

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

НАГЛЮК МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ

УДК 656.13.002.3

**ДІАГНОСТУВАННЯ ОХОЛОДЖУЮЧИХ
РІДИН АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ ЗА ЕНЕРГЕТИЧНИМ
ПАРАМЕТРОМ**

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація
та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Волков Володимир Петрович,
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет, завідувач кафедри технічної експлуатації
та сервісу автомобілів

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Шаша Ігор Костянтинович,
Національна академія Національної гвардії України,
професор кафедри експлуатації та ремонту
автомобілів і бойових машин;

доктор технічних наук, професор
Кравченко Олександр Петрович,
Житомирській державний технологічний університет,
професор кафедри «Автомобілі та автомобільне
господарство»

Захист відбудеться 11 листопада 2015 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.059.02 при Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за адресою: 61002, м. Харків, вул. Петровського, 25.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету за адресою: 61002, м. Харків, вул. Петровського, 25.

Автореферат розісланий 09 жовтня 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

В.М. Павленко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Теорія надійності дає можливість визначити вплив різних факторів і властивостей охолоджувальних рідин на ресурс силового агрегату. Практичне підвищення ресурсу агрегатів транспортних машин видається можливим за рахунок застосовування якісних охолоджувальних рідин і їх своєчасної заміни.

Постійна і нерегулярна зміна навантажувально-швидкісних режимів під час експлуатації транспортних машин у різних умовах істотно впливає на термін служби охолоджувальної рідини, зумовлюючи неоднакову періодичність її заміни.

Регламентовані терміни служби охолоджувальних рідин не завжди обґрунтовані, тому на період заміни (40–50 %) не вичерпують запасу своїх експлуатаційних властивостей і, як правило, можуть працювати довше, забезпечуючи якісне охолодження без зниження надійності агрегатів.

Оцінювання властивостей охолоджувальних рідин, технічного стану агрегатів і вузлів машин необхідно розглядати як цілеспрямований процес, що дозволяє виявити потенційні відмови в агрегатах, системах і забезпечити своєчасне прийняття або видавання керувальних дій щодо запобігання виникненню фактичної відмови. Завдання заміни охолоджувальних рідин за фактичним станом і оперативним керуванням ресурсом силових агрегатів визначає нові закономірності формування методів оцінювання основних показників якості охолоджувальних рідин і прогнозування термінів їхньої заміни, що враховують енергетичний параметр, індивідуальні особливості й умови роботи конкретної транспортної машини.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукова робота пов'язана з тематикою досліджень кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів і спрямована на наукову систематизацію й узагальнення основних закономірностей змінення технічного стану транспортних засобів та якості застосовуваних експлуатаційних матеріалів під час експлуатації в різних умовах. Дисертаційна робота є складовою частиною наукових досліджень, результати яких знайшли відбиття під час виконання комплексної держбюджетної теми: «Застосування нових ефектів і елементів конструкцій у сполучених теплоенергетичних системах транспортних машин нового покоління. Розробка методики оцінки залишкового ресурсу антифризу й заміни його за фактичним станом» (№ 11к-53-13, реєстраційний номер № 0113U000178с), а також під час виконання госпдоговірної роботи № 28-24-12 «Дослідження змін показників якості Тосол № 1 і № 2 при експлуатації в легковому автомобілі», замовник ТОВ «Делфін ІНДАСТРІ УКРАЇНА».

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

Відповідно до мети дисертаційної роботи окреслено такі завдання дослідження:

- аналіз вітчизняних і закордонних досліджень, присвячених оцінюванню властивостей і ресурсу охолоджувальних рідин;
- розробка методів і математичних моделей прогнозування залишкового ресурсу охолоджувальних рідин, що враховують енергетичні витрати на виконання транспортної роботи;
- розробити метод і методику виміру електропровідності антифризів в експлуатаційних умовах;
- встановлення номенклатури діагностичних показників, які регламентують рівень показників граничного стану охолоджувальних рідин і методології заміни їх за фактичним станом.

Об'єкт дослідження – процес зміни показників якості охолоджувальних рідин під час експлуатації автомобілів.

Предмет дослідження – діагностування охолоджувальних рідин автомобільних двигунів за енергетичним параметром.

Методи дослідження. У процесі вивчення стану питання за темою дисертаційної роботи застосовувався метод аналізу; в теоретичних дослідженнях – аналітичний метод, що ґрунтується на фундаментальних законах фізики, механофізики, матеріалознавства; при проведенні лабораторних і експлуатаційних досліджень – експериментальні методи із застосуванням сучасних методик, встановлених у ГОСТ і ДСТУ. Обробка отриманих результатів проводилася із використанням методів математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше:

- визначено взаємозв'язок між зміною концентрації продуктів корозійного зношування в антифризах і кількістю витраченого палива;
- визначений вплив кількості витраченого палива на зміну електропровідності антифризів.
- визначено граничне значення параметрів електропровідності, в'язкості, водневого показника та лужності, як показники якості антифризів, а також уточнення термінів заміни під час експлуатації.

Одержало подальший розвиток:

- метод визначення продуктів корозійного зношування в антифризах;
- спосіб використання експрес-методів і портативних засобів діагностики технічного стану двигунів за електрофізичними показниками якості охолоджувальних рідин і заміни їх за фактичним станом у стратегії і тактиці проведення профілактичних робіт.

Практичне значення одержаних результатів. На підставі отриманих наукових результатів запропоновано системний підхід до діагностування властивостей охолоджувальних рідин, а також оперативного керування ресурсом агрегатів охолоджувальних систем двигунів під час експлуатації автомобілів у заданих умовах, що дозволяє:

- прогнозувати залишковий ресурс застосовуваних у двигунах антифризів, з урахуванням зміни його властивостей, індивідуальних особливостей конкретного автомобіля й умов його експлуатації;

- виконувати оперативне керування ресурсом агрегатів системи охолодження двигунів при роботі на антифризах різних виробників у конкретних умовах експлуатації за енергетичним параметром;

- вчасно встановлювати стадію початку підвищеного зношування сполучень системи охолодження двигуна й знижувати кількість раптових відмов, викликаних застосуванням низькоякісних антифризів під час експлуатації;

- виконувати заміну охолоджувальних рідин за фактичним станом.

