

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення використання ресурсу моторної оливи рухомих складом товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556»»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1АТ-21м
спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

Садич І.І.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ

Смирнов Є.В.

« 5 » / 12 2022 р.

Опонент: Смирнов Є.В.

« 12 » / 12 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

Цимбал С.В.

« 12 » / 12 2022 р.

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

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

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

«19» 09 / 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Садичу Ігорю Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення використання ресурсу моторної оливи рухомих складом товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556».

керівник роботи – Смирнов Святій Валерійович, к.т.н., доцент каф. АТМ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «14» вересня 2022 року № 203.

2. Строк подання студентом роботи – 07.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (дючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; виробнича структура та система підтримки справного стану рухомого складу ТОВ «Вінницьке АТП-10556»; район експлуатації автомобілів – Україна, внутрішні перевезення; об'єкт дослідження – зміна властивостей моторних оливок в умовах експлуатації; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%

4. Зміст текстової частини:

1. Стан проблеми визначення стану моторної оливи. Аналіз ТОВ «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556».

2. Теоретичне обґрунтування методу оцінки стану моторної оливи

3. Розрахунок ремонтно-обслуговуючого виробництва ТОВ «Вінницьке АТП - 10556».

4. Дослідження впровадження методики визначення стану і прогнозування ресурсу моторної оливи в АТП

5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

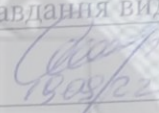
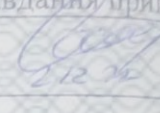
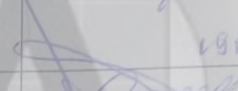

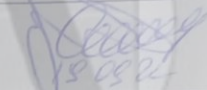
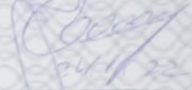
1-3. Тема, мета та завдання дослідження.

4. Класифікація методів визначення якості моторних оливок

5. Характеристика ТОВ «Вінницьке АТП - 10556»












- 6 Математична модель оцінки стану моторної оливи
- 7 Алгоритм оцінки стану моторної оливи
- 8 Алгоритм оцінки залишкового ресурсу моторної оливи
- 9 Установка для визначення стану моторної оливи
- 10 Обробка звукового сигналу, що проходить через моторну оливу
- 11 Залежність в'язкості оливи від коефіцієнта поглинання ультразвуку
- 12 Реалізація методики оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи
- 13 Розробка бортової системи оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи
- 14 Висновки по роботі

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

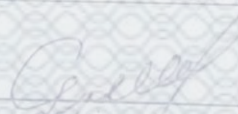
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Розв'язання основної задачі | Смирнов С.В., доцент кафедри АТМ |  19.09/22 |  21.12.22 |
| Економічна частина | Буренніков Ю.Ю., доцент кафедри АТМ |  19.09.22 |  28.08.22 |
| Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях | Дембіцька С.В., професор кафедри БЖДПБ |  19.09.22 |  24.11.22 |

7. Дата видачі завдання «19» вересня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

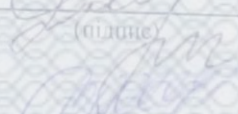
| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|---|
| 1 | Вивчення об'єкту та предмету дослідження | 19.09-02.10.2022 |  |
| 2 | Аналіз відомих рішень, постановка задач | 19.09-02.10.2022 |  |
| 3 | Обґрунтування методів досліджень | 19.09-02.10.2022 |  |
| 4 | Розв'язання поставлених задач | 03.10-20.11.2022 |  |
| 5 | Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів | 21.11-04.12.2022 |  |
| 6 | Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» | 07.11-27.11.2022 |  |
| 7 | Виконання розділу «Економічна частина» | 07.11-27.11.2022 |  |
| 8 | Нормоконтроль МКР | 05.12-07.12.2022 |  |
| 9 | Попередній захист МКР | 08.12-09.12.2022 |  |
| 10 | Рецензування МКР | 12.12-16.12.2022 |  |
| 11 | Захист МКР | 20.12-28.12.2022 |  |

Студент


(підпис)

Садич І.І.

Керівник роботи


(підпис)

Смирнов С.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.892

Садич І.І. Підвищення використання ресурсу моторної оливи рухомих складом товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, освітня програма – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2022. 102 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 31 назва; рис.: 14; табл. 28.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання підвищення використання ресурсу моторної оливи в умовах експлуатації, що, за рахунок постійного контролю стану моторної оливи, дозволяє збільшити періодичність виконання заміни моторної оливи, а також виявляти критичні зміни якості оливи. У розділі 1 проаналізовано стан проблеми оцінки якості моторної оливи та стан рухомого складу та виробничо-технічної бази ТОВ «Вінницьке АТП - 10556». В розділі 2 виконано теоретичне обґрунтування методу та моделі визначення технічного стану моторної оливи та прогнозування її ресурсу. В розділі 3 розраховано показники ремонтно-обслуговуючого виробництва автотранспортного підприємства. В розділі 4 досліджено зв'язки в'язкості моторної оливи та виконано розробки щодо впровадження методики і обладнання в умовах підприємства. В розділі охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях розроблено технічні рішення щодо техніки безпеки, виробничої санітарії, пожежної безпеки в зоні технічного обслуговування.

Графічна частина складається з 14 плакатів.

Ключові слова: моторна олива, якість; в'язкість; залишковий ресурс, електрофізичний показник.

ABSTRACT

UDC 621.892

I.I. Sadych Increasing the use of motor oil resources by the rolling stock of the limited liability company "Vinnytsia Motor Vehicle Enterprise - 10556". Master's qualification work in the specialty 274 Automotive transport, educational program Automotive transport. Vinnytsia: VNTU, 2022. 102 p.

In Ukrainian language Bibliography: 31 titles; Fig.: 14; table 28.

In the master's qualification work, the question of increasing the use of the engine oil resource in the conditions of operation, which due to the constant control of the condition of the engine oil, allows to increase the frequency of engine oil replacement, and also reveal critical changes in the quality of the oil. Section 1 analyzes the state of the motor oil quality assessment problem and the state of the rolling stock and production and technical base of LLC "Vinnytske ATP - 10556". Section 2 provides a theoretical justification of the method and model for determining the technical condition of motor oil and forecasting its resource. In section 3, the indicators of the repair and maintenance production of the motor vehicle enterprise are calculated. In section 4, the relationship between the viscosity of motor oil and the development of methods and equipment implementation in the conditions of the enterprise are carried out. In the section on occupational health and safety in emergency situations, technical solutions for safety, industrial sanitation, and fire safety in the maintenance area are developed.

The graphic part consists of 14 posters.

Keywords: cargo, non-preservation of cargo; long-distance transportation; factors of non-preservation of cargo, road transport.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АТП – автотранспортне підприємство;

ВТБ – виробничо-технічна база;

Д – діагностування;

КПП – контрольно-пропускний пункт;

ПМР – прибирально-мийні роботи;

ПР – поточний ремонт;

Р – ремонт;

РС – рухомий склад;

СТО (СТОА) – станція технічного обслуговування (автомобілів);

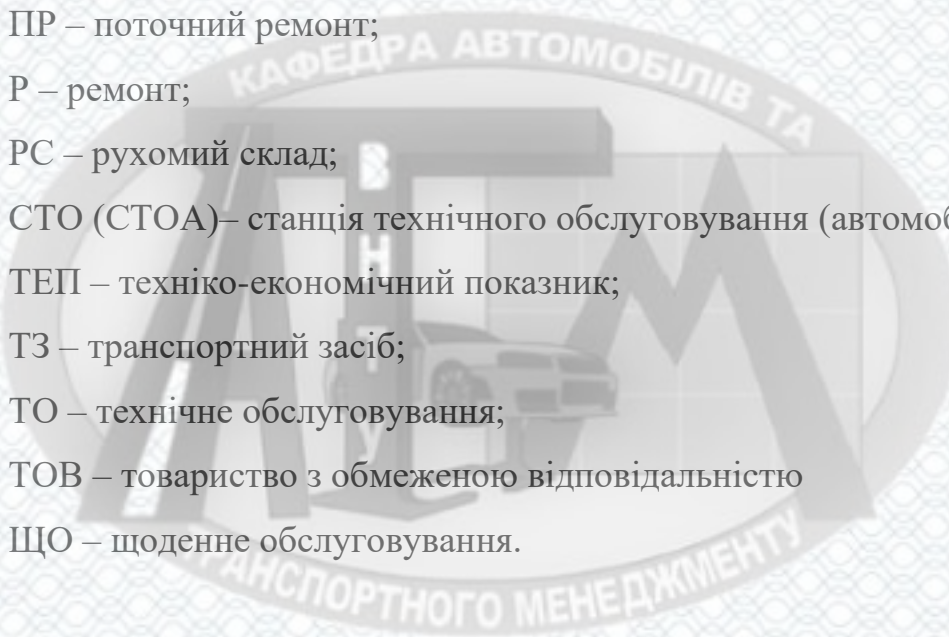
ТЕП – техніко-економічний показник;

ТЗ – транспортний засіб;

ТО – технічне обслуговування;

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

ЩО – щоденне обслуговування.



ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 7 |
| 1 СТАН ПРОБЛЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ МОТОРНОЇ ОЛИВИ. АНАЛІЗ ТОВ «ВІННИЦЬКЕ АВТОТРАНСПОРТНЕ ПІДПРИЄМСТВО – 10556» | 10 |
| 1.1 Загальна характеристика моторних олив..... | 10 |
| 1.2 Взаємодія системи «Двигун – Олива – Експлуатація»..... | 13 |
| 1.3 Методи оцінки властивостей моторної оливи..... | 19 |
| 1.3.1 Стандартизовані методи оцінки властивостей моторної оливи | 20 |
| 1.3.2 Експрес-методи оцінки властивостей моторних олив | 22 |
| 1.3.3 Бортові системи оцінки властивостей моторної оливи..... | 23 |
| 1.4 Аналіз можливості застосування методів оцінки властивостей моторної оливи в процесі експлуатації..... | 27 |
| 1.5 Загальна характеристика ТОВ «Вінницьке АТП - 10556»..... | 29 |
| 1.6 Аналіз складу, структури і стану рухомого складу | 31 |
| 1.7 Аналіз структури і стану виробничо-технічної бази | 32 |
| 1.7.1 Огляд існуючої структури виробничо-технічної бази | 32 |
| 1.7.2 Аналіз стану виробничо-технічної бази | 33 |
| 1.8 Висновки | 36 |
| 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ СТАНУ МОТОРНОЇ ОЛИВИ | 37 |
| 2.1 Вибір показника комплексної оцінки стану моторної оливи | 37 |
| 2.2 Математична модель оцінки стану моторної оливи..... | 38 |
| 2.3 Модель та методика оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи..... | 48 |
| 2.4 Висновки | 53 |
| 3 РОЗРАХУНОК РЕМОНТНО-ОБСЛУГОВУЮЧОГО ВИРОБНИЦТВА ТОВ «ВІННИЦЬКЕ АТП - 10556» | 54 |
| 3.1 Розрахунок виробничої програми та обсягів робіт АТП | 54 |
| 3.2 Розрахунок чисельності виробничих робітників | 58 |

| | |
|--|-----------|
| | 6 |
| 3.3 Розрахунок кількості постів | 61 |
| 3.4 Розрахунок площ виробничо-складських приміщень | 62 |
| 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ І ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ МОТОРНОЇ ОЛИВИ В АТП | 65 |
| 4.1 Установка для визначення стану моторної оливи за електрофізичними параметрами..... | 65 |
| 4.4.1 Вибір елементної бази | 65 |
| 4.1.2 Алгоритм обробки звукового сигналу, що проходить через оливу для оцінки її властивостей | 71 |
| 4.2 Визначення залежності в'язкості оливи від коефіцієнта поглинання ультразвуку | 75 |
| 4.3 Перевірка методики оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи при дослідній експлуатації..... | 78 |
| 4.4 Удосконалена методика оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи | 81 |
| 4.5 Оцінка економічної ефективності впровадження в АТП приладу оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи..... | 86 |
| 4.6 Висновки | 87 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 88 |
| 5.1 Технічні рішення щодо безпеки в зоні ТО | 88 |
| 5.1.1 Техніка безпеки | 88 |
| 5.1.2 Електробезпека | 89 |
| 5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії | 90 |
| 5.2.1 Мікроклімат | 90 |
| 5.2.2 Освітлення..... | 92 |
| 5.2.3 Шум | 93 |
| 5.2.4 Вібрація | 93 |
| 5.3 Пожежна безпека..... | 94 |
| ВИСНОВКИ | 97 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 99 |
| Додаток А (обов'язковий) Ілюстративна частина | 103 |

ВСТУП

Актуальність теми. Ресурс моторної оливи значною мірою залежить від: конструктивних особливостей двигуна, прийнятої на автопідприємстві системи технічного обслуговування та ремонту, у т.ч. періодичність обслуговування; застосовуваних експлуатаційних матеріалів, умов руху автомобілів, природно-кліматичних умов. У працюючого двигуна спостерігаються як поступові, і раптові зміни показників якості моторної оливи. У ряді випадків стан оливи не відповідає прогнозованому значенню, що може призвести до підвищеного зносу деталей двигуна та необхідності ремонту, або передчасної заміни оливи та недовикористання його ресурсу. Для зменшення експлуатаційних витрат необхідно регулярно контролювати показники якості моторної оливи, попереджаючи досягнення ними граничних значень у процесі роботи автомобіля. Аналіз проведених досліджень у галузі методів та засобів контролю моторної оливи показав, що датчики, що контролюють її стан, встановлюються на обмежену кількість моделей автомобілів, а у наявних в експлуатації зафіксовано випадки некоректних вимірів та відмов. Тому вдосконаленням методики оцінки залишкового ресурсу моторної оливи є актуальним завданням.

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

Дослідження по темі магістерської роботи належить до основних наукових напрямків кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного технічного університету.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності експлуатації рухомого складу ТОВ «Вінницьке АТП -10556» шляхом зниження витрат на автомобільні експлуатаційні матеріали при впровадженні контролю за станом моторної оливи.

Задачі магістерської кваліфікаційної роботи:

– провести аналіз існуючих методів оцінки технічного стану моторної оливи та прогнозування її залишкового ресурсу;

- описати математичні моделі комплексної оцінки стану моторної оливи від електрофізичного параметра;
- удосконалити методику оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи в процесі експлуатації автомобілів із застосуванням електрофізичних показників;
- провести дослідження зв'язку між в'язкістю моторної оливи та її електрофізичними параметрами;
- розробити організаційно-технологічні рішення виконання робіт технічного обслуговування та ремонту автомобілів в ТОВ «Вінницьке АТП - 10556»;
- виконати оцінку ефективності застосування методики та приладу визначення стану та залишкового ресурсу моторної оливи на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП - 10556».

Об'єктом дослідження є зміна властивостей моторних олив в умовах експлуатації.

Предметом дослідження є зміна параметрів, у тому числі електрофізичних, моторних олив у процесі експлуатації.

Новизна роботи:

- застосовано коефіцієнт поглинання звукових хвиль моторною оливою, як показника, що характеризує його в'язкість;
- отримали розвиток математичні моделі та методика, які дозволяють оцінити стан та спрогнозувати залишковий ресурс моторної оливи, що знаходиться в експлуатації.

Практична цінність роботи полягає у розробці методичних рекомендацій та концепції вимірювального обладнання, що дозволяють контролювати стан моторної оливи та прогнозувати її залишковий ресурс. Застосування даних розробок дозволяє уникнути передчасних заміन моторної оливи, а також виявляти несправності, які можуть призвести до пошкодження двигуна.

Апробація результатів. Основні положення магістерської роботи апробовано на всеукраїнській науково-технічній інтернет-конференції конференції Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023).

Публікації. За результатами виконання магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані 1 тези доповідей [24].



1 СТАН ПРОБЛЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ МОТОРНОЇ ОЛИВИ. АНАЛІЗ ТОВ «ВІННИЦЬКЕ АВТОТРАНСПОРТНЕ ПІДПРИЄМСТВО – 10556»

1.1 Загальна характеристика моторних олив

Моторні оливи, що застосовуються в двигунах внутрішнього згорання, виконують такі основні функції:

- змащування поверхонь, що труться;
- відведення тепла від поверхонь;
- очищення робочих поверхонь;
- нейтралізація кислот, що утворюються внаслідок згорання палива;
- є конструктивним елементом двигуна.

Моторні оливи виготовляються шляхом змішування базових олив і пакету присадок. Залежно від застосовуваної базової оливи класифікуються на мінеральні, напівсинтетичні та синтетичні [6, 26].

Основним нормативним документом, що регламентує основні показники моторних олив, є ДСТУ 9032:2020 «Нафтопродукти. Оливи моторні. Загальні технічні вимоги». Основними показниками, що характеризують якість моторних олив є:

- Температура самозаймання, °С;
- Температура спалаху у відкритому тиглі, °С;
- В'язкість кінематична при 100°С, мм²/с;
- В'язкість динамічна при -10 ... -35° С, мПа ·с;
- В'язкість динамічна при 150°С, мПа ·с;
- Лужне число, мгКОН/г;
- Сульфатна зольність, % мас.;
- Вміст активних елементів: S, P, Zn, Ca та ін, % мас.;
- Вміст води, % мас.;

– Вміст механічних домішок, % мас.

В'язкість характеризує внутрішній опір перебігу рідини. Значення в'язкості залежить від умов вимірювання: температури та швидкості зсуву. Для двигуна автомобіля в'язкість застосовуваної оливи впливатиме на захисні властивості та паливну економічність. В процесі експлуатації в'язкість моторної оливи може як збільшуватися, так і зменшуватися [12, 24]. Причиною збільшення в'язкості може бути накопичення нерозчинних продуктів в оливі або випаровування більш легких фракцій. В'язкість мінеральних олив часто пов'язана з окислювальними процесами базової оливи. Зменшення в'язкості може бути викликано попаданням в оливу легших, наприклад, паливних, фракцій або руйнуванням присадки, що загущає. У загальному випадку в'язкість моторної оливи може залишитися незмінною при значному погіршенні інших показників її якості.

Лужне число показує, як багато кислот може нейтралізувати присадний комплекс моторної оливи. Присадки в сучасній оливі мають різні лужні властивості. При використанні автомобільного палива п'ятого екологічного класу 2–4% лужних присадок витрачаються на нейтралізацію кислот [12]. Частина присадок витрачається за прямим призначенням, забезпечуючи миючі, диспергуючі, антикорозійні властивості оливи. Таким чином, у процесі експлуатації вміст присадок в оливі зменшується. Відповідно, падає і лужне число. Збільшення лужного числа можливо при додаванні свіжої порції оливи чи присадок.

Сульфатна зола з'являється при згорянні металоорганічних з'єднань, які додаються в оливу як присадки. Зола забиває сучасні системи нейтралізації відпрацьованих газів, тому нормується виробниками техніки. Оскільки в процесі експлуатації активні елементи присадок переходять до інших сполук, їх онцентрація та сульфатна зольність практично не змінюються [12, 15]. Винятком є вміст сірки, яка може накопичуватися в вигляді різних з'єднань при використанні сірчистих автомобільних палив.

Температура спалаху у відкритому тиглі – мінімальна температура, при якій пари нафтопродукту, що нагрівається, спалахують при піднесенні відкритого

полум'я. Вона пов'язана з фракційним складом оливи та структурою молекул базових компонентів. Якщо вибрана неякісна або невідповідна олива, або порушений тепловий режим двигуна, легкі фракції випаровуватимуться, і температура спалаху в процесі експлуатації буде збільшуватись. Зменшення температури спалаху пов'язано з потраплянням у моторну оливу паливних фракцій [12, 13, 29].

Поряд із паливом, у моторній оливі накопичується вода. Вона є продуктом горіння вуглеводнів і потрапляє в оливу з картерними газами, а також може конденсуватися з повітря. Більшість її випаровується при прогріві двигуна до робочих температур. Накопичення води відбувається за знижених теплових режимів двигуна, частих коротких поїздках, характерних для міської експлуатації.

Механічні домішки в загальному випадку є складною сумішшю забруднювачів: продукти неповного згоряння палива, частки зносу двигуна, пил, що потрапляє з повітря. Великі нерозчинні частинки затримуються масляним фільтром. Частинки розміром менше 25 – 40 мкм накопичуються в оливі та утримуються диспергуючими присадками у зваженому стані [24].

Чим менше олива змінює свої властивості в процесі експлуатації, тим довше воно може працювати у двигуні. Заводи-виробники техніки висувають певні вимоги до використання тих чи інших моторних олив та їх граничного стану. Залежно від типу двигуна, режиму його роботи, якості застосовуваної оливи та інших факторів набір бракувальних показників може бути різним [13, 14].

Непридатним до подальшого застосування вважається моторна олива, що досягла бракувального значення хоча б одного з показників. Для збереження параметрів надійності техніки замість значень бракування можна застосовувати гранично-допустимі, що дозволяють зробити попереджувальну заміну олії. Напрацювання свіжої моторної оливи з моменту заливання до досягнення граничного стану називається її ресурсом. Для працюючого оливи застосовується поняття залишкового ресурсу – напрацювання від поточного до граничного стану. Ресурс оливи залежить від її якості, технічного стану двигуна та умов експлуатації.

1.2 Взаємодія системи «Двигун – Олива – Експлуатація»

В останні десятиліття основною тенденцією розвитку двигунобудування є зменшення викидів автомобільним транспортом. При цьому застосовуються два шляхи: американський, що передбачає зниження споживання автомобільного палива, та європейсько-японський, за яким відповідно до кіотського протоколу наказується зниження викидів парникового газу CO_2 , а всі забруднюючі речовини прирівнюються до CO_2 з певними коефіцієнтами.

Підвищення ККД двигуна внутрішнього згоряння потребує підвищення температури циклу [5]. При цьому підвищується температура всіх деталей, у т.ч., що стикаються з моторною оливою. Так, температура на поршні дизельного двигуна може досягати 450°C .

Підвищення температури у циліндрах двигуна призводить до підвищення викидів оксидів азоту NO_x [5]. Оксиди азоту, потрапляючи з картерними газами в картер і вступаючи в реакцію з водою, утворюють азотну кислоту, що окислює моторну оливу. Застосування систем безпосереднього впорскування також призводить до утворення NO_x та окислення оливи. Оптимізація процесів згоряння палива досягається шляхом електронного управління подачею палива та запаленням, а також застосуванням різних систем: зміни фаз газорозподілу, зміни геометрії впускного та випускного колектора, гідравлічної компенсації зазорів клапанів та ін. При цьому мінімізуються викиди забруднюючих речовин: монооксиду вуглецю (CO) ненасичених вуглеводнів (CH), оксидів азоту (NO_x), дрібнодисперсних частинок сажі (PM) [5].

Додатково зменшити викиди забруднюючих речовин покликані системи зниження токсичності газів, що відпрацювали:

- двокомпонентні нейтралізатори видаляють CO та CH ;
- трикомпонентні нейтралізатори (TWC), крім CO та CH , видаляють NO_x ;
- системи рециркуляції відпрацьованих газів (EGR) знижують вміст NO_x ;

- селективно-відновлювальні системи нейтралізації (SCR) шляхом упорскування сечовини відновлюють NOx до азоту, а кисень, з'єднуючись із воднем, утворює воду;

- сажеві фільтри (DPF) механічним чином утримують тверді частинки сажі.

Моторна олива, що потрапляє в камеру згоряння двигуна, може значно підвищувати концентрацію шкідливих викидів. Відповідно до складу оливи та її припустимої витрати на угар пред'являються дедалі жорсткіші вимоги, враховують екологічні норми.

Питомі витрати палива знижуються завдяки застосуванню систем безпосереднього упорскування палива, наддуву повітря, зменшенню розмірів двигуна та ін.

З метою збереження природних ресурсів, тенденцією останніх років став пошук альтернативних джерел енергії для автомобіля. Широко застосовуються двигуни внутрішнього згоряння, що працюють на компримованому та зрідженому нафтовому газі, біопаливі, водні, гібридні силові установки та електромобілі. Усе це відбувається на фоні збільшення міжсервісних інтервалів.

Залежно від періодичності зміни моторної оливи змінюються вимоги до її складу та експлуатаційних властивостей. Враховуючи велике напруження на відмову ресурсовизначальних деталей автомобілів, вищі вимоги були висунуті і до періодичності заміни мастильних матеріалів. Наприклад, для комерційного транспорту Європі міжзмінні інтервали моторної оливи досягають 150 тис. км.

З появою систем «старт-стоп» підвищилися вимоги до протизадирних та протизносних властивостей оливи, оскільки двигун менше працює у гідродинамічному режимі мащення. Відповідно до вимог Асоціації європейських автовиробників (ACEA) олива у стандартному тесті CEC L-099-08 протягом 300 годин повинна забезпечувати знос циліндропоршневої групи не більше 5 мкм. У конструкціях двигунів при цьому можуть застосовуватися специфічні матеріали, що зменшують тертя та зношування. Моторні оливи при цьому повинні мати високу адгезію до поверхонь, виготовлених з алюмосилікатів, бабітів та полімерів.

Високі швидкісні та навантажувальні характеристики сучасних двигунів висувають вимоги до високотемпературної динамічної в'язкості (HTHS – high temperature high shear) моторної оливи. Для роботи при високих навантаженнях зсуву HTHS-в'язкість зменшують з 2.9 мПа·с до 1.7 мПа·с. За потреби роботи при високих контактних навантаженнях товщину оливової плівки необхідно збільшити. Діапазони HTHS-в'язкості в цьому випадку варіюються в діапазоні від 3.5 мПа до 3.7 мПа. Деякі виробники для специфічних моторних олив пропонують продукти із значеннями високотемпературної в'язкості 6.3 мПа·с [24].

В'язкість повинна бути якомога стабільнішою при зміні температури оливи. Це особливо актуально для таких систем двигуна, як гідронатяжники, гідрокомпенсатори та ін. В'язкісно-температурна стабільність моторних олив характеризується індексом в'язкості. На цей час, відбувся перехід від мінеральних олив з індексами в'язкості 90 – 100 од. до синтетичних продуктів з індексами в'язкості 180 - 200 од. [24].

У процесі експлуатації в'язкість моторної олії змінюється. З метою збереження в'язкісних характеристик, застосовуються олії, стійкі до загущення сажею та термічного окиснення [27]. Висока термоокислювальна стабільність потрібна у всіх двигунах, оснащених турбонаддувом. Підшипники турбіни працюють при швидкості до 150 – 200 тис. об/хв та температурі до 200°C [5].

У сучасних двигунах допускається незначне випаровування олії. Відповідно до вимог ACEA, допустиме випаровування при температурі 250°C за одну годину не повинно перевищувати 13%. Оскільки продукти згоряння олії впливають на роботу систем зниження токсичності відпрацьованих газів і викиди автомобіля, екологічні вимоги наказують зменшення вмісту сірки, фосфору, і навіть сульфатної зольності масла (табл. 1.5). При цьому зменшується і лужне число моторної олії до 4-8 мг КОН/г. При таких низьких значеннях лужне число, що відповідає за експлуатаційні характеристики олії, має залишатися стабільним на всьому міжсервісному інтервалі.

У процесі експлуатації в'язкість моторної оливи змінюється. З метою збереження в'язкісних характеристик, застосовуються оливи, стійкі до загущення

сажею та термічного окиснення. Висока термоокислювальна стабільність потрібна у всіх двигунах, оснащених турбонаддувом. Підшипники турбіни працюють при швидкості до 150 – 200 тис. об/хв та температурі до 200°C [5].

У сучасних двигунах допускається незначне випаровування оливи. Відповідно до вимог ACEA, допустиме випаровування при температурі 250°C за одну годину не повинно перевищувати 13%. Оскільки продукти згоряння оливи впливають на роботу систем зниження токсичності відпрацьованих газів і викиди автомобіля, екологічні вимоги вимагають зменшення вмісту сірки, фосфору, і навіть сульфатної зольності оливи. При цьому зменшується і лужне число моторної оливи до 4-8 мгКОН/г. При таких низьких значеннях лужне число, що відповідає за експлуатаційні характеристики оливи, має залишатися стабільним на всьому міжсервісному інтервалі.

Зазначені властивості моторних олів досягаються шляхом застосування специфічних базових олів і спеціально підібраних присадок [26].

Виробник автомобільної техніки наказує застосування моторної оливи з певним рівнем властивостей залежно від умов експлуатації. Реальні умови роботи автомобілів можуть значно відрізнятись.

Середня швидкість руху вантажних автомобілів у змінюється залежно від рельєфу місцевості, дорожнього покриття, кількості поворотів, розміру населених пунктів тощо, та становить від 18,5 до 59,5 км/год. Середнє значення галузі становить 24,5 км/ч.

Важливими факторами, що впливають на періодичність обслуговування, є: річні пробіги, вид перевезення та коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу. Для магістральних вантажних перевезень компанія Scania наказує міжсервісні інтервали 120000 км, якщо повна маса автопоїзда не перевищує 36 т і 90000 км при перевищенні повної маси автопоїзда 36 т. Для самоскидів Scania міжсервісні інтервали – більш ніж у два рази.

Для комерційних перевезень значний вплив на показники технічної експлуатації має кваліфікація водія. Дослідження показують, що ресурс агрегатів автобусів, якими керували водії-початківці, склав 47–70% порівняно з

автобусами, якими керували водії з великим досвідом та стажем роботи. Це пов'язано з неправильним вибором передачі, оборотів двигуна, частотою гальмування тощо.

Двигун автомобіля працює не тільки під час руху та виконання корисної роботи, а й при зупинках із працюючим двигуном. Тривала робота на холостому ходу не оптимальна для силового агрегату, викликає його знос і старіння моторної оливи. Для автобусів з двигунами DAF, що експлуатуються в міських умовах, рекомендовано міжсервісні інтервали 60 тис. км, тоді як для магістральних перевезень пасажирів – 90 тис. км.

