

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.372-027.45

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

Вячеслав БРАТШКО

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного
(назва кафедри)
менеджменту ім. М.П.Момотенка

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

«__» _____ 2023 р.

«__» _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Удосконалення ремонтнопридатності елементів системи охолодження двигуна автомобіля»

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Валерій ВОЙТЮК

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., завідувач каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Виконав:

Михайло ОНУФРИК

(підпис)

(ім'я, прізвище)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

Д.Т.Н., проф.
(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Іван РОГОВСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Михайлу Володимировичу Онуфрику
(прізвище, ім'я по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення ремотнопридатності елементів системи охолодження двигуна автомобіля»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2022 р. № 1944 «Є»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах з ремотнопридатності елементів системи охолодження двигуна автомобіля

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану питання досліджень, мета, задачі дослідження
2. Теоретичне вивчення впливу ремотнопридатності елементів системи охолодження двигуна автомобіля
3. Методика розрахунку алгоритму ремотнопридатності елементів системи охолодження двигуна автомобіля
4. Результати експериментальних досліджень ремотнопридатності елементів системи охолодження двигуна автомобіля

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 12 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Іван РОГОВСЬКИЙ
(ім'я прізвище)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Михайло ОНУФРИК
(ім'я прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 СТАНДІТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Аналіз виробників, основних показників та вимог ДСТУ і ТУ на охолоджуючі рідини.....	8
1.1.1 Основні вимоги до охолоджуючим низькозамерзаючих рідин.....	12
1.1.2 Антифриз «ТОСОЛ-АМ» і авторідин охолоджуюча «ТОСОЛ-А40М», «ТОСОЛ-А65М» ТУ 6-02-751-86.....	14
1.2 Методи оцінки властивостей охолоджуючих рідин.....	16
1.2.1 Визначення зовнішнього вигляду.....	17
1.3 Аналіз факторів, що впливають на зміну технічного стану двигуна і якість охолоджуючих рідин.....	22
1.3.1. Недостатнє охолодження і перегрів двигуна.....	23
1.3.2. Корозія і кавітаційна ерозія.....	24
Висновки і постановка задач дослідження.....	29
РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН І РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕРМІНУ ЇХ ЗАМІНИ.....	31
2.1 Принципи оцінки показників якості охолоджуючих рідин.....	31
2.2 Математичні моделі прогнозування терміну заміни антифризу.....	35
Висновки по другому розділу.....	46
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗМІН ВЛАСТИВОСТЕЙ ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ ПРОДУКТІВ КОРОЗІЙНОГО ЗНОШУВАННЯ.....	48
3.1 Методика і апаратура експериментальних досліджень.....	48
3.1.1. Пристрій і принцип роботи установки.....	48
3.1.2. Апаратура, реактиви та матеріали.....	50
3.1.3. Приготування еталонних зразків.....	51
3.2 Зміна фізико-хімічних показників корозійного зношування в антифризі при експлуатації вантажних автомобілів і сільськогосподарської техніки.....	52
Висновки по третьому розділу.....	63

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ОХОЛОДЖУЮЧОЇ РІДИНИ ПО ЇЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ.....	65
4.1 Характеристика методів вимірювання електропровідності.....	65
4.2 Метод визначення електричної провідності виміром об'ємного опору при постійній напрузі.....	67
4.3 Розробка засобів діагностики якості антифризів з електрофізичним показником.....	71
4.3.2 Вимірювання електропровідності антифризів при експлуатації автомобілів ...	76
Висновки по четвертому розділу.....	83
РОЗДІЛ 5 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ ЗА РАХУНОК УТОЧНЕННЯ ТЕРМІНІВ ЗАМІНИ ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН.....	84
5.1 Удосконалення системи підтримки автомобілів і автобусів в працездатному стані.....	84
5.2 Оцінка працездатності антифризів застосовуваних в системі охолодження двигунів автомобілів і сільськогосподарської техніки.....	86
5.3 Вимоги до антикорозійним присадкам.....	87
5.4 Визначення економічної ефективності від зміни антифризів в двигуні автомобіля по фактичному стані.....	90
Висновки до п'ятому розділу.....	91
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	94

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Підвищення надійності автомобілів, зниження витрати палива, охолоджуючих рідин, мастильних матеріалів і екологічного збитку, що завдається навколишньому середовищу автомобілями, є одним із пріоритетних напрямків розвитку техніки на найближчі десятиліття. Одне з важливих якостей, яке характеризує надійність автомобіля, це довговічність, обумовлена терміном служби і ресурсом, їх агрегатів і систем. Однією з важливих можливостей підвищення надійності і ресурсу елементів системи охолодження двигуна є якість застосовуваної низькозамерзаючої охолоджуючої рідини (антифризу).

Актуальність роботи. Теорія надійності дає можливість визначити вплив різних факторів і властивостей охолоджуючих рідин на ресурс силового агрегату. Практичне підвищення ресурсу агрегатів транспортних машин, можливе за рахунок застосування якісних охолоджуючих рідин і своєчасної їх заміни.

Постійна і не регулярна зміна навантажувально-швидкісних режимів при експлуатації транспортних машин в різних умовах істотно впливає на термін служби охолоджуючої рідини, обумовлюючи неоднакову періодичність її заміни.

Регламентовані терміни служби охолоджуючих рідин не завжди обґрунтовані і до терміну заміни (40-50%) не вичерпують запасу своїх експлуатаційних властивостей і, як правило, можуть працювати довше, забезпечуючи якісне охолодження без зниження надійності агрегатів.

Оцінка властивостей охолоджуючих рідин, технічного стану агрегатів і вузлів машин необхідно розглядати як цілеспрямований процес, який дозволяє виявити потенційні відмови в агрегатах, системах і забезпечити своєчасне прийняття або видачу керуючих дій щодо запобігання виникнення фактичної відмови. Завдання зміни охолоджуючих рідин за фактичним станом і оперативного управління ресурсом силових агрегатів, виділяє нові закономірності формування методів оцінки основних показників якості охолоджуючих рідин і прогнозування термінів їх заміни, які враховують енергетичний параметр, індивідуальні особливості та умови роботи конкретної транспортної машини.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності експлуатації автомобілів за рахунок раціонального використання ресурсу охолоджуючих рідин автомобільних двигунів шляхом діагностування їх за енергетичним параметром.

Відповідно до мети магістерської роботи визначено такі завдання дослідження:

В аналіз вітчизняних і зарубіжних досліджень присвячених оцінці властивостей і ресурсу охолоджуючих рідин;

В розробка методів і математичних моделей прогнозування залишкового ресурсу охолоджуючих рідин, які враховують енергетичні витрати на виконання транспортної роботи;

розробити метод і методику вимірювання електропровідності антифризів в умовах експлуатації;

- встановлення номенклатури діагностичних показників, регламентуючих рівень показників граничного стану охолоджуючих рідин і заміни їх по фактичному стану.

Об'єкт дослідження - процес зміни показників якості охолоджуючих рідин при експлуатації автомобілів.

Предмет дослідження - діагностування охолоджуючих рідин автомобільних двигунів за енергетичним параметром.

Методи дослідження. У процесі вивчення стану питання по темі магістерської роботи, застосовувався метод аналізу; при теоретичних дослідженнях;

- аналітичний метод, який базується на фундаментальних законах фізики, механофізики, матеріалознавства; при проведенні лабораторних і експлуатаційних досліджень - експериментальні методи із застосуванням сучасних методик встановлених в ГОСТ і ДСТУ. Обробка отриманих результатів проводилась з використанням методів математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному, вперше:

- визначено взаємозв'язок між зміною концентрації продуктів корозійного зношування в антифризах і кількістю витраченого палива;

- визначено вплив кількості витраченого палива на зміну електропровідності антифризів;
- визначено граничне значення параметра електропровідності, в'язкості, водневого показника і лужності для визначення якості антифризів і уточнення термінів заміни при експлуатації.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз виробників, основних показників та вимог ГОСТ та ТУ на охолоджуючі рідини

На сьогоднішній день в двигунах внутрішнього згоряння сучасних автомобілів найбільшого поширення набули рідинні системи охолодження. У рідинних системах охолодження двигуна, в залежності від умов експлуатації, застосовують два основних типи охолоджуючих рідин: воду і низькозамерзаючі рідини (антифризи).

Вода, як охолоджуюча рідина, за багатьма властивостями перевершує інші відомі рідини. Вода має найвищу теплємність $4200 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{K})$ і є ідеальною теплосприймаючою рідиною [1, 2, 3].

6. роботі [4] були виконані дослідження альтернативних охолоджуючих рідин і порівняння їх з теплогідралічним показником. отримані результати свідчать, що з десяти теплоносіїв, серед яких були натрій, розчин 75% калію і 25% натрію, ртуть, вода, антифриз А-40 і А-65, фреон - 12, дизельне паливо, масло М - 10Г₂ і метиловий спирт. За теплогідралічної ефективності вода поступається натрію, а також розчину калію і натрію, але застосування їх в системі охолодження двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) пов'язане зі значними труднощами. Використання таких теплоносіїв як ртуть і фреон - 12 неприпустимо з точки зору екології.

В даний час в Україні відсутні єдині державні стандарти, що встановлюють вимоги до води, використовуваної в якості теплоносія систем охолодження автомобільного двигуна, існують лише ГОСТ на технічну (котлову) воду, галузеві вимоги [5, 6] і рекомендації заводів виробника.

Використання води в якості охолоджуючої рідини для двигунів сучасних автомобілів майже не використовується, перевагу отримали антифризи вітчизняного і зарубіжного виробництва.

На ринку нафтопродуктів і експлуатаційних матеріалів України вітчизняні виробники антифризів представлені торговими марками «ВАМФ», «СТИРОЛ», «ХАДО» і іншими.

Серед іноземних представників - Mobil, Esso, Shell, Mannol, Texaco, British Petroleum, LIQUI MOLY і ін.

З країн СНД найбільше представлені російські компанії «ЛУКОЙЛ» і «ТОСОЛ-СИНТЕЗ» (рис. 1.1) [6].

Продукція, що випускається ними повинна відповідати показникам якості ТУ, ГОСТ в Україні та країнах СНД: ТУ 2422- 087- 001-48663, ТУ 2422 - 002 - 48095174, ТУ 2422 - 006 - 36732629, ТУ 6-15-2007, ТУ 2422- 002- 13331543, ТУ 2422- 001- 13331543 та ін. (рис.1.2).

Фірми виробники

Іноземні

Україна

TEXACO (США)

ВАМП (Україна)

BASF (Німеччина)

СТІРОЛ (Україна)

SHELL (США)

ЛУКОЙЛ (Україна-Росія)

LIQUI MOLY (Німеччина)

ООО „ВІАЛ Ойл”(Україна-Росія)

MOBIL (Фінляндія)

ООО „ТОСОЛ-Синтез”(Україна-Росія)

BP (Великобританія)

ООО „Холте”(Україна-Росія)

MANNOL (Німеччина)

CONSOL (Україна)

PRESTON (США)

EXPERT (Україна)

ELF (Франція)

NORDIX (Україна)

ZIK (Корея)

ОКТЕН (Україна)

Рис. 1.1. Виробники охолоджуючих рідин

НУБІП України

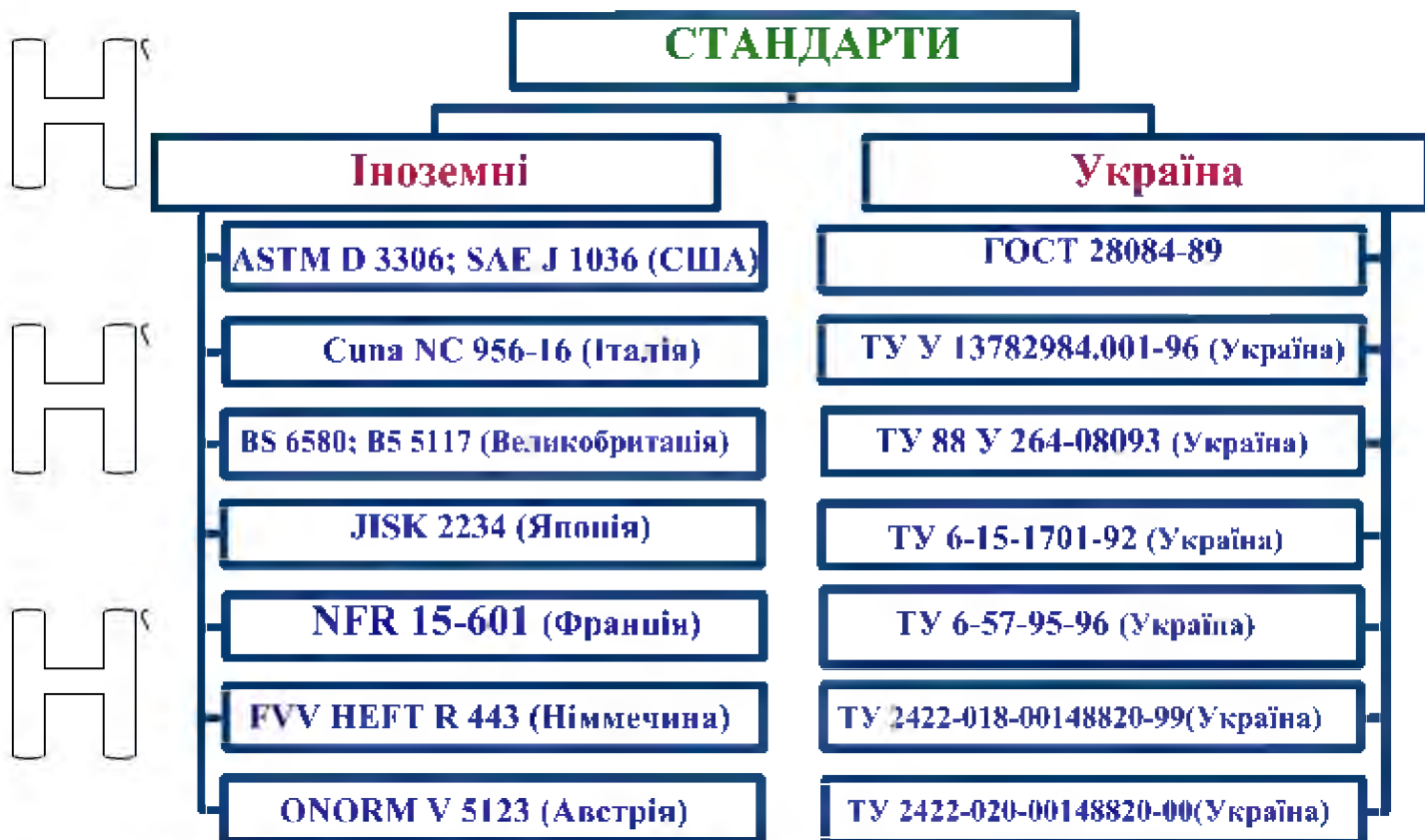


Рис. 1.2 Технічні умови та стандарти охолоджуючих низькозамерзаючих рідин

Вимоги до антифризу зарубіжного виробництва визначаються стандартами-ASTM (Американська асоціація по випробуванню матеріалів) і SAE (Спільнотою автомобільних інженерів США). Ці стандарти регламентують властивості концентратів і антифризів виходячи з їх основи (етиленгліколіс або пропіленгліколю) і умов експлуатації. Етиленгліколеві рідини призначені:

по ASTM D 3306 і ASTM D 4656 - для легкових автомобілів і малих вантажівок;

по ASTM D 4985 і ASTM D 5345 - для двигунів, що працюють у важких умовах:

тривалий час експлуатуються на режимах, близьких до максимальної потужності, на позашляксовій техніці, великих вантажівках, в стаціонарних силсвих установках і т.п. Ці рідини відрізняються тим, що перед використанням в них необхідно додавати спеціальну присадку.

Імпортні антифризи по ASTM D 3306 допускається використовувати для вітчизняних легкових автомобілів.

Виробники автомобілів можуть мати свої специфікації, які вміщують додаткові вимоги. Наприклад, норми General Motors USA - Anti-freeze Concentrate GM 1899 M,

GM 6038-M або норми G концерну Volkswagen забороняють використовувати в антифризі інгібітори корозії, що містять нітрити, нітрати, аміни, фосфати і обумовлюють гранично допустимі концентрації силікату, бури та хлоридів. Це дозволяє зменшити відкладення накипу, збільшити термін служби ущільнень, поліпшити захист від корозії.

Всі серйозні компанії, що виробляють автомобілі, мають специфікації (перелік вимог) на охолоджуючі рідини. Такі як: Ford WSS-M97B44-D, Hyundai - KIA MS 591-08; Volkswagen TL 774C (G11); F (G12 +); G (G12 ++); H (G12 +++); Renault 41- 01-001 / - S Type D; АВТОВАЗ ТТМ 5.97.1172-2005 і ін. В них перераховані тести, які повинна пройти охолоджуюча рідина, претендуватиме на право застосування в автомобілях цих компаній.

Відповідність специфікації автомобільної компанії означає, що даний антифриз успішно пройшов всі перераховані в ній випробування, і результати були офіційно зареєстровані в протоколах, звітах або інших документах. Виробниками антифризу отримує «допуск» на застосування в даній марці автомобілів в формі документа - сертифіката або листи. Антифриз включають в списки рекомендованих рідин, а також в сервісні книжки і хімотологічної карти.

Такі списки рекомендованих рідин мають автозаводи - АВТОВАЗ, КАМАЗ, ЛІАЗ, ЯМЗ і українські - ЗАЗ "ЗАЗ", КраЗ, Богдан.

Іноземні автозаводи часто розміщують списки рекомендованих рідин і масел на своїх сайтах, наприклад Mercedes, MAN, Deutz і MTU.

Випробування проводить сам виробник автомобілів або компанія, якій він довіряє. Перелік тестів складається з комплексу лабораторних, стендових і дорожніх випробувань.

Проведення випробувань - процедура довга і дорога, не всякий провиробниками антифризу зможе оплатити їх. Наприклад, специфікація Ford WSS-M97B44-D передбачає дорожні випробування на 12 автомобілях в обсязі 100 тисяч миль (160 тис. км). По закінченню випробувань водяний насос, головка блоку і радіатор повинні бути в хорошому стані, а кількість інгібіторів корозії в антифризі

має бути не менше 85%. У виробників автомобілів ВАЗ вимоги менш жорсткі - 35 тис. км на 5 автомобілях.

У виробників автомобілів є свої переваги до випускаючих антифризів. Так, Ford, GM, Renault, Opel, PSA, японські і корейські фірми, допускають карбоксилатні антифризи. BMW і Chrysler використовують тільки гібридні антифризи. Mercedes, Volkswagen (включаючи Audi, Seat, Skoda), MAN, Deutz допускають карбоксилатні і гібридні антифризи в залежності від моделі автомобіля і двигуна.

Слід мати на увазі те, що багато російсько-українські виробники антифризів і тосолів пишуть на етикетках своїх каністр, що їх продукт відповідають вимогам (специфікаціям) автовиробників і призводять набір марок: Audi, Ford, BMW, GM, VW, Nissan, Toyota, VAZ і так далі в залежності від бачення виробника антифризу. Іноді в назвах використовують символіку «G11» і «G12» з претензією на відповідність специфікації Volkswagen, як правило, це всього лише рекламний трюк.

Виробник антифризів повинен писати на етикетках не про «відповідність вимогам», а про наявність допусків, і обов'язково надавати копії допусків на своєму сайті, де достовірність інформації про допуски можна перевірити і на сайтах виробників автомобілів.

1.1.1 Основні вимоги до охолоджуючим низькозамерзаючих рідин по ГОСТ 28084-89

Згідно ГОСТ 28084-89 існують охолоджуючі рідини марки OP-K (концентрат), OP-45 і OP-65 з відповідними температурами замерзання. Тут треба зазначити, що класичний ГОСТ на ТОСОЛ є ГОСТ 28084-89. У той же час є ТУ пізнішого випуску, де організації не прагнуть придержуватися ГОСТ і не покращувати його, а підганяти нові ТУ на продукт, який випускається з більш низькими показниками і властивостями.

У той же час до антифризу таких відомих фірм як Mobil, Esso, Shell виготовлення із зарубіжних концентратів присадок в принципі не можуть застосовуватися вимоги ГОСТ, хоча при порівнянні параметрів, виявляється у імпортованих аналогів вони на багато суворіші. В більшості автомобільних журналів

зустрічаються статті, де наведені результати експертизи основних показників якості різних антифризів слід придбати в роздрібній торгівлі. При цьому основним критерієм якості антифризу служить його відповідність (невідповідність) ГОСТ 28084-89 «Рідини охолоджуючі низькозамерзаючі», якщо відповідає, то можна використовувати у всіх автомобілях, якщо немає, то можна.

ГОСТ 28084-89 характеризує якість охолоджуючої рідини по десяти показникам з нормативними значеннями і методами визначення цих показників. Також наведені правила безпеки, транспортування, прийому, зберігання, використання та терміну експлуатації (табл. 1.1) [7].

Таблиця 1.1

Основні вимоги та норми, яким повинні відповідати охолоджуючі рідини

Найменування показника	Норма для рідини		
	ОР-К	ОР-65	ОР-40
1	2	3	4
1. Зовнішній вигляд	Прозора однорідна забарвлена рідина без механічних домішок		
2. Щільність, г/см ³	1,100 - 1,150	1,085 - 1,100	1,065 - 1,085
3. Температура початку кристалізації °С, не вище	мінус 35 при розведенні дистильованою водою в об'ємному співвідношенні 1: 1	мінус 65	мінус 40
4. Фракційні дані температура початку перегонки, °С, не нижче масової частки рідини, яка переганяється до досягнення температури 150 °С, % не більше	100	100	100
5. Корозійне вплив на метали, г /м ² · добу, не більше: мідь, латунь, сталь, чавун, алюміній	5 0,1	40 0,1	50 0,1
	при розведенні сольовим розчином в об'ємному співвідношенні 1: 1		

Продовження таблиці 1.1

припай	0,2 при розведенні сольовим розчином в об'ємному співвідношенні 1: 1	0,2	0,2
6. Піноутворюваність: об'єм піни, см ³ , не більше	30 при розведенні розчином хлористого цинку в об'ємному співвідношенні 1: 1	30	30
стійкість піни, с, не більше	5 при розведенні розчином хлористого цинку в об'ємному співвідношенні 1: 1	3	3
7. Набухання гум, %, не більше	5 при розведенні дистильованою водою в об'ємному співвідношенні 1: 1	5	5
8. Водневий показник (рН)	7,5 - 11,0 при розведенні дистильованою водою в об'ємному співвідношенні 1: 1	7,5 - 11,0	7,5 - 11,0
9. Лузність, см ³ , не менше	10	10	10
10. Стійкість в жорсткій воді	Розшарування і випадіння осаду не допускається	Не визначається	

Він в основній своїй частині повторює американський стандарт на охолоджуючі рідини ASTM D 3306, без врахування стендових випробувань і зі зміною деяких нормативних показників.

