацію автомобіля несе власник;
- кількість необхідних запасних частин визначається по методиці, що враховує специфіку попиту на них для приватного автотранспорту;
- діє система гарантійних зобов'язань.

Розглянемо організаційну структуру управління СТО автомобілів ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович». До керівних осіб СТО входять власник (директор), заступник директора, головний механік.

Кожен працівник має свої обов'язки і робітників у своєму підпорядкуванні.

Якісна робота кожного підприємства певною мірою залежить від чітко сформованої під відповідне виробництво організаційної структури управління.

Отже, структура управління СТО автомобілів ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» – відповідним чином побудована і впорядкована сукупність підрозділів апарату управління в їх взаємозв'язку і співвідношенні між ними. Схема організаційної структури управління СТО автомобілів ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» наведена на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Організаційно-структурна схема управління СТОА ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович»

У персоналі СТОА працюють тільки кваліфіковані робітники, більшість з яких пройшло додаткове навчання на спеціальних курсах для підвищення своєї кваліфікації. Усі керівні посади займають високодосвідчені фахівці з досвідом.

Розглянемо показники прибутку СТО, для розрахунків яких визначається загальний об'єм послуг та продукції.

Під загальним об'ємом послуг та продукції розуміється вартість всіх послуг, що виконані підприємством і включені в об'єм реалізації побутових послуг по ТО і ремонту легкових автомобілів по замовленнях населення, а також вартість послуг і продукції для організації неврахованих в об'ємі реалізації побутових послуг населенню.

Аналіз основних показників виробничо – фінансової діяльності СТО автомобілів ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Аналіз основних показників виробничо-фінансової діяльності

Показники	Одиниці виміру	2024р.	2025р.	Темп росту %
1. Об'єм реалізації послуг	тис. грн.	625	640	102,4
в т.ч.: послуги	тис. грн.	480	485	101,04
запчастини	тис. грн.	120	128	106,7
інші	тис. грн.	25	27	108
2. Вартість нормо-години	грн.	55	60	109
3. Товарообіг всього	тис. грн.	174,6	180,05	103,1
в т.ч. роздрібний товарообіг	тис. грн.	90,4	93,3	103,2
з нього: запчастин	тис. грн.	80,1	82	102,3
комісійний	тис. грн.	2	1,9	95
інший	тис. грн.	2,1	2,85	135,7
4. Балансовий прибуток	тис. грн.	30,6	30,4	99,34
в т.ч.: від основного виробництва	тис. грн.	18,1	17,2	95,02
від торгівлі	тис. грн.	10,8	11,3	104,63
інший (оренда і т.п.)	тис. грн.	1,7	1,9	111,76

Зазначимо, що вартість всіх послуг, що включені в загальний об'єм послуг і продукції, планується як і об'єм реалізації побутових послуг по ремонту і ТО легкових автомобілів по замовленнях населення, тобто без вартості використаних при ремонті запасних частин і основних матеріалів, за які замовник розраховується окремо. На протязі останнього року має місце незначне погіршення деяких показників виробництва СТО автомобілів ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» необхідне проведення ряду організаційно-технічних заходів, направлених на підвищення ефективності роботи підприємства.

Дослідження ринку надання автосервісних послуг. Розпочнемо з вивчення споживчого ринку

ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» працює на ринку сервісного автомобільного обслуговування та встановлення ГБО, проведення технічного контролю АТЗ. Як правило, надавач автосервісних послуг не може охопити весь ринок, тобто надавати всі види послуг по ТО та ремонту всіх моделей автомобілів з причин обмеженості його матеріальних, фінансових та людських ресурсів.

Тому він має визначитись на якій частині ринку він буде працювати.

Для цього запропоновано сегментувати ринок автосервісних послуг можна за такими ознаками: географічною, або за місцем надання послуг (район місто, область і т.п.);

- за типом, марками або моделями автомобілів (вантажні, легкові, спеціалізовані і т.п.);
- за типом клієнтів (середній клас, власники раритетних автомобілів);
- за видами послуг (робіт);
- за категоріями або типами СТО;
- іншими суттєвими ознаками.

В даному випадку проводимо сегментацію одночасно за декількома ознаками: надання послуг станцією технічного обслуговування ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» з ТО та ремонту легкових автомобілів у м. Жмеринка та прилеглих населених пунктів.

Як ознаки сегментації ринку можна застосувати класифікацію послуг, яка наводиться нижче.

Роботи по технічному обслуговуванню та ремонту автомобілів можна класифікувати згідно з такими ознаками, як місце втручання на автомобілі, мета роботи, складність роботи і час її виконання:

- кузовні та фарбувальні;
- моторні;
- по механічним вузлам та агрегатам;
- електротехнічні;

- акумуляторні;
- по паливній апаратурі;
- по системі впуску та випуску;
- шиномонтажні.

Така класифікація робіт з технічного обслуговування та ремонту автомобілів, і відповідно, станцій технічного обслуговування автомобілів (рис. 1.2) пропонується в роботі [1].

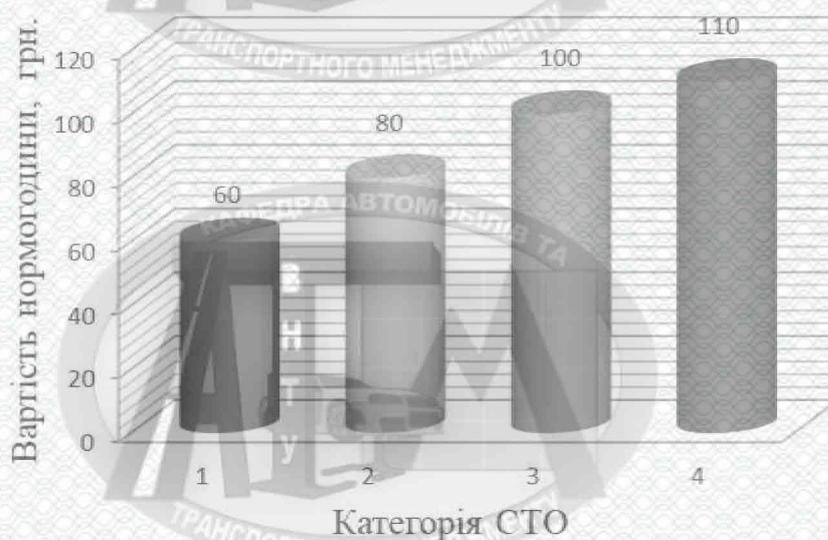


Рисунок 1.2 – Карта класифікації СТО за ознаками «вартість нормогодини – категорія СТО»

У відповідності до динаміки росту ринкових цін на послуги по технічному обслуговуванню та ремонту автомобілів, вартість одного нормо-часу на послуги по технічному обслуговуванню та ремонту автомобілів 75 грн. (без урахування ПДВ) із застосуванням коефіцієнтів від 0,5 до 4,5, які враховують попит, завантаженість та сезонні коливання. До вартості послуг додається ПДВ у розмірі 20%.

Отже СТО автомобілів ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» займатиме 1 та 2 категорії СТО. Вищі категорії матимуть більшу потужність і виконуватимуть всі види робіт підприємств нижчих категорій.

Крім СТО вказаних категорій, які виконують більший або менший комплекс робіт по ТО та ремонту автомобілів, можуть існувати окремі спеціалізовані виробництва по виконанню визначених видів робіт, таких, як, наприклад, швидка

заміна мастил та експлуатаційних рідин, шиномонтаж, ремонт автоматичних коробок передач, капітальний ремонт окремих агрегатів, відновлення деталей и т.п.

Як відомо ємність ринку автомобільних послуг, або його сегменту, визначається загальною потребою в роботах по ТО та ремонту існуючих автомобілів. Зазвичай прийнято вимірювати ємність цього ринку трудомісткістю робіт. Також в одиницях трудомісткості зручніше виражати виробничу потужність СТО – надавачів автомобільних послуг, або їх підрозділів.

Зазначимо, що середню трудомісткість робіт по ТО та ПР на 1000 км пробігу можна знайти в технічній документації фірми-виробника автомобілів, або в разі відсутності такої інформації, прийняти орієнтовно по таблиці 1.3 [4].

Таблиця 1.3 – Нормативні трудомісткості ТО та поточного ремонту автомобілів на 1000 км пробігу, люд.-год.

Клас легкових автомобілів	Нормативи	
	ТО	ПР
особливо малий	0,5	2
малий	0,6	2,2
середній	0,7	2,5
вищий	0,8	2,8
підвищеної прохідності	0,9	3,1

Як правило загальний парк автомобілів, які належать громадянам необхідно визначати з перспективою на майбутнє для конкретного району або міста в цілому. Для цього найкраще використовувати дані реєстрації Державної автомобільної інспекції за декілька років. Маючи такі дані можна побудувати графік зростання кількості автомобілів певний період часу, та прогноз на декілька років.

Так як в нашому випадку СТО є діючою за відсутністю даних реєстрації Державної автомобільної інспекції за декілька років використовуємо статистичні дані про кількість автомобілів які обслуговуються на СТО - в середньому на СТО обслуговується 12 авт./день. СТО працює 305 днів в рік, тобто орієнтовне значення кількість автомобілів які обслуговуються на СТО за рік складає $A_m = 12 \times 305 = 3660$ авт.

Визначивши потенційну ємність ринку та дослідивши її розподіл між конкурентами, зводимо дані у таблицю 1.4 та будемо графічне їх відображення на рисунку 1.3.

Таблиця 1.4 – Розподіл потенційної ємності на ринку між СТО та їх категорії

Позначення на рисунку 1.3	Назва та адреса, основні роботи, які виконуються	Частка Ринку,%	Категорія СТО
1	СТО ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович, вул. Барляєва, 9ж, м. Жмеринка: <ul style="list-style-type: none"> - встановлення газобалонного обладнання (ГБО); - ремонт і обслуговування ГБО; - зварювальні, рихтувальні роботи, фарбування; - шиномонтаж; - передпродажна підготовка автомобілів; - виконання ТО та ПР легкових автомобілів; - проведення та видача сертифікатів з технічного контролю АТЗ. 	25	1-2
2	Приватне СТО «Автотема», вул. Одеська, 87, м. Жмеринка: <ul style="list-style-type: none"> - рихтувальні роботи, фарбування; - передпродажна підготовка автомобілів; - виконання ТО та ПР легкових автомобілів; - ТО та ремонт систем живлення бензинових двигунів; - ТО та ремонт електрообладнання; - шиномонтажні, шиноремонтні роботи. 	20	1-2
3	Філія ПАТ «Вінничина-Авто» - СТО «Жмеринка-Авто», вул. Мельнича, 99: <ul style="list-style-type: none"> - ТО та ремонт ходової частини; - ТО та ремонт систем живлення дизельних двигунів; - регулювання кутів встановлення керованих коліс; - рихтувальні роботи, фарбування; - передпродажна підготовка автомобілів; - виконання ТО та ПР легкових автомобілів. 	29	2-4
4	Дрібні приватні майстерні, гаражі (роботи в невеликих обсягах): <ul style="list-style-type: none"> - ТО та ремонт ходової частини; - ТО та ремонт системи живлення; - Кузовні роботи; - ТО та ремонт електрообладнання; - Дрібний ремонт на базі заміни вузлів. 	12	1
5	Вільна частина ринку	14	-

На ринку сервісного автомобільного обслуговування та встановлення ГБО, проведення технічного контролю АТЗ ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» має таких конкурентів:

- приватне СТО «Автотема», вул. Одеська, 87;
- філія ПАТ «Вінничина-Авто» - СТО «Жмеринка-Авто», вул. Мельнича, 99.

Дані для побудови діаграми збираємо шляхом обстеження ринку, тобто аналізом конкурентів та опитуванням споживачів. Як видно з отриманих результатів, в районі де діє СТО ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» є частка вільного ринку послуг з обслуговування та ремонту автомобілів.



1 – СТО ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович»; 2 – СТО «Автотема»; 3 – Філія ПАТ «Вінничина-Авто» – СТО «Жмеринка-Авто»; 4 – Дрібні приватні майстерні, гаражі; 5 – Вільна частина ринку

Рисунок 1.3 – Графічне відображення вільної частки ринку та частин конкурентів

Конкуренти СТО ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» зайняли свої власні сегменти ринку надання автосервісних послуг, роботи на різних СТО не дублюються а доповнюються.

Саме тому СТО ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» зайняло конкретний сегмент ринку і виконує повний обсяг робіт з ТО і Р, а також надає спеціалізовані послуги клієнтам, яких не мають інші СТО конкуренти:

- встановлення газобалонного обладнання (ГБО);
- ремонт і обслуговування ГБО;

- проведення та видача сертифікатів з технічного контролю АТЗ.

У відповідності до матеріалів річної фінансової звітності у 2025 році СТО ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» мало показники подані в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Наявні активи і пасиви СТО

Показник	Величина
Будівлі, споруди та передавальні пристрої	630 тис. грн.
Машини і обладнання	380 тис. грн.
Інструмент, прилади, інвентар	195 тис. грн.
Запаси (матеріали, паливо, запасні частини та інше)	55 тис. грн.
Всього	1260 тис. грн.

Проаналізувавши таблицю 1.5 можна зробити висновки - ОВФ СТО мають таку структуру: будівлі і споруди – 50,0 %, інвентар, інструмент – 15,5 %, машини і обладнання – 30,1 %, невиробничі фонди – 4,4 %

Організаційно-технічний рівень ВТБ характеризують наведеними нижче показниками. Вартість ВТБ, в основних фондах ($B_{ВТБ}$):

$$B_{ВТБ} = \frac{\Phi_{ВТБ}}{\Phi_{о.в.}} \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

де $\Phi_{ВТБ}$ – вартість ВТБ, тис.грн.;

$$B_{ВТБ} = \frac{630}{1260} \cdot 100 = 50,0\%.$$

Фондовіддача:

$$\eta_{овф} = P_{люд\cdot год} / \Phi_{о.в.}, \text{ люд}\cdot\text{год}/\text{грн}; \quad (1.2)$$

де $P_{люд\cdot год}$ – обсяг робочого часу, люд/год;

$$\eta_{овф} = 118000 / 1260 = 93,65 \text{ люд}\cdot\text{год}/\text{грн}.$$

Фондомісткість:

$$\eta = \Phi_{о.в.} / P_{люд\cdot год}, \text{ грн}/\text{люд}\cdot\text{год}; \quad (1.3)$$

$$\eta = 1260 / 118000 = 0,01068 = 10,68 \text{ грн}/\text{люд}\cdot\text{год}.$$

Фондоозброєність ремонтних робітників:

$$\Phi O = \frac{\Phi_{ВТБ}}{P_{pp}}, \text{ тис.грн./чол;} \quad (1.4)$$

де P_{pp} – чисельність основних і допоміжних ремонтних робітників;

$$\Phi O = \frac{630}{12} = 52,5 \text{ тис.грн./чол}$$

Таким чином доцільно на СТО провести вдосконалення виробничо-технічної бази з вирішенням таких питань: модернізувати або поліпшити вікову структуру устаткування, збільшити вагу ВТБ в загальній вартості ОВФ за рахунок введення в експлуатацію нового обладнання, підвищити рівень механізації процесів ТО і ПР, вдосконалити діючі засоби праці, оптимізувати терміни заміни оливи..

1.2 SWOT – аналіз діяльності СТОА

Виконаємо аналіз внутрішніх сильних і слабких сторін діяльності СТОА ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» за допомогою SWOT – аналізу.

Першим етапом проведення SWOT-аналізу є оцінка факторів внутрішнього середовища організації. Для цього використовують метод визначення профілю внутрішнього середовища. Для кожного фактора приводиться експертна оцінка його вагомості.

Сформувані конкретний перелік слабких і сильних сторін організації, а також загроз і можливостей дозволить проведений аналіз факторів внутрішнього й зовнішнього середовища та ранжування їх по рівню впливу на діяльність організації. Встановлення зв'язків між найбільш впливовими слабкими і сильними сторонами організації, загрозами і можливостями зовнішнього середовища - заключний етап процесу SWOT-аналізу.

Для початку будується базова матриця SWOT-аналізу (табл. 1.6). На основі даних таблиці 1.6 будуються стратегії розвитку СТО (табл. 1.7). Стратегії, які наведені в таблиці табл. 1.7, визначають взаємозв'язки сильних і слабких сторін

СТО із можливостями та загрозами ринку, на основі якої формуються найбільш доцільні стратегії розвитку СТО та розробляються заходи з мінімізації загроз СТО.

Таблиця 1.6 – Базова матриця SWOT – аналізу СТО ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович»

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
<p>S1. СТО зайняло свій сегмент послуг в м. Жмеринка, працює 16 років</p> <p>S2. СТО у "сусідніх" сегментах не конкурують між собою</p> <p>S3. Наявність лише в цього СТО послуг з обслуговування та встановлення ГБО, проведення технічного контролю АТЗ</p> <p>S4. Організація невеликої СТО не потребує значних капіталовкладень</p> <p>S5. Щоденне надходження готівки при незначних виробничих витратах дозволяє швидко повернути початкові витрати</p> <p>S6. Досвід роботи на ринку більше 16 років</p> <p>S7. Не високий рівень цін, сучасне спеціалізоване обладнання</p> <p>S8. Додаткове виконання шиноремонтних робіт, робіт з ремонту систем живлення і електрообладнання</p>	<p>W1. Завищений рівень цін на послуги</p> <p>W2. Відміна державного технічного контролю для приватних автомобілів</p> <p>W3. Недостатня кваліфікація, заробітна плата персоналу, переманювання кадрів</p> <p>W4. Слабкий маркетинг</p> <p>W5. Низька платоспроможність громадян, зростання вартості ГБО, необхідність періодичного обслуговування ГБО</p> <p>W6. Слабке уявлення про конкурентів</p> <p>W7. Відсутність реклами, сподівання на рекламу за рахунок клієнтів</p> <p>W8. Власники приватних автомобілів в гарантійний період обслуговують автомобілі на фірмових СТО, ГБО не встановлюють</p>
Можливості (O)	Загрози (T)
<p>O1. Зростання числа клієнтів в м. Жмеринка, обслуговування транзитних автомобілів, зростання рівня доходу населення</p> <p>O2. Зміна законодавства, суттєві штрафи за експлуатацію комерційних автомобілів без проходження державного технічного контролю</p> <p>O3. Вихід на нові сегменти ринку</p> <p>O4. Збільшення номенклатури послуг, що надаються</p> <p>O5. Відсутність конкурентів на ринку надання послуг з встановлення ГБО</p> <p>O6. Розширення виробничих потужностей</p> <p>O7. Підвищення рівня життя</p> <p>O8. Ріст цін на паливо спонукатиме власників встановлювати ГБО</p>	<p>T1. Війна, погіршення платоспроможності громадян, зростання вартості газу</p> <p>T2. Зростання вартості автомобілів та запасних частин до них</p> <p>T3. Незрозуміла політика уряду стосовно майбутнього державного технічного контролю</p> <p>T4. Низькі бар'єри виходу на ринок потенційних конкурентів, тобто можливість появи нових конкурентів</p> <p>T5. Несприятлива політика уряду стосовно суб'єктів підприємницької діяльності</p> <p>T6. Несприятливі економічні, демографічні зміни, відтік людей в великі міста</p> <p>T7. Стрибки курсів валют</p> <p>T8. Ріст цін на паливно-мастильні матеріали</p>

Таблиця 1.7 – Стратегії, розроблені на основі даних SWOT-аналізу

Стратегії типу SO	Стратегії типу WO
<p>SO1: S1 S2 S3 O1 O2 – За умови зростання рівня доходу населення, зростання штрафів зросте і число клієнтів СТО, цьому сприятимуть послуги зі встановлення ГБО, проведення державного технічного контролю, відсутність серйозних конкурентів</p> <p>SO2: S4 S5 S6 O3 O4 O6– Організація невеликого СТО не потребує значних капіталовкладень, а щоденне надходження готівки при незначних виробничих витратах дозволяє досить швидко повернути початкові витрати це дозволить вийти на нові сегменти ринку з збільшеною номенклатурою послуг.</p> <p>SO3: S7 S8 O5 O7 O8– Досвід роботи на ринку 25 років, не високий рівень цін та сучасне обладнання готові відреагувати на підвищення рівня життя, відновлення кредитування населення, тобто збільшення числа клієнтів</p>	<p>WO1: W2 W3 O1 O2 O3 – Зростання рівня доходу населення, зміна законодавства дозволить працювати на ринку та нарощувати власні темпи даному СТО навіть з персоналом недостатньої кваліфікації</p> <p>WO2: W4 W6 W7 O5 O6– Слабкий маркетинг, відсутність реклами компенсуються низькими цінами, відсутністю конкурентів на ринку надання послуг зі встановлення та обслуговування ГБО</p>
Стратегії типу ST	Стратегії типу WT
<p>ST1: S1 S2 T1 T2 – Достатній сегмент послуг, наявність послуг зі встановлення ГБО, проведення державного технічного контролю, слабка конкуренція збережуть існуючих клієнтів навіть при погіршенні платоспроможності громадян, зростанні вартості автомобілів та запасних частин до них</p> <p>ST2: S7 S8 T3 T6– Досвід роботи на ринку, відсутність робочих місць в м. Жмеринка знизять ризики відтоку кадрів та впливу несприятливих економічних змін</p>	<p>WT1: W1 W2 T2 – Вибір вірного курсу на конкурентний рівень цін, видача сертифікатів державного технічного контролю, встановлення та обслуговування ГБО, реклама, розширення спеціалізації СТО, дозволить працювати в період погіршення платоспроможності громадян, зростання вартості автомобілів та запасних частин до них</p>

1.3 Обґрунтування факторів, що впливають на періодичність зміни моторної оливи на станції технічного обслуговування

У зв'язку з вдосконаленням конструкції двигунів і підвищенням ефективності автомобільних перевезень, умови роботи оливи в сучасних двигунах стали більш жорсткими. Але, не дивлячись на це терміни зміни оливи безперервно збільшуються, завдяки поліпшенню їх якості. Передчасна зміна оливи економічно недоцільна, оскільки збільшується їх витрата на технічне обслуговування, простій автомобіля.

Необґрунтоване збільшення термінів служби оливи призводить до підвищеного зносу деталей двигуна і агрегатів автомобіля, що знижує надійність їх роботи.

Всі фактори, що впливають на старіння і періодичність зміни оливи в агрегатах автомобіля, можна розбити на чотири основні групи:

- умови роботи оливи в агрегаті - режим роботи двигуна, КПП головної передачі, температури деталей, що змазуються, витрата на чад, повнота згоряння палива, ступінь очищення повітря і т.п.;
- якість оливи - протикорозійні, в'язкісно-температурні, антиокислювальні, мийно-диспергуючі та інші експлуатаційні властивості;
- характеристика системи змащення - кількості оливи в агрегаті, ефективність роботи системи очищення оливи / масляні фільтри, центрифуги, принцип підключення їх в системі змащення - послідовне або паралельне /;
- зовнішніх умов - умов експлуатації, технічного стану двигуна / агрегату /, кваліфікації водія і т.д.

Старіння моторної оливи відбувається внаслідок забруднення його атмосферним пилом, продуктами зносу, газоподібними, рідкими і твердими частками, що утворюються в процесі згоряння палива, а також в результаті хімічних і фізико-хімічних змін вуглеводнів базової оливи і компонентів присадок, що вводяться в ці оливи.

Забруднення оливи відбувається в процесі його транспортування, зберігання і заправки. Кількість механічних домішок в маслі може складати 0,2 % .

Домішки, що потрапляють ззовні й утворюють у процесі експлуатації оливи, змінюють характер тертя, засмічують масляні фільтри і канали, збільшують температурний режим роботи двигуна, викликають їх підвищений знос.

Різко знижується надійність роботи двигуна при влученні в олію води. Так, при роботі двигунів на форсованому навантажувальному і температурному режимах, улучення води в олію збільшує до 5 разів імовірність задирів деталей ЦПП і в 1,4...1,6 рази підвищує знос вкладишів підшипників колінчатого вала.

В результаті старіння оливи змінюються його експлуатаційні якості. Знання характеру цих змін необхідне для встановлення термінів зміни оливи.

1.4 Моторні оливи і умови їх роботи в двигунах внутрішнього згорання

Основоположник гідродинамічної теорії змащення Н.П. Петров писав про те, що машинні частини змазують для того, щоб зменшити шкідливу роботу тертя. Дійсно, основним призначенням змащувальних матеріалів було і залишається зменшення тертя і зносу деталей, що труть. Проте в двигунах внутрішнього згорання роль оливи далеко не обмежується виконанням вказаних функцій.

Окрім утворення стійкої мастильної плівки, що змазує, що забезпечує нормальну роботу деталей двигуна в умовах рідинного тертя і запобігаючи їх зносу, змащувальні оливи повинні забезпечити наступне:

- ущільнення зазорів у сполучених деталях працюючого двигуна (і в першу чергу деталей циліндропоршневої групи);
- ефективне відведення тепла від деталей, що труть, і видалення із зон тертя продуктів зносу та інших сторонніх речовин;
- надійний захист робочих поверхонь деталей двигуна від корозійної дії продуктів окислення оливи і згорання палива;
- запобігання утворення всіх видів відкладень (нагар, лаки, зольні відкладення, шлами) на деталях двигуна при його роботі на різних режимах;
- захист двигуна від іржавіння при тривалих зупинках і короткостроковій консервації;
- надійний пуск двигуна при низьких температурах;
- усунення спінювання оливи на будь-яких режимах роботи двигуна;
- високу стабільність при окислюванні, механічному впливі й обводнюванні, тобто збереження своїх позитивних властивостей, як у різноманітних умовах застосування, так і при тривалому збереженні;
- мала витрата оливи при роботі двигуна;
- зниження обсягів і трудомісткості технічного обслуговування автомобіля.

Значення додаткових функцій оливи постійно росте, і в даний час вони деколи відтісняють основну функцію оливи змащування на друге місце. Це головним чином пояснюється особливостями умов роботи моторних оливи в сучасних

автомобільних двигунах, які у міру вдосконалення і розвитку останніх все більш і більш посилюються.

В результаті форсування автомобільних двигунів (підвищення літрової потужності при одночасному зниженні вагових показників) різко росте температурний і навантажувальний режим роботи їх деталей, Так, за останні 20 років питомі тиски в парах шатунний вкладиш-шийка колінчастого валу збільшилися практично в 2 рази, поршневе кільце-стінка циліндра - в 2-3 рази, а питомий тиск в парі кулачок-штовхач бензинових двигунів досягає 10000-13000 кгс/см², а в деяких моделях двигунів до 17000 кгс/см² при середніх значеннях 5000-7000 кгс/см². Температура верхньої кільцевої канавки поршня зросла в середньому на 50-70°C і досягає 270-280°C, а у ряді випадків і 300-310°C [8]

Температура вкладишів шатунних підшипників збільшилася майже на 30°C и доходить до 150-160°C [2]. Про характер типової зміни температури верхньої поршневої канавки при форсуванні дизельного двигуна за рахунок підвищення ступеня наддуву можна судити за даними табл. 1.8

Підвищенню теплової напруженості деталей значною мірою сприяє ряд конструктивних особливостей сучасних двигунів. Вживання замкнутих (що герметизуються) систем охолодження з використанням всесезонної рідини збільшує температуру поршня за інших рівних умов на 15-22°C в порівнянні із звичайною закритою системою охолодження. Крім того, ця система дозволяє працювати при температурі охолоджуючої рідини 110-115°C, ведучою до додаткового збільшення температури поршня.