Більшість автовиробників вимагають зниження міжсервісних інтервалів за складних умов експлуатації. При перевищенні допустимих швидкостей або навантажень зношування збільшуються. Часті розгони і гальмування також негативно впливають на надійність, викликаючи збільшення інтенсивності зношування різних вузлів двигуна в 2-4 рази в порівнянні з режимами роботи.

При частих коротких поїздках, відсутності прогріву двигуна, тривалій роботі в зимовий час на холостому ході двигун працює в неоптимальних теплових режимах. Запуск при температурі -18°C зношує двигун еквівалентно пробігу 210 км. Зниження температури охолоджуючої рідини з 80°C до 50°C призводить до підвищення зношування стінок циліндрів у 2,5 рази. Робота двигуна при низьких значеннях робочих температур підвищує утворення шламових відкладень у 20-30 разів, оскільки олива значно розріджується важкими паливними фракціями і з неї не випаровується вода.

При перевищенні робочої температури двигуна на 30°C знос циліндропоршневої групи зростає вдвічі. Одночасно відбувається інтенсивне нагаро- та лакоутворення. Якщо олива у двигуні нагріється до температури 150°C , значно інтенсифікуються процеси окислення [27], а деякі присадки термічно руйнуються. При нагріванні оливи до 300°C руйнуються базові оливи [27].

Якість автомобільного палива значно впливає на знос двигуна та старіння оливи. Якщо перевищується вміст важких фракцій, ця частина палива не випаровується, а змиває оливову плівку зі стінок циліндрів, збільшуючи знос. При

підвищенні температури кінця кипіння бензину з 200°C до 220°C знос збільшується вдвічі, а при підвищенні до 240°C – в чотири рази. Крім того, підвищується нагароутворення, а паливо, що не згоріло, розріджує оливу. Часто такі палива не відповідають стандартам щодо вмісту фактичних та/або непромитих смол.

Міжсервісні інтервали знижуються до 5 разів при використанні альтернативних палив, зокрема біодизеля (метилового ефіру ріпакової олії). Слід зазначити, що при додаванні до стандартного дизельного палива менше 7% біодизеля автовиробники не висувають додаткових вимог до нормативів обслуговування [4]. При додаванні більше 10% біодизеля можуть розпочатися процеси розшарування, окислення, розкладання сумішевого палива та його компонентів. Біодизель має випаровування на 20-50 °C вище, ніж у дизельного палива і розріджує моторну оливу, що потребує більш частої її заміни. За рахунок вмісту кисню в біодизелі 10-12% мас. зменшується утворення канцерогенних сполук: NO_x, СН, сажі, але через низьку термоокислювальну стабільність у камері згоряння підвищується нагароутворення. Під впливом температури, вологи, кисню повітря відбувається прискорене старіння біодизеля. Продукти окиснення можуть передчасно забивати паливні фільтри. Деякі особливості біодизеля можуть викликати раптові відмови техніки:

- біодизель має кращу розчинну здатність, і паливний фільтр може забитися змитими відкладеннями;
- відкладення, змиті з паливної системи, можуть призвести до втрати рухливості розпилювача форсунок та неправильного дозування палива;
- при простій техніки понад чотири тижні біодизель починає окислюватися, що викликає підвищену корозію елементів паливної системи автомобіля.

1.3 Методи оцінки властивостей моторної оливи

Методи оцінки властивостей моторної оливи можна класифікувати (рис. 1.1) на:

- стандартизовані, котрим є затверджені окремими державами чи міжнародними організаціями методики: ДСТУ, ASTM, DIN, EN та інших;
- експрес-методи, що використовуються для мінімізації трудовитрат щодо показника якості.



Рисунок 1.11 – Класифікація методів визначення якості моторних олив

Експрес-методи можуть бути:

- Лабораторними, тобто. призначеними для використання у стаціонарних або мобільних лабораторіях;
- Бортовими, тобто вбудованими у бортову систему автомобіля.

Методи виміру поділяються на:

- Прямі, коли фізичний параметр вимірюється безпосередньо;
- Непрямі, коли параметр обчислюється після визначення інших пов'язаних з ним параметрів.

1.3.1 Стандартизовані методи оцінки властивостей моторної оливи

Стандартизовані методи для оцінки властивостей моторної оливи відтворюють умови максимально наближені до реальних умов роботи автомобіля.

В'язкість кінематична, визначена при температурі 100°C, імітує процес протікання оливи каналами системи мастила двигуна при робочій температурі. Відповідно до ДСТУ ГОСТ 33-2003 або ASTM D445 вимірюється час протікання певного об'єму рідини через капіляр заданого діаметра за певної температури.

В'язкість динамічна низькотемпературна характеризує процес запуску двигуна за негативної температури навколишнього середовища. Визначається за ДСТУ 8349:2015 та ASTM 5293. Комірка, що складається з ротора і статора, заповнюється моторною оливою. Після охолодження комірки до температури -5°C...-35°C на електродвигун подається певний струм. Охолоджена олива ускладнює обертання ротора, швидкість якого буде зменшуватися зі збільшенням в'язкості оливи. Значення в'язкості розраховується ЕОМ шляхом порівняння швидкості обертання ротора зі швидкістю обертання в оливах з відомими значеннями в'язкості [4].

В'язкість динамічна високотемпературна, в англійській літературі називається НТНS-в'язкість (high temperature high shear), що характеризує роботу оливи в підшипниках ковзання колінчастого валу двигуна. Відповідно до ASTM D4683, ASTM D4741, ASTM D5481, СЕС-L-36-90 визначається сила опору обертанню ротора, що забезпечує градієнт зсуву 10^6 c^{-1} , в моторній оливі, нагрітій до температури 150°C [4].

Метод оцінки лужного числа моторної оливи імітує процес окиснення комплексу присадки в процесі роботи двигуна. Інакше цей показник називається числом нейтралізації та визначається: ASTM D664, ДСТУ ISO 3771:2019, ISO 6619, DIN ISO 3771, ASTM D2896 – шляхом окиснення оливи кислотою та контролю потенціалу розчину. Водневий показник рН у неводних середовищах визначається погано, тому різні методики припускають використання різних розчинників та граничних значень, при яких присадки в оливі вважаються

окисленими. Для окислення використовуються одноосновні соляна чи хлорна кислоти. Соляна кислота не може окислити всі присади комплекси сучасних моторних оливо. Тому рядом стандартів, наприклад, ASTM D2896, наказується окислення хлорною кислотою та контроль потенціалу розчину. Лужне число розраховується за обсягом кислоти, витраченої на окиснення оливи [9].

Температура спалаху у відкритому тиглі характеризує наявність у оливі легкокиплячих фракцій. Визначення відбувається за ASTM D92 або ДСТУ ГОСТ 4333:2018 шляхом поступового нагрівання оливи та періодичного піднесення до неї відкритого полум'я. Коли пари оливи накопичуються у певній концентрації та відбувається спалах, фіксується температура моторної оливи.

Додатково моторна олива перевіряється стандартизованими аналітичними методами.

Визначення густини проводиться за ДСТУ ГОСТ 31072:2006 або ASTM D1298 шляхом занурення ареометра в циліндр з оливою до стану рівноваги і зчитування глибини занурення за шкалою, що тарується в одиницях густини.

Визначення механічних домішок здійснюється за ГОСТ 6370-79 методом фільтрування моторної оливи з розчинником. За масу механічних домішок приймається різниця між масою чистого фільтра та фільтра із забрудненнями. Для визначення питомого значення маса забруднень поділяється на масу відфільтрованої моторної оливи.

При необхідності кількісного визначення води у нафтопродуктах використовується ДСТУ ISO 3733:2017. Розведене розчинником моторну оливу нагрівають у колбі з холодильником. Вода з розчинником переганяється в градуйовану пастку і розшаровується.

Визначення сульфатної золи здійснюється за ДСТУ ISO 3987:2019. Для цього оливу спалюють, і кутистий залишок обробляють сірчаною кислотою. Продукти хімічної реакції прожарюють за температури 775°C. Після окислення вуглецю залишок знову обробляється кислотою та доводиться до постійної маси. Сульфатна зола визначається як відношення маси залишку до маси навішування оливи.

Аналітичними методами в моторній оливі визначаються елементи присадок та металеві частинки зносу. Рентгенівський флуоресцентний метод з дисперсією по довжинах хвиль передбачає опромінення зразка рентгенівськими променями та оцінку інтенсивності вторинного випромінювання на довжинах хвиль, характерних для обумовленого елемента [1, 7, 19, 29]. Вміст окремих елементів визначається відповідно до методик: ASTM D2622, ASTM D4294, ASTM D4927, ASTM D6481, ASTM D6443, ASTM D7751. Альтернативним аналітичним методом є ASTM D5185, мас-спектрометрія з індуктивно-пов'язаною плазмою, що полягає у визначенні детектором іонів з різним співвідношенням маси до заряду. Індуктивно-пов'язана плазма, в якій згоряє попередньо розпорошений аналізований зразок, є джерелом іонів. Для використання зазначених методів потрібне попереднє градуювання приладів за зразками з відомим вмістом елементів.

Груповий склад оливи визначається відповідно до ASTM E2412. Через кювету із зразком пропускається інфрачервоне випромінювання. Поглинання на певних довжинах хвиль відбуватиметься залежно від виду хімічної сполуки речовин, що входять до оливи. За інтенсивністю поглинання визначається молярна концентрація сполуки у зразку. Після побудови калібрувань за характерними піками поглинання можна визначити вміст присадок, води, гліколю, сажі, палива. Крім того, можливе визначення кисень-і азотовмісних сполук, що утворюються в процесі експлуатації двигуна.

1.3.2 Експрес-методи оцінки властивостей моторних олив

Для підвищення оперативності отримання результатів та зниження трудовитрат при аналізі моторних олив використовуються експрес-прилади. Існують як комплекти, так і окремі прилади контролю якості.

Метод визначення часу протікання рідини через отвір для калібрування для визначення в'язкості реалізований в експрес-приладі «Флостик». З його

допомогою порівнюється швидкість протікання свіжої та вживаної оливи та оцінюється зміна в'язкості в процесі експлуатації.

Метод падаючої кульки, розроблений Дж. Стокс, знайшов застосування в експрес-приладах для визначення динамічної в'язкості. Час падіння сталеві кульки в випробуваній олив порівнюється з часом падіння такої ж кульки в оливах з відомою в'язкістю [15].

Фізико-хімічні методи передбачають проведення хімічної реакції та оцінку зміни фізичного показника, наприклад, підвищення тиску або температури, що корелює з досліджуваним показником якості моторної оливи. Для визначення властивостей оливи до певного обсягу зразка додається спеціальний реактив. Результати реакції можуть бути зафіксовані аналоговими чи електронними приладами. Такими методами можна визначити вміст води, лужне та кислотне числа.

Метод краплинної проби передбачає нанесення краплі оливи на фільтрувальний папір. Оцінка плями, що складається з декількох концентричних кіл, проводиться після висихання в світлі, що проходить і відбитому. За кольором визначається ступінь забруднення та окислення оливи, за характером меж кіл оцінюється вміст палива і води, по відношенню квадратів діаметрів кіл розраховуються мийно-диспергуючі властивості. Для виключення людського фактора розроблено прилад «VRH 5G», що сканує масляну пляму і порівнює її з контрольними зразками, закладеними в пам'ять приладу [31].

1.3.3 Бортові системи оцінки властивостей моторної оливи

Датчики контролю оливи, що вбудовуються в бортову мережу автомобіля, дають інформацію про всю систему «Двигун-Олива-Експлуатація». Їхнє первинне призначення – попередити потенційно небезпечні умови експлуатації. При виході контрольованих параметрів за межі допустимих значень на панелі приладів вмикається індикатор, що вказує на необхідність втручання в роботу систем автомобіля [14].

У системі змащення автомобільного двигуна застосовуються датчики, що фіксують:

- тиск оливи;
- температуру оливи;
- рівень оливи;
- рівень та температуру оливи (комбінований);
- рівень та якість оливи (комбінований);
- вміст деяких речовин в оливі.

Датчик тиску - найпоширеніший і найінформативніший прилад. Він визначає фізичний параметр безпосередньо та інформує водія про аварійну зміну тиску оливи в системі, причиною якого може бути:

- надмірне збільшення або зниження температури оливи;
- зміна в'язкості оливи;
- низький рівень оливи у піддоні картера двигуна;
- несправність системи мащення;
- несправність циліндропоршневої групи двигуна та ін.

При такому різноманітті несправностей водій автомобіля не спроможний самостійно визначити її причину. Крім того, для оцінки деяких несправностей потрібне додаткове діагностичне обладнання.

Для підвищення інформативності в систему мащення двигуна стали вбудовувати датчики температури та рівня оливи. Датчик температури оливи, як правило, є терморпарою або опором, що спрямовує відповідний сигнал до електронного блоку управління. Такий датчик доповнює датчик температури рідини, що охолоджує. Датчик рівня оливи покликаний звільнити водія від періодичної перевірки рівня оливи у двигуні. У найпростішому випадку він є поплавцем з магнітом, який замикає геркон і дає сигнал про достатній рівень оливи. При цьому виключаються людський фактор та можливість потрапляння в оливу сторонніх речовин.

У сукупності ці датчики можуть виключити більшість помилкових спрацьовувань датчика тиску оливи і сигналізувати водію лише про причини

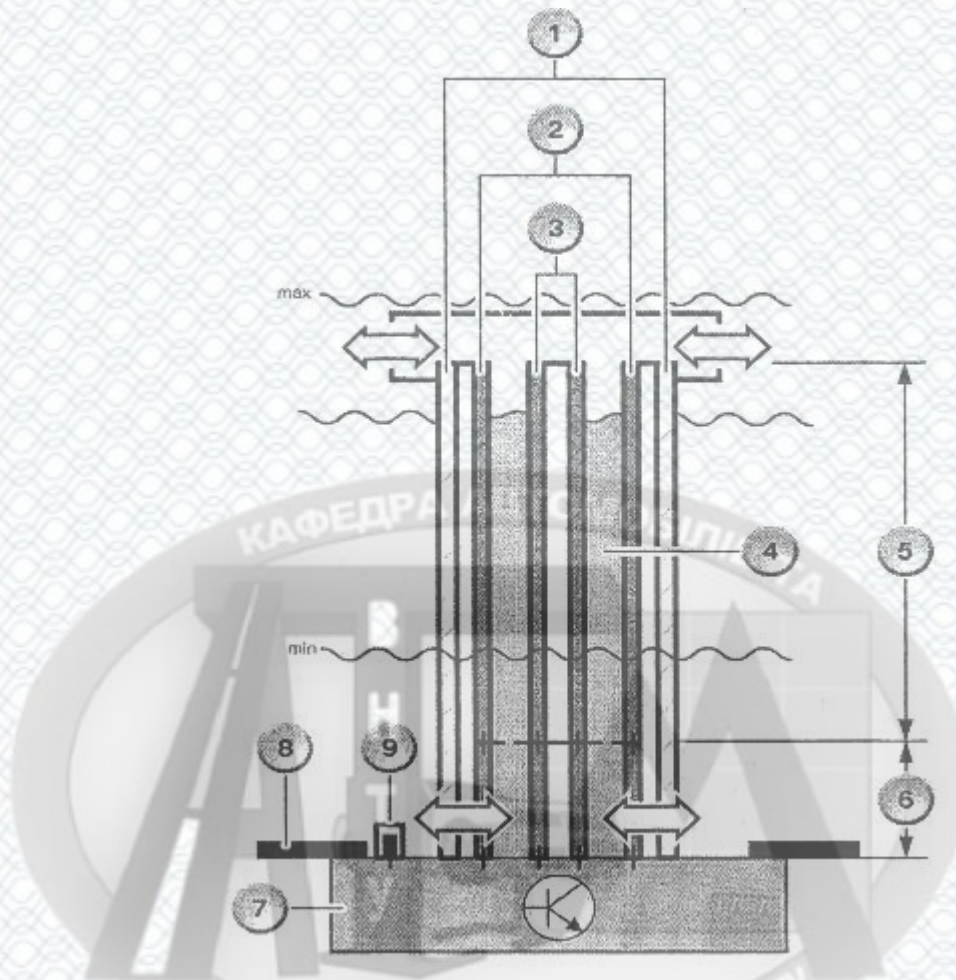
падіння тиску, які вимагають втручання фахівців сервісного центру. Обробка великої кількості аналогових сигналів є складним завданням. Однак об'єднання датчика рівня та температури оливи в єдиний блок та опитування його електронним блоком управління викликає низку нових помилок. До помилок, викликаних конструктивними особливостями датчика, додалися помилки під час оцифрування сигналу, передачі даних, моделювання процесів.

Для аналізу якості оливи на окремих моделях автомобілів застосовувався температурний критерій. Принцип роботи датчика – вимірювання часу нагріву та охолодження оливи, що проходить через датчик, встановлений у нижній точці картера двигуна. Однак навіть значне потрапляння в оливу води, палива, продуктів згоряння та зношування слабо впливають на показання цього датчика.

Оцінити потрапляння в оливу сторонніх продуктів покликаний діелектричний датчик. Він позиціонується як «датчик рівня та якості оливи» і є круглим конденсатором (рис. 1.2). При зміні властивостей моторної оливи змінюється ємність конденсатора. Наприклад, діелектрична проникність оливи перебуває у діапазоні 2.40...2.50 Ф/м, а палив – 1.92...1.95 Ф/м. Встановлюючи такий датчик в коливальний контур, можна виміряти ємність конденсатора і перерахувати вміст палива в оливі.

Поширена помилка діелектричного датчика – неправильне інтерпретування даних. Так, на діелектричну проникність моторної оливи впливають усі домішки, що потрапляють у процесі експлуатації. Але кожна з них впливає на аналізований показник. Найбільш сильно змінюють діелектричну проникність вода та метали. Навіть незначний вміст води викликає сильну зміну діелектричної проникності. При цьому датчик стає нечутливим до інших домішок у оливі.

Датчики вмісту металів працюють за принципом магнітної проникності та можуть бути вбудовані в систему мащення. Такі датчики нечутливі до вмісту палива та води.



1 – корпус датчика; 2,3 - обкладки конденсатора; 4 – моторна олива; 5 – зона визначення рівня оливи; 6 – зона визначення якості оливи; 7 – електронний блок датчика; 8 – картер двигуна; 9 – датчик температури

Рисунок 1.2 – Датчик рівня та якості оливи

Компанія BOSCH, розробляючи універсальний датчик, нанесла оксид алюмінію на керамічну підкладку із зовнішнього боку. Вийшов досить дешевий датчик вологості оливи. Створюючи мембрану з оксиду алюмінію, можна отримати датчик вологості та тиску.

Найважливіший експлуатаційний показник оливи – в'язкість – не впливає на діелектричну та магнітну проникність.

При проектуванні датчиків зустрічаються конструктивні недоліки, наприклад закупорка вхідного або вихідного отвору датчика. При цьому порушується сполучення його внутрішнього об'єму та об'єму картера двигуна. В результаті датчик оцінюватиме ту саму олію, що знаходиться в його

внутрішньому обсязі і його показання не будуть змінюватися в процесі роботи двигуна.

Дослідження визначення діагностичних показників моторної оливи безпосередньо на автомобілі активно ведуться виробниками автомобілів. Найбільшого розвитку отримали електрофізичні показники для розробки датчиків і програмне забезпечення контролю якості моторних олив [14, 15].

1.4 Аналіз можливості застосування методів оцінки властивостей моторної оливи в процесі експлуатації

Наявність взаємозв'язку між умовами роботи двигуна, показниками якості моторної оливи та швидкістю їх зміни в процесі роботи дозволяє шляхом регулярного та методично правильного спостереження за змінами складу та властивостей працюючої в двигуні оливи зробити ряд важливих висновків: про стійкість оливи до старіння, можливості подальшої роботи або необхідності заміни, відповідно до цього сорту оливи умовам його застосування, технічному стану двигуна, характері його несправностей тощо. [24].

Використання результатів аналізу моторних олив дає великий економічний ефект. У сучасних умовах, коли екологія та економія енергії стали найважливішими завданнями, необхідно повною мірою використовувати аналіз олив, що працювали, як засіб визначення межі їх працездатності, створення моторних олив з кращими експлуатаційними властивостями, діагностики та оптимізації конструкцій ДВЗ, удосконалення системи їх технічного обслуговування [24, 30].

Дані, одержувані при аналізах моторних олив, що працювали в ДВЗ, містять велику інформацію про стан системи «Двигун-Олива-Експлуатація». Елементи цієї системи взаємно впливають один на одного. Різка та раптова зміна властивостей моторної оливи зазвичай пов'язана з несправністю ДВЗ. Однак і

поступова зміна властивостей моторної оливи може бути пов'язана з порушеннями роботи двигуна або умовами його експлуатації [24].

Останнім часом з'явилося багато експрес-аналізаторів – приладів, здатних швидко оцінити той чи інший параметр моторної оливи. Як правило, автомобільні прилади використовують датчики, які перетворюють будь-які показники в аналогові електричні сигнали. Такі прилади можуть вимірювати лише макропараметри речовини: температуру, кількість, густину тощо.

Аналіз нормативно-технічної документації з фізико-хімічного аналізу моторних олив показує, що для проведення більшості вимірювань потрібно проводити термостатування зразків. В експрес-приладах термостатування не проводиться, але для отримання більш достовірних результатів вводять температурну поправку. Температура в електровимірювальних приладах зазвичай визначається термопарою.

Визначення кількості та густини можна об'єднати за принципом виміру. В обох випадках можна використовувати денсиметр. Для оцінки густини необхідно фіксувати глибину занурення самого приладу щодо рівня рідини. При визначенні кількості оцінюється зміна положення поплавця щодо ємності. Потім дані передаються ЕОМ.

Можливо створити механічний прилад визначення в'язкості. Найбільш прийнятно використовувати метод Стокса. Видозміна методу падаючого тіла може дати необхідні результати.

Розвиток приладобудування та електроніки дозволив створити прилади, здатні визначити склад речовини. Принцип дії приладів ґрунтується на визначенні електрофізичних величин: магнітної, діелектричної проникності, опору тощо. За певних умов склад речовини сильно впливає на ці параметри [12, 19].

Значний внесок у розвиток методів оцінки якості моторних олив зробив проф. Наглюк І.С. На думку автора, найбільш достовірно ресурс та періодичність заміни оливи оцінюється за наявності продуктів зносу та присадок у ньому. Автором розроблено моделі надходження продуктів зносу в моторній та трансмісійній оливах в залежності від швидкості та навантаження на транспортні

машини, а також запропоновано моделі корекції в залежності від витраченого палива та якості застосовуваних експлуатаційних матеріалів. Як комплексний критерій оцінки моторних і трансмісійних оливок запропонована діелектрична проникність, що має кореляцію 0,35...0,94 з показниками якості: вміст води, коксування, кислотне число, концентрація продуктів зносу [19].

У МАДІ під керівництвом професора Васильєвої Л.С. був розроблений експрес-прилад, що оцінює стан моторної оливи по діелектричній проникності та запропоновано комплексний показник старіння моторної оливи, що враховує потрапляння в оливу палива, води, антифризу, сажі, продуктів зносу. Недоліки приладу пов'язані з різним впливом цих речовин на діелектричну проникність. Комерційні зразки приладів "Lubricheck" та "Oilcheck" доступні водіям. При розміщенні сенсора такого приладу в системі мащення автомобіля можна отримати додаткову інформацію про оливу.

1.5 Загальна характеристика ТОВ «Вінницьке АТП - 10556»

Товариство з обмеженою відповідальністю «Вінницьке АТП-10556» надає послуги з перевезення вантажів автомобільним транспортом понад 50 років. Має достатню виробничо технічну базу, яка забезпечує якісний ремонт автотранспорту в повному обсязі. Для якісного та своєчасного надання послуг, АТП має заправку, власну мийку та стоянку.

Товариство з обмеженою відповідальністю "Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556" (далі Товариство) засновано відповідно до рішення регіонального відділення Фонду державного майна України у Вінницькій області від 26 липня 1995 року №6 ДП шляхом перетворення державного Вінницького автотранспортного підприємства 10556 у відкрите акціонерне товариство згідно Указу Президента України від 26 листопада 1994 року № 699/94 "Про заходи щодо забезпечення прав громадян на використання приватизаційних майнових сертифікатів”.

Назва Товариства: Вінницьке автотранспортне підприємство 10556 (скорочено – «Вінницьке АТП-10556»).

ТОВ "Вінницьке АТП-10556" дочірніх підприємств та філій не має.

Місцезнаходження ТОВ: 21034, м. Вінниця, вул. Сергєєва-Ценського 14.

З півночі та сходу підприємство межує з територією Вінницького Олієжиркомбінату, з півдня – зі спеціалізованою монтажньо-налагоджувальною дільницею №55 та жилим масивом, з заходу – річка Вінничка.

Предметом діяльності Товариства, є:

- виконання замовлень фізичних та юридичних осіб в перевезенні вантажів автотранспортом у внутрішньому та міжнародному сполученнях;
- надання юридичним та фізичним особам послуг по технічному обслуговуванню, поточному та капітальному ремонту вантажних та легкових автомобілів, причепів автобусів вітчизняного та іноземного виробництва їх агрегатів.
- торгівля автотранспортом (вантажними та легковими автомобілями, автобусами, електрокарами, автокранами, причепами), вузлами, агрегатами, і запасними частинами до нього.

Основними клієнтами ТОВ "Вінницьке АТП-10556" є: ПАТ «Вінницький Олієжиркомбінат», ПАТ «Чернівецький ОЖК», Корделівське ХПП, Каролінське ХПП, ТОВ «Вінницязерносервіс», Голованівське ХПП, ТОВ «Христинівка-Агро», ПСП ВКП «Поділля-Агро», Elibra Group, Медвинське ХПП.

Керівник ТОВ "Вінницьке АТП-10556" організовує роботу та ефективну взаємодію усіх структурних підрозділів підприємства, спрямовує їх діяльність на виконання договірних зобов'язань щодо надання транспортних послуг, удосконалення процесу перевезень, зростання обсягів транспортної роботи та прибутку підприємства. Забезпечує підвищення ефективності роботи підрозділів з метою задоволення потреб споживачів у якісних і безпечних транспортних послугах.

1.6 Аналіз складу, структури і стану рухомого складу

Для виконання перевезень ТОВ «Вінницьке АТП – 10556» використовує автопоїзди самовскиди у складі сідлових тягачів з напівпричепами та невелику кількість самоскидів із причепами.

Структура парку автомобілів на початок 2020 р. наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Основний рухомий склад АТП-10556

| № | Марка, модель | VIN номер | Рік випуску |
|----|---------------------------|-----------------------|-------------|
| 1 | SCANIA R114 | VIN XLER4X20004512220 | 2004 |
| 2 | VOLVO FM 12 | VIN YV2J4CMC82A551164 | 2002 |
| 3 | SCANIA R480 | VIN XLER4X20005204255 | 2008 |
| 4 | SCANIA R420LA | VIN YS2R4X20002007347 | 2005 |
| 5 | SCANIA R1114LA | VIN VLUR4X20009076462 | 2002 |
| 6 | RENAULT MAGNUM 440 | VIN VF617GSA000000852 | 2005 |
| 7 | SCANIA R 114LA4X2NA380 | VIN VLUR4X20009075176 | 2002 |
| 8 | RENAULT PREMIUM 420 | VIN VF622GVA000141871 | 2005 |
| 9 | SCANIA R380 | VIN XLER4X20005199277 | 2008 |
| 10 | SCANIA P380 | VIN XLER4X20005187553 | 2007 |
| 11 | RENAULT MAGNUM | VIN VF611GTA000119466 | 2002 |
| 12 | SCANIA P124 | VIN XLET4X2000446107 | 2001 |
| 13 | VOLVO FH 13.400 | VIN YV2ASG0A48B499150 | 2008 |
| 14 | SCANIA R420 LA | VIN XLER6X20005166441 | 2007 |
| 15 | VOLVO FM340 | VIN YV2JL60A87B477321 | 2007 |
| 16 | SCANIA R 420 | VIN VLUR4X2000911216 | 2006 |
| 17 | VOLVO FM 9.340 | VIN YV2JL60A46B439602 | 2006 |
| 18 | SCANIA R420 LA | VIN XLER6X20005166441 | 2007 |
| 19 | SCANIA R380 LA | VIN XLER4X20005204945 | 2008 |
| 20 | SCANIA R420 LA4X2MNA | VIN XLER4X20005160983 | 2006 |
| 21 | VOLVO FM 9.340 | VIN YV2JL60A68A665309 | 2008 |
| 22 | VOLVO FH 13.480 | VIN YV2ASW0A28B499478 | 2008 |
| 23 | SCANIA R380 | VIN XLER4X20005199277 | 2008 |
| 24 | SCANIA P380 | VIN XLEP4X2000524147 | 2010 |
| 25 | VOLVO FM 370 EEV | VIN YV2J1E1A4AB559049 | 2010 |
| 26 | VOLVO FM 9.340 | VIN YV2JL60A68A665309 | 2008 |
| 27 | SCANIA 124L | VIN XLET4X20004469490 | 2002 |
| 28 | VOLVO FH 400 | VIN YV2ASG0A47B455034 | 2007 |
| 29 | VOLVO FH 400 | VIN YV2ASG0A37B447393 | 2006 |

Продовження таблиці 1.1

| № | Марка, модель | VIN номер | Рік випуску |
|----|----------------------|------------------------|-------------|
| 30 | RENAULT MAGNUM 40 | VIN VF617GSA000000852 | 2005 |
| 31 | SCANIA R400 | VIN XLER4X20005228064 | 2009 |
| 32 | SCANIA R420 LA4X2MNA | VIN XLER4X20005159858 | 2006 |
| 33 | SCANIA R114LA | VIN XLER4X20004490318 | 2005 |
| 34 | VOLVO FM 12 | VIN YV2J4CMC82A551164 | 2002 |
| 35 | SCANIA R1114LA | VIN XLER4X20004490318 | 2005 |
| 36 | SCANIA R380 LA | VIN XLER4X20005187543 | 2007 |
| 37 | SCANIA 124L | VIN XLET4X20004469490 | 2002 |
| 38 | VOLVO FM 4X2 | VIN YV2JG00A5AB560794 | 2010 |
| 39 | SCANIA R114 GA4X2NA | VIN XLER4X20004488964 | 2004 |
| 40 | RENAULT MAGNUM 440 | VIN VF6111GTA000130061 | 2004 |
| 41 | SCANIA R 420 | VIN VLUR4X20009112159 | 2006 |

Крім в наявності напівпричіпи і причіпи в кількості 41 одиниця.

