

Кваліфікаційна робота: 66 с. текст. част., 25 рис, 12 табл., 24 літ. джерел. «Дослідження роботи електромагнітних форсунок бензинових двигунів» Гейко Ю.М. – Кваліфікаційна робота. Кафедра автомобілів і тракторів. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

Проведено аналіз досліджень стану питань діагностування, технічного обслуговування та ремонту систем упорскування бензину показав, що в даний час відсутні нормативи та рекомендації щодо термінів, змісту та методики робіт з очищення ЕМФ.

Проведено аналіз математичної моделі автомобіля, що дозволяє визначити показники тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобіля в різних режимах руху з урахуванням ступеня забрудненості ЕМФ.

Експериментально отримано залежності витрати повітря двигуном від показника K_c для забруднених та чистих ЕМФ. В останніх зменшення проходного перерізу імітувалося зменшенням тривалості упорскування палива.

Рекомендована періодичність ТО з очищення ЕМФ для автомобілів становить 30 тис. км. При поширенні цих даних на регіони з умовами експлуатації, що відрізняються, виникає необхідність їх коригування або використання методу прогнозування діагностичного параметра до моменту наступного обслуговування.

Розроблена методика підтримки ЕМФ у справному стані дозволяє підвищити ефективність експлуатації автомобіля. При цьому показники властивостей автомобіля (активної та екологічної безпеки) знаходяться у допустимих межах.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1	
СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	7
1.1. Особливості робочого процесу двигуна з розподіленим впорскуванням палива	7
1.2. Причини відмов електромагнітних форсунок	9
1.3. Методи діагностики та очищення електромагнітних форсунок.....	15
1.4. Завдання дослідження	21
РОЗДІЛ 2	
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	23
2.1. Аналіз математичної моделі автомобіля для розрахунку залежності експлуатаційних показників від ступеня забруднення ЕМФ	23
2.2. Визначення основних характеристик двигуна	25
2.3. Визначення швидкості й шляху автомобіля.....	29
2.4. Визначення залежності показників експлуатаційних властивостей від ступеня забруднення ЕМФ.....	31
2.5. Визначення допустимого значення критерію оцінки забруднення ЕМФ.....	34
РОЗДІЛ 3	
МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	37
3.1. Постановка завдання	37
3.2. Моторна установка	37
3.3. Методика діагностики забрудненості ЕМФ	40
Висновки до розділу.....	41
РОЗДІЛ 4	
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	42
4.1. Експериментальне визначення впливу забруднення ЕМФ на споживання повітря двигуном	42
4.2. Експериментальне визначення впливу забруднення ЕМФ на показники властивостей автомобіля	43
4.3. Експериментальне визначення забрудненості ЕМФ в умовах експлуатації.....	49
Висновки за розділом.....	50
РОЗДІЛ 5	
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	52
5.1. Вимоги до виробничої санітарії і промислової гігієни під час технічного обслуговування і ремонту автомобілів	52
5.2. Протипожежні заходи	55
РОЗДІЛ 6	
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	58
Висновки за розділом.....	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64

ВСТУП

Системи живлення двигунів з електронними системами упорскування палива використовуються практично всіма виробниками автомобілів.

В експлуатації дана система впорскування палива має більш високий рівень надійності, порівняно з карбюраторною системою живлення, проте вимагає кваліфікованого обслуговування. Досвід експлуатації автомобілів, оснащених системами упорскування палива, показав низьку готовність системи технічного обслуговування та ремонту в умовах експлуатації. Відсутність необхідної кваліфікації персоналу та недостатня поширеність засобів діагностування, призвели до зниження ефективності використання автомобілів.

У процесі експлуатації в системі живлення, у тому числі в електромагнітних форсунках (ЕМФ) відбувається відкладення смол, що призводить до змін у дозуванні палива. Інтенсивність смолоутворення залежить від багатьох факторів і може змінюватись у процесі експлуатації. Забрудненість ЕМФ смолистими відкладеннями відбивається на експлуатаційних показниках автомобіля: потужності, економічних та екологічних. Для відновлення вихідних значень параметрів системи упорскування палива необхідне проведення робіт з її очищення.

Значні труднощі при технічному обслуговуванні представляє визначення ступеня забрудненості ЕМФ. Всебічне діагностування працездатності ЕМФ передбачає використання складного стендового обладнання з комп'ютерним забезпеченням. Такі стенди мають високу вартість. Їх використання на більшості СТО не буде економічно виправданим.

Операції з очищення паливної системи та діагностика її технічного стану не є плановими операціями регламентних робіт з обслуговування автомобіля, передбачених у Посібнику з експлуатації. Вони виконуються, як правило, за заявкою власників автомобілів.

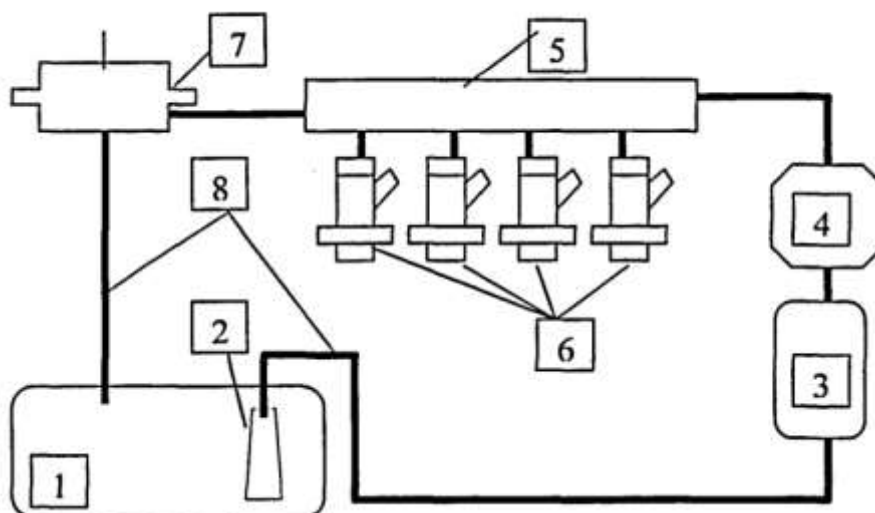
У зв'язку з цим тема кваліфікаційної роботи, спрямованої на підвищення ефективності експлуатації автомобілів, обладнаних системою упорскування палива, є актуальною.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Особливості робочого процесу двигуна з розподіленим впорскуванням палива

Сучасні двигуни є високотехнологічними, розрахованими на ресурс до капітального ремонту 250 тис. км. Високих потужних, економічних та екологічних показників роботи двигуна вдалося досягти завдяки системі живлення з розподіленим фазованим впорскуванням палива з електронним керуванням. Система живлення аналогічна системі "LN2-Jetronic" (рисунок 1.1).



1–паливний бак; 2–фільтр грубої очистки; 3– електричний бензонасос; 4–тонкодисперсний фільтр очищення палива; 5–паливна рампа; 6–насадка; 7– регулятор тиску палива; 8– паливопроводи

Рисунок 1.1 – Система подачі палива

Електричний бензиновий насос (ЕБН) роликово–камерний, шибєрного типу з електричним приводом від двигуна постійного струму. Він встановлений під автомобілем на кронштейні, що має елементи, що демпфують. Створює максимальний тиск 6 – 9 кг/см² (залежно від варіанту виготовлення). Діапазон робочого тиску, що підтримується бензонасосом у системі становить 2.6–3.4 кг/см² (залежно від тиску у впускному трубопроводі). У конструкції ЕБН передбачено перепускний клапан для обмеження максимального тиску. Запірний клапан запобігає падінню тиску та зливу палива в бак при відключенні.

ченні ЕБН. Для ЕБН вітчизняного виробництва характерна підвищена шумність роботи, значення максимального тиску та менший ресурс.

Фільтр тонкого очищення палива (ФТО) з паперовим фільтруючим елементом, встановлений у моторному відсіку, призначений для очищення палива від механічних домішок більше 25 мкм. Термін служби ФТО визначений посібником з експлуатації автомобіля – 60000 км.

Електромагнітна форсунка (ЕМФ) призначена для розпилення під тиском дозованих порцій палива. Паливо подається у впускний колектор безпосередньо перед впускними клапанами. Зміна кількості палива, що подається здійснюється зміною тривалості керуючого сигналу. Такі сигнали подає електронний блок управління залежно від отриманої інформації від датчиків частоти обертання, масової витрати повітря, температури. двигуна, положення дросельної заслінки та ін.

Регулятор тиску палива (РТП) механічного типу, встановлений на паливній рампі, призначений для підтримки постійного перепаду тиску між паливом і повітрям у впускному колекторі при розпиленні палива ЕМФ. Для цього підводиться тиск, що управляє, до РДТ від порожнини впускного колектора за допомогою вакуумного шланга. РДТ перепускає частину палива назад у паливний бак, що дозволяє регулювати тиск у паливній системі.

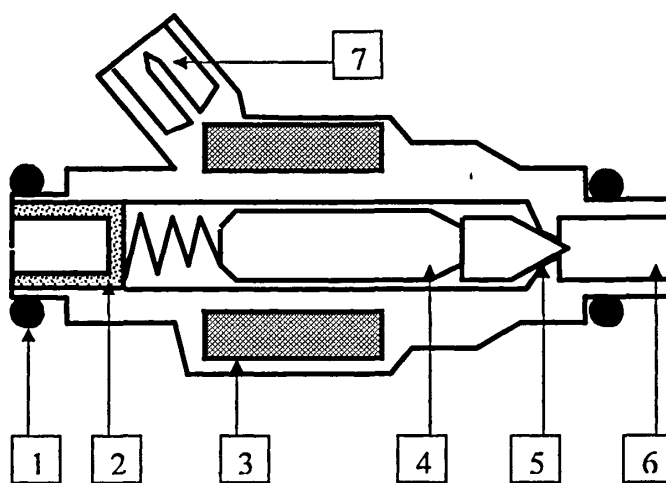
Таким чином, система паливоподачі з розподіленим упорскуванням палива має такі особливості, які необхідно враховувати в експлуатації:

1. Містить елементи, в яких передбачена робота пар, виконаних з прецизійною точністю, що висуває підвищені вимоги до чистоти палива.
2. Подавальний провід знаходиться під високим тиском (близько 3 кг/см²), тому з'єднання елементів паливної системи повинні бути надійними і при проведенні ТО піддаватися ретельному контролю.
3. Електробензонасос охолоджується паливом, тому включення його, за відсутності палива в баку, призводить до швидкого перегріву і відмови електробензонасоса.

4. Одним із складних і схильних до відмови елементів є електромагнітна форсунка.

1.2 Причини відмов електромагнітних форсунок

Для визначення можливих причин відмови електромагнітних форсунок (рис. 1.2) необхідно розглянути порушення працездатності їх окремих елементів (табл. 1.1).



1 – кільце ущільнювача; 2 – фільтруюча сітка; 3 – обмотка електромагніту; 4 – магнітний ярма; 5 – голчастий клапан; 6 – пульверизатор; 7 – електричний роз'єм

Рисунок 1.2 – Елементи електромагнітного сопла

Аналіз випадків відмов форсунок дозволив зробити висновок про те, що погіршення якості розпилювання палива та зниження продуктивності форсунки є основними причинами порушення працездатності форсунок в експлуатації. Як правило, подібні порушення працездатності викликані осмоленням внутрішніх і зовнішніх поверхонь форсунки.