Таблиця 1.8 - Вплив наддуву на температуру канавки верхнього поршневого кільця і прорив газів в картер

Показники	Досліди		
	1	2	3
Тиск наддуву, мм рт. ст.	0	254	508
Потужність, л.с.	100	143	182
Температура канавки верхнього поршневого кільця, град	202	236	241
Прорив газів в картер, л/г	364	728	1120

На збільшення теплової напруженості циліндропоршневої групи позначається використання на деяких моделях двигунів гільз з хромокремнистого чавуну, а також направляючих втулок клапанів і компресійних кілець, виготовлених з металокерамічних сплавів, теплопровідність яких в 1,5 рази менше ніж у чавунних, і ряд інших заходів. Следствием високої теплової і механічної напруженості двигунів з'явилося значне підвищення максимальних температур і навантажень в масляній плівці між зв'язаними деталями і температури оливи в картері. Зростанню температури оливи сприяють збільшення середнього діаметра циліндрів і середньої швидкості поршня, а також обмеження викиду шкідливих продуктів за рахунок збіднення суміші, зменшення кута випередження запалення, підвищення температури відкриття допалювання газів у випускній системі. Так, температура оливи в картері за останні 20 років підвищилася в середньому на 20-30° і доходить до 120-130°C, а в деяких випадках і до 150-160°C [3].

При збільшенні швидкості легкового автомобіля з 80 до 144 км/ч робочі температури оливи лінійно зростають з 110 до 130°C. При збільшенні навантаження за рахунок руху автомобіля з причепом температура оливи зростає в тому ж діапазоні швидкостей з 120 до 160°C [4].

Відомо, що швидкість окислення оливи приблизно подвоюється з підвищенням його робочих температур на кожні 10°C. Тому висока теплова напруженість форсованих двигунів різко посилює умови роботи моторних оливо, сприяючи спрацьовуванню присадок, збільшенню швидкості окислення і старіння. В сучасних двигунах це збільшується тим, що товщина масляної плівки, розділяючої деталі циліндропоршневої групи, у зв'язку з підвищенням якості їх обробки, зниженням величини зазорів і витрати оливи на чад, зменшується. Однак теплове і механічне навантаження масляної плівки, як було показано вище, а також її контакт з газами, що прориваються з камери згорання, різко збільшилися. Прорив картерних газів з підвищенням швидкості руху автомобіля (табл. 1.9) і чисел оборотів двигунів збільшується [5]. В результаті цього підвищується небезпека термічного і механічного руйнування масляної плівки, пов'язаного з інтенсифікацією загального процесу старіння оливи і порушенням нормальної роботи деталей за рахунок

можливого зносу останніх і збільшення ступеня їх забруднення продуктами окислювальної конденсації і полімеризації вуглеводнів оливи і палива, що проривається з камери в картер.

У разі використання в двигунах замкнутої системи вентиляції картера і роботи на збідненій суміші (для зниження токсичності випуску) окислення оливи посилюється за рахунок високого вмісту в картерних газах оксидів азоту [4].

Таблиця 1.9 - Кількість газів, що прориваються, залежно від швидкості руху легкових і вантажних автомобілів, л/хв

Тип автомобіля	Швидкість, км/г					
	40	50	60	70	80	90
Легковий	5	6,7	7,6-8,5	8,5-10	9,5-11	-
	5,5	6,5	8-10	10-11	11	12,5
	22	26-27	28-30	29-30	29,5	-
Вантажний	24-26	25-28	27-30	27-31	-	-
	-	44	47-49	51,5	-	-
	-	140-170	150-180	-	-	-

Можливість термічного руйнування масляної плівки, інтенсифікація окислювальних процесів і спрацьовування присадки з підвищенням температури є однією з причин забруднення деталей двигунів вуглецевими відкладеннями і порушення їх нормальної роботи. Процес старіння оливи і забруднення деталей посилюється із зменшенням питомих місткостей системи змащення і збільшенням кратності циркуляції оливи. Так, при випробуванні олів в дизельному 6-циліндровому двигуні Steyr WD =113 зменшення місткості системи змащення з 5,5 до 3,5 л викликало зростання нагароутворення на поршні в 4 рази (оцінка в балах) [6]. Підтвердженням цьому можуть служити дані наступних випробувань [7]. В двигун з картером об'ємом 2 л в першому досвіді заливали 0,5 л оливи і не міняли до

кінця випробувань, в другому заливали також 0,5 л, але міняли кожну годину; а в третьому досвіді заливали 2 л і не міняли до кінця. В першому випадку на поршні утворилося нагару в 10 разів більше, ніж в двох подальших, що пояснюється більш високою концентрацією в оливі продуктів забруднення, сприяючих нагароутворенню на поршні. Умови роботи оливи помітно посилюються із зменшенням витрати оливи на чад. Це негайно позначається на забрудненні деталей двигунів, чистота яких із значним зменшенням витрати оливи на чад також помітно погіршується.

Високі значення обертів автомобільних двигунів, вживання на них центрифуг для очищення оливи і використання масляних насосів підвищеної продуктивності (для забезпечення необхідної кратності циркуляції оливи) створюють умови, сприяючі значному розбризкуванню оливи і, отже, підвищеної аерації [8].

Спостережуване при цьому збільшення поверхні зіткнення оливи з повітрям, або, точніше, збільшення відношення вільної поверхні, до об'єму оливи сприяє прискоренню реакцій окислення і особливо в стадії, характерній для утворення великої кількості вторинних продуктів окислювальної полімеризації смол, асфальтонов, асфальтогенових кислот, естолідів і ін. Крім того, насичення оливи повітрям і утворення піни сприяють підвищенню зносу деталей двигуна.

Як вже наголошувалося вище, для автомобільних двигунів характерна робота і на знижених теплових режимах. В цьому випадку умови роботи оливи в двигуні можуть бути навіть більш жорсткими, ніж на високотемпературних режимах. Це пояснюється тим, що при роботі двигуна на знижених теплових режимах погіршується процес згоряння палива і збільшується попадання продуктів неповного згоряння палива (вуглисті частинки, водяні пари, важкі фракції палива, кислотні з'єднання і т.д.) в картер. Вказані продукти активно конденсуються на холодних деталях двигуна і потрапляють в масло. Цей процес протікає особливо інтенсивно при високому прориві картерних газів або при низькій ефективності системи вентиляції картера. В результаті посилюється окислення і забруднення оливи, а наявність води в оливі сприяє коагуляції забруднюючих домішок в крупні

конгломерати і випаданню їх в осад, який прийнято називати низькотемпературним шламом або низькотемпературними відкладеннями. В літературі [9] наводяться дані по складу вказаних відкладень, які можуть бути усереднені таким чином в %: вода - 8,0-40,0; олива і смоли - 40-70; паливо - 3-12; оксикислоти - 1,5-10; асфальтени - 0,1-1,5; вуглисті частинки - 2-10; зола - 4-20.

В даний час умови роботи оливи при знижених теплових режимах мають місце і в дизельних двигунах. В цьому випадку склад низькотемпературних відкладень відрізняється від приведенного вище в %: оливи смоли - 40-60, вода - 5-15, механічні домішки - 20-40 [11]. Для оливо з підвищеними диспергируючими властивостями при їх роботі в карбюраторному двигуні на низькотемпературному режимі наголошується утворення осаду - емульсії, до складу якої входить до 60-70% води. Якщо високотемпературний режим роботи двигуна найбільш небезпечний з погляду утворення нагару і лаків на деталях циліндропоршневої групи і пригорання поршневих кілець, то низькотемпературний режим призводить до різкого підвищення утворень шламу в двигуні. Низькотемпературні відкладення нагромаджуються на деталях і агрегатах двигуна, що мають відносно низькі робочі температури (кришка клапанної коробки, масляний картер, фільтри, сітки маслоприймачів і т.д.), порушуючи нормальну роботу останніх і сприяючи тим самим зниженню надійності двигунів [11]. В табл. 1.10 були приведені порівняльні результати оцінки оливи групи Б в автомобільному двигуні відповідно на високо- і низькотемпературному режимі [12]. Видно, що ступінь забруднення поршня на високотемпературному режимі в -3,5 рази вище, а кількість відкладень в центрифугі в 28 разів менше ніж на низькотемпературному.

З табл. 1.10 слідує, що найжорсткіші умови функціонування оливи створюються при періодичній роботі двигуна на високотемпературних (наприклад, рух по шосейних дорогах) і низькотемпературних (міська експлуатація) режимах, що і характерний для сучасних двигунів.

Тривалі стоянки автомобілів (зимове зберігання, доставка споживачам) і робота двигунів на низькотемпературних режимах в поєднанні з використанням примусової вентиляції картера з клапаном і системи рециркуляції відпрацьованих

газів також визначають жорсткість умов функціонування оливи за рахунок інтенсифікації корозійних процесів на деталях двигунів.

Таблиця 1.10 - Результати оцінки оливи на високо і низькотемпературних режимах

Режим випробувань	Ступінь забруднення поршня, бали	Кількість відкладень в роторі центрифуги, г
Високотемпературний	20	18
Низькотемпературний	5,7	506

Особливо це важливо для двигунів з гідравлічними штовхачами, що вимагають зведення до мінімуму відкладень в двигунах і особливо продуктів електрохімічної корозії [3].

Для сучасних моторних олив характерні вимоги по забезпеченню надійного пуску двигуна при негативних температурах. У зв'язку з цим оливи мають в своєму складі полімерні присадки, поліпшуючі їх в'язкісно-температурні характеристики. Проте висока механічна навантаженість сучасних двигунів (особливо двигунів, розміщених перпендикулярно осі автомобіля, в яких головна передача має загальну систему змащення з двигуном) різко міняє умови роботи в них моторних олив з полімерними присадками. В цьому випадку має місце можливість механічного руйнування загущаючих присадок, слідством чого є падіння в'язкості оливи, що міняє її експлуатаційні показники, викликає її підвищену витрату і порушення нормальної роботи двигуна [3].

Як ще один найважливіший параметр, визначальної умови роботи оливи в двигуні, можна назвати термін його служби до заміни. В літературі [13] повідомляється, що збільшення періодичності заміни оливи в карбюраторних двигунах (в 2-3 рази) викликало підвищення зносу гільз циліндрів на 10-60%, поршневих кілець - на 20-60 і вкладишів шатунних підшипників - на 25-100%. Найбільший знос був у двигунів, що працювали без заміни оливи. При цьому із збільшенням тривалості беззмінної роботи оливи забруднення деталей двигуна відбувається більш інтенсивно, чим зростає їх знос.

В табл. 1.11 показано зміну термоокислювальної стабільності олив, що працювали різний час в двигуні в стендових умовах. Із збільшенням терміну служби термоокислювальна стабільність олив різко падає (оцінка по приросту в'язкості).

Із збільшенням терміну служби оливи в двигуні дія присадок, поліпшуючих різні експлуатаційні властивості оливи, відбувається по-різному. Якщо в процесі роботи миючі, нейтралізуючі і ряд інших присадок стабілізуються на певному рівні, то антиокислювальні типу дитиофосфата цинку (ZDDP), виконуючі також роль і протизносних, швидко спрацьовують і доливом не заповнюються.

Умови роботи моторних олив різко міняються залежно від типу двигуна, вигляду і якості вживаного палива. Так, при рівних потужнісних показниках двигунів кількість забруднюючих домішок в дизельних двигунах унаслідок підвищеного забруднення оливи сажею в 2-5 разів більше, ніж в карбюраторних, і в 10-20 разів [14] більше, ніж в газових двигунах (табл. 1.12). З табл. 1.13 видно, що вміст сажі у відпрацьованих газах дизельних двигунів майже в 5 разів більше, ніж бензинових двигунів.

Таблиця 1.11 - Оцінка термоокислювальної стабільності різних олив

Час іспитів, г	Збільшення в'язкості оливи при 38 ³ %			
	свіжого	працюючого в двигуні з імітацією пробігу, км		
		2400	4800	7200
8	22	18	34	610
12	46	29	62	-
16	52	61	276	-
20	59	220	-	-
24	65	-	-	-
28	71	-	-	-
32	100	-	-	-
36	635	-	-	-

Швидкість забруднення оливи в значній мірі залежить від якості вживаного палива. При перекладі дизельного двигуна з легкого палива на важке кислотність

оливи і вміст в ньому асфальтенів збільшилися в 2 рази [14]. Помітно збільшується вміст в оліві забруднюючих домішок при вживанні палива з високим змістом неграничних вуглеводнів, отриманих термічним крекінгом, а також високосірчистих палив і етильованих бензинів.

Збільшення вмісту в бензині ароматичних вуглеводнів з 36 до 63% підвищує інтенсивність шламоутворення в центрифугі двигуна в 1,3 рази. Помітно збільшилася кількість відкладень в двигуні при використуванні бензину з підвищеним вмістом смол.

Наголошується збільшення кількості органічних забруднюючих домішок в маслі при роботі двигуна на низькотемпературному режимі, що обумовлене не підвищеним окисленням при цьому оливи, а відносно великим проривом газів з продуктами неповного згоряння палива в картер через підвищені зазори між поршнем і циліндром і деякого погіршення процесу згоряння через його більшої "растягуваності". На низькотемпературному режимі в оліві, як правило, присутня вода, внаслідок чого забруднюючі домішки коагулюються і знаходяться в більш великодисперсному стані і легше визначаються існуючими лабораторними методами.

При подачі випускних газів в картер (в кількості, приблизно рівному газам, що прориваються з камери згоряння) кількість органічних домішок в двигуні, що працює на низькотемпературному режимі, збільшилася в 3 рази.

Ступінь забруднення оливи залежить від досконалості робочого процесу двигуна.

Таблиця 1.12 - Середня швидкість забруднення оливи

Тип двигуна	Середня швидкість забруд.	
	мг/л.с.-г	мг/л.с.-км
Дизельні 4-тактні: автомобільні тракторні	45	1,5
	50	-
	70	2,3
Бензинові: легкових автомобілів /вантажних автомобілів	15/20	0,3/0,7
Газові	4	0,14

Таблиця 1.13 - Склад випускних газів дизельного і карбюраторного двигунів

Продукти пуску	Двигуни	
	дизельний	бензиновий
Окисел вуглецю %	<0,2	до 6,0
Двоокис вуглецю %	12	10
Вуглеводні %	<0, 01	до 0,05
Альдегіди %	0,002	0,03
Оксиди азоту % ...	0,25	0,5
Двоокис сірки %	0,03	0,008
Сажа, г/м ³	0,25	0,05

1.5 Висновки до розділу та постановка завдань досліджень

Таким чином, паливо і процес його згоряння головним чином визначають кількістю органічних домішок в оливі і відкладень на деталях двигуна. Мастило з присадками робить в основному вплив не на кількість, а на агрегатний стан органічних домішок і можливість виділення їх на деталях. За рахунок миюче-диспергируючих властивостей олива переводить домішки в особливо високодисперсний стан [15] аж до розчинення (ефект солубілізації) і не дає можливості відкладатися на деталях.

Тому єдиним шляхом для надійного визначення експлуатаційних властивостей оливи є проведення досліджень і випробувань в такій послідовності: лабораторні дослідження, стендові випробування, експлуатаційні випробування і дослідна експлуатація великої кількості автомобілів.

Враховуючи вищенаведену інформацію, в магістерській кваліфікаційній роботі потрібно вирішити такі завдання:

- проаналізувати вимоги до експлуатаційних властивостей сучасних моторних оливи;
- запропонувати математичні моделі для визначення терміну зміни моторної оливи;
- навести результати випробувань і досліджень з визначення фактичного терміну заміни моторних оливи.

РОЗДІЛ 2

ВИМОГИ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ

2.1 Класифікація моторних олив

Моторні оливи діляться на ряд груп залежно від особливостей конструкції і специфіки експлуатації двигунів, для змазування яких вони призначаються. Так, наприклад, для забезпечення надійної роботи дизелів застосовуються різні моторні оливи залежно від конструкції і особливостей функціонування дизелів на автомобілях, тракторах, тепловозах, судах і інших машинах і транспортних засобах.

На практиці широке розповсюдження отримали універсальні оливи, що використовуються для змазування як карбюраторних двигунів, так і дизелів.

Окрім розподілу залежно від конструкції двигуна, особливостей його робочого процесу і специфіки експлуатації моторні оливи підрозділяються на групи, що конкретизують умови їх вживання. Так, наприклад, з урахуванням температури навколишнього повітря і кліматичних умов вони діляться на сезонні (зимові, літні) і всесезонні. Окрему групу складають північні, або арктичні, оливи. По своєму функціональному призначенню моторні оливи діляться на робочі, консерваційні, консерваційно-робочі і робочо-консерваційні. До робочих відносяться моторні оливи, які використовуються при експлуатації перерахованих двигунів. До консерваційних відносяться оливи, вживані при тривалому зберіганні двигунів в неробочому стані. Робочі-консерваційні оливи призначаються як для тривалого зберігання, так і для роботи останніх. При цьому вони забезпечують не меншу надійність двигуна при експлуатації, ніж на звичайних робочих оливах. Консерваційно-робочі оливи застосовуються переважно для забезпечення тривалого зберігання і для короткочасної роботи двигуна, знятого із зберігання. Тривала експлуатація двигунів на таких оливах не рекомендується.

Для полегшення підбору моторних олів вони класифікуються по в'язкості і по рівню експлуатаційних властивостей.

Існують класифікації моторних олів по в'язкості, прийняті в СРСР, в США, країнах Західної Європи (SAE), а також Європейська класифікація експлуатаційних властивостей ACEA [21].

Вітчизняна класифікація у відповідності з ГОСТ17479-1.85 підрозділяє моторні оливи на 21 клас в'язкості (табл. 2.1). Для кожного класу було передбачено експериментальне визначення кінематичної в'язкості при 100⁰С.

Таблиця 2.1 - Класифікація моторних олів за в'язкістю

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість, мм ² /с, при температурі	
	100 ⁰ С	не більше -18
3 ₃	Не менш 3,8	1250
4 ₃	Не менш 4,1	2600
5 ₃	Не менш 5,6	6000
6 ₃	Не менш 5,6	10400
6	5,6...7,0	-
8	7,0...9,5	-
10	9,5...11,5	-
12	11,5...13,0	-
14	13,0...15,0	-
16	15,0...18,0	-
20	18,0...23,0	-
3 ₃ /8 ¹	7,0...9,5	1250
4 ₃ /6	5,6...7,0	2600
4 ₃ /8	7,0...9,5	2600
4 ₃ /10	9,5...11,5	2600
5 ₃ /10	9,5...11,5	6000
5 ₃ /12	11,5...13,0	6000
5 ₃ /14	13,0...15,0	6000
6 ₃ /10	9,5...11,5	10400
6 ₃ /14	13,0...15,0	10400
6 ₃ /16	15,0...18,0	10400

Відповідно до класифікації SAE (SAE U300 SPR 84) оливи підрозділяють на 10 класів в'язкості: шести зимових (0W-25W) і чотири літніх (20-50) сортів (табл.2.2, табл. 2.3).

Таблиця 2.2 - Класифікація моторних олив по в'язкості згідно SAE (1999 р.)

Клас в'язкості	В'язкість, мПа·с (в чисельнику) при максимальній температурі, °С (в знаменнику)	Гранична температура прокачуваності, °С	Стабільна температура застигання, °С, не більше	Кінематична в'язкість, мм ² /с, при 100°С	
				не менше	не більше
0W	3250/-30	-35	-	3,8	-
5W	3500/-30	-30	-35	3,8	-
10W	3500/-20	-25	-30	4,1	-
15W	3500/-15	-20	-	5,6	-
20W	4500/-10	-15	-	5,6	-
25W	6000/-5	-10	-	9,3	-
20	-	-	-	5,6	9,3
30	-	-	-	9,3	12,5
40	-	-	-	12,5	16,3
50	-	-	-	16,3	21,9

Таблиця 2.3 - Можливий температурний діапазон вживання олив різних в'язкісних класів

Температура зовнішнього повітря, °С									
-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
			5W-30						
		5W-40							
		10W-40							
		15W-40,50							
			20W-40,					50	
		10W							
		20W-20							
					30				
						40			

Приблизна відповідність класів в'язкості олив різних класифікацій була представлена в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Відповідність класів в'язкості моторних оливо

ГОСТ	SAE	ГОСТ	SAE	ГОСТ	SAE
3з	5W	12	30	4з/10	10W-30
4з	10W	14	40	5з/10	15W-30
5з	15W	16	40	5з/12	15W-30
6з	20W	20	50	6з/10	20W-30
6	20	3з/8	5W-20	6з/12	20W-30
8	20	4з/6	10W-20	6з/14	20W-40
10	30	4з/8	10W-20	6з/16	20W-40

Разом з розподілом моторних оливо по в'язкості існує також їх розподіл по рівню експлуатаційних властивостей. Наприклад, по ГОСТ17479.-1.85 моторні оливи діляться на шість груп, три з яких у свою чергу підрозділяються на дві підгрупи. В одній з підгруп регламентуються вимоги до оливо для карбюраторних (бензинових) двигунів, в іншій - для дизелів (табл.2.5). Вказана класифікація не розповсюджується на моторні оливи для авіаційних поршневих двигунів.

В США і країнах Західної Європи широко використовується класифікація моторних оливо по API. Вона передбачає розподіл моторних оливо на дві категорії:

S - для карбюраторних двигунів,

C - для дизелів.

Маркірування складається з першої букви, що позначає категорію оливи, і другої, що позначає уривень експлуатаційних властивостей (чим ближче до початку латинського алфавіту друга буква, тим меншим вимогам відповідають ця олива і навпаки).

Наприклад:

API SJ, SL, SM - для бензинових двигунів;

API CD, CE, CF - для дизелів.

Універсальні оливи, які підходять і для бензинових так і для дизелів мають таке позначення API SJ/CF.

Таблиця 2.5 - Класифікація моторний олів за експлуатаційними властивостями

Група	Підгрупа	Область вживання, що рекомендується
А	-	Нефорсовані бензинові двигуни і дизелі
Б	Б ₁	Малофорсовані бензинові двигуни, що працюють в умовах, сприяючих утворенню високотемпературних відкладень і корозії підшипників
	Б ₂	Малофорсовані дизелі
В	В ₁	Середньофорсовані бензинові двигуни, що працюють в умовах, сприяючих окисленню оливи і утворенню всіх видів відкладень
	В ₂	Середньофорсовані дизелі, пред'являючі підвищені вимоги до антикорозійних, протизношувальних властивостей олів і схильність до утворення високотемпературних відкладень
Г	Г ₁	Високофорсовані бензинові двигуни, що працюють у важких експлуатаційних умовах, сприяючих окисленню оливи, утворенню всіх видів відкладень і корозії
	Г ₂	Високофорсовані дизелі без наддуву або з помірним наддувом, працюючих в експлуатаційних умовах, сприяючих утворенню високотемпературних відкладень
Д		Високофорсовані дизелі з наддувом, що працюють у важких експлуатаційних умовах або в умовах, коли вживане паливо вимагає використання олів з високою нейтралізуючою здатністю, антикорозійними і протизносними властивостями, малою схильністю до утворення всіх видів відкладень
Е		Лубрикаторні системи змащування циліндрів дизелів, що працюють в паливі з високим змістом сірки

Примітка. Тут і далі напруженість роботи двигуна характеризується потужністю, частотою обертання колінчастого валу, витратою палива, температурою і т.д., а експлуатаційні умови - вміст сірки в паливі, терміном зміни і т.п.

Енергозберігаючі оливи позначаються аббревіатурою ЕС (Energy Conserving), що стоїть після позначення класу API.

Наприклад, API SJ/CF-4 ЕС. Енергозберігаючі оливи різних класів в'язкості повинні забезпечувати економію палива не менш 0,5-1,4%.

Класи дизельних олів підділяються додатково для двотактних і чотиритактних дизелів. Перші додатково мають у позначенні цифру II чи 2 (CDII, CF-2), другі-4 (CH-4).

Європейська класифікація експлуатаційних властивостей ACEA, пред'являючи більш жорсткі, чіт API, вимоги до олів містять 12 класів і розділяє оливу по трьох категоріях:

А - для бензинових двигунів легкових автомобілів (А1-01, А2-98, А3-98 і А5-01);

В - для дизелів легкових автомобілів (В1-98, 82-98 В4-98 і В5);

Е - для дизелів вантажних автомобілів (Е4-98, Е5-99, Е6, Е7);

Останні дві цифри указують рік останнього підтвердження класу.

З урахуванням діючих класифікацій на моторні оливи здійснюється і їх маркіровка (позначення). Для моторних оливи, що випускаються по ГОСТ17479.-1.85, вона складається з поєднань певних знаків. Перший їх їх позначається буквою «М» (моторне) і не залежить від складу і властивостей оливи. Другий знак виражається цифрою (або групою цифр) і характеризує клас в'язкості; третій - буквою, що регламентує рівень експлуатаційних властивостей (М-8-В1; М-10-Г2; М-63/10-В). Після вказаних знаків допускається уточнюючі позначення.

В США і країнах Західної Європи маркування моторних оливи здійснюється відповідно до класифікації SAE (SAE 10W; SAE 40; SAE10W/30). Дробова маркування вказує на те, що при негативних температурах даний сорт оливи відповідає вимогам, що пред'являються до зимового оливи класу 10W, а при позитивних - до оливи класу 30.

В цілому класифікація моторних оливи полегшує їх підбір з урахуванням особливостей конструкції двигуна і специфічних умов його експлуатації.

2.2 Вплив якості оливи на надійність і економічність роботи автомобільних двигунів

Виконання оливами таких різноманітних функцій у виключно напружених умовах, що мають місце в сучасних форсованих двигунах може бути забезпечено тільки за наявності у них високих експлуатаційних властивостей. Отримання таких оливи можливо при використуванні базових оливи необхідної глибини очищення і введення в них спеціальних «легуєчих присадок», хімічна природа яких дозволяє додати або різко поліпшити різні експлуатаційні властивості моторних оливи.

Механізм дії і ефективність різних присадок широко освітлені у вітчизняній і іноземній літературі, у зв'язку з чим ми обмежимося лише переліком основних видів присадок, що використовуються при виробництві моторних оливо для автомобільних двигунів. До них відносяться:

- загущаючі, що підвищують індекс в'язкості оливо;
- депресори, що знижують температуру застигання;
- антиокислювальні і нейтралізуючі, зменшуючі утворення кислих і смоловидних продуктів окислення оливи;
- антикорозійні, захищаючі кольорові метали підшипників від корозійного зносу;
- миючі і диспергуючі, перешкоджаючі утворенню різних видів відкладень на деталях двигуна і підтримуючі забруднюючі домішки в оливі, в зваженому стані;
- протизношувальні і протизадирні;
- антипінні;
- проти іржі, що запобігають іржавінню чорних металів.