Як бачимо, всі автомобілі закорданного виробництва. Рухомий склад АТП досить різноманітний і нараховує більше трьох найменувань типів, марок і моделей транспортних засобів, проте весь рухомий склад є технологічно сумісним. Рік випуску автомобілів і техніки варіює від 2002 до 2010 року.

Вік рухомого складу 10 років і більше, але техніка підтримується в належному технічному стані і кожен рік РС проходить планову перевірку технічного стану без особливих проблем.

Підприємство знаходиться на стадії помірнього зростання: оновлює техніку, хоч і вживаними автомобілями, напівпричепи, розширює сферу діяльності, впроваджує нові методи удосконалення організації робочого процесу і т. ін.

1.7 Аналіз структури і стану виробничо-технічної бази

1.7.1 Огляд існуючої структури виробничо-технічної бази

Територія яку займає ТОВ становить 2,28 га. Площа зайнята забудовами становить 5460,6м², площа відкритих стоянок – 5770 м².

Територія має огороження, виконане із залізобетонних плит і цегляної кладки. Рельєф місцевості – рівнинний.

Основне покриття земельної ділянки – асфальтобетон. Зона зберігання автомобілів – відкрита стоянка, автомобілі розташовуються під кутом 90° до осі проїзду, зі 100% незалежним виїздом. Рух автомобілів на території АТП організовано кільцевим одностороннім способом.

На території АТП знаходиться: виробничо-складський корпус, ковальсько – ресорна дільниця, зона ЩО, зона зберігання.

Адміністративно-побутовий корпус – двоповерхова будівля. Поряд з нею розташоване КПП і виїзні ворота, а також приміщення чергового механіка, який контролює технічний стан транспортних засобів.

Виробничий корпус має розміри 126.5x60.5 м. Виробничі зони розташовані довільно-зональним способом.

У виробничому корпусі розташовані:

- зона ТО автомобілів, яка містить три універсальні тупикові пости розміщені під кутом 90° до вісі проїзду і обладнані оглядовими канавами та підйомником;

- зона ПР автомобілів, яка містить три універсальні тупикові пости розміщені під кутом 45° до вісі проїзду і обладнані оглядовими канавами;

- зона ТО і ПР автопоїздів, яка має дві проїзні оглядові канави з необхідним обладнанням;

- агрегатна, теплова, слюсарно-механічна, шиномонтажна та вулканізаційна дільниці, карбюраторна, електротехнічна і акумуляторна дільниці, дільниця регулювання дизельної апаратури, малярна і мідницька дільниці,

- склади інструменту, запасних частин та агрегатів, матеріалів, шин, масел, склад проміжний, санвузли, дільниця миття деталей, комора.

Стіни корпусу побудовані з цегли і частково із склоблоків. Товщина стін 52 см. Крок колон 24×12 , 18×12 та 12×12 м. При будівництві застосовані залізобетонні колони прямокутного перетину розмірами 500×500 мм. Під колонами знаходиться монолітний бетонний фундамент.

В АТП використано паралельно-зональне розташування так як його перевагою є: полегшується і здешевлюється будівництво, поліпшується організація руху автомобілів між зонами: створюється можливість поетапного будівництва АТП із поступовим введенням у дію зон. Збільшується загальна площа забудови; частково ускладнюється технологічний процес. Відстань між робочими постами або автомобілями, встановленими на них, і від елементів будівлі вибрано згідно ОНТП в залежності від категорії автомобілів.

Зони ТО, поточного ремонту і зберігання автомобільної техніки мають безпосередній вихід назовні.

Безпосередній вихід назовні мають також деякі виробничі і складські приміщення: склад легкозаймистих матеріалів, малярне відділення, насосна для перекачування масел ; зварювальне, ковальсько-ресорне.

За санітарно-гігієнічними вимогами деякі цехи ізольовані один від одного. Наприклад, через підвищену вологість повітря щоденне обслуговування виділяють у самостійне приміщення. Малярний цех (дільницю) в кутовому відділенні, але з окремим виїздом.

1.7.2 Аналіз стану виробничо-технічної бази

Метод експрес-діагностування ВТБ ПАТ базується на визначенні техніко-економічних показників, які оцінюють стан ВТБ.

Умови ТОВ "Вінницьке АТП-10556" відрізняються від еталонних, тому для знаходження нормативних значень показників використовуємо методику і коефіцієнти приведення за [9].

Результати виконаних розрахунків для порівняння нормативних значень ТЕПів із фактичними (усередненими по підприємству) для ТОВ "Вінницьке АТП-10556" зводяться в таблицю 1.2

Таблиця 1.2 – Порівняльна таблиця значень ТЕПів

| Найменування ТЕП | Еталонний показник P_i^e | Нормативний показник P_i^H | Фактичний показник P_i^f | Результат порівняння, % |
|---|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1. Чисельність виробничих робітників | 0,32 | 0,96 | 0,75 | -22 |
| 2. Кількість робочих постів | 0,10 | 0,47 | 1,10 | 133 |
| 3. Площа виробничо-складських приміщень, м ² | 19,0 | 54,88 | 131,16 | 139 |
| 4. Площа допоміжних приміщень, м ² | 8,70 | 23,94 | 40,22 | 68 |
| 5. Площа стоянки, м ² | 37,2 | 68,45 | 150,59 | 120 |
| 6. Площа території, м ² | 120 | 389,68 | 997,58 | 156 |

Аналіз техніко-експлуатаційних показників показує:

- кількість працюючих ремонтних і допоміжних робітників менше нормативних значень;
- ВТБ надмірно забезпечена площами виробничо-складських і допоміжних приміщень, а також стоянки і території.

Проаналізуємо ВТБ за такими напрямками: характеристика виробничих приміщень, стан технологічного устаткування, характеристика рівня технології ТО і ПР, рівень організації та управління виробництвом.

Обладнання яке використовується на кожному робочому місті, а саме в зонах, дільницях, постах різноманітне. Обладнання підбиралось згідно вимог до технологічного процесу ТО і ПР, купувалось при наявності вільних коштів на підприємстві. Обладнання в зонах і дільницях розташовується відповідно до рекомендацій нормативно - технологічної документації.

Зони і дільниці укомплектовані устаткуванням на 60– 80 % від потреби. Частина устаткування є фізично спрацьованим і морально застарілим, воно підлягає оновленню, рівень механізації низький.

1.8 Висновки

1. У процесі експлуатації автомобіля якість моторної оливи постійно змінюється. Для підвищення надійності двигуна та зниження витрат на експлуатаційні матеріали слід регулярно контролювати стан моторної оливи та визначати напрацювання, при якому показники якості моторної оливи вийдуть за граничні значення. Таким чином, необхідна оцінка залишкового ресурсу моторної оливи та проведення технічного обслуговування при досягненні цього напрацювання.

2. Для оцінки стану моторної оливи існує велика кількість методів. Проте найбільшої цікавості викликають методи, які дозволяють контролювати стан моторної оливи в процесі експлуатації. Аналіз робіт в даному напрямку показав, що найбільш перспективним є метод оцінки стану моторних олив на основі показника діелектричної проникності.

3. Виконавши дослідження структури та стану рухомого складу і ВТБ ТОВ «Вінницьке АТП - 10556», встановлено, що вік рухомого складу складає 10 і більше років. Такий рухомий склад має гірші експлуатаційні показники в порівнянні з сучасними зразками і потребує оновлення. Існуюча ВТБ має мінімально необхідне забезпечення для виконання операцій по ТО і ремонту автомобілів, проте фактичні площі перевищують потреби, що в перспективі дозволить збільшити обсяги виконання робіт ТО і ПР, в тому числі як автосервісну послугу.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ СТАНУ МОТОРНОЇ ОЛИВИ

2.1 Вибір показника комплексної оцінки стану моторної оливи

Показники якості моторного масла, розглянуті в розділі 1, дозволяють оцінити його стан, стан двигуна та умови експлуатації автомобіля. Важливість та трудомісткість визначення цих показників неоднакова. При аналізі стану двигуна наголос робиться на аналітичні методи оцінки елементного та групового складу моторної оливи. При аналізі умов експлуатації звертають увагу на динаміку зміни показників якості оливи. Для оцінки стану самої олії, як правило, обмежуються основними фізико-хімічними показниками.

Для зниження трудомісткості досліджень якості моторних оливок може оцінюватись за допомогою експрес-методів. Зазначені методи реалізуються в стаціонарних чи мобільних лабораторіях та передбачають періодичний відбір проб мастильних матеріалів. Ці методи можуть застосовуватись для комерційних автомобілів за наявності розвиненої виробничо-технічної бази [15].

Для магістральних перевезень оцінка якості моторної оливи повинна проводитись безпосередньо на автомобілі, а датчик якості працювати за електрофізичним принципом. При реалізації таких методів безпосередньо на автомобілі можна визначати основні показники якості оливи та реалізовувати стратегію її заміни за фактичним станом.

Застосування великої кількості електрофізичних датчиків та низька надійність окремих компонентів робить їх застосування на автомобілі недоцільним. Необхідно вибрати один або кілька показників моторної оливи, що об'єктивно оцінюють його якість та вимірюваних мінімальною кількістю електрофізичних методів.

Вибір показника, що визначає якість моторної оливи, передбачає проведення кореляційного аналізу факторів – показників, що характеризують стан

мастильного матеріалу. Як зазначалося у розділі 1, кожен із великого переліку показників важливий у системі «Двигун-Олива-Експлуатація».

Аналіз наукових робіт [12-15, 29], де розглядалося питання визначення стану моторної оливи, показує наявність зв'язків між в'язкістю та іншими показниками якості оливи. Дані дослідження підтверджують, що в'язкість є комплексним та найважливішим показником якості моторної оливи. Більшість електрофізичних методів є чутливими або макроскопічних параметрів середовища, або до речовин, що змінюють її електричні характеристики. Також в цих дослідженнях отримані кореляційні моделі залежності в'язкості від інших показників якості моторної оливи.

Таким чином для оцінки працездатності оливи безпосередньо на автомобілі приймаємо показник кінематичної в'язкості. Для непрямого визначення в'язкості на автомобілі вважаємо за доцільне застосування методу вимірювання проникності звукових хвиль при пропусканні ультразвуку через моторну оливу.

2.2 Математична модель оцінки стану моторної оливи

Моторна олива не має характерної температури кристалізації. Його в'язкість збільшується із зменшенням температури. Найбільш точно залежність в'язкості від температури можна описати двоєкспоненційним рівнянням:

$$\eta(T) = A_1 T \left(1 + A_2 e^{\frac{B}{RT}} \right) \left(1 + C e^{\frac{D}{RT}} \right), \quad (2.1)$$

де A_1 , A_2 , B , C , D - сталі, що враховують термодинамічні параметри зв'язків у різних матеріалах [7].

Проведемо множення та наведемо рівняння (2.1) до многочлена:

$$\eta(T) = A_1 T + A_1 A_2 e^{\frac{B}{RT}} + A_1 C T e^{\frac{D}{RT}} + A_1 A_2 C T e^{\frac{B+D}{RT}}. \quad (2.2)$$

У різних умовах тими чи іншими складовими багаточлена нехтують або фіксують для конкретних матеріалів. Тоді рівняння (2.2) зводиться до рівняння Арреніуса:

$$\eta(T) = A e^{\frac{Q}{RT}} \quad (2.3)$$

де T [К] – абсолютна температура;

R – універсальна газова стала (8,31 Дж/мольК);

A – стала, що характеризує речовину;

Q [кДж/моль] – енергія активації в'язкості.

Збільшуючи температуру від абсолютного нуля, під час переходу температури склування відбувається процес термічної активації. Досягнення температури склування при охолодженні фізично означає, що матеріал стає крихким. Однак навіть при наближенні до цієї температури олива буде непридатною для мащення деталей автомобіля.

Для розрахунків в'язкісно-температурної залежності автомобільних моторних олів використовують емпіричний вираз Вальтера:

$$\lg \lg(\nu + 0.8) = A - B \lg T, \quad (2.4)$$

де A та B – коефіцієнти, що залежать від властивостей оливи.

Цей вираз дозволяє побудувати лінійну залежність в'язкості від температури в координатах десяткового логарифму. Аналітичний вираз кінематичної в'язкості від температури у цьому випадку буде:

$$\nu = -0.8 + 10^{\frac{10^{A/B}}{T}}. \quad (2.5)$$

Враховуючи властивості логарифму $a^x = e^{x \ln a}$, де $\ln a = \text{const}$, формулу (2.5) можна привести до експоненційного вигляду:

$$v = -0.8 + 10^{\frac{C}{T}}. \quad (2.6)$$

де C - стала для певної оливи.

Слід зазначити, що в рівняннях (2.4), (2.5) та (2.6) виражається кінематична в'язкість, яка перераховується в динамічну шляхом множення на густину $\eta = v \cdot \rho$, де густина практично лінійно залежить від температури. Таким чином, рівняння (2.6) не суперечить рівнянню (2.2).

Проаналізуємо рівняння (2.6) стандартними методами алгебри.

Оцінюючи область визначення функції, відзначимо такі обмеження:

- знаменник виразу C/T не повинен прямувати до нуля;
- T не може бути меншим за нуль, оскільки це фізичне обмеження абсолютної температури, при якій зупиняється будь-який молекулярний рух.

Отже область визначення: $D(v) = (0; \infty)$. Оскільки $\lim_{T \rightarrow 0+0} -0.8 + e^{\frac{C}{T}}$, у точці $T = 0$ буде вертикальна асимптота.

Точки перетину з координатними осями:

- вісь абсцис: $v = 0, -0.8 e^{C/T} = 0 \rightarrow$ не має рішень;
- вісь ординат: $T = 0 \notin D(v)$.

Отже, функція немає точок перетину з координатними осями.

Рівняння (2.6) відноситься до функцій загального виду, оскільки $v(-T) = -0.8 + 10^{-\frac{C}{T}} \neq v(T)$.

Екстремуми функції відсутні, оскільки немає точок, де

$v' = \left(-0.8 + 10^{\frac{C}{T}} \right)' = -\frac{C}{T^2} e^{\frac{C}{T}}$. Також не існує точок перегину, де

$$v'' = \left(-0.8 + 10^{\frac{C}{T}} \right)'' = \left(-\frac{C}{T^2} e^{\frac{C}{T}} \right)' = \frac{C^2}{T^4} e^{\frac{C}{T}} + \frac{2C}{T^3} e^{\frac{C}{T}} = 0.$$

При будь-якому значенні $T \in D(v)$ перша похідна функції буде від'ємною, а друга – додатною, відповідно ми маємо справу з монотонно спадаючою увігнутою функціональною залежністю.

Горизонтальна асимптота цієї залежності перебуватиме $\lim_{T \rightarrow \infty} -0.8 + e^{\frac{c}{T}} = 0.2$, тобто, відповідно до цієї функції до цього значення прагне в'язкість.

Таким чином, для рівняння (2.6) можна зробити такі висновки:

- $v \rightarrow \infty$ при $T \rightarrow 0$;
- $v = 0.2$ при $T \rightarrow \infty$.

Фізичний зміст цих висновків стосовно рівняння (2.6) полягає в тому, що при температурі, що прагне абсолютного нуля, де відсутній молекулярний рух, в'язкість буде прагнути до нескінченності, а при необмеженому зростанні температури олива розріджується до в'язкості, що дорівнює $0.2 \text{ мм}^2/\text{с}$. При температурі 150°C кінематична в'язкість товарних олив рідко буває менше $1.7 \text{ мм}^2/\text{с}$. У робочому діапазоні температур моторної оливи виміряні значення не завжди відповідають теоретично розрахованим. Отже, цю формулу слід скоригувати з урахуванням фізичного значення коефіцієнтів. Введемо такі коефіцієнти:

- a – мінімальна в'язкість, якої прагне значення функції при нескінченному зростанні температури. Цю величину додаватимемо до експоненційної залежності;

- b і c - коефіцієнти, що враховують індекс в'язкості оливи. Величину c збережемо в чисельнику показника ступеня експоненти, а b масштабуватиме в'язкісно-температурну залежність;

- d – температура склування. Олива продовжуватиме стікати при температурі нижче температури застигання, визначеної стандартними методами. При цьому існує температура, відмінна від абсолютного нуля, за якої міжмолекулярні зв'язки втрачають рухливість. Введене значення визначить вертикальну асимптоту функціональної залежності. Цей коефіцієнт також дозволить використовувати значення температури в градусах за шкалою Цельсія.

Таким чином, отримуємо емпіричну залежність:

$$\nu = a + b \cdot e^{\frac{c}{t+d}}. \quad (2.7)$$

Ця залежність описує зміну кінематичної в'язкості оливи в діапазоні робочих температур двигуна. Залежність (2.7) буде використовуватися для визначення фактичного значення в'язкості моторної оливи при тепловому режимі двигуна, що змінюється.

В'язкість моторної оливи необхідно вимірювати акустичними методами, оскільки в'язкість середовища впливає лише на проникність звукових хвиль (табл. 2.1) [13]. Звуковими чи акустичними хвилями називаються хвилі, існування яких зумовлено пружними силами, що виникають при деформуванні середовища.

Звукова хвиля характеризується рядом параметрів, що змінюються в часі і просторі: амплітудою надлишкового або звукового тиску і коливальною швидкістю частинок рідини або газу. Слід зазначити, що коливальна швидкість у більшості випадків значно менша за швидкість поширення збурень – швидкість звуку.

Швидкість звуку визначається за параметрами стоячої звукової хвилі [10], де відстань між сусідніми вузлами або пучностями дорівнює половині довжини хвилі - $\lambda/2$. Це накладає обмеження на довжину вимірювальної кювети (трубки), яка має перевищувати довжину напівхвилі $l_{\min} \geq \lambda/2$. Тоді із співвідношення довжини хвилі та частоти, пов'язаних швидкістю звуку

$$c = \lambda \cdot f, \quad (2.8)$$

де c - швидкість звуку середовищі;

λ - довжина хвилі;

f - частота звуку.

Таким чином одержуємо:

$$c = 2f \cdot l_{min}. \quad (2.9)$$

Таблиця 2.1 – Вплив показників якості моторної оливи на деякі електрофізичні показники

| Електрофізичні показники | Показники якості моторної оливи, що працювала |
|--------------------------------|---|
| Діелектрична проникність | Вміст палива Вміст води Вміст присадок |
| Магнітна проникність | Вміст металів |
| Проникність для звукових хвиль | Густина середовища В'язкість середовища Теплоємність середовища Вміст палива Вміст води Вміст твердих частинок |
| Швидкість звуку | Густина середовища Вміст палива Вміст води Вміст твердих частинок |
| Електропровідність | Вміст металів Вміст присадок |
| Електричний опір | Вміст металів Вміст присадок Вміст палива Вміст води Вміст твердих частинок |
| Розсіювання світла | Вміст води Вміст твердих частинок Вміст металів |

На ультразвукових частотах за збереження довжини вимірювальної кювети з'являтиметься стояча хвиля другого, третього тощо порядків. Це дозволить розширити можливості вибору елементної бази та/або підвищити точність вимірювань.

У додатку до аналізу якості моторної оливи вимірювання швидкості звуку є малоінформативним. По-перше, оливи, виготовлені з різних баз і присадок, являють собою субстанції, що значно відрізняються за складом і щільністю за однакових умов навколишнього середовища. При зміні стану оливи густина змінюється незначно і зміна швидкості звуку порівнянна з приладовою похибкою. Однак забруднення моторної оливи в процесі експлуатації, відповідна йому зміна в'язкості та накопичення частинок впливатиме на поширення звуку в середовищі.

Розгляд процесів розсіювання при поширенні звукової хвилі на додаток до аналізу швидкості може дати інформацію про процеси, що проходять на мікроскопічному рівні в моторній оливі. При зміні якісного складу останньої розсіювання та поглинання звукової хвилі посиляться. Це дозволить детальніше вивчити процеси, що відбуваються під час роботи моторної оливи, і навіть оцінити вплив цих процесів на показники якості оливи.

У міру поширення звукової хвилі амплітуда її зменшується. Це зв'язано з низкою причин: зі зниженням щільності енергії хвилі внаслідок збільшення поверхні, займаної фронтом хвилі (сферичні, циліндричні і будь-які інші хвилі, що розходяться), поглинанням енергії хвилі внаслідок дисипативних процесів, викликаних в'язкістю і теплопровідністю середовища, розсіюванням на неоднорідностях [18]. Для плоскої хвилі, що біжить, спадання її амплітуди через процеси дисипації характеризується коефіцієнтом поглинання – α , який показує, на якій відстані амплітуда хвилі (наприклад, звуковий тиск p') зменшується в $e \approx 2.72$ разів, тобто $p' = p_0' \cdot e^{-\alpha x}$. Амплітудний просторовий коефіцієнт поглинання $\alpha = -p'^{-1} dp'/dx$ показує відносне зменшення амплітуди на одиницю відстані або зменшення енергії акустичної хвилі [16]. Для в'язкої теплопровідної рідини коефіцієнт поглинання може бути визначений за формулою Стокса-Кірхгофа:

$$\alpha = \frac{\omega^2}{2\rho_0 c^3} \left[\frac{4}{3}\eta + \xi + \chi \left(\frac{1}{C_V} - \frac{1}{C_P} \right) \right], \quad (2.10)$$

де ω [с⁻¹] – кругова частота;

ρ_0 [кг/м³] – густина;

c [м/с] – швидкість звуку в досліджуваному середовищі;

η [Па·с] – динамічна в'язкість;

ξ [Па·с] – об'ємна в'язкість;

χ [Вт/(м·К)] – коефіцієнт теплопровідності;

C_V [Дж/К] – теплоємність при постійному об'ємі;

C_P [Дж/К] – теплоємність при постійному тиску.

Відношення коефіцієнта теплопровідності та теплоємності, а також об'ємну в'язкість у формулі (2.10) приймемо постійними. Теплоємність моторної оливи варіюється в діапазоні 1.6...2.1 кДж/(кг·К). Теплоємності при постійному обсязі та постійному тиску залежать від теплового розширення оливи. При її відніманні виходить величина значно менша, ніж сама величина теплоємності. Теплопровідність моторної оливи становить 0.13...0.15 Вт/(м·К). Враховуючи стисливість рідин, об'ємною в'язкістю, як правило, нехтують. Однак через розбіжності експериментальних та теоретичних досліджень причину невідповідності шукають саме в цій величині [16]. Для моторних оливок зазначені величини мало змінюються у процесі експлуатації, оскільки залежить від природи речовини.

Моторну оливу пропонується досліджувати шляхом пропускання через нього звукової хвилі. Відношення амплітуди звукового сигналу на вході та виході вимірювальної кювети перетворюється на коефіцієнт поглинання, який за формулою (2.10) може бути перерахований у кінематичну або динамічну в'язкість. Однак теоретичні залежності найчастіше виводяться для плоскої та/або монохроматичної хвилі. Такі наближення є необхідними для теоретичного опису процесів. Реальна звукова хвиля, що описується функцією часу, може бути одновимірною або багатовимірною, речовинною або комплексною, детермінованою або випадковою, тобто утримувати перешкоди. Отже, функція відрізнятиметься від ідеальної, прийнятої для теоретичного розрахунку. Для її аналізу слід подати хвилю у вигляді суми синусоїдальних сигналів:

$$f(x) \approx \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos \frac{\pi n x}{l} + b_n \sin \frac{\pi n x}{l}. \quad (2.11)$$

У роботі використовується прямокутний періодичний сигнал, який пропускається через моторну оливу, забезпечуючи неруйнівний акустичний контроль. Вибираючи фазовий зсув, перетворюємо імпульс на парну функцію, що має вигляд:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \in \left(-l; -\frac{h}{2}\right) \\ A, & x \in \left(-\frac{h}{2}; \frac{h}{2}\right), \\ 0, & x \in \left(\frac{h}{2}; l\right) \end{cases} \quad (2.12)$$

де A – амплітуда сигналу;

$l=T/2$ – напівперіод сигналу;

h – тривалість імпульсу.

Графічно сигнал зображено на рис. 2.1.

Коефіцієнти розкладання (2.11), обчислені для функції (2.12), дорівнюватимуть:

$$a_0 = \frac{Ah}{l}, \quad a_n = \frac{2A}{\pi n} \sin\left(\frac{\pi n h}{2l}\right), \quad b_n = 0, \quad (2.13)$$

де $n = 1, 2, \dots$ – частота відповідної гармоніки.

Обчислення коефіцієнтів для конкретних значень A і T дозволять побудувати амплітудний та фазовий спектри:

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}, \quad \varphi_n = \arctg \frac{b_n}{a_n}, \quad (2.14)$$

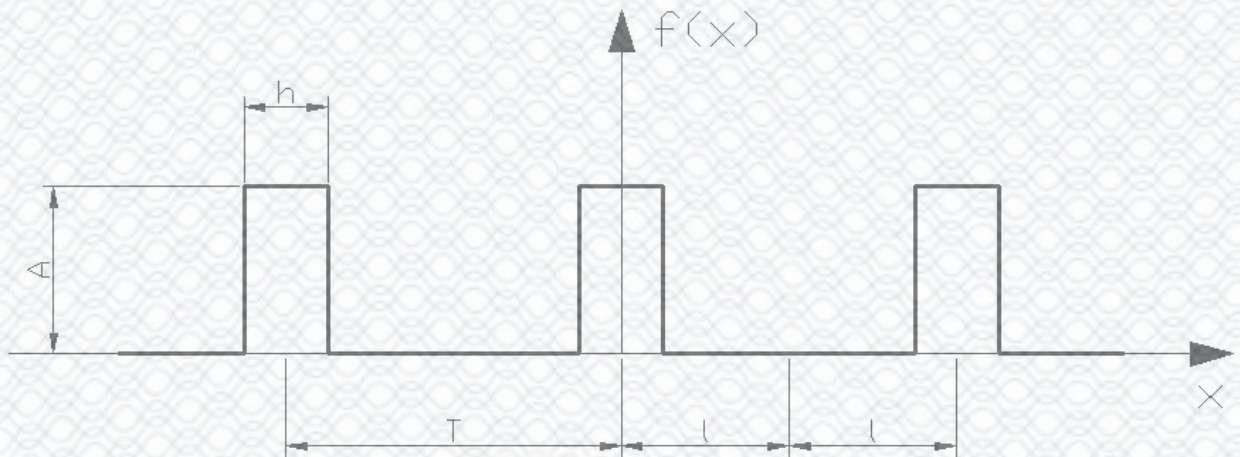


Рисунок 2.1 – Схема парного періодичного прямокутного сигналу

які для залежності (2.12) з урахуванням (2.13) виродяться у:

$$A_n = a_n, \varphi_n = 0. \quad (2.15)$$

Перевагами вибору прямокутного вихідного сигналу є:

- простий аналіз у дійсних координатах;
- можливість змінювати амплітуду сигналу, забезпечуючи пропорційну зміну спектральних ліній, що входять та виходять із середовища;
- спектральна діаграма має ряд обертонів на кратних частотах, що розширює можливості аналізу;
- можливість підібрати та проаналізувати резонансну частоту, аналогічно роботі з синусоїдальним сигналом;
- можливість збільшувати період, зберігаючи час імпульсу, що фізично представляє ударне збудження середовища з можливістю аналізу процесів релаксації.

У даній роботі діагностичним показником якості моторної оливи обрана в'язкість з пропорційним їй коефіцієнтом поглинання звукової хвилі (2.10), визначеним як логарифм відношення амплітуди звуку на вході та виході з вимірювальної кювети.

2.3 Модель та методика оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи

Ключовим місцем у методиці оцінки залишкового ресурсу моторної оливи є визначення його стану. Для цього використано датчик якості оливи, що оцінює коефіцієнт поглинання звуку, що перераховується у значення в'язкості (рис. 2.2). Олива вважається працездатною, якщо значення діагностичного показника не виходить за граничні значення.

Прямокутний сигнал формується та за допомогою випромінювача направляється в моторну оливу. Після проходження через шар оливи приймач фіксує звукову хвилю, що видозмінилася. Для виділення однієї частоти вихідний та отриманий сигнали спрямовуються на перетворення Фур'є. Діагностичний показник - в'язкість пропорційна коефіцієнту поглинання, що визначається як логарифм відношення амплітуд вихідного та отриманого сигналів на одній частоті. Амплітуда звукового сигналу буде пропорційна напрузі на датчиках. Оскільки береться відношення амплітуд, система буде нечутлива до напруги в бортовій мережі автомобіля.

Для кожної моделі двигуна та певних умов експлуатації відомі граничні значення кінематичної в'язкості при 100 °С. Щоб привести вимірне значення в'язкості до стандартної температури 100°С, зі штатного датчика температури оливи знімається її поточне значення, і проводиться коригування за формулою (2.7). Кориговане значення в'язкості порівнюється з граничними значеннями.