Результати основних наукових досліджень у вигляді методичних і практичних рекомендацій застосовуються у виробничій діяльності:

- на підприємстві «ЗАТ ЗАЗ» для складання регламенту на технічне обслуговування й заміну антифризів під час експлуатації автомобілів;

- у випробувальній лабораторії «Універсалнафтехім» ТОВ «ВТІІ» при сертифікації та ідентифікації антифризів для оцінки технічного стану системи охолодження двигуна за параметрами антифризу й уточнення термінів їхньої заміни;

- у методиці діагностування якості працюючих антифризів і технічного стану під час виконання робіт профілактичного обслуговування автобусів у «Херсонському АТП-16527»;

- у навчальному процесі підготовки бакалаврів, спеціалістів і магістрів за напрямком «Автомобільний транспорт».

Особистий внесок здобувача. Результати теоретичних і експериментальних досліджень, що виносяться на захист, отримані особисто автором.

У колективних публікаціях автором:

- розроблено математичну модель ресурсу і залишкового ресурсу антифризу, що враховує енергетичні параметри [8];

- визначено швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз [8, 9];

- розроблено методологію й методики оцінювання властивостей антифризів із використанням діагностичних пристроїв і способів [6, 10, 13, 17, 20, 22];

- отримано залежності зміни значення електропровідності антифризів від терміну служби й кількості витраченого палива [7, 19];

- обґрунтовано гіпотезу й методику застосування параметра електропровідності антифризів для уточнення строків їхньої заміни у двигуні під час експлуатації [11, 12, 18];

- встановлено аналітичний взаємозв'язок і отримані коефіцієнти кореляції між електропровідністю й показниками якості антифризів – густиною, водневим показником, корозійним впливом на метали, концентрацією продуктів корозійного зношування в антифризі під час експлуатації автомобілів [16];

- отримано закономірності й виконано аналіз кількості відмов системи охолодження двигунів під час експлуатації автобусів [15].

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи виголошено й ухвалено на конференціях і нарадах:

- XIII-й науково-технічній конференції з міжнародною участю «Транспорт, екологія – стійкий розвиток» (м. Варна, 2007 р.);

– XXXVII науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних робітників підприємств м. Вінниці та області (м. Вінниця, 2008 р.);

– Міжнародній науково-практичній конференції студентів та молодих учених вищих технічних навчальних закладів «Активні процеси у вищій технічній освіті при підготовці фахівців для транспортної та автомобільно-дорожньої промисловості» (м. Харків, 2009 р.);

– XV–XVIII науково-технічних конференціях із міжнародною участю «Транспорт, екологія – стійкий розвиток» (м. Варна, 2009–2012 рр.);

– VI міжнародній науково-технічній конференції «Нові пальні й мастильні матеріали з присадками» (м. Санкт-Петербург, 2010 р.);

– Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми й перспективи автомобілебудування й автомобільного транспорту» (м. Харків, 2011 р.);

– Міжнародній науково-технічній конференції «Альтернативні джерела енергії на автомобільному транспорті: проблеми та перспективи раціонального використання» (м. Воронеж, 2014 р.);

– Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інформаційні технології та мехатроніка» (м. Харків, 2014 р.);

– Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технології розвитку конструкції, виробництва, експлуатації, ремонту та експертизи автомобіля» (м. Харків, 2014 р.);

– I всеукраїнській науково-практичній Інтернет – конференції «Ресурсозбереження і хіміко-екологічні проблеми технологічних процесів» (м. Харків, 2014 р.);

– VI науково-практичній конференції «Наукове забезпечення службово-бойової діяльності національної гвардії України» (м. Харків, 2015 р.).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковано в 22 наукових працях, у тому числі 9 – у фахових виданнях, 5 – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, 10 тез у збірниках доповідей на наукових конференціях, з них 6 у закордонних виданнях. За матеріалами досліджень отримано 3 патенти.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 178 сторінки, у тому числі 38 рисунків, 18 таблиць, 6 додатків на 34 сторінках, список використаних джерел нараховує 119 найменувань на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет досліджень, наведено основні напрями вирішення завдань, описано використані методи досліджень і зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, визначено наукову новизну й практичне значення отриманих результатів, подано загальну характеристику роботи.

У **першому** розділі дисертаційної роботи репрезентовано аналітичний огляд з аналізом виконаних досліджень і обґрунтуванням обраного напрямку роботи.

Підвищенню надійності й розробці основних принципів забезпечення працездатності автомобілів, двигунів і агрегатів у процесі експлуатації присвячені роботи Ф.М. Авдонькіна, О.В. Бажинова, М.М. Бідняка, В.М. Варфоломєєва, Е.С. Венцеля, М.Я. Говорущенка, А.В. Гогайзеля, М.А. Григор'єва, І.К. Данилова, Д.С. Денисова, В.Є. Канарчука, О.П. Кравченка, О.О. Скуридіна та інших авторів.

Оцінка властивостей охолоджувальних рідин і визначення термінів заміни розглядалися в роботах О.К. Безюкова, О.В. Жукової, П.А. Красножона, О.Є. Ратнова, а також зарубіжних дослідників: Т.К. Ross, Н.Н. Collins, M.G. Cooper та інших дослідників.

Огляд і аналіз літературних джерел, що вивчають причини зниження надійності й ресурсу автомобільного двигуна (деталей системи охолодження), свідчить про те, що охолоджувальна рідина є одним з основних експлуатаційних матеріалів, необхідних для роботи автомобіля. Щоб підвищити експлуатаційну надійність двигуна, необхідно збільшувати ресурс деталей системи охолодження. Однією з умов є застосування працездатного антифризу відповідного типу й марки.

Аналіз досліджень методів оцінювання властивостей і прогнозування в методичному й методологічному відношеннях доводить, що для підвищення терміну служби двигунів і їхніх систем охолодження необхідне індивідуальне прогнозування залишкового ресурсу антифризу, що використовується під час реалізації тактики керування працездатністю двигуна за фактичним станом.

На підставі виконаного аналізу визначено основні завдання дослідження.

Другий розділ роботи присвячений теоретичним дослідженням оцінювання властивостей і терміну служби охолоджувальних рідин. Завдання розділу – розвиток теоретичних основ нових методів оцінювання властивостей і ресурсу охолоджувальних рідин, що використовуються на автомобілях, які враховують енергетичні параметри, індивідуальні особливості й умови роботи автомобіля.

Оцінювання властивостей антифризів, що використовуються у системі охолодження двигунів, розглядається як система, працездатність якої визначається вихідними параметрами, що характеризують властивості антифризів, а також характером зміни їх від напрацювання й кількості витраченого палива.

