

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Покращення ефективності системи технічного обслуговування
двигунів автомобілів на базі товариства з обмеженою відповідальністю
«Гніванський гранітний кар'єр»»

Виконав: студент 2-го курсу, групи

ІАТ-23м спеціальності 274 –

Автомобільний транспорт

Освітньо-професійна програма –

Автомобільний транспорт

Заяць Є.В.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ

Огневий В.О.

« 6 » 12 2024 р.

Опонент: Біскупенко Д.В.

« 12 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 12 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

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.

«18» 09 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Заяць Євгенію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Покращення ефективності системи технічного обслуговування двигунів автомобілів на базі товариства з обмеженою відповідальністю «Гніванський гранітний кар'єр».

керівник роботи Огневий Віталій Олександрович, к.е.н., доцент,

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

затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

2. Строк подання здобувачем роботи: 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – вантажні автомобілі; об'єкт дослідження – процес ТО двигунів автомобілів; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1 Науково-технічне обґрунтування розробок з покращення ефективності системи технічного обслуговування двигунів автомобілів на базі товариства з обмеженою відповідальністю «Гніванський гранітний кар'єр»

2 Теоретичні дослідження оцінки періодичності технічного обслуговування двигунів внутрішнього згоряння автотранспортних засобів по комплексному критерію діагностики стану моторної оливи

3 Експериментальні дослідження зміни показників стану моторних оливи в процесі експлуатації двигунів автотранспортних засобів

4 Визначення економічного ефекту від застосування результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових кресле
1-3 Тема, мета та завдання дослідження.

4 Взаємозалежність зміни стану моторних оливи і ДВЗ в процесі експлуатації.

5 Критерії діагностики стану оливи по масляній плямі.

6 Структурна схема алгоритму визначення періодичності ТО ДВЗ АТЗ.

7 Виміряні маси крапель відпрацьованої оливи з картера двигуна самоскидів МАЗ

8 Параметри стану системи «двигун-моторна олива»

9 Основні результати досліджень проб моторної оливи лабораторними методами

10 Межі зміни критеріїв ДС, Uh, Уя, Uo проб моторної оливи.

11 Ілюстрація періодичності заміни моторної оливи в двигунах самоскидів МАЗ.

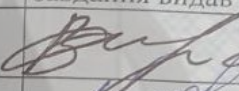
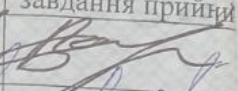
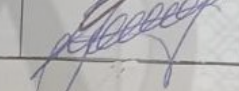
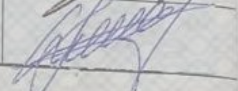
12 Значення розроблених комплексних критеріїв Uh, Уя, Uo моторної оливи

13 Залежності критеріїв від напрацювання.

14 Значення параметрів Mi, Si, bj для критеріїв Uh, Уя, Uo моторної оливи

15 Економічний ефект від застосування результатів досліджень.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Огневий В.О., к.е.н., доцент кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Цимбал С.В., к.т.н., доц. завідувач кафедри АТМ		

7. Дата видачі завдання «18» вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	виконано
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	виконано
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	виконано
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	виконано
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	виконано
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	18.11-01.12.2024	виконано
7	Нормоконтроль МКР	02.12-06.12.2024	виконано
8	Попередній захист МКР	09.12-11.12.2024	виконано
9	Рецензування МКР	12.12-16.12.2024	виконано
10	Захист МКР	17.12-20.12.2024	

Здобувач

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Заяць Є.В.

Огневий В.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.078

Заяць Є. В. Покращення ефективності системи технічного обслуговування двигунів автомобілів на базі товариства з обмеженою відповідальністю «Гніванський гранітний кар'єр». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, Вінниця: ВНТУ, 2024. 101 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 22 назв; рис.: 14; табл. 30.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання покращення ефективності системи технічного обслуговування двигунів автомобілів на базі товариства з обмеженою відповідальністю «Гніванський гранітний кар'єр».

У розділі 1 проведено науково-технічне обґрунтування розробок з обслуговування автотранспортних засобів ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр».

В розділі 2 розглянуті теоретичні дослідження оцінки періодичності технічного обслуговування двигунів внутрішнього згоряння автотранспортних засобів по комплексному критерію діагностики стану моторної оливи.

В розділі 3 виконано експериментальні дослідження зміни показників стану моторних оливи в процесі експлуатації двигунів автотранспортних засобів.

В розділі 4 проведено визначення економічного ефекту від застосування результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень.

Ілюстративна частина складається з 15 слайдів.

Ключові слова: ефективність, система, двигун, технічне обслуговування, автомобіль.

ABSTRACT

UDC 656.078

E. V. Zayats. Improving the efficiency of the maintenance system of car engines on the basis of the limited liability company "Hnivansky Granite Quarry". Master's thesis on specialty 274 - Automotive transport, Vinnytsia: VNTU, 2024. 101 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 22 titles; Fig.: 14; table 30.

The issue of improving the efficiency of the system of maintenance of car engines based on the limited liability company "Hnivansky Granite Quarry" was worked out in the master's thesis.

In chapter 1, scientific and technical substantiation of motor vehicle maintenance developments of Hnivansky Granite Quarry LLC was carried out.

In chapter 2, theoretical studies of the evaluation of the periodicity of maintenance of internal combustion engines of motor vehicles based on the complex criterion of diagnosing the state of motor oil are considered.

In section 3, experimental studies of changes in motor oil condition indicators during the operation of motor vehicle engines were carried out.

Chapter 4 defines the economic effect of applying the results of theoretical and experimental research.

The Illustrative part consists of 15 slides.

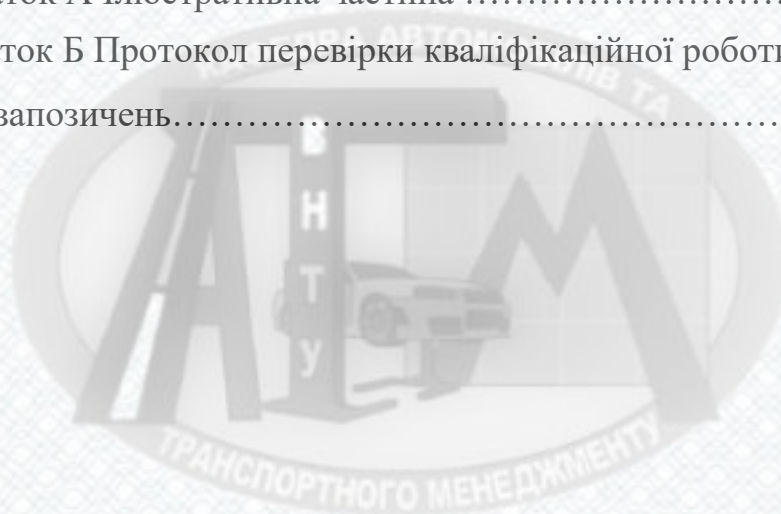
Key words: efficiency, system, engine, maintenance, car.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК З ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ НА БАЗІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ГНІВАНСЬКИЙ ГРАНІТНИЙ КАР'ЄР».....	10
1.1 Розвиток систем технічного обслуговування автотранспортних засобів	10
1.2 Зміни стану моторних оливи і двигунів внутрішнього згорання в процесі експлуатації і їх аналіз.....	13
1.3 Методи визначення стану моторної оливи	21
1.4 Аналіз діяльності транспортного підрозділу ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр».....	33
1.4.1 Аналіз маркетингового середовища.....	33
1.5 Аналіз стану існуючої виробничо-технічної бази.....	33
1.5.1 Огляд існуючої структури виробничо-технічної бази підприємства.....	35 37
1.5.2 Варіантний аналіз і оцінка стану виробничо-технічної бази і ступеня використання виробничої потужності.....	37
1.6 Висновки до першого розділу.....	38
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНКИ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПО КОМПЛЕКСНОМУ КРИТЕРІЮ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ МОТОРНОЇ ОЛИВИ.....	44 45
2.1 Алгоритм визначення періодичності технічного обслуговування двигунів внутрішнього згорання автотранспортних засобів шляхом оцінки комплексного критерію діагностики стану моторної оливи.....	46
2.2 Математичний опис процесу діагностики стану моторної оливи	

2.2.1 Обґрунтування вибіркової сукупності кількості відбору проб при експериментальному дослідженні.....	46
2.2.2 Оцінка факторів, що впливають на параметри масляної плями	56
2.2.3 Оцінка точності і достовірності визначення комплексного критерію діагностики стану моторної оливи.....	57
2.3 Вагомість комплексних критеріїв діагностики стану моторної оливи в процесі експлуатації.....	60
2.4 Висновки до другого розділу.....	
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ МОТОРНИХ ОЛИВ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДВИГУНІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	63
3.1 Визначення маси краплі моторної оливи, що наноситься на фільтрувальний папір.....	66
3.2 Діагностика стану моторної оливи вдосконаленням і лабораторними методами. Рекомендації щодо коригування періодичності технічного обслуговування двигунів автотранспортних засобів.....	67
3.3 Визначення вагомості розроблених комплексних критеріїв діагностики стану моторної оливи в процесі експлуатації.....	68
3.4 Порівняльна оцінка точності і достовірності визначення розробленого критерію діагностики стану моторної оливи і диспергуючої її здатності.....	77
3.5 Висновки до третього розділу.....	
РОЗДІЛ 4 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОВЕДЕНИХ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	81
4.1 Загальна частина.....	86
4.2 Розрахунок економії мастильних матеріалів при використанні методики діагностики стану моторної оливи і коригування періодичності технічного обслуговування двигунів автотранспортних засобів.....	97
	97

4.3 Розрахунок капітальних вкладень на створення системи діагностики стану моторних олив за розробленою методикою	98
4.4 Розрахунок поточних витрат на утримання і експлуатацію розробленої методики.....	99
4.5 Висновки до четвертого розділу.....	100
ВИСНОВКИ	102
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	103
ДОДАТКИ.....	105
Додаток А Ілюстративна частина	111
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	



ВСТУП

Актуальність роботи. Для підтримки автотранспортних засобів (АТЗ) в працездатному стані необхідно проводити планове технічне обслуговування (ТО), періодичність якого встановлює завод-виробник. Рекомендована виробником періодичність ТО, яка вимірюється в кілометрах пробігу або мото-годинах роботи, відповідає усередненим умовам експлуатації АТЗ. В реальних умовах експлуатація АТЗ може супроводжуватися більш важкими навантаженнями, тривалою роботою на холостому ходу, роботою в складних умовах експлуатації. З огляду на вік АТЗ і такі умови експлуатації, необхідно більш часто проводити ТО. Навпаки, при роботі в більш легких умовах експлуатації може з'явитися можливість збільшити інтервал між ТО. При цьому нормативно-технічною документацією передбачено збільшення періодичності ТО і широкому застосуванню засобів діагностування стану АТЗ, за результатами яких прогнозується технічний стан АТЗ і його залишковий ресурс. Тому доцільно періодичність ТО АТЗ встановлювати по його фактичному стану.

Одним з найбільш навантажених елементів АТЗ є двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ). Справний стан ДВЗ залежить від багатьох факторів і одним з основних є справний стан системи мащення ДВЗ. Як правило, одним з основних факторів, що впливають на періодичність обслуговування не тільки ДВЗ, але і АТЗ в цілому, виступає заміна мастильного матеріалу в ДВЗ. Мастильним матеріалом в ДВЗ виступає моторна олива. Таким чином, справний стан ДВЗ неможливий без своєчасної заміни моторної оливи, яка є однією з трудомістких і дорогих робіт при ТО АТЗ.

Постає актуальною задача діагностики стану моторних олив. Існують методи, що вимагають лабораторних умов і обладнання, або такі, при яких умови проведення дослідження та результати діагностики стану залежать від неформалізованих і суб'єктивних рішень фахівця, який, в залежності від свого досвіду, фізіологічних можливостей, може прийняти необ'єктивне рішення за результатами діагностики. Тому потрібні методи, що дозволяють приймати

об'єктивні рішення про подальшу експлуатацію моторної оливи, і коригувати періодичність ТО ДВЗ АТЗ.

У зв'язку з вищесказаним, дослідження, спрямоване на підвищення ефективності технічної експлуатації АТЗ, зниження витрат і коригування періодичності ТО ДВЗ АТЗ на основі діагностики стану моторної оливи ДВЗ науково обґрунтованим в роботі методом, є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалась у відповідності з напрямками наукових досліджень кафедри автомобілів та транспортного менеджменту.

Мета дослідження – підвищення ефективності технічної експлуатації автотransпортних засобів ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр».

Завдання дослідження:

1. Провести діагностику стану моторної оливи для коригування періодичності ТО ДВЗ АТЗ за рахунок визначення диспергуючих властивостей вдосконаленим методом.
2. Обґрунтувати комплексний критерій діагностики стану моторної оливи двигунів АТЗ і визначити параметри умов його оцінки. Встановити функціональні залежності зміни розробленого комплексного критерію від напрацювання.
3. Провести оцінку достовірності вдосконаленого методу оцінки диспергуючих властивостей моторної оливи АТЗ по комплексному критерію діагностики стану і оцінити економічний ефект від впровадження результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження - процес ТО двигунів АТЗ.

Предметом дослідження є закономірності впливу періодичності проведення ТО двигунів АТЗ на їх роботу.

Методи дослідження. У теоретичних дослідженнях використовувалися широко апробовані відомі методи технічної експлуатації автомобілів; методи діагностики стану моторних оливи і методи математичного і фізичного моделювання; методи теоретичного та експериментального дослідження на базі

математичної і прикладної статистики, а також проведення досліджень з використанням обладнання на базі сучасних ЕОМ.

Наукова новизна одержаних результатів:

- удосконалена залежність зміни комплексного критерію від напрацювання моторної оливи і його взаємозв'язок з диспергуючими властивостями моторної оливи.
- визначено залежність періодичності заміни оливи двигунів автотранспортних засобів від розробленого комплексного критерію.

Практичне значення одержаних результатів.

Впровадження вдосконаленого методу діагностики стану моторної оливи дозволяє скоротити простой АТЗ при ТО, підвищити якість ТО, знизити витрати при ТО.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи забезпечена використанням для аналізу експериментальних даних стандартних пакетів прикладних програм і підтверджена збігом розрахункових і експериментальних даних.

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень були опубліковані серед матеріалів конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)», Вінниця, 2025 р.

Публікації. Матеріали магістерської роботи висвітлені у 1 опублікованій науковій праці [3], з яких 1 – опублікована праця апробаційного характеру.

РОЗДІЛ 1 НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК З ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ НА БАЗІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ГНІВАНСЬКИЙ ГРАНІТНИЙ КАР'ЄР»

1.1 Розвиток систем технічного обслуговування автотранспортних засобів

Ефективність роботи АТЗ базується на надійності, яка забезпечується своєчасним і якісним виконанням технічного обслуговування (ТО) і ремонту. При цьому організації і підприємства, що експлуатують АТЗ, повинні широко застосовувати засоби контролю стану і діагностування АТЗ. В результаті діагностики і контролю при ТО прогнозується технічний стан АТЗ і його залишковий ресурс, приймається рішення про його подальшу експлуатацію.

В науковій літературі наводяться загальні вимоги щодо забезпечення експлуатаційної технологічності і ремонтпридатності АТЗ, з яких можна виділити [4]:

- збільшення періодичності ТО;
- підвищення безвідмовності роботи АТЗ та його складових частин;
- скорочення кількості об'єктів, які потребують регулярного ТО;
- забезпечення контролепридатності при ТО і поточному ремонті;
- забезпечення пристосованості до виконання мийних, кріпильних, регулювальних, мастильних, контрольних та ремонтних робіт;
- зниження чисельності обслуговуючого персоналу і потреби у фахівцях з високим рівнем кваліфікації.

Підприємство, що експлуатує АТЗ, проводить його діагностику при введенні в експлуатацію, ТО і ремонті. Результат діагностики – прогнозування стану АТЗ і його залишкового ресурсу, прийняття рішення про подальшу експлуатацію або потреби в ТО і ремонті.

Метою технічного діагностування є підтримка встановленого рівня надійності, забезпечення вимог безпеки та ефективності використання АТЗ. Номенклатура контрольних параметрів повинна задовольняти вимогам повноти, інформативності та доступності вимірювання при найменших витратах часу і вартості реалізації. Методи діагностування повинні включати [4]:

- модель діагностики виробу;
- алгоритм діагностування та програмне забезпечення;
- правила вимірювання діагностичних параметрів;
- правила визначення структурних параметрів;
- правила аналізу і обробки діагностичної інформації та прийняття рішення.

За результатами діагностування приймається рішення про можливість подальшої експлуатації АТЗ з призначеним ресурсом після проведення ТО або про необхідність проведення ремонту, а також визначається обсяг робіт, що підлягають виконанню при ТО і поточному (капітальному) ремонті АТЗ.

Таким чином, згідно з нормативно-технічною документацією найдоцільніше обслуговувати АТЗ по фактичному технічному стану і оцінювати залишковий ресурс на підставі діагностування, що сприяє зменшенню витрат на обслуговування і ремонт, а також раціоналізує тривалість і періодичність технічних впливів на АТЗ.

В даний час ТО і ремонт проводяться профілактично або за фактичним технічним станом АТЗ [4]. При цьому сучасні тенденції, вартість АТЗ, дорожнеча і тривалість позапланових відновлювальних ремонтів вимагають профілактичних впливів (система планово-попереджувального ремонту (ППР)) і систему ТО по фактичному стану, засновану на діагностиці стану, яка дає можливість визначати стан АТЗ в даний момент часу і оцінювати необхідність і обсяг технічних впливів для підтримання його в задовільному технічному стані [4].

Системою ППР, передбачається планування термінів і обсягів ТО і ремонту, відміну планових ТО по періодичності, трудомісткості та переліку виконуваних робіт [4]. Для більшості АТЗ встановлюються: щоденне технічне обслуговування (ЩО); перше технічне обслуговування (ТО–1); друге технічне обслуговування

(ТО–2); третє технічне обслуговування (ТО–3) і сезонне обслуговування (СО). Можливо також проведення діагностичних робіт Д–1, Д–2 і Д–3, які виконуються, як правило, відповідно до періодичності ТО–1, ТО–2 і ТО–3. При цьому в роботі [11] встановлено, що експрес діагностику стану оливи слід віднести до так званої попередньої діагностики і поєднувати з усіма видами планових діагностик. В обсяг кожного ТО вищого порядку зазвичай включають всі роботи попередніх ТО.

Для АТЗ, що знаходяться на гарантії, необхідно проходити планове обслуговування на технічній базі дилерського центру для підтримки гарантійних зобов'язань виробника. При цьому після закінчення гарантійного терміну можливий перехід на обслуговування по фактичному стану із застосуванням засобів діагностування. Таким чином, комбінована система обслуговування АТЗ дозволяє як зберегти гарантійні зобов'язання заводу–виробника, так і знизити експлуатаційні витрати і підвищити повноту використання ресурсу окремих вузлів і АТЗ в цілому.

В даний час все більше поширюються методи визначення необхідності виконання ТО і ремонту окремих агрегатів і систем, що враховують їх технічний стан і засновані на використанні засобів контролю і аналізі параметрів, отриманих діагностикою стану. Періодична діагностика стану АТЗ за контрольними параметрами дозволяє виконувати технічні дії в потрібний час і в потрібному обсязі [5].

Внесок в розвиток технічної діагностики автотранспортних засобів внесли В.А. Бондаренко, Н.Я. Говорущенко, І.Б. Гурвич і багато інших авторів.

В роботі [11] рекомендується проводити експрес діагностику стану працюючої оливи за період часу, коли виконується планова діагностика, що дасть необхідну інформацію про технічний стан в зони ТО або ремонту. Якщо відхилення контрольних параметрів не виходять за межі допустимих норм, то проводити лабораторну діагностику не потрібно, і її виконують для тих проб оливи, в яких встановлені перевищення допустимих норм експрес–методами [11].

У багатьох роботах [16], де розглядається питання надійності АТЗ щодо діагностики стану моторної оливи, зазначалася безперервна взаємодія і

взаємовплив процесів, що відбуваються в працюючій оливі, а також деталей двигуна. Ці властивості залежать від якості свіжої оливи, зміни їх в процесі експлуатації і напрацювання оливи до заміни [21]. Знання процесів старіння, забруднення і загальної зміни стану моторної оливи дозволить визначити оптимальну періодичність її заміни [22].

1.2 Зміни стану моторних олив і двигунів внутрішнього згоряння в процесі експлуатації і їх аналіз

Якість моторної оливи, його зміна в процесі експлуатації впливає на технічний стан двигуна, періодичність проведення позапланових ремонтних дій, а це впливає на витрати на ремонт, простої під час проведення ремонтних робіт, матеріальні витрати, пов'язані з припиненням експлуатації. У свою чергу технічний стан двигуна і його систем, якість і періодичність проведення ТО і ремонтів впливають на технічний стан моторної оливи, періодичність її заміни. Працездатність моторних олив оцінюється за показниками стану: кінематична в'язкість, лужне число, кислотне число, водневий показник (рН), зміст нерозчинних домішок (осад), диспергуючі властивості, температура спалаху у відкритому тиглі, вміст води [5].

На думку В.В. Єфімова інтенсивність старіння моторних олив оцінюється за допомогою таких показників, які суттєво змінюються в процесі роботи двигунів АТЗ: температура спалаху, зміст води, диспергуюча здатність, лужне число і оптична щільність.

В.А. Аметов вважає, що інтенсивність змін в стані працюють моторних і трансмісійних олив оцінювалася за показниками експлуатаційних властивостей (в'язкості, рН, лужності, показником детергентно-диспергуючих властивостей).

А.А. Петелін встановив, що найбільш важливі показники, що характеризують технічний стан моторної оливи – в'язкість, диспергуюча здатність, лужне число, оптична щільність.

Ю.А. Власов прогнозує залишковий термін служби оливи, через показники забрудненості працюючої оливи [10].

Д.А. Дрючин робить висновок про те, що вирішальний вплив на довговічність підшипників колінчастого вала мають в'язкісно-температурні властивості і помітний вплив – мастильна здатність моторної оливи [21].

Більшість дослідників для діагностики стану моторної оливи використовують показники: диспергуюче-стабілізуючу здатність, в'язкість, лужне число, оптичну щільність, забрудненість оливи, в тому числі охолоджувальною рідиною і паливом. Рідше в якості показників стану використовуються коксованість, зольність сульфатна і інші [22].

В'язкість – показник якості оливи, від якого в значній мірі залежить режим мащення пар тертя, протизносні властивості, відведення тепла від робочих поверхонь і ущільнення зазорів, величина енергетичних втрат в двигуні [8]. В'язкість в процесі експлуатації може збільшуватися і зменшуватися [8]. Значне збільшення в'язкості оливи небажане, так як при цьому відбувається погіршення надходження оливи до пар тертя, зниження працездатності системи фільтрації оливи, погіршення пускових властивостей ДВЗ [8]. Зниження в'язкості також негативно позначається на ресурсі ДВЗ – знижується ефективність мащення [8].

Властивості моторних олив характеризуються величинами в'язкості при 100 °C і 0 °C (для деяких олив – при 18 °C) і індексом в'язкості (ІВ) [8]. В'язкісно-температурні властивості олив оцінюються по ІВ – умовному показнику, що характеризує ступінь зміни в'язкості оливи в межах від 40 до 100 °C [8]. Чим вище ІВ, тим більш пологою в'язкісно-температурною кривою характеризується олива і тим кращі її в'язкісні властивості [8].

Термін роботи олив в двигунах залежить від їх здатності зберігати свої первинні властивості і протистояти зовнішньому впливу при нормальних температурах [8]. В основному на стабільність олив, які застосовуються в ДВЗ, впливають: хімічний склад олив, температурні умови, тривалість окислення, каталітична дія металів і продуктів окислення, присутність води і нерозчинних домішок, поверхня окислення [8].

Термоокислювальна стабільність моторної оливи визначається як його стійкість до окислення в тонкому шарі при підвищеній температурі методом оцінки

міцності масляної плівки [8]. З підвищенням температури повітря збільшується швидкість окислювальних процесів [3]. Окислення може відбуватися в товстому масляному шарі (піддон картера), в тонкому шарі (на поверхнях гарячих деталей) і в розпиленому (пароподібному) стані [22]. Щоб уповільнити реакції окислення і зменшити утворення відкладень в двигуні, в оливу вводяться антиокислювальні присадки [8]. Швидке виснаження термоокислювальних властивостей відбувається при накопиченні органічних домішок, продуктів зношування двигуна.