Основним недоліком цього ГОСТу є те, що в ньому не враховані стендові та експлуатаційні випробування на реальних автомобілях.

1.1.2 Антифриз «ТОСОЛ-АМ» і авторідина охолоджуюча «ТОСОЛ-А40М», «ТОСОЛ-А65М» ГУ 6-02-751-86

Охолоджуючі низькозамерзаючі рідини Тосол-А40М і Тосол-65М є водні розчини етиленгліколю або гліколієвих і водногліколієвих потоків його виробництва з масовою часткою води до 44%, які містять антикорозійні і протипінні присадки.

Для виробництва охолоджуючих рідин Тосол-А40М і Тосол-65М використовується дистильована вода. Технічна характеристика охолоджуючих рідин Тосол-А40М і Тосол-65М представлена в табл. 1.2.

Таблиця 1.3

Технічні характеристики

Найменування показника	Тосол-А40М	Тосол-65М
Зовнішній вигляд	Прозора однорідна рідина, без механічних домішок, блакитний або блакитно-зелений кольори.	Прозора однорідна рідина, без механічних домішок, блакитний або блакитно-зелений кольори.
Щільність, кг/м ³ , не менше	1075	1087
Температура початку кристалізації, °С, не вище	мінус 40	мінус 65
Водневий показник (pH)	7,5 - 11,0	7,5 - 11,0
Лужність, см ³ , не менше	10	10

Охолоджуючі низькозамерзаючі рідини Тосол-А40М і Тосол-А65М демонструють високі антикорозійні властивості щодо чорних і кольорових металів і сумісність з гумовими виробами, а також хорошу здатність перешкоджати утворенню піни.

Охолоджуючі низькозамерзаючі рідини Тосол-А40М і Тосол-А65М призначені для охолодження двигунів внутрішнього згоряння всіх типів, а також як робочі рідини в інших теплообмінних апаратах, які працюють при низьких і помірних температурах.

1.2 Методи оцінки властивостей охолоджуючих рідин

При вимірі складу рідких середовищ об'єкт вимірювання розглядають як суміш, що складається з декількох компонентів. Під вимірюванням складу розуміють встановлення значення частки того чи іншого компонента в суміші.

Методи аналізу складу речовин діляться на виборчі і інтегральні. Виборчі методи дозволяють вибірково отримувати інформацію про кількість конкретного компонента в суміші. В інтегральних або невибіркових методах результати відображають кількість певної групи речовин в суміші [8].

Оптичні методи та засоби вимірювання, в своїй основі використовують залежність оптичних властивостей самої аналізованої середовища або проходить через неї електромагнітного випромінювання від кількості що визначається компонента в аналізованій пробі. До цих властивостей відносяться: переломлення, поляризація, інтенсивність фарбування і світіння, колір і ін.

Незважаючи на різноманіття використовуваних для вимірювання властивостей, всі аналізатори складаються з трьох основних вузлів: випромінювача, кювет з аналізованою пробою і приймача.

Оптичні аналізатори можуть бути монохроматичні і немонохроматичні.

Монохроматичні використовують випромінювання певної довжини хвилі, а немонохроматичним - потік інтегрального з широким спектром довжин хвиль випромінювання [9].

Електрохімічні методи аналізу засновані на залежності електромеханічних властивостей аналізованих середовищ від їх складу. Величинами вимірювання є напруга, електричний потенціал, сила струму, опір, провідність, ємність, діелектрична проникність і ін.

1.2.1 Визначення зовнішнього вигляду

Зовнішній вигляд охолоджуючої рідини визначають візуально в прохідному світлі в пробірці П2-19-150 ХС або П1-16-150 ХС по ГОСТ 25336 з безбарвного скла.

Охолоджуюча рідина повинна бути прозорою, однорідною і не містити видимих механічних домішок [7].

Колір охолоджуючої рідини і метод його визначення встановлений в НТД на конкретний вид охолоджуючої рідини.

1.2.2 Визначення температури початку кристалізації

Метод полягає в тому, що випробувану рідину охолоджують і фіксують температуру [7], при якій неозброєним оком можна помітити помутніння як ознака початку кристалізації.

Для випробування охолоджуючу рідину ОР-К розбавляють дистильованою водою в об'ємному відношенні 1:1. Робочі охолоджуючі рідини ОР-65 і ОР-40 випробовують без розведення.

У внутрішню пробірку приладу Баумана-Фром або приладу, що складається з двох пробірок, наливають 20 см³ випробуваної рідини і закривають її корком з термометром і мішалкою. Термометр встановлюють так, щоб його ртутний резервуар знаходився на відстані 10 - 15 мм від дна і на рівній відстані від стінок пробірки. Мішалка не повинна торкатися стінок пробірки.

У зовнішню пробірку наливають ацетон в такій кількості, щоб його рівень був на 10 мм вище рівня випробуваної рідини у внутрішній пробірці.

Прилад закладають в посудину Дьюара, заповнений охолоджувальною сумішшю температура на $(12 \pm 5) ^\circ \text{C}$ нижчою за очікувану температуру початку кристалізації дистильованої рідини.

Температуру охолоджуючої суміші підтримують на заданому рівні в течение всього випробування.

Випробувану рідину під час охолодження обережно перемішують зі швидкістю 20 - 30 рухів в хвилину (одне рух - опускання на дно пробірки і підняття мішалки без вилучення її з рідини).

При наближенні температури випробуваної рідини до очікуваної температури початку кристалізації (за 5 - 10 °С) прилад охолоджуючої суміші періодичний (через кожні 3 - 5 хв) виймають і спостерігають в світлі стан випробуваної рідини.

Тривалість спостереження за помутнінням випробуваної рідини від початку вилучення приладу з охолоджувальної суміші до занурення його назад в суміш повинна бути не більше 12с.

Температура, при якій з'являється помутніння у вигляді легкої хмарки, утвореної олишко мішалки, фіксується як температура початку кристалізації.

Проводять паралельно два визначення на зразках досліджуваної рідини, взятих з однієї об'єднаної проби.

За результат випробування приймають середньоарифметичне результатів двох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинно перевищувати 2 °С.

Абсолютна сумарна похибка результату випробування $\pm 1,2$ °С при довіри-котельної ймовірності $P = 0,95$.

1.2.3 Визначення фракційного складу охолоджувальної рідини

Метод полягає у визначенні температури початку перегонки і фіксовані маси рідини, яка переганяється при температурі до 150°С. Масу рідини в% визначають за формулою

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_p} \cdot 100,$$

де T_1 - маса склянки, г;

m_2 - маса склянки з конденсатом, г;

m_p - маса навішення випробуваної рідини, г

1.2.4 Визначення корозійного впливу

Метод полягає в тому, що в випробувану рідину поміщають зразки металу в установленому наборі і певних розмірів і витримують їх у ній безперервно зазначений час при заданій температурі. Потім зі зміни маси зразків визначають корозійний вплив випробуваної рідини [7].

Корозійні втрати (V), г / (м² · Добу), обчислюють для кожного зразка метал-лов за формулою

$$V = \frac{24 \cdot 10^6 \cdot (m_1 - m_2)}{336 \cdot 2 \cdot (l_a \div l_b \div a \cdot b)},$$

де T_1 - маса зразка металу до випробування, г;

m_2 - маса зразка металу після випробування, г;

l - довжина зразка металу, мм;

a - ширина зразка металу, мм;

b - товщина зразка металу, мм;

10^6 - коефіцієнт перерахунку площі поверхні зразка в квадратні метри

За результат випробування приймають середньоарифметичне результатів трьох паралельних визначень, відносна розбіжність, що допускається між найближче відрізняються значеннями, яких не повинно перевищувати 50% їх середнього значення.

Відносна сумарна похибка результатів випробувань для міді, латуні, алюмінію, чавуну і сталі $\pm 28\%$, для припою $\pm 50\%$ при довірчій веро-ятність $P = 0,95$.

Визначення піноутворюваність

Метод полягає в тому, що через певний обсяг випробуваної охолоджуючої рідини при заданій температурі продувають повітря з встановленим об'ємною витратою протягом заданого часу, а потім вимірюють обсяг утвореної піни (V) і час, протягом якого вона зберігається - стійкість (τ) [7].

Обсяг утворилася піни (V), см³, розраховують за формулою

$$V = V_{c.p.} - V_p$$

де $V_{c.p.}$ - обсяг спіненої рідини, см³;

V_p – обсяг рідини до пропускання повітря, см^3 .

За результат випробування приймають середньоарифметичне результатів трьох паралельних визначень обсягу утворилася піни і її стійкості, відновувальне допустиме розходження між найбільш відрізняються значеннями, яких не повинно перевищувати 50% їх середнього значення.

Абсолютна сумарна похибка результату визначення обсягу утвореної піни $\pm 5 \text{ см}^3$, визначення її стійкості $\pm 1,1 \text{ с}$ при довірчій ймовірності $P = 0,95$.

Визначення водневого показника

Водневий показник (рН) визначають потенціометричним методом до ГОСТ 22567.5 з використанням скляного та хлорсрібного електродів.

Для випробування охолоджуючу рідину ОР-К розбавляють дистильованою водою в об'ємному співвідношенні 1:1, робочі охолоджуючі рідини ОР -65 і ОР-40 випробовують без розведення.

Визначення лужності

Метод полягає у визначенні обсягу титрувальної розчину соляної кислоти концентрації $0,1 \text{ моль/дм}^3$. Витраченого на потенціометричне титрування 10 см^3 охолоджуючої рідини ОР-К до рН = 5,5 [7].

У склянку вносять піпеткою 10 см^3 охолоджуючої рідини ОР-К і додаючи 90 см^3 дистильованої води. При випробуванні охолоджуючих рідин ОР-65 і ОР-40 в стакан вносять по 20 см^3 цих рідин і додають до них по 80 см^3 дистильованої води.

В отриманий таким чином розчин занурюють електроди рН-метра, включають електромагнітну мішалку для перемішування розчину і титрують його при перемішуванні водним розчином соляної кислоти концентрації $0,1 \text{ моль / дм}^3$ до рН = 5,5. Вимірюють об'єм розчину соляної кислоти, який пішов на титрування.

Лужність (V_L), см^3 обчислюють за формулою

$$V_L = \frac{V_1 \cdot n}{B / 100 \cdot V}$$

де V_1 - обсяг розчину соляної кислоти концентрації $0,1 \text{ моль/дм}^3$, використаний на титрування виробуваного розчину, см^3 ;
 n - обсяг охолоджуючої рідини ОР-К, см^3 ;

$B/100$ - об'ємна частка титруючої охолоджуючої рідини (для ОР-К В = 100, для ОР-65 В = 65; для ОР-40 В = 56);

V - обсяг охолоджуючої рідини, внесений в стакан для подальшого розведення (до 100 см^3) дистильованою водою і титрування (для ОР-К $V = 10 \text{ см}^3$, для ОР-65 і ОР-40 $V = 20 \text{ см}^3$), см^3 .

За результат випробування приймають середньоарифметичне результатів трьох паралельних визначень, допустиме розходження між найбільш відрізняючими значеннями, яких не повинно перевищувати $0,5 \text{ см}^3$.

Абсолютна сумарна похибка результату випробування $\pm 0,4 \text{ см}^3$ при довірчій ймовірності $P = 0,95$.

Визначення стійкості в жорсткій воді

Метод полягає в спостереженні за станом розчину охолоджуючої рідини ОР-К що випробовується в жорсткій воді і візуальному встановленні можливого розшарування або утворення осаду в цьому розчині протягом визначено часу при заданій температурі.

Випробуванню піддають тільки охолоджуючу рідину ОР-К.

Для випробування готують жорстку воду, яка містить: кальцію хлористого - 275 мг/дм^3 ; натрію сірчаноокислого - 148 мг/дм^3 ; натрію хлористого - 165 мг/дм^3 ; натрію двовуглекислого - 138 мг/дм^3 . 100 см^3 охолоджуючої рідини ОР-К, що випробовується, змішують з 100 см^3 приготовленої жорсткої води. Отриманий розчин перемішують і раз-ливають порівну в дві склянки. Вміст однієї склянки нагрівають до температури $88 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, а потім обидва склянки накривають чистим склом і витримують в темряві при кімнатній температурі протягом 24 год.

Після закінчення зазначеного часу спостерігають за станом вмісту склянок, візуально встановлюючи наявність або відсутність в них розшарування або осідання осаду.

За позитивний результат випробування приймається відсутність розшарування рідини і відсутність осаду.

Метод лакмусового папірця

Опускаючи папірець в антифриз і зводячи її зі шкалою, можна приблизно визначити, який рН даного розчину. Якщо колір папірця залишився без зміни (рН 6-7), то це задовільно. Якщо колір став рожевим (рН 1-5) - багато кислоти, фіолетовим або синім (рН 10-13) - луг, а якщо зеленим (рН 7-9), то додають інгібітори і рН в нормі.

Визначення набухання гуми

Набухання гуми проводять об'ємним гідростатичним методом по ГОСТ 9.030. Випробування проводять на трьох зразках гуми марок: 57-5006 класу ТРП 100/60; 57-7011 класу ТРП-160 або інших марок на вимогу потре-вачів. Зразки витримують при температурі 100 ± 2 °С протягом 70 год.

1.3 Аналіз факторів, що впливають на зміну технічного стану двигуна і якість охолоджуючих рідин

У двигунах внутрішнього згорання близько 30% енергії, що міститься в паливі, поглинається системою охолодження, стінками циліндрів і моторним маслом. При справній роботі системи охолодження забезпечується оптимальний тепловий режим $85-90$ °С, а отже, і нормальна робота двигуна [10].

С. процесі експлуатації зустрічаються несправності радіатора, водяного насоса, вентилятора, термостата, датчиків температури, порушення герметичності з'єднувальних шлангів та ін. Вони можуть бути причиною порушення працездатного стану двигуна і автомобіля в цілому.

1.3.1 Недостатнє охолодження і перегрів двигуна

Зовнішніми ознаками несправності системи охолодження є перегрів або надмірне охолодження двигуна, втрата герметичності. Перегрів зменшує наповнення циліндрів, сприяє виникненню детонації і калільного запалювання і утворення нагару, підвищує удар масла і зношування циліндрів, призводить до виплавлення підшипників і заклинювання поршнів в циліндрен двигуна. Перегрів можливий при нестачі охолоджуючої рідини і виникає при зниженні продуктивності або поломки крильчатки водяного насоса, при поломці лопатей вентилятора або зниженням частоти його обертання. Недостатнє охолодження проявляється при неповному відкритті термостата і зменшенні прохідних перетинів трубок радіатора (рис. 1.3) [11].



Рис. 1.3 - Радіатор засмічений опадами (а) і чистий радіатор (б)

Застосування антифризів низької якості призводить до випадання /опадів (нерозчинних частинок) з самої рідини. Найбільш небезпечні в цьому відношенні «силікатні» антифризи з високим вмістом силікатів (з'єднань кремнію). Вони осідають на поверхні металів у вигляді нерозчинного шару (накипу), що, також як і шар іржі, призводить до погіршення теплообміну двигуна.

При зменшенні ефективності відведення тепла, починається перегрів, який призводить до збільшення витрати палива і зниження потужності двигуна. Якщо двигун в звичайному режимі постійно перегрівається, то це впливає на роботу інших систем і призводить до зменшення терміну служби двигуна в 2-3 рази [10].

1.3.2 Корозія і кавітаційна ерозія

При експлуатації автомобілів деталі і агрегати системи охолодження двигуна піддаються спільному руйнівному впливу кавітаційної ерозії і електрохімічної корозії [12, 13, 14, 15]. При використанні антифризів низької якості перебіг передвиборних процесів взаємно підсилюють один одного, так що результуюча руйнування виявляється більшим, ніж просто сумарна дія цих факторів, взятих окремо. Посиленню корозійних процесів при одночасному впливі кавітації сприяють [16, 17, 18, 19]:

- руйнування окисних шарів і видалення продуктів корозії з поверхні металу;
- полегшення анодного розчинення в результаті збільшення енергії атомів в кристалічній решітці на віброуючій поверхні металу;
- посилення доставки окислювача до поверхні металу;
- підвищення електрохімічної гетерогенності металу через теплових, деформаційних і структурних змін на його поверхні.

Специфічними особливостями, властивими кавітаційно-корозійних процесів в порожнинах охолодження двигунів, є високі температури й інтенсивні вібрації охолоджуваних поверхонь гільз циліндрів, а також підвищені температури охолоджуючих рідин і швидкості циркуляції рідини. Ці фактори суттєво впливають як на характер протікання кавітаційно-корозійних процесів, так і на інтенсивність спричинених ними руйнувань в процесі експлуатації автомобілів (рис. 1.4 і 1.5) [11].



Рис. 1.4 - Кавітаційні руйнування гілки циліндрів двигуна автомобіля Renault при використанні антифризу низької якості



Рис. 1.5 - Кавітаційно-корозійні руйнування крильчатки водяного насоса двигуна Cummins при використанні антифризу низької якості

Водночас корозія полегшує кавітаційно-ерозійні руйнування металевих поверхонь деталей системи охолодження двигуна. Якщо удари, які відчують поверхнею в результаті закриття кавітаційних пухирців занадто слабкі, щоб кожен з них міг зробити механічне руйнування, а частота їх недостатня, щоб викликати утомлююча руйнування поверхні, електрохімічне вплив може прискорити руйнування поверхні в результаті змін її механічних властивостей, поділяє у зменшенні поверхневої енергії і, отже, твердості металу [20].

Крім того, якщо при корозії утворюються корозійні западини, вони можуть концентрувати енергію схлопування кавітаційних бульбашок і тим самим прискорювати руйнування або будь-яким чином змінювати місцеву структуру течії, посилюючи його руйнівну дію [17].

В реальних умовах кавітації руйнування деталей систем охолодження двигунів, віброприскорення яких зазвичай не перевищують 20 ... 40 g, інтенсивності механічного та корозійного факторів можуть бути порівнянні. На віброактивних ж дизелях великої потужності і малої ваги, коли частоти коливань деталей зміщуються в високочастотну область, можна очікувати навіть переважання корозійних факторів [12, 21].

В роботі [19] стверджується, що частка корозії в загальній втраті маси зразка складала від 30 до 65% при зменшенні амплітуди, а отже, і інтенсивності вібрацій, від 20 до 7 мікрон.

Дослідження автора [22] показали, що вплив теплового навантаження на процес кавітації ерозії подібно впливу температури рідини і отримані критичні мають екстремальні значення, причому максимум ерозії визначається як величиною теплового потоку, так і температурою води. При підвищених її значеннях максимум ерозії настає при менших значеннях теплового потоку і зміщується в область підвищених теплових навантажень з підвищенням температури води (рис. 1.6 і 1.7).

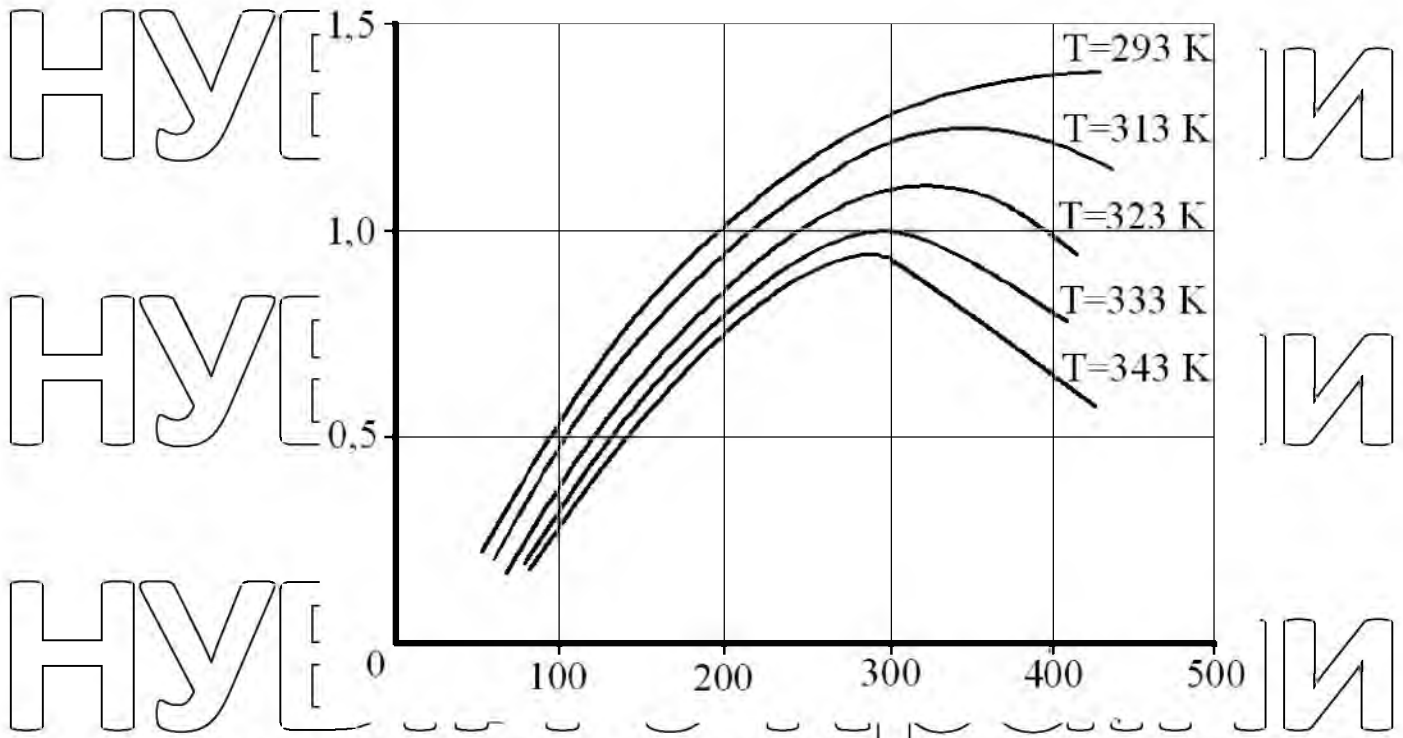
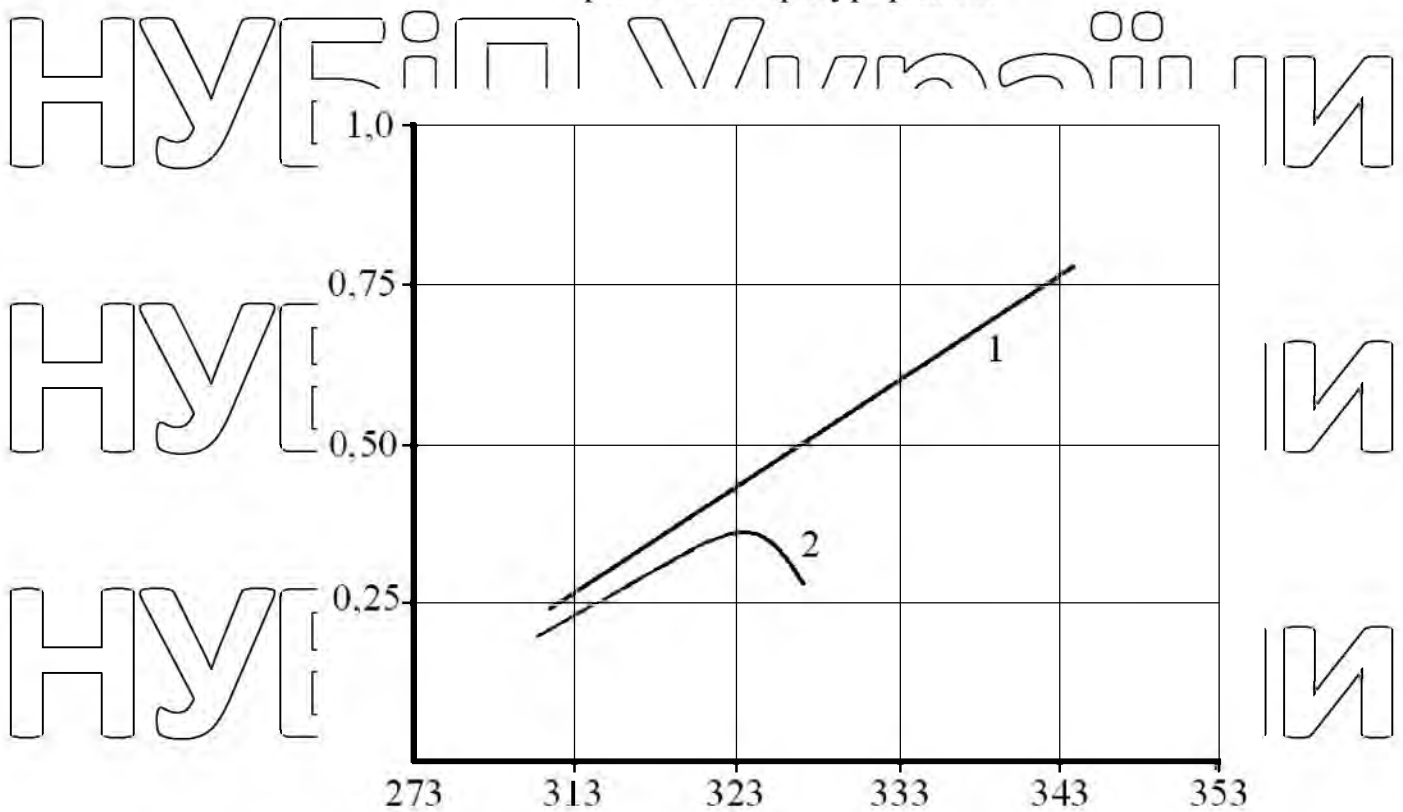