Використовуючи різноманітні поєднання вищеперелічених присадок, можна отримати оливи для двигунів різних типів і ступенів форсування [16], а також певних умов їх експлуатації.

Рівень експлуатаційних властивостей моторних оливо строго залежить від асортименту, кількості і якості присадок, що вводяться. Тому будь-який відступ від перерахованих умов веде до зниження якості оливи, слідством чого є зниження надійності і економічності роботи автомобільних двигунів.

Наприклад, причиною інтенсивного старіння моторного оливи при роботі сучасних форсованих двигунів може служити не тільки підвищена теплова напруженість останніх і збільшений прорив в картер газів, але і недостатня антиокислювальна здатність оливи. Антиокислювальні присадки, або інгібітори, оберігають молекули оливи від реакції з киснем. Вважається, що реакції мають ланцюговий характер. Інгібітор дезактивує вільних радикалів або обриває реакційні ланцюги.

Результатом окислення оливи і забруднення його продуктами неповного згоряє палива є: підвищення в'язкості оливи, утворення вуглецевих відкладень (нагару, лаків і шламів) на деталях двигуна, а також утворення органічних кислот, які можуть викликати корозію металу підшипників і їх руйнування.

При експлуатації автомобілів на режимах великої швидкості і великих навантажень, при підвищеній температурі навколишнього повітря наголошуються випадки збільшення в'язкості оливи настільки, що припиняється його подача насосом, унаслідок чого відбувається руйнування підшипників. Так, в'язкість масливи SAE10W/30 (свіжіше 68 сСт при 38°C) після пробігу автомобіля 7,8 тис. км з високими швидкостями підвищилася до 26 736 сСт, при цьому кислотне число збільшилося до 17,2, сумарний зміст домішок склав 19,7% і зміст смол 19,3% [9]

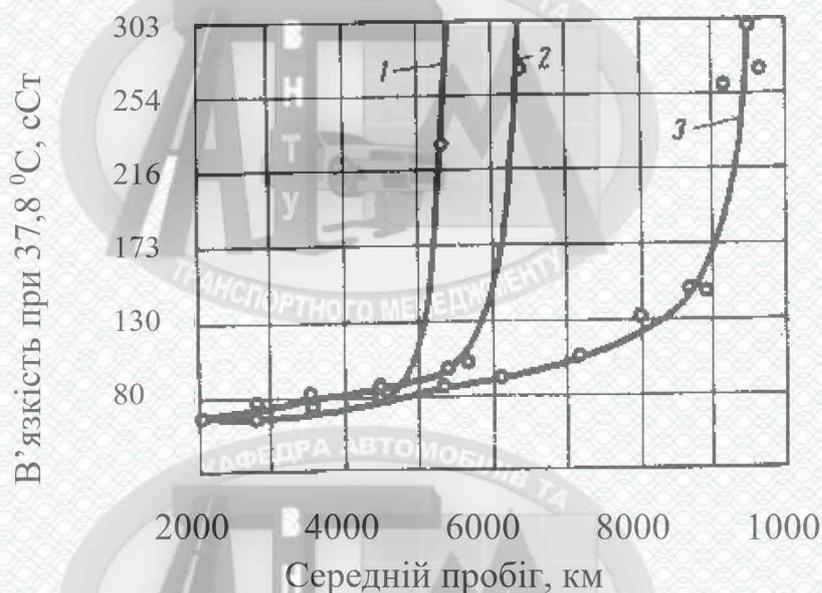
Відомо [17], що з підвищенням в'язкості оливи у край скрутним стає пуск холодного двигуна, а накопичення кислих продуктів усилує корозійну агресивність оливи.

На рис. 2.1 була показана можливість поліпшення антиокислювальних властивостей оливи (оцінка по наростанню в'язкості) за рахунок підвищення вмісту в ньому присадки - інгібітору окислення [17]. Зниження темпу зростання в'язкості, окрім підвищення антиокислювальної здатності олив, може бути досягнутий за рахунок підвищення диспергуючих властивостей олив [17].

Як вже указувалося, старіння оливи може з'явитися причиною інтенсивного забруднення деталей двигуна вуглецевими відкладеннями, що порушують нормальну роботу і що викликають передчасний вихід його з ладу. Накопичення продуктів окислювальної конденсації і полімеризації вуглеводнів оливи і палива в канавках поршня знижує рухливість поршневих кілець і може привести до їх повного залягання і закоксування. Це спричиняє за собою збільшення витрати оливи і прориву картерних газів, викликає падіння потужності, місцевий перегрів і підвищений знос і задири деталей (особливо циліндро-поршневої групи).

Слідством старіння олив може бути ще ряд явищ, кожне з яких робить певний негативний вплив на надійність і економічність роботи двигуна (відкладення лаку на деталях механізму газорозподілу, підвищене забруднення

фільтрів, забивання отворів мастилоз'ємних кілець, блокування дренажних отворів в поршні і т.д.).



1 - 1,0% інгібітори окислення; 2 - 1,25% інгібітори окислення;
3 - 2,0% інгібітори окислення

Рисунок 2.1 - Вплив концентрації інгібітора окислення на підвищення в'язкості оливи SAE10W/30 (mund. MS) при буксируванні автомобілем причепа із швидкістю 112 км/год

Для усунення вказаних явищ і забезпечення необхідної роботи деталей сучасних двигунів моторні оливи разом з високою антиокислювальною здатністю повинні володіти ефективними мийно-диспергуючими властивостями. Під мийним ефектом, як правило, розуміють здатність оливи перешкоджати "прилипанню" (виділенню) механічних домішок, що нагромаджуються в ньому, до поверхні деталей двигуна. Диспергируюча здатність оливи перешкоджає "злипанням" забруднюючих домішок, тобто утримує їх в стані стійкої суспензії. Є ряд теорій, що пояснюють механізм дії мийно-диспергуючих речовин. Наприклад, вважають, що полярні з'єднання дисперсантів адсорбуються на забруднюючих частинках, а їх довгі органічні молекули перешкоджають агломерації домішок. Згідно іншої теорії

диспергуючі присадки створюють електричний заряд на частинках домішок. Взаємовідштовхування заряджених частинок перешкоджає їх агломерації. В даний час популярна "солубілізаційна теорія" диспергуючою дії присадок. Міцелли присадок поглинають (солубілізують) нерозчинні в оливі речовини, переводячи їх в колоїдний розчин.

Від якості оливи і в першу чергу від ефективності їх мийно-диспергуючих властивостей залежить кількість низькотемпературних відкладень в двигуні. Як вже указувалося, при роботі на оливах з низькою здатністю протистояти осадкоутворюванню наголошується інтенсивне накопичення низькотемпературних відкладень в картері двигуна, на сітці мастилоприймача, фільтрах в каналах системи змащення, кришці клапанної коробки і інших деталях двигуна. Відкладаючись в агрегатах мастилоочистки, відкладення різко погіршують очищення оливи і при забиванні фільтрів можливий перепуск неочищеної оливи в головну магістраль. Вказане явище є причиною підвищеного зносу деталей двигуна і в першу чергу вкладишів підшипників і шийок колінчастого валу, а також гільзи циліндра і поршневих кілець. Крім того, скорочується термін служби фільтруючих елементів, а при відцентровому очищенні оливи необхідне більш часте розбирання центрифуги для видалення відкладень [24], слідством чого є підвищення витрат на технічне обслуговування автомобілів.

Наявність відкладень в каналах системи змащення, на сітці маслоприймача і порожнинах двигуна порушує нормальне підведення оливи до деталей двигуна, що тругь, що може привести до подальшого виходу його з ладу [18].

Мають місце при роботі у двигуна на низькотемпературному режимі водооливопаливні емульсії руйнівню діють на прокладки, ущільнюючі і сальникові матеріали і лакофарбні покриття. В результаті відбувається їх розбухання, відшаровування від прикладених поверхонь і втрата ними робочих характеристик. Після зимової експлуатації в умовах Москви був обстежений ряд карбюраторних двигунів автомобілів різних марок. Для обстеження були вибрані АТП, в яких більшість автомобілів експлуатується на «короткому плечі», з частими пусками і

зупинками, з тривалою роботою але холостому ходу і періодичним виходом на високотемпературний режим (збиральні машини, таксі, самоскиди і т.д.).

В результаті обстеження встановлено, що значна кількість оглянутих автомобілів сильно забруднені низькотемпературними відкладеннями [23], унаслідок чого повсюдно було відзначено зниження надійності і довговічності роботи фільтруючої апаратури. Аналогічне положення було відзначено також при роботі двигунів, встановлюваних на самоскидах, які через специфічність умов експлуатації часто працюють на низькотемпературному режимі.

Зниження низькотемпературних відкладень в двигуні можливо за рахунок введення в оливи необхідного асортименту високоефективних антиокислювальних і моюще-диспергуючих присадок в строго збалансованих кількостях.

У ряді випадків одностороннє поліпшення певних властивостей оливо може викликати погіршення його інших показників. Введення в оливу композиції присадок, яка включає барієву алкилфенольну і кальцеву сульфонатну, значно підвищило диспергуючу здатність оливи. Кількість відкладень в роторі центрифуги двигуна, що працює на низькотемпературному режимі, при цьому зменшилася майже в 5 разів в порівнянні з оливою, що містить тільки барієву алкилфенольну присадку. Проте ступінь забруднення поршня на цьому режимі зріс в 1,4 рази, що, мабуть, пояснюється великим вмістом в оливі забруднюючих домішок, що знаходяться в дрібнодисперсному стані, але здатних виділятися на поршні через недостатнє поліпшення власне миючих властивостей.

Перешкоджаючи коагуляції забруднюючих домішок в крупні конгломерати, диспергуючі присадки різко покращують роботу фільтруючих елементів.

Використовування високоякісних оливо - необхідна умова для зниження корозійного зносу деталей двигунів. Інтенсивність окислення оливи і забруднення його продуктами згоряє палива веде до помітного збільшення вмісту в ньому кислотоутримуючих з'єднань. При роботі двигуна на знижених теплових режимах кислі продукти сприяють виникненню і протіканню електрохімічної корозії. Особливо різко прояв цього виду корозії наголошується при роботі двигунів на знижених теплових режимах і використуванні палива з високим змістом сірки.

Зниження корозії досягається за рахунок введення в оливи антиокислювальних і нейтралізуючих присадок, що інгібують масло від окислення або нейтралізуючих агресивні кислоти.

Накопичення в оливі агресивних продуктів викликає також корозію підшипників. Для забезпечення їх надійної роботи в оливи вводять присадки, що інгібують корозію підшипників за рахунок створення на їх поверхні захисних плівок. Вони захищають металеву поверхню від реакції з киснем або продуктами окислення оливи, в результаті дії яких утворюються солі металу, розчинні в оливі.

До останнім часом підвищення розглянутих експлуатаційних властивостей олив досягалося головним чином шляхом збільшення вмісту в них металовмісних присадок. В результаті зольність олив для автомобільних двигунів зросла до 1,5-2% (більше значення для дизельних двигунів). Підвищена зольність оливи у принципі сприяє збільшенню зольних відкладень в камері згоряння, погіршує роботу свічок, підвищує схильність до гартівного запалення, прогару поршнів, зносу робочої фаски і сідла клапана, а також деталей цилінропоршневої групи.

Усунення неполадок, пов'язаних з роботою двигуна на високозольних оливах, досягається введенням в них беззольних присадок, що забезпечують величину зольності олив на рівні 0,6-0,8% для карбюраторних і 1,0-1,3% для дизельних двигунів.

Досвід показує, що незбалансоване збільшення в оливах присадок, що забезпечують чистоту двигуна (головним чином антиокислювальних і мийно-диспергуючих), після певного моменту підвищує знос і задири його деталей, що труть. Це явище найбільш виразно починає виявлятися в даний час, коли підвищення теплової напруженості двигунів вимагає збільшення концентрації миючих присадок в оливах, а високий питомий тиск в зв'язаних парах двигуна сприяє інтенсифікації зносу деталей. Спостереження за роботою двигунів в експлуатації і стендових випробуваннях на заводах підтверджує тенденцію до підвищення зносу деталей цилінропоршневої групи з поліпшенням миючих властивостей олив. Це може бути пояснено пониженням твердості металу під впливом адсорбції поверхнево-активних речовин на його поверхні.

При малих навантаженнях в зв'язаних парах тертя, що характерне для двигунів старих моделей, і невеликих концентраціях поверхнево-активних речовин (миючих присадок) наявність останніх грає позитивну роль, покращуючи дію, що змащує за рахунок утворення адсорбційних шарів на поверхнях розділу пар, що труть.

З підвищенням теплових і механічних навантажень на масляну плівку відбувається десорбція молекул поверхнево-активних речовин з поверхонь тертя, а додаток значних зовнішніх сил посилює вплив адсорбції молекул в зачаткових тріщинах поверхневих нерівностей і сприяє розкриттю цих тріщин, розпушуванню структури металу і зняттю поверхневих шарів [19].

Тому високоякісні моторні оливи для форсованих двигунів містять також ефективні присадки, різко поліпшуючі їх протизношувальні і протизадирні властивості за рахунок реакції з металом, ведучих до утворення на поверхнях з'єднань, що оберігають їх від зносу, що труть, схоплювання і задиру.

Шляхом введення в масло спеціальних антипінних присадок (силікони, органічні полімери) досягається різке зниження кількості піни, що утворюється в роботі двигуна. Це забезпечує помітне зниження зносу деталей кривошипно-шатунного механізму і цилінропоршневої групи.

Надійний і швидкий пуск двигуна є одним з факторів, визначаючий його надійність і довговічність. У свою чергу ефективність пуску двигуна знаходиться в прямій залежності від якості вживаної оливи, що характеризується в першу чергу значенням його індексу в'язкості.

Величина деструкції загущаючих полімерних присадок знижується з підвищенням їх механічної стабільності [20]. Від якості оливи і в першу чергу від його фракційного складу в значній мірі залежить витрата оливи на чад. Цей показник характеризується головним чином температурою спалаху оливи. Наприклад, для оливи однієї групи в'язкості (10сСт при 100⁰С) зниження температури спалаху з 250 до 218⁰С викликало збільшення витрати моторної оливи на чад на 15%.

Приведені дані наочно свідчать про те, що надійність і довговічність двигуна значною мірою залежать від ефективності різних експлуатаційних властивостей моторних оливо. В сукупності вони повинні забезпечити чистоту деталей двигуна, зниження їх зносу, надійний і швидкий пуск, мала витрата оливи в експлуатації і підвищення економічності роботи двигуна. При цьому конструкція двигуна і якість вживаного оливи взаємозв'язані. Олива по суті є одним з основних елементів конструкції двигуна, від якого залежить його працездатність, надійність і довговічність.

Очевидно, що на практиці необхідно мати чітке уявлення по всьому спектру робочих характеристик оливо. Тому з цієї точки зору вельми актуальним є питання швидкої і достовірної оцінки експлуатаційних властивостей оливо.

2.3 Оцінка експлуатаційних властивостей оливо

Показники якості оливи, числові значення яких приводяться у відповідних ДСТ, характеризують в деякій мірі якість сировини, технологічний процес отримання оливи, наявність присадок і інші початкові чинники, але не відображають в належній мірі експлуатаційних властивостей оливи. Деяку визначеність в цьому значенні має тільки характеристика в'язкосних властивостей оливи, яка в останніх стандартах стала значно більш конкретною у зв'язку з тим, що було введено нормування індексу в'язкості. Величини індексу в'язкості і температур застигання дають деякі підстави до того, щоб судити про властивості оливи при низьких температурах і її прокачуваності. Проте в'язкість оливи не є достатньою характеристикою, наприклад, його протизношувальних властивостей. Пара тертя в двигуні, що зношується, кільце-гільза працює в основному в умовах граничного змащення. Стандартних і, головне, надійних методів оцінки змащувальних властивостей оливи в умовах граничного тертя, як відомо, не існує.

Кислотне число оливи — це узагальнений показник, що не розкриває особливості структури і будови кислот, що входять в склад, оливи. Різні ж кислоти по-різному діють на кольорові сплави і чорні метали.

Термоокислювальна стабільність оливи не характеризується його коксованою, визначуваною по стандартному методу, оскільки процес отримання коксівного залишку з навішування оливи при лабораторному визначенні значно відрізняється від процесу, який відбувається в двигуні.

Оцінка експлуатаційних властивостей оливи по його стандартних показниках в ще більшому ступені утруднена у зв'язку з широким вживанням присадок. Введення металутримуючої присадки в масло підвищує його коксовану і зольність, як правило, повідомляє йому лужну реакцію.

При випробуваннях олив в двигунах оцінка результатів по зміні стандартних показників може проводитися тільки побічно і не по всіх показниках. Наприклад, зниження в'язкості оливи характеризує його розрідження паливом, підвищення в'язкості є показником осмолення оливи, появи в ньому значної кількості продуктів окислення і окислювальної полімеризації. По зміні зольності оливи з присадкою можна судити, по-перше, про кінетику процесу зпрацювання присадки і, по-друге, про накопичення в оливі механічних домішок неорганічного походження (продуктів зносу, кремнієвих частинок). Диференціювати ці впливи можна тільки кількісним хімічним аналізом, результати якого також можна тлумачити по-різному: так, визначення кількості металу присадки в працюючому оливі не завжди дає уявлення про ступінь втрати ефективності присадки. Недостатньо доказово в цьому відношенні і визначення кислотних або основних властивостей оливи. Необхідно враховувати, що на зміну кислотного числа оливи в процесі його вживання в двигуні впливає не тільки нейтралізація лужної присадки, але і окислення самої оливи. Диференціювати ці впливи також дуже складно.

Накопичення в оливі механічних домішок різного складу, структури і ступені дисперсності є складним процесом, перебіг якого визначається зношуванням деталей двигуна, забрудненням оливи дорожнім пилом і продуктами зносу, спрацюванням присадки, роботою фільтрів або центрифуги на двигуні, процесами старіння оливи, кінетика яких є функція багатьох факторів. Принципово невірно призначати які-небудь граничні концентрації механічних

домішок в оливі, не диференціюючи їх за походженням. Відомо, наприклад, що механічні домішки органічного походження покращують протизносні властивості оливи. Не можна також по сумарному змісту механічних домішок судити про можливість утворення відкладень в двигуні. При хорошій миючій присадці в оливі може бути багато механічних домішок органічного походження, а деталі залишаються чистими.

Пригоранню кілець сприяє наявність великих кількостей окисикислот і асфальтенів в оливі, які при слабкій диспергируючій дії присадки можуть адсорбуватися на механічних домішках. Карбени і карбоїди не сприяють пригоранню кілець.

Таким чином, сумарний зміст домішок не характеризує стан оливи в процесі його вживання.

Для оливок без присадок і оливок, в яких присадки в значній мірі втратили ефективність, критерієм протизносних властивостей є протизносний коефіцієнт α , він є співвідношенням кількості механічних домішок органічного і неорганічного походження.

Відзначимо, що методика визначення механічних домішок в змащувальних оливах (ГОСТ6370—59) взагалі не застосовна до працюючих оливок, що містять присадки. У зв'язку з диспергуючою дією миючої присадки механічні домішки у великій кількості проходять через паперовий фільтр і вагу осаду виявляється заниженим. Тому механічні домішки краще визначати, застосовуючи відцентрове осадження в лабораторній центрифугі.

Таким чином, приведені в паспортах на змащувальні оливи показники якості характеризують тільки приналежність оливок до того або іншого сорту, а для оцінки їх термічних, миючих, протикорозійних і протизношувальних властивостей необхідне вживання інших методів, заснованих на моделюванні процесів, що відбуваються при роботі оливи в двигуні. В даний час ці методи отримали значний розвиток, і відповідні показники частково були включені в стандарт на оливи.

Методи оцінки експлуатаційних властивостей оливи можна класифікувати на безмоторні, або методи непрямой оцінки, і моторні (методи прямої оцінки).

Єдиним шляхом для всебічного і надійного визначення експлуатаційних властивостей оливи є проведення досліджень і випробувань в такій послідовності: лабораторні дослідження, лабораторні випробування на безмоторних установках, стендові випробування на одноциліндрових і багатociліндрових спеціально призначених для цього двигунах, експлуатаційні випробування і, нарешті, досвідчена експлуатація великої кількості двигунів.[22]

2.3.1 Безмоторні випробування оливи

Термічні властивості оливи. Відповідно до формулювання К.К. Папок [23] термічними властивостями оливи називаються властивості його, що проявляються в тонкому шарі на металевій поверхні при високих температурах у присутності кисню повітря. Визначення термічних властивостей оливи на безмоторних установках повинне давати характеристику його поведінки в зоні поршневого кілець і в інших частинах двигуна, де є висока температура. По методах. К.К. Папок визначаються так: 1) термоокислювальна стабільність; 2) моторна випаровуваність, робоча фракція і здібність до лакоутворення; 3) миючі властивості.

Термоокислювальну стабільність визначають по стандарту (метод з кільцями) і іншому стандарту (визначення на випарниках). Метод з кільцями полягає в наступному; сталевий диск з симетрично розташованими на ньому чотирма кільцями поміщають в лакоутворювач і витримують в ньому при певній температурі; потім в кожне кільце заливають піпеткою по 0,05 г оливи і витримують його до тих пір, поки воно не перетвориться на темну плівку. Після охолодження при кімнатній температурі відриваються за допомогою спеціального динамометра кільця від пластини, заміряючи необхідне для цього зусилля. Час, протягом якого масло при заданій температурі перетворюється на плівку, здатну утримати металеве кільце при відриві силою 1 кГ, виражене в хвилинах, приймається за кількісний вираз термічної стабільності. Чим більше термічна стабільність, тим менше підстав припускати, що дане масло може викликати

пригорання поршневих кілець. Цей метод дещо застарів, але не втратив своє значення і в даний час.

Моторну випаровуваність визначають за стандартом у такий спосіб: 0,05 м олії наносять на випарник, тобто на металеву тарілочку, нагріту до заданої температури в лакоутворювачі, і витримують визначений час. При цьому частина олії випаровується. Кількість олії, що випарувалася, виражають у відсотках. Після оцінки випаровуваності залишок обробляють петролейним ефіром. Кількості екстрагованої рідкої частини і залишку, виражені у відсотках, називаються відповідно робочою фракцією і лаком. Чим менше випаровуваність і кількість лаку, тим краще термічні властивості оливи.

Н.Г. Пучков і М.С. Борова [24] показали, що визначення термоокислювальної стабільності по К.К. Папок не може характеризувати дійсні експлуатаційні властивості олив. Такий результат виходить, проте, тільки при порівнянні олив різної хімічної природи. Використовування методу стосовно одного базового оливи з різними по ефективності присадками повністю було виправдано.

Оцінка термоокислювальної стабільності на випарнику полягає у визначенні часу, протягом якого масло при заданій температурі перетворюється на лаковий залишок, що перебуває на 50% з лака і на 50% з робочої фракції. За даними Л.С. Рязанова, термоокислювальна стабільність, визначена на випарниках (ГОСТ9352—60), може характеризувати здатність оливи запобігати пригоранню поршневих кілець на дизельному двигуні ЧНЗО/38. При роботі цього двигуна рухливість кілець залишалася задовільною, поки термоокислювальна стабільність не була нижче 30-40 хв.

Миючі властивості оливи визначають по методу ПЗВ. Суть методу полягає у випробуванні оливи на установці ПЗВ, основу якої представляє одноциліндровий двигун (діаметр циліндра 52 мм, хід поршня 52 мм), що приводиться від електромотора при $n = 2500$ об/хв. Електронагрівальний пристрій дозволяє підтримувати під час випробувань задану температуру головки циліндра, гільзи і повітря на всмоктуванні. Тривалість випробувань встановлена рівній 2 год.

Після закінчення випробувань установку розбирають і оцінюють лакоутворення на бічній поверхні поршня візуально шляхом порівняння з еталонною кольоровою шкалою. Оцінка проводиться в балах, причому відсутність лакоутворення (абсолютно чистий поршень) оцінюється в 0 балів, а максимальне лакоутворення (поршень повністю був покритий лаком чорного кольору) — в 6 балів. Результати, одержувані по методу ПЗВ, як правило, характеризують дійсні експлуатаційні властивості оливи. Збіжність результатів, мабуть, пояснюється тим, що установка ПЗВ в деякій мірі моделює умови вживання оливи в двигуні.

А.Б. Віппер розробив методику посиленних випробувань на установці ПЗВ. Деяким збільшенням зазора поршневих кілець в канавках і зміною регулювання вихлопного клапана були збільшені кількість оливи, що поступає в зону поршневих кілець, і тривалість його перебування в цій зоні. Це підвищило інтенсивність лакоутворення (і дозволило чітко диференціювати оливи з високоефективними присадками. Одні і ті ж оливи при випробуванні по посиленій методиці викликали лакоутворення приблизно на один бал більше, ніж по старій методиці.

Разом з оцінкою миючих властивостей, установка ПЗВ в модернізованому варіанті дозволяє у принципі проводити визначення антиокислювальних властивостей присадок (шляхом хімічного аналізу працюючого в ній оливи і лаків, що утворилися), диспергуючих властивостей присадок (за методом масляної плями), а також здатності оливи до утворення низькотемпературних відкладень (шляхом визначення деемульгируючих властивостей і протизношувальної дії оливи за допомогою лунок, що наносяться на поверхню першого маслороз'ємного кільця). В літературі [25] наводяться дані, з яких виходить, що визначення вказаних властивостей оливи на установці ПЗВ дає результати, близько співпадаючі з отриманими в дійсному процесі роботи двигуна.

Для оцінки схильності оливи до лакоутворення може бути застосований метод С.К. Кюрегяна. Метод полягає у випробуванні оливи на приладі, основним вузлом якого є сталеве шліфоване кільце, що обертається, на нього за допомогою трьох алюмінієвих пальців спирається шайба навантаження. На поверхню кільця

наносять шар випробовуваного оливи. Кільце підігрівається електронагрівачем. Потім при обертанні кільця фіксується зміна моменту тертя, і це дозволяє визначити початок лакоутворення. Лакоутворюючу здатність оцінюють за часом, протягом якого поверхня кільця, що обертається, при 250°C покривається лаком.

Установка дає результати, порівнянні з експлуатаційними даними. Позитивною особливістю методу С.К. Кюрегяна є те, що схильність оливи до лакоутворення визначається на обертовій поверхні в умовах тертя, як і в дійсних умовах застосування оливи в двигунах внутрішнього згорання; Цей прилад дозволяє вивчати каталітичний вплив металу на лакоутворення.