Кислотне число – це показник, який характеризується наявністю в моторній оливі продуктів окислення [8]. Загальне кислотне число свіжої моторної оливи досить велике і в процесі старіння збільшується, при цьому важливо, щоб в оливі не накопичувалися сильні кислоти [8]. Зростання кількості кислих продуктів в оливі призводить до процесів спрацювання лужних присадок, збільшення інтенсивності руйнування захисної плівки на поверхні металу і зростанню корозійних процесів, в результаті відбувається підвищений знос двигуна [3].

Двигуни можуть піддаватися корозійному впливу, що викликає іржавіння внутрішніх порожнин і деталей, таких як робоче дзеркало циліндрів, поршневі кільця та інше. [8]. Для зменшення корозійного зносу деталей двигунів в оливу вводять антикорозійні присадки, що володіють лужними властивостями, які забезпечують нейтралізацію кислих продуктів, що утворюються в оливі [8].

Лужні властивості оливи характеризуються лужним числом, визначеним кількістю їдкого калію (в міліграмах), еквівалентним кількістю соляної кислоти, витраченої на нейтралізацію всіх основних сполук, що містяться в 1 г оливи, тобто лужне число – це здатність оливи нейтралізувати кислоти, які утворюються з продуктів окислення і згоряння оливи [8]. Для свіжої оливи основою лужних властивостей є металовмісні детергенти і в меншій мірі – беззольні депресанти [8]. Лужні властивості оливи при роботі двигуна зменшуються [8]. Зміна лужного числа в працюючій оливі залежить також від витрат присадки на нейтралізацію кислих з'єднань і диспергування нерозчинних домішок [3].

Нерозчинні осади часто стають причиною для визнання оливи непрацездатною і вимагають її заміни [5]. В основному до складу нерозчинного

осаду входять: продукти неповного згоряння палива; неорганічні продукти спрацювання присадок; продукти глибокого окислення базової оливи; пил, що потрапляє через нещільності і з всмоктуванням повітря; продукти зношування або корозії двигуна; оксиди і солі свинцю [5].

Попередження утворення шламу можливо при високих диспергуючих властивостях оливи [22]. Диспергуючою властивістю оливи називається його здатність перешкоджати злипанню вуглецевих частинок і утримувати їх в стані стійкої суспензії (підтримка забруднюючих домішок в підвішеному стані) [22]. Граничний вміст нерозчинного осаду в основному залежить від диспергуючих властивостей оливи: чим вони кращі, тим більша кількість нерозчинного осаду може утримуватися в оливі без випадання шламу і утворення відкладень [8].

При підвищених температурах навколишнього повітря експлуатація моторної оливи супроводжується збільшенням інтенсивності зміни диспергуючої здатності в порівнянні з експлуатацією при мінусових температурах [3]. Це пов'язано зі збільшенням окислення і більшого забруднення оливи частками дорожнього пилу, твердих частинок суспензії [3].

Про ступінь розрідження оливи паливом і наявності в оливі більш легких паливних фракцій можна судити по параметру, званому температурою спалаху, яка у сучасних оливах вище 200 °C [5]. Граничним значенням температури спалаху для працюючої оливи можна вважати її зниження до 175–180 °C [5].

Моторна олива, будучи конструктивним елементом змащування вузлів [15], впливає на технічний стан ДВЗ. У той же час зміни, що відбуваються в роботі ДВЗ, впливають на зміну стану оливи (таблиця 1.1).

Зміни, що відбуваються з оливою в двигунах, можна охарактеризувати як кількісні та якісні [8]. Кількісні зміни відбуваються при випаровуванні легких масляних фракцій, згорянні оливи (чад), витіканні через ущільнюючі пристрої [3]. Якісні зміни пов'язані зі старінням оливи і з хімічними перетвореннями його компонентів, попаданням в оливу пилу, продуктів зносу деталей, води і незгорілого палива [3]. Зменшення кількості та погіршення стану працюючої оливи в умовах високої інтенсивності цих процесів в двигуні може привести до виходу двигуна з ладу [3].

Втрати на чад складають основну частку витрат оливи в ДВЗ [3]. Великий вплив на витрату оливи надає його якість. Оливи з високими протизносними властивостями збільшують ресурс двигуна, що знижує зростання чаду оливи при його експлуатації [3]. Ефективні миючі та антиокислювальні властивості оливи зменшують ймовірність втрати рухливості поршневих кілець і забруднення дренажних отворів, що також знижує витрату оливи на чад [3].

Таблиця 1.1 – Взаємозалежність зміни стану моторних оливи і ДВЗ в процесі експлуатації

Зміна основного показника	Зміна інших показників	Можливі причини
1	2	3
Збільшення кінематичної в'язкості (перехід до вищого класу по SAE), $\text{мм}^2/\text{с}$	Незначне збільшення	Доливання оливи підвищеної в'язкості (двигун справний)
	Високий вміст нерозчинного осаду, різке збільшення коксованості, потемніння центрального ядра і скорочення зони дифузії на крапельній пробі	Незадовільні експлуатаційні властивості оливи, збільшений прорив газів в картер, зношення або втрата рухливості поршневих кілець, неповне згоряння палива, не працюючі масляні фільтри
	Масляна пляма за зоною дифузії на крапельній пробі коричневого кольору	Перегрів двигуна (тривала робота з перевантаженням при високій температурі навколишнього повітря), забруднення масляного радіатора
Зниження кінематичної в'язкості (перехід в нижчий клас по SAE), $\text{мм}^2/\text{с}$	Незначне	Доливання оливи меншої в'язкості, деструкція присадок в загущених оливах (двигун справний)
	Зниження температури спалаху	Протікання в системі живлення, погане розпилення палива, конденсація бензину в непрогрітому двигуні, перезбагачення робочої суміші
Істотне збільшення нерозчинного осаду	Пропорційне збільшення коксованості і в'язкості	Великий прорив газу в картер через зношування або втрати рухливості поршневих кілець
Істотне зниження температури спалаху (нижче 200°C)	Підвищення змісту нерозчинного осаду і коксованості, наявність паливних фракцій в оливі	Протікання в паливній системі, погане розпилення палива, прогорання випускного клапана або днища поршня (немає компресії)

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Істотне збільшення вмісту продуктів зносу	Незначне	Несправний очисник повітря, всмоктування неочищеного повітря через нещільності впускного тракту, порушення вентиляції картера
Зменшення лужного числа на 50% і більше, мг КОН / г	Накопичення кислих продуктів, підвищення корозійного зносу деталей	Спрацювання детергентних і диспергуючих присадок
Баланс кислотного та лужного чисел	Підвищення окислення базової оливи. Базова олива окислюється з утворенням жирних кислот	Окислення базової оливи. Великий інтервал заміни оливи, підвищена робоча температура, підвищений вміст домішок

Старіння олив при роботі двигунів являє собою складний процес. Підвищена температура і кисень, з яким контактує олива, викликають окислення і окислювальну полімеризацію його молекул [8]. Такі продукти окислення вуглеводнів, як смоли, органічні кислоти, присутні в оливі в розчиненому стані, сприяють збільшенню в'язкості і кислотного числа [8]. Ще одна група продуктів окислення – дрібна стійка механічна суспензія – є джерелом утворення нагару і шламу [8]. Продукти глибокої окисної полімеризації, що відкладаються в зонах високої температури і надходять назад в картер, продовжують впливати на оливу [8]. Таким чином, погіршення стану оливи призводить до зміни багатьох показників його стану: знижується лужне число, погіршуються миючі властивості, підвищується корозійність та інше [8].

Виділяються дві основні групи домішок, що забруднюють оливу: органічні (потрапляючі в оливу з камери згоряння продукти неповного згоряння палива, продукти термічного розкладання окислення і полімеризації оливи) і неорганічні (пилові частинки, частинки зносу деталей, продукти спрацювання зольних присадок в оливах, технологічні забруднення, що залишилися в двигуні після його виготовлення) [8]. З камери згоряння в оливу можуть потрапляти вода, сполуки сірки [8].

Вода, потрапляючи в оливу, викликає утворення піни та емульсії, які, заповнюючи масляні канали, погіршують умови змащування деталей і сприяють утворенню осадів, викликають корозію деталей, руйнують і вимивають присадки [22].

На зміну властивостей олив істотно впливає температурний режим роботи двигуна [8]. Залежно від температурних умов деталей ДВЗ всі види відкладень умовно можна розбити на 3 групи [3]:

1. Високотемпературні, основна причина утворення яких – недостатня стабільність і низькі миючі властивості олив.
2. Середньотемпературні.
3. Низькотемпературні, утворення яких тісно пов'язане з попаданням в оливу води, сажі і незгорілого палива.

Швидкість окислення і забруднення значно вищі при роботі олив в зношених двигунах, коли збільшений прорив газів в картер і підвищена температура деталей, а також при роботі АТЗ з перевантаженням або з несталими навантаженнями [8].

Велика небезпека для ДВЗ представляється низькотемпературними відкладеннями [4]. Для двигунів при пробігах АТЗ на короткі відстані, частих пусках і зупинках, тривалій роботі на холостому ходу погіршується процес згоряння палива, збільшується потрапляння в картер вуглистих частинок, важких фракцій палива [8]. В результаті процеси старіння і забруднення оливи, випадання опадів (шламів) стають інтенсивнішими [8].

За результатами досліджень [18] свіжа моторна олива, забруднена охолоджувальною рідиною, втрачає здатність забезпечувати низький коефіцієнт тертя, мінімальний знос вузлів тертя і високу несучу здатність масляної плівки.

У двигунах, система мащення яких має маслоочисник (центрифугу), зниження тиску в масляній магістралі нижче значення, рекомендованого заводом–виробником, веде до зниження ефективності очищення оливи [22]. Тоді працююча олива забруднюється продуктами окислення самої оливи, продуктами зносу і домішками, що потрапляють з навколишнього середовища. Результати досліджень і експлуатації ДВЗ дозволяють стверджувати, що фільтрація впливає на технічний стан працюючої оливи. При цьому використання ефективних засобів очищення оливи, які знижують вміст в оливі забруднень, дозволяє збільшити термін її служби в тих випадках, коли забрудненість оливи є його бракувальним показником.

Термін служби олив вимірюється в кілометрах пробігу або мото-годинах роботи двигуна і встановлюється заводом-виробником і Положенням про технічне обслуговування за результатами стендових і експлуатаційних випробувань [3]. Рекомендовані заводом-виробником терміни заміни оливи відповідають нормальним умовам експлуатації ДВЗ, коли їх технічний стан, моторні оливи, що застосовуються і паливо відповідають вимогам стандартів і технічним умовам [3]. Ці терміни несуть загальний характер [13] і не враховують особливості експлуатації кожного АТЗ [22].

З метою раціонального застосування високоякісних, дорогих моторних олив в перспективі передбачається періодичність заміни оливи встановлювати не тільки за кількістю відпрацьованих годин або кілометрів пробігу, а й по фактичному технічному стану оливи [22]. Доцільність заміни оливи може бути визначена за встановленими показниками його граничного стану.

Питаннями діагностики стану і визначення термінів заміни діючих моторних олив займалися багато вчених: В.А. Аметов, Ю.А. Власов, В.В. Єфімов, В.Л. Лашхі, І.Г. Фукс та ін.

При цьому розрізняється підхід до вибору бракувального параметра і умов для оцінки граничного стану оливи. Так, В.В. Єфімовим розроблена методика коригування терміну заміни моторної оливи в залежності від режимів роботи спеціальних автомобілів, а також модель, що дозволяє визначити поточний і граничний стан працюючої оливи для заданих умов експлуатації [22]. У роботах [6] вчені нормативну періодичність заміни моторної оливи коригують за допомогою сезонного коефіцієнта. При цьому А.А. Петелін виділяє лужне число як основний показник стану моторної оливи для технічно справних АТЗ. Ю.А. Власов визначає залишковий термін оливи по різниці між допустимою і накопиченою концентрацією механічних домішок в працюючій оливі. В роботі [13] пропонується оцінювати поточний стан оливи за комплексом показників стану оливи.

Дані обстеження майже 500 автотранспортних компаній (АТК) США показали, що 53–59% з них проводять зміну оливи в двигунах на підставі її попереднього аналізу, з встановленою періодичністю або епізодично. При цьому

тільки 14–24% АТК виконують цей аналіз своїми силами за допомогою комплектів приладів, що належать їм або надаються нафтовими компаніями. Решта проводять аналізи олив в незалежних хімічних лабораторіях (53–56% АТК), застосовуючи металоспектрографію і стандартний хімічний аналіз.

1.3 Методи визначення стану моторної оливи

Аналізуючи поточний стан, динаміку зміни складу і експлуатаційних властивостей оливи, можна отримати дані про технічний стан моторної оливи в певний момент часу.

В.А. Аметов стверджує, що проби працюючої оливи є носіями комплексної інформації про всі зміни, що відбуваються в системі типу «агрегат-олива».

Методи діагностики стану відпрацьованих моторних олив можна класифікувати як лабораторні, експлуатаційні та бортової діагностики.

Методи інфрачервоного спектрального та фєрографічного аналізу відносяться до методів лабораторної трибодіагностики. Вони дозволяють визначати наявність в оливі продуктів зносу і проводити діагностику несправності змащуваних вузлів тертя.

Спектральні методи аналізу мастил: атомно-емісійний, атомно-абсорбційний, атомно-флуоресцентний.

Устаткування, що працює за принципом атомної емісії, дозволяє визначати вміст в оливі кількох хімічних елементів. Спектр характеризує хімічний склад продуктів зносу, що знаходяться в пробі оливи.

Спектральні методи мають ряд істотних недоліків: з їх допомогою можна встановити характер зносу в парах тертя, форми і розміри частинок, співвідношення їх найбільшого розміру з найменшим, загальне число частинок в пробі; спектрометри не реагують на частки великих розмірів (більше 10 мкм), тобто частинки, що утворюються при аварійному або катастрофічному зношуванні.

Крім того, спектральне устаткування складне, громіздке, дороге і вимагає кваліфікованого обслуговування.

Ферографія – метод магнітного осадження металевих частинок зносу з проб оливи. Він дозволяє визначити вид зносу, інтенсивність та режими тертя і оливи за формою частинок, станом їх поверхні, розподілу розмірів частинок, матеріалами окремих частинок, наявності сторонніх домішок і продуктів деструкції оливи.

Процес колоїдного старіння відпрацьованої оливи може бути охарактеризований дисперсністю і ступенем агрегації нерозчинних забруднень, а також збереженням або відповідно спрацьовуванням комплексу миючих властивостей: солюбілізуючих, стабілізуючих, диспергуючих і детергентних.

Для оцінки дисперсності нерозчинних забруднень оливи відомий метод мікроскопії, що дозволяє визначати розміри частинок до меж роздільної здатності мікроскопа (0,2–0,3 мкм). За фотографіями трьох проб підтверджується середній розмір дрібних частинок і визначається ступінь їх агрегації на підставі розміру окремої частки і загальної довжини агрегату.

Для непрямой оцінки середньої дисперсності нерозчинних забруднень або мийно-диспергуючих властивостей оливи може бути використаний фотометричний метод, заснований на залежності яка розсіює здатність диспергованих частинок різних розмірів від довжини хвилі падаючого світла.

Існують різні підходи до кількісної оцінки забруднення олив по зміні оптичної щільності [22].

Відомо що мийно-стабілізуючі властивості оцінюються по зміні в часі оптичної щільності бензинового розчину оливи, що утворюється при аналізі змісту грубодисперсних забруднень оливи центрифугуванням по ГОСТ 20684–75. Замір оптичної щільності фугатів проводиться для рівних концентрацій бензинових розчинів оливи на лабораторному фотометрі.

Одним з об'єктивних методів визначення вмісту нерозчинних частинок в відпрацьованій оливі вважається термогравіметричний метод, який дозволяє встановити як повну масу нерозчинних частинок, так і коксових продуктів, що окислюються повітрям.

Відомий метод контролю працюючої оливи за інтенсивністю світіння в високовольтному тліючому розряді. Метод дозволяє визначати ступінь

забрудненості працюючої оливи як відношення довжини корони газорозрядного світіння проби оливи до довжини корони газорозрядного світіння проби свіжої оливи [11]. Реєстрована інтенсивність світіння корони розряду пропорційна діелектричній проникності працюючої оливи, поміщеної в електричне поле газорозрядної камери високої напруги.

Зміна лужного числа представляє інтерес для прогнозу залишкового ресурсу, так як лужне число характеризує в працюючій оливі витрату присадки на нейтралізацію кислих з'єднань і диспергування нерозчинних забруднень [22].

Контроль над кислотним і лужним числом оливи може проводитися різними методами. Метод визначення кислотного та лужного чисел полягає в потенціометричному титруванні оливи, розчиненої в неводному розчиннику, розчином їдкого калію або соляної кислоти. Потенціометричне титрування ведуть за допомогою приладу титратора (наприклад, ЛТСН-2 або рН-метра лабораторного) до стрибка потенціалу або при відсутності останнього до ЕРС, встановленої по буферним розчинам.

Лабораторні методи мають ряд недоліків: залежність від спеціальних лабораторних умов, хімічного посуду та реактивів, а також висока трудомісткість аналізу оливи, пов'язана з робочими процесами діагностики її стану [11].

Крім аналізів, які проводять в спеціалізованих лабораторіях, застосовують експлуатаційні методи діагностики стану. Така діагностика виконується на станціях технічного обслуговування і ремонту, на місці базування АТЗ, в процесі експлуатації. Експлуатаційні методи можна виконувати частіше, своєчасно виявляючи несправності. Поєднання лабораторних методів з експлуатаційними може дозволити досягти найкращих результатів при діагностиці стану моторної оливи.

Для діагностики стану працюючих олив потрібно застосовувати методи, які, по-перше, довели свою ефективність; по-друге, не дуже трудомісткі; по-третє, не вимагають високої кваліфікації персоналу; по-четверте, не пов'язані з великими витратами на обладнання та витратні матеріали [19]. Іншими словами, методи, що дають швидкі і достовірні результати, що дозволяють прийняти правильне рішення [19].

Для визначення вмісту води в змащувальному матеріалі в чисту, попередньо висушену пробірку з термостійкого скла заливають 2–3 мл ретельно перемішаної оливи, а пробірку нагрівають на спиртівці до температури 100–110 °С. При наявності води олива піниться, на стінках пробірки над поверхнею оливи конденсуються краплі води.

Мийно–диспергуючі властивості в процесі роботи моторної оливи постійно змінюються, як правило, в гіршу сторону, через спрацювання присадки [22]. Ресурс комплексу присадок мийно–диспергуючо–стабілізуючих функцій моторної оливи має мінімальний запас по відношенню до всіх інших присадок і їх комплексів [18]. При цьому в багатьох роботах мийно–диспергуючі властивості приймаються для діагностики стану моторної оливи і залишкового ресурсу до заміни [22].

Єдиним поширеним в практиці методом контролю диспергуючо–стабілізуючих властивостей оливи є метод «крапельної проби», тобто розрахунок величини характерних зон крапельної проби за допомогою масляної плями. Є різні його варіанти, що відрізняються окремими деталями виконання і методами кількісної оцінки.

Найбільш відомий метод вимірювання на паперовому фільтрі діаметра трьох зон масляної плями, визначення їх кольору і малюнка, рівномірність розтікання оливи. Для цього уважно вивчають наступні чотири складові частини масляної плями:

1 ядро або центр краплі, відповідний первинній зоні краплі до її розтікання по папері, де осідають всі важкі нерозчинні механічні домішки;

2 крайова зона (темне / чорне кільце), що оточує ядро малорозчинними в оливі органічними домішками; кільце відсутнє як при чистій оливі, так і при дуже брудній оливі, а ядро має рівний колір;

3 зона дифузії – широке сіре кільце за ядром – через крайову зону оливи з легкими розчиненими органічними домішками;

4 кільце чистої оливи – саме зовнішнє світле кільце, якщо в ньому починає проявлятися втрата мийно–диспергуючих присадок.

Чим світліший і рівномірніший колір ядра і зони дифузії, тим працездатнішою є олива. При зростанні механічних домішок темніє ядро, зона дифузії і втрачається крайова зона (таблиця 1.2). При втраті присадок зменшується зона дифузії, розширюється зовнішнє світле кільце. Поява зовнішнього кільця чистої оливи означає момент, коли починають вичерпуватися мийно–диспергуючі властивості оливи. Для високолужних олив це не обов'язково.

Відсутність зони дифузії або «згортання» плями через втрату присадок, густе чорне мазеподібне ядро з блискітками металу, коричневе або жовте кільце свідчать про бракувальний стан оливи.

Таблиця 1.2 – Критерії діагностики стану оливи по масляній плямі

Ступінь окислення оливи	
Колір масляного поясу	Прийняте рішення
Блідо–світло–жовтий	Працездатний
Світло коричневий	Працездатний
Коричневий	Не працездатний
Темно коричневий	Не працездатний
Ступінь забруднення оливи	
Колір ядра:	Прийняте рішення
Світло коричневий	Працездатний
Коричневий або сірий	Працездатний
Темно коричневий	Працездатний
Чорний	Не працездатний
Диспергуючі властивості оливи визначаються за формулою $ДС = 1 - (d^2/D^2)$	$ДС > 0,3$ – працездатне $ДС < 0,3$ – непрацездатне

У міру старіння оливи в її складі утворюються продукти окислення – смолисті частки, які при великих концентраціях знижують мастильну здатність оливи. У міру відпрацювання присадок і забруднення оливи механічними домішками в процесі роботи в її складі накопичується значна кількість механічних частинок. Збільшення концентрації механічних домішок і смолистих часток в оливі веде до того, що розподіл оливи по порах фільтра ускладнюється, внаслідок чого зменшується діаметр d_1 плями. В процесі фільтрації оливи з відпрацьованими присадками і значною кількістю механічних домішок великі частки скупчуються в

центрі масляної плями, розміри зони дифузії оливи, яка визначається діаметром d_1 , зменшуються, у той час як розміри центральної частини ядра, що містить механічні домішки, зростають. За співвідношенням величин d_1 , d_2 і D оцінюють ступінь забрудненості і окислення оливи.

Для кількісної оцінки забруднення олії застосовують стандартні методи визначення нерозчинних в бензині домішок [19]: метод визначення вмісту механічних домішок, метод визначення вмісту нерозчинних осадів.

Наявність механічних домішок в моторних оливах можна визначити шляхом нанесення за допомогою піпетки трьох окремих крапель на фільтрувальний папір і оцінки отриманих масляних плям через 2–4 години. Кожна з крапель утворює масляну пляму (зі світлим кільцем по периметру), яке порівнюється з еталонним фотознімком, визначаючи таким чином наявність механічних домішок. Чим менша наявність механічних домішок, тим світліша центральна зона плями.

Існує експрес–метод більш точного фотометричного контролю забруднення оливи по крапельній пробі. Метод полягає в нанесенні краплі оливи на фільтрувальний папір, висушуванні крапельної проби і вимірах діаметрів і оптичної щільності зони дифузії і ядра. Для виміру оптичної щільності може бути використаний будь–який фотометр, призначений для вимірювання яскравості і коефіцієнтів відбиття (наприклад, ФМ–56, 60). Розрахунок забрудненості проводиться з урахуванням площ і фотометричних характеристик зон забруднення крапельної проби.

Для експрес–оцінки механічних домішок можна використовувати метод стирання на склі. Беруть два чистих предметних скла, накладають один на одного і перевіряють плавність їх взаємного ковзання, тобто відсутність скрипу і заїдань. Потім на одне скло наносять 1–2 краплі випробованої оливи [19]. Якщо присутня плавність взаємного переміщення скла, олива вважається придатною до подальшої експлуатації.

Наявність механічних домішок в моторній оливі визначають і методом відстою, наприклад, у відстійнику, що входить в комплект ручних лабораторій.

Існує метод оцінки в'язкості, розроблений американською фірмою "Mobil". Його суть: в якості еталонної використовується свіжа олива тієї ж групи в'язкості, що і випробовувана [19]. Контроль здійснюється віскозиметром і дають оцінку в'язкості випробовуваної оливи.

Крім експлуатаційних методів існують методи бортової діагностики стану моторних олив. Їх перевага – постійний контроль стану оливи і по змінам цих показників контроль зміни стану двигуна. В даний час для цієї мети використовуються сигналізатори стружки в оливі, фільтри–сигналізатори і магнітні пробки. Однак через їх недостатню чутливість і інформативність для цих пристроїв характерна велика кількість помилкових спрацьовувань і пропусків несправностей, що призводить до зниження безпеки і великих матеріальних втрат.