Рис. 1.6 - Залежність кавітаційних руйнувань від величини теплового потоку при різних температурах рідини



1 - Закрита система; 2 - Відкрита система

Рис. 1.7 - Залежність швидкості корозії заліза від температури води

Немає однозначної думки і щодо механізму електрохімічної корозії при інтенсивній вібрації поверхні металу, коли крім корозії поверхню піддається і механічного впливу закриваються кавітаційних бульбашок.

В роботі [23] стверджується, що внаслідок локальної деформації поверхні металу захопували бульбашками відбувається зміна потенціалів деформованих ділянок з утворенням локальних гальванічних елементів, робота яких призводить до виразковим руйнувань металу.

Теоретичні [24, 25, 26] і експериментальні [27, 28, 29] дослідження дозволяють оцінити вплив швидкості циркулюючої в системі охолодження рідини на швидкість корозії охолоджуваних деталей.

Електрохімічні корозійні руйнування омиваються охолоджувальною рідиною поверхонь деталей систем охолодження дизелів зростають як при збільшенні швидкості циркуляції рідини, так і при збільшенні інтенсивності вібрацій цих деталей, в результаті чого з поверхні металу зриваються окисні плівки і посилюється корозія [29].

Слід зазначити, що інтенсивність корозії чорних металів зростає в кислому середовищі, тобто при зниженні водневого показника рН охолоджуючої води. Зміна значення показника рН теплоносія впливає не тільки на корозійні процеси, а й на розчинність залізних оксидних плівок, які перебувають на поверхні металу. Різке збільшення швидкості розчинності магнетиту при високих температурах теплоносія спостерігається при рН < 9,2 [30, 31].

На корозійну стійкість алюмінієвих сплавів показник рН охолоджуючої води також робить істотний вплив. Причому кисле середовище є більш кращою, так як при підвищенні водневого показника корозія цих сплавів в воді протікає більш інтенсивно [32, 33].

Висновки і постановка задач дослідження

Проблема підвищення ефективності експлуатації та терміну служби автомобілів багато в чому пов'язана з можливістю найбільш повного використання ресурсу застосовуються охолоджуючих рідин в конкретному двигуні. В основі такої стратегії технічної експлуатації лежить підбір оптимальних режимів роботи, термінів і об'ємів

технічних впливів в залежності від фактичного техні-чеського стану конкретного двигуна і якості застосовуваних охолоджуючих рідин.

Підвищенню надійності і розробці основних принципів забезпечення працездатності автомобілів, двигунів і агрегатів в процесі експлуатації роботи

Авдонькіна Ф.Н., Бажінова А.В., Бідняка М.Н., Варфоломєєва В.Н., Венцеля Е.С. ,

Говорущенко Н.Я., Гогойзеля А.В., Григор'єва М.А., Данилова І.К., Денисова О.С.,

Канарчук В.Є., Кравченко О.П., Скуридин А.А. та інших авторів. Нині терміни зміни

охолоджуючих рідин регламентовані сервісними книжками та іншими нормативними

документами заводів виготовлювачів і обчислюються в кілометрах пробігу

автомобіля або часу роботи (місяці) в двигуні.

При зливі, в більшості випадків, які працювали охолоджуючі рідини зберігають свій ресурс, достатній для подальшої експлуатації. Це говорить про те, що найчастіше

автомобілі експлуатувалися за сприятливих дорожньо-кліматичних умовах, на

часткових навантаженнях, при хорошому проведенні тих-ническом обслуговуванні

і застосуванні якісного палива і експлуатаційних матеріалів.

1. Аналіз літературних джерел і досліджень, присвячених питанням застосування охолоджуючих рідин в двигунах внутрішнього згорання, показав, що

якість низькозамерзаючих охолоджуючих рідин є одним з значних факторів,

управління яким дозволить значно підвищити ефек-ність експлуатації автомобілів.

2. Практичне застосування низькозамерзаючих охолоджуючих рідин в двигунах автомобілів обумовлено численними проблемами, пов'язаними в першу

чергу, з відсутністю чітких бракувальних показників їх якісного стану. Це в свою

чергу призводить, до необгрунтованого зменшення термінів заміни охолоджуючих

рідин або, навпаки, до використання їх з незадовільними функціональними

властивостями, які призводять до передчасного виходу з ладу деталей системи

охолодження автомобільних двигунів і знижуючи-ню ефективності експлуатації

автомобілів.

3. Проведення періодичного діагностування показників якості дозволить визначити оптимальні терміни заміни охолоджуючих рідин в двигунах автомобілів

по його фактичному стану і таким чином суттєво зменшиться потреба в свіжому антифризі і час простою автомобілів при виконанні технічного обслуговування.

Аналіз показників якості використовуваних для оцінки термінів заміни низькозамерзаючих охолоджуючих рідин показав, що найбільш перспективними є

електрофізичні показники, так як вони придатні для оперативного контролю якості антифризів в місцях їх безпосереднього застосування і вимагають незначних матеріальних витрат для своєї реалізації.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН І РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕРМІНУ ЇХ ЗАМІНИ

2.1 Принципи оцінки показників якості охолоджуючих рідин

Велика кількість виробників охолоджуючих рідин і автомобілів, значний розкид ресурсу охолоджуючих рідин і двигунів викликає великі труднощі при організації технічного обслуговування і ремонту, оснащених охолоджуючими рідинами і запасними частинами, періодичності зміни антифризів і т.п. Розкид ресурсу двигунів і застосовуваних охолоджуючих рідин викликаний не тільки розкидом фізико-хімічних властивостей деталей, вузлів, якості автоексплуатаційних матеріалів, але і зовнішніми умовами експлуатації автомобілів. Крім того, врахувати вплив на ресурс охолоджуючих рідин всіх факторів складно, тому розкид ресурсу охолоджуючих рідин зберігається навіть в тому випадку, якщо умови експлуатації будуть однакові. Заміна охолоджуючих рідин по фактичному стану на підставі результатів діагностики, збільшення ресурсу охолоджуючих рідин пов'язано з ростом поточних витрат на діагностування і аналіз показників їх якості. Планування скорочення ресурсу антифризу застосовуваного в двигуні з їх заміною при технічному обслуговуванні з економічної точки зору може виявитися більш доцільним, ніж збільшення ресурсу застосовуваного антифризу з зниження ресурсу деталей системи охолодження двигуна.

Заходи щодо забезпечення нормативного ресурсу охолоджуючих рідин, які застосовуються в двигунах автомобілів повинні бути доповнені науковою оцінкою зміною показників їх якості і швидкості надходження продуктів корозійного зношування деталей системи охолодження двигунів при експлуатації.

Прогнозуючи термін зміни охолоджуючої рідини в двигуні автомобіля необхідно розглядати систему, працездатність якої визначається вихідними параметрами якості охолоджуючої рідини.

Параметри, що характеризують стан охолоджувальної рідини, можна розділити на вхідні параметри (Z_1, Z_2, \dots, Z_n), що характеризують зовнішні умови, внутрішні

змінні стану (X_1, X_2, \dots, X_n), що характеризують властивості охолоджуючої рідини, і вихідні параметри (Y_1, Y_2, \dots, Y_n), що характеризують реакцію на зовнішні впливи, в які входять і показники надійності двигуна.

До зовнішніх умов (вхідних параметрів) відносяться: дорожні умови (тип і стан покриття, поздовжній профіль дороги, інтенсивність руху і висота над рівнем моря), транспортні умови (вид і обсяг вантажу, що перевозиться, відстані перевезень), атмосферно-кліматичні умови (температура, тиск, вологість і запиленість повітря), культура експлуатації (система і якість ТО і ремонту, кваліфікація водіїв, матеріально-технічна база).

До внутрішнього змінного стану відносяться теплове навантаження, крутний момент, ефективне тиск, тиск у системі охолодження, число обертів і швидкість руху охолоджуючої рідини, ККД агрегату, якість охолоджуючої рідини і ін.

До вихідним змінним стану (реакція на зовнішні впливи) відноситься концентрація продуктів корозійного зношування і зміна електропровідності, яка визначається впливом основних вхідних параметрів (умов роботи).

Інформація про працездатність антифризу, що отримується за допомогою діагностики, часто недостатня для ефективного прогнозу та прийняття правильного рішення. Необхідна математична модель, що відображає зміну діагностичного параметра в залежності від зовнішніх умов.

В зв'язку з чим запропонована логічна формула прогнозування залишкового ресурсу охолоджуючої рідини

$$P = D + MM,$$

де P - прогнозування залишкового ресурсу охолоджуючої рідини;

D - діагностика працездатності охолоджуючої рідини;

MM - математична модель зміни якості охолоджуючої рідини

З цієї формули випливає, що якість прогнозу забезпечується точністю діагностичних методів і засобів, повнотою апріорної інформації і точністю обраної математичної моделі.

Працездатність охолоджуючої рідини визначається показниками її якості, станом основних деталей, вузлів, і умовами роботи. Одним з основних показників,

що лімітує ресурс охолоджуючої рідини (антифризу), є концентрація продуктів корозійного зношування.

Термін служби антифризу в двигуні автомобіля зумовлюється такими показниками як щільність, лужність, в'язкість, змістом механічних домішок і нерозчинного осаду, водневим показником, електропровідністю, температурою застигання та ін.

З плином часу показники якості антифризу погіршуються і визначаються термін заміни, тобто період заміни антифризу в двигуні є функцією часу. В результаті діагностичний параметр (концентрація продуктів корозійного зношування, електропровідність) що характеризує якість антифризу, буде змінюватися від номінального значення $Y_{ном}$ до граничного $Y_{перед}$. Час, на протязі якого буде відбуватися цей процес, тобто ресурс, характеризується швидкістю надходження продуктів корозійного зношування в антифриз і зміною електропровідності.

Швидкість надходження продуктів корозійного зношування в антифриз обумовлюється: конструкцією і робочими режимами двигуна, які є функцією конкретних зовнішніх умов; культурою експлуатації і технічного обслуговування; дорожніми та атмосферно-кліматичними умовами, а також технічним станом, якістю застосовуваних палив, олив і т.д.

Тому можна сказати, що одним з основних чинників, що впливає на швидкість надходження продуктів корозійного зношування в антифриз є навантажувально-швидкісний режим при заданих зовнішніх умовах.

На швидкість надходження продуктів корозійного зношування в антифриз при фіксованому навантажувально-швидкісному режимі багатодітній родині і вплив технологічних та експлуатаційних факторів. Ці фактори для даних зовнішніх умов є випадковими величинами. З огляду на це швидкість надходження продуктів корозійного зношування в охолоджуючу рідину можна представити в загальному вигляді так

$$I = f(P_e, n, K_T, K_E)$$

де P_e - середній ефективний тиск;

n - частота обертання колінчастого вала двигуна;

K_T і K_E - відповідно технологічні та експлуатаційні фактори.

При індивідуальному прогнозуванні терміну заміни охолоджуючої рідини в двигуні необхідно визначати пробіг, при якому діагностичний параметр, що характеризує її якість в даний момент часу $Y_{виз}$, Досягне граничного значення

$Y_{перед}$, Тобто знаходять

$$Y_{перед} = \widehat{Y}_{виз} + L \cdot И \quad (2.1)$$

де L - ресурс охолоджуючої рідини в двигуні до чергової заміни

$И$ - швидкість надходження продуктів корозійного зношування в антифриз.

В цьому рівнянні невідомим є пробіг автомобіля, при якому рідина, що охолоджує вичерпає свій ресурс. Для даних зовнішніх умов пробіг охолоджуючої рідини (тис. км) до чергової заміни складе

$$L = \frac{Y_{перед} - Y_{виз}}{И} \quad (2.2)$$

Рішення поставленого завдання прогнозування періодичності їх заміни в двигуні складається з трьох етапів.

Перший етап включає в себе отримання інформації за допомогою методів діагностики про технічний стан двигуна і ступеня зміни показників якості антифризу.

Нетім проводять якісний і кількісний аналіз маю-трудящих даних для визначення швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз. Якісний аналіз дає уявлення про тенденції зміни залежності швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз при навантажувально-швидкісному режимі. Кількісний аналіз дозволяє визначити вплив технологічних і експлуатаційних факторів на швидкість надходження продуктів корозійного зношування в антифриз, а також дає можливість вирішити ряд питань, які допомагають виконання другого етапу.

На другому етапі вибираються принципи, спосіб і метод прогнозування остаточного ресурсу антифризу.

На третьому етапі основним є виконання обчислювальних операцій, пов'язаних з отриманням прогнозу

2.2 Математичні моделі прогнозування терміну заміни антифризу

При індивідуальному прогнозуванні терміну заміни антифризу в двигуні виникає необхідність в аналітичному вираженні тенденції зміни якості антифризу в залежності від навантажувально-швидкісного режиму роботи двигуна, зовнішніх умов і інших чинників.

Вибір і побудова математичної моделі прогнозування періодичності заміни антифризу є важливим питанням. Аналіз великого матеріалу з вивчення зміни властивостей охолоджуючих рідин і термінів їх заміни від зовнішніх умов дозволив встановити, що в залежності від можливих умов в двигуні відбуваються складні процеси. Встановлено, що в залежності від навантажувально-швидкісного режиму, фізико-хімічного впливу середовища та інших факторів, при корозійному зношуванні деталей системи охолодження двигуна можуть виникати різні поєднання хімічних, фізичних і механічних процесів. При цьому, як правило, має місце явна перевага одного з них, супутніх явища мало впливають на швидкість зміни показників якості охолоджуючих рідин.

В зв'язку з цим знаходження аналітичного виразу періодичності заміни антифризу за діагностичними даними від ступеня зміни якості антифризу має базуватися на структурній формі аналітичного вираження швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз в залежності від навантажувально-швидкісного режиму, зовнішніх умов і інших чинників і давати мінімальну помилку прогнозу.

При побудові вираження періодичності заміни антифризу в області L_1 (рис. 2.1) необхідно витримати такі умови

$$[L_{ocm}^*(t) - Y(t)]_{t=l_i} = 0, i = 0, 1, \dots, n, l_i \in L_1 \quad (2.3)$$

Виконання умови (2.3) дозволяє за допомогою виразу (2.2) терміну заміни антифризу врахувати тенденцію зміни діагностичного параметра в інтервалі $(L_0 \dots L_n)$.

На користь застосування залежно виду (2.2) в якості прогнозує вираження терміну заміни антифризу в двигуні можна навести такі аргументи. Швидкість

надходження продуктів корозійного зношування в антифриз, якщо відсутні конструктивні і технологічні прорахунки у виготовленні деталей системи охолодження двигуна, відбувається в певній мірі поступово. Монотонність закладена в прихованій формі в цих поступових змін властивостей антифризу в двигуні, якщо він технічно справний.

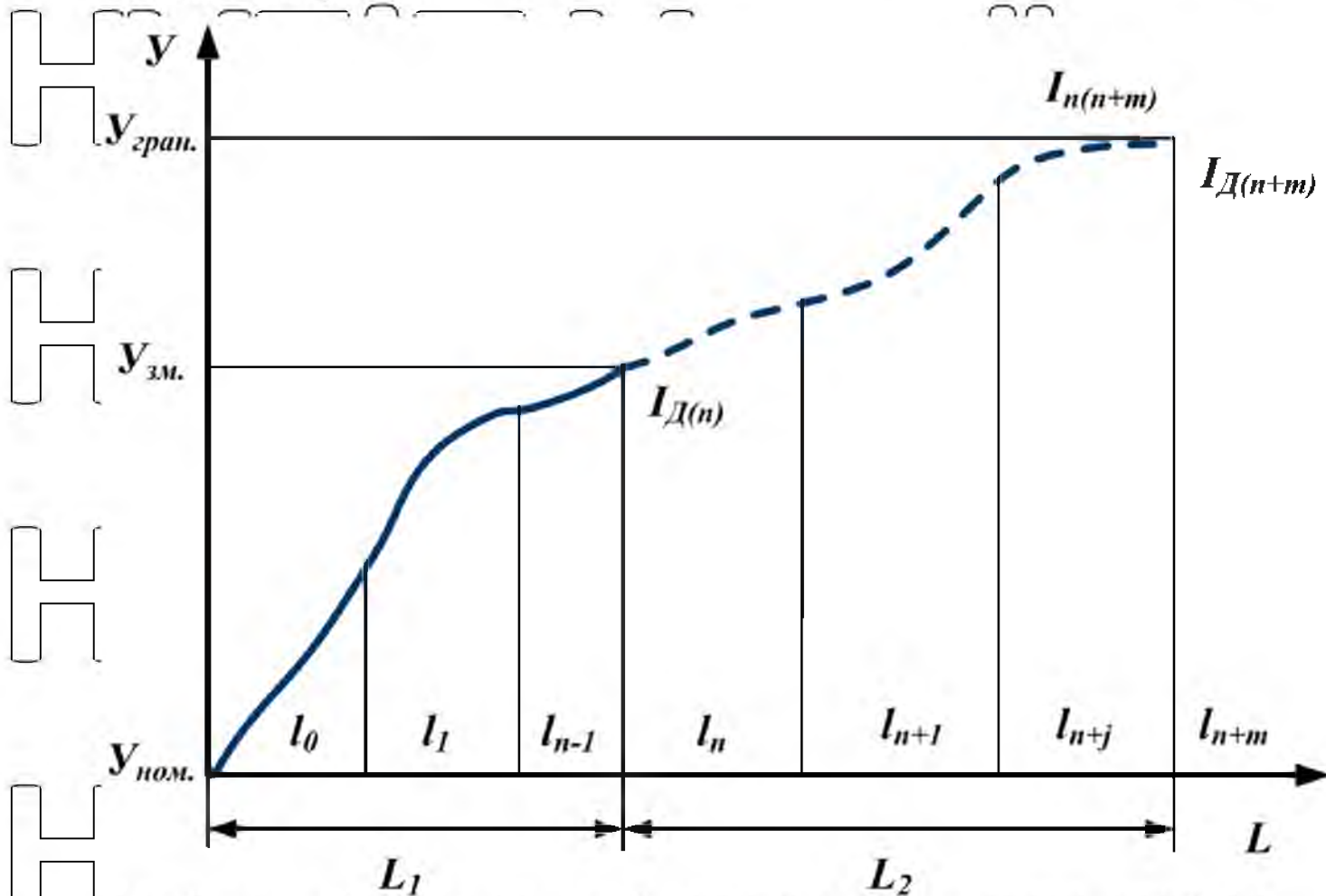


Рис. 2.1 - Область відомих і прогнозованих значень діагностичного параметра

Отже, пробіг автомобіля L_1 за час якого відома зміна діагностичного параметра (концентрації продуктів корозійного зношування і електропровідності), використовується для кількісного визначення значень, які є оптимальними при визначенні терміну зміни антифризу в конкретному двигуні. При цьому слід зауважити, що результат прогнозування значно залежить від точності знаходження цих величин.

В області L_2 контрольованих пробігів прогнозуюча модель повинна враховувати наступне умову

$$[L_{осн}^m(I_{n+j}) - Y(I_{n+j})] \leq \varepsilon_j, \quad j=1, 2 \dots m,$$

де ε_j – допустима помилка прогнозування при j -тому контролі діагностичного параметра.

Крім того, істотно ввести додаткові умови, які визначаються виходячи з технічного стану двигуна, якості застосовуваного антифризу і швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз.