При виході діагностичного показника за гранично допустимі значення водієві видається сигнал необхідність заміни оливи. Алгоритм дозволяє ввести граничні значення, що показують стан моторної оливи, при якому експлуатація автомобіля не допускається, оскільки це може призвести до відмови двигуна. При фіксації приладом працездатного стану значення діагностичного параметра заноситься на згадку як $v(l)$ і використовується подальших розрахунків залишкового ресурсу моторної оливи.



Рисунок 2.2 – Алгоритм оцінки стану моторної оливи

Як зазначалося в розділі 1, в'язкість моторної оливи в процесі експлуатації автомобіля може збільшуватися або зменшуватися. Спрацювання присадки, що загущає, і потрапляння палива призводять до зменшення в'язкості оливи. Спрацювання лужного пакета присадок, окислення, випаровування легких фракцій, потрапляння сажі загущують моторну оливу. Кожен із цих процесів може мати нелінійний характер і накладатися друг на друга, викликаючи непередбачувані зміни в'язкості. Діагностичний параметр може визначатися безперервно, попереджаючи раптову втрату властивостей оливи. Однак для розрахунку залишкового ресурсу достатньо періодичного контролю.

В експлуатації за зміну автомобіль проїжджає від 1/200 до 1/40 свого міжсервісного інтервалу. Причому можлива як безперервна робота двигуна протягом зміни, так і періодичні зупинки [8]. Таким чином оцінка залишкового ресурсу при кожному запуску двигуна дасть від 80 до 600 вимірювань протягом інтервалу між замінами моторної оливи. Враховуючи стабільність умов експлуатації протягом однієї або кількох змін (середня швидкість руху, середне

навантаження, якість палива, природно-кліматичні умови та ін), тенденцію втрати властивостей моторної оливи можна вважати постійною. Отже, передбачається визначення тенденції зміни властивостей моторної оливи як кута нахилу прямої, проведеної між двома останніми точками визначення діагностичного параметра. Фактично будеється дотична до останньої точки графіка зміни діагностичного параметра. При поліпшенні умов експлуатації оцінка таким методом спочатку даватиме занижені результати, поступово показуючи збільшення міжсервісного інтервалу. При погіршенні умов експлуатації фактичний міжсервісний інтервал має бути зменшений. При кожному наступному запуску двигуна знову розрахована пряма апроксимуватиме залежність, зменшуючи передбачуваний пробіг до заміни оливи.

Формула апроксимуючої прямої матиме вигляд:

$$v(l) = k \cdot l + b, \quad (2.16)$$

де $v(l)$ – діагностичний параметр, що розраховується;
 l [км] – напрацювання моторної оливи,
 k і b – коефіцієнти лінійного рівняння.

Кутовий коефіцієнт розраховується як відношення різниці значення до збільшення аргументу функції, а для визначення вільного члена необхідно перенести його в ліву частину, підставивши в праву відомі значення напрацювання, діагностичного параметра та кутового коефіцієнта:

$$k = \frac{v_l - v_{l-1}}{l_l - l_{l-1}}, \quad b_l = v_l - k l_l, \quad (2.17)$$

де індекси означають: l – значення аргументу чи функції при поточному напрацюванні, $l-1$ – значення аргументу чи функції при попередньому вимірі.

Для визначення залишкового ресурсу l_3 моторної оливи напрацювання виражається з формули (2.16), до неї підставляються поточні значення

коефіцієнтів k і b (2.17) і граничні значення показника якості v_{\min} при $k < 0$ і v_{\max} при $k > 0$:

$$l_3 = \begin{cases} v_{\min} - b_l/k_l & \text{при } k < 0 \\ v_{\max} - b_l/k_l & \text{при } k > 0 \end{cases} \quad (2.18)$$

Слід зазначити, що залишковий ресурс моторної оливи буде позитивним, оскільки чисельник і знаменник формули (2.18) матимуть однаковий знак.

У ситуації, коли фактор, що збільшує в'язкість, починає превалювати над фактором, що зменшує в'язкість, поточне значення кутового коефіцієнта прагнучиме нуля. Тоді розрахований залишковий ресурс прагнучиме нескінченності. У цій ситуації слід попередити водія про ймовірну помилку при оцінці залишкового ресурсу та вивести на панель максимальне значення міжсервісного інтервалу, пропонуваного виробником у типових умовах (l_{\max}).

Усі перелічені процеси укладаються у єдиний алгоритм оцінки залишкового ресурсу моторної оливи (рис. 2.3). Відразу після запуску двигуна починається процес визначення стану моторної оливи, в схему якого закладаються дані про граничні низькотемпературні значення в'язкості, що встановлюються виробником техніки, і одночасно подається сигнал з датчика температури.

Після прогріву двигуна як граничні значення використовуються гранично допустимі значення в'язкості. Якщо стан оливи досяг гранично допустимих значень, оцінюється його залишковий ресурс.

Визначення працездатності оливи пропонується безперервно вести в процесі руху автомобіля. При раптовій зміні якості моторної оливи система видасть рекомендацію зупинити двигун, проінформувавши водія про можливість пошкодження при подальшій експлуатації. Слід допустити можливість руху автомобіля з відключеною системою оцінки працездатності моторної оливи.

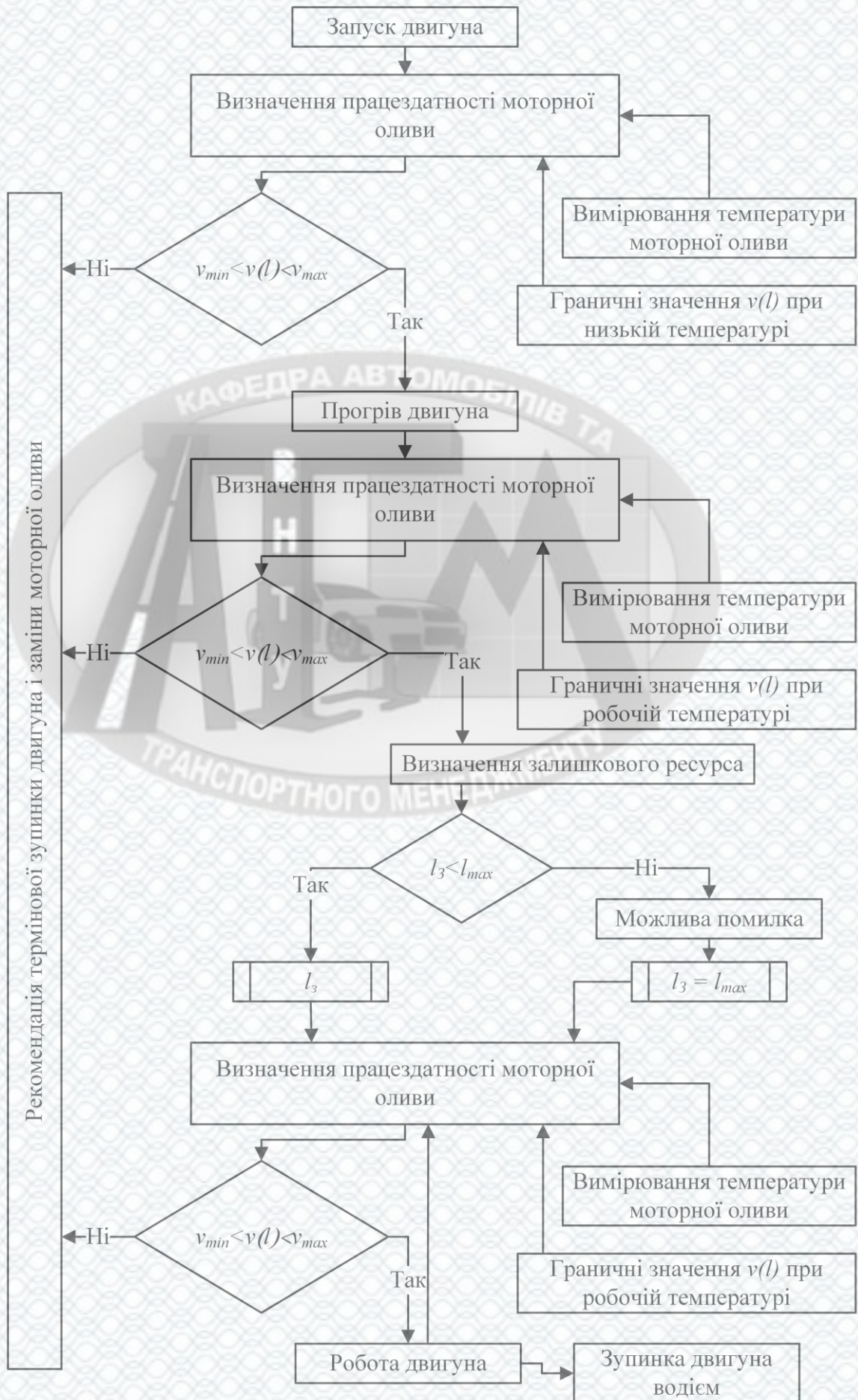
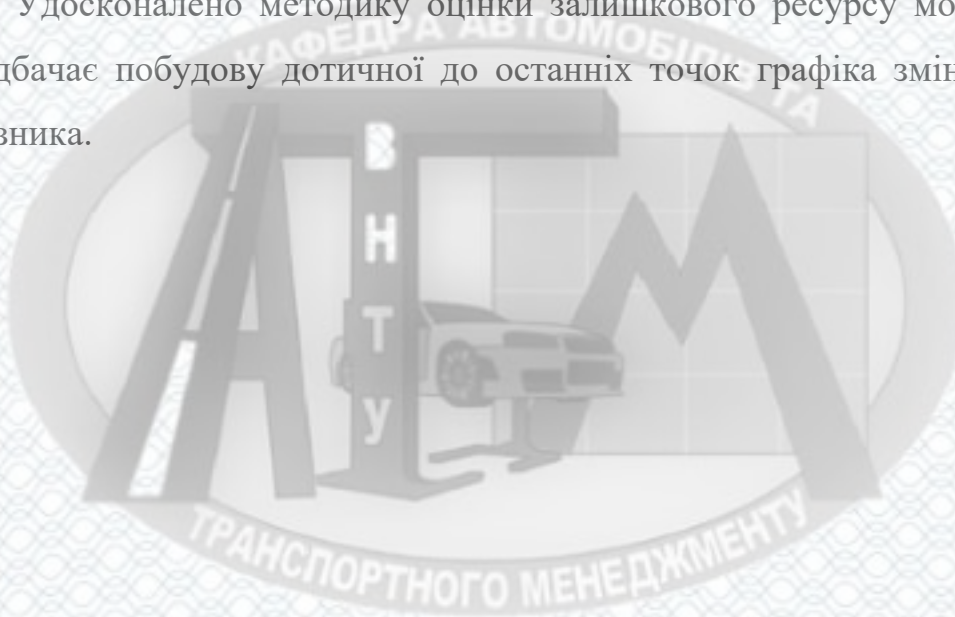


Рисунок 2.3 – Алгоритм оцінки залишкового ресурсу моторної оливи

2.4 Висновки

За результатами аналізу досліджень визначено електрофізичний параметр – коефіцієнт поглинання звуку, який пов'язаний із в'язкістю залежністю Стокса-Кірхгофа. Для визначення коефіцієнта поглинання запропоновано пропускання прямокутного імпульсу з подальшим розкладанням у ряд Фур'є та визначенням відношення амплітуди вихідного та прийнятого сигналів на характерних частотах.

Удосконалено методику оцінки залишкового ресурсу моторної оливи, що передбачає побудову дотичної до останніх точок графіка зміни діагностичного показника.



3 РОЗРАХУНОК РЕМОНТНО-ОБСЛУГОВУЮЧОГО ВИРОБНИЦТВА ТОВ «ВІННИЦЬКЕ АТП - 10556»

3.1 Розрахунок виробничої програми та обсягів робіт АТП

Розрахунок основних показників технологічного проекту ремонтно-обслуговуючого виробництва АТП виконується за методикою, викладеною у [3, 20, 21].

Розглянемо умови ТО і ПР рухомого складу. Весь парк автомобілів складають сідлові тягачі Scania, Volvo та Renault, які працюють з напівпричепами, що перевозять зернові культури. Кількість автомобілів Scania – 24 од., Volvo – 12 од., Renault – 5 од.; разом – 41 автопоїзд.

Враховуючи тип рухомого складу і рекомендації ОНТП, приймаємо, що всі автомобілі формують одну технологічно сумісну групу. Для розрахунків приймаємо, що весь рухомий склад – сідлові автопоїзди. Пробіги для ТО приймаємо згідно рекомендацій виробників, які для умов експлуатації РС ТОВ «Вінницьке АТП - 10556» складають 30000 км для ТО-1 та 120000 км для ТО-2.

Відповідно до даних по АТП приймаємо:

- середньодобовий пробіг – 330 км;
- категорія умов експлуатації – II;
- режими ТО відповідно до даних виробника (коригуванню не підлягають);
- кількість робочих днів рухомого складу на рік – 305 (за даними підприємства).

Розрахунки виконуються за методикою, наведеною в [3, 20, 21]. Результати розрахунків наведено в табл. 3.1-3.5.

Приймаємо такий режим роботи виробничих підрозділів: Зона ЩО – 305 днів, всі інші зони та ділянки – 255 днів.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку

| Показник | Позначення | Автомобіль-тягач | Напівпричіп (причіп) |
|------------------------------------|------------|------------------|----------------------|
| Спискова кількість автомобілів | $A_{СП}$ | 41 | 41 |
| Ресурс рухомого складу, км | L_K | 1200000 | 1200000 |
| Пробіг рухомого складу до ТО-1, км | $L_{ТО-1}$ | 60000 | 60000 |
| Пробіг рухомого складу до ТО-2, км | $L_{ТО-2}$ | 120000 | 120000 |
| Середньодобовий пробіг, км | $L_{сд}$ | 330 | |
| Трудомісткість ЩОд, люд.год | $t_{ЩОд}$ | 0,45 | 0,2 |
| Трудомісткість ЩОт, люд.год | $t_{ЩОт}$ | 0,225 | 0,1 |
| Трудомісткість ТО-1, люд.год | $t_{ТО-1}$ | 3,85 | 1,000 |
| Трудомісткість ТО-2, люд.год | $t_{ТО-2}$ | 16,17 | 5,000 |
| Трудомісткість ПР, люд.год/1000км | $t_{ПР}$ | 6,82 | 1,45 |

Таблиця 3.2 – Коригування трудомісткостей

| Показник | Позначення | Автомобіль-тягач | Напівпричіп |
|--|--------------|------------------|-------------|
| Нормативна трудомісткість ЩОд, люд.-год | $t^H_{ЩО}$ | 0,5 | 0,15 |
| Нормативна трудомісткість ТО-1, люд.-год | $t^H_{ТО-1}$ | 7,8 | 3 |
| Нормативна трудомісткість ТО-2, люд.-год | $t^H_{ТО-2}$ | 31,20 | 12 |
| Нормативна трудомісткість ПР, люд.-год/1000км | $t^H_{ПР}$ | 6,10 | 1,7 |
| Коефіцієнт K_1 коректування питомої трудомісткості ПР | K_1 | 1,1 | 1,1 |
| Коефіцієнт K_2 коректування трудомісткості ЩО, ТО-1, ТО-2 і ПР | K_2 | 1,1 | 1,6 |
| Коефіцієнт K_3 коректування питомої трудомісткості ПР | K_3 | 0,9 | 0,9 |
| Коефіцієнт K_4 коректування трудомісткості ТО-1, ТО-2 і ПР | K_4 | 1,35 | 1,35 |
| Коефіцієнт K_5 коректування питомої трудомісткості ПР | K_5 | 1,0 | 1,0 |
| Коригована трудомісткість ЩОд, люд.-год | $t_{ЩОд}$ | 0,55 | 0,24 |
| Коригована трудомісткість ЩОт, люд.-год | $t_{ЩОт}$ | 0,275 | 0,12 |
| Коригована трудомісткість ТО-1, люд.-год | $t_{ТО-1}$ | 11,583 | 6,480 |
| Коригована трудомісткість ТО-2, люд.-год | $t_{ТО-2}$ | 46,332 | 25,920 |
| Коригована трудомісткість ПР, люд.-год/1000км | $t_{ПР}$ | 8,97 | 3,64 |

Таблиця 3.3 – Розрахунок річної та добової виробничої програми

| Показник | Позначення | Автомобіль-тягач | Напівпричіп |
|--|--------------|------------------|-------------|
| Річний пробіг всіх автомобілів, км | L_p | 3512341,48 | 3512341,48 |
| Річна кількість КР (списань) автомобілів | N_k | 2,93 | 2,93 |
| Річна кількість ТО-2 | $N_{ТО-2}$ | 29,27 | 26,34 |
| Річна кількість ТО-1 | $N_{ТО-1}$ | 26,34 | 29,27 |
| Річна кількість ЩОд | $N_{ЩОд}$ | 10643,46 | 10643,46 |
| Річна кількість СО | $N_{СО}$ | 82 | 82 |
| Річна кількість Д-1 | $N_{Д-1}$ | 58,25 | 58,54 |
| Річна кількість Д-2 | $N_{Д-2}$ | 35,12 | 31,61 |
| Добова кількість ТО-1 | $N_{ТО-1}^o$ | 0,10 | 0,11 |
| Добова кількість ТО-2 | $N_{ТО-2}^o$ | 0,11 | 0,10 |
| Добова кількість ЩОд | $N_{ЩОд}^o$ | 34,90 | 34,90 |

Таблиця 3.4 - Розрахунок річного обсягу робіт по ТО і ПР

| Показник | Позначення | Автомобіль-тягач | Напівпричіп | Разом |
|---|--------------|------------------|-------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Річний обсяг робіт ЩОд, люд.-год. | $T_{ЩОд}$ | 5853,90 | 2554,43 | 8408,33 |
| Річний обсяг робіт ЩОт, люд.-год. | $T_{ЩОт}$ | 24,47 | 10,68 | 35,15 |
| Річний обсяг робіт ТО-1, люд.-год. | T_1 | 305,13 | 189,67 | 494,79 |
| Річний обсяг робіт ТО-2, люд.-год. | T_2 | 2115,96 | 1107,89 | 3223,85 |
| Річний обсяг робіт ПР, люд.-год. | $T_{ПР}$ | 31498,38 | 12768,34 | 44266,72 |
| Сумарний річний обсяг робіт по АТП, люд.-год. | T_{Σ} | 39797,84 | 16631,01 | 56428,84 |

Таблиця 3.5 – Розподіл трудомісткості робіт за видами робіт

| Види робіт ТО і ПР | Автомобіль- тягач | | Напівпричіп | | Разом |
|---|----------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| | % | люд.-год. | % | люд.-год. | люд.-год. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ЩОд | | | | | |
| Мийні | 9 | 526,85 | 30 | 766,33 | 1293,18 |
| Прибиральні | 14 | 819,55 | 10 | 255,44 | 1074,99 |
| Заправні | 14 | 819,55 | 0 | 0,00 | 819,55 |
| Контрольно-діагностичні | 16 | 936,62 | 15 | 383,16 | 1319,79 |
| Ремонтні (усунення дрібних несправностей) | 47 | 2751,33 | 45 | 1149,49 | 3900,83 |
| Разом: | 100 | 5853,90 | 100 | 2554,43 | 8408,33 |
| ЩОт | | | | | |
| Прибиральні | 40 | 9,79 | 40 | 4,27 | 14,06 |
| Мийні (включаючи сушку-обтирання) | 60 | 14,68 | 60 | 6,41 | 21,09 |
| Разом: | 100 | 24,47 | 100 | 10,68 | 35,15 |
| ТО-1 | | | | | |
| Діагностика загальна (Д-1) | 10 | 30,51 | 4 | 7,59 | 38,10 |
| Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін. | 90 | 274,61 | 96 | 182,08 | 456,69 |
| Всього: | 100 | 305,13 | 100 | 189,67 | 494,79 |
| ТО-2 | | | | | |
| Діагностика поглиблена (Д-2) | 10 | 211,60 | 2 | 22,16 | 233,75 |
| Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін. | 90 | 1904,36 | 98 | 1085,73 | 2990,09 |
| Всього: | 100 | 2115,96 | 100 | 1107,89 | 3223,85 |
| ПР – Постові роботи | | | | | |
| Діагностика загальна (Д-1) | 1 | 314,98 | 2 | 255,37 | 570,35 |
| Діагностика поглиблена (Д-2) | 1 | 314,98 | 1 | 127,68 | 442,67 |
| Регулювальні і розбірно-складальні роботи | 35 | 11024,43 | 30 | 3830,50 | 14854,94 |
| Зварювальні роботи | 4 | 1259,94 | 11 | 1404,52 | 2664,45 |
| Бляхарські роботи | 3 | 944,95 | 14 | 1787,57 | 2732,52 |
| Фарбувальні роботи | 6 | 1889,90 | 7 | 893,78 | 2783,69 |
| Разом: | 50 | 15749,19 | 65 | 8299,42 | 24048,61 |

Продовження табл. 3.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------------------------|-----|----------|-----|----------|----------|
| ПР – Дільничні роботи | | | | | |
| Агрегатні роботи | 18 | 5669,71 | 0 | 0,00 | 5669,71 |
| Слюсарно-механічні роботи | 10 | 3149,84 | 13 | 1659,88 | 4809,72 |
| Електротехнічні роботи | 5 | 1574,92 | 3 | 383,05 | 1957,97 |
| Акумуляторні роботи | 2 | 629,97 | 0 | 0,00 | 629,97 |
| Ремонт приладів системи живлення | 4 | 1259,94 | 0 | 0,00 | 1259,94 |
| Шиномонтажні роботи | 1 | 314,98 | 1 | 127,68 | 442,67 |
| Роботи вулканізації | 1 | 314,98 | 2 | 255,37 | 570,35 |
| Ковальсько-ресорні роботи | 3 | 944,95 | 10 | 1276,83 | 2221,79 |
| Мідницькі роботи | 2 | 629,97 | 2 | 255,37 | 885,33 |
| Зварювальні роботи | 1 | 314,98 | 2 | 255,37 | 570,35 |
| Бляхарські роботи | 1 | 314,98 | 1 | 127,68 | 442,67 |
| Арматурні роботи | 1 | 314,98 | 1 | 127,68 | 442,67 |
| Оббивні роботи | 1 | 314,98 | 0 | 0,00 | 314,98 |
| Разом: | 50 | 15749,19 | 35 | 4468,92 | 20218,11 |
| Всього: | 100 | 31498,38 | 100 | 12768,34 | 44266,72 |

3.2 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Визначення технологічно необхідної (явочної) та штатної (облікової) кількості робітників виконується за методикою, наведеною в [3, 20, 21].

Режим роботи і фонди робочого часу за видами робіт наведено в таблиці 3.8. Використовуючи фонди робочого часу з [3, 20, 21] в таблиці 3.6 визначаємо чисельність виробничих робітників.

Як бачимо, в табл. 3.6 ряд видів мають трудомісткість значно менше 2000 люд.-год., а отже і розрахункова чисельність робітників досить мала. Тому слід виконати об'єднання робітників споріднених спеціальностей. Це також дозволить розподілити робітників за зонами та дільницями, які планується організувати на підприємстві, тому будемо враховувати наявну організаційну структуру АТП.

Таблиця 3.6 – Розрахунок чисельності виробничого персоналу

| Види робіт ТО і ПР | Трудомісткість люд.-год. | Розрахункова чисельність робітників | |
|--|-----------------------------|--|--------|
| | | штатна | явочна |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ЩОд | | | |
| Мийні | 1293,18 | 0,711 | 0,625 |
| Прибиральні | 1074,99 | 0,591 | 0,519 |
| Заправні | 819,55 | 0,450 | 0,396 |
| Контрольно-діагностичні | 1319,79 | 0,725 | 0,638 |
| Ремонтні (усунення дрібних несправностей) | 3900,83 | 2,143 | 1,884 |
| Разом: | 8408,33 | 4,620 | 4,062 |
| ЩОт | | | |
| Прибиральні | 14,06 | 0,008 | 0,007 |
| Мийні (включаючи сушку-обтирання) | 21,09 | 0,012 | 0,010 |
| Разом: | 35,15 | 0,019 | 0,017 |
| ТО-1 | | | |
| Діагностика загальна (Д-1) | 38,10 | 0,021 | 0,018 |
| Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін. | 456,69 | 0,251 | 0,221 |
| Всього: | 494,79 | 0,272 | 0,239 |
| ТО-2 | | | |
| Діагностика поглиблена (Д-2) | 233,75 | 0,128 | 0,113 |
| Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін. | 2990,09 | 1,643 | 1,444 |
| Всього: | 3223,85 | 1,771 | 1,557 |
| ПР – Постові роботи | | | |
| Діагностика загальна (Д-1) | 570,35 | 0,313 | 0,276 |
| Діагностика поглиблена (Д-2) | 442,67 | 0,243 | 0,214 |
| Регулювальні і розбірно-складальні роботи | 14854,94 | 8,162 | 7,176 |
| Зварювальні роботи | 2664,45 | 1,464 | 1,287 |
| Бляхарські роботи | 2732,52 | 1,501 | 1,320 |
| Фарбувальні роботи | 2783,69 | 1,729 | 1,521 |
| Разом: | 24048,61 | 13,214 | 11,618 |

Продовження таблиці 3.6

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|----------|--------|--------|
| ПР – Дільничні роботи | | | |
| Агрегатні роботи | 5669,71 | 3,115 | 2,739 |
| Слюсарно-механічні роботи | 4809,72 | 2,643 | 2,324 |
| Електротехнічні роботи | 1957,97 | 1,076 | 0,946 |
| Акумуляторні роботи | 629,97 | 0,346 | 0,304 |
| Ремонт приладів системи живлення | 1259,94 | 0,692 | 0,609 |
| Шиномонтажні роботи | 442,67 | 0,243 | 0,214 |
| Роботи вулканізації | 570,35 | 0,313 | 0,276 |
| Ковальсько-ресорні роботи | 2221,79 | 1,221 | 1,073 |
| Мідницькі роботи | 885,33 | 0,486 | 0,428 |
| Зварювальні роботи | 570,35 | 0,313 | 0,276 |
| Бляхарські роботи | 442,67 | 0,243 | 0,214 |
| Арматурні роботи | 442,67 | 0,243 | 0,214 |
| Оббивні роботи | 314,98 | 0,173 | 0,152 |
| Разом: | 20218,11 | 11,109 | 9,767 |
| Всього: | 44266,72 | 24,322 | 21,385 |

Результати об'єднання споріднених робіт та уточнена виробнича структура наведено в табл. 3.7.

Враховуючі малі обсяги робіт оббивні роботи на АТП не передбачаються.

Таблиця 3.7 – Розподіл трудомісткості та робітників за виробничими зонами і дільницями

| Вид робіт | Трудомісткість, люд.-год. | Чисельність робітників | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------|--------|
| | | штатна | явочна |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Зона прибирально-мийих робіт | 2403,32 | 1 | 1 |
| Зона ЩО | 6040,16 | 3 | 3 |
| Зона ТО | 3718,64 | 2 | 2 |
| Зона ПР | 15867,95 | 9 | 8 |
| Кузона дільниця | 6852,66 | 4 | 3 |
| Фарбувальна дільниця | 2783,69 | 2 | 2 |

Продовження таблиці 3.7

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------------------|----------|----|----|
| Агрегатна дільниця | 5669,71 | 3 | 3 |
| Слюсарно-механічна дільниця | 4809,72 | 3 | 2 |
| Ковальсько-ресорна дільниця | 2221,79 | 1 | 1 |
| Мідницька дільниця | 885,33 | 1 | 1 |
| Шиномонтажна дільниця | 1013,02 | 1 | 1 |
| Електротехнічна дільниця | 2587,94 | 1 | 1 |
| Акумуляторна дільниця | | | |
| Цех ремонту приладів систем живлення | 1259,94 | 1 | 1 |
| Разом | 56113,87 | 32 | 29 |

3.3 Розрахунок кількості постів

Розрахунки виробничих постів за видами виконуємо за методикою [3, 20, 21]. Режим роботи всіх виробничих підрозділів приймаємо в одну зміну, тривалість зміни – 8 годин. Кількість робочих днів – 255 днів на рік.

Значення коефіцієнтів корегування і нормативної чисельності працюючих приймаємо за [3, 20, 21]. Результати розрахунків наведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Розрахунок кількості постів

| Типи робочих постів | Кількість постів | |
|--|------------------|---------------------|
| | розрахункова | прийнята |
| 1 | 2 | 3 |
| ЩО | | |
| прибиральні | 0,41 | 1 |
| мийні | 1,08 | |
| заправочні | 0,67 | |
| контрольно-діагностичні | 0,50 | 2 |
| ремонтні | 1,47 | |
| ТО-1 | | |
| діагностичні | 0,01 | 0 – разом з ТО-2 |
| кріпильні, регулювальні, змащувальні та інші | 0,11 | |

Продовження табл. 3,8

| 1 | 2 | 3 |
|---|------|---|
| ТО-2 | | |
| діагностичні | 0,09 | 1 |
| кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін. | 0,70 | |
| Поточний ремонт | | |
| діагностичні | 0,39 | 7 |
| регулювальні і розбирально-складальні | 6,94 | |
| зварювальні-бляхарські | 2,52 | 2 |
| фарбувальні | 1,25 | 1 |

Враховуючи результати розрахунків приймаємо 1 пост прибирально-мийних робіт, 2 пост контрольно-діагностичних і ремонтних робіт ЩО, 1 заправний пост, 7 постів ПР, 2 поста зварювальні-бляхарських робіт та 1 пост на малярній дільниці. Для ТО приймаємо 1 пост, враховуючи технологічну необхідність ці пости будуть проїздними. Фактичні планувальні рішення в повній мірі відповідають потребам АТП, а точніше навіть їх перевищують. Фактично ТОВ «Вінницьке АТП -10556» намагається зайві потужності на яких можна надавати послуги з ТО і ПР автомобілів.