Пробки можуть бути магнітними, електромагнітними, електроконтактними. Магнітні пробки встановлюють в тих місцях мастильних систем, де передбачається найбільш імовірна поява продуктів зносу або руйнування деталей, що труться. Діагностика здійснюється візуальним шляхом контролю металевих частинок на поверхні магніту.

Сигналізатори стружки виявляють металеву стружку в оливі в процесі роботи двигуна. Принцип роботи сигналізаторів заснований на замиканні контактів продуктами зносу.

Для оперативної діагностики стану застосовують «швидкі» методи аналізу проб оливи, тому стружкосигналізатори використовують як бортові аварійні сигналізатори. Якщо в пробі концентрація заліза або міді перевищує допустиму, то проводяться інші методи діагностики стану моторної оливи.

Під час експлуатації АТЗ експлуатаційні методи діагностики стану моторної оливи мають ряд переваг в порівнянні з методами бортової і лабораторної діагностики. На відміну від лабораторних більшість експлуатаційних методів не вимагають багато часу на проведення і отримання результатів, використовуване обладнання і засоби відносно недорогі і не вимагають високої кваліфікації персоналу [11]. До недоліків методів бортової діагностики можна віднести необхідність оснащення датчиками і пристроями для контролю кожної одиниці

техніки, що призводить до значних фінансових витрат і великій кількості помилкових спрацьовувань і пропусків несправностей через їх недостатню чутливість і інформативність.

На підставі вищесказаного за результатами патентного пошуку важливим є експлуатаційний метод, який дозволяє здійснювати контроль з використанням масляної плями.

Суть методу полягає в нанесенні краплі оливи на фільтрувальний папір і оцінці характеру отриманої масляної плями з використанням органолептичних методів.

Відомо, що існують різноманітні способи і умови нанесення краплі оливи на фільтрувальний папір. Так, наносять першу, другу або третю краплю оливи, або кількість і черговість нанесення не визначені. Різні автори рекомендують для отримання масляних плям істотно відмінні температурні режими без урахування типу аналізованої оливи. Так, температурні режими отримання масляних плям коливаються від кімнатної до 200 °С [19]. Також не у всіх методах визначено кількість і черговість крапель, що наносяться на фільтрувальний папір, і необхідний час витримки після нанесення краплі.

Методики оцінки масляних плям розрізняються складністю і тривалістю. Так, найпоширенішим методом є оцінка властивостей і забрудненості оливи по співвідношенню зовнішніх діаметрів зони дифузії і ядра. Для кількісного визначення застосовують еталонні зразки типових масляних плям з оцінкою в балах або використовують залежно для обчислення безрозмірного показника [19].

Щодо методик можна сказати, що описані методи не дозволяють об'єктивно виміряти фактичний стан оливи з точки зору працездатності і необхідних якостей, а також не дозволяють давати прогнози щодо заміни оливи.

У порівнянні з іншими методами діагностики стану відпрацьованої в двигуні оливи має ряд істотних переваг:

- не потрібно виводити АТЗ з роботи;
- діагностики стану виконують без розбирання і візуального огляду;
- не вимагається доставка АТЗ або його перегін на пост діагностики;

- дає можливість замінювати оливу при дійсній втраті нею працездатності, а не після закінчення заданого значення напрацювання;
- дозволяє отримати великий обсяг інформації;
- трудомісткість виконання аналізу невелика.

При цьому зміна показників стану моторної оливи залежить від безлічі факторів, але одним з основних є людський. В процесі діагностики стану багатьма методами вирішальним є саме суб'єктивна оцінка отриманих результатів, тому необхідна розробка методики діагностики стану оливи об'єктивними методами.

Робота АТЗ з обґрунтованими простоями, витратами і зведеними до мінімуму позаплановими ремонтами можлива при періодичній діагностиці стану і проведення технічного обслуговування.

Одним з найбільш навантажених і тих, що вимагають постійної уваги елементів автотранспортного засобу є ДВЗ. Справний стан ДВЗ неможливий без використання високоякісних мастильних матеріалів і постійного контролю їх стану. В процесі експлуатації постійно змінюються не тільки показники стану моторної оливи під впливом різних факторів, а й сама олива впливає на технічний стан двигуна. При цьому на практиці заміну моторної оливи виконують за середніми даними напрацювання (мото-год) або пробігу (км), які не враховують той факт, що АТЗ працюють в різних умовах, з непостійним навантаженням, різною якістю мастильних матеріалів, рівнем сервісу і якістю обслуговування. У підсумку відсутність контролю за технічним станом мастильних матеріалів і завчасна їх заміна призводить або до заміни працездатної моторної оливи, або оливи, що відпрацювала свій ресурс. І в тому і в іншому випадку результатом будуть додаткові матеріальні витрати.

Стає актуальною задача діагностики стану моторних оливи і подальшої заміни їх по фактичному стану. Сформувалася потреба в проведенні обслуговування ДВЗ АТЗ на основі діагностики стану мастильних матеріалів. При цьому потрібні методи, що дозволяють приймати рішення про подальшу експлуатацію моторної оливи на основі об'єктивних рішень, що не залежать від суб'єктивної думки фахівця. Існують методи діагностики стану моторних оливи. Отримання даних про технічний стан за

цими методами в багатьох випадках об'єктивне. Але перешкодою для об'єктивної оцінки даних діагностики та аналізу стану моторних оливи є неформальність прийняття рішення про заміну моторної оливи, так як прийняття рішення засноване на суб'єктивних якостях експерта, не формалізовані – маса нанесеної краплі, час сушіння краплі оливи, сама оцінка масляної плями [19].

Наведений вище огляд існуючих рішень по діагностиці стану моторної оливи показав, що в теорії представлені методи що вимагають або особливих лабораторних умов і обладнання, або умови проведення дослідження та результати діагностики стану залежать від суб'єктивних рішень фахівця, який в залежності від свого досвіду, фізіологічних можливостей може прийняти не об'єктивне рішення за результатами контролю діагностики.

Таким чином, виявлений розрив між практичними вимогами і теоретичними рішеннями, які не дозволяють об'єктивно проводити діагностику стану моторної оливи в процесі її роботи в ДВЗ АТЗ. Невідповідність між потребами практики і можливостями теорії і практики в даний момент обґрунтовують актуальність і необхідність дослідження. Для вирішення поставленого завдання сформульовані мета і завдання дослідження.

1.4 Аналіз діяльності транспортного підрозділу ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр»

1.4.1 Аналіз маркетингового середовища

Відкрите акціонерне товариство «Гніванський гранітний кар'єр» (надалі ВАТ) розташоване у Вінницькій області в місті Гнівань по вул. Леніна, 85.

Вид економічної діяльності – видобування і переробка каменю.

Форма власності – колективна.

ВАТ має в своєму складі такі основні виробничі структурні підрозділи:

- гірничий цех (займається видобутком граніту);

- дільниця буровибухових робіт (проводить буріння свердловин, здійснення вибухів, розбирання негабаритних кам'яних брил);
- дробильно-сортувальний завод (переробляє гірничу масу на продукцію різних фракцій);
- транспортний цех (здійснює навантаження готової продукції на різні види транспорту);
- центральна робоча майстерні (ремонтую агрегати і вузли, виготовляє деталі для забезпечення технологічного виробничого процесу);
- ремонтно-будівельний цех (виконує роботи, пов'язані з благоустроєм території підприємства і будівництвом);
- електроцех (здійснює безперебійне постачання електроенергії для роботи підприємства і ремонт силового електрообладнання).

Є на підприємстві і допоміжне виробництво:

- цех по виготовленню виробів з граніту;
- цех по виготовленню електродів;
- цех по виготовленню тротуарної плитки;
- цех по виготовленню метало пластикових вікон.

До виробничої структури ВАТ входить і транспортний підрозділ.

Транспортний підрозділ створено для перевезення гірничої маси, забезпечення виробництва матеріалами і запасними частинами, складовими різних видів, а також для надання послуг, пов'язаних з реалізацією виготовленої продукції.

Його виробничо-технічна база є матеріальною основою забезпечення працездатності автотранспортних засобів, одним з найважливіших елементів комерційної структури підприємства, головною складовою виробничої інфраструктури, що забезпечує провізні можливості рухомого складу.

Організація перевезень вантажів автомобільним транспортом на підприємстві здійснюється у відповідності до вимог чинного законодавства.

Склад і вартість основних виробничих фондів підприємства визначаються на основі „Приміток до річної фінансової звітності за 2008 рік” за формою №5. На основі цих даних формується таблиця 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні виробничі фонди

Групи основних засобів	Залишок на початок року		Надійшло за рік	Вибуло за рік		Нараховано амортизації за рік	Залишилось на кінець року	
	Первісна (переоцінена) вартість	знос		Первісна (переоцінена) вартість	знос		Первісна (переоцінена) вартість	знос
1.Будинки, споруди та передавальні пристрої	9137,3	5245,3				181,5	9137,3	5426,8
2. Машини та обладнання	14751,7	8367,2	501,6	6,5	5,1	925,8	15246,8	9287,9
3.Транспортні засоби	1330,9	573,5	1579,4	46,3	26,4	321,1	2864,0	868,2
4. Інші основні засоби	147,2	118,0				6,5	147,2	124,5
5. Малоцінні необоротні матеріальні активи	637,7	637,7	220,0			220,0	857,7	857,7
Разом	26004,8	14941,7	2301,0	52,8	315,5	1654,9	28253,0	16565,1

Аналізуючи дані наведені в таблиці 1.4, можна зробити висновки про структуру основних виробничих фондів підприємства: будівлі, споруди та передавальні пристрої становлять 32,34 % від загальної вартості; машини та обладнання – 53,97%, транспортні засоби – 10,14 %; інші основні засоби – 0,52%.

При аналізі стану основних фондів детальніше будуть розглядатися показники, які відносяться до транспортних засобів. За рекомендаціями [2] необхідно визначити їх коефіцієнти відновлення, вибуття і придатності.

Коефіцієнт відновлення відображає інтенсивність відновлення транспортних засобів і визначається за формулою:

$$K_{від} = \frac{ОВ\Phi_{\epsilon}}{ОВ\Phi_{\kappa}}, \quad (1.1)$$

де $ОВ\Phi_{\epsilon}$ – вартість транспортних засобів, що надійшли протягом року, грн.;

$ОВ\Phi_{\kappa}$ – вартість транспортних засобів на кінець року, грн.

За даними таблиці 1.4 коефіцієнт відновлення становитиме:

$$K_{від} = \frac{1579,4}{2864,0} = 0,551.$$

Коефіцієнт вибуття характеризує ступінь інтенсивності вибуття транспортних засобів:

$$K_{виб} = \frac{ОВФ_{виб}}{ОВФ_n}, \quad (1.2)$$

де $ОВФ_{виб}$ – вартість транспортних засобів, що вибули протягом року, грн.;

$ОВФ_n$ – вартість транспортних засобів на початок року, грн.

За даними таблиці 1.4 коефіцієнт вибуття становитиме:

$$K_{виб} = \frac{46,3}{1330,9} = 0,0348.$$

Коефіцієнт придатності характеризує технічний стан транспортних засобів:

$$K_{прид} = \frac{ОВФ_{зал}}{ОВФ_{перв}} = 1 - K_z = 1 - \frac{Z}{ОВФ_{перв}}, \quad (1.3)$$

де $ОВФ_{зал}$ – залишкова транспортних засобів, грн.;

$ОВФ_{перв}$ – первісна транспортних засобів, грн.;

K_z – коефіцієнт зносу;

Z – знос транспортних засобів, грн.

За даними таблиці 1.4 коефіцієнт придатності становитиме:

$$K_{прид} = 1 - \frac{868,2}{1330,9} = 1 - 0,652 = 0,348.$$

Аналізуючи виконані розрахунки, можна зробити наступні висновки:

- транспортні засоби підприємства мають знос 65,2% ;
- придатність транспортних засобів підприємства становить 34,8%;
- інтенсивність відновлення транспортних засобів (55,1%) перевищує інтенсивність вибуття (3,48%).

Для перевезення вантажів і забезпечення переліку виконуваних філією робіт, автотранспортний підрозділ має власний рухомий склад, дані про який наведені в табл. 1.4 і 1.5.

Таблиця 1.4 - Наявність автотранспорту на початок 2023 року

Найменування показників	Наявність автомо-білів, одиниць	Загальна вантажопідйомність, тонн (з точністю до 0,1), пасажиромісткість, місць для сидіння
Автомобілі: всього	58	-
Вантажні автомобілі, включаючи пікапи і фургони на шасі легкових автомобілів	39	307,8
В тому числі за призначенням та конструкцією кузова:		
бортові	7	28,0
самоскиди	25	181,8
сідельні тягачі	7	98,0
за вантажопідйомністю:		
до 1499 кг	-	-
1500-4999 кг	13	52,0
5000-6999 кг	5	29,2
7000-9999 кг	10	80,6
10000-14999	11	146,0
спеціальні автомобілі	6	-
Пасажирські легкові автомобілі	11	55
Пасажирські автобуси	2	92

Таблиця 1.5 - Вантажні напівпричепи і автомобільні причепа

Конструкція кузова напівпричепа, причепа	Всього, одиниць	Загальна вантажопідйомність, тонн (з точністю до 0,1)	Нові напівпричепа (причепа) які надійшли в звітному році, одиниць
причепа і напівпричепа	7	98,0	-
за конструкцією кузова:			
бортові	5	72,0	-
самоскидні	2	16,0	-

Як видно з таблиці частка вантажних автомобілів складає 67,24% від загальної кількості транспортних засобів, частка спеціальних – 10,34%, пасажирських легкових – 18,97%, автобусів – 3,44%.

Структура вантажних автомобілів наступна: бортові автомобілі і сідельні тягачі становлять по 17,95% від загальної кількості рухомого складу, а самоскиди – 64,1%.

В таблиці 1.6 подано віковий розподіл рухомого складу.

Таблиця 1.6 - Групування власних автомобілів залежно від часу перебування в експлуатації

Тип автомобіля (кузова)	Всього	В т.ч., які перебували в експлуатації з моменту випуску заводом-виготовлювачем				
		до 3 років включно	від 3,1 до 5 років включно	від 5,1 до 8 років включно	від 8,1 до 10 років включно	більше 10 років
Автомобілі - всього	58	13	2	-	2	41
в тому числі: вантажні	39	7	-	-	-	32
пасажирські автобуси	2	-	-	-	-	2
пасажирські легкові автомобілі	11	4	2	-	2	3
спеціальні автомобілі	6	2	-	-	-	4

Аналізуючи дані таблиці 1.6 приходимо до висновку, що:

- 70,69% транспортних засобів перебувають в експлуатації більше 10 років;
- по 3,45% експлуатуються від 3,1 до 5 років і від 8,1 до 10 років включно;
- 22,41% перебувають в експлуатації з моменту випуску заводом-виготовлювачем до 3 років включно.

Результати роботи автотранспорту підприємства за останній період часу, визначені за формами № 2-тр державного статистичного спостереження, наведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Робота і використання рухомого складу

Показники	2021	2022	2023
1. Середньооблікова кількість автомобілів, одиниць	54	56	58
2. Автомобіледні перебування в господарстві, тис.	19,710	20,440	21,170
2. Автомобіледні в роботі, тис.	11,140	11,660	11,404
3. Час в наряді, тис. год.	89,680	109,954	113,600
4. Загальний пробіг, тис. км	1811,100	1889,74	2265,86
5. Обсяг перевезень, тис. т	1860,4	1885,9	1932,5
6. Вантажообіг, тис. ткм	6782,0	7218,7	8317,4

Беручи за основу відомості, які містяться в таблиці 1.8, визначаються основні техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу транспортного підрозділу за попередній період, враховуючи рекомендації [5]. За період приймається календарний рік (2021, 2022, 2023).

Середній час перебування рухомого складу в наряді за добу визначається за формулою:

$$T_{\text{н}}^i = \frac{AG_{\text{нар}}^i}{AD_{\text{роб}}^i}, \quad (1.4)$$

де $AG_{\text{нар}}^i$ – час перебування автомобілів в наряді за i -тий період, тис. год.;

$$T_{\text{н}}^{21} = \frac{89,68}{11,14} = 8,05 \text{ год}; \quad T_{\text{н}}^{22} = \frac{109,954}{11,66} = 9,43 \text{ год}; \quad T_{\text{н}}^{23} = \frac{113,6}{11,404} = 9,97 \text{ год}.$$

Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу визначається за формулою:

$$l_{\text{сд}}^i = \frac{L_{\text{заг}}^i}{AD_{\text{роб}}^i}, \quad (1.5)$$

де $L_{\text{заг}}^i$ – загальний пробіг рухомого складу за i -тий період, тис. км;

$$l_{\text{сд}}^{21} = \frac{1811,1}{11,14} = 162,64 \text{ км}; \quad l_{\text{сд}}^{22} = \frac{1889,74}{11,66} = 162,07 \text{ км};$$

$$l_{\text{сд}}^{23} = \frac{2265,86}{11,404} = 189,69 \text{ км}.$$

Коефіцієнт випуску на протязі періоду, що розглядається для типів рухомого складу становив:

- для легкових автомобілів – 0,731; 0,692; 0,579;

- для вантажних автомобілів – 0,565; 0,571; 0,539.

Для розгляду динаміки зміни обсягів транспортних послуг можна скористатись формулами структурних змін за рекомендаціями [9].

Індекси зміни основних параметрів визначаються за формулою:

$$I_{A_i} = \frac{A'_i}{A_i}, \quad (1.6)$$

де A_i , A'_i - відповідно базисне і звітне значення параметрів.

Для обсягів перевезень:

$$I_{A_i}^{22-21} = \frac{1885,9}{1860,4} = 1,014; \quad I_{A_i}^{23-22} = \frac{1932,5}{1885,9} = 1,025.$$

Для обсягів транспортної роботи:

$$I_{A_i}^{22-21} = \frac{7218,7}{6782,0} = 1,064; \quad I_{A_i}^{23-22} = \frac{8317,1}{7218,7} = 1,15.$$

Аналізуючи виконані розрахунки, можемо прийти до таких висновків:

- час перебування автомобілів в наряді за добу складає 8,05...9,97 години;
- обсяги наданих транспортних послуг в середньому зросли: автомобіледні в роботі – на 7,4%; час в наряді – на 3,32%; обсяги перевезень – на 2,5%; вантажооборот – на 6%; загальний пробіг – на 19%.

Тобто, спостерігаються позитивні тенденції в роботі транспортного підрозділу.

1.5 Аналіз стану існуючої виробничо-технічної бази

1.5.1 Огляд існуючої структури виробничо-технічної бази підприємства

Важливим фактором внутрішнього середовища організації є стан виробничо-технічної бази.

В склад виробничо-технічної бази транспортного підрозділу ВАТ “Гніванський кар’єр” входять: виробничий корпус, в якому розташовані: шість тупикових постів ТО і ПР, агрегатна і моторна дільниці, зона миття агрегатів, токарна дільниця, електротехнічна, мідницька, ковальсько-ресорна, шиномонтажна, вулканізаційна, акумуляторна, зварювальна, складські і побутові приміщення, зона зберігання легкових автомобілів. Загальна площа виробничого корпусу 2368 м².

На території транспортного підрозділу також знаходяться стоянка рухомого складу (3325 м²), склад паливно-мастильних матеріалів (703 м²), котельня, площадка для миття автомобілів та очисні споруди.

Роботи по ТО і ПР автомобілів виконуються на тупикових універсальних постах, обладнаних оглядовими канавами.

1.5.2 Варіантний аналіз і оцінка стану виробничо-технічної бази і ступеня використання виробничої потужності

1.5.2.1 Варіант 1 (експрес - діагностування)

Аналіз відповідності стану ВТБ існуючим вимогам проводимо використовуючи метод експрес-діагностування, застосувавши техніко-економічні показники (ТЕПи) за методикою [8].

Техніко-економічні показники використовуються для проектних розрахунків при необхідності нового будівництва і реконструкції функціонуючих підприємств, а також для оцінки, порівняння і вибору проектних рішень. Для оцінки рівня прогресивності технологічної розробки ВТБ встановлені такі нормативні питомі показники:

- чисельність виробничих робітників, на один автомобіль;

- кількість робочих постів, на один автомобіль;
- площа виробничо-складських приміщень, m^2 , на один автомобіль;
- площа допоміжних (адміністративно-побутових) приміщень, m^2 , на один автомобіль;
- площа стоянки, m^2 , на один автомобіль;
- площа території підприємства, m^2 , на один автомобіль;

Оцінку проводимо методом порівняння фактичних показників з еталонними, попередньо сформувавши технологічно сумісні групи автомобілів і виконавши для кожної з них розрахунки ТЕПів.

Умови роботи транспортного підрозділу:

- списочна кількість рухомого складу – 58 автомобілів, з них автомобілі: МАЗ-5551 – 21 одиниця, ГАЗ-САЗ-3507 – 26 одиниць, ВАЗ - 11 одиниць.
- середньодобовий пробіг для кожної групи становить відповідно 140 км, 120 км, 95 км;
- умови зберігання рухомого складу – відкрите, без підігріву, розміщення при 100% незалежному виїзді під кутом 90° до осі проїзду, легкові автомобілі - зарите;
- категорія умов експлуатації – II;
- природнокліматичний район – помірно-теплий, помірно-вологий;
- умови теплопостачання, водопостачання, електропостачання – від міської мережі.

Для розрахунку техніко-економічних показників попередньо необхідно вибрати питомі показники для еталонних умов.

Значення вибираються з [2] і заносяться в таблицю 1.6.

Розрахунок проводимо методом перемноження питомих показників на коефіцієнти, які враховують:

- K_1 – спискову кількість технологічно сумісних автомобілів;
- K_2 – тип рухомого складу;
- K_3 – наявність причепів до вантажних автомобілів;

K_4 – середньодобовий пробіг одиниці РС;

K_5 – умови зберігання РС;

K_6 – категорію умов експлуатації РС;

K_7 – кліматичні умови експлуатації.

Всі значення коефіцієнтів вибираються з [8] і заносяться в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 – Інформація до розрахунку нормативних ТЕП для транспортного підрозділу

Показники	Еталонне значення	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чисельність виробничих робітників, чол. МАЗ	0,32	1,66	1,12	1,0	1,0	1,0	1,16	0,95
ГАЗ	0,32	1,66	1,12	1,0	1,0	1,0	1,16	0,95
ВАЗ	0,22	1,24	1,0	1,0	1,0	1,0	1,08	0,95
Кількість робочих постів МАЗ	0,1	2,3	1,08	1,0	1,0	1,0	1,15	0,97
ГАЗ	0,1	2,3	1,08	1,0	1,0	1,0	1,15	0,97
ВАЗ	0,08	2,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,15	0,97
Площа виробничо-складських приміщень, m^2 МАЗ	19,0	2,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,15	0,82
ГАЗ	19,0	2,05	0,6	1,0	1,0	1,0	1,15	0,82
ВАЗ	8,5	1,9	0,56	1,0	1,0	1,0	1,15	0,82
Площа допоміжних приміщень, m^2 МАЗ	8,7	1,85	1,0	1,0	1,0	1,0	1,08	0,98
ГАЗ	8,7	1,85	0,88	1,0	1,0	1,0	1,08	0,98
ВАЗ	5,6	1,8	0,85	1,0	1,0	1,0	1,08	0,98
Площа стоянки, m^2 МАЗ	37,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,32	1,0	1,0
ГАЗ	37,2	1,0	0,85	1,0	1,0	1,32	1,0	1,0
ВАЗ	18,5	1,0	0,8	1,0	1,0	1,32	1,0	1,0
Площа території підприємства, m^2 МАЗ	120	1,9	1,0	1,0	1,0	1,16	1,07	0,93
ГАЗ	120	1,9	0,76	1,0	1,0	1,16	1,07	0,93
ВАЗ	65,0	1,9	0,76	1,0	1,0	1,16	1,07	0,93

Фактичні значення абсолютних техніко-економічних показників: чисельність виробничих робітників – 17 чоловік; кількість робочих постів – 6; площа виробничо-складських приміщень – 2960 м²; площа допоміжних приміщень – 408 м²; площа стоянки – 3757 м², площа території 24140 м².

В основі аналізу лежить порівняння фактичних і нормативних значень техніко – економічних показників. Результати аналізу наведені в табл. 1.9.