Таблиця 1.2 – Можливі відмови елементів електромагнітного сопла

Елемент електромагнітної форсунки	Вимоги до збереження працездатності	Можливі причини
Кільце ущільнювача в рампи	Герметичність з'єднання форсунки–рампи	Витік палива через з'єднання
Кільце ущільнювача у впускному колекторі	Герметичність з'єднання форсунока–колектор	Потрапляння повітря через з'єднання
Сітка фільтра	Очистка палива від механічних домішок	Зменшення кількості палива, через забруднення сітки
Обмотка електромагніта	Відсутність обривів і зами-	Припинення подачі палива

	кань ($R=15.5\pm 0.5$ Ом)	
Магнітний якір	Вирівнювання та необхідний зазор.	Переривання подачі палива, необмежена подача палива
Голчастий клапан	Статична продуктивність при тиску $P_t = 0.3$ МПа, напруга живлення ЕМФ Уж = 13В. $Q=207 - 212$ см ³ /хв	Зниження статичної продуктивності
Розпилювач	Формування конуса розпилюваного палива під кутом 30°	Погіршення якості розпилення палива
Електричний роз'єм	Надійний електричний контакт	Окислення контактів роз'єму, припинення подачі палива

При використанні нафтових палив у системі паливоподачі, у впускному тракті, картері та камері згоряння двигуна відбуваються процеси накопичення відкладень. Характер відкладень та інтенсивність їх накопичення залежать від фізико-хімічних властивостей палив та впливу на них зовнішніх факторів (температури, тиску, каталітичної дії металів та ін.).

Бензини та дизельні палива містять значну кількість ненасичених вуглеводнів, які легко окислюються у рідкій фазі. Ненасичені вуглеводні зі сполученими подвійними зв'язками, а також олефіни при температурі вище 800°С при окисленні можуть утворювати циклічні та полімерні пероксиди. Окислення ненасичених вуглеводнів зазвичай супроводжується утворенням продуктів полімеризації – смолистих речовин. Склад і будова самих смол не встановлені, оскільки індивідуальні речовини важко виділити з маси, що не кристалізується. Про хімічний склад смол, що утворюються в бензині, можна орієнтовно судити по співвідношенню в них кислих і незмивних продуктів. Так в смолах, отриманих випарюванням у скляній чашці, містилося 85.5% кислот і близько 13% незмивних продуктів, тобто. значну частину смол складають кислоти, або зв'язані ефіри та лактони. При тривалому зберіганні бензинів та дизельних палив у результаті окислення утворюються смоли, які поряд з киснем містять сірку та азот. Таким чином, у смолоутворенні беруть активну участь і первинні гетероорганічні домішки, що містяться в паливі і перетворюються під дією кисню на смолисті речовини.

На окислення палив (особливо авіаційних) істотно впливає етилова рідина тетраетилсвінець. У етилованих бензинах може відбуватися окислюва-

льний розпад тетраетилсвинцю з утворенням нерозчинних продуктів, що містять свинець.

Підвищення температури зберігання палив прискорює їх окислення та смолоутворення. Так, бензини, що зберігаються в умовах жаркого клімату, окислюються в 1.5 – 2 рази швидше, ніж у помірному кліматі. При зберіганні бензину, що містить компонент термічного крекінгу, в середній та південній кліматичних зонах кількостей смол у баках автомобілів за 1.5 міс склало відповідно 19 та 52 мг на 100 мл.



Рисунок 1.3 – Електромагнітні форсунки: зліва – забруднені смолистими відкладеннями; праворуч – після очищення, (пробіг автомобіля – 42000 км)

Каталізаторами, що прискорюють окислення бензинів та дизельних палив при зберіганні, можуть бути металеві поверхні резервуарів та трубопроводів, а також оксиди та солі, що покривають ці поверхні. Прискорення окислення викликається, крім того, оксидами та солями металів, які можуть перебувати у паливах у вигляді тонкодисперсної суспензії.

На поверхнях елементів системи паливоподачі, що стикаються з рідким паливом (стінки паливних баків і трубопроводів, фільтри, паливні насоси та ін.), утворюються смолисті відкладення мазеподібної липкої консистенції. Кількість відкладень зростає з підвищенням вмісту смол у паливі та наявності в ньому механічних домішок.

Відкладення, накопичуючись на стінках трубопроводів та фільтрів, викликають погіршення прокачування палива; накопичення відкладень в агрегатах, що дозують витрату палива (жиклери, нагнітальної порожнини палив-

них насосів та ін.), веде до зміни дозування палива та порушення заданого складу паливної суміші.

У бензинових двигунах паливо, потрапляючи у впускний трубопровід, піддається прискореному окисленню. Тут завдяки дії повітря, підвищеної температури і металу створюються сприятливі умови для окислення бензину, причому відбувається енергійне радикально–ланцюгове окислення не тільки вуглеводневої частини бензину, але і смолистих речовин, що накопичилися раніше, з утворенням продуктів, що не розчиняються в бензині. Це стосується всіх типів бензинових двигунів незалежно від системи паливоподачі.

Навіть у системі розподіленого упорскування палива пари бензину можуть поширюватися у впускному трубопроводі (наприклад, після зупинки двигуна або під час роботи електромагнітних форсунок у режимі попарно – паралельного упорскування, коли упорскування здійснюється двома форсунками за половинний час). Відкладення у впускному трубопроводі легко дізнатися по темному нальоту на внутрішній поверхні впускного алюмінієвого колектора.

Усі фактори, що знижують хімічну стабільність бензинів, підвищують також їхню схильність до відкладень у впускній системі, що ілюструється експериментальними даними, наведеними в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Кількість відкладень у системі впускної карбюраторного двигуна при випробуваннях лабораторним методом

Показники бензинів	Кількість утворюючих відкладень, мг
Концентрація фактичних смол, мг на 100 мл	
5	40
15	90
25	150
35	200
Індукційний період, хв	
1000	8
340	22
110	43
Вміст ненасичених вуглеводнів, %	
0,7	2
2,0	20
4,0	31

Паливо впорскується під високим тиском (близько $3,0 \text{ кг/см}^2$), при цьому для кожного циліндра суміш готується однією ЕМФ, що обумовлює малі геометричні розміри запірного клапана ЕМФ, що призводить до більшого впливу на пропускну здатність плівки смолистих відкладень.

Для зменшення відкладень смолистих речовин необхідно застосовувати кондиційні палива та забезпечувати ефективне очищення повітря та картерних газів. Для двигунів з високотемпературним підігрівом впускного тракту на часткових режимах роботи необхідно унеможливити утворення застійних зон і зворотних вихрових потоків горючої суміші в теплообмінному пристрої. Ці пристрої повинні проектуватися з достатнім запасом теплопродуктивності, необхідним для того, щоб компенсувати можливе зменшення підігріву через збільшення термічного опору стінок теплообмінника внаслідок накопичення на них відкладень.

У сільських районах вплив на інтенсивність смолоутворення може впливати паливо, яке довго зберігається в ємностях. Як правило, споживання палива автотранспортом невелике, що впливає на збільшення часу зберігання палива в ємностях на АЗС. Це призводить до окиснення палива. Збільшення вмісту фактичних смол у паливі призводить до збільшення інтенсивності смолоутворення у паливній системі.

При тривалих стоянках автомобіля паливо, що знаходиться в паливній системі, не циркулює. В цьому випадку відбувається окиснення палива з утворенням смолистих відкладень на внутрішніх порожнинах паливної системи.

Палива різної якості (бензин А-92, А-93, А-95) можуть мати у своєму складі (до 0,1%) різних присадок – диспергентів. Диспергенти є поверхнево – активні речовини, що перешкоджають виділенню твердої фази при окисненні нафтопродуктів або змінюють структуру і властивості утворюють смолистих продуктів у бік зменшення їх коагуляції. Диспергенти утримують смолисті продукти в колоїдному стані, перешкоджаючи їх укрупненню та осіданню. Механізм дії диспергентів заснований на тому, що вони адсорбуються на по-

верхніх мікрочастинок смолистих речовин (блокують ці поверхні), виключаючи можливість утворення більших конгломератів. Диспергенти застосовують спільно з антиокислювачами або підбирають сполуки, що володіють одночасно антиокислювальними та диспергуючими присадками. Такі присадки, що мають комплексні властивості, називають стабілізаторами–диспергентами. Введення диспергуючих присадок значно покращує роботу системи паливоподачі двигуна (зменшується кількість відкладень у паливних баках та фільтрах, товщина лакової плівки, що відкладається на поверхні голка розпилювачів форсунки, тощо). Промислові диспергуючі присадки, як правило, є багатофункціональними, вони покращують протизносні властивості палив, знижують їх корозійну агресивність, підвищують їх хімічну стабільність.

На сьогоднішній день широко поширені різні добавки до палива для очищення паливної системи. Застосування таких добавок ґрунтується на введенні в паливо різних розчинників (ацетон, толуол тощо). Смолисті речовини під дією добавки розчиняються в паливі та згоряють у двигуні. Однак цей метод забезпечення чистоти системи упрскування палива може мати негативні наслідки. При використанні присадки для очищення паливної системи при сильному забрудненні смолистими речовинами можливе відшарування шматочків смолистих речовин із внутрішніх поверхонь паливної системи. У разі появи досить великих частинок (більше 30 мкм) можливе засмічення вбудованого фільтра ЕМФ та його відмова. Також можуть інтенсивно засмічуватися паливні фільтри. Крім того, застосування деяких розчинників, які не пройшли сертифікаційні дослідження, може призвести до пошкодження еластичної діафрагми регулятора тиску палива, попадання палива в картер двигуна, а також до попадання палива у впускний колектор з подальшим займанням.

Таким чином, особливостями смолоутворення в паливній системі двигуна є:

1. Різний хімічний склад бензинів, умови зберігання палив, умови експлуатації автомобілів призводять до відмінностей в інтенсивності перебігу процесів смолоутворення у паливній системі.

2. Відкладення смол на внутрішніх поверхнях паливопроводів та ЕМФ призводять до значної зміни пропускної спроможності тільки ЕМФ, оскільки запірний клапан ЕМФ має малі геометричні розміри.

3. На розпилювачах ЕМФ утворюються ущільнені, нерозчинні у бензині продукти окислення смолистих речовин. Утворення цих продуктів відбувається із значною інтенсивністю. Відкладення на розпилювачі ЕМФ впливають на якість розпилювання палива, що викликає зміни нормальної роботи двигуна.

1.3 Методи діагностики та очищення електромагнітних форсунок

Порушення працездатності ЕМФ в експлуатації є важливим фактором, що впливає на експлуатаційні властивості автомобіля. Власники автомобілів, використовуючи бортові системи контролю, зазвичай, що неспроможні визначити несправність у роботі ЕМФ. Для виявлення причин зниження показників якості потрібне проведення діагностичних робіт.