3.4 Розрахунок площ виробничо-складських приміщень

Площа виробничих приміщень розраховується за методикою, наведеною в [3, 20, 21]. Результати визначення площ зон та дільниць наведено в табл. 3.9- 3.10.

Таблиця 3.9 – Розрахунок площ приміщень, обладнаних постами

| Вид приміщення | Кількість постів | Коефіцієнт щільності | Площа од. РС, м ² | Площа приміщення, м ² |
|-------------------------------|------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Зона прибирально-мийних робіт | 1 | 4 | 41,3 | 165,2 |
| Зона ЩО | 2 | 4 | 41,3 | 330,4 |
| Зона ТО | 1 | 5 | 41,3 | 206,5 |

Продовження табл. 3.9

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---|---|------|--------|
| Зона ПР | 7 | 6 | 26,2 | 1100,4 |
| Зона зварювально- бляхарських робіт | 2 | 6 | 34,2 | 410,4 |
| Фарбувальна ділянка | 1 | 6 | 34,2 | 205,2 |

Таблиця 3.10 – Розрахунок площ ділянок

| Вид приміщення | Чисельність робітників | Площа приміщення, м ² |
|--------------------------------------|---------------------------|--|
| Агрегатна ділянка | 3 | 54 |
| Слюсарно-механічна ділянка | 3 | 54 |
| Мідницька ділянка | 1 | 27 |
| Ковальсько-ресорна ділянка | 1 | 27 |
| Електротехнічна ділянка | 1 | 18 |
| Акумуляторна ділянка | | 36 |
| Цех ремонту приладів систем живлення | 1 | 36 |
| Шиномонтажна ділянка | 1 | 45 |

Площі складських приміщень і споруд АТП визначаються за методикою [3, 20, 21], на основі питомих нормативів площі на 10 од. рухомого складу. Розрахунок площ складських приміщень наведено в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Розрахунок площ складських приміщень

| Вид приміщення | Питома площа приміщень на 10 од.РС, м ² | | Питома корегована площа приміщень на 10 од.РС, м ² | | Площа приміщення, м ² |
|--|--|----------|---|----------|----------------------------------|
| | Автомоб. | Напівпр. | Автомоб. | Напівпр. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Зап. частин, деталей, експ. матеріалів | 4,00 | 1,0 | 17,64 | 3,822 | 87,99 |
| Двигунів, агрегатів і вузлів | 2,50 | 0 | 11,025 | 0 | 45,20 |
| Мастильних матеріалів | 1,60 | 0,3 | 7,056 | 1,1466 | 33,63 |
| Фарбувальних матеріалів | 0,50 | 0,2 | 0 | 0 | 0,00 |
| Інструменту | 0,15 | 0,05 | 0,6615 | 0,1911 | 3,50 |

Продовження таблиці 3.11

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|--------|--------|--------|
| Кисню, азоту і ацетилену | 0,15 | 0,1 | 0,6615 | 0,3822 | 4,28 |
| Пиломатеріалів | 0,30 | 0,2 | 0 | 0,7644 | 3,13 |
| Металу, металобрухту | 0,25 | 0,15 | 1,1025 | 0,5733 | 6,87 |
| Автомобільних шин | 2,40 | 1,2 | 10,584 | 4,5864 | 62,20 |
| Автомобілів і агрегатів(списаних) | 6,00 | 2,0 | 26,46 | 7,644 | 139,83 |
| Проміжного зберігання зап.частин і мат. | 0,80 | 0,2 | 3,528 | 0,7644 | 17,60 |
| Дегазованих балонів | 0,25 | 0 | 1,1025 | 0 | 4,52 |

Фактичні площі АТП для виробничо-складських приміщень перевищують розрахункові, тому доцільно застосувати існуючі виробничо-складські приміщення. Списані агрегати і автомобілі зберігаються на відкритому майданчику на території підприємства.

Висновки:

Розрахунки виробничої програми, обсягів робіт, чисельності виробничих робітників, кількості постів та площ виробничо-складських приміщень показали, що існуючі приміщення відповідають потребам, що не вимагає додаткових дій по вдосконаленню структури ВТБ. Враховуючи наявність надлишкових потужностей ми рекомендуємо проробити питання створення станції технічного обслуговування вантажних автомобілів.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ І ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ МОТОРНОЇ ОЛИВИ В АТП

4.1 Установа для визначення стану моторної оливи за електрофізичними параметрами

4.4.1 Вибір елементної бази

Враховуючи велику кількість методів та різноманітність принципів вимірювання властивостей рідин, для створення установки контролю якості моторної оливи пропонується використання приладів широкого діапазону застосування.

Джерелом сигналу є генератор прямокутного імпульсу.

Перевагами вибору прямокутного вихідного сигналу є:

- простий аналіз у дійсних координатах;
- можливість змінювати амплітуду сигналу, забезпечуючи пропорційну зміну спектральних ліній, що входять та виходять із середовища;
- спектральна діаграма має ряд обертонів на кратних частотах, що розширює можливості аналізу;
- можливість підібрати та проаналізувати резонансну частоту, аналогічно роботі з синусоїдальним сигналом;
- можливість збільшувати період, зберігаючи час імпульсу, що фізично представляє ударне збудження середовища з можливістю аналізу процесів релаксації.

Для фіксації сигналу на етапі прототипу вибрано осцилограф. Метою використання широкосмугового приймача є:

- контроль вихідного сигналу у всіх випромінюваних діапазонах;
- попередній аналіз отриманого сигналу;
- вимірювання амплітудних характеристик отриманого сигналу;

- вимір часових характеристик отриманого сигналу;
- контроль прийнятого сигналу з урахуванням можливих відхилень, пов'язаних з проходженням через моторну оливу.

З урахуванням природних втрат в електричних ланцюгах форма вихідного сигналу буде неідеальним прямокутником, що і показує осцилограма, знята безпосередньо з генератора сигналу. Проходження через датчики, тобто, перетворення струм – звук – струм, загалом показує правильність роботи системи, проте природним чином збільшуються шуми і зрізаються високі частоти. Осцилограма вихідного сигналу згладжується. При проходженні звукового сигналу через оливу отримана осцилограма матиме відмінні від вихідних амплітудні та частотні характеристики. Їх розшифровка з урахуванням теоретичних залежностей, описаних у розділі 2, дозволить контролювати характеристики оливи.

При виборі елементної бази – датчиків – враховувалися такі критерії:

- можливість роботи датчика в моторній оливі;
- можливість неруйнівного контролю стану моторної оливи;
- відсутність медичних протипоказань;
- можливість роботи датчика при працюючому двигуні;
- відсутність перешкод для електронного обладнання автомобіля;
- надійність;
- вартість датчиків.

Передбачаючи розміщення приладу контролю якості оливи на автомобілі, його робота не повинна погіршувати якість оливи. Враховуючи існуючі можливості впливу ультразвуку на середовище, в якому він поширюється, стають теоретично можливими зміни фізикохімічних властивостей оливи щодо показників його якості. Під формулюванням «неруйнівний контроль» розуміється, що якість оливи не повинна змінюватися після проходження його через датчик, інакше сам контроль втрачає сенс.

Звукові коливання, і ультразвук зокрема, можуть впливати як на аналізоване речовина, так і на людину. Тому слід використовувати частоти, комфортні для

людини, або які не сприймаються нею. Так, звук, який створюється приладом, повинен відповідати ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки». Стандарт вказує на допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку дБА з урахуванням характеру шуму.

Сучасний автомобіль оснащується значною кількістю електронного обладнання, починаючи від звичайних радіоприймача та датчика положення колінчастого валу і закінчуючи складними системами супутникової навігації та контролю стану водія. При підборі датчиків слід враховувати радіочастотну та акустичну сумісність приладів та можливість вбудовування у загальну електронну систему автомобіля.

Більшість випромінювачів і приймачів звукових коливань містять рухливі деталі. Як правило, вони мають мембрану, яка сприймає звуковий тиск; котушку, що формує під час руху електричні сигнали; деталі, що мають капілярний ефект: конденсатор або вугільний порошок тощо. Мембрана, як і будь-яка тонка деталь, схильна до механічних пошкоджень. Котушка виготовляється з великої кількості витків тонкого дроту. А прикріплюючись до рухомої мембрани, такий провід піддається періодичним механічним навантаженням. Місця з'єднання рухомих та нерухомих деталей мають низьку надійність. Застосування конденсаторних або вугільних мікрофонів обмежене у рідких та вологих середовищах. При аналізі моторної оливи – середовища, що містить складні хімічні сполуки та механічні домішки, при динамічних навантаженнях потрібно запобігти відмовим датчиків. Це робить класичні електронні прилади непридатними для аналізу оливи. Альтернативою можуть бути п'єзоелектричні датчики. Звуковий тиск сприймає безпосередньо кристал кварцу, при цьому в поперечному напрямку виникають змінні електричні сигнали, які знімаються жорстко закріпленими струмопровідними контактами.

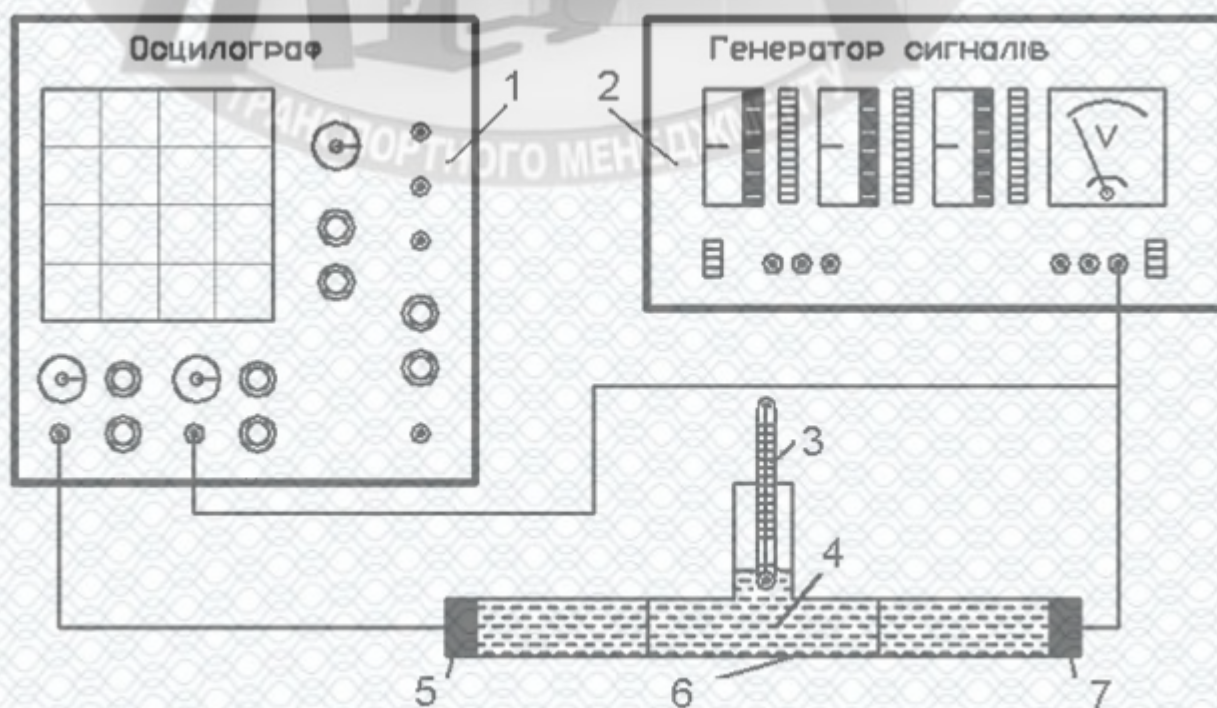
Відсутність рухомих деталей і простота конструкції дозволяють працювати датчику у середовищі моторної оливи.

Вартість датчиків також є важливим фактором. Зокрема, наявність високоточних і дорогих компонентів, наприклад специфічних кристалів, призведе

до подорожчання не тільки автомобіля, але і його обслуговування. Так, наприклад, датчики, що неправильно спозиціоновані в процесі ремонту, дадуть спотворені показання, що може призвести до позаштатних ситуацій під час експлуатації транспортного засобу.

Для визначення акустичних показників моторної оливи було зібрано експериментальну установку (рис. 4.1). Установка складається з:

- генератор сигналів Uni-T UTG1010A;
- скляного циліндра з T-подібною трубкою;
- випромінювача звукових коливань MA40E7S;
- приймача звукових коливань MA40E7R;
- осцилограф комп'ютерний OWON VDS 1022;
- сполучних проводів;
- ртутного термометра.



1 – осцилограф; 2 – генератор сигналів; 3 – ртутний термометр; 4 - досліджувана олива; 5 – приймач сигналу; 6 – скляний циліндр з T-подібною трубкою; 7 – випромінювач сигналу

Рисунок 4.1 – Принципова схема установки визначення акустичних показників моторної оливи

Як джерело сигналів обраний генератор імпульсів Uni-T UTG1010A. Вихідне призначення приладу – дослідження, налагодження та налаштування радіотехнічних пристроїв у різних галузях народного господарства та наукових досліджень.

Прилад видає стандартні форми сигналів: синус, прямокутник, трикутник, імпульс, наростання та спад експоненти, шум, та інші форми. Прилад з'єднується з комп'ютером через USB інтерфейс.

Для вивчення вихідного сигналу та сигналу, видозміненого при проходженні через оливу, використовується комп'ютерний двоканальний осцилограф OWON VDS 1022. Живлення через порт USB.

Як випромінювач і приймач звукових коливань були обрані для використання п'єзоелектричні елементи. Відсутність мембрани та інших рухомих елементів дозволяє розміщувати датчики у моторній оливі. Це забезпечило мінімізацію спотворення сигналу під час переходу звукових хвиль між різними середовищами.

З усього різноманіття п'єзоелектричних елементів було обрано роздільні – випромінювач MA40E7S та приймач MA40E7R звукового сигналу. Виробник - компанія "Murata". Такі пристрої використовуються як датчики відстані паркувальних асистентів.

Конструкція випромінювача та приймача ідентичні. При незначних розмірах та відсутності рухомих частин датчики мають малу масу. Матеріал вологозахисного корпусу перевірено на сумісність із вуглеводнями, що забезпечує можливість роботи в моторній оливі. Такі датчики мають високу надійність. Крім того, виробником заявлені низьке споживання енергії та висока чутливість. Основні технічні характеристики датчиків наведено у табл. 3.1.

Випромінювач і приймач закріплені у скляному циліндрі, що складається з трьох частин. Скло вибрано як хімічно інертний матеріал, що не змінює властивостей оливи в процесі дослідження. З одного боку, у скляну трубку вставлено випромінювач звукових сигналів, з іншого – приймач. Така конструкція дозволила проаналізувати різні датчики та довжину вимірювальної кювети. Усі

з'єднання герметизовані. Середня частина є трійником, через який заливається зразок досліджуваної моторної оливи. Олива заливається так, щоб унеможливити утворення бульбашок повітря. Верх залишається відкритим для компенсації розширення температурного зразка. Система сполучається з атмосферою, і олива перебуває під атмосферним тиском.

Таблиця 4.1 – Основні технічні характеристики випромінювача/приймача звукового сигналу

| Найменування | МА40Е7R | МА40Е7S |
|----------------------------|-------------|--------------|
| Функція | Приймач | Випромінювач |
| Номінальна частота, кГц | 40 | 40 |
| Чутливість, дБ | -74 | - |
| Рівень звукового тиску, дБ | - | 106 |
| Ємність, пФ | 2200 | 2200 |
| Кут розсіювання, ° | 100 | 100 |
| Роздільна здатність, мм | 9 | 9 |
| Визначається відстань, м | 0.2 – 3 | 0.2 – 3 |
| Робочі температури, °С | -30 ... +85 | -30 ... +85 |

Через T-подібну трубку (поз. 6 рис. 3.1) здійснюється контроль температури оливи ртутним термометром з метою подальшого її врахування при аналізі експериментально отриманих даних.

Для з'єднання елементів системи вибраний екранований звуковий кабель полімерної ізоляції. Він виключає втрати та спотворення сигналу, а також вплив перешкод при передачі електричного сигналу. Одночасно сама розроблена система не стає джерелом електромагнітних перешкод для транспортного засобу та навколишнього середовища. Герметична ізоляція місць з'єднання із датчиками дозволяє використовувати водяні лазні для зміни теплового режиму в процесі досліджень. Для зміни температурних умов випробування трубка із зразком оливи занурюється в рідинний термостат. Від глибини занурення залежить тиск, що діє на циліндр.

Використання аналогової техніки замість стандартних цифроаналогових перетворювачів персонального комп'ютера дозволяє значно розширити діапазон досліджуваних частот. Таким чином, стає можливим провести аналіз сигналу в ультразвуковому діапазоні.

При цьому готовий до використання прилад під час серійного випуску у разі встановлення на автомобіль у процесі експлуатації повинен відповідати вимогам щодо електромагнітної сумісності для транспортних засобів, так як міститиме генератор електричного сигналу, підсилювальний блок, джерело та приймач звуку.

4.1.2 Алгоритм обробки звукового сигналу, що проходить через оливу для оцінки її властивостей

Вимірювання параметрів сигналу проводиться осцилографом. Діапазон вимірювання налаштовується шляхом зміни часової та амплітудної розгортки. На екран осцилографа виводяться одночасно вихідний та отриманий сигнал. Одночасне вивчення сигналів дозволяє компенсувати приладову похибку осцилографа.

Вихідна форма сигналу має бути представлена як сума нескінченного числа синусоїд з кратними частотами за допомогою розкладання в ряд Фур'є. Сигнал, отриманий приймачем, також є синусоїдною сукупністю. Фронт спаду амплітуди вихідного сигналу має менше спотворень та використовується для фіксації періоду. Для сигналу, знятого з датчика, береться та сама кількість точок. Ця кількість точок відповідає періоду. Для розрахунку коефіцієнта перетворення період сигналу поділяється на кількість точок.

Для калібрування амплітуди також використовується вихідний сигнал. Кількість точок по осі ординат відповідає одному розподілу на осцилографі. Відповідно, задаючи вертикальну розгортку 20 В/поділлка для вихідного сигналу, визначається співвідношення напруги на датчику та кількості точок. Для

отриманого сигналу той самий коефіцієнт ділиться на 20 і множиться на розгортку другого каналу осцилографа.

На рис. 4.2 зображено комп'ютерне подання періодичного сигналу на джерелі та приймачі. У такому вигляді перевіряється відповідність електронного подання сигналу та його заданих та вимірних аналоговим чином параметрів. При необхідності частота та амплітуда можуть бути скориговані.

Після калібрування до сигналу застосовується перетворення Фур'є. Для поліпшення деталізації обробки та збільшення кількості аналізованих частот сигнал екстраполюється. Крім того, для процесу обробки число подій необхідно прийняти рівним числу 2 в деякому степені. У нашому випадку кількість точок для обробки приймається $2^{13} = 8192$. Така кількість точок у фізичному вираженні не кратна періоду. Отже, відбувається деяке відхилення частот, отриманих Фур'є-перетворенням від дійсних значень. Для коригування вводиться додатковий коефіцієнт, що дорівнює відношенню заданої та розрахованої частоти. Решта частоти множаться на отримане значення. Таким чином, крім основних, можна виявити кілька близьких до них частот і оцінити поведінку функції в околиці основних точок.

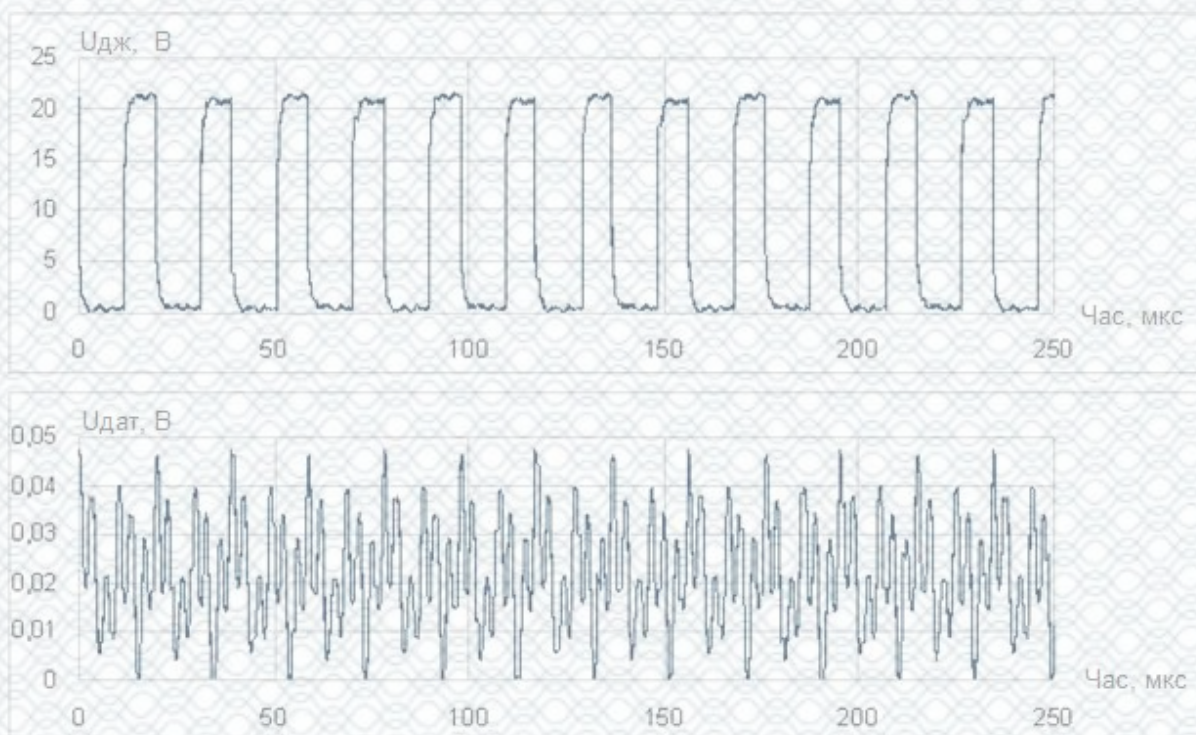


Рисунок 4.2 – Вид періодичного сигналу після перетворення ЕОМ

Для перетворення Фур'є 8192 значення напруги, знятої з датчиків, вносяться в програму «Statistica 6.1». Результатом одновимірного спектрального аналізу Фур'є є таблиця, що містить 4096 рядків, кожен з яких відповідає певній частоті. Для цих частот за формулою обчислені коефіцієнти ряду Фур'є a_n та b_n . Частота та період у внутрішньому поданні програми пов'язана з числом спостережень – 8192. Для визначення фізичної частоти слід період у внутрішньому поданні помножити на час однієї події. Тоді величина, обернена до отриманого добутку, буде фізичною частотою. Для дослідження амплітудного спектра, як описувалося в розділі 2, обчислюється квадратний корінь формула (2.14). Фур'є-аналіз зручніше представляти у графічному вигляді, де по осі абсцис відкладається частота, а по осі ординат – амплітуда (рис. 4.3, 4.4).

На наступному етапі проводиться порівняння Фур'є-аналізу вихідного сигналу та сигналу, що проходить через моторне масло. На рис. 4.3 представлений графік амплітудного спектра сигналу, що подається випромінювачем. Вершини функції показують амплітуду синусоїдального сигналу певної частоти. Для хвилі прямокутної форми розкладання являє собою нескінченну суму синусоїд з частотами, кратними несучій частоті, і амплітудами. Порівнюючи вихідний спектр (рис. 4.3) із спектром сигналу на приймачі (рис. 4.4), ми спостерігаємо піки функції на однакових частотах. Значно менша амплітуда пов'язана із загасанням сигналу при проходженні через оливу. Однак розподіл амплітуди в загальному випадку не буде монотонно спадаючим, як при розкладанні ідеально прямокутного сигналу. Таким чином, виділяються характерні частоти, на яких сигнал менше загасає. Перетворення Фур'є на частоті резонансної вироджується в один пік і не є показовим.

Напруга на п'єзоелементах пропорційна звуковому тиску. Коефіцієнт поглинання обчислюватиметься за такою формулою:

$$\alpha = L^{-1} \cdot \ln (U_{дж} / U_{дам}), \quad (4.1)$$

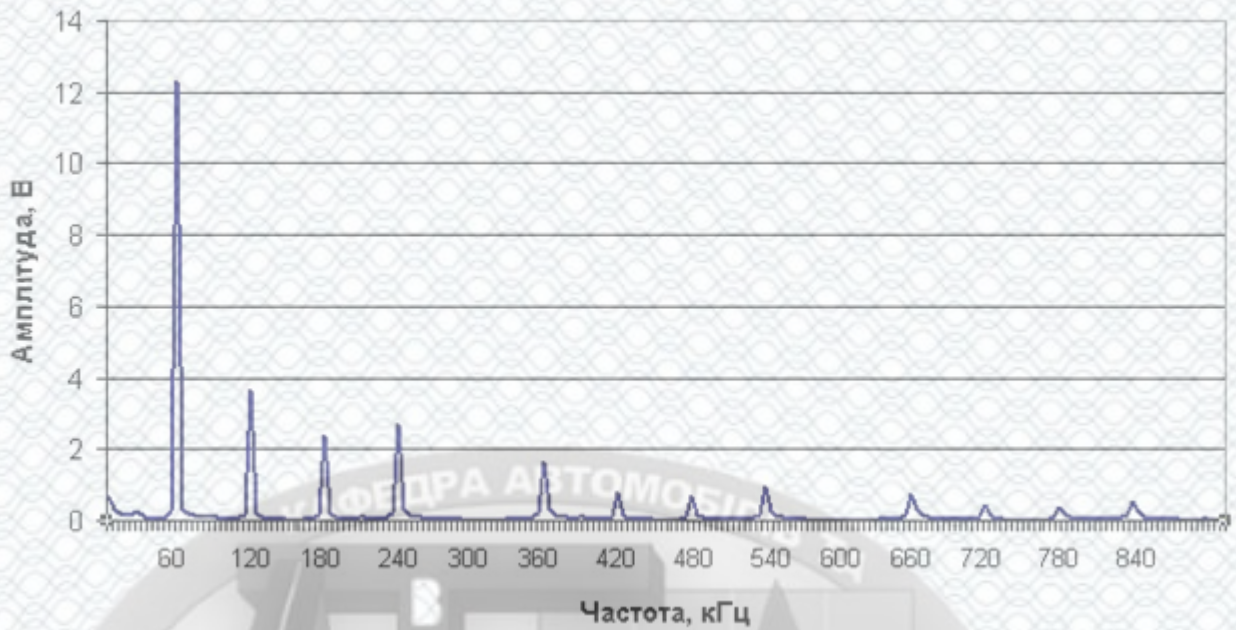


Рисунок 4.3 – Амплітудний спектр вихідного сигналу

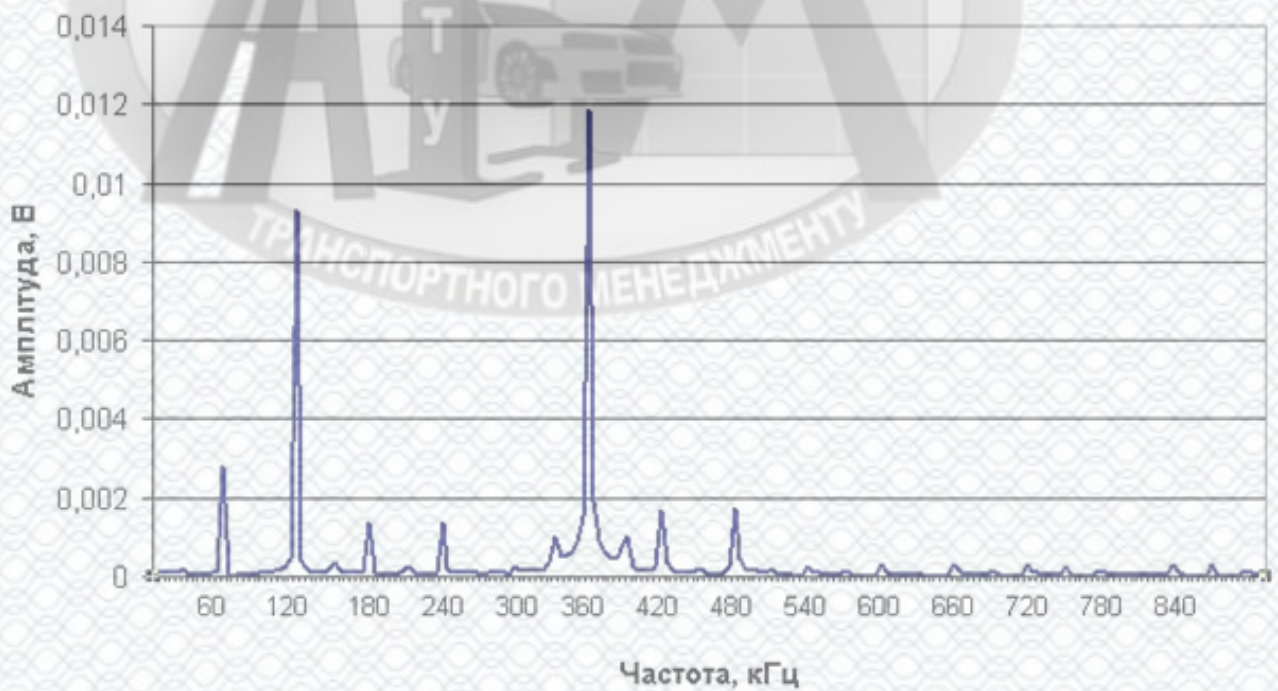


Рисунок 4.4 - Амплітудний спектр отриманого сигналу

де L - довжина, на якій відбувається поглинання, дорівнює довжині трубки;

$U_{дж}$ - напруга, що подається на випромінювач сигналу;

$U_{дат}$ – напруга, знята з приймача.