Термін служби антифризу до заміни

$$L_p = F_{д.к} \cdot V_o \cdot \rho_p \cdot V_a / 60 \cdot I, \quad (1)$$

де $F_{д.к}$ – припустима концентрація продуктів корозійного зношування в антифризі, г/т;

V_o – об'єм системи охолодження, м³;

ρ_p – густина антифризу, т/м³;

V_a – швидкість руху автомобіля, км/год;

I – швидкість надходження продуктів корозійного зношування в антифриз, г/хв.

Розраховане нами значення швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз і різних охолоджувальних рідин подані в табл. 1.

Таблиця 1 – Швидкість корозійного зношування зразків металів в охолоджувальних рідинах

Швидкість корозійного зношування, 10^{-3} мг/хв	Зразки					
	Мідь М-1	Латунь Л-63	Сталь 20	Чавун Сч 24-44	Сплав алюмінію Ал-9	Припій 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 за (1) терміну служби антифризу у двигуні одинарного автомобіля ГАЗ-3302 залежно від групи доріг і середніх технічних швидкостей репрезентовано в табл. 2.

Таблиця 2 – Термін служби антифризу Тосол-А40М під час 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
Витрата 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

Виконані розрахунки доводять, що залежно від дорожніх умов експлуатації термін служби антифризу у двигуні автомобіля може змінюватися в 1,2...4,3 рази під час руху на різних швидкостях.

Залишковий ресурс антифризу

$$L_{\text{зал}}^p = \frac{L_{\text{п}} \cdot Q_{\text{п}}}{Q_{\text{б}}} \cdot \left(\frac{F_{\text{д.к}}}{F_{\text{вим}}} - 1 \right), \quad (2)$$

де $L_{\text{п}}$ – пробіг автомобіля після заміни антифризу, км;

$Q_{\text{п}}$ – витрата палива за період пробігу автомобіля $L_{\text{п}}$, л/100 км;

$Q_{\text{б}}$ – норма витрати палива на прогнозований період експлуатації, л/100 км;

$F_{\text{вим}}$ – виміряна концентрація продуктів корозійного зношування в антифризі, г/г.

Знаючи кількість витраченого палива після чергової заміни антифризу та значення електропровідності в даний момент, залишковий ресурс можна визначити за формулою

$$Q_{\text{зал}} = \frac{(\chi^{\text{гран}} - \chi) \cdot Q_{\text{витр}}}{\chi}, \quad (3)$$

де $\chi^{\text{гран}}$ – граничне значення параметра електропровідності, $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$;

χ – виміряне значення електропровідності антифризу, $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$;

$Q_{\text{витр}}$ – витрачена кількість палива після чергової заміни антифризу, л.

Третій розділ присвячений експериментальним дослідженням зміни швидкості надходження продуктів корозійного зношування й фізико-хімічних показників якості антифризів.

До складу сучасних антифризів різних виробників входять різноманітні присадки, які містять полімери й поверхнево-активні речовини, що істотно впливають на зміну в'язкості охолоджувальних рідин.

Під час експлуатації автомобілів в'язкість антифризу може зростати й знижуватися на момент заміни до 16% (рис. 1).

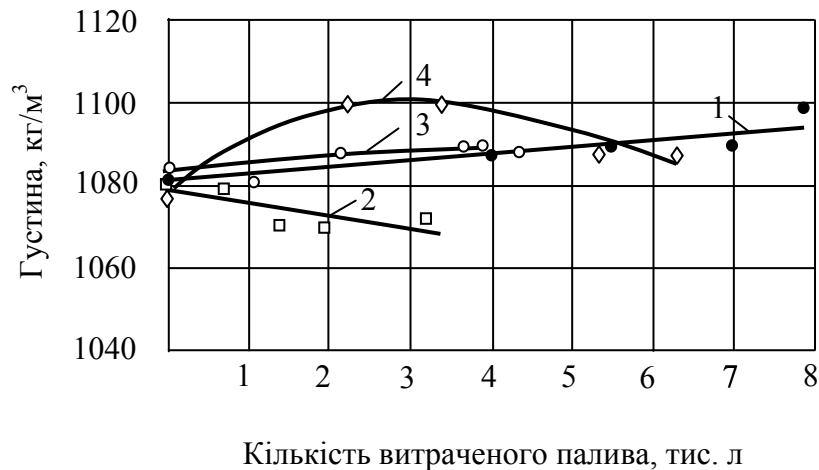


- 1 – ВАЗ-2107 (ТОСОЛ ТС FELIX-40)
- 2 – Hyundai Accent (антифриз Shell G11)
- 3 – ВАЗ-2115 (антифриз FELIX CARBOX G12)
- ◇ 4 – ВАЗ-21104 (антифриз SWAG)

Рисунок 1 – Зміна кінематичної в'язкості антифризів від кількості витраченого палива

При цьому густина антифризу змінюються до 3% (рис. 2).

Зміна значення показника рН теплоносія впливає не тільки на корозійні процеси, але й на розчинність залізооксидних плівок, що перебувають на поверхні металу. Під час експлуатації автомобілів спостерігається зниження водневого показника антифризів до 20 % (рис. 3).



- 1 – BA3-2107 (ТОСОЛ TC FELIX-40)
- 2 – Hyundai Accent (антифриз Shell G11)
- 3 – BA3-2115 (антифриз FELIX CARBOX G12)
- ◇ 4 – BA3-21104 (антифриз SWAG)