Відомий критерій оцінки диспергируючих властивостей оливи, що отримав назву «миючий потенціал». В основі методу лежить визначення ступеня фільтрування, тобто оцінка кількості осаду на стандартному фільтрі, що утворюється в результаті фільтрації оливи з випробовуваною присадкою і заздалегідь введеної в оливу еталонною дисперсною фазою. Для проведення визначення оливу окисляють в лакоутворювачі при 250°C протягом 30 мін і потім фільтрують. Окислення повторюють кілька разів з додаванням різної кількості дисперсної фази. Підбирають максимальну концентрацію еталона, при якій суміш після окислення задовільно фільтрується і осад на фільтрі, що залишається, відповідає встановленому ступеню за шкалою.

Миючий потенціал визначають як приватне від розподілу кількості еталона на кількість оливи у відсотках, помножену на 100. Метод дозволяє диференціювати оливи вищих серій і характеризує агрегативну стійкість при утворенні в оливі вуглецевих частинок, які викликають лако- і нагароутворення.

Для непрямой оцінки миючих властивостей оливи у ВНІІ НП був прийнятий показник електропровідності розчину присадки в оливі при температурі 100°C. Метод був заснований на тому, що багато миючих присадки є металоорганічними з'єднаннями і їх введення в оливу підвищує його електропровідність. Метод дає задовільний збіг з результатами деяких випробувань на двигунах.

2.3.2 Корозійні властивості оливи

Найбільш широко застосовується в дослідницькій практиці для оцінки корозійних властивостей оливи метод ДК-2.

Оцінка корозійної агресивності проводиться по втраті маси свинцевих пластинок, які протягом 9 г піддаються періодичній дії випробовуваного оливи і повітря при температурі до 140° С. Занурення пластини в оливу і подальше змивання її повітрям здійснюються завдяки похилому положенню установки і персоною конструкції колби фасону, що приводиться в обертання від електромотора через редуктор. Втрата маси пластини обчислюється в грамах на квадратний метр.

Установка ДК-2 може бути використаний для оцінки антиокислювальних властивостей оливи. З цією метою проводиться окислення оливи при температурі 200° С протягом 50 г. По кількості і складу осаду, а також по зміні в'язкості можна судити про стабільність оливи проти окислення в умовах каталітичних впливів.

Деяке вживання знаходить і метод оцінки корозійної агресивності оливи, розроблений К.К. Папок, А.П. Зарубіним, Р.В. Захаровим (метод ПЗЗ). Він полягає в тому, що через касету, що складається з пакету свинцевих і мідних пластин, циркулює олива, нагріта до 150° С. По виході з касети олива розбризкується на гарячі стінки бачка і знову поступає до насоса. Тривалість випробування складає 2 г, протягом яких до всмоктуючої лінії насоса подається повітря. Корозійні властивості оливи оцінюють по втраті маси пластин. Аналіз залишку після досвіду дає додаткові дані про окислювальність оливи, на цій установці може бути оцінений також його випаровуваність.

Загальним недоліком існуючих методів оцінки корозійних властивостей оливи є відсутність зношування металевих поверхонь в процесі проведення випробувань. У дійсних процесах корозії підшипникових сплавів зношування підшипників протікає одночасно з їх корозією і в цьому головна відмінність від умов, створених в лабораторних установках.

2.3.3 Протизношувальні властивості оливи

Основне призначення оливи, як відомо, полягає в зниженні швидкості зношування поверхонь тертя і зниженні втрат на тертя. Проте в даний час протизношувальні і антифрикційні функції оливи, вживаного в двигунах внутрішнього згорання, не надається належної уваги. Положення ускладнюється ще тим, що маслянистість, якій в значній мірі визначається ефективність вживання оливи, взагалі ніяк не оцінюється і величина її дотепер не нормується в стандартах на змащувальні оливи.

В дослідницьких роботах по тертю і зношуванню знаходить найбільше вживання чотирьохкулькова машина, принципова схема якої була показана на рис. 2.2. Вузол тертя машини вмонтовується з чотирьох кульок (підшипників качіння), три з них затиснені нерухомо, а один обертається разом з валом, в торці якого він був закріплений.

Схема, наведена на рис. 2.2, призначена для безпосереднього вимірювання сили тертя. Якщо ж один трібоелементів приводиться силою тертя в обертальний рух, то вимірюється момент тертя, виходячи з якого розраховується сила тертя. Пружним елементом служить пружина крутіння – торсіон. Приклад трібосистеми тертя з таким силовимірювальним пристроєм показаний на рис. 2.3. У цьому варіанті чотирьохкулькової машини (КТ-2) тертя здійснюється між кулею 3, затиснутим у шпинделі 1 за допомогою гайки 2, і трьома нижніми кулями, затиснутими в оправленні 5, встановленої в масляній чашці 4. Ця чашка через опорний кульковий підшипник 10 встановлена на шток 9, через який передається навантаження N на вузол тертя. Чашка 4 з розміщеними в ній нижніми кулями пружно з'єднана зі штоком 9 – пружиною крутіння (торсійною) 6. Верхня куля, обертаючись, силою тертя захоплює за собою оправлення 5 з нижніми кулями, що жорстко зв'язане з чашкою 4. Ця чашка закручує торсіон 6 і за кутом закручування, який реєструється пером 7 на папері, намотаному на барабан самописа 8, оцінюють момент тертя, за яким розраховують силу тертя

властивостей, що супроводжується заїданням. Машина була пристосована для дослідження тертя металів при різних режимах, вивчення впливу газових середовищ на процесі зношування і оцінки змащувальних властивостей в умовах високих контактних навантажень, але на ній не можна моделювати вживання оливи в двигунах внутрішнього згоряє.

Значні можливості для проведення досліджень по вживанню оливок в двигунах внутрішнього згоряння мають машини тертя типу ВЛ, в яких найбільшою мірою відтворюються умови роботи пари тертя кільце-гільза. Досягається це вживанням кривошипно-шатунного механізму і пристрою розпору навантаження. Конструктивною основою таких машин тертя є одноциліндровий компресор типу АК-50 авіаційного двигуна АШ-82. Діаметр циліндра 40 мм, хід поршня 20мм. Привід здійснюється від асинхронного трифазного двигуна потужністю 2 кВт при $n=2950$ об/хв. Між двигуном і компресором встановлена коробка передач мотоцикла М-72, Для визначення втрат на тертя корпус компресора був змонтований на кулькових підшипниках. Виникаючий під час роботи перекидаючий момент врівноважується пружиною і за допомогою тензодатчика фіксується самописцем.

На рис. 2.4 показаний розріз установки по циліндру і пристрою навантаження. Спеціальний циліндр 12 кріпиться шпильками до картера. В машині ВЛ-1 робоча поверхня тертя утворена безпосередньо внутрішньою поверхнею циліндра, в машинах ВЛ-2 в циліндрі була закріплена змінна гільза 13, що фіксується кільцем 9. В стінці гільзи були передбачені глухі отвори діаметром 0,5 мм для установки спаю термопар 4, Ці отвори не доходять до внутрішньої поверхні гільзи на 0,4—0,5 мм Термопари 2 були введені також і в оливу, що знаходиться в картері. Для запису свідчень застосовується самописець пірометричного мілівольтметра

Щоб виключити стиснення повітря при висхідному ходу, днище поршня було просвердлено. Це зводить до мінімуму зміни властивостей оливи, не пов'язані з контактним ефектом на поверхнях тертя. Верхня частина поршня 14 відрізана, і на поверхні, що утворилася, встановлено два поршневі кільця-окислювачі 11.

На поверхні днища встановлений сухар 10, що складається з чотирьох розрізних секторів із загальним конусним центральним отвором. Поршневі кільця були посаджені на зовнішню циліндрову частину сухаря.

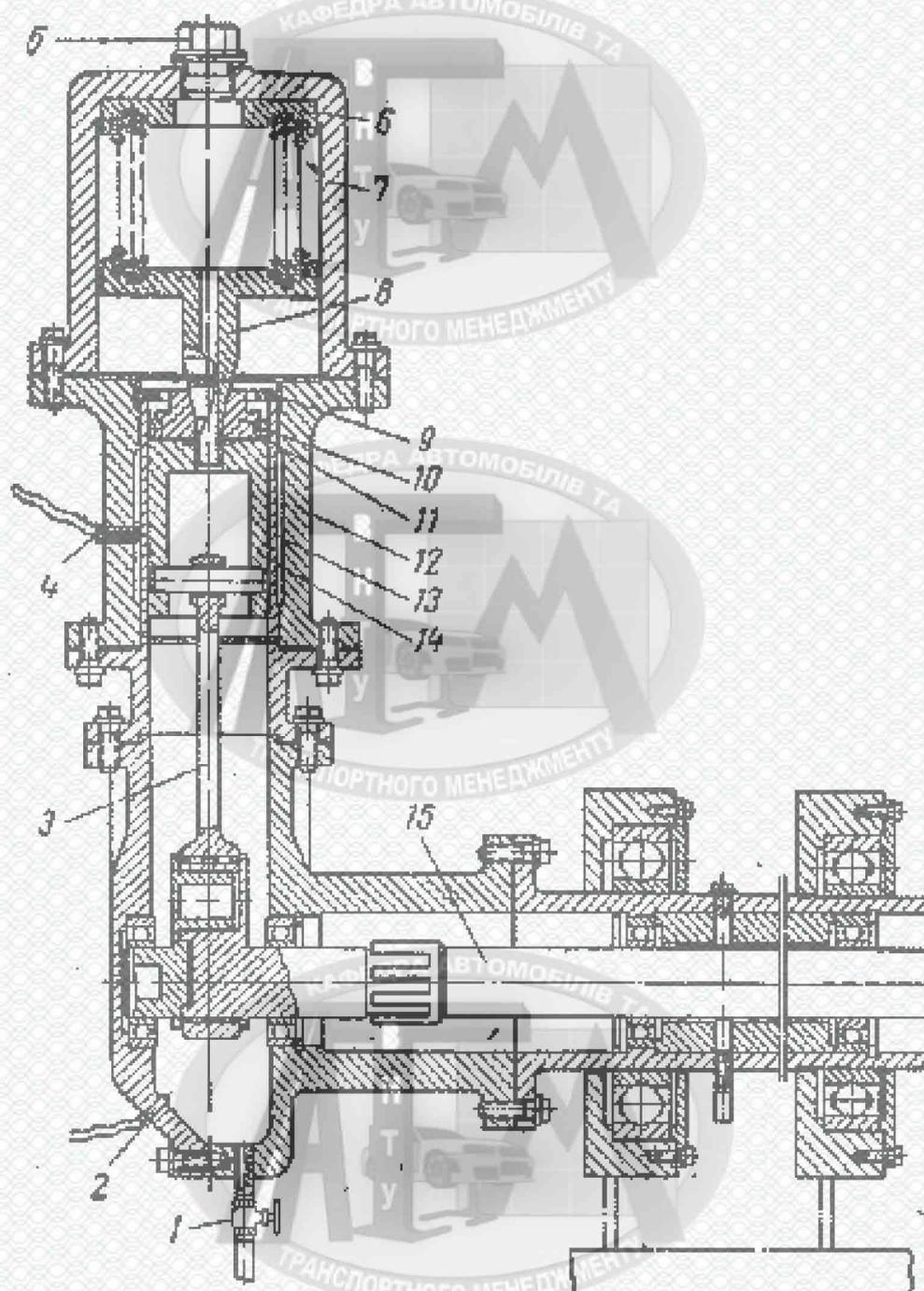


Рисунок 2.4 - Машина тертя типу ВЛ (розріз по циліндру і пристрою навантаження)

На рис. 2.4: 1 - спусковий кран; 2 - спай термопари, встановленої в картері для виміру температури оливи; 3 - шатун; 4 - спай термопари, встановленої в гільзі циліндра; 5 - пробка заливного отвору; 6 - верхня опорна тарілка пружини; 7-

ковпак пружини; 8 - нижня фігурна тарілка пружини; 9 - фіксує кільце змінної гільзи; 10 - сухар розпору; 11 - поршневі кільця; 12 - циліндри; 13 - змінна гільза; 14 - поршень; 15 - вал приводу машини тертя. Розпір кілець здійснюється за допомогою трьох пружин, які своєю верхньою частиною упираються в тарілку 6, встановлену в днищі ковпака 7, а нижньою частиною - віджимають фігурну тарілку 8, має конус розпору, притертий до внутрішньої поверхні отвору в розрізному сухарі. Наявність кривошипно-шатунного механізму і пружин з лінійною характеристикою забезпечує таку ж закономірність зміни тиску по ходу поршня, як і в двигуні внутрішнього згоряння. Відомо, що тиск у закільцевому просторі верхнього кільця працюючого двигуна близько до тиску в циліндрі унаслідок проникнення газів у вказаний простір. Вибираючи кут конуса і величину зтягування пружин, можна забезпечити задану закономірність зміни тиску кілець на стінки гільзи при русі поршня. В описаних нижче дослідах ці параметри були підбрані таким чином, що у верхній мертвій крапці тиск кільця на стінки складав 55 кг/см^2 і в нижній мертвій крапці - $2,5 \text{ кг/см}^2$.

Оливу для дослідів (80 см^3) заливають в картер зверху через отвір, що закривається пробкою 5, має різьблення. Зливають оливу через спусковий кран в нижній частині картера.

В описаній установці можна вивчати окислення оливи в «чистому вигляді» без впливу високотемпературних газових потоків, що прориваються з камери згоряє в картер і маскуючих істинну картину процесу. При однаковій в'язкості порівнюваних олив можна судити про їх протизношувальні властивості по величині моменту сил тертя або по температурі стінки циліндра. Ці ж показники характеризують антифрикційні властивості олив різної в'язкості.

У зв'язку з тим що вал машини встановлений на кулькових підшипниках, втрати на тертя обумовлені в основному роботою поршневих кілець в гільзі. В цій парі тертя, як відомо, переважну роль грає граничне мастило, і тому машина тертя дозволяє оцінювати маслянистість змащувальних олив. Матеріал, термообробка, мікроструктура і інші характеристики кілець і гільз був виконаний у відповідності з стандартом на тракторні гільзи і кільця.

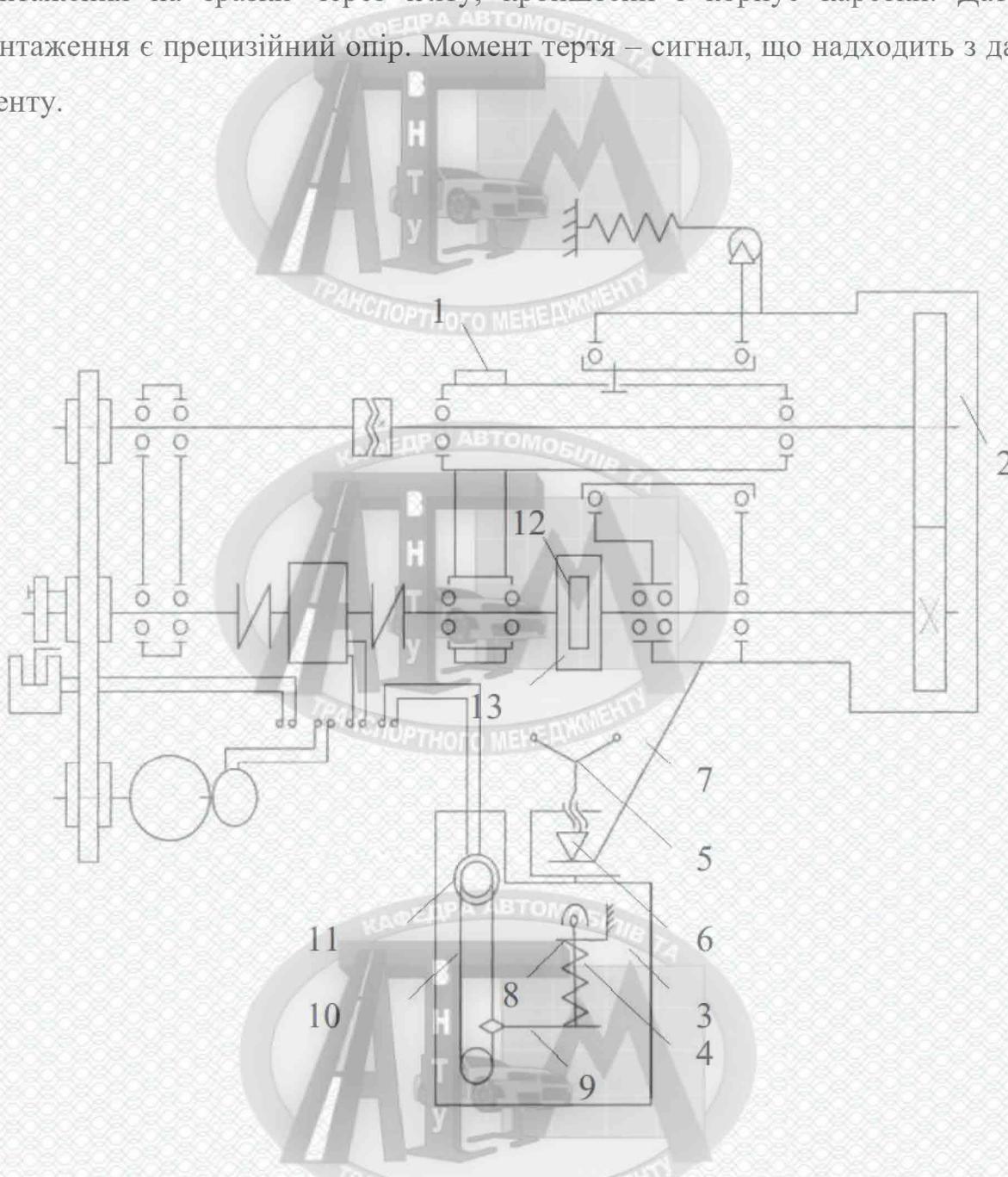
У всіх дослідах ці деталі були узяті з однієї партії виготовлення. Чавун для поршневих кілець по мікроструктурі є дрібнопластинчастий або сорбитообразний перлитом і рівномірно розподіленим пластинчастим графітом. Мікроструктура гільз була представлена пластинчастим графітом, феритом і невеликими ділянками перлиту. Також можна використовувати портативний пристрій тестового тертя моторного мастила наведений на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 - Портативний пристрій тестового тертя моторного мастила (HZKM -2)

Кінематична схема машини тертя 2070 СМТ-1 наведена на рис. 2.6. Принцип дії машини полягає в зношуванні двох трибоелементів, притиснутих із заданим навантаженням один до одного. У процесі роботи на нижньому трибоелементі

вимірюють момент тертя. Трібоелементи притискаються один до одного силою пружини. Величину сили навантаження регулюють вісь-гвинтом, що передає навантаження на зразки через п'ята, кронштейн і корпус каретки. Датчиком навантаження є прецизійний опір. Момент тертя – сигнал, що надходить з датчика моменту.



1 – бабка нижнього зразка; 2 – каретка; 3 – механізм навантаження; 4 – пружина;
5 – вісь-гвинт; 6 – п'ята; 7 – кронштейн; 8 – тяга; 9 – планка; 10 – нитка;
11 – датчик навантаження; 12 – верхній елемент; 13 – нижній елемент

Рисунок 2.5 - Схема кінематичної машини тертя 2070 СМТ-1

2.3.4 Моторні випробування оливо

Існуючі безмоторні методи оцінки експлуатаційних властивостей оливо є непрямими і в недостатньому ступені моделюють умови вживання оливи в двигуні; отримані цими методами результати не можуть вважатися достовірними і остаточними. Вказана обставина послужила причиною розробки методів моторної оцінки експлуатаційних властивостей оливо, серед яких особливе місце займають випробування одноциліндрових спеціальних двигунів на форсованих режимах для прискореної оцінки оливо і віднесення їх до тих або інших груп якості. Задача створення спеціальних двигунів для класифікації змащувальних оливо вельми складна. Наприклад, в США і в Англії така робота ведеться вже близько 25 років.

Ми зупинимося на короткому описі деяких з вітчизняних конструкцій і методів, найбільш добре що зарекомендували себе в дослідницькій практиці.

Робота із створення прискореної моторної методики випробування оливо для тракторних дизелів проводиться протягом тривалого часу. Спочатку була створена установка УІМ-3 на базі одноциліндрового відсіку двигуна Д-54 для оцінки властивостей оливо у відносно легких умовах, потім установка УІМ-6 на базі більш форсованого двигуна Д-75 для випробування оливо типу HD і серії I. Останнім часом була створена установка УІМ-6Н, оснащена агрегатом наддуву для оцінки оливо серії II. По основних параметрах ця установка відповідає дизелям СМД-18 і ЯМЗ-238НБ.

Режим роботи установки підібраний так, щоб в можливо більш короткий термін випробувань отримати необхідні дані для диференціації оливо по можливостях їх вживання в повнорозмірних двигунах. Для досягнення цієї мети був підвищений температурний режим роботи двигуна. Найкраща в цьому відношенні температура гліцерину, прийнятого про якість охолоджуючого агента, виявилася рівної 115°C. Тривалість випробувань встановлена рівній 120 г. При цьому була отримана цілком задовільна відтворність результатів. Основні параметри роботи установок приведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Основні параметри роботи установок УІМ-6, УІМ-6Н

	УІМ-6	УІМ-6Н
Потужність двигуна, л.с.	21	30
Швидкість обертання валу, об/хв	1500	1500
Середній ефективний тиск, кг/см ²	6,8	9,7
Літрова потужність, л.с./л	11,3	16,1
Тиск наддуву, кг/см ²	—	0,5

Установки типу УІМ- забезпечені універсальним картером, що дозволяє проводити випробування на змінних циліндрах різних розмірів. Метод випробувань на установках типу УІМ-6 стандартизований.

Установки ІТ-9, вживані при випробуваннях палив, було запропоновано використовувати для випробування олів . Установа була дещо перероблена: була збільшена швидкість обертання валу до 1200 об / хв (замість 900 об/хв), був введений більш напружений тепловий режим. В результаті виявилось можливим після 10 г роботи оцінювати якість олів по кількості кілець, що пригоріли, і по характеру і кількості відкладень. Був розроблений метод ІДМ-50ф для випробування дизельних олів на установці ІТ9-3 і метод ІКМ-ЮФГ для олів карбюраторних двигунів на установці ІКМ-1. В останній установці основною частиною є одноциліндровий двигун повітряного охолодження Ульяновського заводу марки УД-1. Установа дозволяє диференціювати оливи і присадки груп МА(Premium), МБ (HD) і серії І.

По методу НАМІ-1 випробування оливи проводиться протягом 120 г (15 етапів по 8 г кожний). В кожному етапі двигун працює 2 г на «холодному режимі» і 6 г на «гарячому». Режими розрізняються по потужності і числу оборотів. Таке поєднання дозволило створити жорсткі умови роботи оливи і чітко диференціювати оливи груп А, Б і В. Установа була змонтована на базі одноциліндрового відсіку двигуна ЗІЛ-130.

Відомий спосіб випробування олів для бензинових двигунів на установці ІТ9-5 під назвою «Методика ГСМ-20», розроблений К.К. Папок. Доповненням до нього є використання «серії поршнів» для оцінки процесу спрацьовуваності присадки. В цьому випадку в процесі проведення випробувань регулярно змінюють

поршні через рівні проміжки часу. По кількості і характеру відкладень на поршнях робиться висновок про ефективність дії присадки.

В описаних методах корозійні властивості олив оцінюють по втраті маси пластин, виготовлених з підшипникових сплавів або їх компонентів. Пластини занурені в масляну ванну картера протягом всього періоду випробувань.

Методи оцінки відкладень. При проведенні моторних випробувань необхідно визначати кількість і характер відкладень в двигуні. У багатьох випадках результати випробувань в основному оцінюються по цьому показнику. Існують різні методи, більшість з яких є візуальною.

Оцінка відкладень по масі. Цей спосіб найбільш простий, але не завжди застосовний. Можливі два варіанти: зважування деталей до і після очищення і зважування відкладень, знятих з деталей. Перший спосіб значно точніше, оскільки при ньому менше втрати. Проте він не застосовний для крупних деталей.

При зважуванні деталей іноді доцільно знімати відкладення в декілька прийомів. Наприклад, відкладення на днищі складають значну частину від загальної маси відкладень на поршні, але звичайно мало залежать від якості оливи. Тому доцільно визначати масу відкладень на різних частинах поршня роздільно.

При очищенні деталей не можна користуватися складами, що реагують з матеріалами деталей. Найкращі результати досягаються при механічному очищенні, якщо, звичайно, вживаний, інструмент не знімає метал з поверхні. Лакоподібні відкладення не можуть бути зняті зіскоблюванням. Взагалі потрібно мати на увазі, що повністю зняти відкладення зіскоблюванням практично неможливо.

Зважування деталей необхідно проводити з точністю до сотих часток грама.

Вживання способу зважування скрутно або неможливо у разі випробувань високоякісних олив з миючими присадками, коли кількість відкладень дуже мало. У зв'язку з цим останнім часом отримали розповсюдження методи візуальної оцінки.

Візуальна оцінка в умовних балах. Метод був заснований на візуальній оцінці характеру і якості відкладень. Існує багато систем оцінки відкладень в

балах. Кожна з них має певну номенклатуру характерних відкладень, для яких встановлені умовні числові оцінки. Критеріями служать колір відкладень, твердість, товщина шару і займана площа на окремих частинах деталей. Р.Х. Денісон і Ф.В. Кавана, наприклад, для оцінки лакоутворення на юбці поршня використовують шкалу (в балах) (табл.2.7).

Таблиця 2.7 Оцінка лакоутворювання на юбці поршня

Параметри	Оцінка лакоутворювання, бали
Чорний лак	8
Темно-коричневий лак	6
Коричневий лак	4
Світло-коричневий лак	2
Чиста поверхня	0

Остаточне число балів розраховується як сума добутків з чисел балів для відповідних ділянок, покритих ласий того чи іншого кольору, на виражену у відсотках площа цих ділянок. Таким чином, максимальне числа балів 800 відповідає випадку, коли спідниця поршня цілком покрита чорним лаком. Аналогічний метод застосовується для оцінки відкладень у канавках на поршні. Детально розроблені методи визначення рухливості кілець.

Останнім часом в нашій країні широко застосовується також оцінка стану двигунів на підставі тимчасового стандартного методу 344-Т (розроблений ВМФ США) . В цьому методі, як і у ряді інших зарубіжних методів, кільце вважається вільним в канавці, якщо воно падає під інертною дією власної ваги (при горизонтальному положенні поршня), - якщо воно переміщається під дією легкого зусилля; затисненим, якщо під дією легкого зусилля воно не переміщається, але робоча поверхня його блискуча, і, нарешті, що пригорів, якщо воно відрізняється від затисненого темною робочою поверхнею.

Рухливість вільного кільця оцінюється в 0 балів, інертного - в 0,5 балів і затисненого - в 1 бал і вище залежно від кута затискання. Стан повністю

затисненого по всьому колу кільця оцінюється в 5 балів і кільця, що пригоріли, — в 6-10 балів залежно від величини дуги, на якій кільце втратило рухливість.