Напруги кожної частоти розраховуються перетворенням Фур'є. Таким чином, з'являється можливість аналізу більш високих частот.

При різних частотах вихідного сигналу виявлено, що мінімальне поглинання звукових хвиль спостерігається на частотах 100-150 кГц та 250-350 кГц. У зазначених діапазонах не виявлено значного впливу резонансних явищ чи шумів. Ці частоти слід використовувати при аналізі зразків моторної оливи.

4.2 Визначення залежності в'язкості оливи від коефіцієнта поглинання ультразвуку

Основний експеримент проводився з моторною оливою SAE 0W-20 у кюветі довжиною 412 мм за умов:

- розташування вимірювальної кювети – повітря;
- температура оливи змінюється від 40°C до 100°C з кроком 10°C;
- частота сигналу приймається ≈ 40 кГц;
- тривалість імпульсу 8 мкс;
- амплітуда сигналу 20 В.

У середовищі моторної оливи коливання, що збуджуються в трубці, не встигають загасати до наступного ударного впливу. Сигнал на приймачі спотворюється вихідним сигналом та не піддається аналізу. Згідно з формулою (2.10) коефіцієнт поглинання пропорційний квадрату частоти сигналу. Для основного аналізу було обрано несучу частоту п'єзоелектричних елементів – 40 кГц. При цьому значно зменшилося поглинання сигналу датчиками та збільшилося поглинання сигналу оливою. Відповідно до розробленого алгоритму сигнал оброблявся на ЕОМ, і аналізувалося відношення частот, виділених перетворенням Фур'є.

Аналізуючи отримані залежності, можна відзначити, що при однаковій частоті напруга на випромінювачі ультразвуку залишається постійною. При цьому на приймачі сигналу напруга зростає, що свідчить про більший звуковий

тиск при підвищенні температури масла. Коефіцієнт поглинання, розрахований за формулою (4.1), зменшується. В результаті експерименту спостерігається монотонно спадна експоненційна залежність коефіцієнта поглинання при збільшенні температури (рис. 4.5). Таким чином, практично отримані дані підтверджують залежність Стокса-Кірхгофа, згідно з якою поглинання пов'язане в першу чергу з в'язкі властивості рідини. Приймаючи в цій залежності втрати на постійну теплоємність, залежність коефіцієнта поглинання від в'язкості повинна прийняти лінійний характер. Це підтверджено проведеними вимірами (рис. 4.6).

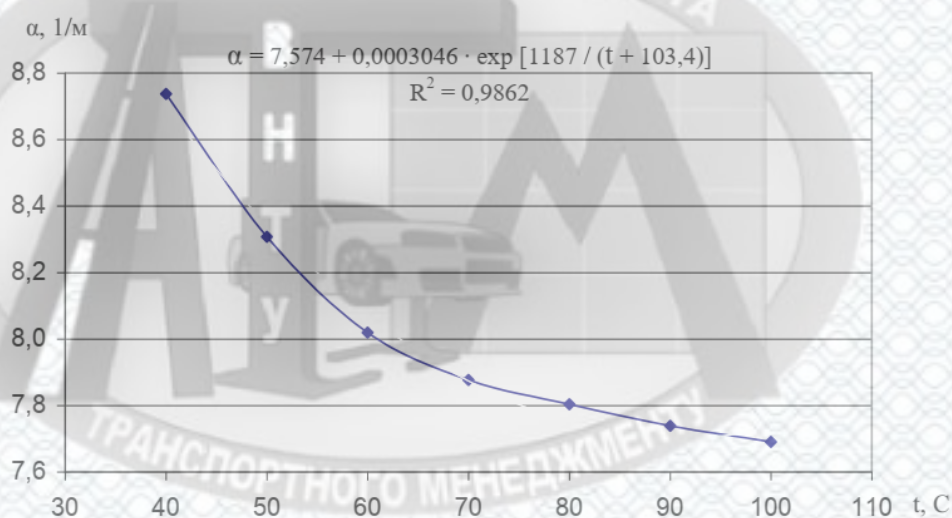


Рисунок 4.5 – Залежність коефіцієнта поглинання звуку від температури

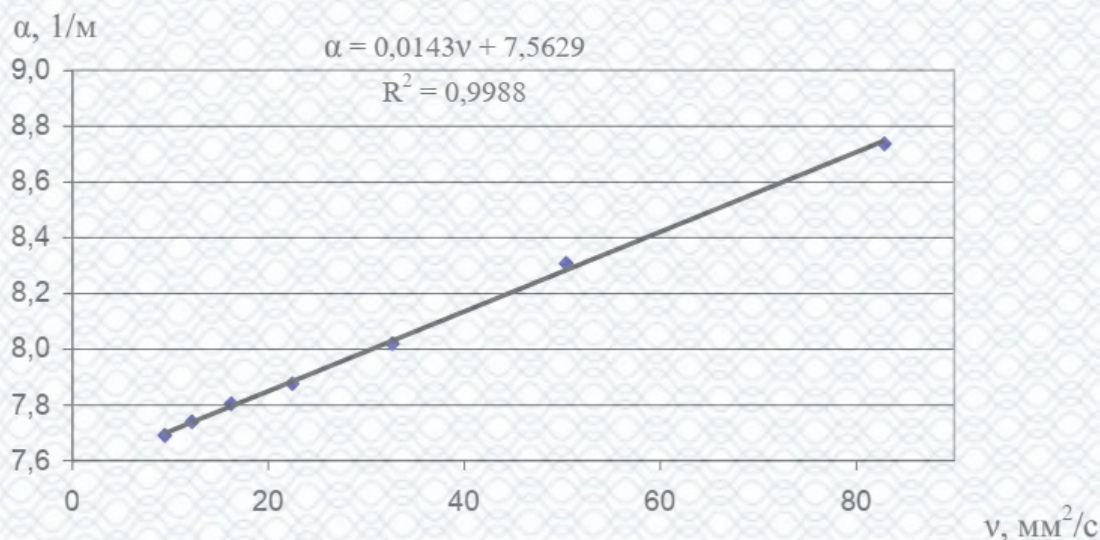


Рисунок 4.6 – Залежність коефіцієнта поглинання звуку від в'язкості

У роботі прийнято припущення про постійну густину. При зміні температури вона змінюється приблизно на 4%, що можна порівняти з приладовою похибкою електрофізичного устаткування. Для розрахунку коефіцієнтів використовуємо зведені у табл. 4.2 фактичні дані визначення в'язкості та коефіцієнта поглинання.

Таблиця 4.2 – Зіставлення фактичних даних для розрахунку емпіричної залежності

| Температура оливи $t, ^\circ\text{C}$ | Густина оливи $\rho, \text{кг/м}^3$ | Кінематична в'язкість $\nu, \text{мм}^2/\text{с}$ | Напруга джерела $U_{\text{дж}}, \text{В}$ | Напруга приймача $U_{\text{дат}}, \text{В}$ | Коефіцієнт поглинання $\alpha, 1/\text{м}$ |
|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|--|
| 40 | 867,0 | 82,87 | 0,532 | 0,01454 | 8,737 |
| 50 | 862,5 | 50,38 | 0,534 | 0,01742 | 8,308 |
| 60 | 856,5 | 32,67 | 0,533 | 0,01958 | 8,019 |
| 70 | 850,5 | 22,47 | 0,530 | 0,02065 | 7,877 |
| 80 | 844,5 | 16,21 | 0,530 | 0,02128 | 7,804 |
| 90 | 838,5 | 12,21 | 0,533 | 0,02198 | 7,739 |
| 100 | 832,0 | 9,45 | 0,532 | 0,02238 | 7,690 |

Розраховані коефіцієнти відповідно дорівнюють: $k = 69,881$; $b = - 528,46$.

Лінійна модель залежності кінематичної в'язкості коефіцієнта поглинання звуку показала високий коефіцієнт детермінації $R=0,9988$.

Емпірична залежність в'язкості від коефіцієнта поглинання звуку представлена на рис. 4.7.

Для практичного визначення в'язкості було обрано пропускання через оливу прямокутного сигналу з частотою 40 кГц. Як джерело сигналу застосовується генератор прямокутного імпульсу. Сигнал оцінюється осцилографом. Вимірвальна кювета являє собою трубку довжиною $\approx 0,5$ м, що дозволяє розмістити датчик у системі змащення двигуна комерційної техніки: вантажних автомобілів, автобусів або сільськогосподарської техніки між двигуном і масляним радіатором. Найбільш характерним обертоном для порівняння амплітуди вихідного ($U_{\text{дж}}$) та отриманого ($U_{\text{дат}}$) сигналів є частота 120 кГц.

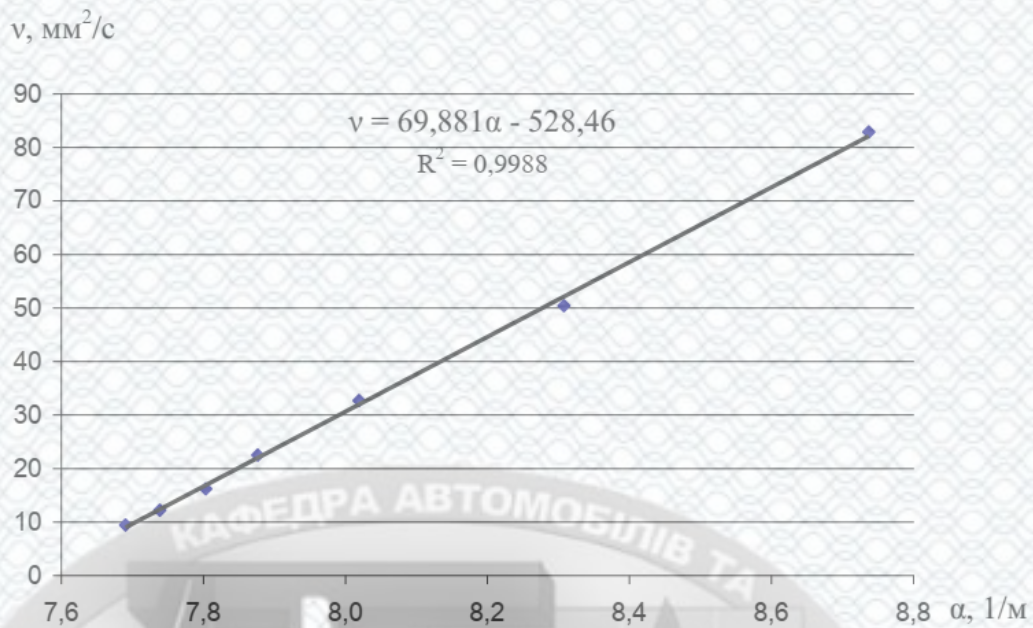


Рисунок 4.7 – Емпірична залежність кінематичної в'язкості моторної оливи від коефіцієнта поглинання звуку

4.3 Перевірка методики оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи при дослідній експлуатації

Найбільшу стабільність виявили результати на частоті 120 кГц. Це обертон третього порядку для частоти 40 кГц, що несе, або четвертого порядку від частоти 30 кГц. Резонансні явища датчиків на 40 кГц або системи на 30 кГц не мали істотного впливу на результати, що знімаються. Усереднені дані, отримані під час досліджень на частоті 40 кГц. В автотранспортному підприємстві було проведено перевірку приладу з метою оцінки працездатності моторної оливи. Було виявлено, що залежність в'язкості моторної оливи від напрацювання не є монотонною (рис. 4.8). Перші десять тисяч кілометрів після заміни моторної оливи Mobil Delvac MX Extra 10W-40 у двигуні вантажного автомобіля Scania R114 в'язкість зменшується. Цей процес пов'язаний з деградацією частини присадки, що загущує. Потім в'язкісні характеристики моторної оливи стабілізуються, і в'язкість починає незначно збільшуватися, що пов'язано із загущенням сажі і окислювальними процесами. Коли окислювальні процеси починають відігравати більш значну

роль, в'язкість оливи починає зростати інтенсивніше, поки не виходить за межі допустимого діапазону. Така зміна в'язкості моторної оливи від напрацювання (рис. 4.8) практично завжди спостерігається під час експлуатації комерційного автотранспорту. Вплив різних факторів на зміну в'язкості робить реальну залежність в'язкості від напрацювання погано передбачуваною (рис. 4.9). Так, при розрідженні оливи паливом в'язкість почне зменшуватися. При значному попаданні сажі або значному окисленні оливи горизонтальної частини графіка практично не спостерігатиметься. Це вимагає коригування методики оцінки залишкового ресурсу моторної оливи, запропонованої у розділі 2.

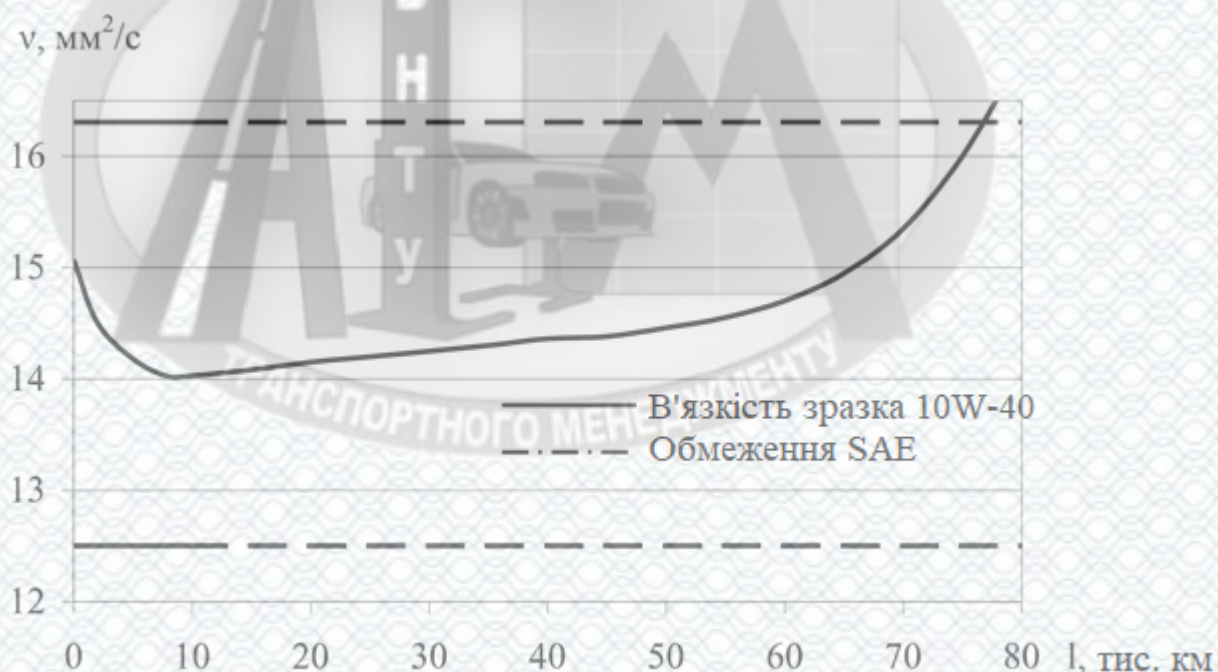


Рисунок 4.8 – Зміна в'язкості моторної оливи за напрацюванням

Зміна в'язкості моторної оливи за напрацюванням можна розбити на три умовні частини (рис. 4.9), пропорційні міжзмінному інтервалу:

- I – різке зменшення в'язкості (етап приробітку) – 10%;
- II – стабілізація в'язкості (етап нормальної експлуатації) – 80%;
- III - різке зростання в'язкості (етап попередження відмови) – 10%.

Пропонований ультразвуковий прилад відповідно до розробленої в розділі 2 методики регулярно фіксує працездатність моторної оливи. Діагностичний параметр при цьому повинен знаходитись у допустимому діапазоні значень:

$v_{\min} < v_l < v_{\max}$. Свіжа олива (точка 1) починає інтенсивно розріджуватися. Відповідно до методики розрахований залишковий ресурс l_3 становитиме 10–20% від реального міжсервісного інтервалу (точка 5) $l_5 < 0.1 \dots 0.2 \cdot l_{\max}$. У цьому випадку включається жовта індикаторна лампа, покликана попередити водія про можливу помилку. Зелена індикаторна лампа увімкнеться при збільшенні передбачуваного залишкового ресурсу більш ніж 20% від номінального значення $l_5 = 0.2 \cdot l_{\max}$. Подальше збільшення очікуваного залишкового ресурсу призведе до зрівнювання $l_3 = l_{\max}$, а потім до перевищення $l_3 > l_{\max}$ (точка 8) очікуваного значення над рекомендованого виробником. У цій ситуації водієві показується максимально рекомендований міжсервісний інтервал. При зміні залежності (точка 2) дотична k_l розрахована за формулою (2.17) до графіка функції $v(l)$ змінить свій знак: $k_l \cdot k_{l-1} < 0$. Зафіксувавши цю точку, слід скоригувати очікуваний міжсервісний інтервал відповідно до класичної зміни діагностичного параметра $l_3 = l_4 = 10 \cdot l_2$.

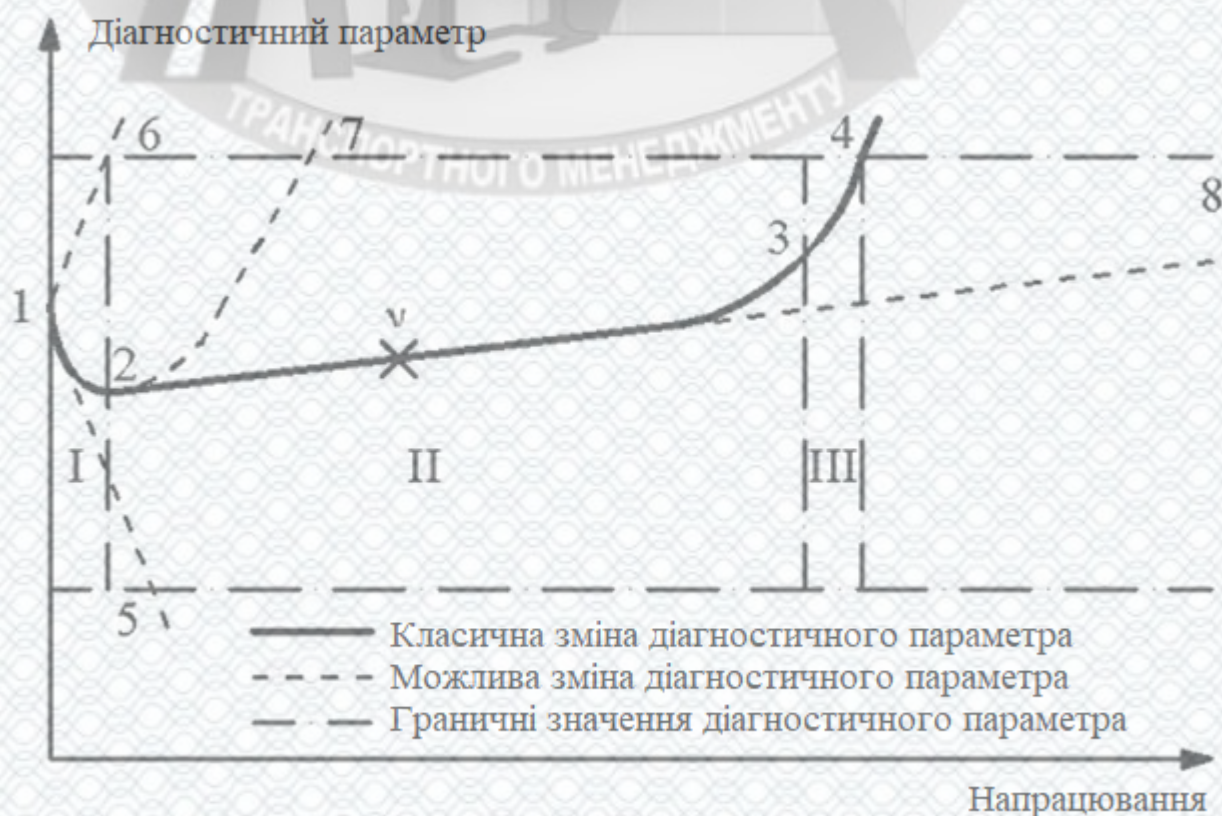


Рисунок 4.9 – Можливі зміни в'язкості моторної оливи за напрацюванням

У складних умовах експлуатації стабілізації в'язкості може не статися. Як тільки залишковий ресурс виявиться меншим за теоретично розрахований $l_3 < l_4$, водієві видаватиметься скориговане значення l_7 (точка 7). За сприятливих умов експлуатації зростання в'язкості розпочнеться після значного пробігу (точка 3) $l_3 = 9 \cdot l_2$. При цьому напрацюванні знову включиться жовта індикація, що показує можливу помилку визначення залишкового ресурсу. На проміжку від точки 3 до точки 4 значення діагностичного показника дуже швидко зміниться, і залишковий ресурс буде передбачений з точністю, що не перевищує середньодобовий пробіг $l_3 \approx l_4$. Якщо з експлуатаційних причин в'язкість почне збільшуватися відразу $k_1 > 0$, порівняння діагностичного показника відбуватиметься не з мінімальним, а з максимальним значенням, і водій побачить значення l_6 , відповідне стану оливи в точці 6.

4.4 Удосконалена методика оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи

Узагальнюючи проведені дослідження, можна сформулювати методику оцінки працездатності моторної оливи у процесі експлуатації автомобіля.

Розроблений ультразвуковий прилад оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи встановлюється в масляну магістраль двигуна комерційної техніки. При цьому п'єзоелектричні елементи – випромінювач та приймач звуку – встановлюються співвісно на певній відстані. При необхідності додатково встановлюється термopара, що вимірює температуру оливи. Блок управління встановлюється у місці, де він буде захищений від попадання вологи та бруду. Датчики з'єднуються з блоком керування екранованими проводами.

Блок управління виконує такі функції:

- генерування прямокутного сигналу;
- прийом сигналу від ультразвукового датчика;

- перетворення Фур'є для вихідного та отриманого сигналів;
- розрахунок в'язкості;
- прийом сигналу від датчика температури;
- порівняння в'язкості з допустимими значеннями.

Створений прямокутний електричний сигнал подається на п'єзоелектричний випромінювач звуку. Звук, проходячи через моторну оливу, частково поглинається середовищем, а потім перетворюється ультразвуковим датчиком в електричний сигнал. До вихідного та прийнятого сигналів застосовується швидке перетворення Фур'є. Після виділення одного з обертонів на його частоті визначається співвідношення амплітуд сигналів. Натуральний логарифм відношення поділяється на відстань між датчиками для одержання коефіцієнта поглинання. По лінійній залежності коефіцієнт поглинання перераховується у в'язкість моторної оливи. Температура визначається класичним термоелектричним датчиком. Потім відбувається порівняння в'язкості і фіксується попадання її значень у допустимий діапазон в'язкості при заданому діапазоні температур.

На вимірювані значення в'язкості впливають:

- використовувані джерело та приймач звуку;
- відстань між ультразвуковими елементами;
- частота і шпаруватість сигналу, що генерується;
- частота оброблюваного обертону;
- характеристики моторної оливи: щільність, швидкість звуку, теплоємність.

Рекомендована елементна база:

- джерело звуку – п'єзоелектричний випромінювач МА40Е7S;
- приймач звуку – п'єзоелектричний приймач МА40Е7R;
- відстань між ультразвуковими елементами – 500 мм.

Рекомендовані режими роботи установки:

- частота прямокутного сигналу - 40 кГц;
- тривалість імпульсу - 8 мкс;
- частота оброблюваного обертону - 120 кГц.

При зазначених режимах роботи установки емпірична залежність в'язкості від коефіцієнта поглинання буде описана:

$$v = k \cdot \alpha + b = 69,881 \cdot \alpha - 528,46. \quad (4.2)$$

При необхідності в блок керування слід ввести два рівні калібрування:

- користувальницький, в якому відбувається калібрування залежності, що передбачає зіставлення в'язкості та температури моторної оливи та введення коефіцієнтів для лінійної залежності в'язкості від коефіцієнта поглинання;

- інженерний, у якому встановлюються значення параметрів сигналу та геометричних параметрів вимірювальної системи, у тому числі відбувається калібрування датчиків, де задаються дані визначення коефіцієнта поглинання, і навіть граничні значення в'язкості, необхідні для конкретної моделі двигуна і певних умов експлуатації.

Враховуючи обернено пропорційну залежність коефіцієнта поглинання від довжини вимірювальної кювети, рівень калібрування користувача може компенсувати неточність установки ультразвукових елементів при обслуговуванні системи.

Працездатність моторної оливи оцінюється при кожному запуску двигуна. Для розрахунку залишкового ресурсу використовуються результати вимірювання датчика якості оливи після прогріву двигуна до робочої температури. Залежність зміни якості оливи розраховується як тангенс кута нахилу за двома останніми точками графіка. Для цього дані поточного виміру доповнюються значенням діагностичного показника попереднього виміру.

Індикація для водія здійснюється відповідно до логічних умов, представлених у табл. 4.3.

Позначення, що застосовуються:

l_{max} – максимальне значення міжсервісного інтервалу, яке допускається виробником автомобіля (вводиться під час встановлення датчика якості);

Таблиця 4.3 – Інформування водія про роботу приладу та залишковий ресурс моторної оливи

| Індикація | | Логічна умова | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--|
| Залишкового ресурсу l_3 , (цифрова) | Роботи приладу, (кольорова) | Діагностичний параметр: v_l | Кутовий коефіцієнт: k_l | Напрацювання: l_l , Залишковий ресурс: l_3 |
| l_3 | Жовтий | $v_{min} < v_l < v_{max}$ | - | $l_3 < 0.2 l_{max}$ |
| l_3 | Зелений | $v_{min} < v_l < v_{max}$ | - | $0.2 l_{max} < l_3 < l_{max}$ |
| $l_l - l_l$ | Зелений | $v_{min} < v_l < v_{max}$ | - | $l_{max} < l_3$ |
| $l_l - l_l$ | Жовтий | $v_{min} < v_l < v_{max}$ | - | $l_{max} < l_l$ |
| l_3 | Жовтий | $v_{min} < v_l < v_{max}$ | - | $0.9 l_l < l_l$ |
| l_3 | Помаранчевий | $v_{min} < v_l < v'_{max}$ | $k_l > 0$ | - |
| l_3 | Помаранчевий | $v'_{min} < v_l < v_{min}$ | $k_l < 0$ | - |
| l_3 | Червоний | $v'_{max} < v_l$ | $k_l > 0$ | - |
| l_3 | Червоний | $v_l < v'_{min}$ | $k_l < 0$ | - |

v_{min} , v_{max} – мінімальне та максимальне гранично допустимі значення кінематичної в'язкості, встановлені виробником автомобіля (вводяться при встановленні датчика якості);

v'_{min} , v'_{max} – мінімальне та максимальне граничні значення кінематичної в'язкості, встановлені виробником автомобіля (вводяться під час встановлення датчика якості);

l_3 – залишковий ресурс моторної олії, розрахований за формулою (2.18);

k_l , b_l – значення кутового коефіцієнта та вільного члена рівняння розрахунку залишкового ресурсу моторної оливи, що відповідають певному напрацюванню, розраховані за формулою (2.17);

v_l – значення кінематичної в'язкості, визначене ультразвуковим методом за формулами (4.1), (4.2), відповідне певному напрацюванню;

v_{l-1} – значення кінематичної в'язкості, що відповідає попередньому виміру залишкового ресурсу оливи;

l_l , l_{l-1} – значення напрацювання автомобіля щодо залишкового ресурсу та напрацювання при попередньому вимірі;

$U_{\text{дж}}, U_{\text{дат}}$ – амплітуди сигналу на випромінювачі та приймачі сигналу на виділеній швидким перетворенням Фур'є частоті 120 кГц;

l_t – теоретично розраховане ($10 \cdot l_3$) значення міжзмінного інтервалу в момент зміни кутового коефіцієнта ($k_l \approx 0$), яке призначене для врахування фактичної експлуатації техніки та попередження помилкової індикації максимального міжзмінного інтервалу.

Колірна індикація роботи приладу означає:

- зелений – система працює штатно;
- жовтий – можлива помилка у визначенні залишкового ресурсу;
- помаранчевий – значення в'язкості знаходиться на гранично допустимому рівні, рекомендується замінити моторну оливу;
- червоний – значення в'язкості вийшло за допустимі значення, подальша експлуатація може призвести до відмови двигуна.

При дослідній експлуатації на автомобілі Scania R114 фіксувалися значення в'язкості, що діагностуються приладом, та прогнозований залишковий ресурс моторної оливи Mobil Delvac MX Extra 10W-40 (табл. 4.4). Результати дослідної експлуатації та прогнозування показали необхідність заміни моторної оливи на пробігу 77 тис. км проти прийнятих на підприємстві 60 тис. км. Таким чином, збільшення ресурсу моторної оливи для підконтрольного автомобіля становило 28,3%.

Таблиця 4.4 – Приклад прогнозування залишкового ресурсу моторної оливи на автомобілі

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Напрацювання оливи, тис. км | 0 | 2 | 5 | 8 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 73 | 76 | 77 |
| Залишковий ресурс, тис. км | 10 | 14 | 23 | 72 | 70 | 65 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 5 | 1 | 0 |
| Кінематична в'язкість, мм ² /с | 15,1 | 14,5 | 14,2 | 14,0 | 14,0 | 14,1 | 14,15 | 14,3 | 14,4 | 14,5 | 14,7 | 15,4 | 15,5 | 16,1 | 16,3 |

4.5 Оцінка економічної ефективності впровадження в АТП приладу оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи

Оцінка економічної ефективності впровадження приладу оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи ультразвуковим методом проводилася на прикладі рухомого складу ТОВ «Вінницьке АТП - 10556».