Під час проведення повного комплексу робіт з діагностики технічного стану ЕМФ є низка особливостей:

- необхідний демонтаж ЕМФ з автомобіля;
- використовується складний та дорогий діагностичний стенд з мікропроцесорним управлінням;
- роботи з діагностики ЕМФ вимагають значних витрат часу.

Вище перелічені чинники утруднюють діагностування працездатності ЕМФ при експлуатації автомобіля.

Для невеликих СТО необхідний метод отримання даних про стан ЕМФ, що не потребує значних витрат часу та коштів. Один із методів дозволяє оцінити пропускну здатність ЕМФ без зняття з автомобіля. Для цього до паливної системи підключається пристрій контролю тиску палива, створюється робочий

тиск у паливній системі та протягом певного часу подається напруга живлення, що відкриває клапан ЕМФ. Визначивши падіння тиску в системі можна оцінити пропускну здатність ЕМФ, а також порівняти пропускну здатність форсунок.

Недоліки цього методу такі:

- для отримання достовірних результатів вимірювань потрібне використання приладів високого класу точності та комп'ютерного керування. Орієнтовна вартість такого приладу становить 850 доларів;
- роботи проводяться при заглушеному двигуні. При цьому паливо потрапляє в рідкому вигляді в циліндри двигуна, потім масляний картер, де змішується з маслом. Це призводить до зміни в'язкісних властивостей мастила, що може негативно позначитися на його властивостях;
- при діагностиці даним методом не враховується якість розпилювання палива ЕМФ, що не дозволить визначити причину погіршення роботи двигуна, пов'язану з неякісним розпилюванням палива;
- зворотній клапан ЕБН не завжди герметичний, що може позначитися на результатах вимірів.

Аналіз існуючих методів діагностування ЕМФ дозволяє зробити такі висновки:

1. Існуючі методи визначення працездатності ЕМФ або є дорогими, тому малодоступні, або не дають достовірної інформації про технічний стан ЕМФ;
2. При обслуговуванні систем упорскування палива, в умовах СТО необхідний недорогий метод діагностування ЕМФ, що потребує незначних витрат часу, що забезпечує достатню достовірність.
3. В умовах низького поширення діагностичного обладнання, що дозволяє контролювати структурні параметри ЕМФ, необхідно розробити метод діагностування працездатності ЕМФ діагностичними параметрами за непрямими ознаками.

У процесі експлуатації бензинових двигунів із упорскуванням палива відбувається забруднення електромагнітних форсунок (ЕМФ) смолистими відкладеннями палива. Це призводить до зниження ефективного перерізу ЕМФ та погіршення якості розпилювання палива. Для підтримки ЕМФ у технічно справному стані необхідне періодичне очищення ЕМФ.

На сьогоднішній день існує кілька способів очищення ЕМФ. Вони (методи) значною мірою відрізняються трудомісткістю виконуваних робіт, а також кількістю та вартістю необхідного обладнання. У умовах актуальною є завдання обґрунтувати застосування тієї чи іншої способу очищення ЕМФ залежно від величини виробничої програми з очищення ЕМФ, і навіть інших умов.

Для власника автомобіля вибір способу очищення ЕМФ не принциповий, оскільки результат якісно проведеної роботи, а також її вартість від способу очищення ЕМФ практично не залежить.

У таблиці 1.4 представлені способи очищення ЕМФ та оціночні дані, отримані на основі зібраної інформації зі СТО.

Очищення ЕМФ за допомогою додавання в паливний бак спеціального препарату, який, змішуючись із бензином, розчиняє та адсорбує смолисті відкладення із внутрішніх порожнин системи живлення. Паливо з розчиненими смолистими відкладеннями потрапляє у циліндри двигуна та згоряє.

Перевагою методу є простота використання та відсутність спеціального обладнання.

Недоліки методу:

- необхідно проводити очищення паливної системи із малою періодичністю (близько 4 тис. км);
- при значному забрудненні форсунок метод очищення малоефективний;
- при використанні методу в автомобілях з великими пробігами можливе неповне розчинення частин відкладень, що відшарувалися, що при-

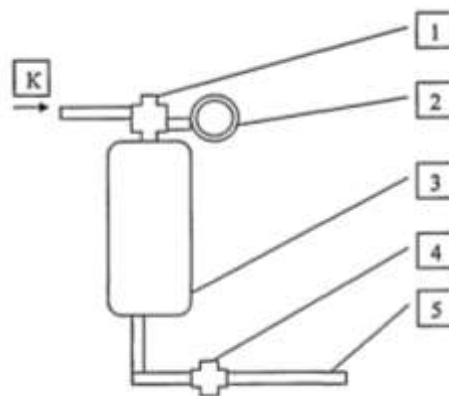
зводить до інтенсивного забруднення фільтрів, а також може призвести до відмови форсунок.

Рекомендувати цей метод очищення можна приватним власникам автомобілів за відсутності інших методів очищення форсунок.

Таблиця 1.4 – Способи очищення форсунок

Очистка ЕМФ	Спосіб очистки ЕМФ	Трудомісткість робіт з очистки ЕМФ, люд/год	Вартість необхідного обладнання, грн	Вартість витратних матеріалів (на 4 ЕМФ), грн
Без зняття з двигуна	Добавки до полива	0,2-5	–	1125
	Очищення сольвентом без циркуляції палива	1,0	45000	1125
	Очищення сольвентом із циркуляцією палива	0,6	100000	1125
Зі зняттям з двигуна	Очищення розчинником вручну	1,2	–	315
	Очищення на промивному стенді	1,6	200000	450

При очищенні електромагнітних форсунок сольвентом на двигуні без циркуляції палива використовується установка (див. рис. 1.4), що створює робочий тиск в системі живлення стисненим повітрям.



1 – кран тиску палива механічний; 2 – манометр; 3 – балон із сольвентом; 4 – кран запірний; 5– шланг подачі; К – стиснене повітря від компресора

Рисунок 1.4 – Схема установки ОВ–1.

Сольвент це рідина зі спеціальними добавками для розчинення та адсорбції смолистих відкладень, що використовується як паливо для роботи двигуна. Установка підключається до паливної рампи перед форсунками. Штатна система харчування при цьому не працює. Такі установки відносно недорогі та прості у використанні, а також мають малі габарити. Однією з таких установок є установка для очищення системи упорскування палива ОВ–1.

Перевагами методу є:

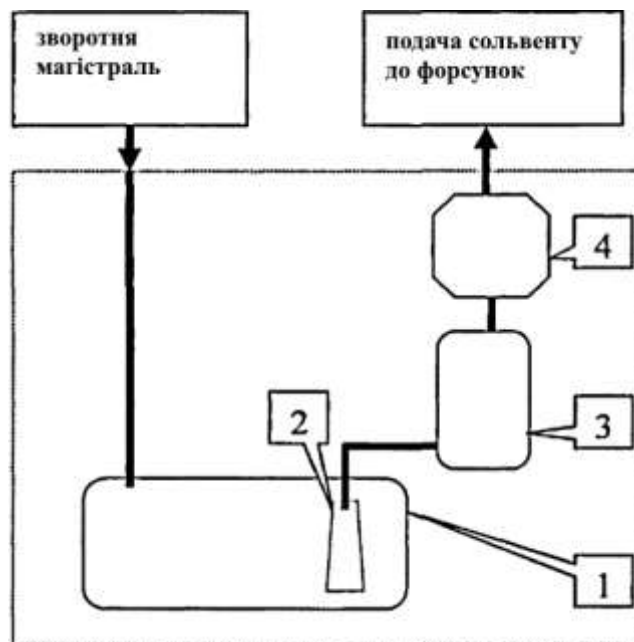
- порівняно невисока вартість обладнання;
- відсутня необхідність демонтажу форсунок;

Недоліками методу є:

- висока трудомісткість робіт;
- необхідність постійного контролю робочого тиску в системі.

Рекомендації щодо застосування: для СТО з малим обсягом робіт із очищення ЕМФ.

Для очищення сольвентом з циркуляцією палива при працюючому двигуні використовується установка, яка підключається до магістралей паливної рампи, що подає і зливає (рис. 1.5). Штатна паливна система при цьому не працює. Тиск у системі створюється електробензонасосом стенду.



1 – бак із сольвентом; 2 – паливозабірник;

Рисунок 1.5. Схема установки:

Перевагами методу є:

- низька трудомісткість і висока технологія процесу очищення
- немає необхідності демонтувати форсунки;

Недоліками методу є:

- висока вартість обладнання.

Рекомендації по застосуванню: для СТО з великим обсягом робіт з очищення ЕМФ.

Очищення ЕМФ розчинником проводиться в такій послідовності:

- демонтувати форсунки від двигуна;
- подати напругу живлення на клеми роз'єму інжектора;
- обробити зовнішню і внутрішню частину насадки очищувачем
- протерти зовнішню сторону корпусу розпилювача, продути сопло

стисненим повітрям;

- встановити форсунки на двигун.

Перевагами методу є:

- відсутність спеціалізованого технологічного обладнання;
- низька вартість витратних матеріалів;

Недоліками методу є:

- низькотехнологічний метод із високою трудомісткістю;
- можливе попадання механічних забруднень у паливну систему

під час демонтажу форсунок.

Рекомендації щодо застосування: для випадків сильного забруднення розпилювачів форсунок, при неможливості використання інших методів очищення.

Очищення на промивочному стенді. Для очищення форсунки демонтують з двигуна у зборі з паливною рампою та регулятором тиску палива та встановлюють на стенд для вимірювання продуктивності форсунок. Схема стенду аналогічна до схеми представленої на рисунку 1.5. Додатково є чотири вимірювальні колби, а також кріплення паливної рампи. У баку стенда знаходиться промивна рідина, яка циркулює по системі та подається через

форсунок. До та після проведення робіт із очищення можливий контроль продуктивності кожної форсунок.

Перевагами методу є:

- для очищення форсунок не потрібно запуск та робота двигуна;
- можливе багаторазове використання промивної рідини;
- дозволяє визначити можливість подальшого використання форсунок.

Недоліками методу є:

- висока трудомісткість робіт з очищення;
- висока вартість обладнання;
- можливе влучення механічних забруднень у паливну систему при демонтажі форсунок.

Рекомендації щодо застосування: для випадків сильного забруднення розпилювачів форсунок, при необхідності контролю параметрів форсунок до та після очищення.

1.4 Завдання дослідження

Існуючі методи діагностування ЕМФ в одному випадку дозволяють отримати в комплексі точні дані про стан ЕМФ, але вимагають значних витрат часу на діагностування та матеріальних витрат на придбання обладнання, тому мало поширені. В інших випадках визначення параметрів забрудненості не є комплексним. Тобто, не враховується деякі параметри, що впливають на роботу двигуна, а отже, такий метод не дає достовірних результатів і не може бути рекомендований для використання як метод діагностування забрудненості ЕМФ в експлуатації.

Метою роботи є підвищення ефективності експлуатації автомобілів, оснащених системою упорскування палива завдяки дослідженню та обґрунтування періодичності обслуговування електромагнітних форсунок.

Об'єктом дослідження – процес роботи системи живлення бензинового двигуна, обладнаним системою розподіленого упорскування палива з електронним управлінням.