Рисунок 2 – Зміна густини антифризів від кількості витраченого палива

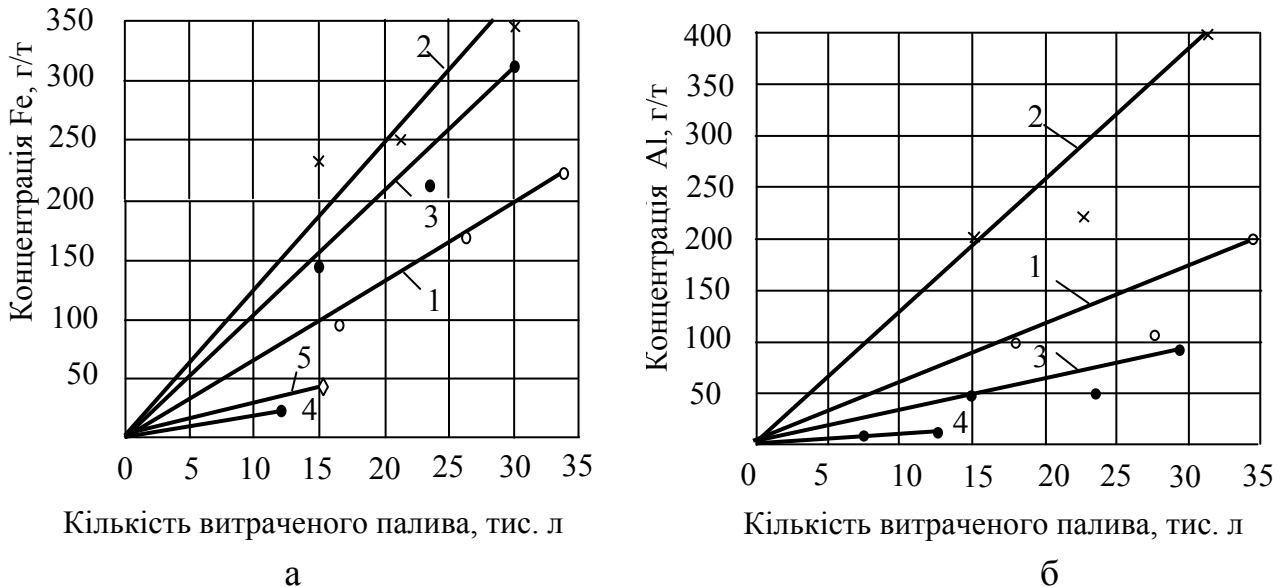


- 1 – BA3-2107 (ТОСОЛ TC FELIX-40)
- 2 – Hyundai Accent (антифриз Shell G11)
- 3 – BA3-2115 (антифриз FELIX CARBOX G12)
- ◇ 4 – BA3-21104 (антифриз SWAG)

Рисунок 3 – Зміна водневого показника від кількості витраченого палива

Сучасні антифризи від різних виробників можуть мати різні властивості, тому у разі їхнього застосування необхідно враховувати особливості конструкції й властивості матеріалів, з яких виготовляються деталі системи охолодження двигунів. Невідповідність властивостей антифризу певній конструкції системи охолодження двигуна може призвести до підвищеного корозійного зношування й передчасної відмови.

Під час експлуатації автобусів в однакових умовах із приблизно таким же пробігом 120...121 тис. км, але різною кількістю витраченого палива, концентрація заліза в антифризі змінюється до 43,2 %, а алюмінію до 345 % (рис. 4).



1 – NEOPLAN (XT Antifreeze);
 2 – VANHOLL (XT Antifreeze);
 3 – Setra (XT Antifreeze);

4 – Богдан A091 (BS Antifreeze);
 5 – ПАЗ 4234 (ТОСОЛ А-40М)

Рисунок 4 – Зміна концентрації заліза (а) й алюмінію (б) в антифризі від кількості витраченого палива

Швидкість надходження продуктів корозійного зношування в охолоджувальну рідину є узагальнюючим показником, що характеризує якість використаного антифризу, вихідний технічний стан двигуна й системи охолодження, а також режими роботи та умови експлуатації.

Швидкість надходження продуктів корозійного зношування в антифриз можна визначити за формулами

$$I = F \cdot V_o \cdot \rho_p / L_p; \quad (4)$$

$$I = F \cdot V_o \cdot \rho_p / Q, \quad (5)$$

де F – концентрація продуктів корозійного зношування в антифризі, г/т;

V_o – об'єм системи охолодження двигуна, м³;

ρ_p – густина антифризу, т/м³;

L_p – термін служби антифризу в двигуні, км;

Q – кількість витраченого палива за період роботи антифризу в двигуні, л.

Результати виконаних розрахунків швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз за формулами (4) і (5) репрезентовано в табл. 3.

Таблиця 3 – Значення швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифризи автомобілів і автобусів після першої заміни

Найменування показників		У двигунах автомобілів залито антифриз заводу виробника			
Марка автомобіля		Hyundai Accent	Hyundai i30	ВАЗ-2115	Богдан А091
Пробіг автомобіля, км		46 543	52 114	49 286	80 241
Термін служби антифризу, км		46 543	52 114	49 286	80 241
Концентрація, г/т					
Fe		2,4	3	7	12
Al		4	6	8	21
Cu		1	2	5	8
Sn		1	1	2	5
Швидкість надходження заліза в антифриз	мг/км	0,0003	0,0003	0,0012	0,0022
	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
припою	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), потрібно відзначити, що мінімальне значення по залізу – 0,0039 мг/л витраченого палива у двигуні автомобіля Hyundai i30, а максимальне – 0,015 мг/л палива у двигуні автомобіля ВАЗ-2115. По алюмінію мінімальне значення – 0,0076 мг/л в автомобілі Hyundai Accent і максимальне – 0,019 мг/л в автобусі Богдан А091, що свідчить про більш вдалий підбір антифризу для певної конструкції одного двигуна стосовно іншого.

Виконуючи першу заміну антифризу, необхідно робити 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'ютера. Отриману інформацію, як вихідну, можна використовувати надалі для підбору марки антифризу інших виробників і за для своєчасного діагностування несправності в роботі системи охолодження й початку підвищеного зношування деталей у процесі експлуатації автомобілів.

Четвертий розділ присвячено аналізу методів й розробці засобів діагностики якості охолоджувальних рідин за електрофізичним показником та зміні електропровідності антифризів від кількості витраченого палива (рис. 5).