За результатами досліджень, проведених на автомобілі Scania R114, при досягненні міжсервісного напрацювання моторна олива має залишковий ресурс 25-30%. При цьому сучасні мастильні матеріали поведуться дуже стабільно, і в ряді випадків неможливо простежити тенденцію спрацьовування оливи. Використання приладу дозволяє точно визначити момент, коли в'язкість почне виходити за допустимі діапазони.

Збільшення періодичності заміни моторної оливи на 25% призводить до зниження кількості ТО до 44 (проти 56) на рік. Тоді річна економія складе

$$E_{ол} = (N_{ол} - N'_{ол}) \cdot C_{ол} = (56 - 44) \cdot 5800 = 69600(\text{грн}),$$

де $N_{ол}, N'_{ол}$ – кількість заміни оливи відповідно при старій та новій періодичності заміни;

$C_{ол}$ – вартість разової заміни оливи, грн.

Крім того, очікується підвищення загальної надійності агрегатів, оскільки виключаються відмови, пов'язані з втратою властивостей моторної оливи з експлуатаційних причин, наприклад, при зміні умов експлуатації або заправці неякісним паливом.

Вартість приладу, включаючи установку на автомобіль, при дрібносерійному виробництві не перевищить 5 тис. грн. Таким чином, витрати на оснащення парку становитимуть

$$C_{вкл} = C_{уст} \cdot N_{АТП} = 5000 \cdot 41 = 205000(\text{грн}),$$

де $C_{уст}$ – оціночна вартість обладнання з установкою на автомобіль, грн;

$N_{АТП}$ – кількість автомобілів на АТП.

Термін окупності проекту становитиме

$$T_{ок} = \frac{C_{вкл}}{E_{од}} = \frac{205000}{69600} = 2,95 \approx 3(\text{роки}).$$

4.6 Висновки

1. Для практичного визначення в'язкості розроблено експериментальну установку, що дозволяє пропускати через оливу прямокутний імпульс на частоті 40 кГц. Як джерело сигналу застосовується генератор прямокутного імпульсу. Сигнал оцінюється осцилографом. Вимірювальна кювета являє собою трубку довжиною $\approx 0,5$ м, що дозволяє розмістити датчик у системі змащення двигуна комерційної техніки: вантажних автомобілів, автобусів або сільськогосподарської техніки між двигуном і масляним радіатором.

2. Найбільш характерним обертоном для порівняння амплітуди вихідного ($U_{дж}$) та отриманого ($U_{дат}$) сигналів є частота 120 кГц. Коефіцієнт поглинання визначається за формулою $\alpha = 2 \cdot \ln(U_{дж}/U_{дат})$. Кінематична в'язкість визначається за формулою Стокса-Кірхгофа: $\nu = 69,881 \cdot \alpha - 528,46$.

3. Виявлено, що зміна в'язкості моторної оливи в дизельному двигуні має складну залежність, яку можна розділити з напрацювання на 3 умовні етапи: 10% різке зменшення в'язкості; 80% стабілізація в'язкості; 10% різке зростання в'язкості до шлюбного значення. Як бракувальні значення встановлювалися межі класу в'язкості SAE 10W-40 - від 12,5 до 16,3 мм²/с. За результатами дослідної експлуатації вантажних автомобілів-самоскидів міжсервісний інтервал рекомендовано збільшити на 28,3%.

4. За результатами оцінки при впровадженні установки в умовах ТОВ «Вінницьке АТП - 10556», за рахунок збільшення періодичності заміни моторної оливи, термін окупності проекту складе близько 3 років.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Роботи по заміні моторної оливи виконуються в процесі технічного обслуговування в зоні ТО автомобілів, яка розташована в виробничому корпусі АТП. Проаналізуємо небезпечні та шкідливі виробничі фактори зони ТО:

- рухомі машини та механізми, рухомі частини виробничого обладнання;
- підвищена запиленість та загазованість робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання та матеріалів;
- гострі кромки, заусениці та шорсткість на поверхнях деталей, інструментів, обладнання;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність або нестача природного освітлення;
- підвищена або понижена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці.

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- фактори, що виникають внаслідок подразнюючого впливу на людину паливно-мастильних матеріалів, охолоджуючих рідин, хімічних миючих засобів для деталей автомобілів тощо;
- нервово-психічні перевантаження (великий перелік робіт по ПР автомобілів, а від робітника вимагається виконання великого переліку відповідальних робіт при діагностуванні та регулюванні, що веде до розумових перевантажень).

Біологічні шкідливі виробничі фактори на дільниці відсутні

5.1 Технічні рішення щодо безпеки в зоні ТО

5.1.1 Техніка безпеки

В зоні ТО технологічне обладнання, пристосування підлягають технологічному періодичному огляду. Слюсарами-авторемонтниками працюють

особи віком старше 18 років, які пройшли спеціальне навчання та інструктажі з ТБ та ПБ.

Колеса знімають за допомогою спеціального підйомно-транспортного обладнання.

Автомобілі заїжджають власним ходом, гальмуються, включається найнижча передача і під колеса встановлюють не менше 2-ох опорів, які попереджують кочення автомобіля.

Для колективного захисту від дії електричного струму напругою 380/220 В передбачено занулення (захисне заземлення), ізоляція та недоступність струмонесучих частин.

Зняття та встановлення клапанних пружин та гальмівних пружин проводиться тільки з застосуванням спец. пристосувань та інструменту.

Витоки автомобільних мастил своєчасно прибирають тирсою.

Важкі вузли транспортують за допомогою пристосувань.

Роботи на двигуні проводяться, коли температура його поверхні менше 45°C.

В приміщенні зони є медична настінна аптечка з необхідною кількістю ліків, бинтів, вати та жгута. Робітники отримують: бавовняний комбінезон, рукавиці, черевики, засоби індивідуального захисту та миючі аптечні засоби.

5.1.2 Електробезпека

Безпека праці забезпечується виготовленням обладнання у відповідності вимогами ГОСТ 12.2.009-80; СТ СЗВ 538-87; СТ СЗВ 539-77. Вимоги до електрообладнання:

- обладнання повинно бути обов'язково занулено, що зменшить небезпеку ураження електричним струмом працюючих;

- приміщення зони ПР відносяться до приміщень із особливою небезпекою, так як одночасно мають в наявності слідуєчі умови підвищеної небезпеки: наявність струмопровідного пилу, наявність струмопровідної підлоги, можливість одночасного дотику людини до металевих частин конструкції і обладнання;

- в електричних схемах обладнання повинно бути передбачено блокуючі пристосування на випадок падіння чи збільшення напруги у електричній мережі.

Для запобігання враженню робітників електричним струмом при роботі вжито наступних заходів:

- у відповідності з ГОСТ 12.10.30-81 забезпечено недоступність струмоведучих частин електрообладнання; зовнішні проводи розміщено у металевих трубах, для виключення випадкового пошкодження ізоляції на них всю електроавтоматику розміщено у електрошафі чи у спеціальних нішах. Дверці оснащено відповідними надписами і знаками за ГОСТ 12.4.026-76;

- для захисту від струмів короткого замикання застосовано вимикальні автомати і плавкі запобіжники.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Згідно санітарним нормам $V=15$ м³/люд, $S=4,5$ м²/люд. Реальні показники площі і об'єму знаходяться в межах допустимих значень.

5.2.1 Мікроклімат

Оптимальні показники мікроклімату розповсюджуються на усю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційно для робочих місць.

Згідно [22] проводяться роботи категорії Пб -середньої важкості, пов'язані із постійним переміщенням і роботи, які не потребують переміщення ваги (застосовується підйомно-транспортне обладнання та спеціальні пристосування). Робоче місце постійне, так як робітник знаходиться на ньому понад 50% свого робочого часу. Витрати енергії становлять 150-200 (ккал/рік). Внаслідок відсутності на ділянці джерел теплового випромінювання вони не нормуються. Основні показники мікроклімату для різних періодів року наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Діючі та допустимі значення параметрів мікроклімату в зоні ПР

| Період року | Категорія робіт | Температура, °С | | | Відносна вологість, % | | Швидк. повітря, м/с | |
|-------------|------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|---|---------------------|---|
| | | Оптимальна | Допустима на робочому місці | | Оптимальна | Допустима на постійних і непостійних місцях | Оптимальна | Допустима на постійних і непостійних місцях |
| | | | Постійних | Непостійних | | | | |
| Холодний | Пб середньоважка | 17-19 | 15-21 | 16-23 | 40-60 | 75 | 0,2 | 0,4 |
| Теплий | Пб середньоважка | 20-22 | 16-27 | 15-29 | 40-60 | 70 при 25 °С | 0,3 | 0,2-0,5 |

Фактичні параметри мікроклімату відповідають встановленим вимогам.

В процесі виконання робіт на виробничих постах є необхідність виконання робіт із працюючим двигуном, що може призводити до викидів картерних газів, поганому відведенню відпрацьованих газів, випаровування витоків різних технічних рідин. В процесі виконання робіт застосовуються різні миючі засоби для деталей автомобіля. ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони повинні відповідати [22, 23] та наведені в табл. 5.2.

Вентиляція зони приточно-витяжна з механічним та природним сполучанням. Також на постах організовані вентиляційні відсмоктувачі відпрацьованих газів при роботах із працюючим двигуном. Система вентиляції дозволяє підтримувати концентрацію шкідливих речовин в межах, які не перевищують гранично-допустимі, що наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - ГДК шкідливих речовин в повітрі зони

| Назва речовин | ГДК мг/м ³ | Діючі значення ГДК мг/м ³ | Агрегатний стан | Клас безпеки |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------|
| Азота диоксид | 2 | 0,2 | П | 3 |
| Акролеїн | 0,2 | 0,09 | П | 2 |
| Бензин паливний | 100 | 74 | П | 4 |
| Бензопірен | 15·10 ⁻⁵ | 3·10 ⁻⁵ | А | 1 |
| Вуглицю оксид | 20 | 14 | П | 4 |
| Масло мінеральне | 5 | 2 | А | 4 |
| Кислота сірчана | 1 | 0,08 | А | 2 |
| Марганець у зварюв. аерозолях | 0,2 | 0,08 | А | 2 |
| Пил з гальмівних колодок | 4 | 1,5 | А | 3 |
| Мінеральний пил | 2 | 1,2 | А | 4 |

5.2.2 Освітлення

Кількісні і якісні характеристики освітлення регламентовані [22]. Природне освітлення забезпечується подвійними вікнами.

Розряд зорової роботи – Па, так як має місце робота з деталями, де об'єкт розпізнання 0,15...0,3мм.

Коефіцієнт природного освітлення визначається за формулою:

$$e^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c_k, \quad (5.1)$$

де e_n^{III} - нормоване значення коефіцієнту природного освітлення;

m - коефіцієнт світлового клімату.

c_k - коефіцієнт сонячності клімату.

Для 50° Пн. ш при світлових променях орієнтованих на захід

$$e = 1 * 0.9 * 0.75 = 0.675\%.$$

Природне освітлення в приміщеннях повинно задовольняти вимогам, наведеним в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Норми освітленості приміщень і виробничих дільниць

| Приміщення | Площа нормування освітленості та її висота від підлоги | Розряд зорової роботи | Освітленість, лк при загальному освітленні | |
|------------|--|-----------------------|--|----------|
| | | | Нормоване | діюче |
| Зона ПР | Горизонтальна 0,8 | Па | 300(750) | 350(800) |

В зоні ПР використовується загальне та місцеве штучне освітлення. Загальне освітлення складається з рівномірно розмішених пристелевих світильників. В якості місцевого освітлення робочих місць використовуються світильники з лампами накали.

Аналіз приміщень підприємства показав відповідність діючим вимогам.

5.2.3 Шум

Походження механічних шумів пов'язано із слідуючи ми факторами :

- шуми, які виникають завдяки роботи двигунів автомобілів, а також приводів технологічного обладнання;

- ударні навантаження при виконанні деяких видів ремонтних робіт.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 приведені у табл. 5,4, ці дані відповідають виду трудової діяльності, що пов'язана з виконанням усіх видів робіт на постах виробничої зони.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку в дБА на робочих місцях

| Рівні звукового тиску, дБ у активних смугах з середньгеометричною частотою, Гц | | | | | | | | | Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ (А) |
|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | 80 |
| 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | |

Заходи по зниженню та захисту від шуму – використовувати звукоізолюючі кожухи, які закривали б найбільш шумні частини обладнання.

5.2.4 Вібрація

Причиною виникнення вібрацій є невривноважені силові впливи при роботі обладнання. Вибір категорії вібрацій наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Категорія вібрацій за [22]

| Категорія вібрацій по санітарним нормам і критерії оцінки | Характеристика умов праці | Приклад джерел вібрації |
|---|---|-------------------------|
| 3 тип "а"- межа зниження продуктивності праці | Технологічна вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання | Підйомники |

Санітарні норми одно числових показників вібраційного навантаження на оператора при тривалості зміни вісім годин згідно нормам по ДСН 3.3.6.039-99 наведені у табл. 5.6. Санітарні норми показників вібраційного навантаження на оператора (локальна вібрація) наведені в таблиці 5.7.

Таблиця 5.6 – Санітарні норми вібраційного навантаження

| Вид вібрації | Категорія вібрації | Направлення дії | Нормативні, скоректовані по частоті і еквівалентні значення | | | |
|--------------|--------------------|-----------------|---|-----|---------------------|----|
| | | | віброприскорення | | віброшвидкості | |
| | | | м/с ² | ДБ | м/с·10 ² | ДБ |
| Загальна | 3 тип "а" | Zo, Yo, Xo, | 0,1 | 100 | 0,2 | 92 |

Таблиця 5.7 – Санітарні норми показників вібраційного навантаження

| Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц | Нормативне значення | | Нормативне значення | |
|--|---------------------|-----|---------------------|-----|
| | віброприскорення | | віброшвидкості | |
| | м/с ² | ДБ | м/с | ДБ |
| 8 | 1,4 | 123 | 2,8 | 115 |
| 16 | 1,4 | 123 | 1,4 | 109 |
| 31,5 | 2,7 | 129 | 1,4 | 109 |
| 63 | 5,4 | 135 | 1,4 | 109 |
| 125 | 10,7 | 141 | 1,4 | 109 |
| 250 | 21,3 | 141 | 1,4 | 109 |
| 500 | 42,5 | 153 | 1,4 | 109 |
| 1000 | 85 | 159 | 1,4 | 109 |

Віброізоляція зменшує рівні вібрацій, що передаються від джерела на тіло робітника. Вона здійснюється введенням поміж джерелом вібрацій і працюючим проміжного пружного зв'язку. Наприклад, фундамент машин, споруджений на пружних прокладках, або встановлюються на віброізолюючих опорах. Таким чином допустимі рівні вібронанвантаження відповідають вимогам.

5.3 Пожежна безпека

За ступенем вогнестійкості приміщення відноситься до I ступені - приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями з природних чи штучних матеріалів, бетону, залізобетону з використанням листових чи плитних перегороджуючих матеріалів [2].

Можливими причинами виникнення пожеж в можуть бути: порушення технологічного режиму, несправність системи опалення і вентиляції, несправність електрообладнання (коротке замикання, перевантаження), несправність

замираючої арматури, samozапалення матеріалів, схильних до горіння. У відповідності з ОНТП 24-86 усі виробництва поділяються на декілька категорій по пожежній вибуховій і вибуховопожежної безпеки. Дільниця відноситься до категорії Д - виробництво, в якому оброблюються негорючі речовини і матеріали в холодному стані (табл. 5.8). Межі вогнестійкості наведені в табл. 5.9.

Таблиця 5.8 – Визначення категорії приміщення

| Категорія приміщення | Допустима кількість поверхів | Ступінь вогнестійкості | Площа поверхів в межах пожежного відділення, м ² |
|----------------------|------------------------------|------------------------|---|
| Д | 6 | 1 | не обмежується |

Таблиця 5.9 – Мінімальні межі вогнестійкості і максимальні границі розповсюдження вогню, см

| Стіни | | | | Колони | Поверхові площадки, косовури, балки, марші поверхових клітин | Ненесучі конструкції перекриття | Елементи покриття |
|-----------------------------|-------------|--------------------|-----------------------------------|--------|--|---------------------------------|-------------------|
| Несучі та поверхових клітин | Само-несучі | Зовнішні не несучі | Внутрішні не несучі (перегородки) | | | | |
| 2,5/0 | 1,25/ 0 | 0,5/0 | 0,5/0 | 2,5/0 | 1 /0 | 1 /0 | 0,5/0 |

При проектуванні виробничих приміщень передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі у відповідності з СНиП 2.01.02.-85: висота від підлоги донизу виступаючих конструкцій перекриття повинна бути не менше 2,2 (м); висота від підлоги донизу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного надходження людей і на шляхах евакуацій не менше 2(м), а в місцях нерегулярного приходу людей - не менше 1,8 (м).

Кількість евакуаційних виходів не повинна складати менше двох з кожного поверху. Евакуаційні виходи повинні розташовуватись окремо. Кількість людей на 1(м) евакуаційного виходу (дверей) для приміщень I ступені вогнестійкості категорії Д - 260 чоловік. Відповідно до таблиці 5.10 визначаємо відстань по коридорам до виходу і розміщення виходів.

Таблиця 5.10 – Відстань до виходу

| Розміщення виходів | Категорія приміщення | Ступінь вогнестійкості | Відстань по коридорам до виходу, м |
|-------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|
| Між двома зовнішніми виходами | Д | 1 | Більше/120 |

Пожежні вимоги в зоні відповідають вимогам.

Висновок: розробки, виконані в даному розділі дозволяють забезпечити всі вимоги з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в приміщенні зони ТО.



ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було вивчено питання контролю стану та прогнозування залишкового ресурсу моторної оливи в умовах експлуатації.

1. В першому розділі був проведений аналіз існуючих методів контролю стану та прогнозування залишкового ресурсу моторної оливи в умовах експлуатації.

2. Аналіз структури і стану рухомого складу та ВТБ ТОВ «Вінницьке АТП - 10556» виявив як потребу в оновленні рухомого складу підприємства так і потреби у вдосконаленні ВТБ, зокрема системи забезпечення запасними частинами.

3. Обґрунтовано використання показника кінематичної в'язкості моторної оливи в якості комплексного показника оцінки її стану. Для визначення кінематичної в'язкості моторної оливи обґрунтовано використання показника поглинання ультразвукових хвиль.

4. Побудовано математичні моделі зміни кінематичної в'язкості моторної оливи від напрацювання та зміни кінематичної в'язкості від коефіцієнта поглинання ультразвуку.

5. Розроблено експериментальну установку, що дозволяє пропускати через оливу прямокутний імпульс на несучій частоті 40 кГц, порівнювати амплітуду вихідного та отриманого сигналів на частоті 120 кГц. Проведено експериментальне дослідження, яке дозволило встановити зв'язок зміни кінематичної в'язкості від коефіцієнта поглинання ультразвуку: $\nu = 69,881 \cdot \alpha - 528,46$.

6. Удосконалено методику оцінки поточного стану моторної оливи за значеннями кінематичної в'язкості, оцінки його залишкового ресурсу та систему інформування водія про очікуваний пробіг до технічного обслуговування. За результатами дослідної експлуатації вантажних автомобілів міжсервісний інтервал рекомендовано збільшити на 28,3%.

7. За результатами оцінки при впровадженні установки в умовах ТОВ «Вінницьке АТП - 10556», за рахунок збільшення періодичності заміни моторної оливи, термін окупності проекту складе близько 3 років.

8. В п'ятому розділі вивчено питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в зоні ТО АТП.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Болдин А.П. Исследование возможности использования спектрального анализа картерного масла для диагностики автомобильных карбюраторных двигателей: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Болдин Адольф Петрович. М., 1968. 29 с.
2. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною : НАПБ Б.03.002-2007. Київ : ДЕРЖПОЖБЕЗПЕКИ МНС УКРАЇНИ, 2007.
3. 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>.
4. Григорьев М. А., Бунаков Б.М., Долецкий В.А. Качество моторного масла и надежность двигателей / М. :Изд-во стандартов, 1981, 231 с.
5. Двигатели внутреннего сгорания : В 3-х кн.: учеб. для студентов вузов по специальности "Автомобили и автомобил. хоз-во". Т. 2. Динамика и конструирование / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров, В.В. Синявский, Л.М. Матюхин, Ежов С.П.; под ред. В.Н. Луканина, М.Г. Шатрова. – 3-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1997. – 399 с.
6. Зарубежные масла, смазки, присадки, технические жидкости. Ассортимент, свойства, применение: Междунар. кат. Вып. 3 / В. Д. Резников, Т. В. Шестаковская, Е. Е. Довгопольй, М. Б. Чепурова; Изд. центр "Техинформ" Междунар. акад. информатизации. Науч. б-ка дис. и автореф. – М.: Техинформ, 2005. 383 с.
7. Зенкевич В.Б. Экспериментальное исследование теплофизических свойств жидких топлив и масел: дис. ... канд. техн. наук / Зенкевич Владимир Борисович. М., 1961. 233 с.
8. Коньков В.А., Чеканов А.Ю. Особенности технического сервиса грузовых автомобилей: учебное пособие / М., 2013. 120 с.

9. Крамаренко Г.В. Техническая эксплуатация автомобилей. М.: Транспорт, 1982. 488 с.
10. Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику /М.: Наука, 1984. 403 с.
11. Курніков І.П. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту / [Курніков І.П. та ін.]. К.: Вища школа, 1993.
12. Лепендин Л.Ф. Акустика: учеб. пособие для втузов / Л.Ф. Лепендин. М.: Высш. школа, 1978. 448 с.
13. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : організація і управління : підручник / О. А. Лудченко. К. : Знання, 2004. 478 с.
14. Наглюк І.С. Изменение трибологических свойств моторных и трансмиссионных масел при эксплуатации / И.С. Наглюк // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля: наук. журнал. – Луганськ, 2010. №6 (148). С. 135–138.
15. Наглюк И.С., Левченко А.В. Новый критерий оценки трибологических свойств моторных и трансмиссионных масел на четырёхшариковой машине трения / Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ». Луцьк, 2012. Вип. 37. С. 246–250.
16. Наглюк І.С. Математические модели срока смены моторного и трансмиссионного масел при эксплуатации автомобилей / И.С. Наглюк // Вісник СевНТУ: Зб. наук. праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. Севастополь, 2012. Вип. 135/2012. – С. 160–163.
17. Наглюк І.С., Григоров А.Б., Наглюк М.И. О необходимости разработки средств бортовой диагностики качества смазочных масел и жидкостей // Транспорт, екологія – устойчивое развитие: материалы XVII междунар. науч.-техн. конф., 19 – 21 мая 2011 г.: сборник докл. Варна: узд-во техн. ун-та, 2011. С.334 –337.
18. Мезон У. Физическая акустика: т. 1, ч. А. Методы и приборы ультразвуковых исследований: пер. с англ. / У. Мезон; под ред. Л.Д. Розенберга. М.: Мир, 1966. 592 с.

19. Наглюк І.С. Концепція оцінки властивостей моторних та трансмісійних олив транспортних машин за енергетичними параметрами: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20 / Наглюк Іван Сергійович. Харків, 2013. 308 с.

20. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания. [Учебник для вузов] М. Транспорт, 1985 – 231с.

21. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта : ОНТП-01-91 (РД 3107938-0176-91). [Действителен от 1992-01-01]. М. : Гипроавтотранс, 1991. 184с.

22. Пістун І.П., Хом'як Й.В., Хом'як В.В. Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. / Вид-во: ВТД «Університетська книга», 2005. 374 с.

23. Правила охорони праці на автомобільному транспорті : ДНАОП 0.00-1.28-97. К. : Держнаглядохоронпраці, 1997.

24. Резников В.Д. Химмотологические аспекты анализа работавших дизельных масел. М.: ЦНИИТЭнефтехим. 1982. 60 с.

25. Садич І.І., Смирнов Є.В. Огляд методів оцінки показників якості моторної оливи / Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)», Вінниця, 2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/viewFile/16843/14034>

26. Федоров М.И., Золотов В.А. Классификация и применение моторных масел / М.: Диалог, 1999. 147 с.

27. Фукс И.Г., Гар О.Э. Изменения в смазочных материалах при термическом воздействии в процессе их производства и применения: Тематический обзор / М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1985. 55 с.

28. Футзита Х. Качество моторных масел и ресурс // Исимару М. Дзюнкацу. 1984. т. 29. № 12. С. 889-892.

29. Хазиев А.А. Разработка механизма оценки состояния работавшего моторного масла по физико-химическим показателям // Вестник КазАДИ. 2014. Вып. № 4 (39). С. 11-17.

30. Холманов В.М. Разработка показателей и технических средств для диагностики состояния моторного масла в эксплуатационных условиях: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Холманов Валерий Михайлович. Ульяновск, 1983. 253 с.

31. Using Photometry to Analyze Engine Oil Soot Электронна версія журналу "Machinery Lubrication" [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.machinerylubrication.com/Read/223/photometry-engine-oil-soot>



Додаток А
(обов'язковий)



ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ПІДВИЩЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСУ МОТОРНОЇ ОЛИВИ РУХОМИМ
СКЛАДОМ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ВІННИЦЬКЕ АВТОТРАНСПОРТНЕ ПІДПРИЄМСТВО – 10556»



Цьєю роботою використано ресурсу моторної оливи рухливим
зображенням зображення обмеженою відповідей на питання - Нинішнє
можливість використання - 10556a

Корольов, Олександр Іванович
Соловйов, Євген Іванович
Курчак, Ігор Іванович
Курчак, С. В.

Мета роботи – підвищення ефективності експлуатації рухомого складу ТОВ «Вінницьке АТП -10556» шляхом зниження витрат на автомобільні експлуатаційні матеріали при впровадженні контролю за станом моторної оливи.

Завдання дослідження

- провести аналіз існуючих методів оцінки технічного стану моторної оливи та прогнозування її залишкового ресурсу;
- описати математичні моделі комплексної оцінки стану моторної оливи від електрофізичного параметра;
- удосконалити методику оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи в процесі експлуатації автомобілів із застосуванням електрофізичних показників;
- провести дослідження зв'язку між в'язкістю моторної оливи та її електрофізичними параметрами;
- розробити організаційно-технологічні рішення виконання робіт технічного обслуговування та ремонту автомобілів в ТОВ «Вінницьке АТП - 10556»;
- виконати оцінку ефективності застосування методики та приладу визначення стану та залишкового ресурсу моторної оливи на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП - 10556».

Об'єкт дослідження – зміна властивостей моторних олив в умовах експлуатації.

Предмет дослідження – зміна параметрів, у тому числі електрофізичних, моторних олив у процесі експлуатації.

Новизна отриманих результатів

- застосовано коефіцієнт поглинання звукових хвиль моторною оливою, як показника, що характеризує його в'язкість;
- отримали розвиток математичні моделі та методика, які дозволяють оцінити стан та спрогнозувати залишковий ресурс моторної оливи, що знаходиться в експлуатації.

Практичне значення отриманих результатів

полягає у розробці методичних рекомендацій та концепції вимірювального обладнання, що дозволяють контролювати стан моторної оливи та прогнозувати її залишковий ресурс. Застосування даних розробок дозволяє уникнути передчасних замін моторної оливи, а також виявляти несправності, які можуть призвести до пошкодження двигуна.

Класифікація методів визначення якості моторних оливо



Характеристика ТОВ «Вінницьке АТП - 10556»

Основні види діяльності:

- перевезенні вантажів автотранспортом у внутрішньому та міжнародному сполученнях;
- надання послуг по технічному обслуговуванню, поточному та капітальному ремонту автомобілів.

Загальна характеристика АТП:

- Кількість одиниць рухомого складу: Scania – 24, Volvo – 12, Renault – 5;
- Площа території - 2,28 га;
- Площа забудови - 5460,6м²;
- Площа стоянок – 5770 м².