Значення допустимого діагностичного параметра в період контролю якості антифризу не повинні перевищувати його граничного значення

$$Y(I_{n+j}) \leq Y(I)_{пред}$$

Швидкість надходження продуктів корозійного зношування в антифриз при даних зовнішніх умовах повинно відповідати умові

$$(I_{\partial(n+j)} - I_{n(n+j)}) \leq \Delta j, \quad j=1, 2 \dots m,$$

де $I_{\partial(n+j)}$, $I_{n(n+j)}$ - дійсне і прогнозоване значення швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз на j -тому кроці прогнозування;

Додаткові умови розширюють можливості індивідуального методу прогнозування і підвищення точності визначення терміну зміни антифризу.

Якість методу прогнозування визначається його точністю, яка характеризує достовірністю діагностичного параметра, отриманого в результаті прогнозу дійсного значення.

При визначенні терміну зміни антифризу в двигуні (область L_2) за зміною діагностичного параметра в області L_1 і порівняно дійсного і прогнозованого Y_n значень діагностичних параметрів отримаємо відносне значення помилок

$$\Delta j = \left(\frac{Y_{\partial(I_{n+j})} - Y_{n(I_{n+j})}}{Y_{пред}} \right) \cdot 100\%, \quad j=1, 2, \dots, n,$$

де $Y_{пред}$ - граничне значення діагностичного параметра.

Аналіз діагностичного параметра якості антифризу у ряду двигунів дозволяє отримати найбільш стійкі значення помилок при визначенні терміну зміни антифризу, тобто отримати статистичні значення помилок.

Тому, з огляду на вищесказане, поставлене завдання необхідно вирішувати конкретно по відношенню до певної моделі автомобіля.

В дійсних зовнішніх умовах експлуатації автомобілів спостерігається безперервний процес зміни якості антифризу. Пояснюється це великою різноманітністю технологічних і експлуатаційних факторів, які зустрічаються в процесі тривалої експлуатації.

Основними елементами-індикаторами які характеризують збільшення швидкості корозійного зношування деталей системи охолодження ДВЗ служить (Fe) залізо (блок циліндрів, гільзи, патрубки), (Al) алюміній (водяний насос, радіатор, патрубки, головка блоку, блок циліндрів), (Cu) мідь (радіатор, термостат, обігрівач) і (Sn) олово (з'єднувальні шви радіатора і обігрівача) [32, 34].

Зовнішнім тепловим балансом називають розподіл підведеної з паливом теплоти на окремі складові (корисну механічну роботу і втрати). Розрізняють абсолютний, відносний і питомий тепловий баланси.

4. абсолютному тепловому балансі окремі його статті виражаються витратою теплоти за певний проміжок часу. Абсолютний баланс залежить від потужності двигуна і незручний для порівняння, тому він використовується досить рідко [35, 36, 37, 38].

Окремі статті питомої теплового балансу можуть бути віднесені до потужності двигуна і виражаються, таким чином, у витраті теплоти на одиницю роботи. У відносному тепловому балансі всі його статті віднесені до розположеної теплоті і представляються або у відсотках, або в частках. Ці два теплових баланси широко використовуються при аналізі теплоспоживання в двигунах і в розробленні заходів щодо підвищення їх ефективності. У більшості випадків тепловий баланс двигуна визначається експериментально.

Рівняння питомої зовнішнього теплового балансу, $\text{кДж} / (\text{кВт} \cdot \text{год})$ має вигляд [35, 36, 39]

$q_m = q_e + q_{ж} + q_M + q_e + q_{н.с} + q_{ост}$,
 де q_m - теплота згоряння витраченого палива;
 q_e - теплота, еквівалентна ефективній роботі,
 $q_{ж}$ - теплота, відведена в систему охолодження;

q_M - теплота, відведена в масло;

q_e - теплота, віднесена з відпрацьованими газами;

$q_{н.с}$ - втрати теплоти від неговноти згоряння палива;

$q_{ост}$ - залишковий член, тобто невраховані втрати.

Отримана теплота, виділена при згорянні палива в двигуні внутрішнього згоряння, $\text{кДж} / (\text{кВт} \cdot \text{ч})$. Знаходиться за формулою [35, 39]

$$q_m = H_n \cdot g_e$$

де H_n - нижча теплота згоряння палива, $\text{кДж} / \text{кг}$;

g_e - питома ефективна витрата палива, $\text{кг} / (\text{кВт} \cdot \text{год})$. Теплота, перетворювана в ефективну роботу, $\text{кДж} / (\text{кВт} \cdot \text{год})$

$$q_e = H_n \cdot g_e \cdot \eta_e$$

Теплота, що відводиться охолоджувальною рідиною, $\text{кДж} / (\text{кВт} \cdot \text{год})$

$$q_{ж} = G_{ож} \cdot (T_2 - T_1) \cdot c_w / N_e$$

де $G_{ож}$ - витрата охолоджуючої рідини, $\text{кг} / \text{год}$;

T_1 і T_2 - температури охолоджуючої рідини на вході і виході з двигуна, К ; N_e - ефективна потужність, кВт ;

c_w - теплоємність охолоджуючої рідини, $\text{кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$.

Теплота, що відводиться охолоджувальною рідиною, найчастіше використовується на автомобілях в системах опалення салону [10, 40, 41].

Питома ефективна витрата палива ($\text{кг} / \text{кВт} \cdot \text{год}$) визначається за формулою

[42]

$$g_e = 3600 \cdot G_m / N_e$$

де G_m - витрата палива, $\text{кг} / \text{с}$.

Часовий витрата палива ($\text{кг} / \text{год}$) визначається за формулою [43, 44, 45]

$$Q_1 = g_e \cdot N_e = \frac{3600 \cdot V_h \cdot P_e \cdot n}{H_k \cdot \eta_b \cdot 120 \cdot 10^3} = \frac{0,03 \cdot V_h \cdot P_e \cdot n}{H_k \cdot \eta_b}$$

де V_h - робочий об'єм циліндрів двигуна, л, P_e - середнє ефективне тиск, кПа;

n - частота обертання колінчастого вала, хв^{-1} .

Для визначення навантажувально-швидкісного режиму прийняті наступні в домі формули [45, 46]

$$P_e = (12,5 \cdot r_k / V_h \cdot i_0 \cdot i_k \cdot \eta_{\text{тпр}} \cdot 1) \cdot (G_a \cdot \psi + \kappa F \cdot V_a^2 / 13);$$

де r_k - радіус кочення колеса, м;
 V_h - робочий об'єм циліндрів, л;

i_0 - передавальне число головної передачі;

i_k - середньозважене передавальне число коробки передач;

$\eta_{\text{тпр}}$ - ККД трансмісії автомобіля;

G_a - вага автомобіля, Н;

κF - фактор обтічності автомобіля, $\text{Н} \cdot \text{з}^2 \cdot \text{м}^2$;

ψ - коефіцієнт сумарного дорожнього опору;

V_a - швидкість руху автомобіля, $\text{км} / \text{год}$.

Для практичних розрахунків сумарного дорожнього опору в залежності від швидкості руху автомобіля можна використовувати формулу [45, 46]

де V_{max} - максимальна швидкість руху даного автомобіля, $\text{км} / \text{год}$
 K_z - коефіцієнт, що враховує вагу автомобіля.

Середньозважене передавальне число i_k також може бути визначено з

урахуванням швидкості руху автомобіля по формулі

$$i_k \approx 0,6 \cdot V_{\text{max}} / V_a$$

Загальна витрата палива в л/100 км для автомобілів складається з основної норми H_o і додаткової H_d і визначається

$$Q = H_o + H_d \cdot W$$

де W - маса вантажу, що перевозиться, т.

В роботах Н.Я. Говорушенко [44, 45] наведено методику розрахунку основної та додаткової норм витрати палива для різних зовнішніх умов роботи автомобіля з урахуванням зміни температури навколишнього повітря (висоти над рівнем моря

$$H_d = K_m \cdot K_z \cdot \frac{100 \cdot M_a \cdot K_d}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_a}, \text{ л/100км,}$$

де M_a - маса автомобіля, кг;

K_d - коефіцієнт якості дорожньо-транспортних умов;

$K_m = (1 - 0.5 \cdot 102 \cdot t)$ - враховує зміну витрати пального в залежності від температури навколишнього повітря;

Зовнішні умови розділені на чотири групи (відмінні, хороші, задовільні і погані).

При множенні норми витрати палива на пробіг до заміни антифризу в двигун автомобіля для відповідної групи доріг отримаємо загальну кількість палива $Q_{заг}$, витрачений за весь термін служби антифризу, значення якого буде постійним.

Загальна кількість палива, витраченого за весь термін служби антифризу в двигуні, залежить від індивідуальних особливостей конкретного автомобіля.

Тоді загальна кількість палива (л), витрачена за весь термін служби антифризу в двигуні автомобіля, складе

$$Q_{общ} = 0,01 \cdot F_{дк} \cdot L_n \cdot Q_n / F_{вим}$$

де $F_{дк}$ - допустима концентрація продуктів корозійного зношування в антифризі, г/т;

$F_{вим}$ - виміряна концентрація продуктів корозійного зношування в антифризі, г/т;

Q_n - витрата палива за період пробігу автомобіля L_n , л.

Отже, в загальному вигляді залишковий ресурс антифризу (км) може бути визначений як

Швидкість корозійного зношування, 10 ³ мг/хв	Мідь М-1	Латунь Л-63	Сталь 20	Чавун Сч 24-44	Сталевий алюмінію Ал-9	Припай ПОС-40
Вода дистильована	1,3	1,45	3,68	3,04	1,73	1,68
Етиленгліколь	0,65	0,78	1,9	1,7	1,03	1
Тосол-А40М	0,13	0,14	0,13	0,12	0,1	0,2

Результати розрахунку терміну служби антифризу в двигуні одиночного автомобіля ГАЗ-3302 в залежності від групи доріг і середніх технічних швидкостей наведені в таблиці 2.2

Виконані розрахунки показали, що в залежності від дорожніх умов експлуатації термін служби антифризу в двигуні змінюється в межах 51,9 ... 222,6 тис. Км (1,2 ... 4,3 рази) при русі на різних швидкостях.

Таблиця 2.2

Термін служби антифризу Тосол-А40М при експлуатації автомобіля ГАЗ-3302

Найменування показника	Група доріг						
	1	2	3	4	5	6	7
Середня технічна швидкість V_a , км/год	60	47	38	32	26	20	14
Витрати палива, л/100км	13,9	14,3	15,5	16,9	19,5	31,9	55,2
Термін служби антифризу, тис. км	222,6	174,4	140,9	118,7	96,5	74,2	51,9

В існуючих системах охолодження швидкість циркуляції антифризу вимірювалась від 1 до 5 м / с, а в застійних зонах від 0,1 до 0,3 м / с [35, 49]. Гідравлічний опір при цьому складають в сорочці охолодження двигуна 12,3 ... 14,7 кПа, в радіаторі 19,6 ... 24,5 кПа, в трубопроводах 7,35 ... 12,25 кПа і загальний гідравлічний опір системи охолодження двигуна 39,2 ... 51,4 кПа [35, 49, 50].

Якщо прийняти ресурс антифризу за 100% при повному вазі і швидкості руху автомобіля, що відповідають максимальному терміну його служби, то залишковий ресурс антифризу в двигуні складе

$$L_{ост}^* = (F_{д.к} - F_{нзм}) \cdot L_{ж} / F_{нзм}, \quad (2.7)$$

де $L_{ж}$ - пробіг автомобіля після чергової заміни антифризу.

В експлуатації спостерігається значна зміна швидкості руху і ваги автомобіля. Тому значення залишкового ресурсу антифризу необхідно коригувати коефіцієнтами, що враховують зміни швидкості руху і ваги автомобіля. Тоді рівняння (2.7) запишемо

у вигляді

$$L_{ост}^{ж} = (F_{д.к} / F_{нзм} - 1) \cdot L_{ж} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де K_1 , K_2 - відповідно коефіцієнти, що враховують зміна швидкості руху і повної ваги автомобіля при заданих зовнішніх умовах.

З виконаних розрахунків слід, що коефіцієнти K_1 , K_2 можна визначити як

$$K_1 = 1,1 \cdot V_a / V_{ост},$$

$$K_2 = 1 - 0,9 \cdot G_{гр} / (G_n + G_{гр}),$$

де $V_{ост}$ - швидкість, яка відповідає найбільшому терміну служби антифризу, км / год;

$G_{гр}$ - вага вантажу, що перевозиться, кН;

G_n - вага порожнього автомобіля, кН.

Для визначення терміну заміни антифризу в двигуні при експлуатації автомобілів по параметру електропровідності, прийемо допущення про те, що залежність електропровідності (ρ) антифризу від кількості витраченого палива Q при експлуатації можна уявити, як пряму tg кута нахилу яка буде визначатися інтенсивністю зміни величини (ρ) антифризу при експлуатації автомобіля [51].

З іншого боку інтенсивність зміни діагностичної величини антифризу при експлуатації автомобілів можна уявити як

$$K = \frac{\Delta\chi}{Q_{ост}}, \quad (2.9)$$

де $\Delta\chi$ - величина параметра збільшення електропровідності, характеризує залишковий ресурс фізико-хімічних властивостей антифризу до заміни;

$Q_{ост}$ - кількість палива, яке залишилося не витраченим до заміни антифризу, л.

Прирівнявши праві частини рівнянь (2.8) і (2.9) після рішення, отримаємо математичну модель визначення кількості що залишиться палива до заміни антифризу при експлуатації.

Графічна інтерпретація даної моделі, що дозволяє визначити термін заміни антифризу від кількості витраченого палива, при експлуатації автомобілів приведена

на рис. 2.2

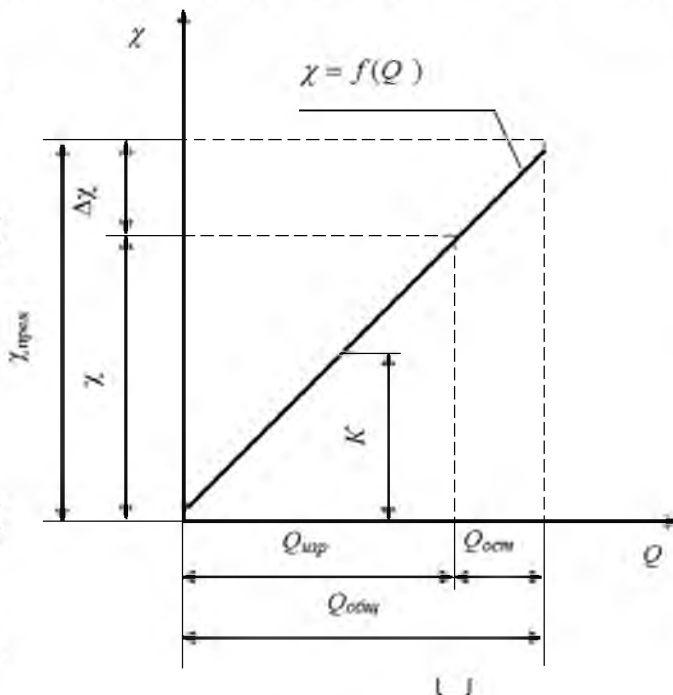


Рис. 2.2. Залежність величини електропровідності від кількості використаного палива при експлуатації

Висновки по другому розділу

1. Розроблено метод оцінки властивостей антифризів, що застосовуються в двигунах автомобілів, заснований на діагностичній інформації технічного стану двигуна і швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз.

2. Ступінь зміни основних властивостей і показників якості антифризів характеризується однозначними безперервними функціями навантажувально-швидкісного режиму, технологічних, експлуатаційних факторів і якості застосовуваного антифризу. Термін служби антифризу при цьому може змінюватися в 1,2 ... 4,3 рази.

3. Розроблені методи прогнозування встановлюють зміна осту-точного ресурсу антифризу застосовуваного в двигуні в залежності від швидкості руху автомобіля і витрати палива, а також від індивідуальних особливостей конкретного автомобіля і якості застосовуваного антифризу.

4. Термін зміни антифризу в двигуні залежить від величини електропровідності, концентрації заліза, алюмінію, міді в антифризі за минулий період і зовнішніх умов на майбутній період роботи автомобіля або загальною витратою топ-лива. Минулий період роботи автомобіля відображає індивідуальні особливості конкретного двигуна.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗМІН ВЛАСТИВОСТЕЙ ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ ПРОДУКТІВ КОРОЗІЙНОГО ЗНОШУВАННЯ

3.1 Методика і апаратура експериментальних досліджень

Установка МФС-7 з автоматичним управлінням і автоматичною обробкою вихідних даних призначена для збудження емісійних спектрів і реєстрації аналітичних сигналів, спектральних ліній різних елементів продуктів зносу у відпрацьованій оливі.

В комплект установки входять поліхроматор зі спеціальним штативом для аналізу рідких проб, електронно-реєструючий пристрій, керуючий обчислювальний комплекс, принтер, джерело збудження спектру ІТТ-28, електромагнітний стабілізатор напруги С-0,75, стабілізатор СТС-2М 16/05.

3.1.1 Пристрій і принцип роботи установки

У штативі установки МФС-7 передбачено два способи введення аналізуючої проби оливи в електричний розряд, який утворює плазму, де відбувається випарювання і збудження випромінювання атомів елементів, присутніх в пробі оливи.

У першому випадку проба подається обертовим вугільним диском в розряд. В іншому випадку аналізуюча проба подається на обертовий вугільний стрижневий електрод, обертається кварцовим диском, зануреним у ванночку з оливою.

Випромінювання розряду спрямовується на вхідну щілину поліхроматор з увігнутими дифракційними ґратами. Дифракційна решітка розкладає випромінювання в спектр. Вихідні щілини поліхроматор виділяють із спектру необхідні аналітичні лінії. Виділений потік випромінювання направляється на

фотокатод відповідного фотоелектричного помножувача (ФЕП). В анодному ланцюзі ФЕП протікає струм.

Так як електричний розряд, який утворює плазму, найчастіше має імпульсний характер і, крім того, інтенсивності спектральних ліній в електророзрядної плазмі відчувають значні випадкові коливання, то для отримання стабільних результатів спостережень необхідно усереднення спектро-аналітичних сигналів в деякому обраному проміжку часу. В установці це усереднення досягається накопиченням (інтеграцією) зарядів на конденсаторах з ємністю (С), включених в анодні ланцюги ФЕП і встановлених в блоці інтеграторів. Заряд всіх конденсаторів проводиться

одночасно. Після закінчення часу інтегрування (Т) за програмою управління виводиться послідовний опитування конденсаторів шляхом підключення їх на вхід підсилювача постійного струму (ППС). На виході підсилювача УПТ включений перетворювач і подається в обчислювальний пристрій (ОП). Пристрій ОП за заданою програмою виробляє обробку сигналів і передає їх на принтер, яке виробляє роздруківку результатів. Що представляють собою, в залежності від програми обробки, або деякі перетворені значення сигналів, пропорційних абсолютним або відносним значенням інтенсивності спектральних ліній, або значення концентрацій аналізованих елементів проби.

Вибір режиму роботи установки, зокрема, автоматичне включення джерела збудження спектру, вибір аналітичної програми, визначаються-нього порядок включення і виключення каналів аналізованих елементів, вибір виду реєстрації, обсягу вибірки одиничних вимірювань здійснюється оператором в режимі діалогу при допомозі клавіатури комп'ютера.

У процесі роботи установки команди, такі відповідно до програм-мій, направляються з пристрою ОП через пристрій УВВ в дешифратор блоку контролера (К). Дешифратор перетворює цифрові сигнали пристрою ОП у відповідності керуючі сигнали, які посилюються за потужністю і подаються на виконавчі пристрої автоматично.

Встановлення часу інтегрування (Т) в установці проводиться програмним способом за рахунок використання тактового генератора пристрою ОП. При цьому забезпечується можливість отримання сигналів, пропорційних абсолютним значенням інтенсивностей спектральних ліній. Ці сигнали до деяких випадках можуть безпосередньо використовуватися для градування установки і подальшого отримання результатів в значеннях концентрації визначаються елементів.

Отримання результатів спостережень, пропорційних відносним інтенсивностям, в установці проводиться шляхом обчислення відношення сигналів аналізованих ліній і ліній порівняння за допомогою обчислювального пристрою.

Час попереднього іскрування проби також встановлюється програмним способом шляхом використання тактового генератора пристрою ОП.

Установка розрахована на цілодобову роботу і дозволяє в зміну виробляти аналіз 30-40 проб олив при триразовому визначенні.

Загальний час аналізу однієї проби олив на 16 елементів при одноразовому визначенні становить 3-4 хвилини і складається з часу:

- промивання дозуючого диска;
- установки електродів;
- наповнення ванночки аналізованої пробюю оливи і установки в штатив;
- попереднього нагрівання електродів, випалу і експозиції;
- друку даних

3.1.2 Апаратура, реактиви та матеріали

При проведенні випробувань застосовуються:

- ваги лабораторні мікроаналітичні;
- ваги лабораторні технічні;
- ступки агатові або яшмові для розтирання окислів при приготуванні зразків;
- секундомір;
- електроди стрижневі (рис. 3.2) марки С₂;
- оксиди металів;
- спирт етиловий ректифікований по ГОСТ 5062-67 або по ГОСТ 18300-72;

- папір логарифмічна або міліметрова;
- журнали для реєстрації проб і запису результатів аналізу;
- мішалка механічна для перемішування зразків;
- бензин Б-70 для промивання ванночок і дозуючого диска;
- ультразвукова установка УЗГ-2 або ін. типу;

- ванночка для оливи з антифризом;
- пінцет.

Набір окислів слід визначати набором характерних елементів, які визначають знос деталей агрегатів.

Окиси металів для приготування еталонних образів:

- окис заліза (Fe_2O_3), по ГОСТ 4173-66;
- окис алюмінію (Al_2O_3), Безводна, ч. По ТУ 6-09-426-70;
- окис міді (CuO), по ГОСТ 16539-79;
- окис олова (SnO_2), по МРТУ 6-09-254-63

3.1.3 Приготування еталонних зразків

Зразки для спектрального аналізу оливи з антифризом необхідно заготовляти зі свіжих антифризів тих же марок, які використовувалися в досліджуваних системах охолодження двигунів при експлуатації.

Перед приготуванням зразків охолоджуюча рідина повинна бути перевірена на відповідність показникам якості, встановленим у стандарті або технічних умовах.

Контрольовані елементи слід вводити в зразки антифризів в вигляді окислів, розтертих в ступці.