Таблиця 1.9 - Порівняння нормативних і фактичних значень ТЕП

Назва показника	Одиниці вимірювання	Фактичні	Нормативні
1. Число виробничих робітників	Чол.	0,293	0,302
2. Кількість робочих постів	Од.	0,103	0,14
3. Площа виробничо-складських приміщень	м ²	51,03	43,3
4. Площа допоміжних приміщень	м ²	7,03	8,15
5. Площа стоянки	м ²	64,78	45,54
6. Площа території	м ²	416,2	206,21

Результати аналізу:

а) чисельність виробничих робітників незначно менше нормативного значення, обумовлено низьким рівнем заробітної плати;

б) число постів зони ТО і ПР філії менше нормативних показників, що говорить про низький рівень механізації і автоматизації технологічних процесів виробництва;

в) площі виробничо-складських приміщень перевищують нормативні значення на 15%;

г) площі допоміжних приміщень менші нормативних значень на 13,7%;

д) площі стоянки автомобілів і території перевищують нормативні значення приблизно на 30%, що пов'язано зі специфікою підприємства.

1.5.2.2 Варіант 2 (комплексна оцінка стану ВТБ)

Комплексну оцінку стану ВТБ виконуємо у відповідності з рекомендаціями [2] за такими напрямками: характеристика виробничих приміщень, стан

технологічного устаткування, характеристика рівня технології ТО і ПР, рівень організації та управління виробництвом.

Виконаємо розрахунок показників, що характеризують виробничу потужність підприємства.

Фондооснащеність ВТБ розраховується за формулою:

$$\Phi_o = \frac{\Phi_{ВТБ}}{A_{сп}}, \quad (1.7)$$

де $\Phi_{ВТБ}$ – вартість ВТБ, грн.;

$A_{сп}$ – облікова кількість автомобілів, одиниць.

$$\Phi_o = \frac{24673,9}{58} = 425,41 \text{ тис.грн.}$$

Забезпеченість виробничими площами для ТО і ПР:

$$s = \frac{S_{ф.п.п.}}{N_{зм}}, \quad (1.8)$$

де $S_{ф.п.п.}$ – фактична площа приміщень для ТО і ПР, м²;

$N_{зм}$ – змінна програма ТО і ПР, одиниць.

$$s = \frac{900}{14,2} = 63,38 (\text{м}^2).$$

Характеристика виробничих приміщень: при будівництві виробничого корпусу використано крок колон 9х12м, 12х12м, 12х18м; висота приміщення – 4 м; застосовувані будівельні конструкції: цегляні та залізобетонні; приміщення побудовано в каркасному залізобетонному виконанні з залізобетонними балками покриття та азбоцементною крівлею по металічним прогонам; фундаменти приміщення залізобетонні, збірно-монолітні.

Виробничі приміщення пристосовані для виконання робіт з ТО і поточного ремонту наявних автотранспортних засобів.

Придатність будівель і споруд розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{B_3}{B_n}, \quad (1.9)$$

де B_3 – залишкова вартість, грн.;

B_n – первісна вартість, грн.

$$n = \frac{3710,5}{9137,3} = 0,406.$$

Стан технологічного устаткування характеризується структурою виробничих фондів, що складається з активної і пасивної частини, які обраховуються за наступними формулами:

$$C_a = \Phi_{ВТБ}^a / \Phi_{ВТБ}; \quad (1.10)$$

$$C_n = \Phi_{ВТБ}^n / \Phi_{ВТБ}, \quad (1.11)$$

де $\Phi_{ВТБ}^a$ – активна частина фондів ВТБ, грн.;

$\Phi_{ВТБ}^n$ – пасивна частина фондів ВТБ, грн..

Згідно формул (1.7 і 1.8):

$$C_a = (15246,8 / 25389) \cdot 100\% = 60,0\%;$$

$$C_n = (10142,2 / 25389) \cdot 100\% = 40,0\%.$$

Фондооснащеність ремонтних робітників:

$$\Phi_{op} = \frac{\Phi_{ВТБ}}{K_{pp}}, \quad (1.12)$$

де K_{pp} – середньооблікова кількість ремонтних робітників, осіб.

$$\Phi_{op} = \frac{25389}{17} = 1493,47 \text{ (тис.грн.)}.$$

Механооснащеність ремонтних робітників:

$$\Phi_{\text{м}} = \frac{\Phi_{\text{ВТБ}}^a}{K_{\text{рр}}}. \quad (1.13)$$

$$\Phi_{\text{м}} = \frac{679,8}{17} = 39,99(\text{тис.грн}).$$

Наявне у виробничому корпусі технологічне обладнання наведено в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Обладнання виробничого корпусу

Назва обладнання	Кільк.
Фрезерувальний станок 6М12П	1
Токарний станок	2
Заточувальний станок ТШН-400	2
Стенд для перевірки електрообладнання	1
Вулканізатор	1
Ванна для перевірки герметичності	1
Свердлильний станок	4
Солідолонагнітач	1
Зварювальний апарат	2
Стенд для ремонту підвісок	1
Гідропрес ударний	1
Шафа для інструменту і приспособ	5
Шафа інструментальна	8
Верстак слюсарний	10
Стелаж для коліс пересувний	2
Станція насосна	3
Піддон для зливу оливи	4
Кран рухомий	2
Гайковерт пересувний	4
Теліжка для зняття коліс	3
Підйомник канавний П-128	3
Візок для транспортування силових агрегатів Р-535	1
Візок для транспортування мостів ТА-1,5	1
Стіл-візок для інструменту СД-3715-03	2
Комплект інструментів И-132	5
Підставка під автомобіль	4

Розрахуємо основні показники використання обладнання.

Коефіцієнт змінності устаткування:

$$K_3 = G_{\text{во}} / G_{\text{ко}}, \quad (1.14)$$

де $G_{\text{во}}$ – кількість обладнання, що відпрацювало зміну, одиниць;

$G_{\text{ко}}$ – кількість встановленого обладнання, одиниць.

$$K_3 = 47 / 47 = 1.$$

Коефіцієнт використання устаткування:

$$K_B = T_{\text{ф}} / T_{\text{д}}, \quad (1.15)$$

де $T_{\text{ф}}$ – фактичний час роботи устаткування, год.;

$T_{\text{д}}$ – дійсний фонд часу роботи устаткування, год.

$$K_B = 8 / 12 = 0,67.$$

Аналіз стану ВТБ показує, що:

- зони і ділянки укомплектовані устаткуванням на 35– 62 % від нормативу. Частина устаткування є фізично спрацьованим і морально застарілим (приблизно 64%), воно підлягає оновленню;
- підприємство має недостатній рівень фондооснащеності, яка складає 68% від нормативних значень;
- значна частина ремонтних робіт на підприємстві виконується без застосування сучасного технологічного обладнання.

Таким чином, на підприємстві доцільно провести технічне переозброєння ВТБ з вирішенням таких питань: поліпшити вікову структуру устаткування, збільшити вагу ВТБ в загальній вартості ОВФ за рахунок введення в експлуатацію нової прогресивної техніки, підвищити рівень механізації процесів ТО і ПР, вдосконалити діючі засоби праці.

1.6 Висновки до першого розділу

1. У практиці технічної експлуатації АТЗ актуальним завданням стає проведення обслуговування ДВЗ АТЗ по фактичному технічному стану експлуатаційних матеріалів. При технічному обслуговуванні ДВЗ АТЗ основним елементом, що вимагає періодичної заміни є моторна олива, яка в даний час змінюється за середніми даними напрацювання або пробігу.

2. Застосування існуючих методів діагностики стану моторних олив ускладнюється рядом причин. Деякі методи вимагають дорогого устаткування і кваліфікованого персоналу, що може дозволити собі не кожне підприємство. Інші методи при своїй матеріальній доступності в результаті діагностики стану дають суб'єктивні результати, що не дозволяє приймати об'єктивних рішень про необхідність обслуговування ДВЗ, а також не дають можливість прогнозувати періодичність обслуговування.

3. Виникає необхідність удосконалити метод крапельної проби діагностики стану моторної оливи по масляній плямі, і розробити методику цифрової оцінки масляної плями для проведення об'єктивної та формалізованої діагностики стану моторної оливи шляхом цифрової обробки масляної плями і отримання комплексного критерію діагностики стану моторної оливи і для прийняття рішення про стан моторної оливи ДВЗ і коригування періодичності ТО ДВЗ АТЗ.

4. Аналіз діяльності транспортного підрозділу товариства з обмеженою відповідальністю «Гніванський гранітний кар'єр» показав:

- чисельність виробничих робітників менше нормативного значення, що пов'язано з плінністю кадрів, обумовлених низьким рівнем заробітної плати;
- число постів зони ТО і ПР автотранспортного підрозділу менше нормативних показників, що говорить про низький рівень механізації і автоматизації технологічних процесів виробництва;
- виробничих площ достатньо для забезпечення нормального технічного обслуговування і ремонту рухомого складу.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНКИ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПО КОМПЛЕКСНОМУ КРИТЕРІЮ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ МОТОРНОЇ ОЛИВИ

2.1 Алгоритм визначення періодичності технічного обслуговування двигунів внутрішнього згоряння автотранспортних засобів шляхом оцінки комплексного критерію діагностики стану моторної оливи

Періодичність ТО ДВЗ АТЗ визначається залишковим ресурсом моторної оливи. Відомо, що для кількісної оцінки величини залишкового ресурсу агрегату або вузла АТЗ досить визначити приріст вимірюваного значення контрольного критерію щодо його початкового значення.

При цьому величина залишкового ресурсу, в тому числі і для моторної оливи, може визначатися за формулою

$$t_{\text{зал}} = t_i \cdot \left[\left(\frac{U_{\text{max}} - U_{\text{man}}}{U_i - U_{\text{man}}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] \quad (2.1)$$

де $t_{\text{зал}}$ – залишковий ресурс моторної оливи, мото-год або км пробігу;

t_i – поточне напрацювання з моменту заміни моторної оливи, мото-год або км пробігу;

α – показник ступеня, що характеризує інтенсивність зміни прийнятого для оцінки контрольного критерію у всьому діапазоні напрацювання (визначає умови експлуатації, режими роботи і технічний стан двигуна);

U_{max} – максимальне значення контрольного критерію системи «двигун – моторна олива»;

U_{min} – початкове значення контрольного критерію системи «двигун – моторна олива»;

U_i – виміряне значення контрольного критерію системи «двигун – моторна олива».

Показник ступеня α можна визначити, використовуючи вираз [28]

$$\alpha_i = \frac{\ln(\Delta U_{i+1}/\Delta U_i)}{\ln(t_{i+1}/t_i)} \quad (2.2)$$

де ΔU – приріст контрольного критерію.

Таким чином, для визначення залишкового ресурсу моторної оливи необхідно визначити значення критерію, що характеризує стан моторної оливи. Після визначення залишкового ресурсу моторної оливи стає можливим дати рекомендації про періодичність ТО ДВЗ АТЗ (рисунок 2.1).

Поширеним методом експлуатаційної діагностики стану моторної оливи є метод крапельної проби. Одним з рекомендованих засобів експрес діагностики стану, в якому використовується метод крапельної проби, є лабораторія експрес-аналізу якості і стану моторних олив і робочих рідин гідросистем ЛАМА-7 [5].

Функціональна залежність визначення ДС визначається виразом

$$ДС = 1 - \frac{d^2}{D^2} \quad (2.3)$$

де d – середній діаметр центрального ядра, мм;

D – середній діаметр зовнішнього кільця зони дифузії, мм.

Візуальний (суб'єктивний) контроль і недостатня точність визначення кількісного показника ДС не дозволяють виконувати достовірні оцінки і приймати такі рішення [4]:

- про працездатність моторної оливи;
- потреби в заміні моторної оливи або прогнозованого напрацювання двигуна до його заміни;

- встановлювати причини погіршення стану двигуна в результаті порушень його режимів роботи, несвоєчасних змінах фільтруючих елементів масляних фільтрів при виконанні періодичних ТО, пропуску обов'язкових операцій промивання системи мащення при заміні моторної оливи до встановлених термінів періодичності.

Однак при всіх мінусах методу крапельної проби він володіє важливими перевагами:

- простота проведення;
- діагностика стану може проводитися як на стаціонарній базі, так і на місці експлуатації АТЗ;
- відсутність спеціальних вимог до навичок і знань оператора АТЗ;
- дозволяє оцінити оливу «в цілому», тобто оцінюється не один показник стану оливи, а комплекс показників.

Розтікаючись по фільтрувальному папері, олива залишає сліди фактично кожного з основних показників стану моторної оливи:

- в'язкість;
- диспергуюча здатність;
- забрудненість;
- присутність охолоджуючої рідини і палива.

Оцінка масляної плями дозволяє визначити:

1. Наявність нерозчинних механічних домішок – визначається ядром масляної плями [8]. При зростанні механічних домішок розміри центральної частини ядра зростають, а зона дифузії зменшується, темніє ядро, зона дифузії і втрачається крайова зона.

2. Диспергуючі властивості – визначаються за співвідношенням діаметрів ядра і зони дифузії [8]. Залежно від концентрації активної присадки в оливі змінюється діаметр ядра, а також його форма, наявність і зменшується зона дифузії, розширюється зовнішнє світле кільце.

3. Ступінь окислення – визначається кольором масляного поясу.

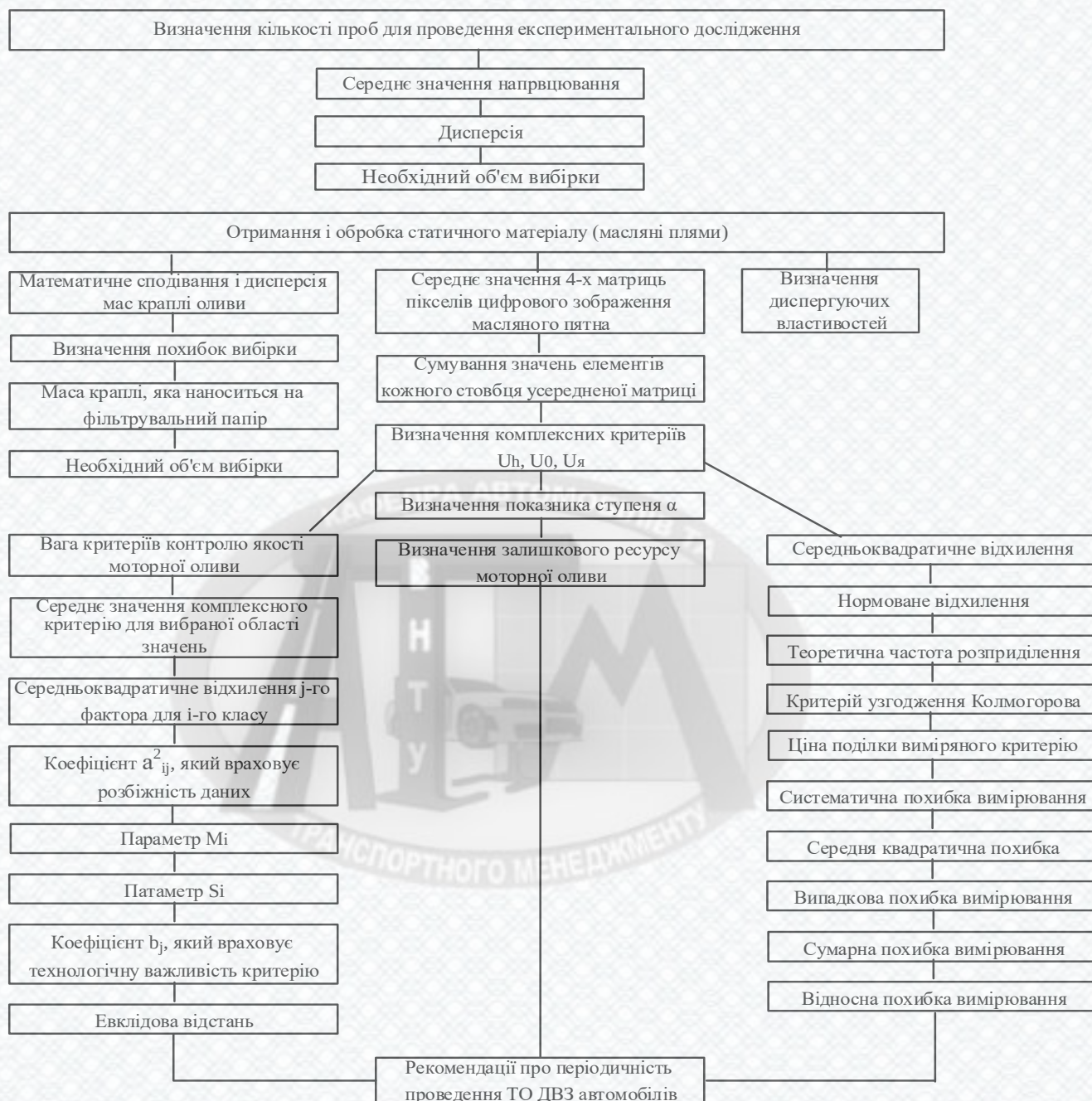


Рисунок 2.1 – Структурна схема алгоритму визначення періодичності ТО ДВЗ АТЗ

Це пояснюється тим, що інтенсивність розтікання оливи, утворення зон і колір масляної плями залежать від загального стану моторної оливи, тобто від диспергуючої здатності, в'язкості і наявності сторонніх домішок в складі оливи, а не тільки від окремих показників.

Таким чином, диспергуючі властивості є комплексним показником, який легко визначається при нормальній експлуатації АТЗ, за яким можна судити про

залишковий ресурс моторної оливи. Але відомі методи не дозволяють об'єктивно оцінювати диспергуючі властивості. Для діагностики стану моторної оливи за диспергуючими властивостями необхідно розробити комплексні критерії, які могли б об'єктивно оцінювати стан моторної оливи. Необхідна розробка комплексного критерію, який найбільш яскраво відобразить диспергуючі властивості.

Використовуючи скануючий пристрій (з дозволом 300 dpi) сканується фільтрувальний папір з масляною плямою, виходить кольорове цифрове зображення. Цифрове зображення відображає в електронному вигляді реальне зображення фільтрувального паперу з масляною плямою, і, також як на фільтрувальному папері, дозволяє оцінювати загальний стан моторної оливи і диспергуючі властивості. При цьому на відміну від органолептичного методу з'являється можливість оцінити математично зміни градації сірого кольору кожного пікселя масляної плями, що не можливо зробити на паперовому носії. Отримане позитивне зображення перетворюється в негативне і обрізається квадратом з центром в середині масляної плями за допомогою засобів персонального комп'ютера (ПК) з подальшим 3-х кратним поворотом зображення на 90° за годинниковою стрілкою для виключення нерівномірності розтікання масляної плями. Таким чином, отримано 4 зображення одної масляної плями, що дає можливість зменшити вплив нерівномірного її розтікання.

Отримані чотири негативні цифрові зображення в середовищі «MathCAD» перетворюються в масив пікселів, число елементів якого дорівнює загальній кількості пікселів з різною градацією сірого кольору в негативному чорно-білому зображенні. Кожен піксель негативного зображення в комп'ютерному середовищі визначається числом відповідно до рівня градації сірого кольору кожного. Всього програмний продукт MathCAD визначає 256 градацій сірого кольору. Значення приймаються від 0 до 255. Значення 255 означає білий колір, а значення 0 – чорний. Для зчитування зображення з файлової системи і присвоєння кожному пікселю значення відповідно до глибини сірого кольору в програмному забезпеченні MathCAD використовується оператор $M := \text{READ_IMAGE} ("...")$ – зчитується

зображення в програму. Потім обмежується розмір зображення в пікселях (присвоєнням параметрам i і j значення від 0 до 489) (рисунк 2.2), і повторюється дія для 3-х негативних зображень отриманої масляної плями. Далі для отримання матриці, елементи якої відповідають градаціям сірого кольору окремих пікселів цифрового зображення, за допомогою оператора `submatrix` ($M, 0, 489, 0, 489$) вирізається задана частина матриці і програмою створюється матриця з заданою кількістю значень (див. рисунок 2.2). Елементи (значення матриці) представляються градацією сірого кольору пікселів (глибиною сірого кольору) цифрового негативного зображення.

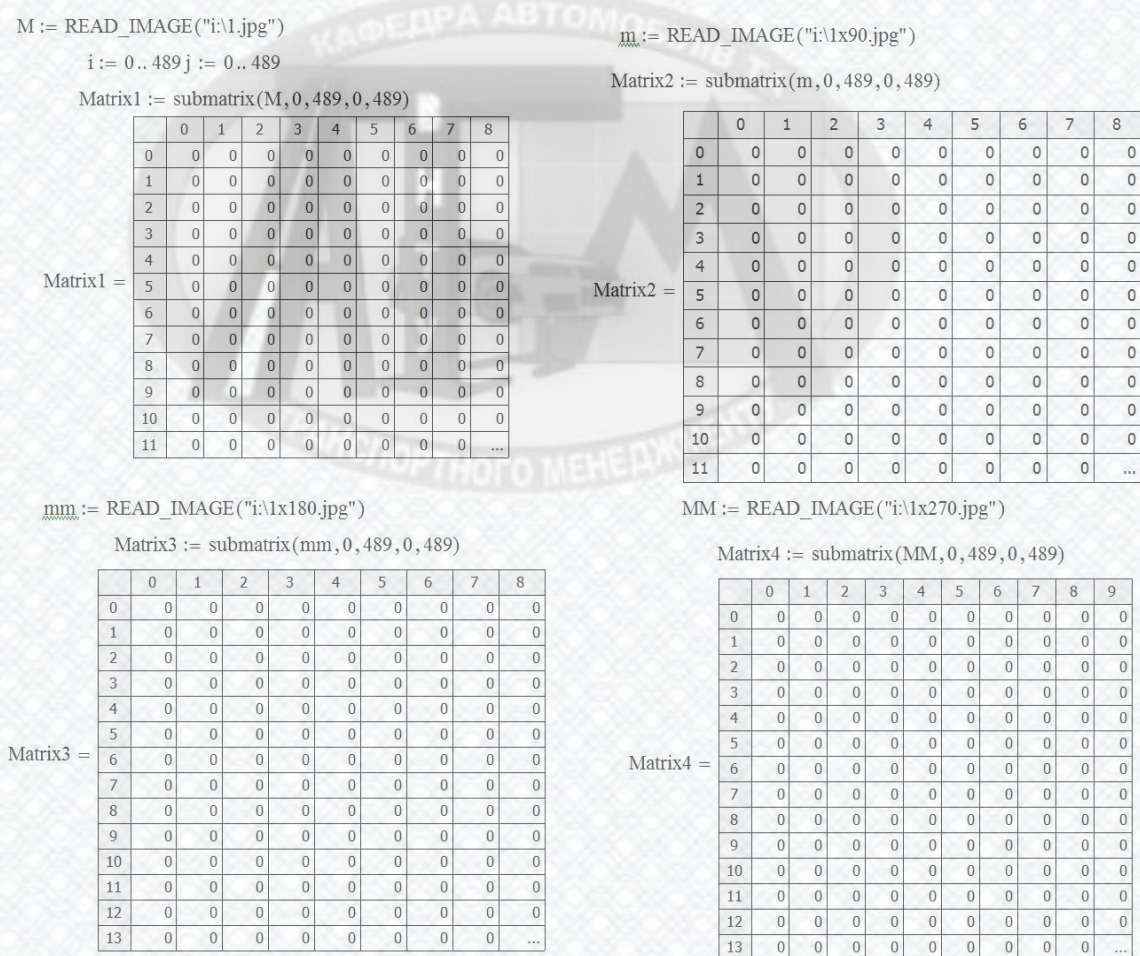


Рисунок 2.2 – Зчитування показників градації сірого кольору пікселів цифрових зображень масляної плями

Потім здійснюється підсумовування елементів (значень матриці) в кожному стовпці, згладжування і побудова графіка залежності інтенсивності градації сірого кольору пікселів від їх координат, який є щільністю розподілу градації сірого

кольору пікселів цифрового негативного відбитку масляної плями в заданому інтервалі. Підсумовування елементів здійснюється безпосередньо програмою «MathCAD» на підставі власних алгоритмів і введених формул (рисунок 2.3). Згладжування проводиться за рахунок побудови графіків з урахуванням повороту негативного зображення на 90° і отримання загальної усередненої кривої для чотирьох положень відбитка (рисунок 2.3).