Таблиця 1 – Аналіз техніко-експлуатаційних показників ВТБ

| Найменування ТЕП | Еталонний показник P_i^e | Нормативний показник $P_i^н$ | Фактичний показник $P_i^ф$ | Результат порівняння, % |
|---|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1. Чисельність виробничих робітників | 0,32 | 0,96 | 0,75 | -22 |
| 2. Кількість робочих постів | 0,10 | 0,47 | 1,10 | 133 |
| 3. Площа виробничо-складських приміщень, м ² | 19,0 | 54,88 | 131,16 | 139 |
| 4. Площа допоміжних приміщень, м ² | 8,70 | 23,94 | 40,22 | 68 |
| 5. Площа стоянки, м ² | 37,2 | 68,45 | 150,59 | 120 |
| 6. Площа території, м ² | 120 | 389,68 | 997,58 | 156 |

Математична модель оцінки стану моторної оливи

Емпірична залежність визначення в'язкості моторної оливи:

$$\nu = a + b \cdot e^{\frac{c}{t+d}}$$

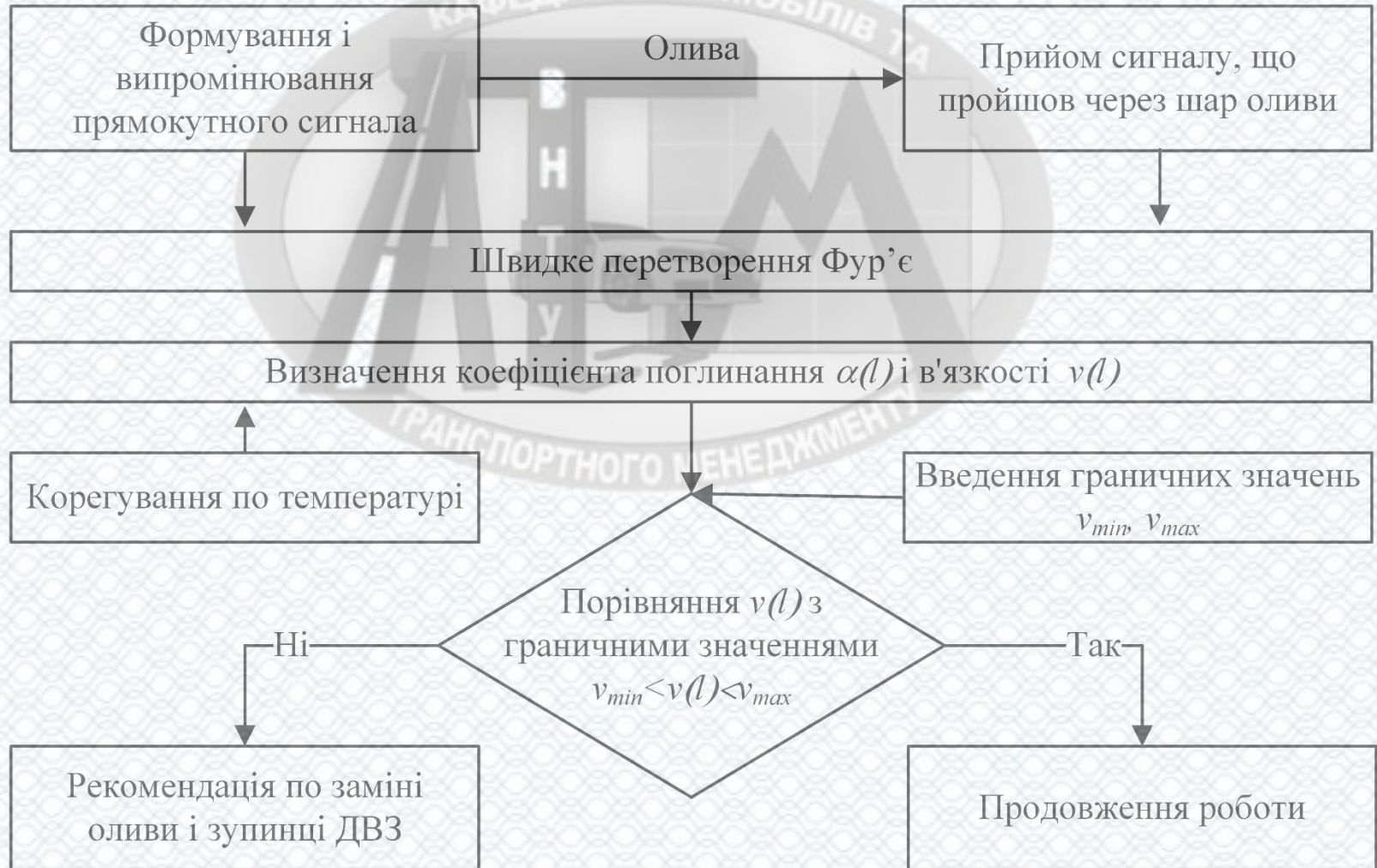
де a – мінімальна в'язкість, якої прагне значення функції при нескінченному зростанні температури; b і c – коефіцієнти, що враховують індекс в'язкості оливи; d – температура склування; t – температура оливи.

Коефіцієнт поглинання ультразвуку:

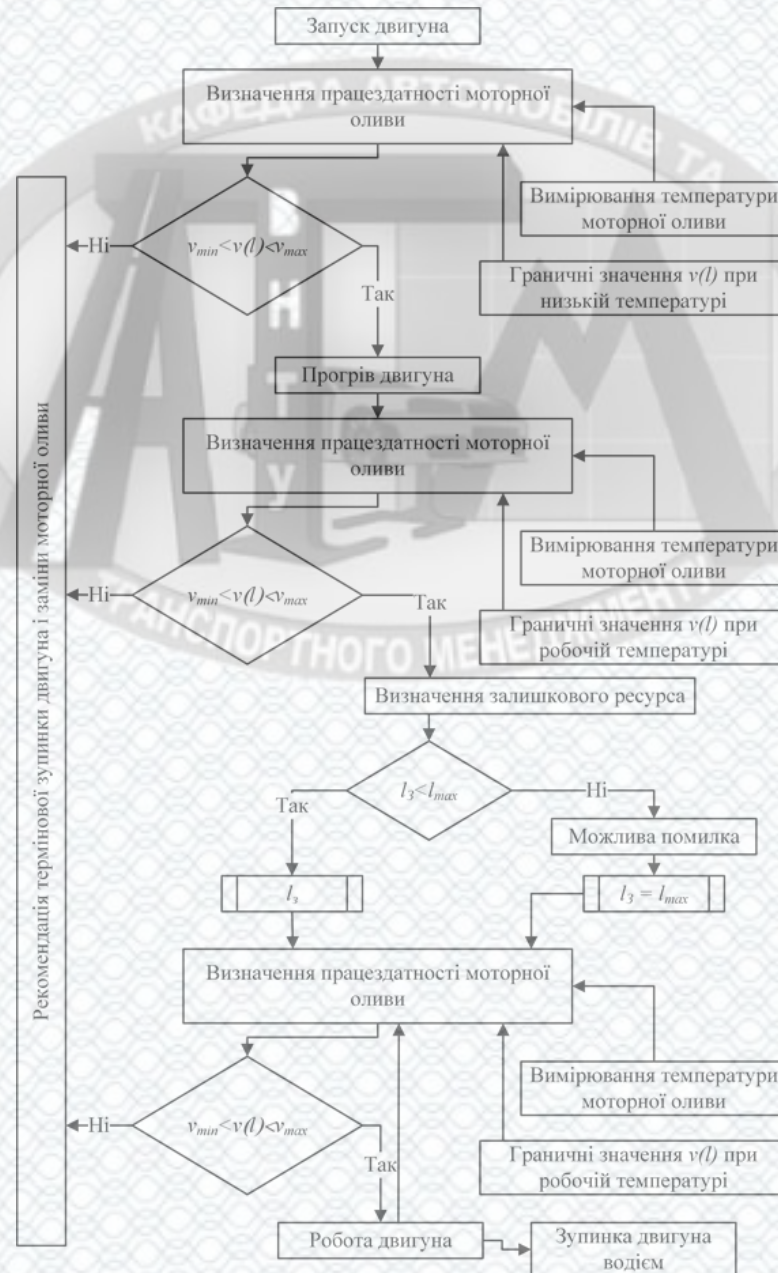
$$\alpha = \frac{\omega^2}{2\rho_0 c^3} \left[\frac{4}{3}\eta + \xi + \chi \left(\frac{1}{C_V} - \frac{1}{C_P} \right) \right],$$

де ω [с⁻¹] – кругова частота; ρ_0 [кг/м³] – густина; c [м/с] – швидкість звуку в досліджуваному середовищі; η [Па·с] – динамічна в'язкість; ξ [Па·с] – об'ємна в'язкість; χ [Вт/(м·К)] – коефіцієнт теплопровідності; C_V [Дж/К] – теплоємність при постійному об'ємі; C_P [Дж/К] – теплоємність при постійному тиску.

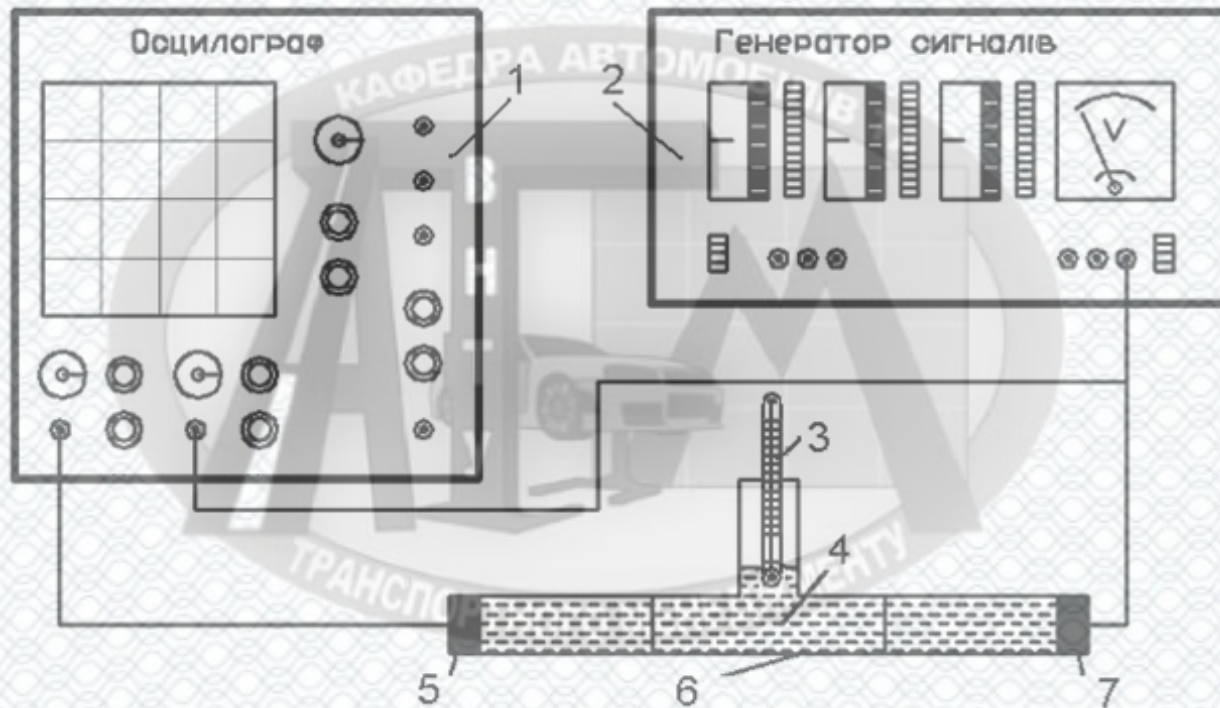
Алгоритм оцінки стану моторної оливи



Алгоритм оцінки залишкового ресурсу моторної оливи



Установка для визначення стану моторної оливи



1 – осцилограф; 2 – генератор сигналів; 3 – ртутний термометр; 4 – досліджувана олива; 5 – приймач сигналу; 6 – скляний циліндр з T-подібною трубкою; 7 – випромінювач сигналу

Обробка звукового сигналу, що проходить через моторну оливу

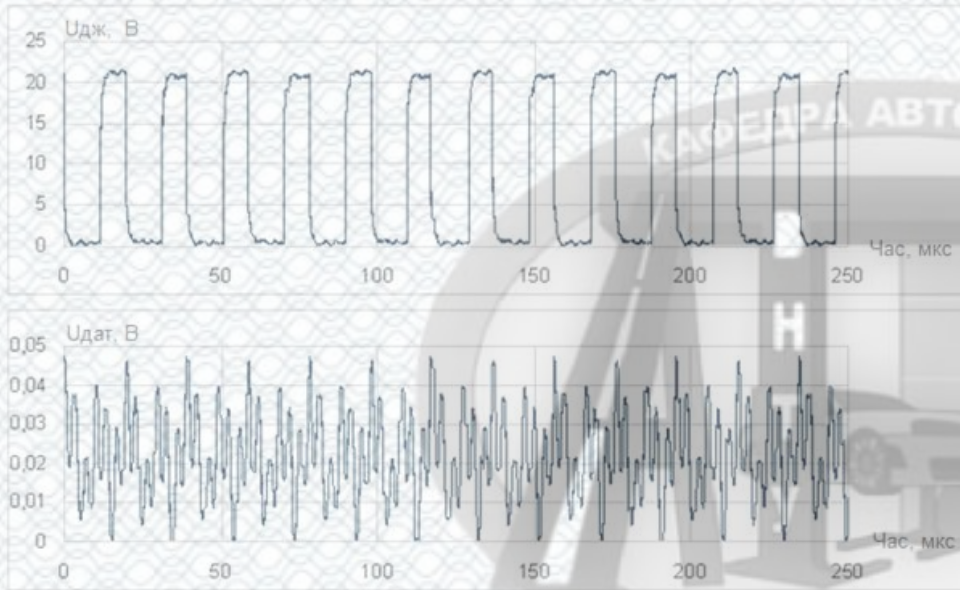


Рисунок 1 – Вид періодичного сигналу після перетворення ЕОМ

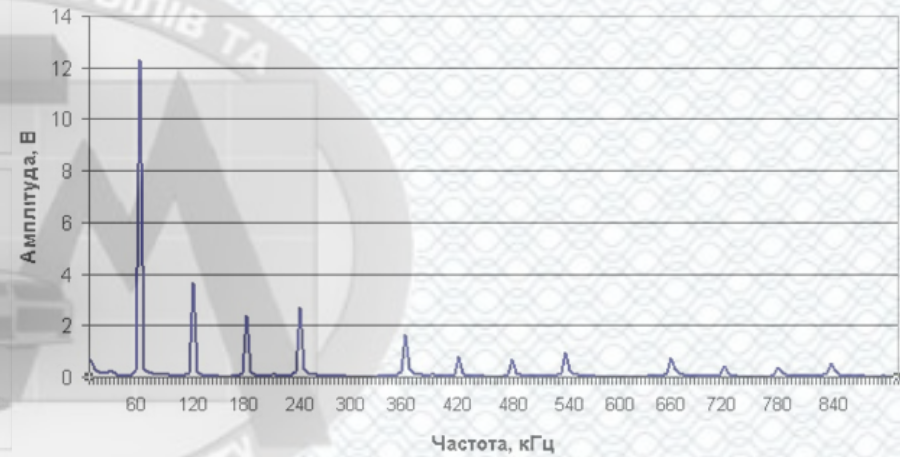


Рисунок 2 - Амплітудний спектр вихідного сигналу

Коефіцієнт поглинання ультразвуку:

$$\alpha = L^{-1} \cdot \ln (U_{дж} / U_{дат}),$$

де L - довжина, на якій відбувається поглинання, дорівнює довжині трубки; $U_{дж}$ - напруга, що подається на випромінювач сигналу; $U_{дат}$ - напруга, знята з приймача.

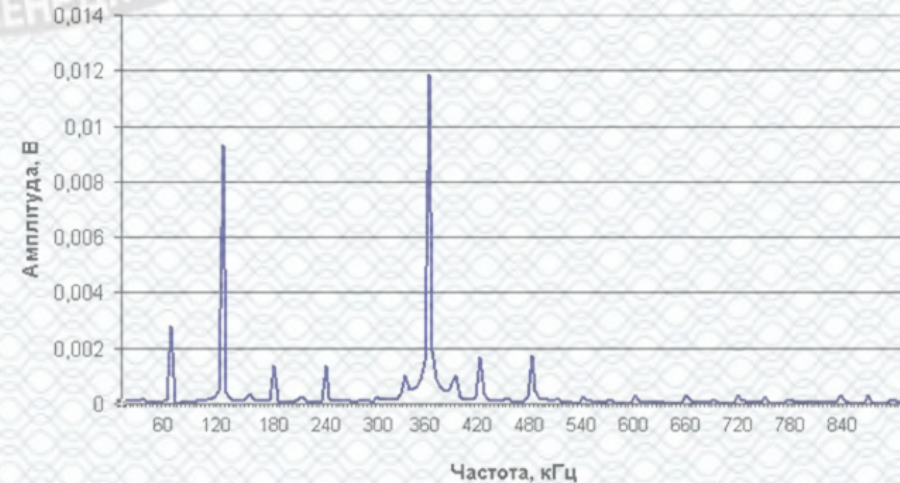


Рисунок 3 – Амплітудний спектр отриманого сигналу

Залежність в'язкості оливи від коефіцієнта поглинання ультразвуку

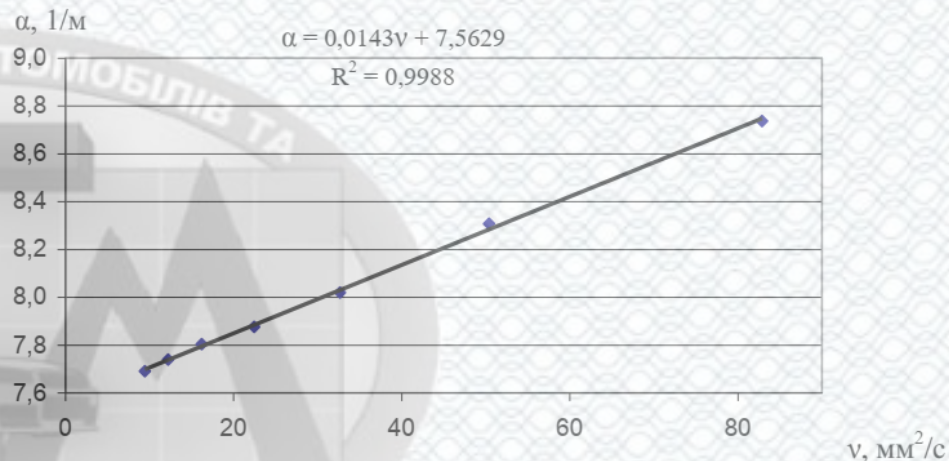
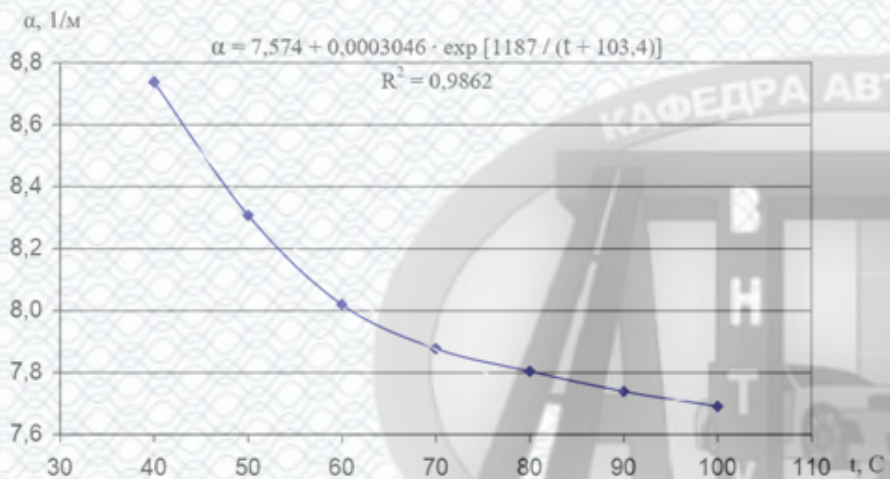


Рисунок 1 - Залежність коефіцієнта поглинання звуку від температури

Рисунок 2 - Залежність коефіцієнта поглинання звуку від в'язкості

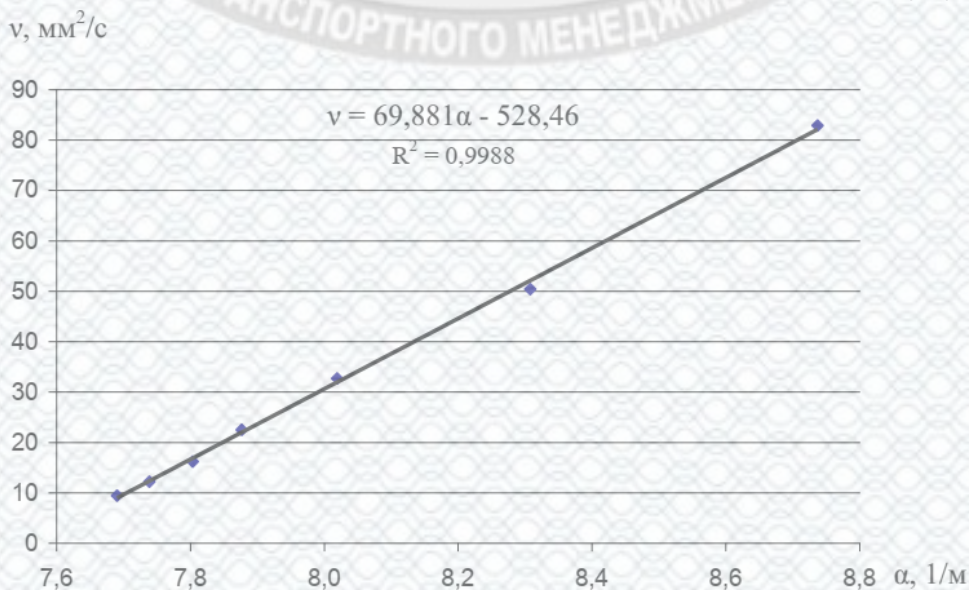


Рисунок 3 - Емпірична залежність кінематичної в'язкості моторної оливи від коефіцієнта поглинання звуку

Реалізація методики оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи

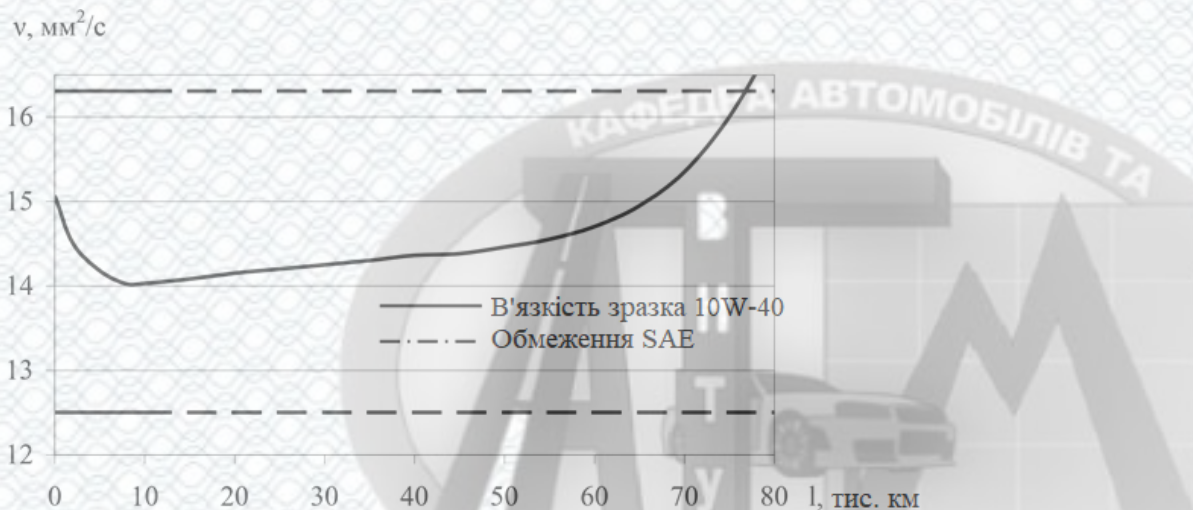
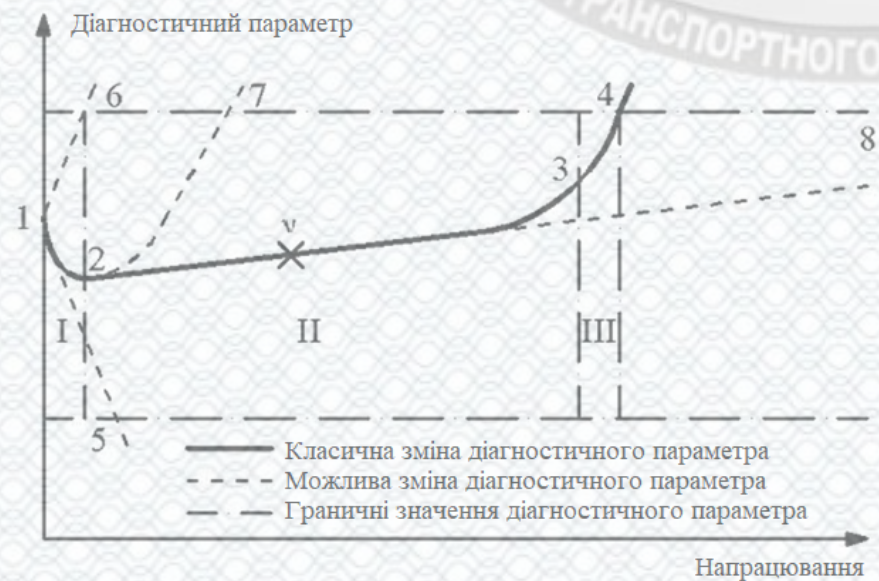


Рисунок 1 - Зміна в'язкості моторної оливи за напрацюванням



- I – різке зменшення в'язкості (етап приробітку) – 10%;
- II – стабілізація в'язкості (етап нормальної експлуатації) – 80%;
- III – різке зростання в'язкості (етап попередження відмови) – 10%.

Рисунок 2 - Можливі зміни в'язкості моторної оливи за напрацюванням

Розробка бортової системи оцінки поточного стану та залишкового ресурсу моторної оливи

Таблиця 1 – Інформування водія про роботу приладу та залишковий ресурс моторної оливи

| Індикація | | Логічна умова | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--|
| Залишкового ресурсу l_3 , (цифрова) | Роботи приладу, (кольорова) | Діагностичний параметр: v_l | Кутовий коефіцієнт: k_l | Напрацювання: l_l , Залишковий ресурс: l_3 |
| l_3 | Жовтий | $v_{min} < v_l < v_{max}$ | - | $l_3 < 0.2 l_{max}$ |
| l_3 | Зелений | $v_{min} < v_l < v_{max}$ | - | $0.2 l_{max} < l_3 < l_{max}$ |
| $l_l - l_l$ | Зелений | $v_{min} < v_l < v_{max}$ | - | $l_{max} < l_3$ |
| $l_l - l_l$ | Жовтий | $v_{min} < v_l < v_{max}$ | - | $l_{max} < l_l$ |
| l_3 | Жовтий | $v_{min} < v_l < v_{max}$ | - | $0.9 l_l < l_l$ |
| l_3 | Помаранчевий | $v_{min} < v_l < v'_{max}$ | $k_l > 0$ | - |
| l_3 | Помаранчевий | $v'_{min} < v_l < v_{min}$ | $k_l < 0$ | - |
| l_3 | Червоний | $v'_{max} < v_l$ | $k_l > 0$ | - |
| l_3 | Червоний | $v_l < v'_{min}$ | $k_l < 0$ | - |

Колірна індикація роботи приладу означає:

- зелений – система працює штатно;
- жовтий – можлива помилка у визначенні залишкового ресурсу;
- помаранчевий – значення в'язкості знаходиться на гранично допустимому рівні, рекомендується замінити моторну оливу;
- червоний – значення в'язкості вийшло за допустимі значення, подальша експлуатація може призвести до відмови двигуна.

Таблиця 2 – Приклад прогнозування залишкового ресурсу моторної оливи на автомобілі

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Напрацювання оливи, тис. км | 0 | 2 | 5 | 8 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 73 | 76 | 77 |
| Залишковий ресурс, тис. км | 10 | 14 | 23 | 72 | 70 | 65 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 5 | 1 | 0 |
| Кінематична в'язкість, мм ² /с | 15,1 | 14,5 | 14,2 | 14,0 | 14,0 | 14,1 | 14,15 | 14,3 | 14,4 | 14,5 | 14,7 | 15,4 | 15,5 | 16,1 | 16,3 |

Висновки

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було вивчено питання контролю стану та прогнозування залишкового ресурсу моторної оливи в умовах експлуатації.

1. В першому розділі був проведений аналіз існуючих методів контролю стану та прогнозування залишкового ресурсу моторної оливи в умовах експлуатації.

2. Аналіз структури і стану рухомого складу та ВТБ ТОВ «Вінницьке АТП - 10556» виявив як потребу в оновленні рухомого складу підприємства так і потреби у вдосконаленні ВТБ, зокрема системи забезпечення запасними частинами.

3. Обґрунтовано використання показника кінематичної в'язкості моторної оливи в якості комплексного показника оцінки її стану. Для визначення кінематичної в'язкості моторної оливи обґрунтовано використання показника поглинання ультразвукових хвиль.

4. Побудовано математичні моделі зміни кінематичної в'язкості моторної оливи від напрацювання та зміни кінематичної в'язкості від коефіцієнта поглинання ультразвуку.

5. Розроблено експериментальну установку, що дозволяє пропускати через оливу прямокутний імпульс на несучій частоті 40 кГц, порівнювати амплітуду вихідного та отриманого сигналів на частоті 120 кГц. Проведено експериментальне дослідження, яке дозволило встановити зв'язок зміни кінематичної в'язкості від коефіцієнта поглинання ультразвуку: $v = 69,881 \cdot \alpha - 528,46$.

6. Удосконалено методику оцінки поточного стану моторної оливи за значеннями кінематичної в'язкості, оцінки його залишкового ресурсу та систему інформування водія про очікуваний пробіг до технічного обслуговування. За результатами дослідної експлуатації вантажних автомобілів міжсервісний інтервал рекомендовано збільшити на 28,3%.

7. За результатами оцінки при впровадженні установки в умовах ТОВ «Вінницьке АТП - 10556», за рахунок збільшення періодичності заміни моторної оливи, термін окупності проекту складе близько 3 років.

8. В п'ятому розділі вивчено питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в зоні ТО АТП.



ДОДАТОК Б

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення використання ресурсу моторної оливи рухомих складом товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556»

Тип роботи: Магістерська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 99,3% Схожість 0,7%

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 намірність викликає сумнів щодо щільності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недоброчесними і мають ознаки плагіату та/або в них містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недоброчесних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Цимбал О.В.

(прізвище, ініціали)

Співробітник з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи:

Автор роботи

(підпис)

Сидор І.І.

(прізвище, ініціали)

Керуючий роботою

(підпис)

Євдоким С.В.

(прізвище, ініціали)