Для аналізу антифризу необхідно готувати не менше чотирьох зразків з вмістом кожного елемента від 1 до 500 г/т. Значення концентрацій елементів в зразках наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення концентрацій елементів в стандартах антифризу

Елемент	Зміст елементів (г/т) для зразків				
	01	02	03	04	05
Fe	10	50	100	200	500
Cu	500	200	100	50	10
Sn	10	50	100	200	500
Al	50	100	500	20	10

3.1.4 Розрахунок оксидів для зразків з концентрацією елементів корозійного зношування більше 3 г/т

Необхідна кількість оксидів (X) розраховують відповідно до хімічної формули оксиду та заданою концентрацією елемента в зразку по співвідношенням [52]:

$$X = \frac{(N_o \cdot A_o + N_p \cdot A_p) \cdot K_o \cdot G_{uz}}{N_o \cdot A_o \cdot 1000} \quad (3.1)$$

де N_o - число атомів елемента в молекулі оксиду; A_o - атомна маса елемента;

N_{pro} - число атомів кисню в молекулі оксиду;

A_{pro} - атомна маса кисню;

D_{oz} - задана концентрація елемента в зразку в г/т;

G_{uz} - маса зразка в м

Приготовлені навішування розтираються зі спиртом в агатовій ступці протягом

1 години, після випаровування спирту, в ступку додають антифриз і розтирають

протягом години

Після введення навісок оксидів в антифриз приготвлену суміш слід перемишати протягом 30-40 хв.

Зразки перед кожним аналізом необхідно перемишувати механічною мішалкою

не менше 0,5 години.

Побудова тарувальних графіків

Зразок необхідно аналізувати на установці МФС-7 не менше 10 разів. Після аналізу зразків підраховується відносне квадратичне відхилення (δ_{φ}) Середньої величини відліку за формулою [53, 54, 55]

$$\delta_{\varphi} = \frac{1}{n_{\varphi}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (n_i - n_{\varphi})^2}{m \cdot (m-1)}}, \quad (3.2)$$

де n_{φ} - середня величина відліків,
 n_i - величина відліку при i -му аналізі,
 m - число паралельних аналізів.

Якщо відносне квадратичне відхилення середньої величини для концентрацій 10 г/тл більше становить менше 10%, то будують тарувальні графіки. Якщо помилка більше, число аналізів необхідно збільшити.

Одночасно з аналізом зразків проводять аналіз контрольних зразків і підраховують середні величини відліків по всіх каналах вимірювання установки при десятикратних контрольних визначень.

Примітка: В якості контрольних олив використовують свіжі оливи, на яких готувалися зразки і антифризи, що були у вжитку на двигуні.

Підготовка апаратури

Фотометрична установка після включення і прогрівання повинна бути перевірена на відтворюваність.

Перед перевіркою установки необхідно переконатися в тому, щоб параметри, що визначають режим аналізу, відповідали обраним величинам.

Установку перевіряють аналізом проб контрольних олив.

Якщо середні величини відліків по вимірювального приладу при троекратних паралельних визначеннях відхиляються не більше ніж на 18% від середніх величин контрольних визначень, то перевірку закінчують. При великих відхиленнях слід перевірити чистоту стрижневих електродів. Потім перевіряють стан входної щілини

установки, фотометричну і фотоелектричні відтворюваність згідно з технічним описом установки і заново аналізують зразки та контрольні оливи.

Відбір проб

Відбір проб проводять з розширювального бачка системи охолодження працюючого двигуна. Маса відібраної проби повинна бути не менше 100 мг.

Проби відбирають через заливну горловину розширювального бачка за допомогою пристрою для відбору проб охолоджуючих рідин (рис. 3.3). Для виключення забруднення відбирається зразок після попереднього відбору трубку відбірника необхідно промити дистильованою водою, зробивши кілька попередніх пробачувань.

Проби охолоджуючої рідини відбирають в сухий чистий посуд з герметичною кришкою.



Рис. 3.3. Пристрій для відбору проб охолоджуючої рідини

Після заповнення судини ємністю - 0,1 л, кришка знімається, промивається і встановлюється на іншу посудину.

При відборі проби обов'язково вказується:

- дата відбору проби, марка автомобіля і охолоджуючої рідини;
- напрацювання охолоджуючої рідини в кілометрах пробігу або в літрах витраченого палива,
- загальний пробіг автомобіля або напрацювання двигуна;

Підготовка проб охолоджуючої рідини

Безпосередньо перед аналізом проба охолоджуючої рідини повинна бути перемішана механічною мішалкою протягом 10 хв. Потім переміщується з моторною оливою 1:1 (об'єм).

Проведення аналізу

Режими та умови аналізу проби антифризу з моторним маслом представлені в табл. 3.2 і 3.3.

Таблиця 3.2 - Значення умови аналізу проби охолоджуючої рідини

№ п/п	Умови аналізу	Тип оливи
		SAE 5W-40
1	Ширина входної щілини, мм	35
2	Режим джерела збудження спектру	Дуга змінного струму
3	Сила струму, А	3,4
4	Фаза підпаду	90
5	Частота проходження імпульсів, імп/с	100
6	Міжелектродний проміжок, мм	1,5

7	Час попереднього нагрівання обертального електрода, с	50
8	Час попереднього іскрування(з подаючої оливи в розряд), с	20
9	Час інтегрування (експозиція), с	20
10	Швидкість обертання нижнього електрода, об / хв	160
11	Розрядження в камері штатива, Па	-25
12	Реєстрація	абсолютна

Обробка результатів

Аналіз кожної проби антифризу проводився три рази.

Розбіжність між результатами двох паралельних визначень відліку не перевищувало 20%. Якщо значення результату третього визначення перебували в межах допустимих розбіжностей кожного з двох попередніх визначень, то за результат аналізу приймалося середнє арифметичне значення результатів трьох визначень.

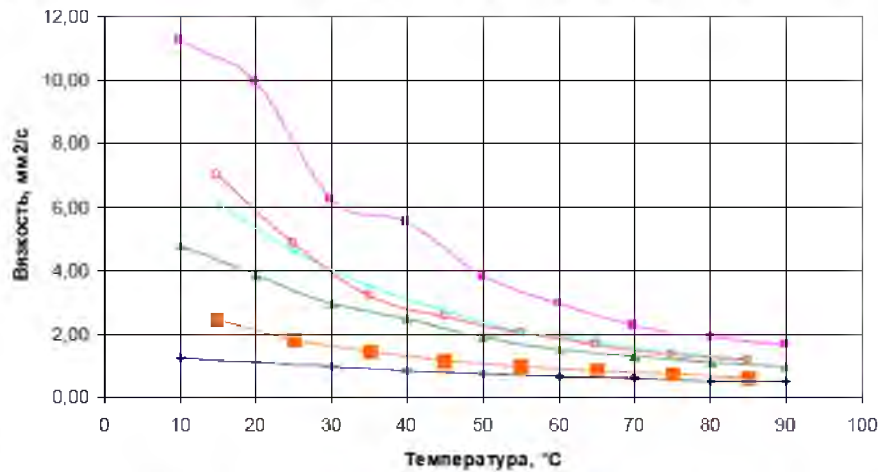
Концентрація елементів визначалася за середніми величинами отриманих відрахунків за допомогою тарувальних графіків. Величина концентрації визначається в грамах на тону охолоджуючої рідини (г/т).

3.2 Зміна фізико-хімічних показників і швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифризи при експлуатації вантажних автомобілів

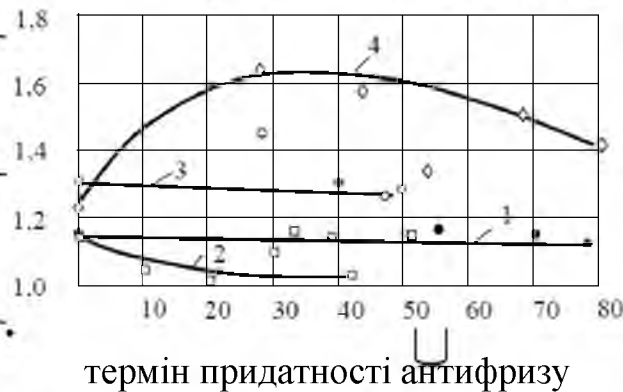
До складу сучасних антифризів входять різні присадки, які з-тримають полімери і поверхнево-активні речовини, які суттєво впливають на зміну в'язкості охолоджуючих рідин працюють при різних температурах [56]. При зниженні температури навколишнього середовища в'язкість антифризів збільшується і при

температурі 10 °С змінюється до 89%, а при температурі 80 °С до 73% (рис. 3.4)

[51].



Застосування антифризів з підвищеною в'язкістю призводить до збільшення механічних втрат і витраті палива, а зі зниженою до витоків через не герметичності гумових з'єднань. Під час експлуатації автомобілів в'язкість антифризу може зростати і знижуватися на момент заміни до 16% (рис. 3.5 і 3.6).



1 – КаМАЗ-54901 (ТОСОЛ TC FELIX-40)

2 – MAN TGX 28.440 (антифриз Shell G11)

3 – Volvo Trucks (антифриз FELIX CARBOX G12)

4 – Renault Premium 460 Dxi (антифриз SWAG)

Рис. 3.5 - Зміна кінематичної в'язкості антифризів від терміну служби в двигунах автомобілів



Рис. 3.6. Зміна кінематичної в'язкості від кількості витраченого палива

Збільшення або зниження щільності антифризу від початкових значень при експлуатації призводить до підвищення температури початку кристалізації антифризу. При цьому зміни становлять до 3% (рис. 3.7 і 3.8).

Зміна значення показника рН теплоносія впливає не тільки на корозійні процеси, а й на розчинність залізо-оксидних плівок, які перебувають на поверхні металу. Під час експлуатації автомобілів спостерігається зниження водневого показника антифризів до 20% (рис. 3.9 і 3.10).

Різне збільшення швидкості розчинності чорних металів при високих температурах теплоносія спостерігається при $\text{pH} < 9,2$ [57, 58, 59, 60].

На корозійну стійкість алюмінієвих сплавів показник рН охолоджуючої рідини, також робить істотний вплив. Причому краще середовище є більш кращим, так як при підвищенні водневого показника коррозія цих сплавів в антифризі протікає більш інтенсивно.

Застосовуючи сучасні низькозамерзаючі охолоджуючі рідини, випускаються різними виробниками, які можуть мати різні властивості, необхідно врахувати особливості конструкції і властивості матеріалів деталей системи охолодження

двигунів, з яких вони виготовляються. У разі невідповідності властивостей антифризу застосовуваного в даній конструкції системи охолодження двигуна може привести до підвищеного корозійного зношування і передчасної відмови.

Зміна концентрації продуктів корозійного зношування заліза і алюмінію в антифризах при експлуатації автобусів від напрацювання і кількості через витраченого палива представлені на рис. 3.11 і 3.12.

Швидкість надходження продуктів корозійного зношування в охолодуючу рідину є узагальнюючим показником що характеризує якість застосовуваного антифризу, вихідне технічний стан двигуна і системи охолодження, а також режими роботи і умови експлуатації.

Результати виконаних розрахунків (3.1) і (3.2) швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз представлені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Значення швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз вантажних після першої заміни

Найменування показників	У двигуни автомобілів залитий антифриз заводу виробника			
Марка автомобіля	КаМАЗ-54901	MAN TGX 28.440	Volvo Trucks	Renault Premium 460 Dxi
Пробіг автомобіля, км	46543	52114	49286	80241
Термін служби антифризу, км	46543	52114	49286	80241
Концентрація, г/т				
Fe	2,4	3	7	12
Al	4	6	8	21
Cu	1	2	5	8
Sn	1	1	2	5
мг/км	0,0003	0,0003	0,0012	0,0022

Швидкість надходження залізу в антифриз	мг/л	0,0045	0,0039	0,015	0,011
алюмінію	мг/км	0,0005	0,0007	0,0014	0,0039
	мг/л	0,0076	0,0078	0,017	0,019
міді	мг/км	0,0001	0,0002	0,0003	0,0015
	мг/л	0,0019	0,0026	0,0043	0,0074
олова	мг/км	0,0001	0,0001	0,0003	0,0009
	мг/л	0,0019	0,0013	0,0043	0,0046

Аналізуючи значення швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз (табл. 3.4) потрібно відзначити, що мінімальне значення по же-лізу 0,0039 мг/л витраченого палива в двигуні автомобіля MAN TGX/28.440, а максимальне 0,015 мг/л палива в двигуні автомобіля КаМАЗ-54901. За алюмінію мінімальне значення 0,0076 мг/л в автомобілі Volvo Trucks і максимальне 0,019 мг/л в автобусі Богдан А091, що свідчить про більш вдалому підборі антифризу для даної конструкції першого двигуна по відношенню до іншого.

При продажу автомобіля виробник бере на себе гарантійні зобов'язання, які діють протягом 2 ... 5 років або визначених кілометрів пробігу в залежності від марки автомобіля, і при цьому вимагає суворого виконання переліку робіт у встановлені терміни.

Технічне обслуговування сучасних автомобілів виконується на станціях технічного обслуговування або автотранспортних підприємствах, на основі

рекомендацій сервісної книжки або виробника даного автомобіля, де вказується марки рекомендованих антифризів, і терміни їх заміни за часом (місяці) і км пробігу. При невиконанні даних рекомендацій завод виробник має право зняти автомобіль з гарантійного обслуговування.

Аналіз основних показників якості антифризу через 24 місяці експлуатації автомобілі MAN TGX 28.440 (пробіг склав 39 тис. км) показав, що антифриз придатний до подальшої експлуатації, так як отримані значення не перевищують значення рекомендовані ГОСТ 28084 для які не працювали антифризів. Було прийнято рішення продовжити експлуатацію автомобіля на даному антифризі.

При наступному аналізі, пробіг склав 52 тис. км, відбулося збільшення корозії деталей виготовлених зі сталі до 35% і чавуну до 53% в порівнянні з попереднім значенням. Збільшення значення електропровідності антифризу зіставило близько 16% (табл. 3.5) [47].

Виконуючи першу заміну антифризу, необхідно проводити аналіз основних показників якості (густини, в'язкості, водневого показника, лужності, електропровідності, концентрації продуктів зношування, корозійного впливу на метали) і швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз на літр витраченого палива, а отримані значення заносити в діагностичну картку автомобіля або накопичувальний файл комп'ютерах. Отриману інформацію, як вихідну, можна використовувати в подальшому при підборі марки антифризу інших виробників і своєчасного діагностування несправності в роботі системи охолодження і початку підвищеного зношування деталей в процесі експлуатації автомобілів.

При експлуатації автобусів (пробіг більше 700 тис. км) на міжміських маршрутах зміна показників якості антифризів представлені в табл. 3.6.

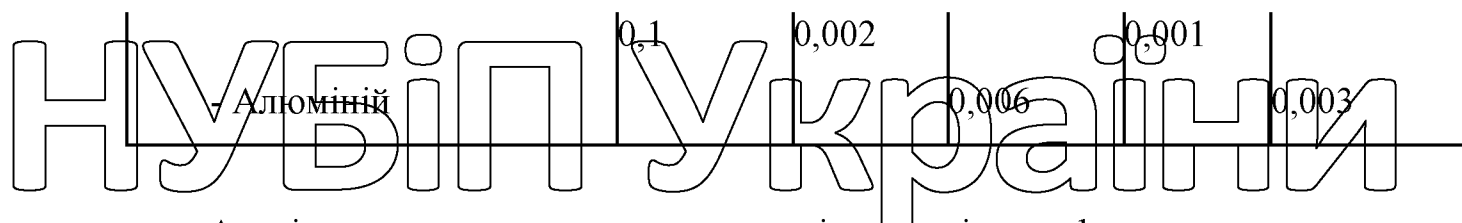
Аналіз показників (табл. 3.6) свідчить про те, що заміну антифризу необхідно проводити індивідуально по конкретному автобусу з урахуванням конструктивно особливостей, якості застосовуваного антифризу і кількості використаного палива. Експлуатацію автобуса КаМАЗ 54901 на даному антифризі було прийнято рішення продовжити після його фільтрації.

Результати аналізу основних показників якості антифризів на момент заміни застосовуються на легкових автомобілях представлені в табл. 3.7

Таблиця 3.7

Результати аналізу антифризу при експлуатації автомобілів

Найменування показника	Норма за ГОСТ 28084-89	ВАЗ-2115 (FELIX-40)		ВАЗ-21104 (SWAG)	
		0 км	50 тис. км	0 км	80 тис. км
1. Щільність при 20°C, г / см ³	1,065-1,085	1,075	1,07	1,082	1,074
2. Температура початку кристалізації, °C	- 40	- 42	- 40	- 44	- 40
3. Водневий показник (рН)	7,5-11,0	8,2	6,71	7,9	7,14
4. Лужність, см ³ , не менше	10	2,7	2,3	10,6	10,1
5. Електропровідність, Ом / м ¹	-	8,64 · 10 ⁻⁵	6,64 · 10 ⁻⁵	7,06 · 10 ⁻⁵	9,09 · 10 ⁻⁵
6. Корозійний вплив на метали г / м ² добу:					
- Сталь	0,1	0,04	0,071	0,03	0,071
- Чавун	0,1	0,06	0,09	0,06	0,1
- Мідь	0,1	0,002	0,006	0,004	0,01
- Латунь	0,1	0,003	0,006	0,004	0,063



Аналіз значень основних показників якості антифризу пропрацювали в легкових автомобілях ВАЗ (табл.3.7) показав, що на момент заміни показники якості зазнали незначні зміни і антифризи придатні до подальшої експлуатації [61].

Висновки по третьому розділу

На підставі теоретичних і експериментальних досліджень встановлені залежності зміни діагностичних параметрів від ступеня зміни показників якості антифризів застосовуваних в системах охолодження двигунів.

Як діагностичний параметра зміни властивостей антифризів прийняті концентрація продуктів корозійного зношування і їх швидкість надходження в антифриз.

2. Швидкість надходження заліза в антифриз при першій заміні змінюється в межах 0,0039 ... 0,015 мг/л, алюмінію 0,0076 ... 0,019 мг/л, міді 0,0019 ... 0,0074 мг/л, олова 0,0013 ... 0,0046 мг/л витраченого палива.

При першій заміні, необхідно проводити аналіз основних показників якості (в'язкості, лужності, електропровідності, щільності, водневого показника, корозійного впливу на метали) і швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз на літр витраченого палива, а значення заносити в діагностичну картку автомобіля або накопичувальний файл комп'ютера. Отриману інформацію, як вихідну, можна використовувати в подальшому при підборі антифризів інших виробників і своєчасного діагностування несправності в роботі системи охолодження двигуна і початку підвищеного зношування деталей в процесі експлуатації автомобілів.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ОХОЛОДЖУЮЧОЇ РІДИНИ ЗА ЇЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ

4.1 Характеристика методів вимірювання електропровідності

Електропровідність - величина зворотна опору і пропорціональна загальній концентрації катіонів та аніонів, їх валентності і їх рухливості, тобто швидкості (м / с), з якої вони можуть пересуватися у напрямку до електродів при падінні потенціалу в даному напрямку в 1В на 1м [62].

Електропровідність рідини тісно пов'язана з будовою молекул рідини. У неполярних рідинах електропровідність залежить від наявності домішок. У полярних рідинах електропровідність визначається не тільки домішками, але іноді і дисоціацією молекул самої рідини. Струм в рідині може бути обумовлений як пересуванням іонів, так і переміщенням щодо відповідності великих заряджених колоїдних частинок.

Серед існуючих методів вимірювань електропровідності найбільш часто використовується метод вимірювання питомої або об'ємного опору. Вимірювання об'ємної опору проводиться трьома основними методами [63]:

а при змінній напрузі - проводиться вимірювання за допомогою різних мостів, які зазвичай вимірюють тангенс кута діелектричних втрат, характеризуючі співвідношення між активною і реактивною складовими струму [64, 65, 66].
 при постійній напрузі - здійснюється за допомогою серійно випускаючих приладів, що вимірюють малі струми або великі опору [67, 68, 69, 70]. В цьому випадку питому електропровідність розраховують за законом Ома.

- вимір методом розряду конденсатора - принцип методу заснований на тому, що конденсатору з вуглеводневої рідиною повідомляють певний електричний заряд, який з часом зменшується за експоненціальним законом [65, 69].

Теоретичні основи цих методів полягають у наступному. Молекули води можна представити у вигляді тетраедра, чотири кути якого є місцями заряду. Два таких місця зайняті атомами водню, що несуть позитивний заряд, два інших займають електронні пари ксеню. Останні беруть участь в утворенні водневих зв'язків з двома

сусідніми молекулами води. Завдяки цьому, молекули води пов'язані між собою в комплекси. Ці зв'язки носять в основному електростатичний характер. Через це молекула води є диполем. Введення в воду іонів призводить до того, що електростатичні взаємодії-дії між іонами і діполями води стають в кілька разів сильніше, ніж взаємодія між молекулами води. Тому присутність іонів істотно впливає на структуру розчинника: молекули води, що знаходяться близько іонів, завдяки цьому вода, що містить деякі речовини, набуває визначені електрофізичні властивості, показники яких залежать від концентрації в розчині іонів розчиненої речовини [26].

Питому електропровідність вимірюють, подаючи напругу на вимірювальну осередок з рідиною [71, 72]. Точність вимірювання багато в чому залежить від часу, умов і типу вимірювальної комірки; рекомендується використовувати трьох-і двох затискні вимірювальні осередки з охоронним електродом [73, 74]. Переважно таких осередків є відсутність крайового ефекту (спотворення електричного поля біля країв комірки). Крім того, їх застосування дозволяє при дотриманні певних умов (запуренні охоронного електрода в рідину не менше ніж на 2 мм) уникнути впливу об'єму рідини на результати вимірювання. У залежності від методу вимірювання, в рідині під дією прикладеного електричного поля можуть протікати побічні явища - поляризація і електроочистка.

При використанні змінної напруги на результат помітно впливають поляризаційні струми, що виникають внаслідок поляризації дипольних молекул і протікають протягом усього вимірювання.

При застосуванні постійної напруги поляризація виникає тільки в моменти подачі і відключення напруги, тому її впливом на результати через виміри можна знехтувати. Крім того, вимірювання при постійній напрузі здійснюється за допомогою серійно випускаються приладів, що вимірюють малі струми або великі опору [65, 70].

Аналіз методів вимірювання питомої електропровідності вуглеводневих рідин показує необхідність дотримання певних умов вимірювання, що дозволяють звести до мінімуму негативний вплив побічних явищ. Найпростіше це досягається при

вимірюванні питомої електропровідності при напрузі постійного струму, в зв'язку, з чим застосування цього методу припускає. Саме цей метод і знайшов широке застосування в зарубіжній і вітчизняній практиці [70, 77, 78, 79, 80, 81].