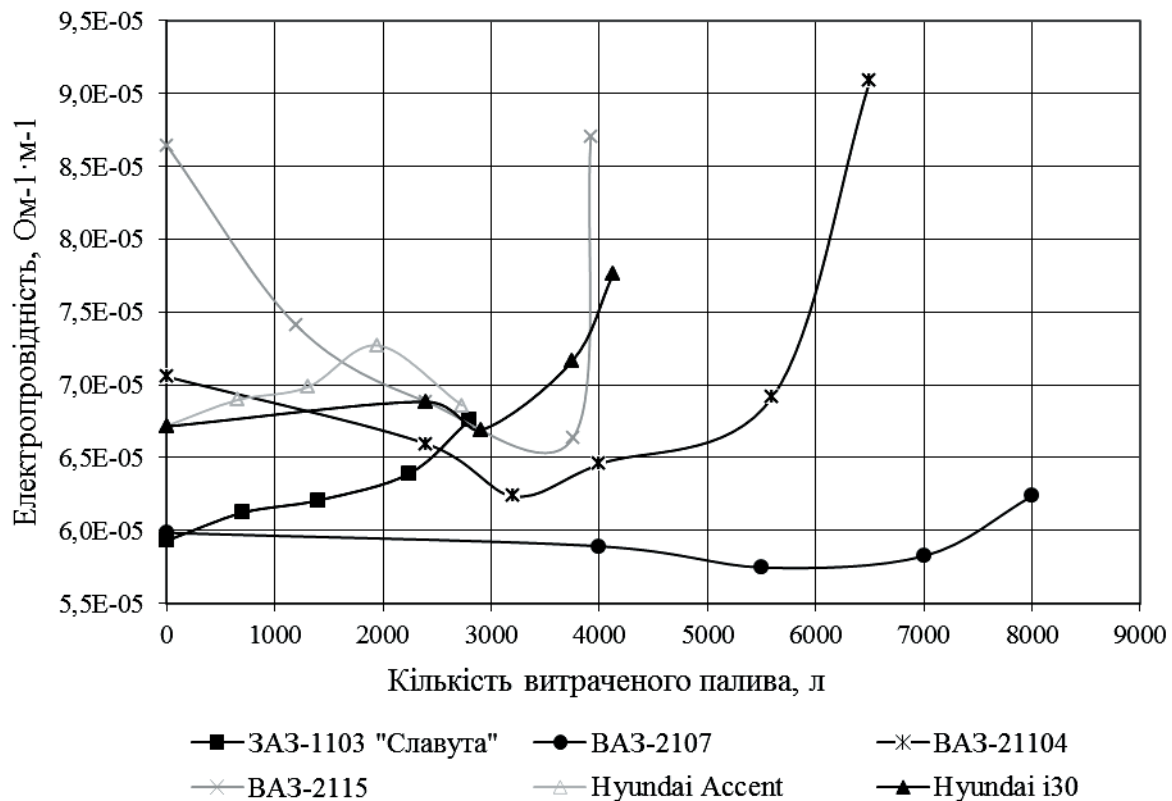


Рисунок 5 – Графік залежності зміни електропровідності антифризів від кількості витраченого палива

Електропровідність сучасних антифризів, залежить як від природи базової основи антифризу, так і від пакета присадок, що вводяться, і зміни можуть складати до 46 %.

У **п'ятому** розділі розроблено технологію діагностування й зміни охолоджувальних рідин за фактичним станом згідно з бракувальними показниками, у разі досягнення яких подальша експлуатація рідини в автомобілі небажана.

Розглянемо розроблену нами технологію діагностування й зміни антифризу за фактичним станом (рис. 6).

Періодичне надходження інформації про працездатність і якості антифризів окреслюють перед прогнозуванням і заміною їх за фактичним станом такі завдання: одержання результату прогнозу до наступного діагностування системи охолодження і якості антифризу, а також обчислення пробігу або залишкової кількості палива, за яких необхідно зробити заміну антифризу або інші технічні дії.

При черговому діагностуванні якості антифризів насамперед необхідно визначити, чи буде антифриз працездатний до наступного моменту проведення поглибленого діагностування його якості без зниження експлуатаційної надійності двигуна і його систем.

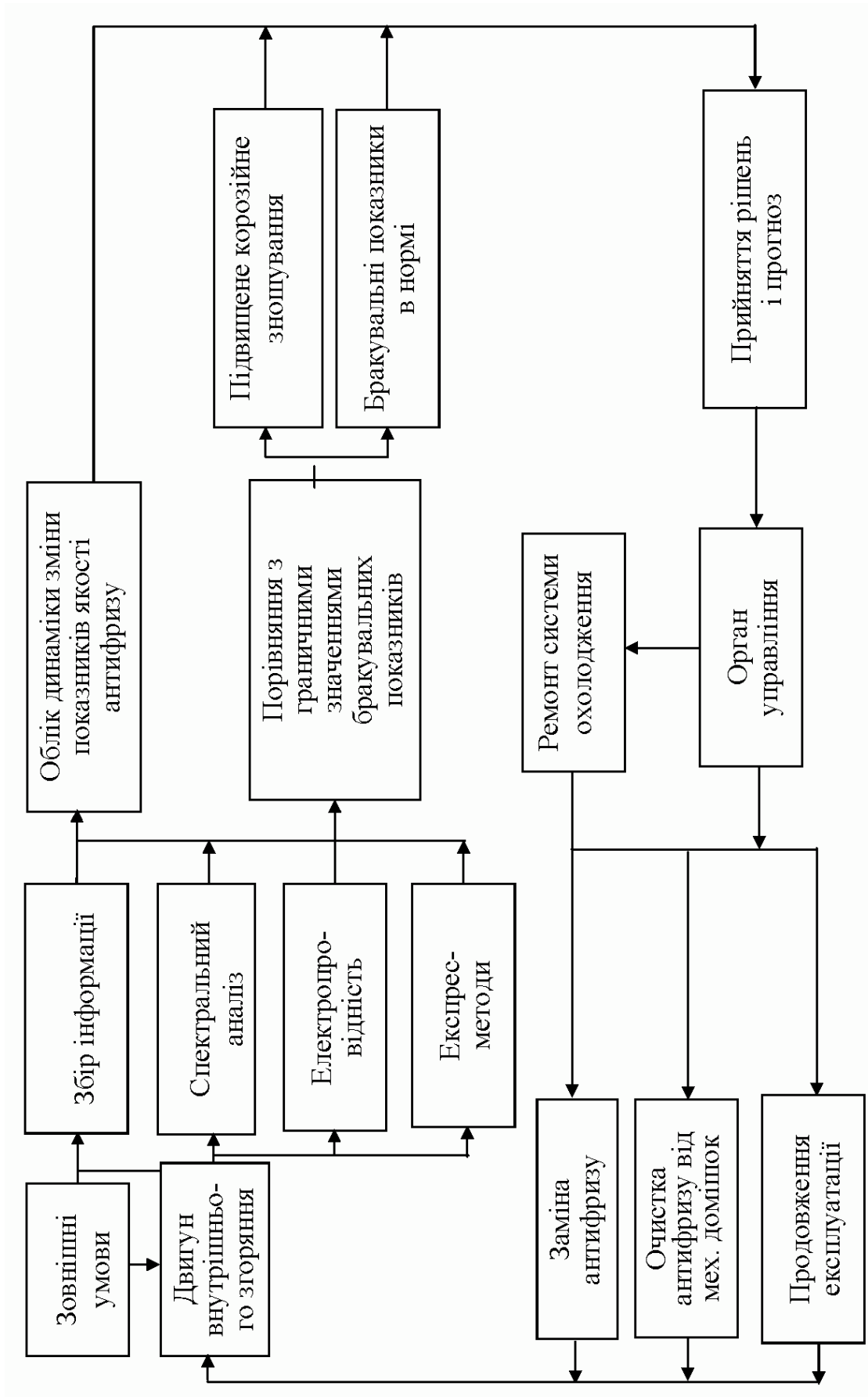


Рисунок 6 – Технологія діагностування й заміни охолоджувальних рідин за фактичним станом

Із системи охолодження двигуна відбирається проба охолоджувальної рідини. Проводиться визначення показника електропровідності і спектральний аналіз проби. За допомогою експрес-методів визначається водневий показник, лужність, густина, температура кристалізації. Отримані результати порівнюються із граничними значеннями концентрацій елементів-індикаторів і бракувальних показників, враховуючи при цьому інформацію про зовнішні умови експлуатації автомобіля, технічний стан й індивідуальні особливості конкретного двигуна, марку і якість застосованого антифризу. Якщо значення густини, електропровідності, концентрації алюмінію, заліза, міді в антифризі не перевищують граничних значень, то додатковий аналіз за іншими бракувальними показниками якості антифризу не проводиться, а за допомогою математичної моделі дається прогноз на період подальшої експлуатації антифризу.