Таким чином, для реалізації мети роботи необхідно вирішити такі завдання:

- Теоретично дослідити критерій оцінки забруднення ЕМФ.
- Провести аналіз математичної моделі автомобіля для розрахунку показників тягово–швидкісних властивостей та паливної економічності автомобіля за різного ступеня забрудненості ЕМФ.
- Отримати експериментальні залежності значень показників властивостей автомобіля від ступеня забрудненості ЕМФ та залежність ступеня забрудненості ЕМФ від пробігу автомобіля.
- Обґрунтувати допустиме значення діагностичного параметра забрудненості ЕМФ та періодичність ТО ЕМФ.
- Розробити методику підтримки ЕМФ у справному стані.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Аналіз математичної моделі автомобіля для розрахунку залежності експлуатаційних показників від ступеня забруднення ЕМФ

Блок–схема математичної моделі автомобіля для розрахунку залежностей показників експлуатаційних властивостей від ступеня забрудненості ЕМФ представлена на рис. 2.1.

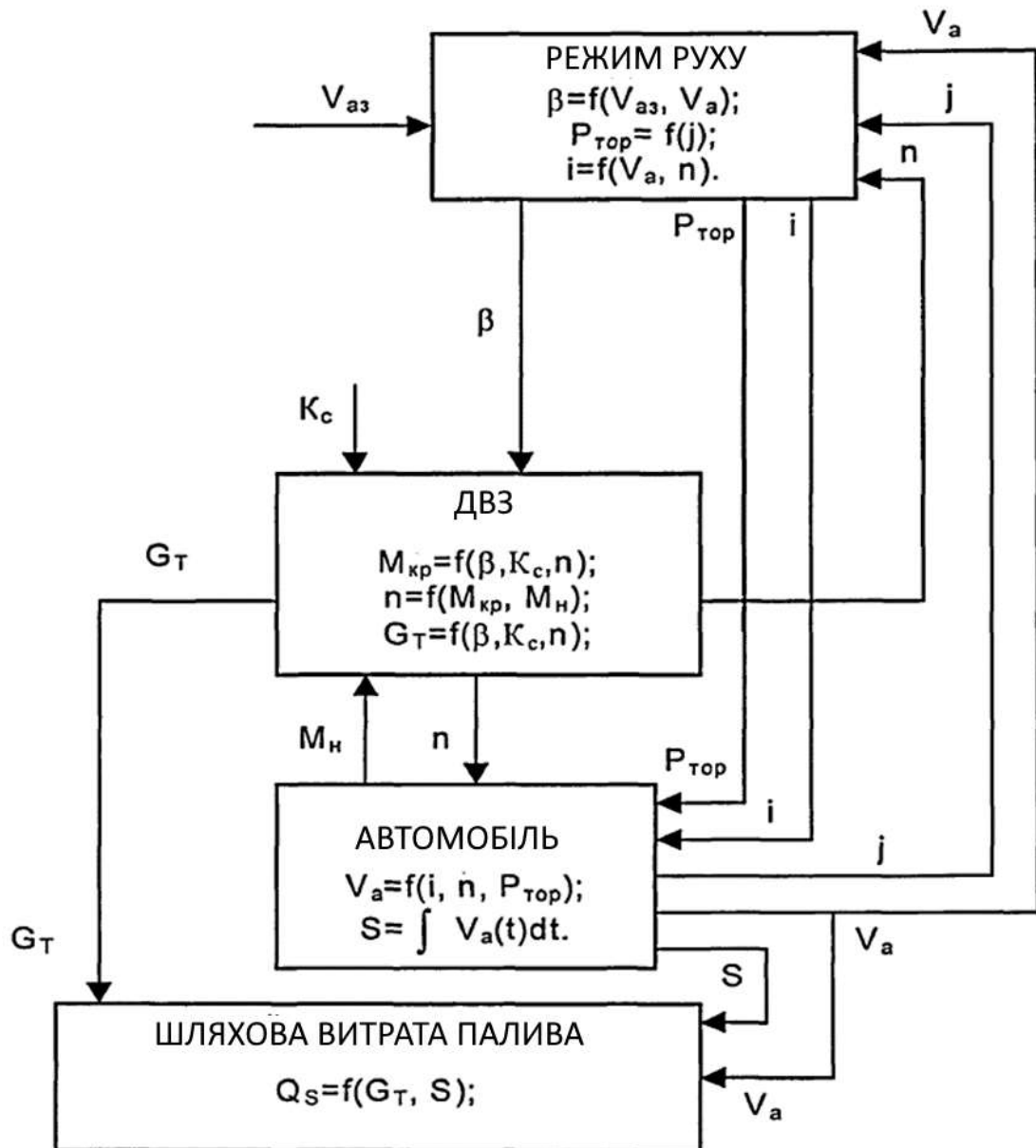
Режим руху автомобіля (швидкість руху, ступінь відкриття дросельної заслінки, номер передачі, уповільнення) визначається відповідно до операційної картки відповідного циклу руху або відповідно до вимог до швидкості руху (див. розділ 2.3). Регулювання швидкості руху автомобіля здійснюється за допомогою зміни ступеня відкриття дросельної заслінки, вибору передачі та створення гальмівної сили на колесах автомобіля.

При русі з постійною швидкістю проводиться порівняння швидкості автомобіля V_a із заданою V_{az} і при цьому збільшується або зменшується ступінь відкриття дросельної заслінки β , за допомогою зміни швидкості її відкриття або закриття:

$$\beta_{i+1} = \beta_i + \alpha_V(V_{az} - V_a), \quad 0 \leq \beta \leq 1,0, \quad (2.1)$$

де α_V – коефіцієнт, що характеризує властивість водія підтримувати задану швидкість руху автомобіля, за допомогою зміни ступеня відкриття дросельної заслінки, с/м.

При розгоні автомобіля відповідно до операційної картки відповідного циклу руху ступінь відкриття дросельної заслінки повинна бути максимальною, $\beta = 1,0$.



$V_{аз}$ – задана швидкість руху автомобіля; V_a – швидкість руху автомобіля; n – частота обертання колінчастого валу ДВЗ; β – ступінь відкриття дросельної заслінки; $P_{тор}$ – гальмівна сила; i – але мір передачі КПП; K_c – показник, що враховує зменшення прохідного перерізу ЕМФ; G_T – секундна витрата палива ДВЗ; S – шлях, що проходить автомобіль; Q_S – витрати палива

Рисунок 2.1 – Блок-схема математичної моделі автомобіля для розрахунку залежностей показників експлуатаційних властивостей від ступеня забрудненості ЕМФ.

У моменти часу, коли відбувається перемикання передач і здійснюється гальмування двигуном ступінь відкриття дросельної заслінки мінімальна $\beta = 1,0$.

У режимі службового гальмування здійснюється спільне гальмування двигуном і робочою гальмівною системою таким чином, щоб прискорення автомобіля дорівнювало -1 м/с^2 . При цьому проводиться порівняння прискорення автомобіля j із заданим (-1 м/с^2) і при цьому збільшується або зменшується гальмівна сила

$$P_{\text{тор}i+1} = P_{\text{тор}i} + \alpha_T(j + 1), 0 \leq P_{\text{тор}} \leq P_{\text{тор} \text{ max}} \quad (2.2)$$

де α_T – коефіцієнт, що характеризує властивість водія підтримувати задану швидкість руху автомобіля, за допомогою зміни величини гальмівної сили, Нс/м.

Передатне число коробки передач (номер передачі) визначається виходячи з вимог операційної карти циклу руху. Порядок розрахунку ступеня відкриття дросельної заслінки, величини гальмівної сили та передавального числа коробки представлений на рис. 2.1.

2.2 Визначення основних характеристик двигуна

Розрахункова схема для встановлення основних характеристик двигуна враховує такі фактори: момент інерції, момент, що крутить, момент навантаження. Диференціальне рівняння обертального руху колінчастого валу ДВЗ

$$J \varphi = M_{\text{кр}} - M_{\text{н}} \quad (2.3)$$

де J – момент інерції рухомих частин двигуна, наведений до колінчастого валу, кгм^2 ; φ – кут повороту колінчастого валу двигуна, рад.; $M_{\text{кр}}$ – крутний момент двигуна, Нм; $M_{\text{н}}$ – момент навантаження, Нм.

Вихідні дані: $V_a, V_{\text{аз}}, j$:

під час руху з постійною швидкістю ступінь відкриття дросельної заслінки $\beta_{i+1} = \beta_i + \alpha_V(V_{\text{аз}} - V_a), 0 \leq \beta \leq 1,0$,

при розгоні автомобіля $\beta = 1,0$,

у моменти часу, коли відбувається перемикання передач та здійснюється гальмування двигуном $\beta = 0$,

у режимі службового гальмування гальмівна сила $P_{\text{тор}i+1} = P_{\text{тор}i} + \alpha_T(j + 1), 0 \leq P_{\text{тор}} \leq P_{\text{тор} \text{ max}}$

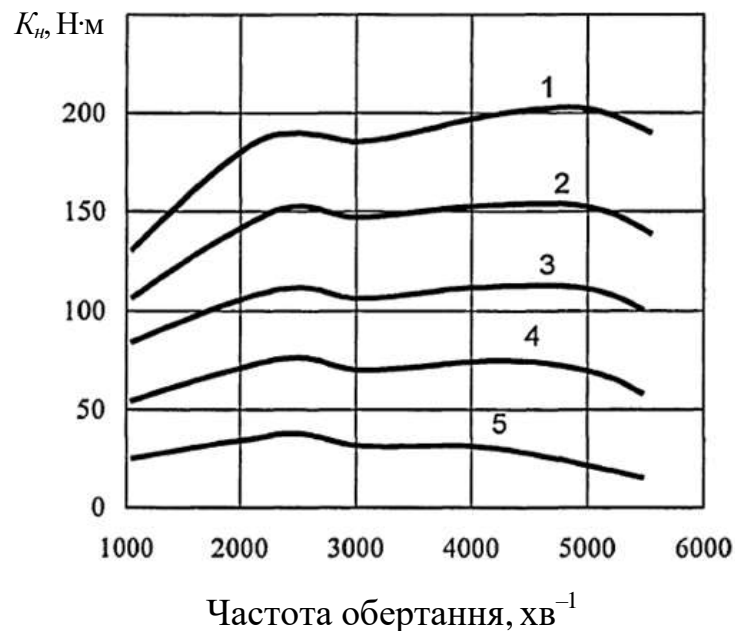
передатне число коробки передач (номер передачі) визначається виходячи з вимог операційної карти циклу руху

Крутний момент двигуна визначається частотою обертання колінця того валу та ступенем відкриття дросельної заслінки. Залежності крутного моменту двигуна від частоти обертання та ступеня відкриття дросельної заслінки представлені на рис. 2.2.

$$M_{кр} = an^3 + bn^2 + cn + d, \quad (2.4)$$

де a, b, c, d – коефіцієнти; n – частота обертання колінчастого валу двигуна, $хв^{-1}$.

Криві залежності моменту, що крутить, від частоти обертання апроксимувалися поліномом третього ступеня.