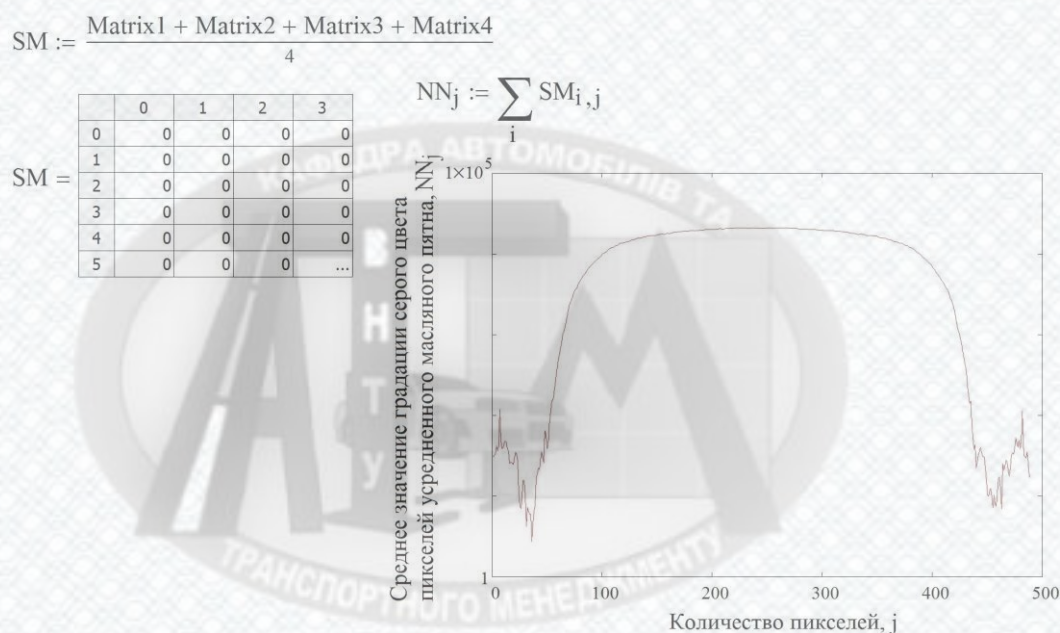


Рисунок 2.3 – Отримання щільності розподілу пікселів по середньому значенню 4-х матриць

На рисунку 2.3 представлені формули:

1. Визначення середніх значень елементів чотирьох матриць

$$SM = \frac{Matrix1 + Matrix2 + Matrix3 + Matrix4}{4} \quad (2.4)$$

де Matrix1, Matrix2, Matrix3, Matrix4 – відповідно матриці під номерами 1, 2, 3 і 4, отримані раніше в результаті обробки програмою MathCAD зображень масляних плям.

2. Підсумовування значень елементів кожного стовпця усередненої матриці для побудови графіка залежності середнього значення градації сірого кольору пікселів усередненої масляної плями

$$NN_j = \sum_i SM_{i,j} \quad (2.5)$$

Повороти негативного зображення здійснюються з метою підсумовування елементів в кожному стовпці, згладжування і побудови загального графіка залежності по чотирьом кривим інтенсивності градації сірого кольору від координати. Відповідно виходить усереднена крива на графіку з двома координатними осями (див. рисунок 2.3).

Отримана щільність розподілу інтенсивності NN_j від координати j і негативне зображення масляної плями вставляються в документ «Kompas-3D» і співвідносяться ядро і загальний розмір масляної плями з щільністю розподілу, а також визначається висота графіка.

Для отриманих щільностей розподілу пікселів в масивах цифрових відбитків крапельних проб досить просто визначити показники, що характеризують забрудненість і ДС моторної оливи. При цьому вимірюються такі характеристики щільності розподілу пікселів в масивах цифрових відбитків, як:

- h – висота графіка (характеризує максимальну висоту щільності розподілу пікселів, і несе в собі характеристики відповідних пікселів (відповідний стовпець матриці пікселів) при співвідношенні щільності розподілу із зображенням масляної плями). Характеризує узагальнені показники для всієї масляної плями і є орієнтовно середнім значенням, біля якого групуються всі можливі значення і вимірюється в мм;

- S_0 – загальна площа під кривою щільності розподілу пікселів. Також характеризує узагальнені показники сукупності властивостей краплинної проби моторної оливи, мм²;

- $S_{\text{я}}$ – площа під кривою щільності розподілу в інтервалі розташування ядра масляної плями. Більшою мірою характеризує якісний і кількісний склади механічних домішок в моторній оливі, мм^2 .

Далі при відомому наборі статистичних даних, отриманих вдосконаленим методом, визначаються розроблені комплексні критерії діагностики стану моторної оливи:

- U_h – комплексний критерій, визначається вимірами висот h графіків щільності розподілів двовимірних масивів і характеризується їх збільшенням по відношенню до мінімального значення, відповідно характеризуються співвідношення діаметрів ядра і зони дифузії масляної плями (ступінь забруднення, ступінь окислення і миючі властивості моторної оливи).

$$U_{hi} = \frac{h_i}{h_{i \min}} \quad (2.6)$$

де U_{hi} – комплексний критерій, що характеризує зміни висоти щільності розподілу двовимірного масиву;

h_i – виміряне значення висоти щільності розподілу двовимірного масиву, мм ;

$h_{i \min}$ – висота графіка двовимірного масиву, відповідна виміру при мінімальному напрацюванні з моменту заміни моторної оливи, мм ;

$U_{\text{я}}$ – комплексний критерій, визначається вимірами площ $S_{\text{я}}$ під кривими щільності розподілів двовимірних масивів з двостороннім обмеженням за лінійними розмірами ядра і характеризується збільшенням площ по відношенню до мінімального значення, відповідно характеризуються співвідношення діаметрів ядра і зони дифузії масляної плями (ступінь забруднення, ступінь окислення і миючі властивості моторної оливи).

$$U_{\text{яі}} = \frac{S_{\text{яі}}}{S_{\text{я} \min}} \quad (2.7)$$

де $U_{яі}$ – комплексний критерій, що характеризує зміни площі ядра масляної плями;

$S_{яі}$ – вимірне значення площі під кривою графіка щільності розподілу двовимірного масиву, що характеризує ядро плями крапельної проби, мм^2 ;

$S_{я\min}$ – площа під кривою графіка щільності розподілу двовимірного масиву, що характеризує ядро масляної плями, що відповідає виміру при мінімальному напрацюванні з моменту заміни моторної оливи, мм^2 ;

U_o – комплексний критерій, визначається вимірами загальних площ S_o під кривими щільності розподілів двовимірних масивів і характеризується їх збільшенням по відношенню до мінімального значення, відповідно характеризується ступінь забруднення, ступінь окислення і миючі властивості моторної оливи.

$$U_{oi} = \frac{S_{oi}}{S_{o\min}} \quad (2.8)$$

де U_{oi} – комплексний критерій, що характеризує зміни загальної площі масляної плями;

S_{oi} – вимірне значення загальної площі під кривою графіка щільності розподілу двовимірного масиву, мм^2 ;

$S_{o\min}$ – загальна площа під кривою графіка щільності розподілу двовимірного масиву, відповідна виміру при мінімальному напрацюванні з моменту заміни моторної оливи, мм^2 .

Для визначення строку заміни моторної оливи по його фактичному стану необхідно визначити граничні значення розроблених комплексних критеріїв при відповідних бракувальних значеннях показника стану моторної оливи. Одним з таких критеріїв може служити показник ДС, граничне значення якого становить 0,3 згідно з рекомендаціями лабораторії ЛАМА–7.

Зіставляючи результати ДС за призначенням граничного напрацювання моторної оливи по його фактичному стану з критеріями U_h , U_a , U_o можуть бути призначені їх гранично допустимі значення.

При цьому величина залишкового ресурсу моторної оливи визначається за формулою (2.1).

У разі визначення величини залишкового ресурсу моторної оливи враховується розкид значень критерію в функції напрацювання. Розкид значень комплексних критеріїв U_h , U_a , U_o визначається безліччю випадкових факторів, в тому числі помилками способу вимірювань параметрів, технічним станом двигунів, якістю проведеного обслуговування вузлів системи мащення.

2.2 Математичний опис процесу діагностики стану моторної оливи

Для дослідження та подальшої діагностики стану моторної оливи важливо, щоб умови, при яких проводиться дослідження, були максимально наближені.

2.2.1 Обґрунтування вибіркової сукупності кількості відбору проб при експериментальному дослідженні

Відбір проб моторної оливи з картера ДВЗ відповідає вибіркового методу, сутність якого полягає у випадковому відборі деякого числа одиниць статистичної сукупності при об'єктивному підході до їх відбору. Вибірковий метод спостереження дозволяє судити про характеристики генеральної сукупності за відібраною сукупністю при рівно можливому відборі.

Безповторний відбір може проводитися різними способами. В даному випадку відбір проводиться випадковим способом відбору. Випадковий відбір орієнтований на вибірку одиниць з генеральної сукупності без поділу її на частини або групи, здійснюється довільно і зберігається принцип рівно можливого відбору.

Далі визначаються основні параметри сукупності:

- середнє значення всіх значень напрацювання, що потрапляє в інтервали

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} \quad (2.9)$$

де $\sum t$ - величина напрацювання, мото-год; n – загальна кількість значень напрацювання, що потрапляють в інтервали.

- дисперсія

$$\sigma^2 = \frac{\sum (t_i - \bar{t})^2}{n - 1} \quad (2.10)$$

Необхідний обсяг вибірки розраховується за формулою

$$n = \frac{t^2 \sigma^2 N}{\Delta_v^2 N + t^2 \sigma^2} \quad (2.11)$$

де t – коефіцієнт Стюдента, який визначається в залежності від рівня ймовірності P [9];

N – обсяг генеральної сукупності;

Δ_v – гранична помилка вибірки. При плануванні вибіркового спостереження заздалегідь задається значення допустимої (граничної) помилки вибірки виходячи із заданої ймовірності P і кількості вимірювань.

2.2.2 Оцінка факторів, що впливають на параметри масляної плями

При кожному нанесенні оливи на фільтрувальний папір маса краплі буде в певному діапазоні. Розраховані значення помилок і діапазон маси краплі дозволять підтвердити, що маса краплі оливи змінюється незначно при кожному наступному відборі і нанесенні краплі моторної оливи одним тим же способом. Стабільність маси нанесеної краплі оливи підвищує якість проведеної діагностики стану моторної оливи. Також це дозволить визначити розмір обрізаного зображення масляної плями, так як стає заздалегідь відомо, що крапля не розтечеться більше за

певне значення. Тому необхідно визначити помилки, які впливають на процес нанесення моторної оливи на фільтрувальний папір або скло.

Тоді визначаються основні параметри вибіркової сукупності – математичне очікування μ і дисперсія σ^2 .

При статистичному спостереженні можуть виникати помилки реєстрації та репрезентативності. Помилки реєстрації зустрічаються двох видів: систематичні і випадкові.

До систематичних помилок можуть бути віднесені округлення цифр, пропуски одиниць спостереження, а також помилки суб'єктивних вражень.

Математичне сподівання визначається за формулою

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n_k} \quad (2.12)$$

де m_i – виміряна маса краплі, г;

n_k – чисельність вибірки.

Дисперсія визначається за формулою

$$\sigma^2 = \frac{\sum (m_i - \mu)^2}{n_k - 1} \quad (2.13)$$

Випадкові помилки при реєстрації врівноважують один одного і не спричиняють помітний вплив на проведення спостереження.

Помилки репрезентативності характеризують відмінність між одержуваними даними при генеральній і вибірковій сукупності. Помилки репрезентативності властиві вибіркового спостереженню, і чим вони більші, тим більше теоретичне спостереження відрізняється від емпіричного. Вони також діляться на систематичні і випадкові помилки репрезентативності. Помилки першого виду виникають через неправильний, необ'єктивний відбір одиниць спостереження. Помилки другого виду залежать від ступеня однорідності статистичної сукупності.

Для визначення випадкової помилки репрезентативності необхідно знайти середню похибку вибірки:

$$m_{\bar{m}} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n_k} \left(1 - \frac{n_k}{N}\right)} \quad (2.14)$$

де N – чисельність великої сукупності, з якої проводиться відбір. Визначається, виходячи із загальної кількості крапель, що знаходяться в ємності, з якої проводиться відбір

$$N = \frac{m_{\text{масло}}}{\mu} \quad (2.15)$$

де $m_{\text{масло}}$ – маса оливи в ємності, з якої робиться вибірка, г

При цьому про величину середньої помилки можна судити з певною ймовірністю. Тому необхідно оцінити граничну похибку вибірки, яка є випадковою помилкою вибірки

$$\Delta D_{\text{сл}} = t \cdot m_{\bar{m}} \quad (2.16)$$

де t – коефіцієнт Стюдента, який визначається в залежності від рівня ймовірності P [8].

Сумарна загальна помилка визначається як

$$\Delta D = \Delta D_{\text{сл}} + \Delta D_{\text{сист}} \quad (2.17)$$

При цьому відносна помилка

$$E = \frac{\Delta D}{\mu} \cdot 100\% \quad (2.18)$$

Необхідний обсяг вибірки визначається за формулою

$$n_k = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\Delta D_{сл}} \quad (2.19)$$

2.2.3 Оцінка точності і достовірності визначення комплексного критерію діагностики стану моторної оливи

Весь діапазон напруцювання моторної оливи розділяється на 3 інтервали. Приймається нульова гіпотеза, що зміни критеріїв U_h і ДС на кожному з інтервалів, також як і весь діапазон критеріїв, підкоряються нормальному закону розподілу випадкової величини і теоретичні та емпіричні дані узгоджуються. Для оцінки ступеня узгодженості розподілів використовується критерій згоди Колмогорова, який заснований на визначенні максимальної розбіжності між емпіричними і теоретичними частотами [6]:

$$\lambda = \frac{d}{\sqrt{n}} \quad (2.20)$$

де d – максимальна різниця між накопиченими частотами емпіричного і теоретичного розподілів;

n – кількість випробувань.

Відповідно до формули для визначення критерію Колмогорова потрібно визначити теоретичну частоту розподілів [6]:

$$f_t' = \phi(t) \cdot \frac{n \cdot h}{\sigma} \quad (2.21)$$

де $\phi(t)$ – функція щільності ймовірності нормального розподілу, яка визначається за таблицею значень локальної функції Лапласа, для значення нормованого відхилення t [6].

$$t = \frac{D - \bar{D}}{\sigma} \quad (2.22)$$

де $D, \bar{D}$ – відповідно явне і середнє значення критерію;

σ – середньоквадратичне відхилення критерію;

h – різниця між найближчими значеннями критерію.

У кожного інтервалу критерію є максимальні і мінімальні значення. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями можна прирівняти до σ [9]:

$$\sigma = \frac{\max_D - \min_D}{6} \quad (2.23)$$

де $\max_D, \min_D$ – відповідно максимальне і мінімальне значення критерію на інтервалі.

Таким чином, за трьома інтервалах можна визначити середнє значення:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \quad (2.24)$$

де $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – відповідно середньоквадратичне відхилення на 3-х інтервалах критерію.

Середньоквадратичне відхилення визначається за формулою

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_i - U_{cp})^2}{n - 1}} \quad (2.25)$$

де U_i – значення критерію;

U_{cp} – середнє значення критерію;

n – загальна кількість значень критерію.

Ціна поділки вимірюваного критерію визначається з формули і відповідає

$$\delta = g \cdot \sigma \quad (2.26)$$

де g – коефіцієнт, що характеризує відношення помилки вимірювань до середнього квадратичного відхилення, який визначається виходячи з прийнятої надійності вибірки P і числа вимірювань критерію.

Виходячи зі знайденої ціни ділення вимірюваного критерію, можливо визначити відсоток систематичної помилки вимірювання

$$\Delta D_{\text{сист}} = \frac{\delta}{D_{\text{п.д}}} \cdot 100 \quad (2.27)$$

де $D_{\text{п.д}}$ – гранично допустиме значення критерію.

Випадкові помилки виникають через велику кількість чинників (наприклад, недосконалість органів чуття оператора). Для визначення довіреної ймовірності при випадкових помилках при невеликому числі вимірювань використовується розподіл ймовірностей Стюдента. Цей розподіл ймовірностей випадкової величини t визначається значенням довіреного інтервалу $\Delta D_{\text{сл}}$ в частках середньої квадратичної помилки середнього арифметичного S :

$$t = \frac{\Delta D_{\text{сл}}}{S} \quad (2.28)$$

Середня квадратична похибка S визначається:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{D} - D_i)^2}{n \cdot (n - 1)}} \quad (2.29)$$

де n – кількість вимірювань критерію, $n = 34$;

$\bar{D}$ – середнє значення критерію;

D_i – результат i -го вимірювання критерію.

Сумарна помилка ΔD визначається за формулою (2.14).

При цьому відносна похибка

$$E = \frac{\Delta D}{U_{\text{ср}}} \cdot 100\% \quad (2.30)$$

В результаті вказуються середні значення критеріїв U_h і ДС з урахуванням діапазону, викликаного сумарною помилкою вимірювань.

2.3 Вагомість комплексних критеріїв діагностики стану моторної оливи в процесі експлуатації

При діагностиці стану моторної оливи за комплексними критеріями важливо з'ясувати їхню соціальну значимість. При цьому доцільно використовувати теорію розпізнавання образів. Значимість критерію визначається, по-перше, величиною напрацювання з заміни моторної оливи, по-друге, станом оливи, яке характеризується описаними вище критеріями – $U_{\text{я}}$, U_o , U_h . Оскільки критерієм $U_{\text{я}}$ характеризуються площа ядра і більшою мірою – склад і наявність механічних домішок, критерієм U_o характеризується площа відбитка, і також U_o є узагальненим показником сукупності параметрів всієї плями, U_h характеризує зміну висоти кривої щільності розподілу пікселів, а значить, узагальнені показники всієї масляної плями, то важливо зробити оцінку вагомості за трьома комплексними критеріями.

Однією з методик передбачається при використанні міри близькості для кожного з критеріїв введення деяких вагових коефіцієнтів, якими враховуються характер діапазону даних для кожного з критеріїв і їх технологічну важливість. В цьому випадку для кожного з критеріїв у векторі стану вводяться множники a_{ij} і b_j , які повинні відповідати вимогам.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}^2 = 1; \sum_{j=1}^n b_j = 1 \quad (2.31)$$

Коефіцієнт a_{ij}^2 , зазвичай враховує діапазон даних, обчислюється за формулою

$$a_{ij}^2 = \frac{(\bar{U}_{ij})^2}{\sigma_{ij}^2 \sum_{j=1}^n (\bar{U}_{ij}/\sigma_{ij})^2} \quad (2.32)$$

де a_{ij}^2 – ваговий коефіцієнт j -го фактора для i -го класу;

σ_{ij} – середньоквадратичне відхилення j -го фактора для i -го класу

$$\sigma_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (U_{ij} - \bar{U})^2}{n}} \quad (2.33)$$

де $\bar{U}_{ij}$ – середнє значення критерію для даної області.

$$\bar{U}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n U_{ij}}{n} \quad (2.34)$$

Коефіцієнтом b_j враховується технологічна важливість критерію, і в разі рівнозначності останніх або неможливості диференціації їх вважають рівними. Важливість комплексного критерію визначається за параметрами M_i і S_i .

Параметр M_i визначається як відношення середнього значення критерію для даної області до суми середніх значень всіх комплексних критеріїв в обраній області:

$$M_i = \frac{U_{ij}}{\sum_{i=1}^n U_i} \quad (2.35)$$

Параметр S_i визначається як відношення значення величини достовірності апроксимації до суми значень величин достовірності апроксимації всіх критеріїв в обраній області:

$$S_i = \frac{R^2}{\sum_{i=1}^n R_i^2} \quad (2.36)$$

де R^2 – величина достовірності апроксимації.

Таким чином знаходиться параметр b_j :

$$b_j = \frac{M_i + S_i}{\sum_{i=1}^n (M_i + S_i)} \quad (2.37)$$

Найбільш просте загальне правило впізнання, або дискримінації, об'єкта при наявності k класів ($i = 1, 2, \dots, k$) полягає у визначенні такого $g_i(U)$, для якого $g_i(U) < g_k(U)$ для будь-яких $i \neq k$. При цьому об'єкт буде віднесений до i -го класу. Таке впізнання називається зіставленням з кластером або еталоном.

За іншим правилом знаходиться індивідуальний об'єкт, до якого найбільш близький упізнаваний об'єкт за обраною мірою подібності. При цьому вважається, що даний об'єкт одного і того ж класу з найбільш близьким.

Цей принцип називається правилом ближнього сусіда (ПБС–правило).

Узагальнення такого підходу полягає у визначенні q найближчих сусідів і дискримінації об'єкта до класу з найбільшим числом представників (q БС–правило).

В якості міри близькості ідентифікації стану моторної оливи використовується евклідова відстань, і роздільна функція представиться у вигляді

$$g_i(U) = \sqrt{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2 b_j^2 (U_{0j} - U_{ij})^2} \quad (2.38)$$

де U_{0j} – результат чергового значення критерію.

2.4 Висновки до другого розділу

1. Визначення залишкового ресурсу моторної оливи можливо за допомогою простого в реалізації методу крапельної проби. Метод дозволяє визначити диспергуючі властивості моторної оливи. Диспергуючі властивості є комплексним показником, який легко визначається при звичайній експлуатації АТЗ, за яким можна судити про залишковий ресурс моторної оливи. Але відомі методи не дозволяють об'єктивно оцінювати диспергуючі властивості. Даний метод удосконалений у частині процесу кількісного аналізу масляної плями і прийняття рішення про стан моторної оливи.

2. Для діагностики стану моторної оливи по диспергуючим властивостями розроблені комплексні критерії U_h , U_a , U_o , які дозволяють об'єктивно оцінювати стан моторної оливи і, які можна отримати шляхом оцінки параметрів цифрового зображення масляної плями. Нові комплексні критерії діагностики стану моторної оливи характеризуються вимірюванням характеристик щільності розподілу пікселів масляної плями і визначаються їх відношенням до мінімального значення цих характеристик щільності розподілів пікселів масляних плям, характерних для початкової стадії напруження моторної оливи.

3. Визначено помилки, які впливають на процес нанесення моторної оливи.

4. Описано теоретичний метод визначення вагомості комплексного критерію.

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ МОТОРНИХ ОЛИВ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДВИГУНІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

3.1 Визначення маси краплі моторної оливи, що наноситься на фільтрувальний папір

Експериментальне дослідження проведено на прикладі самоскидів МАЗ. Проведено вимірювання маси краплі відпрацьованої моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL. Оливу взято з картерів дизельних двигунів самоскидів МАЗ. У процесі дослідження виконано зважування 23 крапель однієї проби оливи нанесених за допомогою піпетки (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Виміряні маси крапель відпрацьованої моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL, взятого з картера двигуна самоскидів МАЗ

Номер вимірювання	Маса краплі, г	Номер вимірювання	Маса краплі, г
1	0,02762	13	0,02533
2	0,02499	14	0,02515
3	0,03019	15	0,02789
4	0,02744	16	0,03055
5	0,02884	17	0,02363
6	0,02794	18	0,03088
7	0,02967	19	0,03081
8	0,034	20	0,02976
9	0,02728	21	0,02821
10	0,02809	22	0,03085
11	0,03076	23	0,0281
12	0,03197		

В таблиці 3.2 визначено математичне очікування μ і дисперсія σ^2 .

Таблиця 3.2 – Статистичні параметри розподілів вимірюваних значень маси крапель відпрацьованої моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL

Параметри	Значення параметрів, г
Математичне сподівання μ	0,028693
Дисперсія σ^2	0,000006

Систематична помилка прирівнюється до ціни поділки приладу, тобто $\Delta D_{\text{сист}} = 0,00001$ г.

Вихідні дані для розрахунку помилки при вимірюванні маси краплі моторної оливи представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунку помилки при вимірюванні маси краплі моторної оливи

Параметр	Маса оливи в ємності, з якої робиться вибірка $m_{\text{масло}}$, г	Коефіцієнт Стюдента t	Рівень ймовірності P
Значення параметра	100	2,07	0,95

У таблиці 3.4 представлені результати розрахунків можливих помилок при дослідженні маси краплі моторної оливи.

Таблиця 3.4 – Помилки спостереження при оцінці мас крапель відпрацьованої моторної оливи Gprofі MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL

Параметр	Систематична помилка, г	Випадкова помилка, г	Загальна помилка, г	Відносна помилка, %	Обсяг вибірки
Значення параметра	0,00001	0,00107	0,00108	3,8	23

Таким чином, маса краплі, що наноситься на фільтрувальний папір відповідає

$$m_k = 0,028693 \pm 0,00108 \text{ г, при } P = 0,95.$$

3.2 Діагностика стану моторної оливи вдосконаленням і лабораторними методами. Рекомендації щодо коригування періодичності технічного обслуговування двигунів автотранспортних засобів

Експериментальні дослідження зміни показників стану моторних оливи були проведені на автотранспортних засобах товариства з обмеженою відповідальністю «Гніванський гранітний кар'єр» з метою підвищення точності і достовірності діагностики стану мастильних матеріалів при експлуатації АТЗ.