4.2 Метод визначення електричної провідності виміром обсяг-ного опору при постійній напрузі

Метод визначення електричної провідності виміром об'ємного опору при постійній напрузі здійснюється за допомогою серійних приладів, що вимірюють малі струми або великі опору [63, 66, 73, 74, 75, 78, 79]. В цьому випадку питому електропровідність розраховують за законом Ома:

$$\gamma = k \cdot \left(\frac{I}{u}\right) \cdot 10^{12}; \quad \gamma = k \cdot \left(\frac{1}{R}\right) \cdot 10^{12},$$

де k - постійна вимірювальної комірки, м^{-1} ;

I - сила струму, що йде через вимірювальну комірку з рідиною, А;

u - напруга, що подається на осередок з рідиною, В; R - опір вуглеводневої рідини, Ом.

Метод дозволяє вимірювати практично будь-яку електропровідність вуглецевих рідин. Однак при виборі умов вимірювання даним методом необхідно врахувати вплив електроочистки рідини. Вона залежить від напруги, що подається на зразок, часу його впливу, сили струму, що йде через нього, відстані між електродами.

Негативний вплив електроочистки на результати вимірювання можна звести до мінімуму при дотриманні наступних умов [65, 75]:

$$\left(\frac{u}{l}\right) \cdot m \cdot t \leq 1,$$

де l - відстань між робочими електродами в комірці, м;

m - рухливість заряджених частинок в рідині, $\text{м}^2/(\text{С} \cdot \text{В})$;

t - час дії прикладеної напруги, с.

На основі цієї залежності можна усунути електроочистку, зменшивши подається напруга і час його дії на рідину. Збільшення відстані між робочими електродами також дає хороші результати. Однак в цьому випадку для визначення електропровідності потрібні великі об'єми рідини, а також апаратура, яка вимірює дуже малі струми або дуже великі опори. Як правило, в зарубіжній і вітчизняній практиці [63, 79] вплив електроочистки усувають, фіксуючи опір або струм практично в момент подачі напруги на вимірювальну комірку, тобто. Максимальне відхилення стрілки приладу, що показує після подачі напруги на вимірювальну комірку з рідиною (кидок стрілки не враховують).

Зовнішній вигляд комбінованого цифрового вимірювального приладу «Щ300» і вимірювальної осередки наведені на рис. 4.1 і 4.2.



Рис. 4.1 - Зовнішній вигляд вимірювального приладу «Щ300» з вимірювальною осередком

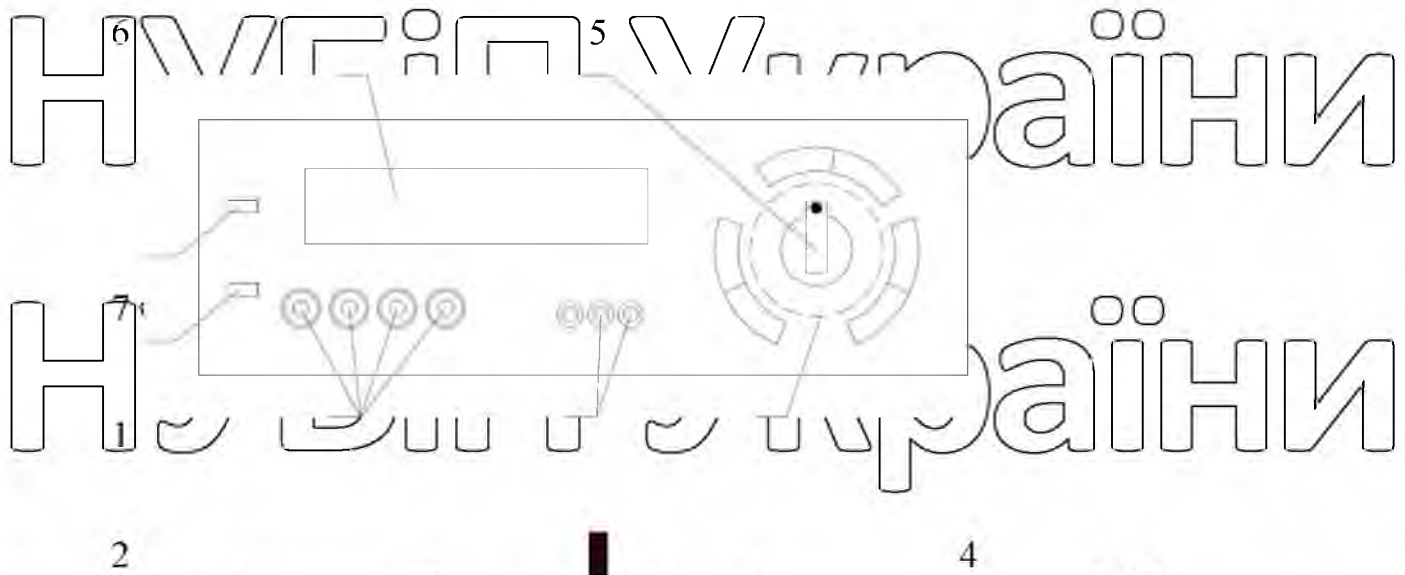


Рис. 4.2 - Органи управління комбінованого цифрового приладу «Щ300»

Органи управління комбінованого цифрового приладу «Щ300» (рис. 4.2) розташовані на передній панелі приладу в наступному порядку:

- 1- кнопка включення приладу «МЕРЕЖА»;
- 2- клемми для підключення вимірювального кабелю «I*, U*, I, U»;
- 3- калібрувальні гвинти «0₁, 0₂, КАЛІБР »;
- 4- шкала Реальні показники можуть відрізнитися і їх межі;
- 5- ручка перемикання шкали і межі вимірювання;
- 6- цифрове табло для відображення величини вимірюваного параметра;
- 7- кнопка «ДИСТ. ПУСК ».

Інтегрований високочувливий прилад «Щ300» призначений для вимірювання постійного струму, напруги постійного струму опору постійному току. Діапазон вимірюваного опору 0,01 Ом - 1 ГОм.

Підготовка приладу і проведення вимірювань здійснюється в наступній послідовності.

Перед підключенням приладу до електричної мережі 220В його необхідно заземлити, використовуючи спеціальну клему на тильній стороні приладу. Після чого необхідно приєднати вимірювальний кабель до затискачів 2 (див. Рис. 4.2). Потім

натисканням на кнопку 1 «МЕРЕЖА» включити прилад. Далі його необхідно залишити в такому стані для прогріву. Час прогріву становить 1 годину [73]. Тепер, коли прилад прогріється, ручкою 5 на шкалі 4 необхідно виставити межу вимірювань. Прилад готовий до проведення замірів.

Для проведення вимірювання ми беремо ємність з пробєю і ретельно перемішуючи. Після чого охолоджуюча рідина наливається в підготовлений вимірюючий осередок до позначки, нанесеної усередині осередку, і закривається кришкою. До зажимів вимірювальних електродів осередку підключаємо вимірювальний кабель. Показання вимірювання питомого опору з електронного табло приладу знімаються через одну хвилину після початку виміру.

Далі питомий об'ємний електричний опір обчислюється за формулою:

$$\rho_v = 0.113 \cdot C_0 \cdot R_v \cdot 10^{12},$$

де R_v - вимірне значення об'ємного електричного опору, Ом; C_0 – ємність порожньої вимірювальної комірки, виміряна при температурах досліджень, Ф.

Електрична провідність це величина обернено пропорційна опору, таким чином, електропровідність випробуваного зразка розраховується за формулою:

$$\chi = \frac{1}{\rho},$$

де ρ_v - питомий об'ємний електричний опір рідини, Ом·м. Визначення електропровідності охолоджуючих рідин може бути пов'язано з деякими труднощами методологічного характеру і, перш за все, з підготовкою проб.

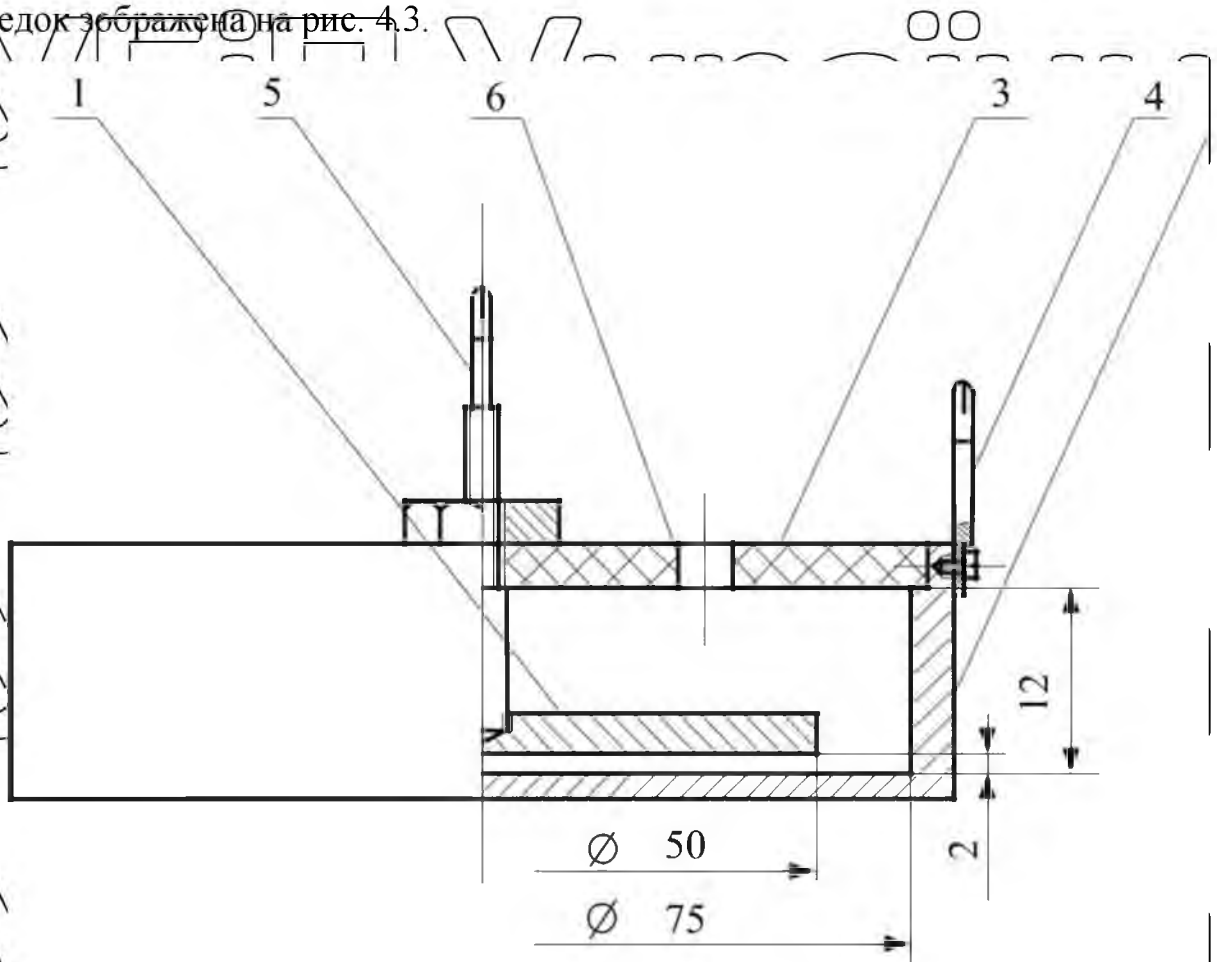
Точність вимірювань дійсних значень електропровідності охолоджуючих рідин залежить від ряду умов, основні з яких пов'язані з підготовкою зразків, конструкціями вимірювальних осередків і похибкою застосовуваних методів вимірювання.

Істотний вплив на результати вимірювання має наявність механічних домішок, які можуть потрапити в проби охолоджуючої рідини при зберіганні і транспортуванні. Тому всі зразки, які, надходять для аналізу, повинні зберігатися в спеціальній герметично закритій тарі.

У тих випадках, коли вимірюється електропровідність проб, узятих безпосереднім ного з системи охолодження двигуна автомобіля, попередня підготовка проби не потрібна.

4.2.1 Пристрій осередки для вимірювання електропровідності охолоджуючих рідин

Для вимірювання електропровідності охолоджуючих рідин в даній роботі використовувалася вимірювальна осередок двох затискного типу. Схематично осередок зображена на рис. 4.3.



1 - вимірювальний електрод (внутрішній); 2 - високовольтний електрод (зовнішній); 3 - прокладка з твердого ізоляційного матеріалу з високим електричним опором; 4 - затиск вимірювального електрода для з'єднання з електричною схемою; 5 - затиск високовольтного електрода для з'єднання з електричною схемою; 6 - отвір для термометра

Рис. 4.3 - Схема плоскою вимірювальної осередки двох затискного типу

2. Відповідно до ГОСТ 6581 конструкція застосовуваної осередки є зручною для її розбирання і ретельного очищення [73]. Електроди зберігають першопочаткове положення відносно один одного (тобто власна сміть осередку повинна відтворюватися з похибкою не більше $\pm 3\%$).

Матеріали, що застосовуються при виготовленні осередки, витримують необхідні температури, і зміна останньої не впливає на взаємне розташування електродів. Для виготовлення електродів вимірювальної осередки застосовувалася нержавіюча сталь, стійка до корозії, що викликається промивання складом, і не надає каталітичного впливу на окислення випробуваної охолоджуючої рідини. Шорсткість робочих поверхонь електродів по ГОСТ 2789-73 R_a без перевищення 0,20 мкм на базовій довжині $L = 0,25$ мм. Обов'язковим розміром в конструкції вимірювальної осередки є зазор між вимірювальним і високовольтним електродами, який повинен дорівнювати $(2 \pm 0,1)$ мм.

В якості твердого електроізоляційного матеріалу застосовувався фторопласт, яка не адсорбує випробовувані зразки, а також промивні склади і не впливає на результати вимірювань.

Електроди вимірювальної осередки мають контактні затискачі, забезпечують надійне з'єднання електродів з відповідними елементами схеми. Всі з'єднання осередку з вимірювальним приладом виконуються екранованим кабелем. При цьому екран високовольтного кабелю повинен бути приєднаний до заземленої клеми приладу.

Перед проведенням вимірів осередок повинна бути повністю демонтована, і всі її деталі ретельно промиті розчинником (як розчинник може застосовуватися петролейний ефір або толуол). Розчинник, який використовується для очищення вимірювальної комірки, повинен бути технічно чистим і зберігатися в скляних судинах, захищених від денного світла.

Після промивання розчинниками всі деталі осередку споліскують ацетоном. Для видалення залишків ацетону і вологи деталі осередку сушать при температурі 105 - 110⁰З протягом 1 ... 1,5 ч. Якщо після сушіння й охолодження осередок відразу не використовують для вимірювання, її зберігають в ексикаторі з сухим повітрям.

Після сушіння деталі вимірювальної комірки слід довести до температури, яка на 5...7% вище кімнатної температури, перш змонтувати осередок, уникаючи дотику незахищеними руками до робочої поверхні електродів (наприклад, виробляють цю операцію руками в чистих бавовняних або капронових рукавичках).

Зібрану осередок приєднують до приладу і перевіряють чистоту прокладок осередки, вимірюючи опір порожнього вічка. Значення цього опору повинно бути не менше ніж на один-два порядки вище, ніж опір комірки, заповненої випробовуваним рідким матеріалом.

Чисту зібрану осередок заповнюють порцією попередньо перемішаної охолоджуючої рідини ($\approx 30 \text{ см}^3$). Після чого осередок приєднують до вимірювальної схеми і проводять вимірювання при температурі 20...25°C.

Калібрувальні (еталонні) рідини повинні відповідати таким вимогам: легко очищатися, бути хімічно стійкими, мати постійну електропровідність [82, 83]. Крім того, еталонні рідини повинні бути обрані так, щоб при кімнатній температурі їх електропровідність була оптимальною. В якості еталонної рідини використовувалася дистильована вода і розчин KCL.

4.2.2 Вплив концентрації продуктів корозійного зношування в антифризі на зміну електропровідності

Для досліджень були приготовлені зразки на основі охолоджуючої жидкостки (антифриз класу G11) і оксидів алюмінію (Al_2O_3), Міді (CuO) та заліза (FeO) за методикою, описаною в підрозділі 4.2.1.

Результати зміни електропровідності від концентрації продуктів корозійного зношування в еталонних зразках наведені в таблиці 4.1

За результатами проведених досліджень були побудовані графіки залежності зміни електропровідності антифризу G11 від концентрації продуктів корозійного зношування (рис. 4.4) [84].

4.2.3 Вплив температури на електричну провідність антифризів

Під дією електричного поля (наприклад, електричного поля в зазорі конденсатора) в рідинах виникають диполі, які завжди орієнтовані по напрямку дії електричного поля. Тепловий рух перешкоджає орієнтації диполя незначно.

Внаслідок цього діелектрична проникність неполярних речовин, практично не залежить від температури.

Полярні рідини завжди мають підвищену провідність в порівнянні з неполярними рідинами, причому зростання діелектричної проникності призводить до зростання провідності. Сильно полярні рідини відрізняються настільки високою провідністю, що розглядаються вже не як рідкі діелектрики, а як провідники з іонної електропровідністю.

У антифризах присутні полярні речовини, внаслідок чого з підвищенням температур третьому температурі електрична провідність охолоджуючих рідин збільшується, а з пониженням - зменшується. Це пов'язано з тим, що поляризація полярних речовин, що входять до складу антифризів складається з деформаційного і орієнтаційних компонентів.

При орієнтаційній деформації прагнення диполя зайняти певний напрям нашкоджується на опір, що створюється тепловим рухом молекул. Орієнтування в напрямку силових ліній тим скрутніше, ніж вище температура. Тепловий рух прагнути порушити впорядкованість д-полів і перешкодити їм, зорієнтуватися в напрямку силових ліній. При метушні розкачана статичному рівновазі поляризація речовини залежить від числа і моменти диполів, а також від інтенсивності теплового руху. Питома провідність будь-якої рідини сильно залежить від температури. Зі збільшенням температури віз-розтане рухливість іонів в зв'язку зі зменшенням в'язкості і може збільшуватися ступінь теплової дисоціації. Обидва ці фактори підвищують провідність [78, 79, 81].

Для підтвердження або спростування всього вищесказаного були проведені дослідження зміни електропровідності антифризу класу G11 і G12 при різних температурах досліджуваних зразків. Ці антифризи досліджувалися в діапазоні температур від 5 до 80°C. В процесі експерименту зразки нагрівали в термостаті і проводили заміри електричної провідності (табл. 4.2).

За результатами проведеного експерименту були побудовані графіки залежності зміни електропровідності антифризів від температури зразків, котрі наочно демонструють зростання провідності в діапазоні температури від 5 до 80^{трo}°С (рис. 4.9).

З представлених графіків видно, що електропровідність від температури збільшується по параболічному закону. Розбіжність значень електропровідності антифризу G12 відрізняються від значень антифризу G11 при температурі 5°С до 2,5%, а при температурі 80°С до 30% [85].

4.2.4 Вплив щільності антифризу на електричну провідність

Під час експлуатації автомобілів, системи охолодження двигунів, яких заправлені антифризами, періодично виникає необхідність коригувальних температур їх кристалізації і кипіння для доведення її до стандартної величини.

Нині для перевірки фактичної температури кристалізації і кипіння антифризу використовується гідрометр. Цей прилад являє собою скляний поплавок, виготовлений у вигляді трубки з аерометричних шкали вгорі. Шкала градуйована в об'ємних відсотках водних розчинів гліколю і температурах кристалізації (°С), відповідних їм. Поплавок забезпечений вантажем

и термометром з термометричною шкалою Гідрометр від тарованого на розчині з температурою + 20 ° С, і при інших температурах рідини не дає точних показників. Щоб визначити справжню концентрацію гліколю в антифризі, необхідно або довести температуру розчину до + 20 ° С, або за допомогою денсиметра визначити щільність розчину і відкоригувати її з урахуванням поправок за формулою [80].

Для визначення впливу щільності антифризу на показання електропровідності були проведені дослідження зміни електропровідності антифризу класу G11 і G12 при різній щільності досліджуваних зразків.

Для експериментальних досліджень зміни електричної провідності охолоджуючої рідини від щільності були взяті концентрати антифризів, які додавалися в дистильовану воду в процентному співвідношенні від 0 до 50 відсотків і досліджувалися при температурі 20°С. В процесі експерименту у зразків вимірювалася щільність і електропровідність (табл. 4.3).

За отриманими результатами експерименту були побудовані графіки залежності зміни електропровідності антифризів від щільності, які наочно демонструють спочатку зростання, а потім падіння провідності в діапазоні щільності від 1000 до 1080 кг / м³ (Рис. 4.6).

Розрахуємо коефіцієнти кореляції між змінними величинами електропровідності і показниками, що характеризують властивості антифризу, наведено-ними в таблицях розділу 4 додатки А, з використанням пакету STATISTICA 6.0, який представляє собою універсальну інтегровану систему, призначення для статистичного аналізу і обробки даних [32].

Формула для розрахунку коефіцієнта кореляції має такий вигляд

4.3 Розробка засобів діагностики якості антифризів по фізичним показником

Приладова частина пристрою для діагностики антифризів, що застосовуються в автомобілів, призначена для вимірювання, контролю та реєстрації електропровідності антифризів, що застосовуються в системі охолодження двигунів, з метою контролю та управління терміном їх заміни по фактичному стану (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Прилад визначення електропровідності антифризу

Приладова частина являє собою електронний пристрій, на передній панелі, якій розташовані клавіатура для управління режимами роботи, рідко-кристалічний графічний дисплей для відображення інформації, що виводиться, контакти для підключення вимірювальних осередків і світлодіодні індикатори, поки-показують режим роботи [87].

Приладова частина має наступні режими роботи:

- режим прямого відображення інформації в цифровому вигляді на дисплеї;
- режим запису даних на картку пам'яті;
- режим відтворення записаних на картку пам'яті даних на дисплеї в графічному вигляді. В цьому режимі особливо зручно спостерігати відхилення від номінальних параметрів, виводячи номінальні дані і поточні значення одночасно;
- режим відтворення записаних на картку пам'яті даних на дисплеї цифровому вигляді;
- режим установки необхідної тривалості часу запису на картку пам'яті.

Схема електрична принципова (рис. 4.8) і алгоритм її роботи побудувати таким чином, щоб:

- бути взаємозамінним з вищеописаної приладової частиною за блоками провідності, перетворення і індикації сигналів;
- використовувати новий, більш досконалий метод (інверсний) вимірювання електропровідності рідин.