У випадку, коли швидкість надходження алюмінію, міді, заліза в антифриз перевищує значення, отримане після першої заміни антифризу з початку експлуатації, тоді проводиться оцінювання корозійних властивостей і бракувальних показників якості антифризу (в'язкість, корозійний вплив на метали, водневий показник, лужність) і за отриманими результатами приймається рішення й дається прогноз; якщо хоча б один із бракувальних показників перевищує норму, тоді проводиться заміна антифризу.

У випадку, коли бракувальні показники не перевищують граничних значень, а концентрація алюмінію, міді, заліза перевищує 5...10 г/т, тоді проводиться очищення антифризу від механічних домішок поза двигуном, після чого антифриз знову заливається в систему охолодження двигуна й дається прогноз щодо періоду подальшої експлуатації.

ВИСНОВКИ

В дисертації представлено нове рішення науково-прикладного завдання підвищення ефективності експлуатації автомобілів за рахунок збільшення ресурсу двигунів і деталей системи охолодження розробленими методами діагностики й оцінювання властивостей охолоджувальних рідин за енергетичним параметром.

Основні наукові й прикладні результати досліджень:

1. Проведено аналіз вітчизняних і закордонних досліджень, присвячених оцінюванню властивостей і ресурсу охолоджувальних рідин, що застосовуються у двигунах автомобілів, а також заміни їх за фактичним станом на підставі бракувальних показників. Встановлено, що на момент заміни охолоджувальних рідин у двигунах автомобілів у 30–35 % необхідна заміна, у 10–20 % заміну необхідно провести раніше встановленого строку й 40–50 % зберігають свою працездатність і придатні до подальшої експлуатації. Розроблено системний підхід у дослідженні швидкості надходження продуктів корозійного зношування в антифриз і оцінювання ступеня зміни його

властивостей за діагностичними параметрами витраті палива, концентрації продуктів корозійного зношування, питомої об'ємної електропровідності.

2. Встановлено, що індивідуальне діагностування стану антифризу є основною умовою прогнозування залишкового ресурсу й терміну заміни антифризу за фактичним станом, підвищує ефективність експлуатації й знижує витрати на технічне обслуговування. Вірогідність прогнозу залишкового ресурсу антифризу у двигуні визначається якістю діагностичних методів і засобів, а також точністю математичних моделей, що відбивають зміну діагностичного параметра якості антифризу в часі з похибкою, що не перевищує 20 %. Найбільш достовірними методами діагностики якості антифризу з метою оцінювання й прогнозування терміну заміни й залишкового ресурсу антифризу є спектральний аналіз продуктів корозійного зношування в антифризах, а також зміна фізико-хімічних і електрофізичних показників якості антифризу.

3. Виконано оцінювання значимості 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, використаного у двигуні, спричиняє швидкість руху автомобіля. Розроблено методи прогнозування, що встановлюють зміну залишкового ресурсу антифризу у двигуні залежно від концентрації продуктів корозійного зношування, швидкості руху автомобіля й витрати палива, а також від індивідуальних особливостей конкретного автомобіля і якості використаного антифризу.

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

Швидкість надходження заліза в антифриз, залежно від кількості витраченого палива 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.

5. Доведено, що під час першої заміни антифризу в експлуатації необхідно проводити аналіз основних показників в'язкості, лужності, електропровідності, густини, водневого показника, корозійного впливу на метали й швидкості надходження продуктів корозійного зношування на літр витраченого палива, а значення заносити в діагностичну картку автомобіля або накопичувальний файл комп'ютера. Отриману інформацію, як вихідну, можна використовувати надалі у разі підбору антифризів інших виробників, а також для своєчасного діагностування несправностей у роботі системи охолодження двигуна й початку підвищеного зношування деталей у процесі експлуатації автомобілів.

6. Експериментально встановлено, що метод виміру питомої об'ємної електропровідності характеризується високою чутливістю, об'єктивністю й невеликою похибкою вимірів, що не перевищує 5 %. Підтверджено кореляційний зв'язок з коефіцієнтом кореляції 0,35...0,96 між електропровідністю й

показниками якості антифризів: густиною, водневим показником, корозійним впливом на метали, концентрацією продуктів корозійного зношування в антифризі. Електропровідність сучасних антифризів, що не працювали, залежить як від природи базової основи антифризу, так і від пакета присадок, що вводяться, і зміни можуть складати до 46 %.

7. Одержала подальший розвиток система профілактичного обслуговування й ремонту машин за фактичним технічним станом (ОР-Д-УН) за рахунок діагностування якості охолоджувальних рідин, що застосовуються у двигунах автомобілів, при виконанні обов'язкових робіт з урахуванням зовнішніх умов та індивідуальних особливостей. Раціональність оперативного керування ресурсом двигунів за рахунок своєчасного виявлення погіршення властивостей працюючого антифризу експериментально підтверджена на прикладі експлуатації автобусів Богдан А091 і ПА3-4234: число відмов по двигуну не перевищило 1 %, системи охолодження автобусів Богдан – до 5 %, ПА3-4234 – до 16 %.

8. Розроблена методологія зміни антифризу за фактичним станом згідно з бракувальними показниками і за швидкістю надходження продуктів корозійного зношування в антифриз, яка враховує індивідуальні особливості, якість використаних антифризів і зовнішні умови роботи автомобілів, дозволяє підвищити експлуатаційну надійність автомобіля й максимально використовувати ресурс застосованих антифризів. Використання експрес-методів і портативних засобів дозволяє організувати діагностування стану охолоджувальних рідин під час експлуатації автомобілів без залучення фахівців високої кваліфікації й великих витрат на видаткові матеріали. За рахунок зниження витрат на придбання антифризів мінімальна економічна ефективність на прикладах автомобілів ЗАЗ-1102 склала 62 грн, автобусів VANHOL – 2913 грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Наглюк М.І. Оцінка якості охолоджувальної рідини при експлуатації ДВЗ / М.І. Наглюк // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2008. – Вип. 42. – С. 39–42.