Завдання, поставлені перед експериментальним дослідженням:

- визначення основних залежностей зміни стану моторних олиив при експлуатації АТЗ;
- обґрунтування і підтвердження працездатності, об'єктивності і достовірності вдосконаленого методу діагностики стану моторних олиив;
- виявлення граничного стану моторної олиив, при якому необхідна її заміна, що дозволить здійснювати заміну моторної олиив по фактичному стану, а не за напрацюванням або пробігом АТЗ.

При виконанні експериментальних досліджень для відбору проб використовується спосіб, аналогічний третьому способу взяття проб фірми Cummins.

На підставі розробленої методики проведено аналіз проб і отримані щільності розподілу пікселів.

Для моторної олиив рекомендовані бракувальні значення показників стану (таблиця 3.5). Відповідно для призначення граничного стану розроблених критеріїв U_h , U_a , U_o моторної олиив G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL, відібраного з картерів ДВЗ самоскидів МАЗ його проби досліджуються лабораторними методами.

Таблиця 3.5 – Параметри стану системи «двигун–моторна олиив»

Параметри стану		Номінальне значення	Граничне значення
Кінематична в'язкість при 100 ° С, сСт		12,5–16,3	Перехід в інший клас по SAE
Вміст негорючих домішок, %		–	0,1
Лужне число, мг КОН/г		10,32	зниження на 50%
Зольність олиив, %		1	1,5 ... 2,5
Наявність води		Відсутність	Сліди
Температура спалаху, ° С, не нижче		225	200
Концентрація елементів–індикаторів зносу, г/т	Fe	–	140
	Cr	–	20
	Pb	–	20
	Ni	–	10
	Si	1	25

Нормативний термін заміни моторної оливи відповідно до керівництва по експлуатації та технічного обслуговування двигунів автомобілів МАЗ рекомендується 250 мото-год. Визначення кінематичної в'язкості проводиться з використанням віскозиметра капілярного скляного ВПЖ–2м LABTEX і термостата рідинного ВІС–Т–07. Визначення лужного числа здійснюється з використанням автоматичного титратора TitroLine alpha 10 plus. Основні результати наведені на рисунках 3.1, 3.2 і в таблиці 3.6.

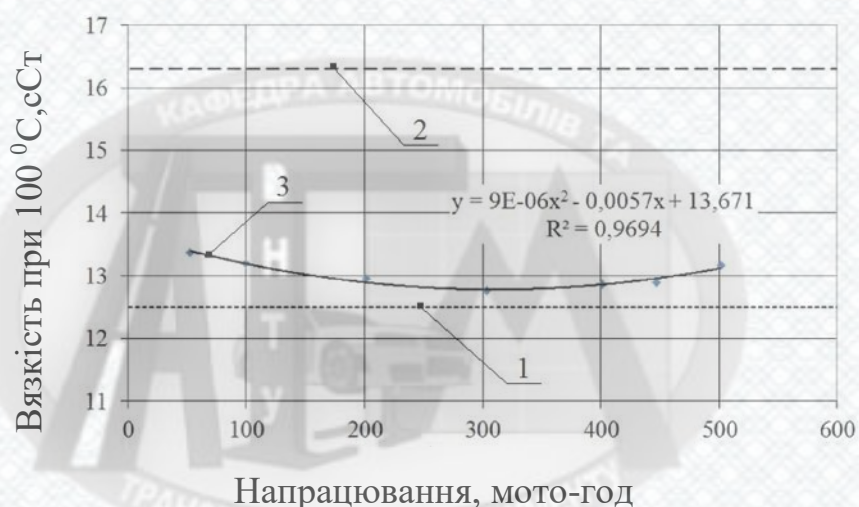


Рисунок 3.1 – Залежності зміни в'язкості моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL при 100 °C від її напрацювання



Рисунок 3.2 – Залежності зміни лужного числа моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL від її напрацювання

Таблиця 3.6 Основні результати досліджень проб моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL, відібраного з картерів ДВЗ самоскидів МАЗ лабораторними методами

Число проб	Інтервал напрацювання моторного оливи, мото-год	В'язкість при 100°C, сСт	Лужне число, мг КОН/г
34	42–512	13,36–12,28	9,62–8,25
Моторна олива без напрацювання		14,26	10,32

Граничними змінами в'язкості при 100°C при досягненні граничних напрацювань оливи є перехід в інший клас в'язкості по SAE. Показником стану може бути і показник лужного числа моторної оливи, бракувальним значенням якого вважалося зниження його на 50%. Однак через фактичну відсутність сірки в сучасному якісному паливі можливе використання і більш низького значення лужного числа. Таким чином, лужне число може бути малоінформативним показником стану моторної оливи.

Відповідно до таблиці 3.6 і рисунків 3.1, 3.2 в даних умовах експлуатації оливою не досягнуто бракувальних значень по в'язкості і лужному числу, отриманих лабораторним способом, що не дозволяє використовувати їх в якості бракувальних показників в розробленій методиці. Таким чином можна зробити висновок про те, що олива придатна до подальшої експлуатації. Однак не можна говорити про стан оливи, оцінивши тільки в'язкість і лужне число. Необхідно вдаватися до контролю мийно-диспергуючих властивостей (диспергуючої здатності) моторної оливи.

Для отриманих залежностей в'язкості при 100 °C і лужного числа моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL від напрацювання розраховані статистичні параметри за методикою, наведеною в [4] (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7 Статистичні параметри розподілів вимірюваних значень в'язкості при 100 °C і лужного числа моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL

Параметр	В'язкості при 100°C, сСт	Лужне число, мг КОН/г
1	2	3
Математичне сподівання μ	13,02	8,85
Середньоквадратичне відхилення σ	0,30	0,52

Продовження таблиці 3.7

1		2	3
Діапазон значень $\pm 3\sigma$		0,99	1,55
Допустимі відхилення середнього арифметичного від істинного значення вимірюваної величини, при рівні ймовірності $P = 0,95$		0,12	0,09
Коефіцієнт детермінації R^2		0,97	0,93
Коефіцієнт кореляції		0,99	0,97
Середня помилка апроксимації, %		1,83	2,40
Критерій Фішера F	фактичний	4,70	69,21
	теоретичний	4,17	4,17

В результаті статистичної оцінки отриманих експериментальних даних визначено, що чисельні значення коефіцієнтів детермінації склали 0,93 ... 0,97, коефіцієнтів кореляції – 0,97 ... 0,99, що говорить про істотний вплив і тісний зв'язок факторів в'язкість і лужне число з напрацюванням. Значення критерію Фішера, отримані на основі експериментальних даних, більше табличних значень F-критерію для довіреної ймовірності $\alpha = 0,95$, що свідчить про адекватність результатів експерименту.

В результаті оцінки отриманих щільностей розподілу отримані значення розроблених комплексних критеріїв U_h , U_y , U_o , а також з використанням аналізу відомим методом крапельної проби отримані значення параметра ДС (таблиця 3.8).

Таблиця 3.8 – Межі зміни критеріїв ДС, U_h , U_y , U_o проб моторного оливи

Число проб	Інтервал напрацювань моторної оливи	Межі зміни ДС	Межі зміни критеріїв		
			U _h	U _я	U _o
М8–ДМ (транспортно–технологічні машини)					
4	5700–10500 км	0,7–0,22	1–1,14	1–1,24	1–1,21
М10–ДМ (транспортно–технологічні машини)					
8	1000–20000 км	0,47–0,33	1–1,38	1–1,89	1–1,62
М8–ДМ (транспортно–технологічні машини)					
9	70–845 мото–год	0,77–0,22	1–1,28	1–1,87	1–1,43
М10–ДМ (транспортно–технологічні машини)					
6	54–360 мото–год	0,6–0,31	1–1,25	1–2	1–1,62
G–profi MSI Plus SAE 15w40 API CI–4 / SL (самоскиди)					
34	42–512 мото–год	0,54–0,27	1–1,13	1–1,38	1–1,18

На рисунках 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 представлені залежності зміни розробленого комплексного критерію U_h від напрацювання, а також його взаємозв'язок з контрольним параметром ДС моторної оливи.



Рисунок 3.3 – Залежність зміни розробленого комплексного критерію U_h від напрацювання, а також його взаємозв'язок з контрольним параметром ДС моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL: 1 – U_h ; 2 – ДС

Для визначення строку заміни моторної оливи по її фактичному стану вдосконаленим методом необхідно визначити відповідні показники стану моторної оливи. Одним з таких показників може служити параметр ДС, граничне значення якого становить 0,3 [18].

Граничне значення комплексного критерію U_h визначається при напрацюванні, відповідному граничному стану моторної оливи за контрольним параметром ДС (рисунок 3.3). Зіставляючи результати ДС за призначенням граничного напрацювання моторної оливи по його фактичному стану з критерієм U_h можуть бути призначені його гранично допустимі значення. Наприклад, середнє граничне значення U_h для моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL з картера дизельного двигуна самоскида МАЗ, приймається 1,135.



Рисунок 3.4 – Залежність зміни розробленого критерію U_h від напрацювання, а також його взаємозв'язок з контрольним параметром ДС моторної оливи М8-ДМ: 1 – ДС; 2 – U_h



Рисунок 3.5 – Залежність зміни розробленого критерію U_h від напрацювання, а також його взаємозв'язок з контрольним параметром ДС моторної оливи М10–ДМ: 1 – ДС; 2 – U_h

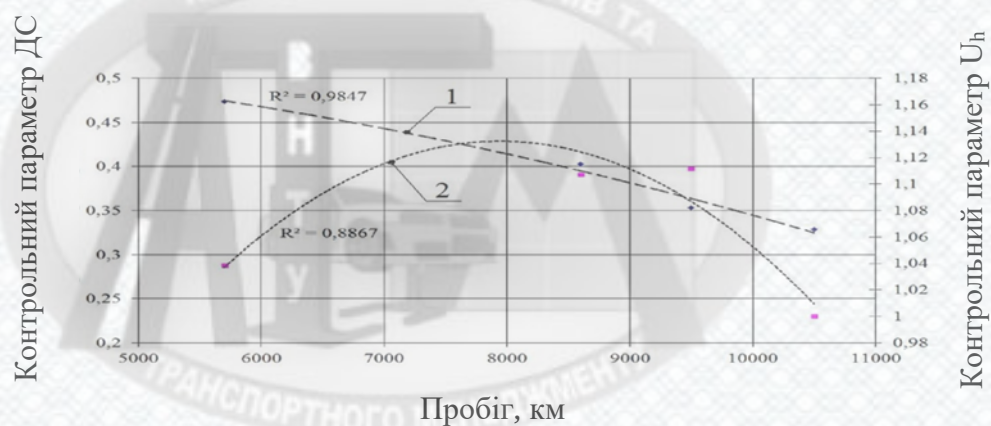


Рисунок 3.6 – Залежність зміни розробленого критерію U_h від пробігу, а також його взаємозв'язок з контрольним параметром ДС моторної оливи М8–ДМ: 1 – ДС; 2 – U_h

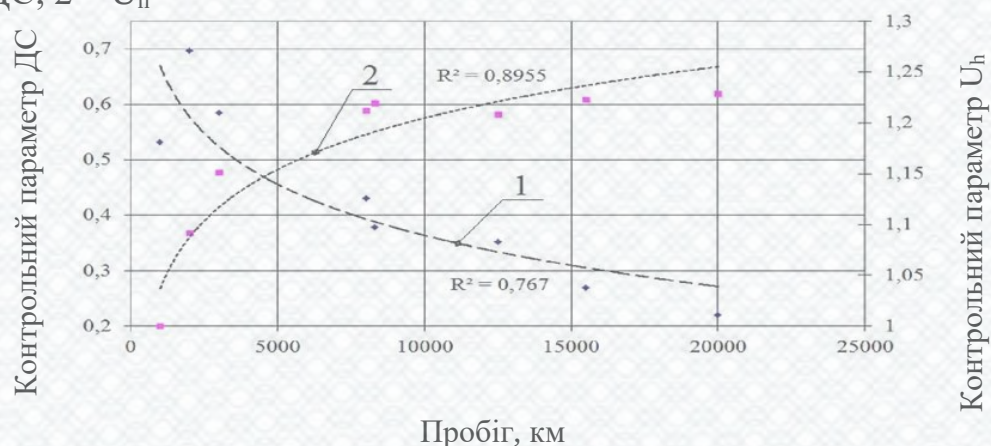


Рисунок 3.7 – Залежність зміни розробленого критерію U_h від пробігу, а також його взаємозв'язок з контрольним параметром ДС моторної оливи М10–ДМ: 1 – ДС; 2 – U_h

Також отримані дані із залежності зміни розробленого комплексного критерію U_h від пробігу і його взаємозв'язку з контрольним параметром ДС для моторних олив М8–ДМ і М10–ДМ з картерів ДВЗ транспортно-технологічних і дорожніх машин. Як приклад наведено дані залежності на рисунках 3.4, 3.5, 3.6 і 3.7. На рисунках 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 і 3.7 простежується залежність, що значення контрольного параметра ДС зменшуються зі збільшенням пробігу. Цей процес відбувається, так як з ростом напрацювання моторної оливи витрачається присадка, що відповідає за диспергуючі властивості моторної оливи. Одночасно зі зменшенням диспергуючих властивостей збільшується значення критерію U_h (рисунок 3.3, 3.4, 3.7), що відповідає збільшенню висоти щільності розподілу пікселів щодо висоти щільності розподілу пікселів при мінімальному напрацюванні моторної оливи (формула (2.6)). Висота щільності розподілу пікселів збільшується з ростом напрацювання моторної оливи, тому що при більшому напрацюванні масляна пляма набуває більш темних відтінків в порівнянні з оливою при мінімальному напрацюванні. Однак дана залежність не характерна для залежностей представлених на рисунках 3.5 і 3.6 з двох причин:

1. Спостереження проводилися на машинах при малому пробігу та напрацюванні.
2. Відбувався долив моторної оливи в ДВЗ.

Для отриманих залежностей розробленого комплексного критерію U_h і параметра ДС моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL від напрацювання розраховані статистичні параметри за методикою, наведеною в [4] (таблиця 3.9).

Таблиця 3.9 – Статистичні параметри розподілів вимірюваних значень критеріїв U_h і ДС стану моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL

Параметр	U_h	ДС
1	2	3
Математичне сподівання μ	1,092	0,41
Середньоквадратичне відхилення σ	0,066	0,092
Діапазон значень $\pm 3\sigma$	0,198	0,277

Продовження таблиці 3.9

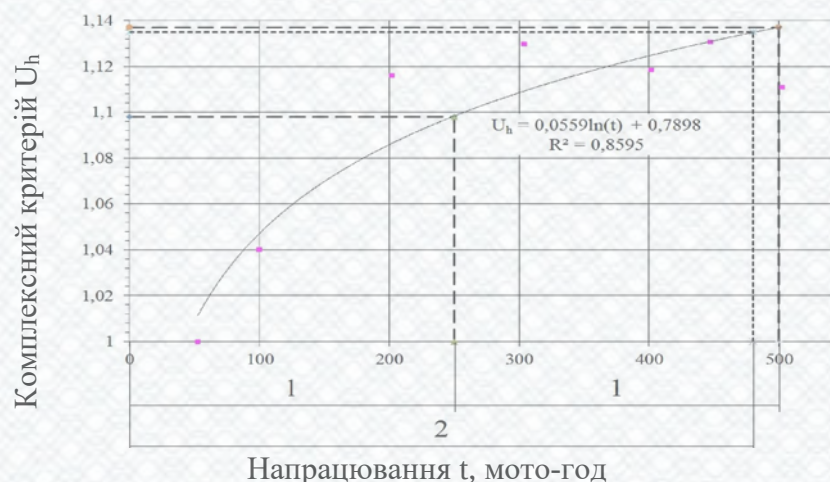
1		2	3
Допустимі відхилення середнього арифметичного від істинного значення вимірюваної величини, при рівні ймовірності $P = 0,95$		0,023	0,032
Коефіцієнт детермінації R^2		0,86	0,94
Коефіцієнт кореляції		0,93	0,97
Критерій Фішера F	фактичний	18,27	71,09
	теоретичний	4,17	4,17

В результаті статистичної оцінки отриманих експериментальних даних визначено, що чисельні значення коефіцієнтів детермінації склали 0,86 ... 0,94, коефіцієнтів кореляції – 0,93 ... 0,97, що говорить про істотний вплив і тісний зв'язок критеріїв U_h і ДС з напрацюванням. Значення критерію Фішера, отримані на основі експериментальних даних, більше табличних значень F –критерію для довіреної ймовірності $\alpha = 0,95$, що свідчить про адекватність результатів експерименту.

Відповідно до отриманого граничного значення з'являється можливість оцінювати залишковий ресурс моторної оливи за кривою залежності комплексного критерію U_h від напрацювання (див. рисунок 3.3) або за формулою (2.1). Досить оцінити пробу розробленою методикою і, знаючи напрацювання оливи, значення розробленого комплексного критерію на початку експлуатації та граничний стан моторної оливи, визначити залишковий ресурс.

На основі даних про залишковий ресурс моторної оливи стає можливим проведення робіт по заміні моторної оливи двигунів АТЗ по фактичному стану та коригування періодичності ТО ДВЗ АТЗ.

В даний час у зв'язку з заміною моторної оливи в залежності від напрацювання відомо як змінюються контрольні параметри, але олива при цьому не вичерпує свій потенційний ресурс (рисунок 3.8). Виходячи з цього, пропонується скорегувати періодичність ТО ДВЗ АТЗ. Причому проведення повного лабораторного аналізу тривале і дорогівартісне. Використання вдосконаленого методу передбачає отримання результату протягом 3–4 годин після нанесення краплі оливи на фільтрувальний папір.



1 – планово-попереджувальній системі ТО; 2 – по фактичному стану
Рисунок 3.8 – Ілюстрація періодичності заміни моторної оливи G-Profi SAE 15W-40 API CI-4 в двигунах самоскидів МАЗ

Таким чином, використання повного ресурсу моторної оливи ДВЗ АТЗ дозволить збільшити періодичність його заміни і скорегувати ТО ДВЗ АТЗ, а це в свою чергу скоротить витрати на технічне обслуговування АТЗ.

3.3 Визначення вагомості розроблених комплексних критеріїв діагностики стану моторної оливи в процесі експлуатації

При діагностиці стану за ідентифікацією розроблених комплексних критеріїв відпрацьованої моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL, взятого з картера дизельного двигуна самоскидів МАЗ, необхідно виділити області, що характеризують на різних етапах роботи стан моторної оливи (таблиця 3.10).

Таблиця 3.10 – Області, що характеризують етапи роботи оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL з картера дизельного двигуна самоскидів МАЗ

Область напрацювання, мото-год	42–112	195–210	296–310	398–512
Середнє значення напрацювання на інтервалі, мото-год	76	202	303	446
Різниця напрацювання в межах обраної області, мото-год	70	15	14	114
Різниця між обраними областями, мото-год	42	153	101	102

На підставі таблиці 3.10 вибираються 4 області, що характеризують різний стан відпрацьованої моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL, взятої з картера дизельного двигуна самоскида МАЗ.

У таблиці 3.11 представлені значення розроблених критеріїв.

Таблиця 3.11 – Значення розроблених комплексних критеріїв U_h , U_a , U_o моторної оливи Gprofi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL

Напрацювання , мото-год	Область напрацювання, мото-год	Значення критерію U_h	Значення критерію U_a	Значення критерію U_o
42	42–112	1,04	0,960999	1,018345
49		0,89	0,743835	0,849513
53		1,06	1,220972	1,078444
54		0,96	1,001155	0,969648
65		1,04	1,073039	1,08405
93		1,01	1,005417	0,9842
95		0,95	0,899723	0,907155
97		1,13	1,375346	1,206453
100		1,07	1,157518	1,108241
112		1,04	1,190097	1,067923
195	195–210	1,16	1,40641	1,20217
197		1,07	1,273914	1,131298
198		1,09	1,256014	1,095705
209		1,15	1,490984	1,216344
210		1,11	1,360287	1,225289
296	296–310	1,14	1,370231	1,227809
299		1,12	1,318426	1,163993
305		1,17	1,456889	1,22466
306		1,13	1,363791	1,210422
310		1,08	1,305546	1,111454
398	398–512	1,14	1,377619	1,204563
399		1,11	1,209228	1,137472
401		1,18	1,501591	1,273986
402		1,07	1,230443	1,126573
406		1,09	1,187824	1,09413
443		1,12	1,335379	1,149252
443		1,13	1,41768	1,182578
445		1,18	1,537485	1,274868
452		1,07	1,117267	1,054694
452		1,15	1,499318	1,221132
496		1,09	0,918097	1,048583
496		1,15	1,481418	1,210359
502		1,09	1,214248	1,062317
512		1,13	1,342009	1,088208

Коефіцієнт a_{ij}^2 обчислюється за формулами (2.21) – (2.23).

За даними таблиці 3.11 знайдені середні значення критеріїв (області), середнього квадратичного відхилення, коефіцієнта a_{ij}^2 . Результати занесені в таблицю 3.12.

Таблиця 3.12 – Значення параметрів $\overline{U_{ij}}$, σ_{ij} , a_{ij}^2 для критеріїв U_h , U_y , U_o моторної оливи Gprofі MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL

Критерій	Параметр	Область напрацювання, мото-год			
		42–112	195–210	296–310	398–512
U_h	$\overline{U_{ij}}$	1,020	1,116	1,130	1,121
	σ_{ij}	0,065	0,034	0,029	0,035
	a_{ij}^2	0,065	0,281	0,390	0,264
U_y	$\overline{U_{ij}}$	1,063	1,358	1,363	1,312
	σ_{ij}	0,171	0,087	0,053	0,170
	a_{ij}^2	0,038	0,246	0,656	0,060
U_o	$\overline{U_{ij}}$	1,027	1,174	1,188	1,152
	σ_{ij}	0,099	0,051	0,044	0,075
	a_{ij}^2	0,068	0,331	0,451	0,150

Коефіцієнт b_j визначається за формулою (2.26). Параметри M_i і S_i визначаються відповідно за формулами (2.24) і (2.25).

Для розрахунку коефіцієнта b_j необхідно визначити значення величини достовірності апроксимації, які отримані при створенні лінії тренду (рисунок 3.9) залежності напрацювання від розробленого комплексного критерію.



Рисунок 3.9 – Залежності критеріїв від напрацювання: 1– U_h ; 2– U_o ; 3– U_y

Результати визначення параметрів M_i , S_i , b_j представлені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Значення параметрів M_i , S_i , b_j для критеріїв U_h , U_y , U_o моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL

Критерій	Параметр	Область напрацювання, мото-год			
		42–112	195–210	296–310	398–512
U_h	M_i	0,328	0,306	0,307	0,313
	S_i	0,398			
	b_j	0,363	0,352	0,352	0,355
U_y	M_i	0,342	0,372	0,370	0,366
	S_i	0,312			
	b_j	0,327	0,342	0,341	0,339
U_o	M_i	0,330	0,322	0,323	0,321
	S_i	0,290			
	b_j	0,310	0,306	0,306	0,306

В якості міри близькості ідентифікації стану моторної оливи використовується евклідова відстань і визначається за формулою (2.27). Для визначення евклідової відстані необхідний результат чергового значення критерію U_{0j} , який приймаємо як середнє значення для критеріїв U_h , U_y , U_o для даної області (таблиця 3.14).

Таблиця 3.14 – Результат чергового значення критерію

Область напрацювання, мото-год	42–112	195–210	296–310	398–512
Середнє значення критеріїв U_h , U_y , U_o	1,037	1,216	1,227	1,195

Значення, отримані вище, підставляються в формулу (2.27) і виходять значення заходів близькості (таблиця 3.15).

Таблиця 3.15 – Заходи близькості ідентифікації стану моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL

Критерій	U_h	U_y	U_o
Евклідова відстань g_i	0,031	0,046	0,012

На підставі отриманих даних вирішено використовувати при діагностиці стану оливи комплексний критерій U_h , яким характеризуються співвідношення

діаметрів ядра і зони дифузії масляної плями (ступінь забруднення, ступінь окислення і миючі властивості моторної оливи). Евклідова відстань для критерію U_o є мінімальною, проте величина достовірності апроксимації для критерію U_o також виходить найменшим з критеріїв U_h , U_y , U_o . Для параметру U_y евклідова відстань отримана найбільш великою, а величина достовірності апроксимації визначена середнім показником щодо параметрів U_h і U_o . При цьому у комплексного критерія U_h середня евклідова відстань і найбільша величина достовірності апроксимації.