Ступінь відкриття дросельної заслінки: 1 – 1,0; 2 – 0,8; 3 – 0,6; 4 – 0,4; 5 – 0,2

Рисунок 2.2 – Залежність крутного моменту двигуна від частоти обертання та ступеня відкриття дросельної заслінки

Коефіцієнти a, b, c, d визначаються методом найменших квадратів за чотирма значеннями крутного моменту, $M^{1000}, M^{2500}, M^{4000}, M^{5500}$ при частоті обертання 1000, 2500, 4000, 5500 $хв^{-1}$ для відповідного ступеня відкриття дросельної заслінки.

Крутний момент $M^{1000}, M^{2500}, M^{4000}, M^{5500}$ визначаємо в залежності від ступеня відкриття дросельної заслінки наступним чином:

$$\begin{aligned}
 M^{1000} &= M_0^{1000} (M_{1,0}^{1000} - M_0^{1000}) \beta, \\
 M^{2500} &= M_0^{2500} (M_{1,0}^{2500} - M_0^{2500}) \beta, \\
 M^{4000} &= M_0^{4000} (M_{1,0}^{4000} - M_0^{4000}) \beta, \\
 M^{5500} &= M_0^{5500} (M_{1,0}^{5500} - M_0^{5500}) \beta.
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

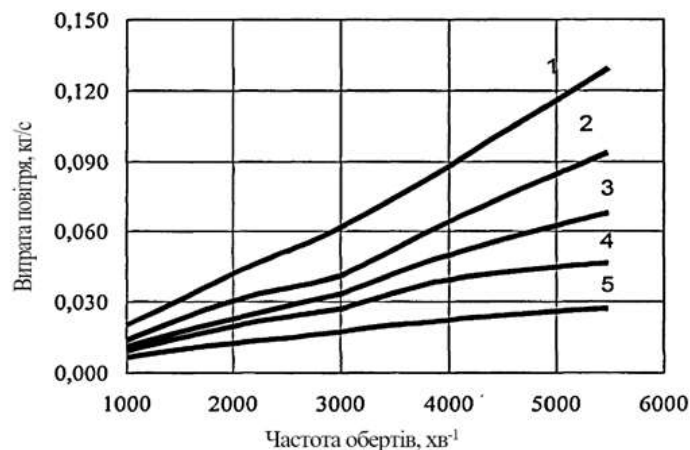
де M_0^{1000} , M_0^{2500} , M_0^{4000} , M_0^{5500} – крутний момент двигуна при частоті обертання 1000, 2500, 4000, 5500 хв^{-1} при ступені відкриття дросельної заслінки $\beta = 0$, Нм; $M_{1,0}^{1000}$, $M_{1,0}^{2500}$, $M_{1,0}^{4000}$, $M_{1,0}^{5500}$ – крутний момент двигуна при частоті обертання 1000, 2500, 4000, 5500 хв^{-1} при ступені відкриття дросельної заслінки $\beta = 1$, Нм; β – ступінь відкриття дросельної заслінки.

Крутний момент необхідно додатково коригувати залежно від ступеня забрудненості ЕМФ:

$$M_{\text{крк}} = (100 - k_3 K_c) M_{\text{кр}} / 100 \tag{2.6}$$

де k_3 – коефіцієнт, що враховує вплив забруднення ЕМФ на крутний момент; K_c – показник, що враховує зменшення прохідного перерізу ЕМФ; $M_{\text{крк}}$ – коригований крутний момент, Н·м.

Для розрахунку витрати палива необхідно також визначити витрату повітря двигуном. Витрата повітря двигуном визначається частотою обертання двигуна та ступенем відкриття дросельної заслінки. Ця залежність для двигуна представлена на рис. 2.3.



Ступінь відкриття дросельної заслінки: 1 – 1,0; 2 – 0,8; 3 – 0,6; 4 – 0,4; 5 – 0,2

Рисунок 2.3 – Залежність витрати повітря двигуном від частоти обертання та ступеня відкриття дросельної заслінки

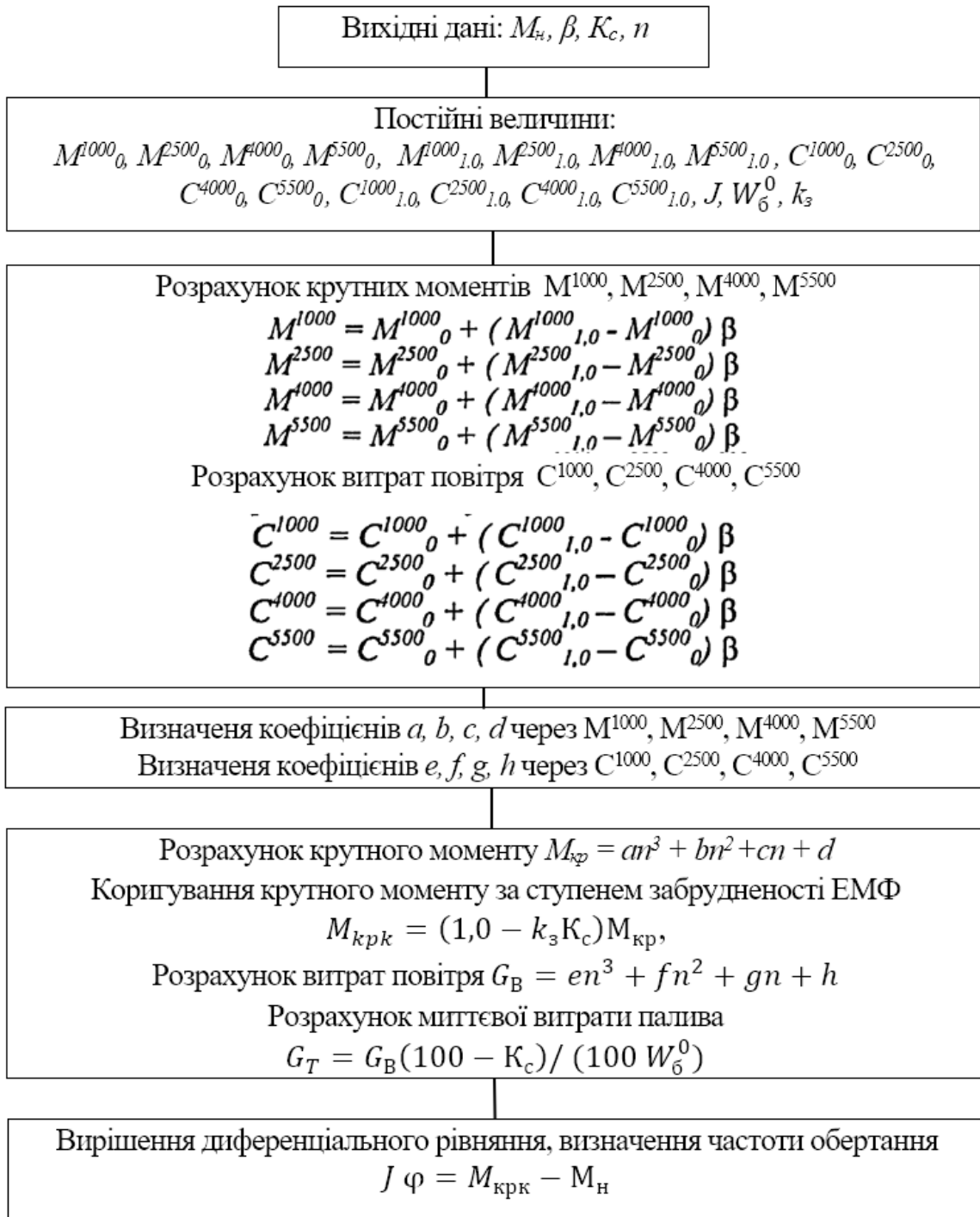


Рисунок 2.3 – Порядок розрахунку основних характеристик двигуна

Секундна витрата палива двигуном визначиться через витрату повітря G_6 наступним чином:

$$G_T = G_B (100 - K_c) / W_6^0 100 \quad (2.7)$$

де K_c – показник, що враховує зменшення прохідного перерізу ЕМФ; W_6^0 – теоретично необхідна кількість повітря для згоряння бензину, кг/кг.

Послідовність розрахунку крутного моменту, витрати палива, і частоти обертання колінчастого валу представлена на рис. 2.4.

2.3 Визначення швидкості й шляху автомобіля

Момент навантаження двигуна автомобіля, коли двигун з'єднаний з трансмісією, визначиться наступним чином:

$$M_H = \frac{P_k + P_w + P_j + P_{\text{тор}}}{r_k i_0 i_k \eta_T}, \quad (2.8)$$

де P_k – сила опору коченню, Н; P_w – сила опору повітря, Н; P_j – сила інерції автомобіля, Н; $P_{\text{тор}}$ – гальмівна сила, Н; r_k – радіус кочення колеса, м; i_0 – передачне відношення головної передачі; i_k – передачне відношення коробки передач; η_T – к.к.д трансмісії автомобіля.

Сила опору коченню:

$$P_k = M_a g \Psi (1 + V_a^2 / k) \quad (2.9)$$

де M_a – маса автомобіля, кг; Ψ – коефіцієнт опору коченню; V_a – швидкість автомобіля, м/с; k – коефіцієнт, що враховує підвищення коефіцієнта від опору коченню зі зростанням швидкості, м²/с².

Сила опору повітря:

$$P_w = k_B F V_a^2 \quad (2.10)$$

де k_B – коефіцієнт обтічності, Нс²/м⁴; F – площа лобового опору автомобіля, м²; V_a – швидкість автомобіля, м/с.

К.к.д трансмісії автомобіля приймаємо постійним, гальмівна сила задається водієм з умов руху, а сила інерції автомобіля дорівнює

$$P_j = M_a \sigma_0 j \quad (2.11)$$

де M_a – маса автомобіля, кг; σ_0 – коефіцієнт обліку обертових мас автомобіля без урахування обертових мас двигуна, б/р; j – прискорення автомобіля, м/с².

Швидкість автомобіля визначається в цьому випадку через частоту обертання колінчастого валу двигуна наступним чином:

$$V_a = \frac{\pi n r_k}{30 i_0 i_k} \quad (2.12)$$

де n – частота обертання колінчастого валу двигуна, хв^{-1} ; r_k – радіус кочення колеса, м; i_0 – передатне відношення головної передачі; i_k – передатне відношення коробки передач.

Прискорення автомобіля, коли двигун від'єднаний від трансмісії, визначається так:

$$j = \frac{-P_k - P_w - P_{mp} - P_{мор}}{M_a \sigma_0} \quad (2.13)$$

де P_k – сила опору коченню, Н; P_w – сила опору повітря, Н; P_{mp} – сила тертя у трансмісії автомобіля, Н; M_a – маса автомобіля, кг; δ_0 – коефіцієнт обліку обертових мас автомобіля без урахування обертових мас двигуна.

Швидкість автомобіля у цьому випадку визначається шляхом інтегрування прискорення за часом:

$$V_a = \int_{t_1}^{t_2} j dt \quad (2.14)$$

Відстань, що проходить автомобіль визначається шляхом інтегрування швидкості за часом:

$$S = \int_0^t v dt \quad (2.15)$$

Порядок розрахунку швидкості та шляху, що проходить автомобіль, представлено в табл.