Оцінка лакоутворювання проводиться по формулі:

$$A = \frac{S}{10} \cdot k \quad (2.1)$$

де A - стан спідниці поршня в балах;

S - поверхня спідниці поршня, покрита відкладеннями %;

k - коефіцієнт, що враховує колір відкладень, числові значення його змінюються від 0,3 до 1,0 (чорні відкладення).

Характер і кількість відкладень на верхньому поясоцку поршня (вище за верхнє кільце) визначають залежно від їх площі, товщини і твердості по формулі:

$$A = \frac{S}{100} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (2.2)$$

де S - поверхня, покрита відкладеннями;

k_1 - коефіцієнт, що враховує товщину відкладень;

k_2 - коефіцієнт, що враховує твердість відкладень.

Аналогічно оцінюють відкладення на перемичках поршня між кільцями, а також в канавках компресійних і маслоз'ємних кілець. В останньому випадку додатково визначають ступінь перекриття відкладеннями дренажних отворів для стоку оливи, що проникло в закольцевий простір.

По методу ІКМ-ЮФГ якість оливи в результаті моторних випробувань оцінюється по наступних показниках:

- моторний індекс I_M в балах, відтворність $\pm 10\%$;
- індекс відкладень I_0 в балах, відтворність $\pm 10\%$;
- індекс стабільності оливи $I_{с.м}$ в балах, відтворність $\pm 20\%$;
- індекс зносу в балах I_n , відтворність $\pm 30\%$;
- індекс корозії I_k в балах, відтворність $\pm 10\%$.

$$I_M = I_0 + I_n + I_k + I_{с.м} \quad (2.3)$$

Крім того, був передбачений ряд індексів і коефіцієнтів для більш докладної оцінки відкладень, зносу і корозії.

Методи оцінки зношування.

Для визначення зносу деталей двигуна при тривалих випробуваннях застосовується мікрометраж основних пар тертя до і після випробувань. При короткочасних випробуваннях цей спосіб не застосовний. До числа недоліків мікрометражу відноситься деяка неточність, зв'язана з тим, що розміри таких деталей, як тонкостінні вкладиші і гільзи, в значній мірі залежать від особливостей монтажу і порядку затягування гайок на кріпильних шпильках. Неможливість строго однакової установки вимірювального інструменту при початковому і повторному вимірюванні також знижує точність вимірів. Іншим недоліком мікрометражу, так само як і деяких інших методів, є неможливість спостереження за перебігом процесів зношування в часі, а також громіздкість методу, пов'язана з необхідністю розбирання двигуна. В цьому відношенні значний інтерес представляють методи, розроблені Ф. Н. Авдонькиним, дозволяють проводити виміри зносу поршневої групи і підшипників колінчастого валу без розбирання.

Великі переваги має метод «штучних баз», розроблений М.М. Хрущевим. Метод полягає в нанесенні на поверхні деталі поглиблень певної форми, закономірно звужуючих від поверхні до дна. Такими поглибленнями можуть бути видавлені піраміди, конуси або вирізані різцем лунки. Дно цих поглиблень є базою для виміру. В результаті зносу змінюються лінійні розміри поглиблення на поверхні. По зміні розміру, що заміряється за допомогою спеціального мікроскопа, можна шляхом перерахунку по формулах геометрії визначити величину зносу, як зміна глибини відбитка. Прилад УПОІ-6 дозволяє виконувати три операції: вирізування лунки, визначення її довжини і визначення її місцезнаходження при повторному вимірі. Цим приладом можна визначати знос деталей діаметром від 67,5 до 150 мм

Автор в роботі [22] розробив метод побудови «лінії зносу», заснований на визначенні заліза в оливi. Переваги методу вельми істотні: не треба розбирати двигун для вимірів і можна вести спостереження за перебігом процесу

зношування. Раніше, до появи фільтрів тонкого очищення, метод широко застосовувався. В масляних системах з фільтром тонкого очищення його застосовувати важко, недоліком методу є також деяка неточність — в основу його встановлено припущення про прямолінійне зростання концентрації заліза в оливі за часом.

Існують інші методи оцінки зносу за наслідками аналізу проб оливи на зміст заліза, що враховують криволінійний характер залежності концентрації заліза в оливі від часу роботи двигуна і особливості конструкції системи мастила, зокрема наявність фільтрів на відгалуженні.

Метод із застосуванням радіоактивних індикаторів.

Метод радіоактивних індикаторів або мічених атомів був заснований на вживанні радіоактивних ізотопів, випромінюючих енергію у вигляді електрично заряджених α - і β -частинок і електромагнітних γ -променів в процесі радіоактивного розпаду. Спеціальні лічильники уловлюють ці випромінювання і передають їх в радіотехнічну апаратуру, де проводиться рахунок імпульсів.

Для спостереження за зносом у випробовувану деталь вводять тим або іншим способом радіоактивні ізотопи. У міру зносу ці ізотопи разом з основним металом деталі потрапляють в змащувальне масло, збільшуючи його радіоактивність. Рахункова трубка або блок трубок встановлені або безпосередньо в циркуляційному контурі масляної системи, або окремо. В останньому випадку періодично відбирають проби оливи і вносять їх в блок трубок для рахунку імпульсів. Частота імпульсів за вирахуванням основного фону пропорційна величині зносу.

Відомі наступні способи активації деталей: опромінювання в ядерному реакторі, відливання деталей (наприклад, поршневих кілець) з введенням в рідкий метал радіоактивного ізотопу, електролітичне заповнення канавок на поверхні тертя металом з радіоактивним ізотопом, вживання радіоактивних вставок - «свідків». Розглянемо особливості цих способів стосовно активації поршневих кілець.

Опромінювання в реакторі має ту незручність, що період напіврозпаду Fe^{59} рівний всього 45,5 дні. Присадка радіоактивного ізотопу при відливанні кільця ускладнює технологію відливання, механічної обробки і інших операцій (розрізання кілець, термофіксація і т. д.). При випробуванні на знос кілець, опромінених в реакторі і відлитих з присадкою радіоактивного ізотопу, одержують сумарну характеристику зносу кільця, тоді як частіше за все представляє інтерес тільки знос поверхні тертя об гільзу. Процес електролітичного заповнення канавки на кільці радіоактивним ізотопом дуже складений і вимагає високої точності. Найпростішим і найпоширенішим способом активації є вставка «свідків» з радіоактивного дроту. Відрізки такого дроту завдовжки 1 мм і діаметром 0,5—1,5 мм встановлюють в 7-10 отворів по колу кільця. Проте нерівномірність тиску кільця на стінку робить мало обґрунтованим визначення середнього радіального зносу цим методом.

При виборі того або іншого ізотопу виходять з його хімічних властивостей, періоду напіврозпаду, типу та енергії випромінювання. Як «свідки» при вивченні зносу поршневих кілець частіше за все використовують Co^{60} або Zn^{65} . Для введення в плавку застосовується Fe^{59} .

Метод радіоактивних індикаторів по точності мало відрізняється від вагового вимірювання зносу поршневих кілець. Середня величина зносу кілець оцінюється цим методом з точністю до 16% при однократному і до 11% при двократному визначенні.

Перспективний метод наведеної радіоактивності, розроблений Ю.С. Заславським і Р.І. Шор. По цьому методу випробування проводять з неактивованими деталями. Відібрані проби оливи піддають опромінюванню. Величина наведеної активності пропорційна концентрації продуктів зносу в пробі. Спосіб зручний в тому відношенні, що в процесі випробувань і підготовки до них виключається робота з радіоактивними речовинами. Необхідність опромінювання проб в реакторі є недоліком методу.

Зіставлення результатів, одержуваних методом лунок і мікрометрируванням, з даними диференціального методу радіоактивних індикаторів показує дуже

високу збіжність. Останній, як і інші методи, засновані на застосуванні радіоактивних ізотопів, дає можливість безупинно, без зупинки і розбирання двигуна внутрішнього згоряння, контролювати хід зношування будь-якої деталі. Перевагою цього методу є використання ізотопів малих активностей, що дозволяє його застосовувати в звичайних виробничих умовах без спеціальних мір радіаційного захисту. Основний недолік методу - необхідність активування деталей зарядженими частками. Метод найбільш перспективний при вивченні зносу великих двигунів (суднових, тепловозних і стаціонарних), при роботі з який радіаційний захист найбільш ускладнений.

Спектральний аналіз є новим і вельми перспективним методом, що дозволяє оцінювати сумарний знос окремих груп деталей двигуна. При цьому немає необхідності спеціально розбирати двигун або проводити які-небудь підготовчі операції з деталями, знос яких підлягає вивченню. В пробах оливи, відібраних з системи змащення двигуна в процесі випробувань, визначають зміст продуктів зносу методом спектрального аналізу.

Оцінка технічного стану двигуна методом спектрального аналізу була заснована на очевидному допущенні, що при постійних витраті оливи, інтенсивності його очищення і незмінному режимі роботи двигуна концентрація продуктів зносу в оливі пропорційна швидкості зношування відповідних деталей. Так, наприклад, по змінах концентрації в оливі алюмінію можна судити про знос поршнів, хрому - про зношування хромованих кілець, за змістом в оливі міді, свинцю, сурми і ін. можна скласти уявлення про зношування антифрикційних сплавів. Для оцінки і обробки результатів спектрального аналізу проб оливи необхідно знати хімічний склад деталей. Метод характеризується високою чутливістю.

Крім чисто дослідницьких цілей, спектральний аналіз може мати контрольний характер і регулярно здійснюватися для оцінки ходу зношування двигуна при експлуатації і визначення необхідності ремонтного втручання. Таке використання спектрального аналізу знаходить широке вживання за кордоном в умовах експлуатації дизельних установок великої потужності. Незакономірне

посилення зносу якої-небудь з груп деталей сигналізує про ненормальність в роботі двигуна. Спектральний аналіз може мати і профілактичне значення. Так, підвищення концентрації кремнію в оливі сигналізує про погану роботу очисників повітря. Своєчасно вжитих заходів в цьому випадку можуть продовжити термін служби двигуна.

Вживання спектрального аналізу дає найбільший ефект при дослідженні зносу щодо великих поверхонь. Для вживання даного методу необхідне спеціальне відносно складне устаткування. Методика оцінки зносу двигунів внутрішнього згоряння методом спектрального аналізу і обширна бібліографія приводяться в роботі С.К. Кюрегяна. В цій роботі спектральний аналіз оливи був розглянутий в основному стосовно дослідження зносу автомобільних двигунів.

Автором в [15] були розроблені методики спектрального аналізу оливи для дизелів тепловозів. Використовування вдосконаленої апаратури дозволило проводити аналіз без попереднього озолення проб оливи, що прискорило визначення в 3 рази. В роботі були приведені результати експлуатаційної перевірки експрес-методів спектрального аналізу на великому числі двигунів.

Вживання вказаного методу дозволило розробити прогресивні рекомендації по термінах заміни оливи, розбирання двигуна і різним варіантам очищення оливи в дизелях тепловозів.

Випробування специфікацій розгорнених двигунів.

Велике значення має розробка методики випробувань специфікацій розгорнених (повнорозмірних) двигунів з метою диференціації оливи по групах якості.

Методи випробувань оливи швидко розвиваються і удосконалюються. Основними тенденціями в цій області є:

1) заміна застарілих моделей сучасними, зокрема перехід на V-подібні двигуни;

2) проведення випробувань за більш жорстких умов (підвищення температури в зоні поршневих кілець, зменшення доливи оливи і беззмінне його вживання, збільшення тривалості випробувань);

3) відмова від універсальних методик і перехід на функціональні випробування (методика оцінки схильності оливи до утворення низькотемпературних відкладень);

4) орієнтація на вживання багатоциліндрових двигунів для відбіркових випробувань оливи і розробка методів, побудованих на базі конкретних двигунів і типових для даної країни умов експлуатації;

5) подальший розвиток способів оцінки одержуваних результатів і їх математичної обробки, що знижує в максимально можливому ступені суб'єктивні помилки спостерігача.

2.4 Висновки до розділу 2

В розділі був проведений аналіз умов роботи моторних оливи в ДВЗ та факторів, які впливають на періодичність їх зміни. Це перш за все «жорсткість» роботи моторної оливи в двигуні внутрішнього згоряч з урахуванням його ступеня форсування, роду виконуваної роботи, ступені зносу, конструктивних особливостей (літрова потужність двигуна, бічна площа поршня та ін.), закономірності зміни службових властивостей моторної оливи (погіршення групи експлуатації) в процесі його напрацювання в двигуні та вплив таких експлуатаційних факторів, як якість палива, об'єм системи змащення, об'єм доливу свіжої оливи, ступені форсування двигуна і часу роботи (пробігу) автомобіля

РОЗДІЛ 3

ЗАПРОПОНОВАНІ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ЗМІНИ МОТОРНОЇ ОЛИВИ

3.1 Трибологічні властивості олів для двигунів

Знос різних вузлів і деталей двигунів внутрішнього згорання залежить від ряду факторів, визначуваних особливостями конструкції двигуна, умовами його експлуатації, технічним станом двигуна, якістю вживаного палива і оливи і т.п.

Знос збільшується:

- при попаданні абразиву в змащувальну систему (роль абразиву можуть грати також продукти розкладання оливи, створюючі зольні відкладення) або при переході з нафтового палива на паливо не нафтового походження (зокрема, на спиртне);
- при підвищенні змісту сірки в паливі;
- при накопиченні в оливі води або іншої охолоджуючої рідини;
- при підвищенні хімічної активності оливи;
- при збільшенні витрати оливи на чад унаслідок підвищеного піноутворення оливи і т.д.

Особливе значення має знос, що виникає у момент пуску двигуна (пусковий знос). Пусковий знос більше, ніж знос при роботі двигуна на сталому режимі. Пусковий знос залежить від в'язкості оливи - змащувальні матеріали з малою в'язкістю забезпечують більш низький пусковий знос унаслідок кращого підтікання оливи до вузлів тертя. Навпаки, для роботи в сталому режимі перевага віддається більш в'язким оливам [22].

Для зменшення тертя і зношування різних вузлів і деталей двигуна використовуються оливи з хорошими в'язкісно-температурними властивостями, що забезпечують швидкий пуск двигунів і надійну роботу в подальший період.

Для нейтралізації корозійно-агресивних продуктів, що нагромаджуються в оливі в процесі його роботи, в ньому варіюється зміст детергента. Воно вибирається

залежно від умов роботи оливи, особливостей конструкції двигуна і специфіки його експлуатації. Концентрація миючих присадок не повинна бути дуже великою. Інакше може виникнути підвищене абразивне зношування через високу зольність оливи (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Швидкість зношування верхнього поршневого кільця при роботі двигуна на різних оливах

Олива	Швидкість зношування, відн. од.	Оксидна зольність оливи %
Базова	100	0,003
Групи Б	35	0,600
» В	36	1,030
» В	35	0,680
» Г	46	1,560

Останніми роками особливо широке розповсюдження як спеціальні антифрикційні присадки до моторних оливи отримали маслорозчинні з'єднання молібдену. Їх введення в масло дозволяє понизити втрати потужності двигуна на тертя і забезпечити зменшення експлуатаційної витрати палива до 3 ... 5%.

Для підвищення надійності роботи двигуна використовуються також і інші способи, що приводять до зниження зносу. Для цього збільшують ефективність роботи засобів очищення, що видаляють з оливи механічні домішки, воду і інші продукти, присутність яких може негативним чином відобразитися на надійності роботи двигуна в процесі його експлуатації. Наприклад, наявність в оливі води знижує його здатність протидіяти зношуванню поверхонь, що труть (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Вплив наявності води в моторній оливі на його протизношувальні властивості

Олива	Вміст води%	Відносна швидкість зношування пари кільцевтулка %	Олива	Вміст води %	Відносна швидкість зношування пари кільцевтулка %
M-10-B2	0	100	M-16-B2	0	100
	0,4 ... 0,5	138		0,4 ... 0,5	125
	1,5... 2,0	146		1,5 ... 2,0	146
	3,0 ...3,5	187		3,0 ...3,5	180
	6,0 ... 10,0	440 ... 450		6,0 ... 10,0	300

3.2 Аналіз існуючих математичних моделей терміну зміни оливи

Математичні моделі, що використовуються в даний час для визначення терміну зміни оливи в агрегатах, відрізняються великою різноманітністю як по типу, так і по інших ознаках: по точності, по математичних моделях і параметрах, що використовуються, по ступеню складності обчислень і т.д.

Доцільність вживання існуючих математичних моделей для визначення терміну зміни оливи можна оцінити шляхом порівняння і аналізу достоїнства і недоліків підходів, що використовуються.

На стадії проектування нового двигуна для його надійніше за роботу в експлуатації проводять підбір моторного оливи залежно від умов його роботи / особливостей експлуатації. Для цього, необхідно оцінювати напруженість або жорсткість роботи моторного оливи в заданому агрегаті.

Авторами в роботі [19] була спроба встановити відносний узагальнюючий показник, що враховує основні властивості оливи, що представляють найважливіше значення для дизелів. Умовно цей показник був названий сортністю масла СМ. Для підрахунку його складена формула:



$$CM = B - n \cdot 10 - \frac{i - 30}{10} - \frac{K}{10} - \frac{D}{10} - b - z \cdot 10, \quad (3.1)$$

де B - лакоутворювання на поршні дизеля установки «AV-1» за 120г роботи (бали);

n - вага нагару, що утворився на поршні дизеля установки « AV-1» за 120г роботи (г);

i - знос комплекту поршневих кілець дизеля установки « AV-1» за 120г (мг);

K - корозія (зменшення ваги) вкладишів з свинцевої бронзи двигуна установки за 36 год роботи (мг);

D - корозія свинцю в приладі ДК-3 за 25 г при 1400С (г/м2);

b - миючі властивості, визначені на установці ПЗВ при підвищених температурах по методиці за 100-бальною шкалою;

z - сульфатна зольність оливи %.

Коефіцієнти були вибрані з розрахунком отримати значення показників, що становлять формулу, величинами одного порядку. Максимальна величина сортності може бути рівний 100. Практично, цієї величини досягти не вдасться, але експлуатаційний властивості оливи тим вище, чим вище його сортність.

По Г.А. Морозову, критерій форсування двигуна K_{ϕ} рекомендується визначати виразом:

$$K_{\phi} = \tau \cdot p_e \cdot C_{\Pi} \quad (3.2)$$

де p_e - середній ефективний тиск;

C_{Π} - швидкість ходу поршня;

τ - коефіцієнт тактності.

Чим вище K_{ϕ} (p_e і C_{Π}), тим більшу напруженість випробовує олива при роботі в двигуні і вище за вимогу до рівня його експлуатаційних властивостей (рис. 3.1).

С.Г. Арабяном пропонується розраховувати умовний показник (A) напруженості роботи оливи в двигуні з урахуванням особливостей його конструкції і робочого циклу:

$$A = (G_T/F_i) (N_e/GM) k_a k_\beta k_\pi k_{sk_T} \quad (3.3)$$

де G_T - годинна витрата палива;

F - сумарна площа робочих поверхонь дзеркала циліндра, днища поршня, головки циліндра;

i - число циліндрів;

N_e - ефективна потужність двигуна;

GM - місткість системи мастила;

$k_a k_\beta k_\pi k_{sk_T}$ - коефіцієнти, що враховують відповідно склад робочої суміші, спосіб охолодження двигуна (водяний або повітряний), періодичність зміни оливи, зміст сірки в паливі і технічний стан двигуна. Для безнаддувних двигунів було прийнято $k_a = 1$, для двигунів, форсованих наддувом, $k_a = 1,3$; для двигунів водяного охолодження $k_\beta = 1$; для двигунів повітряного охолодження $k_\beta = 1,7$.

Результати розрахунків по приведеній залежності були представлені в табл. 3.3.

Двигуни, вказані в таблиці, умовно розбиті на чотири групи:

I — двигуни старих моделей;

II — сучасні нефорсовані середньоборотні двигуни без наддуву; I

II — сучасні двигуни, помірно форсовані;

IV — високофорсовані швидкохідні двигуни.



Рисунок 3.1 - Вибір групи оливи залежно від середнього ефективного тиску P_e та швидкості поршня $C_{П}$

Таблиця 3.3 - Умовні показники напруженості роботи оливи в двигуні

Двигун	N_e^1 л.с.	G_T кг/ч	$F, M2$	i	G_M кг	k_{β}^*	k_a	A	Група жорсткості	Можливі групи оливи
Д-54	54	11,0	0,0842	4	22,5	1,0	1,0	79	I	Б
Д-20	18	3,7	0,0795	1	7,2	1,0	1,0	116		
Д-48	50	9,6	0,0602	4	12,6	1,0	1,0	148		
КДМ-46	93	20,0	0,1263	4	24,3	1,0	1,0	150		
СМД-14	75	15,0	0,0754	4	18,9	1,0	1,0	197	II	В
А-03	130	24,1	0,0837	6	28,8	1,0	1,0	216		
Д-50	55	10,7	0,0622	4	10,8	1,0	1,0	218		
Д-37М	40	7,4	0,0569	4	9,9	1,7	1,0	223		
СМД-15К	87	17,8	0,0754	4	18,9	1,0	1,0	271	III	Г
Д-37Е	50	9,7	0,0569	4	9,9	1,7	1,0	357		
Д-130	140	24,5	0,1263	4	24,3	1,0	1,3	362		
Д-240	75	14,2	0,0622	4	10,8	1,0	1,0	389		
СМД-18К	100	19,5	0,0754	4	18,9	1,0	1,0	443	IV	Д
ЯМЗ-238НБ	200	37,6	0,0837	8	28,8	1,0	1,3	504		
СМД-60	150	27,0	0,0735	6	22,5	1,0	1,3	533		
Д-240Т	85	15,8	0,0622	4	10,8	1,0	1,3	650		

¹ 1 л.с. = 0,735 кВт.

Розглянемо запропоновані авторами математичні моделі за визначенням терміну зміни оливи.

В роботі [32] пропонується оцінювати тривалість роботи оливи в км при його беззмінному використуванні в картері двигуна:

$$L_{\text{раб}} = \frac{Q \cdot \varepsilon_n}{(g - q_{\phi})}, \quad (3.4)$$

де Q - місткість картера;

ε_n - концентрація продуктів забруднення до моменту n -го доливання;

g - забрудненість оливи;

q_{ϕ} - швидкість затримання продуктів зносу фільтрами.

Термін зміни дослідної оливи $T_{\text{оп}}$, для умов експлуатації, автор [28] вибирає з умови:

$$\frac{T_{\text{оп}}}{T_m} = \frac{t_{\text{оп}}}{t_u} \quad (3.5)$$

де $T_{\text{оп}}$ - термін зміни товарного зразка оливи, км;

t_u - тривалість проведення оцінки властивостей олив, г;

$t_{\text{оп}}$ - час, за яке дослідні оливи в заданих умовах випробувань досягне граничних значень, що і товарне масло за час t_u , г.

Для практичних цілей авторами [33] була представлена математична залежність, яка враховує час досягнення показників браку:

$$t_{x_{\text{бр}}} = \tau \cdot \frac{\ln(\Delta X_{\tau} - X_{\text{бр}} \cdot (1 - A)) / \Delta X_{\tau}}{\ln A}, \quad (3.6)$$

$$t_{c_{\text{бр}}} = \tau \cdot \frac{\ln(C_{\text{бр}} \cdot (1 - A \cdot B) - C_0 \cdot B \cdot (1 - A)) / C_0 \cdot (1 - B)}{\ln A \cdot B}, \quad (3.7)$$

де $t_{x_{\text{бр}}}$, $t_{c_{\text{бр}}}$ - час, за який показники забруднень і лужності досягнуть граничного значення;

ΔX_τ - приріст концентрації продуктів забруднення за період τ між черговими доливаннями в характерних умовах експлуатації двигуна;

$C_{бр}, X_{бр}$ - показники бракувань концентрації забруднень і лужності;

$A = (G_0 - g \cdot \tau) / G_0$ - безрозмірний параметр, що характеризує ступінь освіження оливи при доливаннях;

G_0, g - початкова кількість оливи в системі і швидкість його витрачання;

$B = \exp(-k \cdot \tau) = C_n / C_{n-1}$ - безрозмірний параметр, що характеризує ступінь спрацьовування присадки за період τ в характерних умовах експлуатації двигуна; k - константа швидкості спрацьовування присадки;

C_0 - початкове значення параметра, що відображає хімічну природу присадки.

Досліджуючи працездатність олив, авторами [35] були отримані емпіричні рівняння, що встановлюють зв'язок між часом працездатності оливи у вузлі тертя кочення, навантаженням і температурою

$$\lg \tau = A' + B' / T; \quad (3.8)$$

$$\lg \tau = A'' + B'' / \sigma_{cp}, \quad (3.9)$$

де τ - час працездатності оливи, мин;

T - температура підшипника $^{\circ}\text{C}$;

A' і B' - постійні залежні від навантаження;

A'' і B'' - постійні залежні від температури;

σ_{cp} - середня напруга в зоні контакту середніх куль з кільцем підшипника.

В роботі [16] стан моторно] оливи оцінюється по узагальненому комплексному показнику ($K_{кп}$), що складається з суми оцінних одиничних діагностичних показників:

$$K_{\text{КП}} = \sum_{i=1}^{i=n} K_i \leq K_{\text{ПР}}; \quad (3.10)$$

$$K_{\text{ПР}} = \sum_{i=1}^{i=n} K_i - T \cdot \alpha; \quad (3.11)$$

де K_i - показник стану моторного оливи по i -му параметру, бали;

n - число визначальних діагностичних показників;

$K_{\text{ПР}}$ - граничне значення комплексного показника за станом оливи, бали;

T - напрацювання двигуна, мото-годин;

α - постійна, яка розраховується досвідченим шляхом для кожного двигуна.

В іншій роботі автор також вважає, що повну оцінку фактичного стану оливи може дати узагальнюючий коефіцієнт якості оливи:

$$g = \frac{n \cdot P_{\phi}^{on}}{\sum P_{\phi}} = \frac{n \cdot T_{\phi}^{on}}{P_{\phi}^{on} + K_1 \cdot \gamma_{\phi} \cdot K_2 \cdot C P_{\phi} + K_3 \cdot X_{\phi} + K_4 \cdot W_{\phi} + K_5 \cdot T_{\phi}}, \quad (3.12)$$

де n - кількість показників;

P_{ϕ}^{on} - визначальний показник;

K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 - коефіцієнти приведення;

$\gamma_{\phi}, C P_{\phi}, X_{\phi}$ - фактичне значення показників / в'язкість, світлопроникність, нерозчинні домішки /;

W_{ϕ}, T_{ϕ} - фактичні значення води і палива %.

На основі кореляційного аналізу була запропонована схема прогнозування експлуатаційних властивостей оливи з присадками

$$Y = \sum_{i=1}^n k_i \cdot x_i; \quad (3.13)$$

де Y - параметр, рівень функціональної властивості, що відображає;

n - кількість методів використовуються для випробувань;

k_i - ваговий коефіцієнт (ранг) i -го методу;

x_i - результат випробувань оливи по i -му методу, виражений в одиницях умовної шкали.