Традиційний метод вимірювань також може бути реалізований приладової частини. Він заснований на ефекті падіння напруги при проходженні струму через рідину. У пристрої є дві пари контактів для підключення еталонної вимірювальної комірки і випробуваної. При цьому рідина, при постійному пропуску струму через неї, веде себе подібно електроліту, весь час, заряджаючись до насичення 100

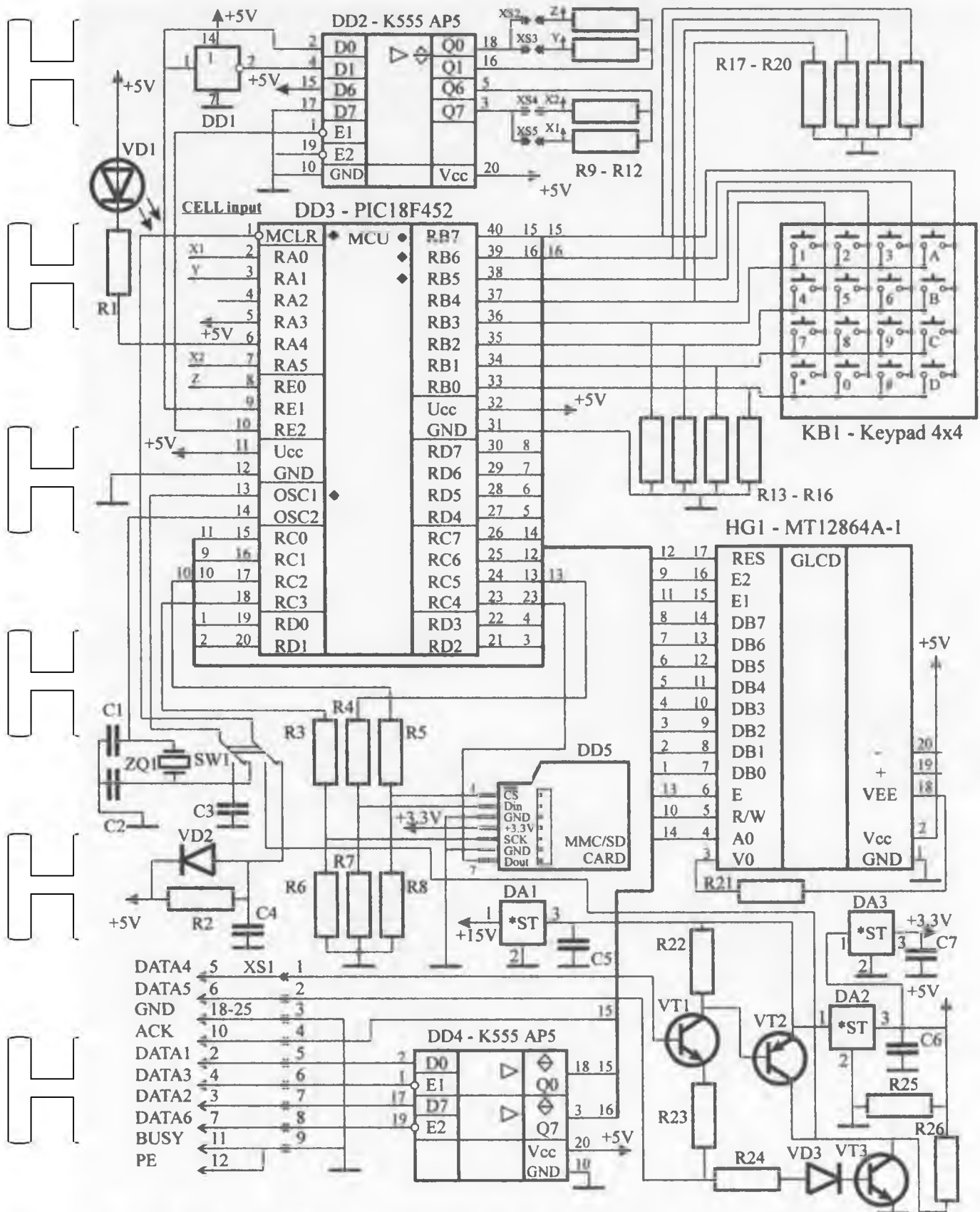


Рис. 4.8. Схема електрична принципова приладу для вимірювання, контролю та реєстрації електропровідності антифризів

Для вимірювання параметрів охолоджуючої рідини безпосередньо в автомобілі, необхідно вимірювати її параметри, надаючи найменший вплив на неї, щоб заряджена після проведених вимірювань рідина не впливала на зниження ресурсу деталей системи охолодження і експлуатаційний ресурс автомобіля в цілому.

З цією метою в приладовій частині реалізований другий метод вимірювання за рахунок симетричного зміни полярності струму при короткочасному імпульсній дії і усереднення результатів. Він полягає в наступному.

В перший момент часу приладова частина знаходиться в високо-імпедансних стані, без помітного збитку на рідину. Далі на визначений, короткочасний момент часу, включається струм і вимірюється падіння напруги на контактах вимірювальної комірки. Після завершення аналого-цифрового перетворення приладова частина відключається від контактів осередки, знову переходячи в високо-імпедансний стан.

Очевидно, що навіть під час короткочасного протікання струму рідина отримала визначений заряд. Тому наступним кроком змінюється полярність на електродах вимірювальних осередків і пропускається короткочасний струм в зворотному напрямку. При цьому відбувається розряд рідини і вимірюється падіння напруги при протіканні струму в зворотному напрямку. Після чергового завершення аналого-

цифрового перетворення приладова частина відключається від контактів осередки, знову ж переходячи в високоімпедансний стан. Ми отримуємо два значення падіння напруги: одне від протікання струму в прямому напрямку і друге значення - від протікання струму в про-ратному напрямку. Середнє значення цих показань дає

точніше миттєве значення провідності рідини в даний момент, на відміну від класичного методу вимірювання на приладі ПЦ300, описаного вище. Внаслідок цей метод вимірювання не робить істотного впливу на параметри рідини і може бути застосований для їх вимірювання в процесі експлуатації автомобіля з тим, щоб на ранніх стадіях визначити необхідність заміни рідини, коли її параметри будуть наближатися до критичних. Це дозволить збільшити ресурс деталей системи охолодження двигуна автомобілів, знизивши ймовірність настання відмови, за рахунок своєчасної заміни непридатної до експлуатації рідини [88, 89, 90, 91].

Вимірювані дані відображаються на графічному рідкокристалічному дисплеї.

У приладі реалізована можливість зробити запис свідчень на SD/MMC картку з подальшим відтворенням запису на дисплеї в цифровому або графічному вигляді. При необхідності, дані, записані на картку, можна вважати в комп'ютері і провести їх аналіз.

Перевага даного пристрою, окрім підвищення точності вимірювань, полягає і в тому, що є можливість не тільки в статистиці вимірювати параметри рідини, але також бачити в динаміці, протягом визначеного проміжку часу, їх зміна, що важливо при оцінці експлуатаційних властивостей тієї або іншої рідини [88].

В основі пристрою лежить мікроконтролер середнього класу фірми «Microchip» PIC18F452, який має достатню кількість входів аналого-цифрового перетворення. Сам модуль аналого-цифрового перетворювача має 10 розрядів. Це дозволяє отримувати цифрові дані в діапазоні від 0 до 1023.

4.3.1 Похибка вимірювання електропровідності антифризів

Для визначення точності виконання основної функції пропонованого приладу, пов'язаної з визначенням електропровідності антифризів був проведений експеримент, який полягає в наступному.

Вимірювання питомої електропровідності рідини проводилося трьома видами різних приладів при постійній температурі відповідно до вимог ГОСТ 6581-75.

Оцінка точності методики вимірювання електропровідності вимагає виконати серію дослідів, багато разів повторюючи аналіз однієї і тієї ж проби охолоджуючої рідини при постійних умовах. Але для цього потрібно багато часу, протягом якого може неконтрольованим чином змінитися середнє значення результатів аналізу. У цьому випадку значно простіше і зручніше визначати помилку відтворюваності (похибка вимірювань) за поточними вимірам [83].

Для розрахунку похибки вимірювання електропровідності відібраних проб, проведемо на прикладі дистильованій води, розчину калій хлор і антифризу.

Розрахунок похибки виконується за допомогою рівнянь, що застосовуються при статистичній обробці даних.

Рівняння для визначення вибіркової дисперсії (середньоквадратичного відхилення) результатів вимірювання має вигляд [83]

На рис. 4.9 показані діаграми відносної похибки вимірювань запропонованим методом, а також приладом Ц300 і мультиметром ВР-11 при вимірі дистильованої води, розчину хлористого калію і антифризу G11.

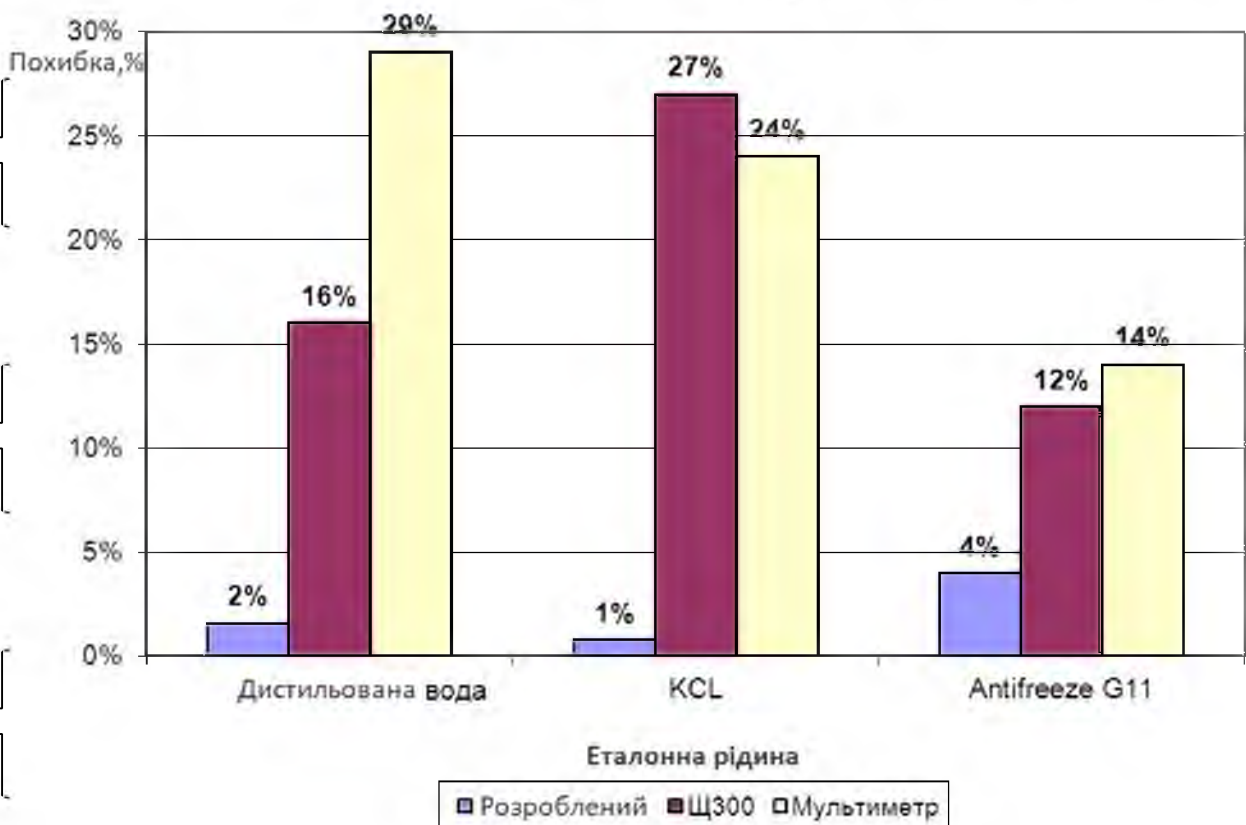


Рис. 4.9. Діаграми відносної похибки вимірювань електропровідності різними приладами

Наведені дані показують, що синтезована приладова частина елементів штучного інтелекту по точності вимірювань відповідає рівню, висунутій до вимірювальних систем високої точності. Вона забезпечує зменшення середньої похибки у порівнянні з вищевказаними аналогами від 3 до 15 разів.

4.3.2 Вимірювання електропровідності антифризів при експлуатації автомобілів

Для дослідження зміни електропровідності антифризів від кількості витраченого палива і напрацювання були відібрані для аналізу проби з легкових автомобілів з різними марками і типами рідин, як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. Всі вони експлуатуються в однакових дорожніх і кліматичних умовах м. Києва. Відбір проб проводиться через визначений період часу експлуатації.

Одночасно виконується аналіз та інших показників якості антифризу: лужності, корозійного впливу на основні метали, щільності, температури застигання і рН.

На підставі отриманих результатів були побудовані графіки зміни електропровідності антифризів від кількості витраченого палива (рис. 4.10).

З графіка видно, що електропровідність чистих антифризів змінюється від $5,58E-05$ (автомобіль ЗАЗ-1103) до $8,7E-05 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ (Автомобіль ВАЗ-2115). А в міру збільшення напрацювання і кількості витраченого палива поводитьсь по-різному. У автомобілів Hyundai Accent, ЗАЗ-1103, Hyundai i30 спостерігається збільшення електропровідності. В автомобілях ВАЗ-21104, ВАЗ-2107 простежується деяке зниження, а потім збільшення електропровідності антифризів. Це свідчить про те, що заміну антифризу необхідно проводити індивідуально по конкретному автомобілю з урахуванням конструктивних особливостей, якості при-мняти антифризу і кількості витраченого палива.

Для визначення фактичного стану охолоджуючої рідини і її заміни, необхідно виробляти періодичний контроль їх якості та електропровідності. Електропровідність сучасних які не працювали антифризів залежить як від природи базової основи антифризу, так і від пакета вводяться присадок і зміни можуть становити до 46%.

Зміна електропровідності антифризів застосовуваних в автомобілях від пробігу представлено на рис. 4.11.

Висновки по четвертому розділу

Експериментально встановлено, що метод визначення електричної провідності антифризів виміром об'ємного опору при постійному на-пряжене характеризується високою чутливістю, об'єктивністю і припустимих похибкою вимірів не перевищує 5%.

Отримало підтвердження кореляційної зв'язку між електропровідністю і показниками якості антифризів щільністю, водневим показником, корозійним впливом на метали, концентрацією продуктів корозійного зношування в антифризі, коефіцієнт кореляція становить 0,35 ... 0,96.

Встановлено, що електропровідність сучасних які не працювали антифризів залежить як від природи базової основи антифризу, так і від пакета введених присадок і зміни можуть становити до 46%.

Виготовлено дослідний зразок приладу для визначення електропровідності антифризів, який має можливість не тільки в статичі вимірювати параметри рідини, але також фіксувати їх зміна в динаміці, протягом визначеного проміжку часу при оцінці експлуатаційних властивостей антифризів.

РОЗДІЛ 5 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ ЗА РАХУНОК УТОЧНЕННЯ СТРОКІВ ЗАМІНИ ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН

5.1 Удосконалення системи підтримки автомобілів в працездатному стані

Підвищення ефективності ресурсозбереження при експлуатації автомобілів і забезпечення їх високої надійності в конкретних умовах роботи можуть бути вирішені за рахунок науково-обґрунтованого визначення і дотримання оптимальних режимів технічних впливів – раціональних періодичностей і переліку операцій. Це дозволяє вчасно попереджати виникнення несправностей, підтримувати агрегати автомобіля в технічно справному стані, підвищувати їх надійність і знижувати експлуатаційні витрати.

Автомобільний транспорт потребує нових ідей, здатних підвищити ефективність транспортного процесу. Одна з них – подальша розробка і впровадження нової, більш досконалої системи управління технічним станом автомобілів на базі сучасного контрольно-діагностичного устаткування і високопродуктивних засобів виконання технічних впливів. Високі темпи розвитку автомобільної техніки в напрямку випуску автомобілів, покращення їх якості, надійності і довговічності, одночасно вимагають і при-трансформаційних змін сучасних якісних експлуатаційних матеріалів і охолоджуючих рідин, і зміни їх по фактичному стану.

У «Положенні про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту» [92], яке діє сьогодні в Україні, практично відсутні рекомендації щодо виконання технологічних процесів ТО і Р рухомого складу. Організацію профілактичного обслуговування (ПО) і ремонту машин за технічним станом в транспортних підприємствах розглянемо на прикладі АТП (рис. 5.1).

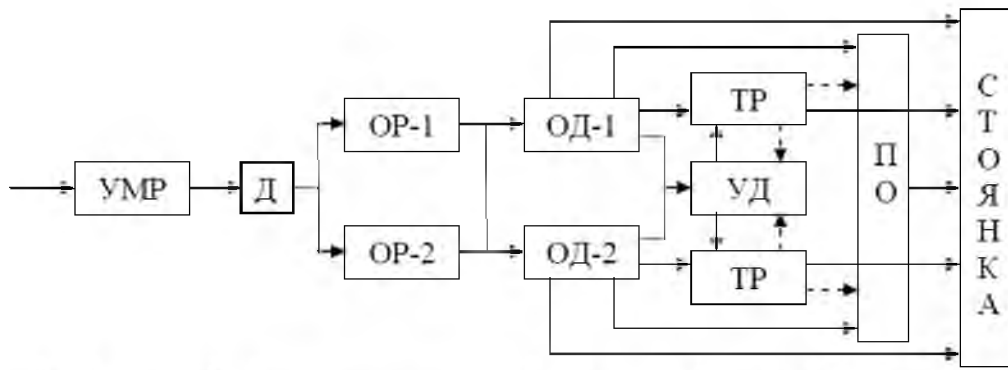


Рис. 5.1 - Схема технологічних процесів на АТП

Автомобіль або автобус, що надходить на планове обслуговування, проходить зону збирання-мийних робіт (ЗМР). Потім в зоні діагностики (Д) відбираються проби охолоджуючої рідини для аналізу, а в зоні обов'язкових робіт (ОР) виконувати необхідні кріпильні, мастильні роботи і за результатами аналізу бракувальних показників приймається рішення про заміну антифризу або подальшої експлуатації автомобілів на цих антифризах. Після проходження загального діагностування (ОД-1 або ОД-2) при позитивних результатах діагностування (автомобіль справний) він прямує на стоянку, при негативному - для проведення регулювальних робіт в зону ПО, при невстановлені причини несправного стану на поглиблену діагностику (ПД) або усунення несправності в зону поточного ремонту (ТР). Поглиблене діагностування всього автомобіля і його систем.

Профілактичне обслуговування, діагностування та ремонт автомобілів значно залежать від конструктивних особливостей, умов роботи і тісно пов'язані з транспортним процесом, безпекою руху, витратою палива і викинути шкідливих речовин в атмосферу [94, 95, 96, 97]. Існують визначені кореляційні зв'язки між пробігом автомобіля до чергового технічного впливу або капітального ремонту і витратою палива, так як ці параметри в основному залежать від що розвивається двигуном потужності і енергії, що витрачається.

Система профілактичного обслуговування і ремонту машин за фактичним технічним станом більш гнучка, в ній відсутня чітке розмежування між ТО і ТР, а регламентація робіт по кожному автомобілю, агрегату, механізму і системам проводиться в основному за результатами діагностування.

У роботах авторів [98, 99, 100, 101, 102, 103] стверджується, що планово-попереджувальна система обслуговування і ремонту транспортних машин не умов для реалізації високої надійності і екологічності машин при експлуатації тому, що 60 ... 70% з них знаходиться в незадовільному стану. Найбільш ефективна стратегія технічного обслуговування і ремонту автомобілів з використанням тактики профілактичного обслуговування по фактизації стану. Досвід зарубіжних країн свідчить, що з застосуванням такої стратегії і тактики, яку вони часто називають «повсякденним контро-лем», фактичний ресурс автомобільного двигуна досягає 1 млн. км пробігу без капітального ремонту.

Оперативне управління технічним станом автомобілів із застосуванням такої стратегії дозволяє знизити швидкість зношування деталей і забезпечувала роботу двигуна до її морального старіння без капітального ремонту. Аварійні ситуації скорочуються в кілька разів, тому що своєчасне виявлення збільшення швидкості корозійного зношування деталей, обумовлено застосуванням непрацездатних охолоджуючих рідин, а діагностика дозволяє запобігання використанню таких охолоджуючих рідин і встановити причину втрати ними своїх первісних властивостей.

Для отримання максимального ресурсу двигуна експлуатаційними методами необхідно розробити методологію застосування простих і ефективних методів, експрес-методів і портативних засобів контролю стану охолоджуючих рідин. Забезпечують отримання необхідного і достатнього об'єму діагностичної інформації для оперативного і адекватного управління ресурсом технічним станом систем і агрегатів автомобілів, на основі моніторингу показників якості охолоджуючих рідин.

Дослідження працездатності автобусів ІІАЗ-4234 і Богдан-А091 при заміні антифризів і моторних олив по фактичному стану здійснювалося на базі автобусного парку ХАТП-16330. Під спостереженням знаходилися дві групи автобус (по 30 одиниць) працюють в однакових умовах з перевезення пасажирів в м. Харкові пробіг склав 500/тис. км (додаток Б) [104].

Відповідно до інструкцій з експлуатації, дані по періодичності заміни антифризів справедливі при нормальних умовах експлуатації і при справному

технічному стані автомобілів. При легких умовах експлуатації автомобільних двигунів, що працюють на якісному паливі, швидкість старіння антифризів зменшується, і терміни служби їх можуть бути продовжені. При важких умовах експлуатації і використанні палива низької якості процес старіння інтенсифікується, що призводить до зниження терміну служби антифризу до заміни. Крім того, використовувані в даний час в експлуатуючих організаціях автомобілі вельми зношені, що також негативно відбивається на процесах старіння антифризу і призводить до необхідності їх заміни в терміни, що не укладаються в нормативні.

5.2 Оцінка працездатності антифризів застосовуваних в системі охолодження двигунів автомобілів

В даний час ще немає, на жаль, стандартизованих значень показників граничного стану працювали антифризів, за якими можна визначити необхідність своєчасної заміни антифризу, а існують лише рекомендації виробників автомобілів і антифризів про терміни заміни. Нижче перевірку бракувальні значення показників якості охолоджуючих рідин, застосування в суднових дизелях (табл.5.1). При досягненні, хоча б одного із зазначених показників, свого граничного (бракувального) значення, рідина підлягає заміні [49, 109].