Вихідні дані: $P_{мор}$, n , i

Постійні величини: r_k , i_0 , i_k , η_T , M_ω , g , Ψ , k , k_ϕ , F , δ_0 , P_{mp}

Таблиця 2.1 – Порядок розрахунку швидкості та шляху, що проходить автомобіль

Двигун з'єднаний з трансмісією	Двигун роз'єднаний з трансмісією
Сила опору коченню: $P_k = M_a g \Psi (1 + k V_a^2)$	Сила опору коченню: $P_k = M_a g \Psi (1 + k V_a^2)$
Сила опору повітря: $P_w = k_\phi F V_a^2$	Сила опору повітря: $P_w = k_\phi F V_a^2$
Сила інерції: $P_j = M_a \sigma_0 j$	Прискорення автомобіля: $j = \frac{-P_k - P_w - P_{mp} - P_{мор}}{M_a \sigma_0}$
Момент навантаження двигуна: $M_H = \frac{P_k + P_w + P_j + P_{мор}}{r_k i_0 i_k \eta_T}$	Швидкість автомобіля: $V_a = \int_{t_1}^{t_2} j dt$
Швидкість автомобіля: $V_a = \frac{\pi n r_k}{30 i_0 i_k}$	

Шлях, що проходить автомобіль $S = \int_0^t v dt$

Дорожня витрата бензину автомобілем на шляху S визначиться за формулою:

$$Q_s = \frac{10^8 \int_0^t G_T dt}{\rho_b S} \quad (2.16)$$

де G_T – секундний витрата бензину двигуном, кг/с; ρ_b – щільність бензину, кг/м³; S – шлях, пройдений автомобілем, мм.

2.4 Визначення залежності показників експлуатаційних властивостей від ступеня забруднення ЕМФ

Теоретичні залежності показників експлуатаційних властивостей від ступеня забруднення форсунок представлені на рис. 2.4-2.10.

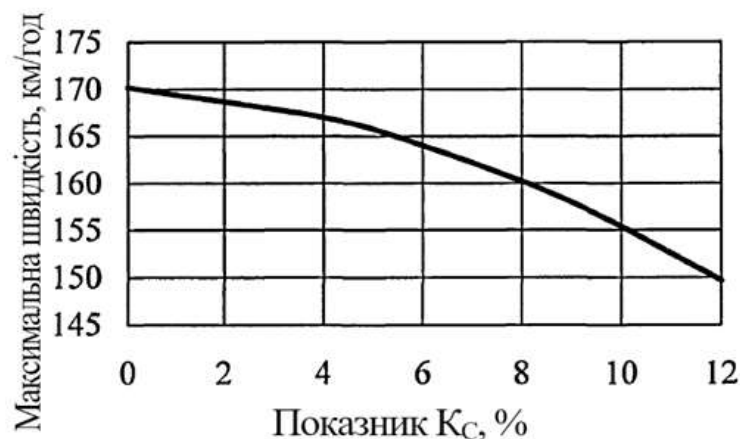


Рисунок 2.4 – Розрахункова залежність максимальної швидкості автомобіля від ступеня забрудненості ЕМФ.

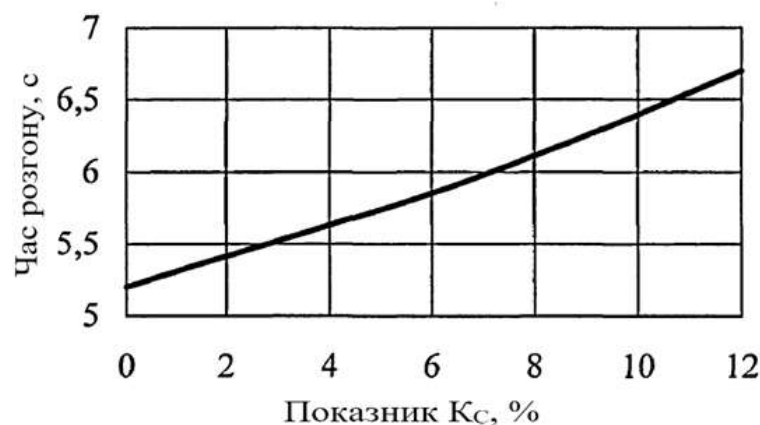


Рисунок 2.5 – Розрахункова залежність часу розгону двигуна від 2000 до 5000 об/хв. на 2-ій передачі в русі від ступеня забрудненості ЕМФ

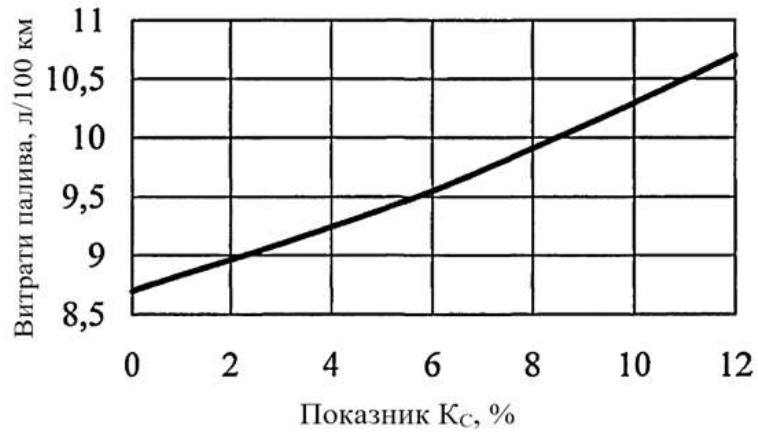


Рисунок 2.6 – Розрахункова залежність контрольної витрати пального на швидкості 90 км/год ступеня забрудненості ЕМФ

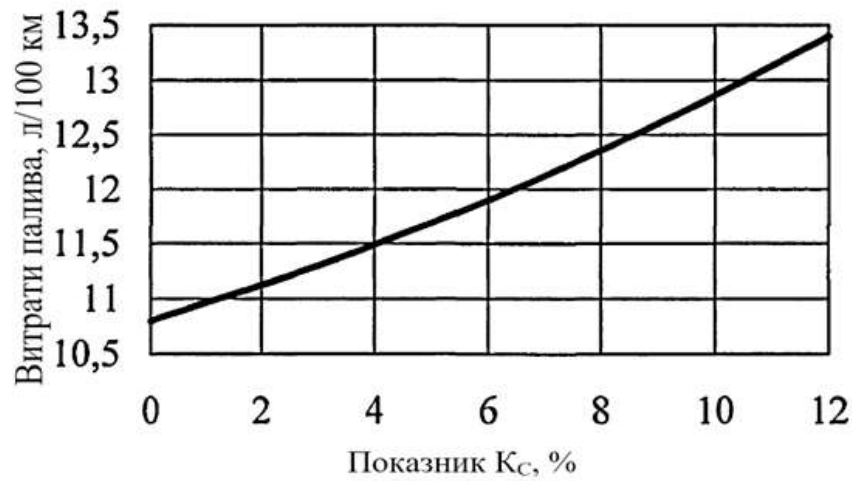


Рисунок 2.7 – Розрахункова залежність контрольної витрати пального на швидкості 120 км/год ступеня забрудненості ЕМФ.

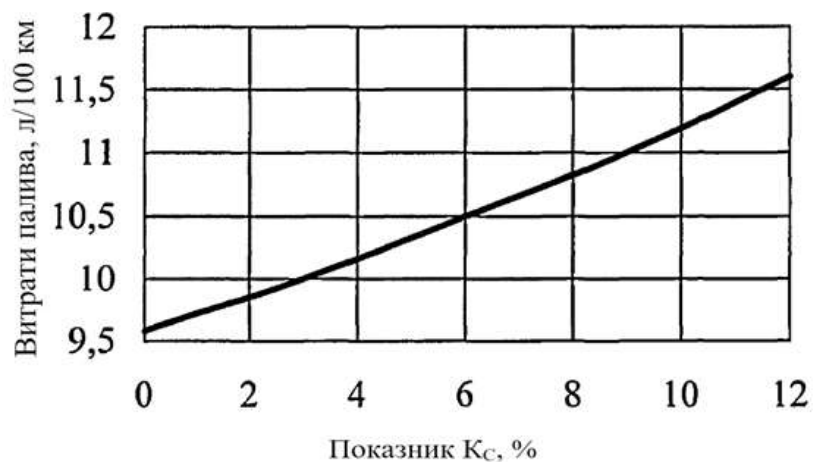


Рисунок 2.8 – Розрахункова залежність витрати палива у магістральному циклі від ступеня забрудненості ЕМФ

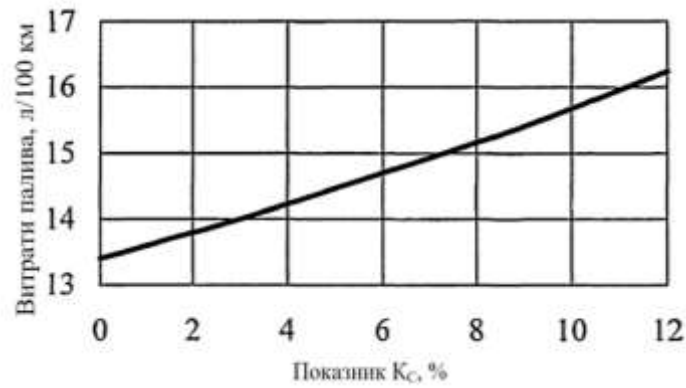


Рисунок 2.9 – Розрахункова залежність витрати палива у міському циклі від ступеня забрудненості ЕМФ

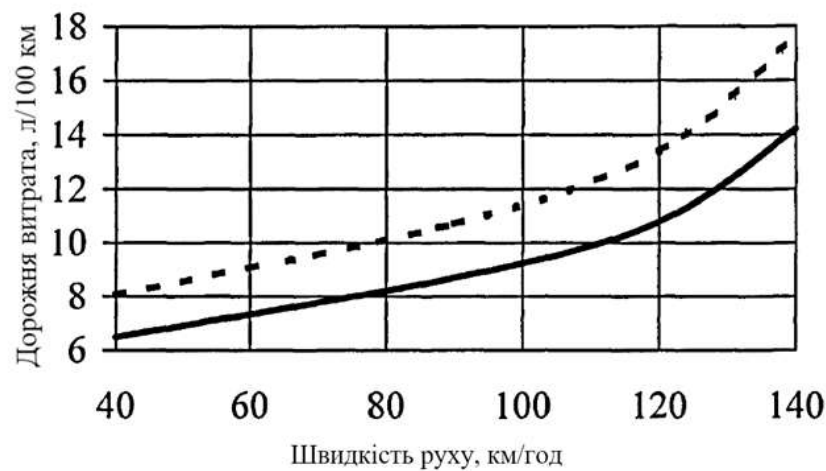


Рисунок 2.10 – Розрахункова паливна характеристика руху автомобіля (суцільна лінія – чисті ЕМФ, пунктирна – забруднені ЕМФ, $K_c=12\%$).