В.С. Дмитрієнко в своїй роботі пропонує спочатку визначати орієнтовний термін служби оливи до заміни:

$$L = \frac{\ln[(A - Q_g) \cdot C_0] - \ln(A \cdot C - Q_g \cdot C_0)}{A}, \quad (3.14)$$

де $A = \bar{K} \cdot G_M^{1-z} + Q_y$;

\bar{K} - дослідний коефіцієнт, що характеризує швидкість спрацьовування присадки;

G_M - кількість оливи в двигуні

Q_y, Q_g - швидкість чаду і долива оливи;

Z - дослідний показник, який характеризує співвідношення спрацьовування присадки в зоні поршневих кілець і в картері;

C_0 - початкова концентрація присадки в свіжому оливі;

C - визначувана концентрація присадки в оливі.

Потім термін служби оливи коректується по формулі

$$L' = L \cdot K_B \cdot K_\Phi \cdot K_T \cdot K_{TO-2}, \quad (3.15)$$

де K_B - коефіцієнт, що враховує тип системи вентиляції картера;

K_Φ - коефіцієнт, що враховує тип фільтруючого елемента;

K_T - коефіцієнт, що враховує тип палива;

K_{TO-2} - коефіцієнт, що враховує періодичність ТО2 двигуна.

В іншій роботі автор пропонує проводити зміну оливи по приведеному часу роботи двигуна:

$$t_{\text{ПР}} = Q_0 / G_{T \text{max}} = (Q_P + Q_{\text{ХХ}} + Q_{\text{ОСТ}}) / G_{T \text{max}}, \quad (3.16)$$

де Q_0 - загальна витрата палива, кг;

$G_{T \text{max}}$ - максимальна годинна витрата палива, кг/г;

Q_P , $Q_{\text{ХХ}}$, $Q_{\text{ОСТ}}$ - відповідно витрата палива на робочому режимі, холостому ході і зупинках, кг.

Термін зміни оливи при повному виснаженні запасу присадок і граничної концентрації присадки (близької до нуля) в роботі [17] визначається по формулі:

$$T = \frac{C_0 \cdot (V_K - g_m \cdot t) \cdot m \cdot \beta \cdot B_0 \cdot S_V}{32 \cdot K_{\text{П}} - K_{\text{В}}} - C_0 \cdot g_m, \quad (3.17)$$

де C_0 - початкова концентрація металу присадки, г/г оливи;

m - атомна вага металу присадки;

β - частка газів, що прориваються в картер в такті розширення;

B_0 - загальна кількість газів прориваються в картер, м³/ч;

T - термін зміни оливи, ч;

S_V - вміст сірки в продуктах згоряння, г/м³;

$K_{\text{П}}$ - коефіцієнт, що враховує повноту використання металу присадки на реакцію нейтралізації;

$K_{\text{В}}$ - коефіцієнт, що враховує валентність металу присадки (для Двовалентних $K_{\text{В}} = 1$); V_K - місткість системи змащення двигуна, г;

g_m - витрата оливи / доливши / , г/г;

t - час роботи двигуна без доливання оливи перед повною його зміною, г.

Аналізуючи існуючі математичні моделі визначення терміну зміни оливи, можна зробити висновок, що жодна модель не враховує умов експлуатації, навантаження-швидкісного режиму і індивідуальних особливостей двигуна, які на наш погляд є переважаючими в порівнянні з іншими факторами.

3.3 Аналіз вже відомих критеріїв подібності

Аналіз сучасних стандартних методів визначення якості моторних оливи показав, що отримані експлуатаційні показники на еталонних двигунах, відповідають тільки для цих типів двигунів і не можуть дати повної підстави для рекомендації до вживання на інших двигунах, оскільки вони можуть бути виконані з інших матеріалів і використовувати інші сорти палив.

Дослідниками робилися спроби створити якісь критерії, які б включали всю складність роботи оливи в двигуні внутрішнього згорання.

Авторами [18, 19] були виведені наступні критерії:

1) критерій подібності оцінки «жорсткості» роботи моторного оливи в двигуні

$$\pi_{\text{ДВС}} = \frac{N_{\text{л}} \cdot F_{\text{ц}}^{5/2} \cdot n \cdot g_e^2}{G_{\text{м}}} \quad (3.18)$$

Проаналізуємо отриманий критерій $\pi_{\text{ДВС}}$. Критерій $\pi_{\text{ДВС}}$ прагне максимального значення, коли для двигуна характерні велика літрова потужність і частота обертання (характеризує високий ступінь форсування), велика сумарна площа циліндрів (відповідає багаточиліндровим двигунам), велика питома витрата палива (відповідає великому навантаженню на двигун або великому ступеню зносу двигуна) при маленькому об'ємі системи змащення. Така характеристика відповідає сучасним високофорсованим двигунам з турбонаддувом. Отже, отриманий критерій по фізичному значенню може виступати для оцінки «жорсткості» роботи моторної оливи в двигуні.

2) критерій подібності оцінки службових властивостей моторних оливи:

$$\pi_{\text{М}} = \frac{E \cdot \text{Щ}^{2/3}}{\eta^2 \cdot C^{5/3}} \quad (3.19)$$

Проаналізуємо отриманий критерій π_m . Критерій π_m прагне максимального значення, коли енергетичний інтегральний критерій і лужне число оливи мають максимальне значення, тобто олива володіє хорошими протизношувальними і протизадирними властивостями, а також запобігає відкладенню смолянисто-асфальтових речовин, карбонів і карбоїдів на деталях двигуна при цьому здатний нейтралізувати сірку, що знаходиться в дизельному паливі, що зменшує корозійно-механічний знос верхньої частини гільзи циліндрів.

Збільшення значень кінематичної в'язкості і схильності до окислення, навпаки, приводить до зменшення значення π_m . Це відбувається через те, що при підвищенні в'язкості оливи збільшується його опір зсуву в масляному шарі, що приводить до збільшення втрат на тертя, особливо при пуску і роботі двигуна при низьких температурах. Схильність до окислення оливи характеризується кількістю тонкого шару оливи, який перетворюється на лакову плівку під дією температури. Тому, чим вище значення показника C , тим більше схильне масло до лакоутворювання [18,19], а, отже, і до погіршення температурного стану двигуна і закоксування поршневих кілець.

Проте для того, щоб визначити терміни заміни оливи в двигуні внутрішнього згоряння, необхідно знати залежність зміни критерію π_m від його напрацювання в двигуні, т. е. знати, як змінюватимуться службові властивості олив в процесі експлуатації ДВС. Такі дані можна отримати тільки через експлуатаційні випробування різних типів двигунів. Результатами випробувань будуть числові значення критерію π_m , які зменшуватимуться в процесі експлуатації двигуна, тобто зменшуватимуться протизносні і протизадирні властивості оливи (E), а також лужність ($Щ$), при одночасному збільшенні в'язкості (η) і схильності оливи до окислення (C).

В експлуатації важливо знати граничне значення критерію π_m , тобто числове значення, досягнувши якого моторну оливу необхідно замінити. Такі дані також одержують експериментальним шляхом, на основі великої вибірки двигунів внутрішнього згоряння.

3) критерій подібності оцінки часу напрацювання моторного оливи в двигуні:

$$\pi_t = \frac{S \cdot N_l^{3/4} \cdot t^{9/4}}{G_M^{3/4} \cdot G_d^{3/4}} \quad (3.20)$$

Як впливає з аналізу критерію подібності π_t (3.20): великий відсоток сірки в паливі, висока потужність двигуна або високий ступінь форсування, а також час роботи оливи в двигуні сприятимуть збільшенню критерію. Малий об'єм системи змащення, і відсутність доливу також сприятимуть збільшенню критерію. Все це приводитиме до збільшення критерію π_t в процесі напрацювання оливи в ДВС.

Аналіз показників ступенів змінних у формулі (3.20) дозволяє судити про ступінь впливу факторів, що входять в критерій π_t . Більшою мірою впливає час роботи оливи в двигуні, t (або пробіг автомобіля), у меншій мірі об'єм доливу оливи на чад, G_d ; об'єм системи змащення двигуна G_M і літрова потужність двигуна N_l .

Проаналізувавши вищеперелічені критерії можна зробити висновок, що жоден з них не дає комплексного уявлення про фактичний термін зміни моторних олів, а також критерії не мають експериментального підтвердження і засновані лише на теорії, а значить поки не застосовні до рішення практичних задач.

3.4 Висновки до розділу 3

Аналіз існуючих математичних моделей по визначенню термінів зміни моторних олів показав, що жоден з них не дає комплексного уявлення про фактичний термін зміни моторних олів, а критерії подібності не мають експериментального підтвердження і засновані лише на теорії, а значить поки не застосовні до рішення практичних задач.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ І ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОГО ТЕРМІНУ ЗАМІНИ МОТОРНИХ ОЛИВ

4.1 Сутність підходу і мета випробувань

Як показує практика, вибір моторної оливи повинен здійснюватися з урахуванням його сумісності з матеріалами вузлів тертя. Сумісність моторного оливи, як складного конструкційного елемента такої складної трибосистеми як двигун внутрішнього згоряння, визначає його ресурс і надійність. Іноді масло більш високої якості може викликати велику інтенсивність зношування вузлів тертя двигуна. Це обумовлюється тим, що той запас хімічно активних присадок у оливи не реалізується в робочому процесі двигуна і тому присадки починають поводитися хімічно агресивно по відношенню до ущільнень двигуна і матеріалів трибосполучень, або викликати абразивне зношування в результаті великого зольності [18, 19].

Підбір оливи для конкретного двигуна роблять з урахуванням якнайповнішої відповідності даному двигуну, з урахуванням його конструктивних і експлуатаційних характеристик [18, 19]. Виникає логічне запитання: як правильно провести підбір оливи до конкретного двигуна, як зміняться терміни заміни оливи при переході від однієї групи експлуатації до іншої, як врахувати конструктивні і експлуатаційні особливості того або іншого двигуна, рід виконуваної роботи, ступінь зношеності, якість палива.

Так для вибору типу моторних олив автором роботи [26,27] пропонується користуватися критерієм:

- склад парку автомобілів, тракторів і іншої техніки;
- умови експлуатації (якість вживаного палива, виконуваної роботи, температура навколишнього повітря);
- співвідношення між ціною оливи і рівнем його експлуатаційних

властивостей.

З першого висновку виходить, що необхідно враховувати конструктивні особливості двигуна внутрішнього згорання.

Забруднення оливи в працюючому двигуні йде безперервно. На швидкість забруднення оливи роблять вплив безліч чинників і, перш за все вигляд і властивості палива [26,27], тип, конструкція, технічний стан, режим роботи і умови експлуатації двигуна. Будь-які фактори, які знижують повноту згорання палива і збільшують прорив газів в картер, сприяють інтенсивному забрудненню оливи і, перш за все органічними домішками. Окрім накопичення забруднень органічного і неорганічного походження в моторному маслі в процесі роботи відбувається спрацьовування присадок, що є однією з головних причин заміни оливи [26, 27]. Все перераховане відноситься до умов експлуатації.

Тому метою даного розділу з'явилася розробка універсального критерійного підходу для підбору моторних олив до двигуна внутрішнього згорання, який містить у собі особливості конструкції двигуна, умови експлуатації двигуна і хімічні властивості оливи, і оцінки зниження службових властивостей моторних олив в процесі їх експлуатації в двигуні.

4.2 Вплив навантажено-швидкісного режиму на інтенсивність надходження продуктів зносу в оливу

При нормальному технічному стані до нормальної експлуатації двигуна головним чинником, що визначає протікання процесу старіння оливи, є навантажено-швидкісний режим. Він обумовлює температуру на поверхні тертя, внаслідок чого швидшають процеси старіння оливи, що приводить до інтенсивного утворення нагару і лаків, зростанню корозійного зносу поверхонь. При граничному режимі тертя в цих умовах можливі порушення цілності адсорбційної масляної плівки і задирів ЦПГ.

При експлуатації автомобіля на коротких відстанях, можливі часті пуски і зупинки, і тривала робота на холостому ході, що негативно впливає на тепловий

режим двигуна. При цьому умови роботи оливи можуть бути не менше жорсткими, ніж на високотемпературному режимі: погіршується процес згоряння палива, збільшується попадання в картер вуглистих частинок і важких фракцій палива. В результаті інтенсифікується процес старіння і забруднення оливи, відбувається випадання опадів.

В роботі [28] аналіз фізико-хімічних показників оливи, відібраних після 60 годин роботи, показав, що швидкість їх зміни залежить як від ступеня зносу ЦПГ, так і від завантаження його по потужності.

При завантаженні нового двигуна на 40 % від номінальної потужності і мінімальному зносі деталей двигуна досягає $\nu = 11,82 \text{ мм}^2 \cdot \text{с}^{-1}$, а при завантаженні на 80% $\nu = 12,43 \text{ мм}^2 \cdot \text{с}^{-1}$. При цих же завантаженнях двигуна при максимальному зносі його деталей $\nu = 14,22 \text{ мм}^2 \cdot \text{с}^{-1}$, і $\nu = 15,85 \text{ мм}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

Масова частка нерозчинного осаду, що містить в оливі в кінці досліджуваного циклу при мінімальному зносі і завантаженні на 40 % - 0,2 %, а при завантаженні на 80 % - 0,28 % . При максимальному зносі відповідно 0,83 і 1,48.

Лужне число при мінімальному зносі і завантаженні на 40 % -2,39 мг КОН /г, а при 80 % завантаженню - 2,16 мг КОН /г. При максимальному зносі відповідно 1,58 і 1,07 мг КОН /г.

Автор в роботі [16] робить висновок про визначальний вплив термохімічних процесів, що відбуваються в масляній плівці на деталях ЦПГ, на темпи і характер "старіння оливи" у всій масляній системі двигуна і про істотний вплив на інтенсивність цих процесів режиму навантаження двигуна.

Досліджуючи вплив зносу зубів стнда зубчатих передач на несучу здатність прямозубих передач, що працюють в масляному середовищі [29], автор отримав лінійну залежність зміни товщини масляного шару від навантаження в контакті поверхонь зубчатої передачі, що труть (рис. 4.1).

В роботі [20] авторами були проведені дослідження впливу чисел оборотів шестерінчастого редуктора на механічну деструкцію полиизобутиленів різної молекулярної ваги в розчині оливи МК - 8 (рис. 4.2).

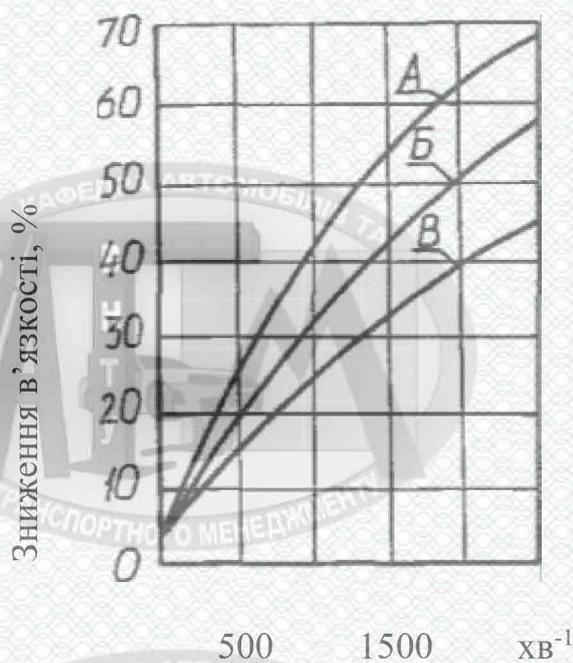
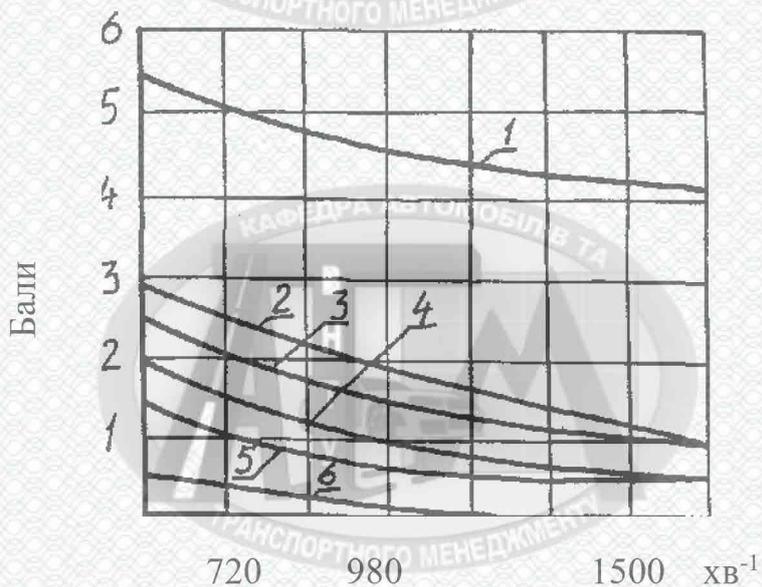


Рисунок 4.1 - Залежність деструкції розчинів поліізобутилена в мастилі МК-8 від швидкості обертання шестерень редуктора:

А, Б, В - групи розчинів поліізобутилена в оливі



І - масло ДС-П / базове / з різними композиціями присадок

Рисунок 4.2 - Лакоутворення на поршні залежно від числа оборотів двигуна

Автори в роботі [22] встановили, що лакоутворення на поршні обернено пропорційно до швидкості циркуляції оливи в системі змащення двигуна, тобто із збільшенням числа оборотів двигуна кількість лаку на поршні зменшується

Н.П. Петров встановив, що товщина масляного шару в підшипнику залежить від частоти обертання колінчастого валу, навантаження на підшипник, форми і станів поверхонь тертя. При зниженні товщини змащувального шару або його руйнування, що спостерігається при зменшенні в'язкості оливи і частоти обертання, а також збільшенні навантаження, пари, що тнуть, починають працювати в режимах напіврідинного або граничного змащування. В двигуні такі умови оливи спостерігаються для пари шийка-вкладиш підшипника колінчастого валу при пуску двигуна, для поршневих кілець при положенні поршня у верхній мертвій крапці, де в'язкість оливи і швидкість поршня мінімальні, і для пари важіль-кулачок розподільного валу при максимальних навантаженнях і низьких частотах обертання, наприклад, при русі автомобіля на підйомі на прямій передачі.

4.3 Вплив зовнішніх умов, технологічних і експлуатаційних факторів на інтенсивність надходження продуктів зносу в оливу

Терміни служби оливо в агрегатах автомобіля обумовлені багатьма факторами, серед них такі як: якість оливо, конструкції агрегату, умовами і режимом експлуатації автомобіля.

Зміну оливи проводять при значній зміні його показників в порівнянні з початковими: в'язкості, кислотності, лужності, протизношувальних, антиокислювальних, антикорозійних і інших властивостей. На зміну показників оливи в значній мірі впливають умови експлуатації: навантаженість трансмісії, температурний режим, інтенсивність надходження продуктів забруднення / пил, вода, продукти зносу деталей / механічна дія і т.д.

Одним з важливих факторів, що визначають термін зміни оливо, є умови експлуатації автомобіля. Були найбільш навантажені агрегати при експлуатації автомобіля на ґрунтовій дорозі / навантаженість характеризується енергією, яка

передається на 1 км пробігу / в найменшій мірі - на швидкісних магістралях. Якщо прийняти питому енергію при роботі автомобіля в умовах 1-ої групи за 1, то в інших умовах експлуатації вона складе відповідно: по дорогах 2-ої групи-1,13 .1,66; 3-ій групи - 1,33.1,89 ; 4-ої групи -1,59.1,94 ; 5-ої групи - 1,97...2,21.

Встановлення оптимальної періодичності зміни оливи, також впливає на інтенсивність зношування двигуна (рис. 4.3) [21].

При використуванні наддуву теплова напруженість двигуна різко підвищується, посилюються умови роботи оливи в ньому. При роботі двигуна на форсованому високотемпературному режимі спостерігається підвищення в'язкості оливи в результаті випаровування низькокиплячих фракцій оливи, розкладання присадок, накопичення продуктів окислення оливи, велике насичення оливи повітрям веде до збільшення: швидкості окислення оливи і підвищенню продуктів зносу в оливі (рис. 4.4).

На швидкість окислення, утворення шлаків робить вплив технічний стан двигуна. Так, в 1,35 рази збільшується кількість відкладень при збільшенні зазору в зоні поршневих кілець від 0,6 до 1,2 мм Це пояснюється різким збільшенням прориву газів в картер.

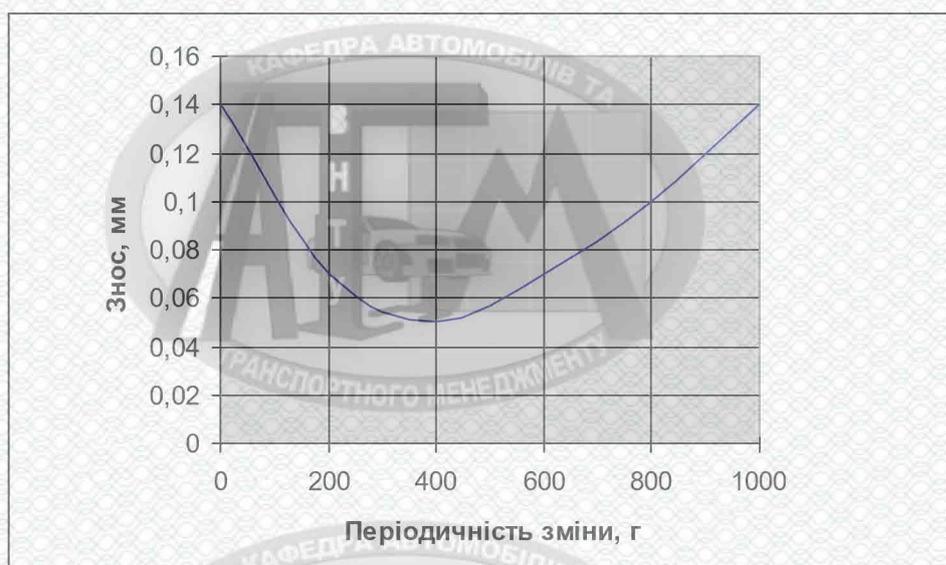


Рисунок 4.3 - Залежність зношування гільз циліндрів двигуна КДМ-46 від періодичності зміни оливи

На окислювальність оливи каталітично впливає стара олива. Тому перед заправкою свіжою оливою картер і всю масляну систему необхідно промити. У присутності старих продуктів окислення термін служби свіжої оливи зменшується в 1,5...2 рази.

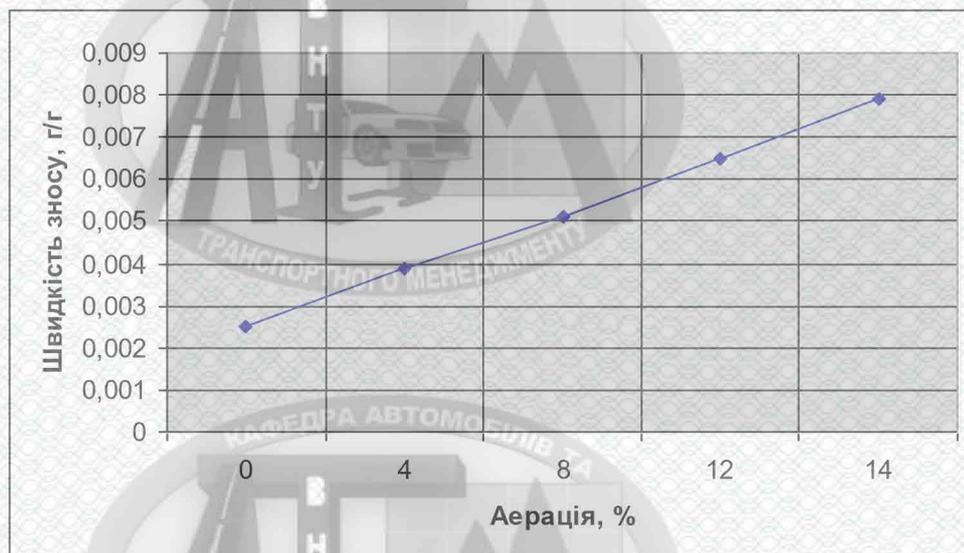


Рисунок 4.4 - Темп зносу вкладишів підшипників колінчастого валу залежно від аерації моторної оливи

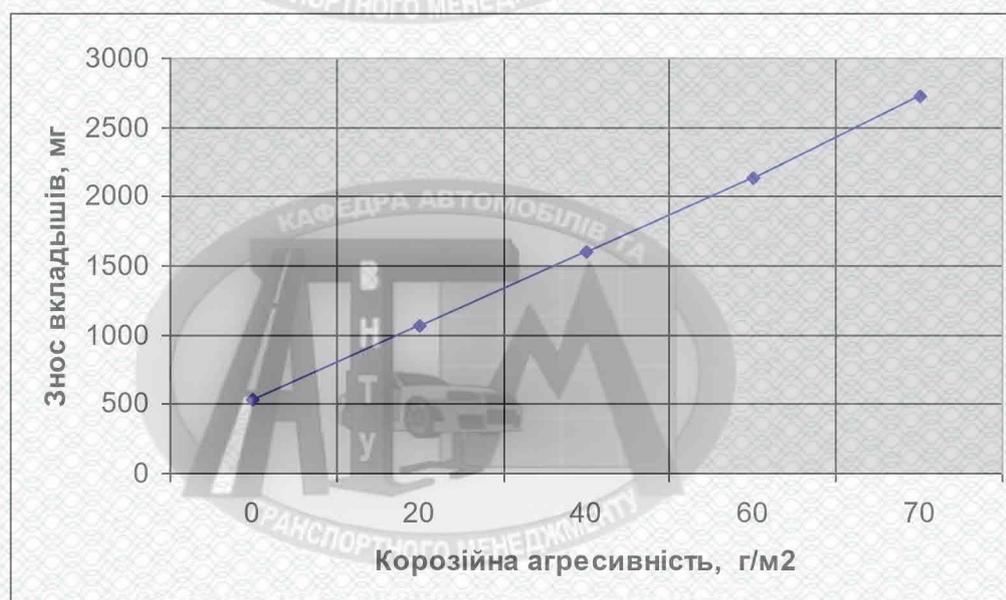


Рисунок 4.5 - Залежність зносу вкладишів підшипників колінчастого валу дизеля від корозійної агресивності кислими продуктами окислення оливи

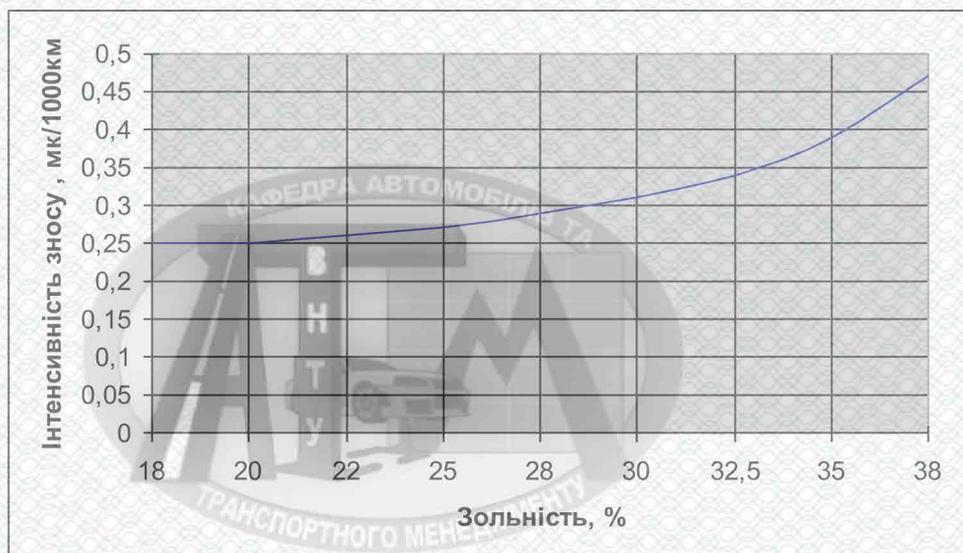


Рисунок 4.6 - Інтенсивність зносу поршневих канавок залежно від зольних відкладень, що нагромаджуються в них

В зношених двигунах олива окислюється значно швидше (особливо в двигунах, що пройшли капітальний ремонт), ніж в нових. Агресивні органічні кислоти, що утворюються, викликають корозійний знос вкладишів підшипників колінчастого валу (рис. 4.5).