На підставі отриманих даних приймається комплексний критерій U_h найбільш вагомим серед критеріїв U_h , U_y , U_o .

3.4 Порівняльна оцінка точності і достовірності визначення розробленого критерію діагностики стану моторної оливи і диспергуючої її здатності

Для виключення викидів із статистичного ряду при певному напрацюванні використано 4–5 проб і на підставі цих випробувань отримано середнє значення критерію. Для оцінки достовірності розглянута відпрацьована моторна олива G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL з картера дизельного двигуна самоскида МАЗ.

Середнє початкове значення для $U_{hн} = 1,0$, для $ДС_{н} = 0,54$ (див. рисунок 3.3). Середнє гранично допустиме значення для $U_{hп.д} = 1,13$, для $ДС_{п.д} = 0,3$ (див. рисунок 3.3). Загальна кількість точок з розподілом на діапазони приймається рівним 34. Зміна показника з урахуванням його однозначності для критерію U_h може бути описано рівнянням $U_h = 0,0559 \ln(t) + 0,7898$ з достовірністю апроксимації 0,86 степеневій залежності, для параметра ДС – рівнянням $ДС = -5E - 07t^2 - 0,0002t + 0,5218$ з достовірністю апроксимації 0,942 поліномної залежності 2-го ступеня (див. рисунок 3.3).

З урахуванням [18] бракувальне значення $ДС = 0,3$, необхідно розглядати діапазон зміни параметра ДС і критерію U_h в інтервалі напрацювань 400–500 мото–год, як досягнення гранично допустимого стану моторної оливи. Причому

для оцінки величини залишкового ресурсу необхідно використовувати значення гранично-допустимого.

Весь діапазон напрацювання відпрацьована моторна олива G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL з картера дизельного двигуна самоскида МАЗ розділяється на 3 інтервали (таблиця 3.15). Для оцінки ступеня узгодженості розподілів про те, що зміни критерію U_h і параметра ДС на кожному з інтервалів, також як і весь діапазон контрольних параметрів, підкоряються нормальному закону розподілу випадкової величини і теоретичні та емпіричні дані узгоджуються, визначається критерій згоди Колмогорова по формулі (2.28).

Відповідно до формули (2.28) для визначення критерію Колмогорова потрібно визначити теоретичну частоту розподілів за формулою (2.29).

Результати оцінки узгодженості вимірів представлені в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16 - Результати оцінки узгодженості вимірів

Інтервал вимірювань	Округлене значення критерію D_0	Фактична частота проявлення значення f_i	Нормоване відхилення t	Функція щільності ймовірності нормального розподілу $\varphi(t)$	Теоретична частота розподілу f'_t	Кумулятивна частота		Різниця між емпіричними і теоретичними кумулятивними частотами $\sum f_i - \sum f'_i$	Критерій узгодженості Колмогорова, λ	Ймовірність узгодженості, P_λ
						фактична $\sum f_i$	теоретична $\sum f'_i$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Комплексний критерій U_h										
1	0,9	1	-1,93	0,062	0,668	1	0,668	0,332	0,90	0,393
	0,97	3	-0,72	0,289	2,323	4	2,991	1,009		
	1,04	3	0,36	0,373	1,160	7	4,151	2,849		
	1,06	2	0,65	0,332	3,570	9	7,722	1,278		
	1,13	1	1,70	0,094	1,01	10	8,735	1,265		
2	1,07	1	-1,27	0,178	0,525	1	0,525	0,475	0,52	0,964
	1,08	2	-0,83	0,283	3,196	3	3,721	-0,721		
	1,12	3	0,22	0,379	2,353	6	6,074	-0,074		
	1,14	2	0,98	0,247	0,778	8	6,851	1,149		
	1,15	1	1,34	0,163	0,959	9	7,810	1,190		
	1,17	1	1,72	0,091	0,536	10	8,346	1,654		

Продовження таблиці 3.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	1,07	2	−1,35	0,208	0,796	2	0,796	1,204	0,40	0,997
	1,08	3	−0,95	0,297	3,328	5	4,124	0,876		
	1,11	4	−0,02	0,390	4,514	9	8,638	0,362		
	1,14	2	0,66	0,342	1,379	11	10,017	0,983		
	1,15	1	0,93	0,292	3,467	12	13,483	−1,483		
	1,18	2	1,69	0,145	1,777	14	15,261	−1,261		
Контрольный параметр ДС										
1	0,401	1	−1,73	0,089	0,884	1	0,884	0,116	0,55	0,864
	0,457	2	−0,74	0,302	0,374	3	1,258	1,742		
	0,464	2	−0,63	0,327	3,640	5	4,898	0,102		
	0,527	2	0,49	0,354	1,315	7	6,213	0,787		
	0,548	2	0,86	0,276	2,533	9	8,747	0,253		
	0,600	1	1,78	0,081	0,752	10	9,498	0,502		
2	0,327	1	−2,07	0,047	0,591	1	0,591	0,409	0,23	1
	0,389	1	−0,80	0,312	1,273	2	1,865	0,135		
	0,409	3	−0,40	0,367	3,140	5	5,004	−0,004		
	0,451	3	0,46	0,358	1,972	8	6,977	1,023		
	0,478	1	1,02	0,240	1,660	9	8,637	0,363		
	0,512	1	1,70	0,094	0,651	10	9,289	0,711		
3	0,181	1	−1,99	0,055	0,928	1	0,928	0,072	0,77	0,544
	0,273	3	−0,78	0,302	2,984	4	3,912	0,088		
	0,327	4	−0,08	0,394	3,604	8	7,516	0,484		
	0,377	4	0,58	0,336	1,601	12	9,117	2,883		
	0,403	1	0,92	0,261	1,627	13	10,74	2,257		
	0,438	1	1,37	0,156	0,972	14	11,72	2,285		

Отримані результати дозволяють говорити, що комплексний критерій статистично значимий. Це означає, що з отриманою ймовірністю можна вважати, що відхилення фактичних (емпіричних) частот від теоретичних є випадковими. Отже, нульова гіпотеза приймається, і є підстави стверджувати, що емпіричний розподіл підпорядковується нормальному розподілу і теоретична крива залежності критерію U_n відображає практично отримані дані, а відповідно може використовуватися для діагностики стану моторної оливи.

Виконані статистичні дослідження показують, що при поділі всього інтервалу напрацювань на 3 частини (таблиця 3.17) можна отримати діапазон

між 3 інтервалами напрацювання відпрацьованої моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL з картера дизельного двигуна самоскида МАЗ.

Таблиця 3.17 – Діапазон значень критерію U_h і параметра ДС

Інтервал напрацювання, мото-год / кількість вимірювань	Інтервал значень контрольного параметру	Діапазон від сер. значень 3-х інтервалів,%		Діапазон від сер. значень 2-х інтервалів,%	
		+	—	+	—
Комплексний критерій U _h					
42–112 / 10	0,9–1,13	4,3	8,3		
195–310 / 10	1,07–1,17	2	4	0	0
398–512 / 14	1,07–1,18	2	4	0	0
Контрольний параметр ДС					
42–112 / 10	0,6–0,4	16,7	17,5		
195–310 / 10	0,51–0,33	0	4,5	4,2	14,5
398–512 / 14	0,44–0,18	20	25,6	13	17

Згідно з даними таблиці 3.17 діапазон у відсотках від середнього значення по 3 інтервалах досить великі на початку експлуатації. Це означає, що на початку експлуатації спостерігаються значне відхилення, яке може вплинути на точність визначення величини залишкового ресурсу. Таким чином, недоцільно до 100 мото-год напрацювання ДВЗ з моменту заміни моторної оливи проводити контроль стану моторної оливи для виявлення її залишкового ресурсу. У той же час у разі аналізу розбіжностей за двома наступними інтервалами напрацювання по таблиці 3.17 видно, що відсоткова відмінність між ними спостерігається менше. Відповідно проведення контролю за станом моторної оливи доцільно проводити, починаючи з 200 мото-год [7]. Періодичність відбору проб для діагностики стану моторної оливи і визначення її залишкового ресурсу доцільно призначити через 250 мото-год, так як аналіз можна поєднати з плановим ТО АТЗ і отримані дані дозволять давати прогноз про подальшу заміну моторної оливи. При цьому до напрацювання 250 мото-год моторна олива не виробила свій ресурс (див. рисунок 3.1, 3.2, 3.3).

Таким чином, при початку спостережень із 100 мото–год кількість вимірів приймається 24 одиниці, а це в свою чергу відповідає довірентій ймовірності для $U_h \alpha = 0,86$, ДС $\alpha = 2,20$.

Відповідно до таблиці 3.18 у кожного інтервалу критерію є максимальні і мінімальні значення. Різницю між максимальним і мінімальним значеннями можна прирівняти до 6σ і визначити по формулі (2.31).

Таким чином, за трьома інтервалами можна визначити середнє значення $\bar{\sigma}$ за формулою (2.32).

Середньоквадратичне відхилення визначається за формулою (2.33).

Ціна поділки вимірюваного критерію визначається з формули (2.34).

Виходячи зі знайденої ціни поділки вимірюваного критерію, можливо визначити відсоток систематичної помилки вимірювання за формулою (2.35).

Результати вимірювань наведені в таблицях 3.18 і 3.19

Таблиця 3.18 – Параметри оцінки помилок методів

	Середньоквадратичне відхилення σ					Коефіцієнт g, що характеризує відношення помилки вимірювань до середньоквадратичного відхилення при прийнятій надійності вибірки Р при 34 вимірюваннях	Ціна поділки вимірюваного критерію при прийнятій надійності вибірки Р
						0,9	0,9
U_h	0,068	0,036	0,037	0,047	0,046	0,3	0,0138
ДС	0,060	0,052	0,067	0,060	0,059		0,0177

Таблиця 3.19 – Оцінка систематичної помилки при контролі за комплексним критерієм U_h і параметру ДС

Критерій	Систематична помилка вимірювання ($\Delta D_{\text{сист}}$) при прийнятій надійності вибірки Р при гранично допустимому значенні напрацювання (500 мото–год),%	Систематична помилка вимірювання ($\Delta D_{\text{сист}}$) при прийнятій надійності вибірки Р при напрацюванні 112 мото–год,%	Систематична помилка вимірювання ($\Delta D_{\text{сист}}$) при прийнятій надійності вибірки Р при напрацюванні 310 мото–год,%
	0,9	0,9	0,9
U_h	1,17	1,22	1,18
ДС	9,83	4,43	5,36

Визначається значення довіреного інтервалу $\Delta D_{\text{сл}}$ в частках середньої квадратичної помилки середнього арифметичного S по формулі (2.36).

Середня квадратична похибка S визначається за формулою (2.37).

Сумарна помилка ΔD визначається за формулою (2.14).

Відносна похибка визначається за формулою (2.38).

У таблиці 3.20 представлені результати оцінки похибок методом визначення залишкового ресурсу відпрацьованої моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL з картера дизельного двигуна самоскида МАЗ за коефіцієнтом U_h , а також визначення стану моторної оливи методом крапельної проби.

Таблиця 3.20 – Порівняльна оцінка достовірності визначення контрольних критеріїв ДС і U_h при оцінці проб моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL

Контрольний критерій	Випадкова помилка, %	Систематична помилка, %	Сумарна помилка, %	Відносна помилка, %	Ціна поділки, вимірюваного критерію при прийнятій надійності вибірки $\alpha = 0,9$
U_h	1,9	1,2	3,1	2,8	0,0138
ДС	2,7	9,8	12,5	30,5	0,0177

Остаточний результат:

$$U_h = 1,092 \pm 0,031 \text{ при } P = 0,9, E = 2,8\%.$$

$$ДС = 0,41 \pm 0,12 \text{ при } P = 0,9, E = 30,5\%.$$

3.5 Висновки до третього розділу

Проведена робота по визначенню ДС об'єктивною методикою дозволяє перейти до точного кількісного контролю крапельної проби, що дозволяє виключити людський фактор при визначенні ДС. Отримані результати розробленого комплексного критерію U_h дозволяють оцінити залишковий ресурс моторної оливи ДВЗ АТЗ. У свою чергу дані про залишковий ресурс моторної

оливи дають можливість коригувати періодичність ТО ДВЗ АТЗ. Результатами виконаних досліджень показана доцільність використання вдосконаленого методу визначення і призначення комплексного критерію U_h для діагностики стану моторної оливи і коригування періодичності ТО ДВЗ АТЗ:

1. Визначено параметри умов визначення критеріїв U_h і ДС:

- маса краплі моторної оливи, що наноситься на фільтрувальний папір обеззольний фільтр «синя стрічка» становить $m_k = 0,028693 \pm 0,00108$ г, при рівні довіреної ймовірності 0,95;

- застосування виявлених функціональних залежностей площ щільності розподілу пікселів S_o і S_y від часу висушування масляної плями дозволило обґрунтувати умови аналізу – після висушування протягом 3–4 годин при температурі 18–20 °С;

- рекомендований розмір зображення масляної плями 490х490 пікселів.

2. Встановлено функціональну залежність зміни розробленого критерію діагностики стану моторної оливи G–profi MSI Plus 15w40 U_h від напрацювання, яка представляє собою логарифмічну функцію виду $U_h = 0,0559 \ln(t) + 0,7898$. Також встановлена функціональна залежність зміни параметра ДС діагностики стану моторної оливи G–profi MSI Plus 15w40 від напрацювання, яка представляє собою поліноміальних функцію виду $ДС = -5E-07t^2 - 0,0002t + 0,5218$. Встановлено, що зі зменшенням значення параметра ДС зростає значення критерію U_h . При зіставленні напрацювання при граничному значенні параметра ДС визначається гранично допустиме значення комплексного критерію U_h .

3. Проведено оцінку достовірності вдосконаленого методу діагностики стану моторної оливи за розробленим комплексним критерієм. Для відпрацьованої моторної оливи G–Profi SAE 15W–40 API CI–4, залитої в двигуни самоскидів МАЗ, встановлено, що комплексний критерій $U_h = 1,092 \pm 0,031$ при рівні довіреної ймовірності $P = 0,9$ має меншу відносну похибку $E = 2,8\%$, ніж існуючий параметр диспергуючих властивостей $ДС = 0,41 \pm 0,12$ при рівні довіреної ймовірності $P = 0,9$ і відносної похибки $E = 30,5\%$.

РОЗДІЛ 4 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОВЕДЕНИХ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для оцінки впливу вдосконалення діагностики стану моторних оливи двигунів автотранспортних засобів на експлуатаційні витрати (витрати на моторну оливу) зробимо розрахунок на прикладі самоскидів МАЗ.

4.1 Загальна частина

Розрахунковий річний економічний ефект від використання розробленої методики діагностики стану моторної оливи ДВЗ для самоскидів МАЗ в процесі експлуатації визначається за формулою

$$E_r = \left[\sum E - (C_E + \epsilon_n K_{уд.с}) \right] A \quad (4.1)$$

де $\sum E$ – сумарна економія від використання розробленої методики в рік на 1 АТЗ, грн.;

C_E – питомі поточні витрати на утримання і проведення робіт діагностики стану моторної оливи в процесі експлуатації, грн.;

ϵ_n – нормативний коефіцієнт економічного ефекту (приймався 0,15);

$K_{уд.с}$ – питомі капітальні вкладення на створення системи діагностики стану моторної оливи, грн.;

A – кількість самоскидів, $A = 21$.

У формулі (4.1) наведені витрати, пов'язані зі створенням і функціонуванням системи діагностики стану моторної оливи, визначаються

$$\sum E_{пр} = C_E + C_E + \epsilon_n K_{уд.с} \quad (4.2)$$

У зв'язку з тим, що проведення додаткових робіт по діагностиці стану оливи впливає лише на частину поточних витрат на придбання і впровадження методики, а проведення заміни оливи в ДВЗ по поточному стані призводить до скорочення витрат на моторну оливу, то в даному випадку доцільно визначати зміну повних сумарних витрат на одиницю продукції.

4.2 Розрахунок економії мастильних матеріалів при використанні методики діагностики стану моторної оливи і коригування періодичності технічного обслуговування двигунів автотранспортних засобів

На самоскидах МАЗ в яких заміна оливи в двигуні регламентована заводом-виробником – 250 мото-год. При цьому в ході виконаної роботи по діагностиці стану оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL розробленою методикою з'ясовано, що орієнтовне напрацювання, при якому олива залишається працездатною в умовах експлуатації, становить близько 450–500 мото-год. Для розрахунку приймається напрацювання 500 мото-год. Таким чином, олива здатна працювати в 2 рази довше, ніж передбачено інструкцією по експлуатації ДВЗ. Самоскиди МАЗ на ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр» працюють по 8 годин на 2 зміни. При цьому середнє напрацювання самоскида в місяць 480 мото-год.

Таким чином, за рекомендаціями заводу-виробника в календарний рік олива в ДВЗ замінюється кількість разів N_1

$$N_1 = \frac{L_p \cdot M_c}{M_1} \quad (4.3)$$

де L_p – кількість робочих днів у році, $L_p = 247$;

M_c – напрацювання самоскида на добу, $M_c = 16$ мото-год;

M_1 – напрацювання самоскида між заміною моторної оливи за рекомендацією заводу-виробника, $M_1 = 250$ мото-год.

При заміні оливи в ДВЗ за фактичним станом на основі розробленої методики олива міняється кількість разів N_2

$$N_2 = \frac{L_p \cdot M_c}{M_2} \quad (4.4)$$

де M_2 – напрацювання самоскида між заміною моторної оливи за фактичним станом на основі розробленої методики, $M_2 = 500$ мото–год.

Ємність системи мащення для двигуна МАЗ в залежності від виконання 31,8 л [34].

Економія мастильних матеріалів за рік на 1 самоскид, грн

$$\sum E = (N_1 - N_2) \cdot P \cdot K \quad (4.5)$$

де P – вартість 1 літра моторної оливи G–profi MSI Plus SAE 15w40 API CI4 / SL, $P = 118,86$ грн. / л. Вартість бочки ємністю 216,5 л становить 25734 грн.);

K – місткість системи змащення двигуна МАЗ (в залежності від виконання), $K = 31,8$ л.

$$\sum E = (15,8 - 7,9) \cdot 118,86 \cdot 31,8 = 204325 \text{ грн.}$$

Таким чином, в разі застосування розробленої методики економія моторної оливи в рік на 1 самоскид складе 204 325 грн. У разі експлуатації $A = 21$ одиниці самоскидів, економія 2043250 грн.

4.3 Розрахунок капітальних вкладень на створення системи діагностики стану моторних оливи за розробленою методикою

Вартість облаштування робочого місця наукового співробітника

(включаючи скануючий пристрій, ноутбук, набір програмного забезпечення, стіл і інші приналежності): $C_0 = 150000$ грн.

Вартість ручного вакуумного пристрою для відбирання проб з діаметром горлечка 32 мм: $C_{\text{відбір}} = 5500$ грн.

Підсумкова сума капіталовкладень

$$K_c = C_0 + C_{\text{відбір}} = 155500 \text{ грн.} \quad (4.6)$$

Питомі капіталовкладення на 1 самоскид

$$K_{\text{уд.с}} = \frac{K_c}{A} = 15550 \text{ грн.} \quad (4.7)$$

4.4 Розрахунок поточних витрат на утримання і експлуатацію розробленої методики

Витрати на науково-дослідні роботи

Заробітна плата наукового співробітника складається: з основної $Z_{\text{осн}} = 140000$ грн / рік, додаткової $Z_{\text{дод}} = 21000$ (15% від основної), відрахування на соціальне страхування $Z_{\text{соц}} = 16100$ (10% від основної та додаткової). Разом становить

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} + Z_{\text{соц}} = 140000 + 21000 + 16100 = 177100 \text{ грн.} \quad (4.8)$$

Додаткові витрати (60% від фонду заробітної плати): $Z_{\text{дв}} = 0,6 \cdot 177100 = 106260$ грн.

На відрядження та інші витрати (приймаємо 10% від $Z_{\text{п}}$): $Z_{\text{відр}} = 17710$ грн.

Амортизаційні відрахування на скануючий пристрій і ноутбук

$$a = \frac{C_0 H_0}{100} \quad (4.9)$$

де C_0 – вартість скануючого пристрою, ноутбука та програмного забезпечення, $C_0 = 100000$ грн.

H_0 – норма амортизаційних відрахувань (приймається 10%)

$$a = \frac{100000 \cdot 10}{100} = 10000 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт скануючого пристрою і ноутбука $C_{\text{рем}} = 5000$ грн (приймається 5% від вартості обладнання).

Інші витрати

$$C_{\text{інші}} = 0,1 \cdot Z_{\text{п}} + A_{\text{проб}} C_{\text{вitr}} \quad (4.10)$$

де $C_{\text{вitr}}$ – витрати на витратні матеріали при проведенні забору проб (одноразову гнучку трубку вартістю 65 грн / м, ємність для відібраної оливи вартістю 120 грн за шт і фільтрувальний папір обеззольний фільтр «синя стрічка» вартістю 0,21 грн., $C_{\text{вitr}} = 185,21$ грн. на забір однієї проби; $A_{\text{проб}}$ – кількість взяття проб на рік (прийmemo, що забір проб проводиться 4 рази при експлуатації до заміни на 1 самоскиді), $A_{\text{проб}} = 316$.

$$C_{\text{інші}} = 0,1 \cdot 177100 + 316 \cdot 185,21 = 76236,36 \text{ грн.}$$

Підсумкова сума поточних річних витрат

$$\sum C_e = Z_{\text{п}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{ком}} + a + C_{\text{рем}} + C_{\text{інші}} = 640246,36 \text{ грн.} \quad (4.11)$$

Питомі витрати на 1 самоскид

$$C_e = \frac{\sum C_e}{A} = \frac{640246,36}{10} = 64024,64 \text{ грн.} \quad (4.12)$$

Наведені витрати по формулі (5.2)

$$\sum E_{\text{пр}} = 64024,64 + 0,15 \cdot 15550 = 66357,14 \text{ грн.}$$

Таким чином, після підстановки в формулу (4.1)

$$E_r = [204325 - (64024,64 + 0,15 \cdot 15550)] \cdot 10 = 459246,4 \text{ грн.}$$

Термін окупності капіталовкладень визначається за формулою

$$T = \frac{K_c}{\sum E - \sum E_{\text{пр}}} = \frac{155500}{204325 - 66357,14} = 1,12 \text{ року}$$

Таким чином, термін окупності капітальних вкладень становить 1,12 року.

4.5 Висновки до п'ятого розділу

Виконана оцінка техніко-економічного ефекту від застосування результатів теоретичних і експериментальних досліджень від розробленої методики діагностики стану моторних олиив ДВЗ АТЗ на прикладі моторної олиив G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL для ДВЗ самоскидів МАЗ показала, що річний економічний ефект при використанні розробленої методики діагностики стану моторних олиив для парку в кількості 21 самоскида може скласти 459246,4 грн., а термін окупності капітальних вкладень – 1,12 року. Проведений розрахунок економічного ефекту є орієнтовним для даного парку АТЗ і усереднених умов експлуатації. Можна зробити висновок, що розроблена методика діагностики стану моторної олиив ДВЗ і коригування періодичності ТО ДВЗ АТЗ дозволяє знизити витрати за рахунок заміни моторної олиив по фактичному стану.

ВИСНОВКИ

1. Проведено діагностику стану моторної оливи вдосконаленим методом крапельної проби для коригування періодичності технічного обслуговування двигунів автотранспортних засобів. Метод крапельної проби дозволяє визначити комплексний показник диспергуючих властивостей моторної оливи, по якому можна судити про залишковий ресурс моторної оливи. Даний метод удосконалений у частині процесу кількісного аналізу масляної плями і прийняття рішення про стан моторної оливи.

2. Розроблено методику цифрової оцінки масляної плями з метою об'єктивної і формалізованої оцінки стану моторної оливи для прийняття рішення про необхідність коригування періодичності технічного обслуговування двигунів автотранспортних засобів.

3. Обґрунтовано новий комплексний критерій контролю стану моторної оливи двигунів автотранспортних засобів, який дозволяє проводити коригування періодичності технічного обслуговування.