Отримані залежності показників експлуатаційних властивостей від ступеня забрудненості ЕМФ. Розрахунки показали, що при забрудненні ЕМФ (зміна показника K_c від 0 до 12%) відбувається погіршення показників тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності:

- знижується максимальна швидкість із 170,2 км/год до 149,7 км/год (на 12%);
- збільшується час розгону двигуна від 2000 до 5000 об/хв на 2 передачі в русі з 5,2 до 6,7 с (на 28,8%);
- контрольна витрата палива на швидкості 90 км/год. збільшилася з 8,7 до 10,7 л/100 км (на 23 %);
- контрольна витрата палива на швидкості 120 км/год. збільшилася з 10,8 до 13,4 л/100 км (на 24 %);

- витрата палива в магістральному циклі на дорозі збільшилася з 9,58 до 11,6 л/100 км (на 21%);
- витрата палива в міському циклі на дорозі збільшилася з 13,4 до 16,24 л/100 км (на 21%);
- витрата палива за паливною характеристикою сталого руху в діапазоні швидкостей від 40 до 140 км/год зросла у середньому на 23%.

2.5 Визначення допустимого значення критерію оцінки забруднення ЕМФ

Зміну показників токсичності та експлуатаційних властивостей Π_i ; залежно від забрудненості ЕМФ (показника K_C) виразимо залежністю:

$$\Pi_i = f(K_C) = a_i K_C^2 + b_i K_C + c_i \quad (2.17)$$

де Π_i – i -ий показник токсичності та експлуатаційних властивостей; a_i, b_i, c_i ; – коефіцієнти.

Очевидно, що поки ці показники не вийшли за допустимі значення, очищення ЕМФ не потрібно. При лінійній залежності $\Pi_i = f(K_C)$ (коли $a_i = 0$) прирівнявши вираз 2.30 до Π_{Di} ; – допустимого значення i -го показника токсичності та експлуатаційних властивостей – і виразивши K_C отримаємо

$$K_{Ci} = \frac{\Pi_{Di} - c_i}{b_i} \quad (2.17)$$

в іншому випадку:

$$K_{Ci} = \frac{-b_i \pm \sqrt{b_i^2 - 4a_i(c_i - \Pi_{Di})}}{2a_i} \quad (2.18)$$

Значення K_{Ci} для i -го показника токсичності та експлуатаційних властивостей відповідає такому ступеню забруднення ЕМФ, коли i -ий показник токсичності та експлуатаційних властивостей вийшов за допустимі межі.

Визначивши експериментально коефіцієнти a_i, b_i, c_i (розділ 3) і знаючи допустимі межі Π_{Di} ; отримаємо значення K_{Ci} для i -го показника токсичності та експлуатаційних властивостей (таблиця 2.2). Найменше з позитивних значень K_{Ci} дасть нам допустиме значення ступеня забрудненості ЕМФ. Найменше з позитивних значень $K_C = 5,53\%$ для середнього часу розгону двигуна

від 2000 до 5000 об/хв на 2 передачі у русі.

Таким чином, найбільш критичним із нормованих показників властивостей автомобіля з точки зору забрудненості ЕМФ є прискорення при розгоні автомобіля. У розділі 3 проведено органолептичну оцінку забрудненості ЕМФ за динамічними властивостями автомобіля. Перевищення середнього часу розгону двигуна від 2000 до 5000 об/хв на 2 передачі в русі величини 6,61с розцінювалося водіями як погіршення динаміки. Величина 6.61с практично збігається з допустимим значенням цього показника (6.0 с).

У таблиці 2.3 представлені значення показників властивостей автомобіля при $K_C = 5,53\%$ і відсоткова зміна цих показників у порівнянні з їх початковим значенням.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку показника K_{Ci} та показників властивостей автомобіля:

№	Показники токсичності та експлуатаційних властивостей	a_i	b_i	c_i	P_{Di}	K_{Ci}
1.	Вміст СО у відпрацьованих газах, на мінімальних обертах холостого ходу, %	–	-0,01	0,59	0,8	-21
2.	Вміст СО у відпрацьованих газах на підвищених оборотах холостого ходу (3200 об/хв), %	–	0,0036	0,18	2,0	505,6
3.	Вміст СН у відпрацьованих газах на мінімальних оборотах холостого ходу, млн ⁻¹	–	9,73	216,3	1200	101,1
4.	Вміст СН у відпрацьованих газах на підвищених оборотах холостого ходу (3200 об/хв), млн ⁻¹	–	4,85	84,9	600	106,2
5.	Максимальна швидкість, км/год	-0,114	-0,34	170,19	В експл. не норм-ся	Зменш. на 12%
6.	Середній час розгону двигуна від 2000 до 5000 об/хв на 2 передачі в русі, с	-0,038	0,125 -0,089	5,153 5,33	6,0	5,53
7.	Середній час розгону двигуна від 2000 до 5000 об/хв на холостому ходу, с	0,003	-0,0089	0,67	0,75	6,86
8.	Ефективна потужність при 3000 об/хв і ступеня відкриття дросельної заслінки 25%, кВт	–	-0,23	9,43	Не нормується	Зменш. на 24%
9.	Контрольна витрата палива на швидкостях 90 та 120 км/год, л/100км	–	0,167 0,2167	8,63 10,7	В експл. не норм-ся	Збільш. на 23 і 24%

Продовження табл. 2.2

10.	Витрата палива в магістральному циклі на дорозі, л/100 км	–	0,168	9,528	В експл. не норм-ся	Збільш. на 21%
11.	Витрата палива в міському циклі на дорозі, л/100 км	–	0,236	13,33	В експл. не норм-ся	Збільш. на 21%
12.	Паливна характеристика сталого руху	–	–	–	В експл. не норм-я	Збільш. в сер. на 23%
13.	Годинна витрата палива на мінімальних оборотах холостого ходу, л/год	–	1,24	1,24	Не нормується	Збільш. на 16%
14.	Питома витрата палива при 3000 об/хв та ступеня відкриття дросельної заслінки 25%, г/кВт год	–	310	310	Не нормується	Збільш. на 24%

Таблиця 2.3 – Значення показників властивостей автомобіля при $K_{Ci} = 5,53\%$

№	Показники токсичності та експлуатаційних властивостей	Початкові значення показника	Значення показника при $K_{Ci} = 5,53\%$	Зміна
1.	Вміст CO у відпрацьованих газах, на мінімальних оборотах холостого ходу, %	0,59	0,53	-9,4
2.	Вміст CO у відпрацьованих газах на підвищених оборотах холостого ходу (3200 об/хв), %	0,18	0,2	11,1
3.	Вміст СН у відпрацьованих газах на мінімальних оборотах холостого ходу, млн-1	216,3	270,1	24,9
4.	Вміст СН у відпрацьованих газах на підвищених оборотах холостого ходу (3200 об/хв), млн-1	84,9	111,7	31,6
5.	Максимальна швидкість, км/год	170,2	164,8	-3,2
6.	Середній час розгону двигуна від 2000 до 5000 об/хв на 2 передачі в русі, с	5,33	6,0	12,6
7.	Середній час розгону двигуна від 2000 до 5000 об/хв на холостому ході, с	0,67	0,71	6,3
8.	Ефективна потужність при 3000 об/хв і ступеня відкриття дросельної заслінки 25%, кВт	9,43	8,16	-13,5
9.	Контрольна витрата палива на швидкості 90 км/год, л/100км	8,63	9,56	10,7
10.	Контрольна витрата палива на швидкості 120 км/год, л/100 км	10,7	11,9	11,2
11.	Витрата палива в магістральному циклі на дорозі, л/100 км	9,53	10,46	9,8
12.	Витрата палива в міському циклі на дорозі, л/100 км	13,33	14,64	9,8
13.	Паливна характеристика сталого руху	–	–	Збільш. в сер. на 23%
14.	Годинна витрата палива на мінімальних оборотах холостого ходу, л/год	1,24	1,33	7,6
15.	Питома витрата палива при 3000 об/хв та ступеня відкриття дросельної заслінки 25%, г/кВт год	310	344,9	11,3

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ПІДТРИМАННЯ ЕМФ В СПРАВНОМУ СТАНІ

3.1 Постановка завдання

Під справним станом ЕМФ у контексті завдань розв'язуваних у даній роботі будемо розуміти такий стан ЕМФ, при якому показники властивостей автомобіля не досягатимуть допустимих значень, встановлених у п.2.

Традиційний спосіб визначення допустимого нормативу заснований на мінімізації витрат на ТО та ремонт. Для цього необхідно як вихідні дані використовувати розподіл діагностичного параметра для чистих ЕМФ ($K_c = 0$) та ЕМФ, забрудненість яких з відповідає допустимим значенням ($K_c = 5,53$). На практиці зробити виміри та отримати параметри розподілу витрати повітря у різних автомобілів з однаковим показником забрудненості ЕМФ K_c важко. Крім того, інтенсивність забруднення ЕМФ залежить від багатьох факторів: якість бензину, кліматичні умови тощо. Тому, прив'язка допустимого значення показника забрудненості K_c^{don} до пробігу має сенс тільки для конкретного регіону, в якому експлуатуються автомобілі. Необхідно врахувати так само, що вартість діагностики ЕМФ досить мала (близько 500 грн.) і на порядок менше вартості ТО (промивання ЕМФ). У зв'язку з цим відмова від мінімізації витрат при нормуванні періодичності ТО ЕМФ не призведе до відчутного зростання витрат на ТО.

Тому, для визначення допустимого значення діагностичного параметра та відповідного пробігу автомобіля доцільно використовувати експериментальні дані залежності діагностичного параметра (витрати повітря) від показника забрудненості ЕМФ отримані в п.3.3.

Крім того, для практичної реалізації результатів дослідження необхідно розробити методику діагностування забрудненості ЕМФ в експлуатації.

3.2 Моторна установка

Для отримання експериментальних залежностей параметрів роботи двигуна від ступеня забрудненості ЕМФ використовувалися автомобілі з двигуном. Для виключення впливу регулювань та технічного стану двигунів обстежуваних автомобілів форсунки демонтувалися та встановлювалися на моторну установку.

Установка являє собою двигун моделі в зборі зі зчепленням і коробкою передач встановлений на рамі на трьох стандартних опорах. Коробка передач з'єднана карданним валом із навантажувальним пристроєм. Навантажувальний пристрій розташований на окремому фундаменті.

Навантажувальний пристрій складається із генератора моделі МПБ 24,5/22 потужністю 50 кВт. Величина навантаження регулюється шляхом зміни величини опору реостата навантаження. Для вимірювання моменту навантаження використовується пристрій моделі ВКМ-17. Генератор навантажувального пристрою закріплений на фундаменті рухомо, на підшипниках, і з'єднаний з вимірювальною головкою ваг. Показання ваги пропорційні моменту навантаження двигуна. Коефіцієнтом пропорційності є довжина важеля навантажувального пристрою.

Бензинова система живлення двигуна аналогічна до системи живлення, що встановлюється на автомобілі і складається з наступних елементів:

- паливний бак ємністю 5л;
- електробензонасос BOSCH (580464044);
- паливний фільтр грубої очистки;
- фільтр тонкого очищення палива BOSCH (050 905 601);
- регулятор тиску палива фірми BOSCH (450 905 200);
- паливопроводи;
- паливна рампа;
- електромагнітні форсунки фірми BOSCH (280150711).