Таблиця 5.1 - Граничні значення показників експлуатаційних властивостей охолоджуючих рідин суднових дизелів [49]

показник	значення
Водневий показник, рН	8,5 - 9,0
Кінематична в'язкість, мм ² /с	1,2
Поверхневий натяг, Н м	0,055

Для зміни антифризів по фактичному стану на підставі проведеного аналізу і експериментальних досліджень були запропоновані бракувальні показники якості антифризів при досягненні яких подальша експлуатація автомобілів не бажана (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 - Бракувальні показники якості антифризів

Показники якості	бракувальні значення
Щільність при 20 °С, г / см ³	± 0,02
В'язкість кінематична при 80 °С, мм ² / с	± 40%
Водневий показник, рН	± 2
Електропровідність, Ом ⁻¹ м ⁻¹	± 30%
Лужність, см ³	± 25%

Для встановлення терміну служби антифризу по його фактичному стану необхідно здійснювати постійний контроль якості антифризу шляхом проведення фізико-хімічного аналізу його проб. Слід, однак, відзначити, що такий контроль з'єднаний зі значними труднощами, що обумовлено, зокрема, необхідністю в експлуатуючих організаціях мати спеціальні хімічні лабораторії, постійний штат співробітників, відповідне обладнання, реактиви і т.п. Тому необхідний, інтегральний бракувальний параметр антифризу, який характеризував би його стан в цілому і визначення, якого не займало б багато часу, таким показником може бути електропровідність антифризу [110, 111].

Виконані дослідження дозволили розробити методологію оцінки та заміни антифризів в двигуні за результатами діагностики із врахуванням зовнішніх умов, індивідуальних особливостей кожного автомобіля, його технічного стану і фірми виробника. Справжня методологія поширюється на автомобілі і автобуси, що працюють на бензині, дизельному, газоподібному і біопаливі і призначена для оцінки терміну зміни антифризу по фактичному стану в нових і капітально відремонтованих двигунах.

При нормальній експлуатації рухомого складу обслуговування систем двигун і заміна охолоджуючої рідини проводиться відповідно до нормативного документа «Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту» або рекомендаціями сервісного обслуговування заводу

виробника. Розглянемо представлену технологію діагностування та зміни охолоджуючих рідин по фактичному перебуванню (рис 5.3).

Збір необхідної інформації для діагностування і зміни антифризу по фактичному стану (при рядовий експлуатації автомобілів) здійснюється водієм, технічним відділом, механіком станції діагностики або технічного обслуговування.

Кожен виробник має свої запатентовані комбінації пакета присадок, але більшість з них пішли шляхом використання в якості основних пригнічують компонентів солей органічних кислот, які мало токсичні.

Інгібітори нового покоління мають властивість працювати тільки на корозії, чим обумовлюється їх економічна витрата і збільшений ресурс, пробіг до 250 тис. км або 5 років експлуатації для легкових і до 650 тис. км для вантажних автомобілів. Ефективність захисту від корозії у них набагато вище, ніж у антифризів з традиційним пакетом присадок [112].

Охолоджуючі рідини, на основі карбонових кислот, дозволяють з великим запасом міцності пройти всі необхідні випробування виробників автомобілів. Підвищені експлуатаційні характеристики таких антифризів, отримані завдяки використанню ретельно підібраною синергічної комбінації карбоксилатів.

Завдяки цьому ефекту можна знизити концентрацію присадок і поліпшити теплофізичні властивості антифризу, так як найтонша захисна плівка органічного покриття, товщиною в 60 ангстрем ефективніше передає тепло в порівнянні з силікатної плівкою, яка має товщину в 1000 ангстрем [112, 113].

Звичайний антифриз бореться з корозією металу, утворюючи на його поверхні щодо товсту захисну плівку з силікатів, яку легко руйнуючої. При детонаційному згорянні робочої суміші в циліндрах двигуна виникають високочастотні вібрації, які через стінку передаються охолоджуючої рідині і вона «закипає», під стінами постійно утворюються і лопаються мікро бульбашки що призводить до кавітаційного зношування.

5.4 Визначення економічної ефективності від зміни антифризів в двигуні автомобіля по фактичному стану

Застосування експрес-методів і портативних засобів діагностики властивостей антифризів дозволяє при мінімальних трудових і матеріальних витратах забезпечити достовірне розпізнавання фактичного стану антифризу і технічного стану деталей системи охолодження двигуна. Створюються умови для покращення експлуатаційними методами надійності і екологічності автомобілів, а також отримати значної економічної і соціальної ефекти [114, 115, 116, 117, 118, 119].

Економічний ефект передбачається отримати за рахунок:

- підвищення експлуатаційної надійності системи охолодження двигунів, яке забезпечується реалізацією оперативного управління їх ресурсом і технічним станом із застосуванням методів діагностування, експрес-методів і портативних засобів;
- зменшення в 1,5 ... 2 рази витрати антифризу, яке досягається впровадженням, третього методу зміни антифризу в двигуні автомобіля по фактичному стану;
- зменшенням собівартості км пробігу за счёт зниження витрат на антифризи;
- максимально зменшити можливість виникнення аварійних ситуацій в двигуні, потребуючих капітального ремонту;
- зниження витрат на витратні матеріали і трудомісткості аналізу якості антифризів застосуванням малотрудомістких експрес-методів не вимагають більшої кількості хімічних реактивів і приладів з хімічного скла.

Соціальний ефект досягається виходячи:

- своєчасного попередження аварійних ситуацій і раціонального використання ресурсу антифризів, а також зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище при експлуатації автомобілів;
- раціонального використання технічного ресурсу двигунів і деталей автомобілів, що дозволяє знизити споживання запасних частин, витратних матеріалів, а також людських ресурсів, праця яких вкладено в пошук, видобуток і перелення корисних копалин.

В даний час зміна антифризів проводиться при пробігу 45 ... 60 тис. км або проведенні ТО-2 [68, 92] без врахування їх фактичного стану. Експериментальні дослідження показали, що на момент заміни антифризів в системі охолодження

двигуна у 30 - 35% необхідна заміна, у 10 - 20% заміну необхідно провести раніше встановленого терміну і 40 - 50% зберігають свою працездатність і придатні до подальшої експлуатації.

Однак, при визначенні економічного ефекту від зниження витрати антифризів, необхідно враховувати, що фактичний ефект трохи вище за рахунок своєчасного визначення початку інтенсивного корозійного зношування і відмов в роботі системи охолодження двигуна.

Проведені розрахунки показали, що впровадження методу зміни антифризу по фактичному стану в двигуні (див. табл. 5.3), в залежності від об'ємів системи охолодження і ціни антифризу, дозволяє отримати річний економічний ефект на один автомобіль ЗАЗ-1102 в розмірі 620 грн.

Висновки по п'ятому розділу

1. Отримала подальший розвиток система профілактичного обслуговування і ремонту машин по фактичному технічному стану (ОР-Д-УН) за рахунок діагностування якості антифризів, що застосовуються в системі охолодження двигуна, при виконанні обов'язкових робіт з урахуванням зовнішніх умов і індивідуальних особливостей. Експериментальні дослідження показали, що на момент заміни антифризів в двигуні автомобілів і автобусів у 30 - 35% необхідна заміна, у 10 - 20% заміну необхідно провести раніше встановленого терміну і 40 - 50% зберігають свою працездатність і придатні до подальшої експлуатації.

3. Використання експрес-методів і портативних засобів дозволяє організувати діагностування стану антифризів при експлуатації без залучення фахівців високої кваліфікації і великих витрат на витратні матеріали.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі представлено нове вирішення задачі підвищення ефективності експлуатації автомобілів за рахунок підвищення ресурсу двигунів і деталей системи охолодження розробленими методами діагностики і оцінки властивостей охолоджуючих рідин за енергетичним параметром.

1. Проведено аналіз вітчизняних і зарубіжних досліджень, присвячених оцінці властивостей і ресурсу охолоджуючих рідин, що застосовуються в двигунах автомобілів та зміни їх по фактичному стану на підставі бракувальних по-показників. Встановлено, що на момент заміни охолоджуючих рідин в двигунах автомобілів у 30-35% необхідна заміна, 10-20% заміну необхідно провести раніше встановленого терміну і 40-50% зберігають свою працездатність і придатні до подальшої експлуатації. Розроблено системний підхід в дослідженні швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз і оцінці ступеня зміни його властивостей по діагностичним параметрам витраті палива, концентрації продуктів корозійного зношування, питомої об'ємної електропровідності.

3. Встановлено, що індивідуальне діагностування стану антифризу є основною умовою прогнозування залишкового ресурсу і терміну зміни антифризу по фактичному стану, підвищує ефективність експлуатації та знижує витрати на технічне обслуговування. Достовірність прогнозу остаточного ресурсу антифризу в двигуні визначається якістю діагностичних методів і засобів, а також точністю математичних моделей, які відображають зміни діагностичного параметра якості антифризу в часі і похибкою не перевищувати 20%.

4. Виконано оцінку значущості експлуатаційних, конструктивних факторів, що впливають на швидкість надходження продуктів корозійного зношування в антифриз бензинових і дизельних автомобілів. Найбільший вплив (1,2 ... 4,3 рази) на зміну ресурсу антифризу, що застосовується в двигуні, надає швидкість руху автомобіля. Розроблено методи прогнозування, що встановлюють через трансформаційних змін залишкового ресурсу антифризу в двигуні в залежності від концентрації продуктів корозійного зношування, швидкості руху автомобіля

і витрати палива, а також від індивідуальних особливостей конкретного автомобіля і якості застосовуваного антифризу.

4. Обґрунтовано теоретично і експериментально, що параметрами оцінки ступеня зміни властивостей антифризів є концентрація продуктів корозійного зношування і їх швидкість надходження в антифриз.

Швидкість надходження заліза в антифриз при першій заміні змінюється в межах 0,0039 ... 0,015 мг / л, алюмінію 0,0076 ... 0,019 мг / л, міді 0,0019 ... 0,0074 мг / л, олова 0,0013 ... 0,0046 мг / л витраченого палива.

5. Доведено, що при першій заміні антифризу в експлуатації необхідно проводити аналіз основних показників в'язкості, лужності, електропровідності, щільності, водневого показника, корозійного впливу на метали і швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз на літр витраченого палива, а значення заносити в діагностичну картку автомобіля або накопичувальний файл комп'ютера. Отриману інформацію, як вихідна, можна використовувати в подальшому при підборі антифризів інших виробників і своєчасного діагностування несправності в роботі системи охолодження двигуна і початку підвищеного зношування деталей в процесі експлуатації автомобілів.

6. Експериментально встановлено, що метод вимірювання питомої об'ємної електропровідності характеризується високою чутливістю, об'єктивністю і невеликою похибкою вимірів не перевищує 5%. Підтверджено кореляційний зв'язок з коефіцієнтом кореляції 0,35 ... 0,96 між електропровідністю і показниками якості антифризів: щільністю, водневим показником, Електропровідність сучасних які не працювали антифризів залежить як від природи базової основи антифризу, так і від пакета вводяться присадок і зміни можуть становити до 46%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Роговський І.Л., Тітова Л.Л. Структура та функціональні зв'язки фірмових технічних центрів АПК. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Обухівські читання» (21 березня 2017 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2017. С. 89–92.
2. Тітова Л.Л., Роговський І.Л., Надточій О.В. Імітаційність місцеперебування засобу відновлення працездатності машин для лісотехнічних робіт. Сільськогосподарські машини – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. – Вип. 33. – С. 140–149.
3. Тітова Л.Л., Надточій О.В. Використання спектрального аналізу вібросигналів дизельного двигуна для виявлення появи дефектів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 241. – С. 151–158.
4. Тітова Л.Л., Надточій О.В. Теоретичні спектри віброакустичних сигналів ЦПГ і їх зв'язок з тривалістю ударів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 241. – С. 167–176.
5. Тітова Л.Л., Надточій О.В., Роговський І.Л. Модель розпізнавання образів параметрів технічного стану машин для лісотехнічних робіт. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2016. – № 6. – С. 8–15.
6. Надточій О.В., Тітова Л.Л. Використання системи масового обслуговування для оптимізації затрат на обслуговування комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 251. – С. 140–151.
7. Надточій О.В., Тітова Л.Л., Роговський І.Л. Аналіз динаміки комбайнового ринку України. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке: ДНУ «УкрНДІПВТ», 2016. Вип. 20. С. 254–262.
8. Надточій О.В., Тітова Л.Л. Побудова дорадчої системи діагностування зернозбиральних комбайнів на основі бази знань. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 254. – С. 56–69.
9. Надточій О.В., Тітова Л.Л. Цифровий обробіток вібросигнала дизеля та модель віртуального приладу його реалізації. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 254. – С. 111–124.
10. Надточій О.В., Тітова Л.Л. Моделювання Вейвлет аналізу вібросигналів дизельного двигуна для виявлення його ефективності. Науковий вісник

Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Серія: техніка та енергетика АПК /—К., 2016. — Вип. 254. — С. 163–174.

11. Liudmyla Titova, Ivan Rogovskiy/ Technology recovery of power device of machines for forestry work. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК [Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK]. Київ. 2017. Вип. 258. С. 369—380.
12. Надточій О.В., Тітова Л.Л. Рациональне використання ресурсів фермерським господарством. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК [Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK]. Київ. 2017. Вип. 262. С. 367—379.
13. Надточій О.В., Тітова Л.Л. Оцінка впливу факторів на витрату палива зернозбиральним комбайном. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК [Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK]. Київ. 2017. Вип. 275. С. 93—106.
14. Надточій О.В., Тітова Л.Л. Аналіз багатоканальної системи масового обслуговування при сталому і несталому режимах роботи зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК [Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK] /Редкол.: С. М. Ніколаєнко (відп. ред.) та ін. Київ. 2018. Вип. 282. С. 160–173
15. Тітова Л.Л. Діагностування насос-форсунок дизелів машин для лісотехнічних машин. Вісник Сумського національного аграрного університету. СЕРІЯ «Механізація та автоматизація виробничих процесів» ВИПУСК 5 (33), 2018, С. 9-14
16. Надточій О.В., Тітова Л.Л. Перспективні джерела струму мобільної сільськогосподарської техніки. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv, Ukraine. Редкол.: С. М. Ніколаєнко (відп. ред.) та ін. Київ. 2019. Вип. 10. № 1. С. 83-90 ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online)
17. Войналович О.В., Гнатюк О. А., Поліщук О. Г. Тітова Л.Л. Ймовірнісний метод аналізу ступеню небезпеки експлуатації тракторів на засадах даних дефектоскопії деталей. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv, Ukraine. Редкол.: С. М. Ніколаєнко (відп. ред.) та ін. Київ. 2019. Вип. 10. № 1. С. 121-126 ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online)

18. Надточій О.В., Тітова Л.Л. Оптимізація навантаження збиральних ланок залежно від терміну експлуатації. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. Редкол.: С. М. Николаєнко (відп. ред.) Угаїн. Київ, 2019. Вип. 10. №2. С. 97-102 ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online),

19. Роговський І.Л., Тітова Л.Л. АРМ і чинники продуктивності технічного сервісного машин для лісотехнічних робіт. *Автоматика* 2017: XXIV Міжнародна конференція з автоматичного управління, м. Київ, Україна, 13-15 вересня 2017 року: тези конференції. Київ, 2017. С. 199-200.

20. Тітова Л.Л., Шевченко В.Ю. Аналіз дослідження повітряного потоку в камері очистки. Збірник тез доповідей III міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології аграрного виробництва» (7-9 листопада) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2017. – С. 146-148

21. Тітова Л.Л., Чередник Р.О. Аналіз дослідження повітряно-решітного очищення комбайна «Славутич-9Р». Збірник тез доповідей III міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології аграрного виробництва» (7-9 листопада) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2017. – С. 144-146

22. Тітова Л.Л., Кузьмич І.М. Показники роботи аксально-роторних молотильно-сепаруючих систем. Збірник тез доповідей III міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології аграрного виробництва» (7-9 листопада) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2017. – С. 140-142

23. Liudmyla L., Titova L. Modern foreign antifreezes in operation of machines for forestry work. Збірник тез доповідей III міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології аграрного виробництва» (7-9 листопада) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2017. – С. 69-71

24. Тітова Л.Л. *Таймінговість технічного обслуговування машин для лісотехнічних робіт. Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування. XVIII Міжнародна конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів: збірник тез.* м. Київ, Україна, 26–30 березня 2018 року. Київ, 2018. С. 71—73.

25. Тітова Л.Л., Надточій О.В. *Організаційно-технічні служби фірмового технічного центру сільськогосподарських машин та їх функціональний склад. Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування. XVIII Міжнародна конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів: збірник тез.* м. Київ, Україна, 26–30 березня 2018 року. Київ, 2018. С. 178—180.

26. Тітова Л.Л., Богун Р.Ю. *Проблеми діагностування великовантажних автомобілів*. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 28-29 березня 2018 року. Житомир 2018. С. 223—224.

27. Тітова Л.Л., Василюшин П.П. *Обґрунтування конструктивних параметрів гідроприводу скидного пристрою платформи автотракторного засобу*. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 28-29 березня 2018 року. Житомир 2018. С. 319—320.

28. Тітова Л.Л., Драчук Б.О. *Аналітичний огляд експрес-методів контролю якості працюючих мастил*. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 28-29 березня 2018 року. Житомир 2018. С. 320—322.

29. Тітова Л.Л., Шатківська Т.І. *Аналіз причин виробничого травматизму на транспортних роботах в агропромисловому виробництві*. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 28-29 березня 2018 року. Житомир 2018. С. 322—323.

30. Тітова Л.Л., Свинобой Ю.Л. *Принципи проектування технології діагностування автопоїздів в збирально-транспортних ланках*. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 28-29 березня 2018 року. Житомир 2018. С. 323—324.

31. Тітова Л.Л., Круленко Д.О. *Діагностичний комплекс діагностування двигунів СМД-62*. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 28-29 березня 2018 року. Житомир 2018. С. 324—326.

32. Тітова Л.Л., Іщенко В.В. *Стан аварійності транспортних засобів, що застосовуються в агропромисловому виробництві*. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 28-29 березня 2018 року. Житомир 2018. С. 326—328.

33. Тітова Л.Л., Надточій О.В. *Ефективна техніка КУН для вирощування пшениці, ріпаку, сої*. Обуховські читання: XIII Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 6 березня 2018 року: тези конференції. Київ. 2018. С. 63—68.

34. Тітова Л.Л., Надточій О.В. Використання багатоканальної системи масового обслуговування при сталому і несталому режимах роботи. Цілі сталого розвитку третього тисячоліття: виклики для університетів наук про життя: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 23–25 травня 2018 року: матеріали конференції. Київ. 2018. Т. 5. С. 211—214.

35. Тітова Л.Л., Надточій О.В. Обґрунтування вибору оптимальної ширини жатки зернозбирального комбайна. Цілі сталого розвитку третього тисячоліття: виклики для університетів наук про життя: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 23–25 травня 2018 року: матеріали конференції. Київ. 2018. Т. 5. С. 214—216.

36. Тітова Л.Л. Технічний сервіс машин для лісотехнічних робіт при утворенні посадових місць на вирубках. Збірник тез доповідей XIV Міжнародної наукової конференції «Рациональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2018» (19-22 травня 2018 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 103—104.

37. Тітова Л.Л. Вихідні положення системи вимірювання параметрів технічного стану машин для лісотехнічних робіт. Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції в АПК: VI Міжнародна наукова конференція. м. Київ, Україна, 6–9 червня 2018 року: матеріали конференції. Київ. 2018. С. 71–73.

38. Тітова Л.Л., Платківська Т.І. Організація і функціонування МТС. Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2018 року) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 138—139.

39. Тітова Л.Л., Василишин П.П. Розрахунок кількісного складу парку машин для виконання сільськогосподарських транспортних робіт. Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2018 року) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 139—141.

40. Тітова Л.Л., Іщенко В.В. Фактори, що впливають на швидкість переміщення автотранспортного засобу. Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2018 року) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 264—267.

41. Тітова Л.Л., Свинобой Ю. Л. Аналіз тягово-зчіпних пристроїв (ТЗП) автопоїздів в збирально-транспортних ланках. Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2018 року) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 267—269.

42. Тітова Л. Л., Драчук Б. О. Технічна діагностика автомобілів і класифікація засобів діагностування. Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2018 року) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 269–271.

43. Тітова Л. Л., Крупенко Д. О. Діагностика агрегатів автотранспортних засобів за параметрами працюючої оливи. Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2018 року) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 271–273.

44. Тітова Л. Л., Богун Р. Ю. Проблеми діагностування великовантажних автомобілів. Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2018 року) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 273–275.

45. Тітова Л. Л., Медуниця І. М. Аналіз пошкоджень зчпного пристрою автопоїздів. Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2018 року) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 275–277.

46. Тітова Л. Л., Петриченко Т. В. Методика експериментальних випробувань автомобіля Toyota Prius. Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» 11–13 квітня 2019 року м. Київ. С. 114–116

47. Тітова Л. Л., Косодрига Я. А. Аналіз параметрів діагностування циліндро-поршневої групи. Збірник тез доповідей XIX міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» (25–29 березня 2019 року). Київ 2019. С. 132–133

48. Тітова Л. Л., Мідько Р. А. Транспортно-навігаційні, глобальні інформаційні та інтелектуальні транспортні системи. Збірник тез доповідей XIX міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» (25–29 березня 2019 року). Київ 2019. С. 133–135

49. Тітова Л. Л., Вакулик Д. О. Перспективи побудови силових установок гібридних автомобілів. Збірник тез доповідей XIX міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» (25–29 березня 2019 року). Київ 2019. С. 135–136

50.Тітова Л. Л., Медуниця І.М. Визначення особливостей вібронавантаженості транспортного засобу та вантажу, що він перевозить. Збірник тез доповідей XIX міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» (25–29 березня 2019 року). Київ 2019. С.137-139.

51.Тітова Л. Л., Новосельський О.С. Ефективність експлуатації автопоїздів в умовах України. Збірник тез доповідей XIX міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» (25–29 березня 2019 року). Київ 2019. С.140-141

52.Тітова Л. Л., Скрипка К.О. Обґрунтування вибору електродвигуна-генератора для гібридного автомобіля. Збірник тез доповідей XIX міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» (25–29 березня 2019 року). Київ 2019. С.143-145

53.Тітова Л. Л. Підвищення ефективності роботи повітрообслуговуючої системи та покращення очистки повітря дизелів машин для лісотехнічних робіт. Сучасні технології аграрного виробництва: V Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 6–7 листопада 2019 року: тези конференції. Київ. 2019. С.40-42

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України