2. Наглюк М.І. Электропроводность антифриза и концентрация продуктов коррозии / М. И. Наглюк // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2009. – Вып. 25. – С. 21 – 23.

3. Наглюк М.І. Оценка электропроводности охлаждающих жидкостей при эксплуатации автомобилей / М.І. Наглюк // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: науково-виробничий збірник. – 2009. – № 1(8). – С. 110–114.

4. Наглюк М.І. Влияние температуры на изменение электрической проводимости / М.І. Наглюк // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр.– 2011.– Вып. 29. – С. 224–226.

5. Наглюк М.І. Изменение электропроводности антифризов от количества израсходованного топлива при эксплуатации / М.І. Наглюк // Вісник СевНТУ:

зб. наук. пр. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – Вип. 135/2012. – С. 157–159.

6. Наглюк М.І. Прилад для вивчення, вимірювання, контролю та реєстрації електропровідності рідин, що застосовуються в автомобілі / М.І. Наглюк, В.В. Федченко // Автошляховик України. – 2013. – № 1. – С. 20–22.

7. Волков В.П. Оценка свойств антифризов при эксплуатации легковых автомобилей / В.П. Волков, М.И. Наглюк // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – 2014. – №10(1053). – С. 63–66.

8. Наглюк М.І. Уточнение сроков смены антифризов при эксплуатации / М.И. Наглюк, В.П. Волков, И.С. Наглюк // Міжвузівський збірник « НАУКОВІ НОТАТКИ». – 2014. – Вип. 45. – С. 371–375.

9. Наглюк М.І. Эксплуатационная надёжность автомобилей и качество применяемых антифризов / М.И. Наглюк, Р.В. Копин // Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенко. – зб. наук. пр. – 2014. – Вип. 151. – С. 77–81.

10. Пат. 65065 Україна, МПК G01R 27/ 00. Пристрій для визначення строків заміни змащувальних олив і робочих рідин в експлуатації / Григоров А.Б., Наглюк М.І., Григорова Є.О., Наглюк І.С.; заявник та патентоутримувач Національний технічний університет «ХПІ». – № u201105376; заявл. 27.04. 2011; опубл. 25.11.2011, Бюл. № 2. – 4 с.

11. Пат. 103576 Україна, МПК G01R 27/00. Спосіб визначення експлуатаційних властивостей рідини з використанням спектрального аналізу та імпедансу / Федченко В.В., Тернюк М.Е., Наглюк М.І., Наглюк І.С., Дмитрук І.А.; Заявник та патентоутримувач Харківській національний автомобільно-дорожній університет. – № а 2012 13535; заявл. 26.11.2012; опубл. 25.10. 2013, Бюл. № 20.

12. Пат. 103732 Україна, МПК G01R 27/22. Інтелектуалізована діагностична система для визначення експлуатаційних властивостей рідини / Федченко В.В., Тернюк М.Е., Наглюк М.І., Наглюк І.С., Дмитрук І.А.; Заявник та патентоутримувач Харківській національний автомобільно-дорожній університет. – № а 2012 13539; заявл. 26.11.2012; опубл. 11.11. 2013, Бюл. № 21.

13. Наглюк М.І. Діагностування охолоджувальної рідини на установці МФС-7 / М.І. Наглюк, М.Я. Говорущенко // Тези доповідей, рекомендованих до опублікування оргкомітетом інституту машинобудування та транспорту ХХХVІІ науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області (Секція автомобілебудування, експлуатації та транспортного менеджменту): тези доп. – Вінниця, 2008. – С. 53.

14. Наглюк М.І. Электропроводность охлаждающих жидкостей автомобильных двигателей / М.И. Наглюк // Транспорт, экология – устойчивое развитие: материалы XV междунар. науч.-техн. конф., 21–23 мая 2009 г.: сборник докл. – Варна: изд-во техн. ун-та, 2009. – С. 564–568.

15. Григоров А.Б. О работоспособности автобусов «Богдан»-А091 и ПАЗ-4234 в условиях городской эксплуатации / А.Б. Григоров, И.С. Наглюк, М.И. Наглюк // Транспорт, экология – устойчивое развитие: материалы XVI междунар. науч.-техн. конф., 20–22 мая 2010 г.: сборник докл. – Варна: изд-во техн. ун-та, 2010. – С. 479–485.

16. Наглюк И.С. Диэлектрическая проницаемость моторных, трансмиссионных масел и электропроводность антифризов / И.С. Наглюк, А.Б. Григоров, М.И. Наглюк // Новые горючие и смазочные материалы с присадками: сб. трудов VI Междунар. науч.-практ. конф. 28 сентября – 01 октября 2010 г. – Санкт-Петербург, «Академия Прикладных Исследований», 2010. – С. 178–181.

17. Наглюк И.С. О необходимости разработки средств бортовой диагностики качества смазочных масел и жидкостей / И.С. Наглюк, А.Б. Григоров, М.И. Наглюк // Транспорт, экология – устойчивое развитие: материалы XVII междунар. науч.-техн. конф., 19–21 мая 2011 г.: сб. докл. – Варна: изд-во техн. ун-та, 2011. – С. 334–337.

18. Наглюк М.И. Прибор для изучения, измерения, контроля и регистрации электропроводности жидкостей, применяемых в автомобиле / М.И. Наглюк, В.В. Федченко // Транспорт, экология-устойчивое развитие: материалы XVIII междунар. науч.-техн. конф., 10–12 мая 2012 г.: сборник докл. – Варна: изд-во техн. ун-та, 2012. – С. 360–362.

19. Наглюк М.И. Изменение свойств антифризов при эксплуатации легковых автомобилей / М.И. Наглюк, Р.В. Копин // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования: сб. науч. трудов по материалам Международной науч.-практ. конф. Воронеж, 20–21 марта 2014г. / под общ. ред. А.И. Новикова; ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2014. – Т. 1. – С. 268–269.

20. Наглюк М.И. Диагностирование качества охлаждающих жидкостей при эксплуатации автомобилей / М.И. Наглюк, Б.О. Ямпольский // Інформаційні технології і мехатроніка: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 15 квітня 2014 р. – Харків, 2014. – С. 93–94.