Істотний вплив в дизелях на утворення вуглецевих і інших відкладень надає паливо. У відпрацьованих газах дизелів міститься значна кількість сажі. Кількість сажі, що потрапляє в оливу, наприклад, в двигуні типу ЯМЗ-236 за 200 г роботи Може скласти від 60 до 600 р. Чим гірше технічний стан двигуна, тим більше сажі міститься у відпрацьованих газах і тим більше потрапляє її в оливу.

Фільтруючі елементи, вентиляція картера уповільнюють, але не запобігають старінню оливи.

Частину оливи, що потрапляє в камеру згоряння двигуна і що піддається дії високих температур, утворюють зольні відкладення. Це погіршує теплоотвід деталей і веде ще до більш інтенсивного їх нагрівання, слідством чого буває оплавлення до розтріскування поршнів, прогар выпускних клапанів і збільшення інтенсивності зношування (рис. 4.6).

У такий спосіб знання основних причин забруднення оливи й утворення відкладень на деталях у двигуні дає можливість визначати сутність явищ, що відбуваються при цьому, і знаходити шляху по їх усуненню.

Приведені матеріали наочно свідчать про те, що виконання змащувальних функцій моторного оливи відбувається у виключно важких умовах. Особливості конструкції і експлуатації сучасних двигунів пред'являють до олив ще ряд специфічних вимог, задоволення яких, з погляду забезпечення нормальної роботи двигуна, не менш важливо, ніж вимог по високій здатності моторних олив.

4.4 Обґрунтування вибору параметрів для критерію фактичного терміну зміни моторної оливи в двигуні та його аналіз

Критеріальний підхід повинен вирішувати три задачі:

1. Оцінити “жорсткість” роботи моторного оливи в двигуні внутрішнього згоряє з урахуванням його ступеня форсування, роду виконуваної роботи, ступені зносу, конструктивних особливостей. На підставі проведеної оцінки вибрати групу експлуатації оливи по ДСТ: А; б; В; Г; Д, або по API: SE; SF; SG; SH; SJ (для бензинових ДВС); CC; CD; CE; CF – 4; CF; CG – 4; CH – 4 (для дизельних ДВЗ).

2. Оцінити закономірності зміни службових властивостей моторної оливи (погіршення групи експлуатації) в процесі його напрацювання в двигуні. Знання закономірності зміни службових властивостей дозволить розрахунковим шляхом визначати час напрацювання або пробіг, досягши яких службові властивості оливи досягають гранично – допустимих значень, що вимагають заміни оливи.

3. Оцінити залежність впливу на зміну службових властивостей моторного оливи таких експлуатаційних факторів, як якість палива, об'єм системи змащення, об'єм доливу свіжої оливи, ступені форсування двигуна і часу роботи (пробігу) автомобіля.

В процесі аналізу літературних джерел, який був представлений в 1 розділі справжньої роботи і експертного опиту фахівців в області будування ДВЗ, хімотології і експлуатації двигунів внутрішнього згоряння і аналізу

багатофакторних параметрів, що впливають на умови роботи оливи ("жорсткість" роботи оливи в ДВС) були вибрані наступні величини:

N_l – літрова потужність двигуна, Вт/м³, характеризує відношення ефективної потужності двигуна N_t , до робочого об'єму циліндрів, м³. Даний параметр характеризує ступінь форсування двигуна, наявність турбонаддуву і т. д. Після перетворення розмірності в системі СІ, Вт/м³ відповідає – кг/м·с³.

$\Sigma Q'_n$ – сумарна(фактичний) витрата палива, скоректована згідно умовам експлуатації, л.

$F_{ц}$ – бічна площа поршня, що характеризує конструктивні особливості двигуна. Даний параметр характеризує втрати на тертя в двигуні внутрішнього згоряння, тому що циліндропоршнева група вносить максимальний відсоток в ці втрати. Окрім цього, чим більше $F_{ц}$, тим більший об'єм оливи (у вигляді тонкої плівки) контактує з гарячими відпрацьованими газами, а, отже, окислюється. Розмірність в системі СІ – м².

n/G_m – параметр, що характеризує "оборотність" оливи в двигуні

де $n_{e_{max}}$ – максимальні обороти ДВС, 1/с;

G_m – об'єм оливи в системі мастила, кг.

Великі обороти і невеликий об'єм системи мастила сприяє більшій оборотності одиниці об'єму оливи через трібосистеми ДВЗ, а, отже, і до інтенсивного накопичення продуктів окислення і спрацьовування присадок.

Основними параметрами, що характеризують зміну службових властивостей моторних оливок в двигуні внутрішнього згоряє в процесі експлуатації, були вибрані:

E – енергетичний інтегральний критерій оцінки трібологічної характеристики оливи, Дж/м³. Згідно роботі [18, 19] даний критерій визначається на чотирьохкульковій машині тертя і враховує наявність в оливі протизношувальних і протизадирних присадок, а також швидкість їх спрацьовування.

Як енергетичний інтегральний критерій оцінки трібологічної характеристики змащувального матеріалу в трібосистемі авторами роботи [18, 19] пропонується густина енергії, що затрачує на розрив адгезійних містків і видалення одиничного

об'єму матеріалу в процесі зношування – питома робота зношування. Даний критерій математично можна виразити у вигляді:

$$E_y = \frac{L_1 \cdot P_1 \cdot \mu_1}{D_u^3} + \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot \sum_{i=196}^{P_k} \frac{P_i \cdot L_2 \cdot \mu_i}{D_i^3} + \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \cdot \sum_{j=P_{k+1}}^{P_{c-1}} \frac{P_j \cdot L_2 \cdot \mu_j}{D_j^3} \quad (4.1)$$

де L_1 – шлях тертя при визначенні значення D_i , м;

P_1 – діюче навантаження при визначенні значення D_i , Н;

μ_1 – коефіцієнт тертя при визначенні показника зносу;

D_i – діаметр плями зносу, м;

α – кут нахилу прямої, що характеризує протизносні властивості змащувального матеріалу;

P_i – i -е навантаження, значення якого беруться по першому ряду (ДСТ 9490 – 75) навантаження від 196 Н до значення, відповідного критичному навантаженню P_k , Н;

L_2 – шлях тертя при визначенні індексу задирака, м;

μ_i – коефіцієнт тертя у вузлі тертя при дії відповідного навантаження;

D_i – середній діаметр плями зносу нижніх кульок при P_i , м;

P_k – критичне навантаження, Н;

β – кут нахилу прямої, що характеризує противозадирні властивості змащувального матеріалу;

P_j – j -я навантаження, значення якого беруться по першому ряду навантаження від величини навантаження, наступного після критичної P_{k+1} , до значення навантаження P_{c-1} , попередньому навантаженню зварювання, Н;

μ_j – коефіцієнт тертя у вузлі тертя при дії відповідного навантаження;

D_j – середній діаметр плями зносу нижніх кульок при P_j , м;

Відношення добудку прикладеного навантаження на шлях тертя (робота, що витрачає) до об'єму зношеного матеріалу, який пропорційний кубу середнього діаметра плями зносу нижніх кульок, є питома робота зношування. Тангенси кутів α і β – вагові коефіцієнти, що характеризують швидкість зниження несучої

здатності і працездатності протизносних і протизадирних присадок відповідно. Чим менше значення цих коефіцієнтів, тим менше швидкість зниження трибологічних характеристик змащувального матеріалу.

Таким чином, величина густини енергії є інтегральною величиною і складається з трьох складових:

1. Питома робота зношування, що характеризує собою протизносні властивості змащувального середовища, тобто наявність ПАВ (поверхнево – активних речовин) в змащувальному матеріалі, перший доданок формули (4.1).

2. Питома робота зношування, що характеризує межу несучої здатності поверхнево – активних речовин в змащувальному середовищі і швидкість падіння несучої здатності, другий доданок формули (3.4).

3. Питома робота зношування, що характеризує наявність в змащувальному середовищі протизадирних присадок (хімічно – активних речовин), межа їх працездатності і змащувального матеріалу в цілому, швидкість падіння протизадирних властивостей, третій доданок формули (3.4).

Чим більше сума перерахованих доданків, тим вище трибологічна характеристика змащувального матеріалу.

Щ – лужне число оливи, мг·КОН/г оливи, яке характеризує здатність оливи нейтралізувати сірчисті з'єднання, що утворюються в процесі того, що згоряє палива, що містить сірку. Розмірність в системі СІ – кг.

η – кінематична в'язкість оливи, мм²/с, характеризуюча втрати на тертя. Розмірність в системі СІ – м²/с.

С – схильність оливи до окислення, характеризує здатність оливи утворювати лаки, смоли і інші високотемпературні відкладення. Розмірність в системі СІ – кг/м³.

Окрім накопичення забруднень органічного і неорганічного походження в моторному маслі в процесі роботи відбувається спрацьовування присадок, що є однією з причин заміни оливи [26,27]. Автором роботи [26,27] був проведений аналіз зменшення лужної присадки в маслі в процесі експлуатації двигуна з урахуванням долива оливи і без долива. Основними висновками такого аналізу є те, що при

малому чаді оливи концентрація присадки може приймати значення нижче допустимого рівня. У такому разі масло в двигуні необхідно замінити на свіже.

Якщо чад оливи має місце, то за рахунок долива свіжого оливи (має високу концентрацію присадки) зміст присадки в цілому знаходитиметься на граничному (допустимому) рівні, що забезпечує надійну експлуатацію двигуна.

Таким чином додаються наступні параметри:

S – наявність сірки в паливі, характеризує швидкість спрацювання лужної присадки в маслі. Відсутність лужної присадки приведе до корозійно-механічного зношування гільз циліндрів. Розмірність в системі СІ – м^3 ;

G_d – об'єм долива свіжого оливи, характеризує ступінь "освіження" оливи в картері двигуна за рахунок введення присадок. Розмірність в системі СІ – кг.

A - середньозважений вміст пилу в повітрі

K - кислотне число, що характеризує корозійну агресивність оливи

Перераховані вище чинники лягли в основу висновку критерію фактичного терміну зміни моторної оливи в двигуні:

$$\pi_t = \left(\frac{N^a_l \cdot F^b_{\text{II}} \cdot n^d_{e_{\text{max}}}}{G^c_M} \right) \cdot E \cdot (\sum Q'_H)^e \cdot G^f_D \cdot \frac{\text{III}^m}{\eta^k \cdot C^p \cdot S^l \cdot A^s \cdot K^t} \quad (4.2)$$

де - $a, b, z, d, e, f, i, \text{до}, l, m, n, p, s, t$ - емпіричні коефіцієнти, визначувані значущість кожного параметра, визначувані на підставі експериментальних даних і методами математичної статистики.

4.5 Результати випробувань

Технічні характеристики двигунів, які випробовувалися, наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики двигунів, які випробовувалися

Тип ДВЗ	Потужність двигуна, N, Вт	Робочий об'єм двигуна, V, м ³	Робоча площа циліндрів F, м ²	Літрова потужність двигуна, N/V, Вт / м ³	Середня годинна витрата палива, G, кг / г	Питома витрата палива, g, кг /Вт з 3600	Об'єм системи мащення, G, кг
BA3 2131	6000	0,00169	0,0824	3,550295858* 10 ⁷	3,2752	1,516296296 *10 ⁻⁸	6,2
Volvo 460 1,8i Relax	66000	0,001783	0,0868	3,7016264 *10 ⁷	2,16448	0,910976431 *10 ⁻⁸	5,3
Audi A3 1,6 Attraction	74000	0,001595	0,0788	4,6394984 *10 ⁷	2,05056	0,769729 *10 ⁻⁸	3,5
VW	53000	0,001595	0,084	4,132748904 *10 ⁷	2,07904	0,875016835 *10 ⁻⁸	3,4

Експлуатаційні випробування оливи API SL/CF-4 на автомобілях з двигунами BA3 2131, Volvo 460 1,8i Relax, AudiA3 1,6 Attraction, VW.

Методика випробувань полягає в узятті проб масла і їх аналізу згідно існуючих ДСТ і порівнянню отриманих показників працюючої оливи з первинними показниками непрацюючої оливи. Були вибрані наступні критерії якості оливи: змащувальні властивості, схильність до відкладень, прокачуваність, схильність до випаровування. У зв'язку з цим аналіз масла проходив по таких показниках:

- показник зносу, мм (ГОСТ 9490);
- критичне навантаження, Н (ГОСТ 9490);
- навантаження зварювання, Н (ГОСТ 9490);
- лужне число, мг КОН (ГОСТ 11362);
- масова частка води в оліві (ГОСТ 2477);
- в'язкість при 100 °С, сСт (ГОСТ 33);

- температура спалаху у відкритому тиглі, °С (ГОСТ 4333);
- долив оливи, л.

Одержані результати випробувань наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Результати випробувань

Показник	Автомобіль	Нова олива	Відпрацьована		
			7 тис. км	10 тис. км	15 тис. км
Показник зносу	Volvo 460 1,8i Relax	0,35	0,36	0,39	0,40
	AudiA3 1,6 Attraction	0,35	0,37	0,39	0,39
	VW	0,35	0,35	0,38	0,39
	BA3 2131	1098	1098	1098	1098
Критичне навантаження	Volvo 460 1,8i Relax	1098	1098	1098	980
	AudiA3 1,6 Attraction	1098	1098	1098	980
	VW	1098	1098	1098	1098
	BA3 2131	2068	2068	2068	2068
Навантаження зварювання	Volvo 460 1,8i Relax	2068	2068	2068	1960
	AudiA3 1,6 Attraction	2068	2068	2068	1960
	VW	2068	2068	2068	2068
	BA3 2131	8,2	7,4	6,7	6,4
Лужне число	Volvo 460 1,8i Relax	8,2	7,0	6,5	6,0
	AudiA3 1,6 Attraction	8,2	6,8	6,2	5,8
	VW	8,2	7,2	6,6	6,4
	BA3 2131	немає	сліди	сліди	сліди
Масова частка води в оливі	Volvo 460 1,8i Relax	немає	сліди	сліди	0,04
	AudiA3 1,6 Attraction	немає	сліди	сліди	0,04
	VW	немає	сліди	сліди	сліди
	BA3 2131	15,3	12,3	12,3	12,1
В'язкість при 100 °С	Volvo 460 1,8i Relax	15,3	12,0	11,8	11,3
	AudiA3 1,6 Attraction	15,3	12,0	11,9	11,4
	VW	15,3	12,8	12,6	12,4
	BA3 2131	228	215	214	213
Температура спалаху у відкритому тиглі	Volvo 460 1,8i Relax	228	210	206	201
	AudiA3 1,6 Attraction	228	208	204	200
	VW	228	214	214	213
	BA3 2131	-	-	0,1	-
Долив оливи, л	Volvo 460 1,8i Relax	-	0,2	0,1	0,2
	AudiA3 1,6 Attraction	-	0,2	0,1	0,2
	VW	-	0,2	0,1	-
	BA3 2131	-	-	-	-

4.6 Висновки до розділу 4

В результаті проведених випробувань були отримані експериментальні данні , які дозволяють визначити фактичний термін зміни моторних олив двигунів ВАЗ 2131, Volvo 460 1,8i Relax, AudiA3 1,6 Attraction, VW.



ВИСНОВКИ

1. Був проведений аналіз умов роботи моторних оливи в ДВЗ та факторів, які впливають на періодичність їх зміни. Це перш за все “жорсткість” роботи моторного оливи в двигуні внутрішнього згоряє з урахуванням його ступеня форсування, роду виконуваної роботи, ступені зносу, конструктивних особливостей (літрова потужність двигуна, бічна площа поршня та ін.), закономірності зміни службових властивостей моторної оливи (погіршення групи експлуатації) в процесі його напрацювання в двигуні та вплив таких експлуатаційних факторів, як якість палива, об'єм системи змащення, об'єм доливу свіжої оливи, ступені форсування.

2. Єдиним шляхом для надійного визначення експлуатаційних властивостей оливи є проведення досліджень і випробувань в такій послідовності: лабораторні дослідження, стендові випробування, експлуатаційні випробування і дослідна експлуатація великої кількості автомобілів.

3. Аналіз існуючих математичних моделей по визначенню термінів зміни моторних оливи показав, що жоден з них не дає комплексного уявлення про фактичний термін зміни моторних оливи, а критерії подібності не мають експериментального підтвердження і засновані лише на теорії, а значить поки не застосовні до рішення практичних задач

4. В роботі був отриманий критерій фактичного терміну зміни моторної оливи, який враховує конструктивні особливості двигуна (літрова потужність двигуна, бічна площа поршня, максимальні обороти, об'єм оливи в системі змащення), умови експлуатації (сумарна(фактичний) витрата палива, скоректована згідно умовам експлуатації, енергетичний інтегральний критерій, об'єм доливу свіжої оливи) та закономірності зміни службових властивостей моторної оливи (кінематична в'язкість оливи, схильність оливи до окислення, лужне число оливи).

5. В результаті проведених випробувань були отримані експериментальні данні, які дозволяють визначити фактичний термін зміни моторних оливи двигунів ВАЗ 2131, Volvo 460 1,8i Relax, AudiA3 1,6 Attraction, VW B3.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кужель В.П. Види присадок та варіанти модифікації складу автомобільного палива / В.П. Кужель, В.В. Слободян, Р.Д. Шонік // Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 20-22 жовтня 2025 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2025. – С. 262 – 264 (PDF, 536 с.). ISBN 978-617-8163-71-6 (PDF).
2. Біліченко В.В. Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / Уклад. В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, В.П. Кужель. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 90 с.
3. Волошина М.А. Розробка режимів для технічного обслуговування транспортних машин на основі діагностичної інформації – Дис. к.т.н. – Харків 2001 – 151с.
4. Біліченко В.В. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту : Навчальний посібник / В.В. Біліченко, В. П. Кужель. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 162 с.
5. Бідняк М. Н. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика. Монографія / М. Н. Бідняк, В. В Біліченко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006 – 176 с.
6. Редзюк А.М. Вдосконалення управління автомобільним транспортом // Автошляховик України / Редзюк А.М. – К., 2005. - №2.- С.3-8.
7. Буренніков Ю.Ю. Економіка транспорту: навчальний посібник / Ю.Ю. Буренніков – Вінниця: ВНТУ, 2019 – 121 с.
8. Воркут А.І. Комплексні транспортні проблеми як поле діяльності відділення «Автомобільний транспорт та інтегровані системи» // / Воркут А.І. Вісник НТУ та Транспортної Академії України.- К., 2002.- Вип. 6. – С. 53-58.

9. Рудзінська О.В. До аналізу застосування статичних методів при визначенні якості послуг в автотранспортній галузі / Рудзінська О.В. // Автошляховик України. – К., 2003.- №5. - С.10-11.

10. Марков О.Д. Шляхи вирішення основних проблем автосервісу в Україні / Марков О.Д., Дубовой В.В. // Автошляховик України. – К., 2005.- №1.- С.19-21.

11. Технологічне проектування підприємств автосервісу: Навчальний посібник / За ред. І. П. Курнжова - К.: Видавництво «Іван Федоров», 2003. – 262с.

12. Березюк О. В. Охорона праці. Підсумкова державна атестація спеціалістів, магістрів в галузях електроніки, радіотехніки, радіоелектронних апаратів та зв'язку : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 104 с.

13. Кашканов А.А. Економіка підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник / Кашканов А.А., Ребедайло В.М. – Вінниця: ВДТУ, 2004. - 116 с.

14. Кужель В.П. Основи ліцензування та сертифікації на автомобільному транспорті : навчальний посібник / В.П. Кужель, А.А. Кашканов – Вінниця : ВНТУ, 2018 – 121 с.

15. Левковець П.Р. Управління автомобільним транспортом. Навчальний посібник. За редакцією Д.В. Зеркалова / Левковець П.Р., Зеркалов Д.В. Мельниченко О.І., Казаченко О.Г. – К.: Арістей, 2006.– 416 с.

16. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах / Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Барилевич Л. П., Бойко Г. Ф. та ін. – К.: Логос, 1996. – 348 с.

17. Кукурудзяк Ю.Ю. Метод автоматизованого діагностування системи запалювання та системи керування автомобільним двигуном. Монографія / Кукурудзяк Ю.Ю., Ребедайло В.М. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 143 с.

18. Правила охорони праці на автомобільному транспорті // Державний комітет України по нагляду за охороною праці; Державний нормативний акт про охорону праці. – Київ, 1997.

19. Форнальчик Є.Ю. Експлуатація і обслуговування машин. Конспект лекцій / Форнальчик Є.Ю. – Львів, 2005. – 145 с.

20. Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю: ДСТУ 3649:2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.insat.org.ua/files/project/dstu_3649 (дата звернення 30.11.2025). — Назва з екрана.

21. Біліченко В.В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник / В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, Ю.Ю. Кукурудзяк, С.В. Цимбал. – Вінниця: ВНТУ – 2010. – 132 с.





Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра АТМ

**«Підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування
автомобілів в умовах станції технічного обслуговування
автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій
Дмитрович» місто Жмеринка шляхом визначення фактичного
терміну заміни моторних олив»**

Ілюстративна частина до магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

Виконав: здобувач 2-го курсу,
групи 1АТ-24м Віктор СЛОБОДЯН

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ
Володимир КУЖЕЛЬ

Вінниця - 2025

Актуальність теми.

Прогнозування термінів зміни оливи може принести істотну економію як мастильних матеріалів так і економію коштів на обслуговування автомобілів. Досвід застосування оливи у двигунах говорить за те, що в багатьох випадках олива, що вже працювала, до моменту зливу зберігає запас якості, достатній для подальшої експлуатації на певний час. Найчастіше таке положення складається на автомобілях, агрегати яких експлуатувалися на часткових навантаженнях при сприятливих кліматичних умовах.

Аналіз існуючих математичних моделей по визначенню термінів зміни моторних оливи показав, що жоден з них не дає комплексного уявлення про фактичний термін зміни моторних оливи, а критерії подібності не мають експериментального підтвердження і засновані лише на теорії, а значить поки не застосовні до рішення практичних задач

Мета роботи: підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування шляхом визначення фактичного терміну заміни моторних оливи.

Об'єкт дослідження: процес визначення фактичного терміну заміни моторної оливи в автомобільних двигунах внутрішнього згорання.

Предметом дослідження є процеси мащення в двигунах легкових автомобілів.

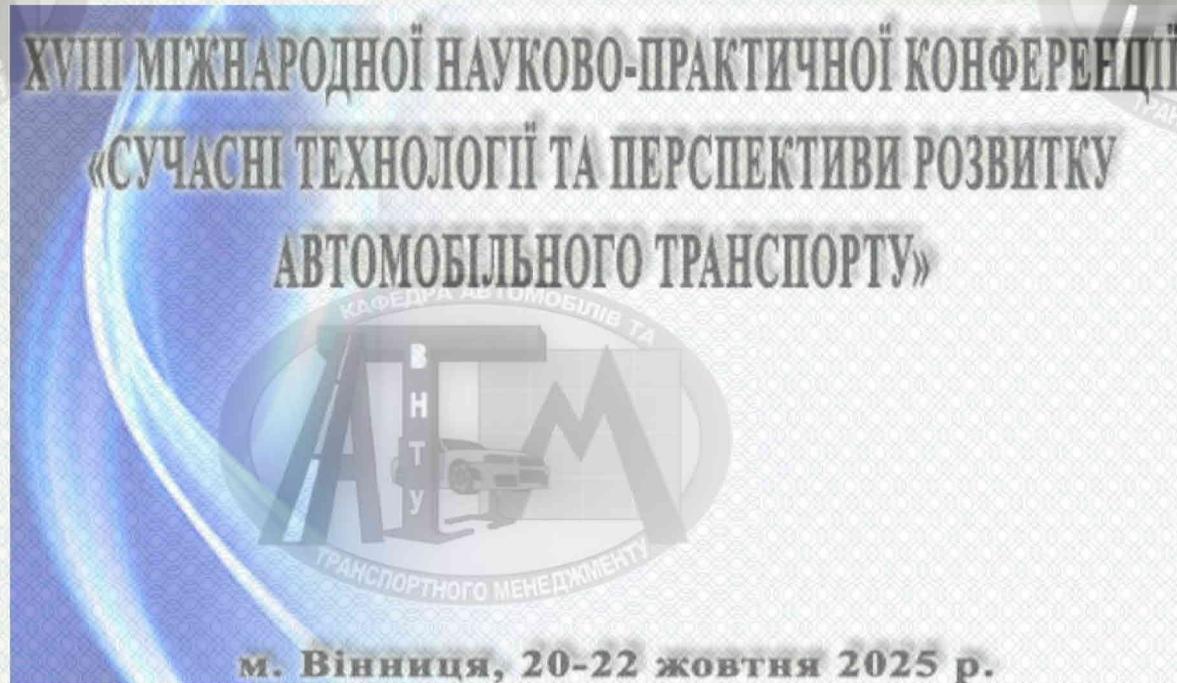
В роботі поставлені наступні завдання:

- провести науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Жмеринка;
- проаналізувати вимоги до експлуатаційних властивостей сучасних моторних олив;
- запропонувати математичні моделі для визначення терміну зміни моторної оливи;
- навести результати випробувань і досліджень з визначення фактичного терміну заміни моторних олив.