Визначено параметри умов оцінки розробленого комплексного критерію і диспергуючих властивостей:

- маса краплі моторної оливи, що наноситься на фільтрувальний папір беззольний фільтр «синя стрічка» становить $0,028693 \pm 0,00108$ г, при рівні довіреної ймовірності 0,95;

- застосування виявлених функціональних залежностей загальної площі і площі ядра щільності розподілу пікселів від часу висушування масляної плями дозволило обґрунтувати умови аналізу – після висушування протягом 3–4 годин при температурі 18–20 °С;

- рекомендований розмір цифрового зображення масляної плями 490x490 пікселів.

Встановлено функціональну залежність зміни розробленого комплексного критерію діагностики стану моторної оливи G–profil MSI Plus 15w40 від напрацювання, яка представляє собою функцію виду $U_h = 0,0559 \ln(t) + 0,7898$.

Встановлено, що зі зменшенням значення диспергуючих властивостей зростає значення розробленого критерію. При зіставленні напрацювання при граничному значенні диспергуючих властивостей призначається гранично допустиме значення розробленого комплексного критерію.

4. Проведено оцінку достовірності вдосконаленого методу оцінки диспергуючих властивостей моторної оливи автотранспортних засобів по комплексному критерію контролю стану. Для відпрацьованої моторної оливи G—Profi SAE 15W—40 API CI—4, залитої в двигуни самоскидів МАЗ, встановлено, що розроблений комплексний критерій дорівнює $1,092 \pm 0,031$ при рівні довіреної ймовірності 0,9 має меншу відносну похибку 2,8%, ніж існуючий параметр диспергуючих властивостей $0,41 \pm 0,12$ при рівні довіреної ймовірності 0,9 і відносної похибки 30,5%. Цифрова оцінка масляної плями дозволяє більш об'єктивно проводити діагностику стану моторної оливи.

Виконано розрахунок техніко—економічного ефекту від впровадження результатів теоретичних та експериментальних досліджень для 21 одиниці самоскидів МАЗ, який складе 459246,4 грн в рік. При цьому термін окупності капітальних вкладень становить 1,12 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Братичак М.М. Бабяк Л.В. Моторні палива з альтернативної сировини: навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки – 2017. – 144с.
2. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник / [В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов]. – Вінниця, ВНТУ, 2013. – режим доступу : <http://posibnyky.vntu.edu.ua/newauto/5/index.html>.
3. Заяць Є.В., Огневий В.О. Алгоритм визначення періодичності технічного обслуговування двигунів внутрішнього згорання автотранспортних засобів /Є.В. Заяць, В.О. Огневий // Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)», Вінниця, 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу:<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025>
4. Колосюк Д.С., Зеркалов Д.В. Експлуатаційні матеріали: Підручник. Київ: Арестей – 2006. – 260с.
5. Моторні палива: властивості та якість. Підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Казимир Лейда; за заг. редакцією проф. С. Бойченка. – К.: «Центр учбової літератури»,2017.-324с.
6. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість. Підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Йосип Любінін, Казимир Лейда; за редакцією проф. С. Бойченка. – К.: «Центр учбової літератури»,2019.-323с.
7. Пластичні мастила: властивості та якість. Підручник / Петро Топільницький, Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Вікторія Романчук, Йосип Любінін, Ігор Трофімов, Оксана Мікосянчик, за редакцією проф. С. Бойченка.- К.:2021.-274с.
8. Ткачук В.В. Товарознавство. Пластичні маси та паливно-мастильні матеріали / В.В. Ткачук, О.І. Передрій: навч. Посібник. – Луцьк: Луцький НТУ – 2017. – 2016с.

9. Червінський Т.І., Топільницький П.І., Ярмола Т.І. Експлуатаційні матеріали для автотехніки. навч. посібник. Львів: Видавництво «Левада».2020.- 326с.

10. Andrews, G.E. The Influence of an Oil Recycler on Lubricating Oil Quality with Oil Age for a Bus Using In-Service Testing / G.E. Andrews, H. Li, M.H. Jones, J. Hall, A.A. Rahman, S. Saydali. – SAE 2000 World Congress. – 2000. – Paper 2000-01- 0234.

11. Barris, M.A. Total Filtration: The Influence of Filter Selection on Engine Wear, Emissions and Performance / M.A. Barris. – SAE Fuels and Lubricants. – 1995. – Paper 952557.

12. Beerbower, A. Lubrication inextreme envirouments / A. Beerbower, J.K. Appeldorn // Seventh world petroleum congress. Proceeding, Elsevier Publishing Co. – 1967. – Vol. 4. – Pp. 345–358.

13. Brosinsky, H.S. Die festen Fremdstoffe im Schmierot der Dieselmotoren / H.S. Brosinsky. – Motortech, 1969. – 290 s. 158

14. Carey, L.R. Extended Drain Passenger car Engin Oils / L.R. Carey, W.H. Stover, D.W. Murray. – "Sae Techn. Pap. Ser.". – 1978. – № 780952. – P. 1–12.

15. Dasbach T. How to determine engine oil quality / T. Dasbach, T.W. Selby. – Machinery Lubrication. – 2015. № 12.

16. Dimitroff, E. Low temperature engine studge: What? Where? How? / E. Dimitroff, R. D. Quillian. – SAE Paper 650225.

17. Foder, J. Friction Reduction in an IC Engine through Improved Filtration and a New Lubricant Additive / J. Foder, F.F. Ling. – Lubrication Engineering. – 1985. – Pp. 614–618.

18. Hurtova, I. Analysis of engine oils using modern methods of tribotechnical diagnostics / I. Hurtova, M. Sejkorova. – Key Engineering Materials. – 2016. – № 4. – P. 47–53.

19. Jennings, M.G. Technical Bulletin – TBN in Diesel Engine Oils / M.G. Jennings; corporation Chevron. – 2012. – 1 p.

20. Sejkorova, M. Definition of a motor oil change interval for high-volume diesel engines based on its current characteristics assessment / M. Sejkorova, I. Hurtova, J. Glos, J. Pokorny. – *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. – 2017. – Vol. 65, № 2. – P. 481–490.

21. Valis, D. Engine residual technical life estimation based on tribo data / D. Valis, L. Zak, O. Pokora. – *Eksploracja I Niezawodnosc – Maintenance and Reliability*. – 2014. – Vol. 16, № 2. – P. 203–210.

22. Verlinde, M. TPEO formulating challenges for increased oil change intervals / M. Verlinde, M. Boons. – *Schiff und Hafen*. – 2004. – № 4. – S. 24





ДОДАТКИ



Додаток А

Ілюстративна частина

Покращення ефективності системи технічного обслуговування двигунів
автомобілів на базі товариства з обмеженою відповідальністю «Гніванський
гранітний кар'єр»

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

**Покращення ефективності системи технічного обслуговування
двигунів автомобілів на базі товариства з обмеженою відповідальністю
«Гніванський гранітний кар'єр»**

Ілюстративна частина

до магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
08-29.МКР.006.00.000

Керівник роботи к.е.н., доцент

Огневий В.О.

Розробив студент гр. 1АТ-23м

Заяць Є.В.

Вінниця ВНТУ 2024

2

Метою роботи є підвищення ефективності технічної експлуатації автотранспортних засобів ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр».

Для досягнення зазначеної мети в роботі були поставлені наступні завдання:

1. Провести діагностику стану моторної оливи для коригування періодичності ТО ДВЗ АТЗ за рахунок визначення диспергуючих властивостей вдосконалим методом.
2. Обґрунтувати комплексний критерій діагностики стану моторної оливи двигунів АТЗ і визначити параметри умов його оцінки. Встановити функціональні залежності зміни розробленого комплексного критерію від напрацювання.
3. Провести оцінку достовірності вдосконаленого методу оцінки диспергуючих властивостей моторної оливи АТЗ по комплексному критерію діагностики стану і оцінити економічний ефект від впровадження результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

Об'єктом дослідження є процес ТО двигунів АТЗ.

Предметом дослідження є закономірності впливу періодичності проведення ТО двигунів АТЗ на їх роботу.

Наукова новизна.

- удосконалена залежність зміни комплексного критерію від напрацювання моторної оливи і його взаємозв'язок з диспергуючими властивостями моторної оливи.
- визначено залежність періодичності заміни оливи двигунів автотранспортних засобів від розробленого комплексного критерію.

Практичне значення отриманих результатів

Впровадження вдосконаленого методу діагностики стану моторної оливи дозволяє скоротити простої автотранспортних засобів при технічному обслуговуванні, підвищити якість технічного обслуговування, знизити витрати при його проведенні.

Взаємозалежність зміни стану моторних оливи і ДВЗ в процесі експлуатації

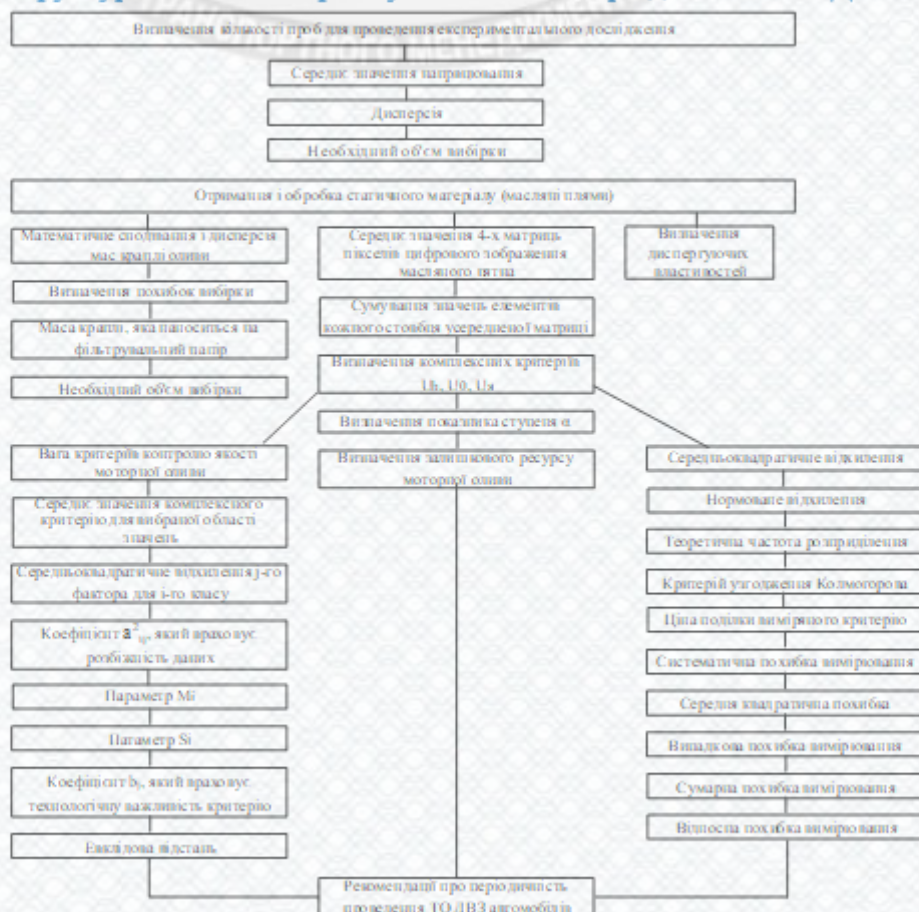
Зміна основного показника 1	Зміна інших показників 2	Можливі причини 3
Збільшення кінематичної в'язкості (перехід до вищого класу по SAE), мм ² / с	Незначне збільшення	Доливання оливи підвищеної в'язкості (двигун справний)
	Високий вміст нерозчинного осаду, різке збільшення коксованості, потемніння центрального ядра і скорочення зони дифузії на крапельній пробі	Незадовільні експлуатаційні властивості оливи, збільшений прорив газів в картер, зношення або втрата рухливості поршневих кілець, неповне згоряння палива, не працюючі масляні фільтри
	Масляна пляма за зоною дифузії на крапельній пробі коричневого кольору	Перегрів двигуна (тривала робота з перевантаженням при високій температурі навколишнього повітря), забруднення масляного радіатора
Зниження кінематичної в'язкості (перехід в нижчий клас по SAE), мм ² / с	Незначне	Доливання оливи меншої в'язкості, деструкція присадок в загущених оливах (двигун справний)
	Зниження температури спалаху	Протікання в системі живлення, погане розпилення палива, конденсація бензину в непрогрітому двигуні, перезбагачення робочої суміші
Істотне збільшення нерозчинного осаду	Пропорційне збільшення коксованості і в'язкості	Великий прорив газу в картер через зношування або втрати рухливості поршневих кілець
Істотне зниження температури спалаху (нижче 200 °C)	Підвищення вмісту нерозчинного осаду і коксованості, наявність паливних фракцій в оливі	Протікання в паливній системі, погане розпилення палива, прогорання випускного клапана або днища поршня (немає компресії)
Істотне збільшення вмісту продуктів зносу	Незначне	Несправний очисник повітря, всмоктування неочищеного повітря через нещільності випускного тракту, порушення вентиляції картера
Зменшення лужного числа на 50% і більше, мг КОН / г	Накопичення кислих продуктів, підвищення корозійного зносу деталей	Спрацювання детергентних і диспергуючих присадок
Баланс кислотного та лужного чисел	Підвищення окислення базової оливи. Базова олива окислюється з утворенням жирних кислот	Окислення базової оливи. Великий інтервал заміни оливи, підвищена робоча температура, підвищений вміст домішок

Критерії діагностики стану оливи по масляній плямі

Ступінь окислення оливи	
Колір масляного поясу	Прийняте рішення
Блідо-світло-жовтий	Працездатний
Світло коричневий	Працездатний
Коричневий	Не працездатний
Темно коричневий	Не працездатний
Ступінь забруднення оливи	
Колір ядра:	Прийняте рішення
Світло коричневий	Працездатний
Коричневий або сірий	Працездатний
Темно коричневий	Працездатний
Чорний	Не працездатний
Диспергуючі властивості оливи визначаються за формулою $ДС = 1 - (d^2/D^2)$	$ДС > 0,3$ – працездатне $ДС < 0,3$ – непрацездатне

Структурна схема алгоритму визначення періодичності ТО ДВЗ АТЗ

6



Активация

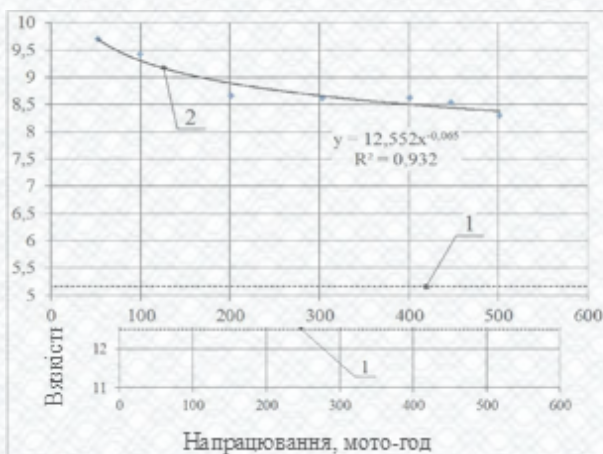
Виміряні маси крапель відпрацьованої моторної оливи G-profi MSI
Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL, взятого з картера двигуна самоскидів MA3

Номер вимірювання	Маса краплі, г	Номер вимірювання	Маса краплі, г
1	0,02762	13	0,02533
2	0,02499	14	0,02515
3	0,03019	15	0,02789
4	0,02744	16	0,03055
5	0,02884	17	0,02363
6	0,02794	18	0,03088
7	0,02967	19	0,03081
8	0,034	20	0,02976
9	0,02728	21	0,02821
10	0,02809	22	0,03085
11	0,03076	23	0,0281
12	0,03197		

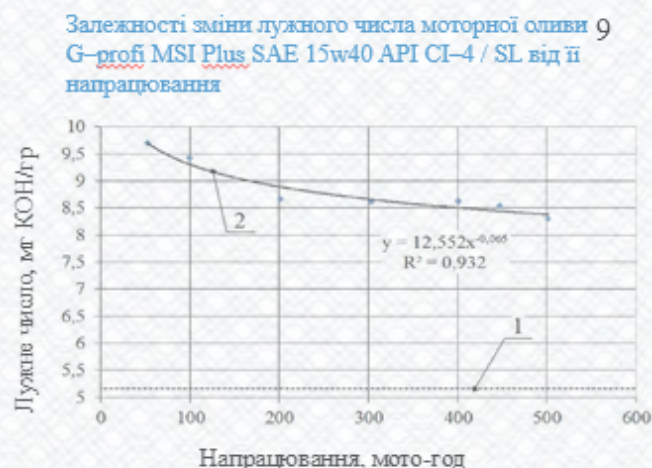
8

Параметри стану системи «двигун–моторна олива»

Параметри стану		Номінальне значення	Граничне значення
Кінематична в'язкість при 100 ° C, cSt		12,5–16,3	Перехід в інший клас по SAE
Вміст негорючих домішок, %		–	0,1
Лужне число, мг КОН/г		10,32	зниження на 50%
Зольність оливи, %		1	1,5 ... 2,5
Наявність води		Відсутність	Сліди
Температура спалаху, ° C, не нижче		225	200
Концентрація елементів–індикаторів зносу, г/т	Fe	–	140
	Cr	–	20
	Pb	–	20
	Ni	–	10
	Si	1	25



1 – нижня межа; 2 – верхня межа; 3 – зміни в'язкості; у – в'язкість при 100°C, сСт; х – напрацювання, мото-год



1 – межа лужного числа; 2 – зміни лужного числа; у – лужне число, мг КОН/г; х – напрацювання, мото-год

Основні результати досліджень проб моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL, відібраного з картерів ДВЗ самоскидів МАЗ лабораторними методами

Число проб	Інтервал напрацювання моторного оливи, мото-год	В'язкість при 100°C, сСт	Лужне число, мг КОН/г
34	42–512	13,36–12,28	9,62–8,25
Моторна олива без напрацювання		14,26	10,32

10

Межі зміни критеріїв ДС, U_h , U_x , U_o проб моторного оливи

Число проб	Інтервал напрацювань моторної оливи	Межі зміни ДС	Межі зміни критеріїв		
			U _h	U _я	U _o
М8–ДМ (транспортно–технологічні машини)					
4	5700–10500 км	0,7–0,22	1–1,14	1–1,24	1–1,21
М10–ДМ (транспортно–технологічні машини)					
8	1000–20000 км	0,47–0,33	1–1,38	1–1,89	1–1,62
М8–ДМ (транспортно–технологічні машини)					
9	70–845 мото–год	0,77–0,22	1–1,28	1–1,87	1–1,43
М10–ДМ (транспортно–технологічні машини)					
6	54–360 мото–год	0,6–0,31	1–1,25	1–2	1–1,62
G–profi MSI Plus SAE 15w40 API CI–4 / SL (самоскиди)					
34	42–512 мото–год	0,54–0,27	1–1,13	1–1,38	1–1,18

Ілюстрація періодичності заміни моторної оливи G-Profi SAE 15W-40 API CI-4 в двигунах самоскидів МАЗ

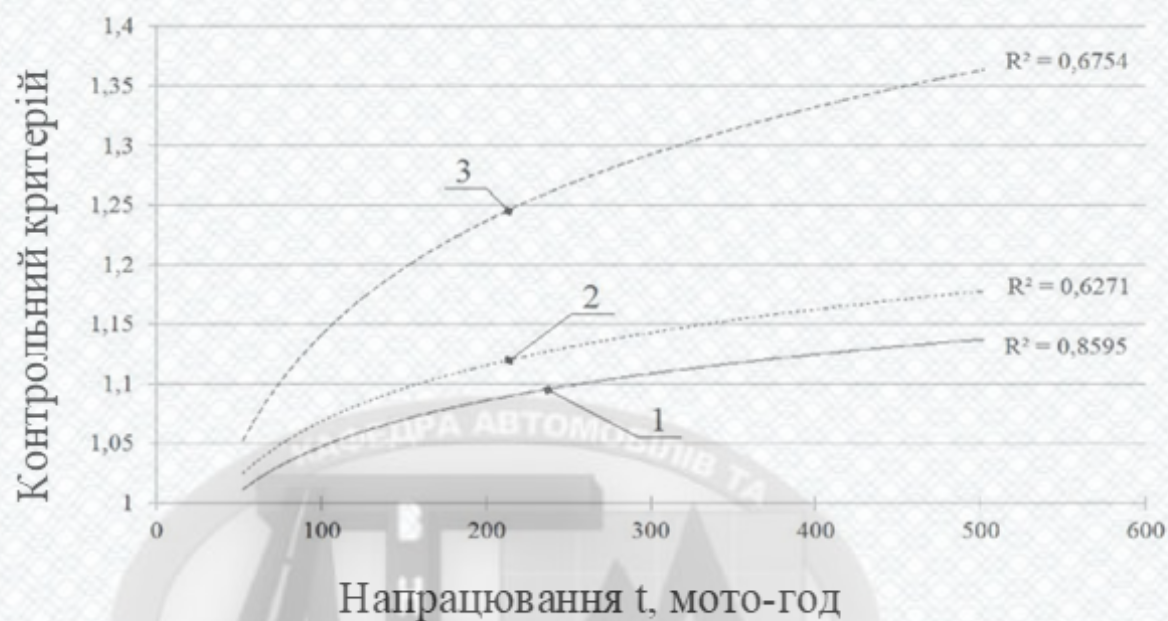


Значення розроблених комплексних критеріїв U_h , U_a , U_o моторної оливи Gprofi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL

12

Напрацювання, мото-год	Область напрацювання, мото-год	Значення критерію U_h	Значення критерію U_a	Значення критерію U_o
42	42-112	1,04	0,960999	1,018345
49		0,89	0,743835	0,849513
53		1,06	1,220972	1,078444
54		0,96	1,001155	0,969648
65		1,04	1,073039	1,08405
93		1,01	1,005417	0,9842
95		0,95	0,899723	0,907155
97		1,13	1,375346	1,206453
100	195-210	1,07	1,157518	1,108241
112		1,04	1,190097	1,067923
195		1,16	1,40641	1,20217
197		1,07	1,273914	1,131298
198		1,09	1,256014	1,095705
209		1,15	1,490984	1,216344
210	296-310	1,11	1,360287	1,225289
296		1,14	1,370231	1,227809
299		1,12	1,318426	1,163993
305		1,17	1,456889	1,22466
306		1,13	1,363791	1,210422
310		1,08	1,305546	1,111454
398	398-512	1,14	1,377619	1,204563
399		1,11	1,209228	1,137472
401		1,18	1,501591	1,273986
402		1,07	1,230443	1,126573
406		1,09	1,187824	1,09413
443		1,12	1,335379	1,149252
443		1,13	1,41768	1,182578
445		1,18	1,537485	1,274868
452		1,07	1,117267	1,054694
452		1,15	1,499318	1,221132
496		1,09	0,918097	1,048583
496		1,15	1,481418	1,210359
502		1,09	1,214248	1,062317
512		1,13	1,342009	1,088208

Залежності критеріїв від напруцювання: 1- U_h ; 2- U_o ; 3- U_a



Значення параметрів M_i , S_i , b_i для критеріїв U_h , U_a , U_o моторної оливи G-profi MSI Plus SAE 15w40 API CI-4 / SL

Критерій	Параметр	Область напруцювання, мото-год			
		42–112	195–210	296–310	398–512
U_h	M_i	0,328	0,306	0,307	0,313
	S_i	0,398			
	b_i	0,363	0,352	0,352	0,355
U_a	M_i	0,342	0,372	0,370	0,366
	S_i	0,312			
	b_i	0,327	0,342	0,341	0,339
U_o	M_i	0,330	0,322	0,323	0,321
	S_i	0,290			
	b_i	0,310	0,306	0,306	0,306

Економічний ефект від застосування результатів досліджень

Річний економічний ефект при використанні розробленої методики діагностики стану моторних олиф ДВЗ для самоскидів МАЗ в кількості 21 одиниця товариства з обмеженою відповідальністю «Гніванський гранітний кар'єр» може скласти 459246,4 грн., а термін окупності капітальних вкладень – 1,12 року. Проведений розрахунок економічного ефекту є орієнтовним для даного парку АТЗ і усереднених умов експлуатації.





Додаток Б

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Покращення ефективності системи технічного обслуговування двигунів автомобілів на базі товариства з обмеженою відповідальністю «Гніванський гранітний кар'єр»

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 78 % Схожість 22 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

[підпис]
(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи

[підпис]
(підпис)

Заяць Є.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

[підпис]
(підпис)

Огневий В.О.
(прізвище, ініціали)