21. Наглюк М.И. Коррозионность охлаждающих жидкостей применяемых на автомобилях / М.И. Наглюк // Новейшие технологии развития конструкции, производства, эксплуатации, ремонта и экспертизы автомобиля: сб. тезисов международной науч.-практич. конф. по случаю Дня автомобилиста и дорожника посвящённой 90-летию проф. Говорущенко Н.Я., 15–16 октября 2014 г. – Харьков, 2014. – С. 142–143.

22. Наглюк М.И. Ресурсосбережение при техническом обслуживании и ремонте машин / М.И. Наглюк, И.С. Наглюк // Ресурсозбереження і хіміко-екологічні проблеми технологічних процесів: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції, 10–12 листопада 2014 р. м. Харків, Україна. – Харків, 2014. – С. 130–132.

АНОТАЦІЯ

Наглюк М.І. Діагностування охолоджуючих рідин автомобільних двигунів за енергетичним параметром. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.22.20 – експлуатація й ремонт засобів транспорту. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет Міністерства освіти й науки України, Харків, 2015.

Дисертація присвячена вирішенню науково-прикладного завдання підвищення ефективності експлуатації автомобілів за рахунок збільшення ресурсу двигунів розробленими методами діагностики й оцінювання властивостей охолоджувальних рідин за енергетичним параметром.

Виконано теоретичне узагальнення наукових положень і розроблено комплекс методів, що забезпечують оптимальне використання ресурсу охолоджувальних рідин, застосованих під час експлуатації автомобілів.

Розроблено методику оцінювання за енергетичним параметром властивостей охолоджувальних рідин, застосованих на автомобілях, а також швидкості надходження продуктів корозійного зношування, отриманої після першої заміни, для раціонального використання ресурсу під час експлуатації.

Розроблено методику оцінювання властивостей охолоджувальних рідин дозволяє відслідковувати зміни електрофізичних властивостей антифризів і швидкість погіршення цих властивостей. Дослідження фізико-хімічних властивостей антифризів під час експлуатації автомобілів дозволили встановити закономірності зміни електропровідності антифризів від кількості витраченого палива, а також одержати коефіцієнти кореляції між параметром електропровідності і основними показниками якості антифризів – густиною, водневим показником, корозійним впливом на метали, концентрацією продуктів корозійного зношування в антифризі.

Ключові слова: ресурс, охолоджувальна рідина, двигун, автомобіль, математична модель, витрата палива, електропровідність, діагностика, експлуатація.

АННОТАЦИЯ

Наглюк М.И. Диагностирование охлаждающих жидкостей автомобильных двигателей по энергетическому параметру. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2015.

Диссертация посвящена решению научно-прикладной задачи повышения эффективности эксплуатации автомобилей за счёт увеличения ресурса двигателей разработанными методами диагностики и оценки свойств охлаждающих жидкостей по энергетическому параметру.

Выполнено теоретическое обобщение научных положений и разработан комплекс методов, обеспечивающих оптимальное использование ресурса охлаждающих жидкостей, применяемых при эксплуатации автомобилей.

Разработана методика оценки свойств охлаждающих жидкостей, применяемых на автомобилях, по энергетическому параметру и скорости поступления продуктов коррозионного изнашивания, полученной после первой замены, для рационального использования ресурса при эксплуатации.

Разработанная методика оценки свойств охлаждающих жидкостей позволяет отслеживать изменения электрофизических свойств антифризов и скорость ухудшения этих свойств. Исследования физико-химических свойств антифризов при эксплуатации автомобилей позволили установить закономерности изменения электропроводности антифризов от количества израсходованного топлива, а также получить коэффициенты корреляции между параметром электропроводность и основными показателями качества антифризов – плотностью, водородным показателем, коррозионным воздействием на металлы, концентрацией продуктов коррозионного изнашивания в антифризе,

Созданная методология смены охлаждающих жидкостей по фактическому состоянию по браковочным показателям и скорости поступления продуктов коррозионного изнашивания в антифризы на литр израсходованного топлива, учитывающая индивидуальные особенности, качество применяемых охлаждающих жидкостей и внешние условия работы автомобилей, позволяет повысить эксплуатационную надежность автомобиля и максимально использовать ресурс применяемых антифризов.

Научное значение исследований состоит в разработке новых моделей и методов оценки свойств, охлаждающих жидкостей, применяемых в автомобильных двигателях, и рационального их использования в заданных условиях эксплуатации.

Практическая значимость заключается в возможности широкого применения разработанных методик прогнозирования остаточного ресурса охлаждающих жидкостей, применяемых в автомобилях, учитывающих индивидуальные особенности конкретного эксплуатируемого автомобиля и условия эксплуатации.

Ключевые слова: ресурс, охлаждающая жидкость, двигатель, автомобиль, математическая модель, расход топлива, электропроводность, диагностика, эксплуатация.

ABSTRACT

M. Nahlyuk. Diagnosing car engine coolants according to the energy parameter. – Manuscript copyright.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences on specialty 05.22.20 - maintenance and repair of vehicles. - Kharkiv National Automobile and Highway University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2015.

The thesis deals with solving scientific and applied tasks of improving the efficiency of operation of cars at the expense of increasing the engine resources by means of the developed methods of diagnosis and evaluation of properties of coolants according to the energy parameter.

Theoretical generalization of scientific principles is carried out, and a set of methods to ensure the optimal use of resources of coolants employed in the operation of vehicles is developed.

The method of parameter estimation according to the energy parameter of properties of coolants applied to cars and the speed of flow of corrosive wear products obtained after the first replacement for the rational use of resources during operation is developed.

The method of evaluation of properties of coolants makes it possible to track the changes in electrical properties of antifreeze as well as track the speed of deterioration of these properties. Research of physical and chemical properties of antifreeze in the operation of vehicles allowed to establish patterns of changes in the electrical conductivity of antifreeze depending on the amount of fuel spent, and obtain correlation coefficients between the parameters of the electrical conductivity and the main indicators of antifreeze quality – density, hydrogen index, corrosive impact on metals, the concentration of products corrosive wear in antifreeze.

Key words: resource, coolant, engine, vehicle, mathematical model, fuel consumption, electrical conductivity, diagnostics, maintenance.

Підписано до друку 06.10.2015 р. Формат 60 × 84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times. Віддруковано на ризографі
Ум.друк. арк. 0,9.
Замовлення № 06/10/15. Наклад 100 прим. Ціна договірна

Віддруковано ФОП Крамаренко Ю.М.
Свідоцтво про державну реєстрацію АБ № 815827
від 22.03.2013 р.