Новизна одержаних результатів:

Дістали подальшого розвитку методи пошуку критерію фактичного терміну зміни моторної оливи з метою прогнозування термінів заміни моторних олив в двигунах внутрішнього згоряння

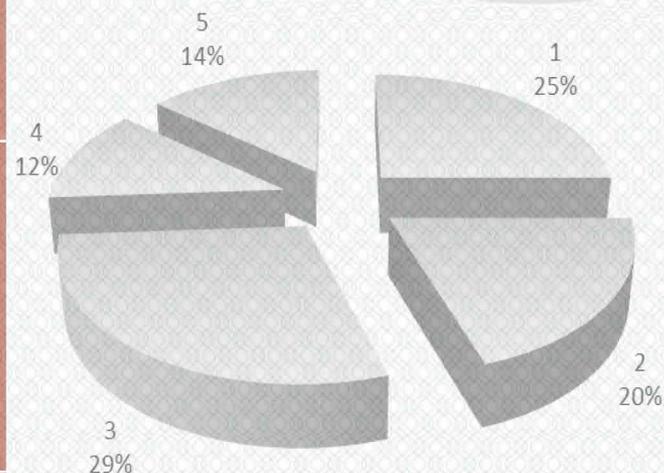
Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень доповідалися й обговорювалися на XVIII міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 20-22 жовтня 2025 року. – Вінниця.



Публікації. Кужель В.П. Види присадок та варіанти модифікації складу автомобільного палива / В.П. Кужель, В.В. Слободян, Р.Д. Шонік // Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 20-22 жовтня 2025 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2025. – С. 262 – 264 (PDF, 536 с.). ISBN 978-617-8163-71-6 (PDF)

Розподіл потенційної ємності на ринку між СТО та їх категорії

Позначення на рисунку	Назва та адреса, основні роботи, які виконуються	Частка Ринку, %	Кат. СТО
1	СТО ФОП «Сарафенюк Анатолій Дмитрович, вул. Барляєва, 9ж, м. Жмеринка: - встановлення газобалонного обладнання (ГБО); - ремонт і обслуговування ГБО; - зварювальні, рихтувальні роботи, фарбування; - шиномонтаж.	25	1-2
2	Приватне СТО «Автотема», вул. Одеська, 87, м. Жмеринка: - рихтувальні роботи, фарбування; - передпродажна підготовка автомобілів; - виконання ТО та ПР легкових автомобілів; - ТО та ремонт систем живлення бензинових двигунів.	20	1-2
3	Філія ПАТ «Вінничина-Авто» - СТО «Жмеринка-Авто», вул. Мельнична, 99: - ТО та ремонт ходової частини; - ТО та ремонт систем живлення дизельних двигунів; - регулювання кутів встановлення керованих коліс; - рихтувальні роботи, фарбування.	29	2-4
4	Дрібні приватні майстерні, гаражі (роботи в невеликих обсягах): - ТО та ремонт ходової частини; - ТО та ремонт системи живлення; - Кузовні роботи.	12	1
5	Вільна частина ринку	14	-



Базова матриця SWOT – аналізу діяльності СТОА

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
<p>S1. СТО зайняло свій сегмент послуг в м. Жмеринка, працює 16 років</p> <p>S2. СТО у "сусідніх" сегментах не конкурують між собою</p> <p>S3. Наявність лише в цього СТО послуг з обслуговування та встановлення ГБО, проведення технічного контролю АТЗ</p> <p>S4. Організація невеликої СТО не потребує значних капіталовкладень</p> <p>S5. Щоденне надходження готівки при незначних виробничих витратах дозволяє швидко повернути початкові витрати</p> <p>S6. Досвід роботи на ринку більше 16 років</p> <p>S7. Не високий рівень цін, сучасне спеціалізоване обладнання</p> <p>S8. Додаткове виконання шиноремонтних робіт, робіт з ремонту систем живлення і електрообладнання</p>	<p>W1. Завищений рівень цін на послуги</p> <p>W2. Відміна державного технічного контролю для приватних автомобілів</p> <p>W3. Недостатня кваліфікація, заробітна плата персоналу, переманювання кадрів</p> <p>W4. Слабкий маркетинг</p> <p>W5. Низька платоспроможність громадян, зростання вартості ГБО, необхідність періодичного обслуговування ГБО</p> <p>W6. Слабке уявлення про конкурентів</p> <p>W7. Відсутність реклами, сподівання на рекламу за рахунок клієнтів</p> <p>W8. Власники приватних автомобілів в гарантійний період обслуговують автомобілі на фірмових СТО, ГБО не встановлюють</p>
Можливості (O)	Загрози (T)
<p>O1. Зростання числа клієнтів в м. Жмеринка, обслуговування транзитних автомобілів, зростання рівня доходу населення</p> <p>O2. Зміна законодавства, суттєві штрафи за експлуатацію комерційних автомобілів без проходження державного технічного контролю</p> <p>O3. Вихід на нові сегменти ринку</p> <p>O4. Збільшення номенклатури послуг, що надаються</p> <p>O5. Відсутність конкурентів на ринку надання послуг з встановлення ГБО</p> <p>O6. Розширення виробничих потужностей</p> <p>O7. Підвищення рівня життя</p> <p>O8. Ріст цін на паливо спонукатиме власників встановлювати ГБО</p>	<p>T1. Війна, погіршення платоспроможності громадян, зростання вартості газу</p> <p>T2. Зростання вартості автомобілів та запасних частин до них</p> <p>T3. Незрозуміла політика уряду стосовно майбутнього державного технічного контролю</p> <p>T4. Низькі бар'єри виходу на ринок потенційних конкурентів, тобто можливість появи нових конкурентів</p> <p>T5. Несприятлива політика уряду стосовно суб'єктів підприємницької діяльності</p> <p>T6. Несприятливі економічні, демографічні зміни, відтік людей в великі міста</p> <p>T7. Сtribки курсів валют</p> <p>T8. Ріст цін на паливно-мастильні матеріали</p>

Стратегії, розроблені на основі даних SWOT-аналізу

Стратегії типу SO	Стратегії типу WO
<p>SO1: S1 S2 S3 O1 O2 – За умови зростання рівня доходу населення, зростання штрафів зросте і число клієнтів СТО, цьому сприятимуть послуги зі встановлення ГБО, проведення державного технічного контролю, відсутність серйозних конкурентів</p> <p>SO2: S4 S5 S6 O3 O4 O6– Організація невеликого СТО не потребує значних капіталовкладень, а щоденне надходження готівки при незначних виробничих витратах дозволяє досить швидко повернути початкові витрати це дозволить вийти на нові сегменти ринку з збільшеною номенклатурою послуг.</p> <p>SO3: S7 S8 O5 O7 O8– Досвід роботи на ринку 25 років, не високий рівень цін та сучасне обладнання готові відреагувати на підвищення рівня життя, відновлення кредитування населення, тобто збільшення числа клієнтів</p>	<p>WO1: W2 W3 O1 O2 O3 – Зростання рівня доходу населення, зміна законодавства дозволить працювати на ринку та нарощувати власні темпи даному СТО навіть з персоналом недостатньої кваліфікації</p> <p>WO2: W4 W6 W7 O5 O6– Слабкий маркетинг, відсутність реклами компенсуються низькими цінами, відсутністю конкурентів на ринку надання послуг зі встановлення та обслуговування ГБО</p>
Стратегії типу ST	Стратегії типу WT
<p>ST1: S1 S2 T1 T2 – Достатній сегмент послуг, наявність послуг зі встановлення ГБО, проведення державного технічного контролю, слабка конкуренція збережуть існуючих клієнтів навіть при погіршенні платоспроможності громадян, зростанні вартості автомобілів та запасних частин до них</p> <p>ST2: S7 S8 T3 T6– Досвід роботи на ринку, відсутність робочих місць в м. Жмеринка знизять ризики відтоку кадрів та впливу несприятливих економічних змін</p>	<p>WT1: W1 W2 T2 – Вибір вірного курсу на конкурентний рівень цін, видача сертифікатів державного технічного контролю, встановлення та обслуговування ГБО, реклама, розширення спеціалізації СТО, дозволить працювати в період погіршення платоспроможності громадян, зростання вартості автомобілів та запасних частин до них</p>

Аналіз факторів, що впливають на періодичність зміни моторної оливи

Вплив наддуву на температуру канавки верхнього поршневого кільця і прорив газів в картер

Показники	Досліди		
	1	2	3
Тиск наддуву, мм рт. ст.	0	254	508
Потужність, к.с.	100	143	182
Температура канавки верхнього поршневого кільця, град	202	236	241
Прорив газів в картер, л/г	364	728	1120

Кількість газів, що прориваються, залежно від швидкості руху легкових і вантажних автомобілів, л/хв

Автомобілі	Швидкість, км/год					
	40	50	60	70	80	90
Легковий	5	6,7	7,6-8,5	8,5-10	9,5-11	-
	5,5	6,5	8-10	10-11	11	12,5
	22	26-27	28-30	29-30	29,5	-
Вантажний	24-26	25-28	27-30	27-31	-	-
	-	44	47-49	51,5	-	-
	-	140-170	150-180	-	-	-

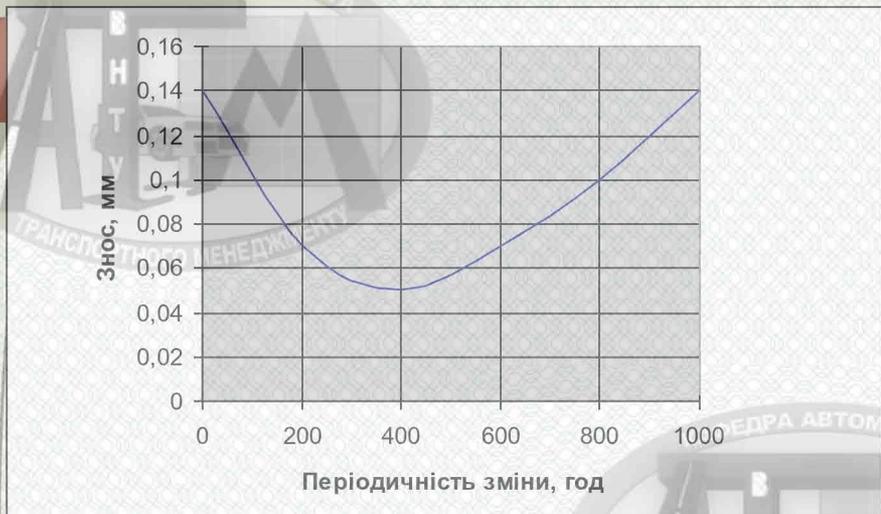
Результати оцінки оливи на високо і низькотемпературних режимах

Режим випробувань	Ступінь забруднення поршня, бали	Кількість відкладень в роторі центрифуги, г
Високотемпературний	20	18
Низькотемпературний	5,7	506

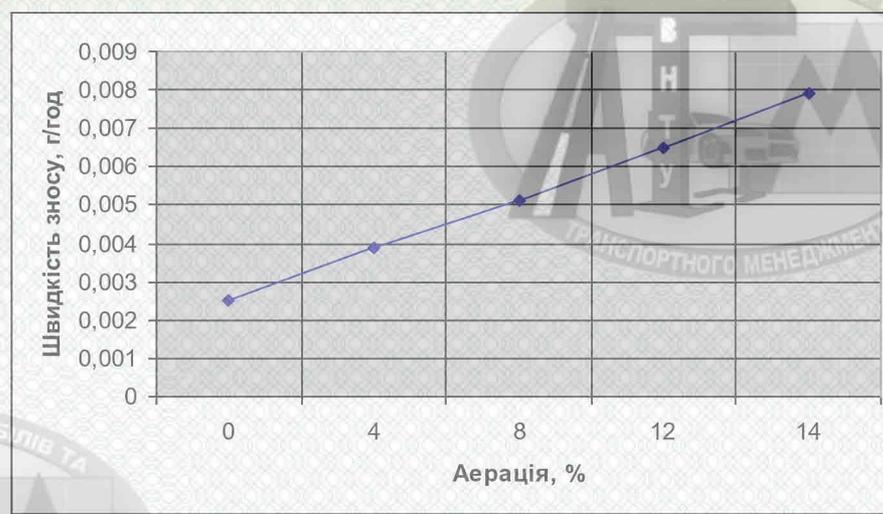
Оцінка термоокислювальної стабільності різних олив

Час випробувань, год	Збільшення в'язкості оливи при 38 3 %			
	свіжого	працюючого в двигуні з імітацією пробігу, км		
		2400	4800	7200
8	22	18	34	610
12	46	29	62	-
16	52	61	276	-
20	59	220	-	-
24	65	-	-	-
28	71	-	-	-
32	100	-	-	-
36	635	-	-	-

Вплив періодичності зміни оливо на довговічність роботи ДВЗ



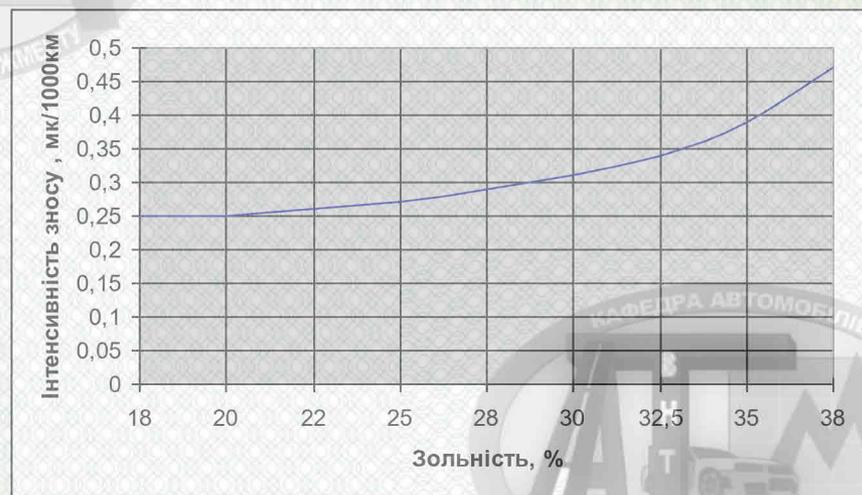
Залежність зношування гільз циліндрів двигуна від періодичності зміни оливи



Темп зносу вкладишів підшипників колінчастого валу залежно від аерації моторної оливи



Залежність зносу вкладишів підшипників колінчастого валу дизеля від корозійної агресивності кислими продуктами окислення оливи



Інтенсивність зносу поршневих канавок залежно від зольних відкладень, що нагромаджуються в них

Класифікація моторних олив

Класифікація моторних олив за в'язкістю

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість, мм ² /с, при температурі	
	100 ⁰ С	не більше -18
3 ₃	Не менш 3,8	1250
4 ₃	Не менш 4,1	2600
5 ₃	Не менш 5,6	6000
6 ₃	Не менш 5,6	10400
6	5,6...7,0	-
8	7,0...9,5	-
10	9,5...11,5	-
12	11,5...13,0	-
14	13,0...15,0	-
16	15,0...18,0	-
20	18,0...23,0	-
3 ₃ /8 ¹	7,0...9,5	1250
4 ₃ /6	5,6...7,0	2600
4 ₃ /8	7,0...9,5	2600
4 ₃ /10	9,5...11,5	2600
5 ₃ /10	9,5...11,5	6000
5 ₃ /12	11,5...13,0	6000
5 ₃ /14	13,0...15,0	6000
6 ₃ /10	9,5...11,5	10400
6 ₃ /14	13,0...15,0	10400
6 ₃ /16	15,0...18,0	10400

Класифікація моторних олив за в'язкістю згідно SAE (1999p)

Клас в'язкості	В'язкість, мПа·с (в чисельнику) при максимальній температурі, ⁰ С (в знаменнику)	Гранична температура прокачуваності, ⁰ С	Стабільна температура застигання, ⁰ С, не більш	Кінематична в'язкість, мм ² /с, при 100 ⁰ С	
				не менш	не більш
0W	3250/-30	-35	-	3,8	-
5W	3500/-30	-30	-35	3,8	-
10W	3500/-20	-25	-30	4,1	-
15W	3500/-15	-20	-	5,6	-
20W	4500/-10	-15	-	5,6	-
25W	6000/-5	-10	-	9,3	-
20	-	-	-	5,6	9,3
30	-	-	-	9,3	12,5
40	-	-	-	12,5	16,3
50	-	-	-	16,3	21,9

Відповідність класів в'язкості моторних олив

ДСТУ	SAE	ДСТУ	SAE	ДСТУ	SAE
3 ₃	5W	12	30	4 ₃ /10	10W-30
4 ₃	10W	14	40	5 ₃ /10	15W-30
5 ₃	15W	16	40	5 ₃ /12	15W-30
6 ₃	20W	20	50	6 ₃ /10	20W-30
6	20	3 ₃ /8	5W-20	6 ₃ /12	20W-30
8	20	4 ₃ /6	10W-20	6 ₃ /14	20W-40
10	30	4 ₃ /8	10W-20	6 ₃ /16	20W-40

Класифікація моторний оливи за експлуатаційними властивостями

Можливий температурний діапазон використання оливи різних в'язкісних класів

Температура зовнішнього повітря, °C										
-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	
		5W-30								
		5W-40								
		10W-40								
		15W-40,50								
					20W-40,			50		
				10W						
			20W-20							
						30				
							40			

Американська класифікація експлуатаційних властивостей моторних оливи за API

Група	Область вживання, що рекомендується
Категорія S (бензинові двигуни)	
SJ	Двигуни, що працюють в тяжких умовах (моделі випуску з 1997г.)
SL	Двигуни, що працюють в тяжких умовах (моделі випуску з 2001г.)
SM	Двигуни, що працюють в тяжких умовах на неетилованому бензині(2005р.)
Категорія C (дизелі)	
CD	Двигуни, що працюють при помірних навантаженнях і на малосірчистому паливі
CE	Двигуни без наддуву, що працюють при підвищених навантаженнях і на сірчистому паливі
CF	Двигуни (у тому числі з помірним наддувом), що працюють в тяжких умовах
Примітка. Помірні і важкі умови роботи двигуна пов'язано з режимом температурно-навантаженим і є достатньо умовним.	

Методи випробувань моторних оливо і визначення їх якості

Визначення
експлуатаційних
властивостей оливо

Лабораторні
дослідження

Стендові
випробування

Експлуатаційні
випробування

Дослідна
експлуатація
двигунів

Основні параметри роботи установок УІМ-6, УІМ-6Н

	УІМ-6	УІМ-6Н
Потужність двигуна, к.с.	21	30
Швидкість обертання валу, хв ⁻¹	1500	1500
Середній ефективний тиск, кГ/см ²	6,8	9,7
Літрова потужність, к.с./л	11,3	16,1
Тиск наддуву, кГ/см ²	—	0,5

Оцінка лакоутворювання на юбці поршня

Параметри	Оцінка лакоутворювання, бали
Чорний лак	8
Темно-коричневий лак	6
Коричневий лак	4
Світло-коричневий лак	2
Чиста поверхня	0

Оцінка лакоутворювання

$$A = \frac{S}{10} \cdot k$$

де А — стан юбки поршня в балах;

к— коефіцієнт, що враховує колір відкладень, числові значення його змінюються від 0,3 до 1,0 (чорні відкладення).

S— поверхня спідниці поршня, покрита відкладеннями %;

Характер і кількість відкладень на верхньому поясоцку поршня (вище за верхнє кільце) визначають залежно від їх площі, товщини і твердості по формулі:

Оцінка якості оливи

За методом ІКМ-ЮФГ якість оливи в результаті моторних випробувань оцінюється по наступних показниках:

- моторний індекс Ім в балах, відтворність ±10%;
- індекс відкладень Ів в балах, відтворність ±10%;
- індекс стабільності оливи Іс.м в балах, відтворність ±20%;
- індекс зносу в балах Іи, відтворність ±30%;
- індекс корозії Ік в балах, відтворність ±10%.

Математичні моделі терміну заміни оливи

Термін зміни дослідної оливи Top, для умов експлуатації

$$\frac{T_{on}}{T_m} = \frac{t_{on}}{t_u}$$

де Top- термін зміни товарного зразка оливи, км;
tu - тривалість проведення оцінки властивостей оливо, г;
top - час, за яке дослідні оливи в заданих умовах випробувань

Прогнозування експлуатаційних властивостей олив з присадками

$$Y = \sum_{i=1}^n k_i \cdot x_i,$$

де Y- параметр, рівень функціональної властивості, що відображає;

n - кількість методів використовуються для випробувань;

ki - ваговий коефіцієнт (ранг) і-го методу;

xi - результат випробувань оливи по і-му методу, виражений в одиницях умовної шкали.

Сортність оливи

$$CM = B - n \cdot 10 - \frac{i - 30}{10} - \frac{K}{10} - \frac{D}{10} - b - z \cdot 10,$$

де B - лакоутворювання на поршні дизеля установки за 120г роботи (бали);

n - вага нагару, що утворився на поршні дизеля установки за 120г роботи (г);

i - знос комплекту поршневих кілець дизеля за 120г (мг);

K - корозія (зменшення ваги) вкладишів з свинцевої бронзи двигуна за 36г роботи (мг);

D - корозія свинцю в приладі ДК-3 за 25 г при 1400С (г/м2);

b - миючі властивості, визначені на установці ПЗВ при підвищених температурах по методиці заводу ім. Шаумана за 100-бальною шкалою;

z -сульфатная зольность оливи %.

Критерій подібності оцінки службових властивостей моторних оливо

$$\pi_M = \frac{E \cdot \text{Щ}^{2/3}}{\eta^2 \cdot C^{5/3}}$$

де Щ – лужне число оливи, мг·КОН/г оливи,

η – кінематична в'язкість оливи, мм2/с,

C – схильність оливи до окислення, кг/м3.

Результати випробувань і досліджень

$$\pi_t = \left(\frac{N_{л}^a \cdot F_{ц}^b \cdot n_{e \max}^d}{G_M^c} \right) \cdot E \cdot (\Sigma Q / n)^e \cdot G_{Д}^f \cdot \frac{\Psi^m}{\eta^k \cdot C^n \cdot S^l \cdot A^s \cdot K^t}$$

де $N_{л}$ – літрова потужність двигуна, Вт/м3,

$\Sigma Q/n$ – сумарна(фактичний) витрата палива, скоректована згідно умовам експлуатації, л.

$F_{ц}$ – бічна площа поршня, що характеризує конструктивні особливості двигуна. м².

n/G_M – параметр, що характеризує "оборотність" оливи в двигуні

$n_{e \max}$ – максимальні обороти ДВС, 1/с;

G_M – об'єм оливи в системі мастила, кг.

K - кислотне число,

E – енергетичний інтегральний критерій оцінки трибологічної характеристики оливи, Дж/м3

Ψ – лужне число оливи, мг-КОН/г оливи,

η – кінематична в'язкість оливи, мм²/с,

C – схильність оливи до окислення, кг/м³.

S – наявність сірки в паливі, μ м³;

$G_{Д}$ – об'єм долива свіжого оливи, кг.

A - середньозважений вміст пилу в повітрі

$a, b, z, d, e, f, i, до, l, m, n, p, s, t$ - емпіричні коефіцієнти, визначувані

значущість кожного параметра, визначувані на підставі експериментальних даних і методами математичної статистики.

Технічні характеристики випробуваних двигунів

Тип ДВЗ	Потужність двигуна, N, Вт	Робочий об'єм двигуна, V, м3	Робоча площа циліндрів F, м2	Літрова потужність двигуна, N/ V, Вт / м3	Середня годинна витрата палива, G, кг / год	Питома витрата палива, g, кг /Вт з 3600	Об'єм системи змащенн я G, кг
ZAZ Daewoo	6000	0,00169	0,0824	$3,550295858 \cdot 10^7$	3,2752	$1,516296296 \cdot 10^{-8}$ *	6,2
Volvo 460 1,8i Relax	66000	0,001783	0,0868	$3,7016264 \cdot 10^7$	2,16448	$0,910976431 \cdot 10^{-8}$ *	5,3
AudiA3 1,6 Attraction	74000	0,001595	0,0788	$4,6394984 \cdot 10^7$	2,05056	$0,769729 \cdot 10^{-8}$ *	3,5
VW	53000	0,001595	0,084	$4,132748904 \cdot 10^7$	2,07904	$0,875016835 \cdot 10^{-8}$ *	3,4

1. Був проведений аналіз умов роботи моторних оливи в ДВЗ та факторів, які впливають на періодичність їх зміни. Це перш за все “жорсткість” роботи моторного оливи в двигуні внутрішнього згоряє з урахуванням його ступеня форсування, роду виконуваної роботи, ступені зносу, конструктивних особливостей (літрова потужність двигуна, бічна площа поршня та ін.), закономірності зміни службових властивостей моторної оливи (погіршення групи експлуатації) в процесі його напрацювання в двигуні та вплив таких експлуатаційних факторів, як якість палива, об'єм системи змащення, об'єм доливу свіжої оливи, ступені форсування.
2. Єдиним шляхом для надійного визначення експлуатаційних властивостей оливи є проведення досліджень і випробувань в такій послідовності: лабораторні дослідження, стендові випробування, експлуатаційні випробування і дослідна експлуатація великої кількості автомобілів.
3. Аналіз існуючих математичних моделей по визначенню термінів зміни моторних оливи показав, що жоден з них не дає комплексного уявлення про фактичний термін зміни моторних оливи, а критерії подібності не мають експериментального підтвердження і засновані лише на теорії, а значить поки не застосовні до рішення практичних задач
4. В роботі був отриманий критерій фактичного терміну зміни моторної оливи, який враховує конструктивні особливості двигуна (літрова потужність двигуна, бічна площа поршня, максимальні обороти, об'єм оливи в системі змащення), умови експлуатації (сумарна(фактичний) витрата палива, скоректована згідно умовам експлуатації, енергетичний інтегральний критерій, об'єм доливу свіжої оливи) та закономірності зміни службових властивостей моторної оливи (кінематична в'язкість оливи, схильність оливи до окислення, лужне число оливи).

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Підвищення ефективності виробничого процесу обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи-підприємця «Сарафенюк Анатолій Дмитрович» місто Смеринка шляхом визначення фактичного терміну заміни моторних олів

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 13,6 %

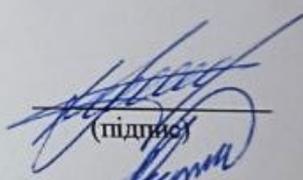
Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недоброчесних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

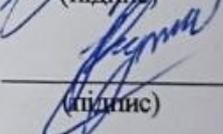
Цимбал С.В., завідувач кафедри АТМ

(прізвище, ініціали, посада)

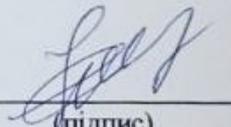

(підпис)

Кужель В.П., доцент кафедри АТМ

(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

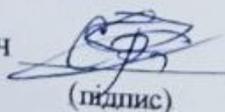
Керівник


(підпис)

Кужель В.П., доцент кафедри АТМ

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач


(підпис)

Слободян В.В.

(прізвище, ініціали)