Комплексна мікропроцесорна система управління двигуном включає наступні елементи встановлені на моторній установці:

- датчик масової витрати повітря BOSCH (0280212014);
- датчик положення дросельної заслінки BOSCH (0280122001);
- регулятор додаткового повітря моделі PXX-60;
- датчик кутової синхронізації BOSCH (0261210113);
- датчик положення розподільного валу BOSCH (0232103006);
- датчик температури повітря моделі 19.3828;
- датчик температури охолоджуючої рідини моделі 19.3828;
- датчик детонації BOSCH (0261231046);
- блок управління МІКАС 7.1.

Для вимірювання параметрів роботи двигуна використовувалося наступне обладнання:

- пристрій вимірювання моменту навантаження;
- програмний комплекс Мотор-тестер,
- тестер діагностичний електронний ДСТ-2М;
- газоаналізатор мікропроцесорний Автотест СО-СН-Д-Т.
- тестер діагностичний автомобільний ДСТ-6.

Характеристики засобів вимірювання наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики засобів виміру

Назва	Призначення	Технічна характеристика
Газоаналізатор «Автотест СО-СН-Д-Т» мікропроцесорний	Визначення вмісту окису вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах	Одиниця виміру - % Межі вимірів – 0...10 Похибка вимірів: ±0,25% абсолютна на ділянці діапазону вимірів 0...5%; ±5% відносна від верхньої межі вимірів на ділянці діапазону вимірів 5...10%.
Тестер діагностичний ДСТ-2М	Визначення частоти обертання колінчатого валу двигуна	Одиниця виміру – хв-1 Межі вимірів – 0...10000 Похибка вимірів: ±40 хв-1
	Визначення витрати повітря двигуном	Одиниця вимірювань – кг/год Межі вимірювань - 0...500 Похибка вимірів ±0,1 кг/год.
	Визначення витрати палива двигуном	Одиниця вимірів – л/год Межі вимірів – 0...30 Похибка вимірів ±0,1 л/год

Продовження табл. 3.1

	Визначення часу упорскування палива	Одиниця вимірів – мс Межі вимірів – 0...10000 Похибка вимірів $\pm 0,5$ мс
	Визначення часу розгону двигуна	Одиниця вимірів – мс Межі вимірів – 0...10000 Похибка вимірів $\pm 0,5$ мс
Прилад для перевірки продуктивності	Визначення прохідного перерізу ЕМФ	Одиниця вимірів – мл Межі вимірів – 0...10 Похибка вимірів $\pm 0,05$ мл
ВКМ-17	Вимірювання зусилля на важелі навантажувального пристрою	Одиниця вимірів – кг Межа виміру – 0...100 Похибка виміру $\pm 0,5$ кг
Ваги лабораторні	Вимірювання маси палива	Одиниця вимірів – г Межа виміру – 0...1000 Похибка виміру $\pm 0,5$ г

3.3 Методика діагностики забрудненості ЕМФ

Для проведення робіт із діагностування забрудненості ЕМФ необхідне використання наступного обладнання:

- тестер діагностичний ДСТ-2М або його аналог;
- датчик масової витрати повітря "Bosch" або його аналог.
- відвід відпрацьованих газів, при роботі в закритому приміщенні.

Виконання робіт проводиться відповідно до таблиці 4.1.

Таблиця 3.2 – Технологічна карта діагностики забрудненості ЕМФ

№	Зміст робіт, операцій	Обладнання та інструменти	Технічні вимоги та вказівки
1	Встановити автомобіль на пост діагностики	Місце діагностики	
2	Зафіксувати автомобіль ручним гальмом, підкласти противідкатні упори	Противідкатні упори	
3	Приєднати до глушника шланг для відводу відпрацьованих газів	Шланг відводу відпрацьованих газів	Контроль вмикання вентилятора відведення газів
4	Запустити двигун і прогріти його до робочої температури охолоджувальної рідини 80-900С		Контроль температури
5	Заглушити двигун		
6	Замінити ДМВП на контрольний		Підключити роз'єм ДМВП до контрольного датчика
7	Підключити тестер ДСТ-2М	Тестер ДСТ-2М, з'єднувальний кабель	Роз'єм діагностичний в моторному відсіку

Продовження табл. 3.2

8	Увімкнути запалення		
9	Проконтролювати тестером відсутність помилок в КМПСУД, при необхідності очистити наявні помилки	Тестер ДСТ-2М	При наявності помилок в КМПСУД необхідний пошук та усунення несправностей
10	Запустити двигун		
11	Встановити частоту обертання двигуна дроселем 4000 об/хв	Тестер ДСТ-2М	Контроль по FREQ
№	Зміст робіт, операцій	Обладнання та інструменти	Технічні вимоги та вказівки
12	Зняти показники масової витрати повітря JAIR	Тестер ДСТ-2М	Витрата повітря визначається по параметру JAIR
13	Заглушити двигун		
14	Замінити контрольний ДМВП на штатний	Викрутка шліцева	Підключити роз'єм ДМВП до штатного датчика
15	Від'єднати тестер ДСТ-2М	Тестер ДСТ-2М, з'єднувальний кабель	Роз'єм діагностичний в моторному відсіку

Висновки за розділом

Періодичність ТО з очищення ЕМФ для автомобілів, що експлуатуються в помірному кліматі, становить 30 тис. км. Цей норматив не можна застосовувати в інших регіонах через відмінність умов експлуатації, що впливають на інтенсивність забруднення ЕМФ (якість бензину, кліматичні умови тощо).

Розроблена методика діагностування забрудненості ЕМФ дозволяє без зняття ЕМФ з двигуна і застосування дорогого устаткування визначати величину діагностичного параметра.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Експериментальне визначення впливу забруднення ЕМФ на споживання повітря двигуном

Випробування проводили на моторній установці. Забруднені ЕМФ автомобіля, що проходило ТО, демонтувалися і на приладі для перевірки продуктивності ЕМФ визначалася їхня пропускну здатність. Далі ЕМФ встановлювалися на двигун моторної установки і приладом ДСТ-2М проводився замір витрати повітря двигуном на холостому ходу при частоті обертання колінчастого валу 4000 хв^{-1} .

Потім проводилося очищення або заміна ЕМФ і за допомогою тестера ДСТ-2М проводилася корекція параметра RCOK для зменшення тривалості впорскування ЕМФ. Падіння частоти обертання колінчастого валу, що виникає при цьому, компенсувалося відкриттям дросельної заслінки. Вироблявся новий замір витрати повітря. Корекція тривалості впорскування ЕМФ та виміри витрати повітря здійснювалися з дискретністю зміни параметра RCOK до тих пір, поки не починалися перебої в роботі двигуна.

На рис. 4.1 показано залежність витрати повітря двигуном від показника КС забрудненості реальних ЕМФ знятих з автомобілів, що проходили обслуговування системи живлення двигуна (суцільна лінія). Штриховою лінією показана залежність витрати повітря для чистих ЕМФ, зменшення перерізу, яких імітувалося зменшенням часу упорскування. Як показник забрудненості використовувалося відсоткова зміна відношення витрати повітря до часу упорскування палива (п.2.2).

Експериментальні залежності з достатньою точністю описуються лінійними рівняннями:

$$G_B = 1,95K_C + 63,2 \quad (3.1)$$

$$G_B = 1,43K_C + 61,4 \quad (3.2)$$

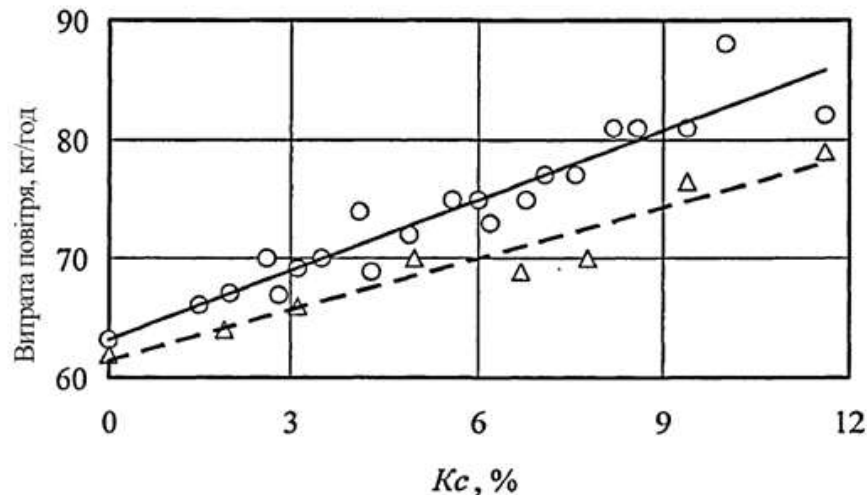


Рисунок 4.1 – Залежність витрати повітря двигуном від показника K_c реальних ЕМФ (суцільна лінія) та для чистих ЕМФ при імітації зменшення прохідного перерізу зменшенням часу упорскування палива (штрихова лінія)

4.2 Експериментальне визначення впливу забруднення ЕМФ на показники властивостей автомобіля

Дослідження проводили на моторній установці. Предметом дослідження були ЕМФ 21 автомобіля, що перебував в експлуатації. При плановому ТО або при виникненні неполадок і відмов з двигуна автомобіля знімалися ЕМФ і на стенді приладом ДСТ-6 визначалася їхня пропускна здатність. Далі ЕМФ встановлювалися на моторну установку та проводилося визначення показників властивостей автомобіля (табл. 4.1).

Результати вимірів представлені графіками залежностей показників властивостей автомобіля від ступеня зменшення прохідного перерізу ЕМФ у відсотках (K_c) (рис. 4.2 – рис. 4.10).

Крім того, перед зняттям ЕМФ з автомобіля проводилися випробування з визначення часу розгону двигуна від 2000 до 5000 хв^{-1} при русі на другій передачі. Виміри часу розгону проводилися на прямому горизонтальному ділянці дороги з асфальтобетонним покриттям біля майданчика для навчального водіння.

Таблиця 4.1 – Показники властивостей автомобіля

№	Показники властивостей автомобіля	Одиниці виміру	Режим
1	Вміст окису вуглецю у відпрацьованих газах (CO)	%	Мінімальні оберти холостого ходу (850 хв^{-1})
2			Підвищені оберти холостого ходу (3200 хв^{-1})
3	Вміст вуглеводнів у відпрацьованих газах (CH)	млн-1	Мінімальні оберти холостого ходу (850 хв^{-1})
4			Підвищені оберти холостого ходу (3200 хв^{-1})
5	Часова витрата палива (GT)	л/год	Мінімальні оберти холостого ходу (850 хв^{-1})
6	Питома витрата палива (ge)	г/кВт год	Середні оберти (3000 хв^{-1}), навантаження 25%
7	Ефективна потужність (Ne)	кВт	Середні оберти (3000 хв^{-1}), навантаження 25%
8	Час розгону двигуна (t _{xx})	с	Від 2000 до 5000 хв^{-1} холостий хід
9	Час розгону двигуна (t _{II})	с	Від 2000 до 5000 хв^{-1} , II передача

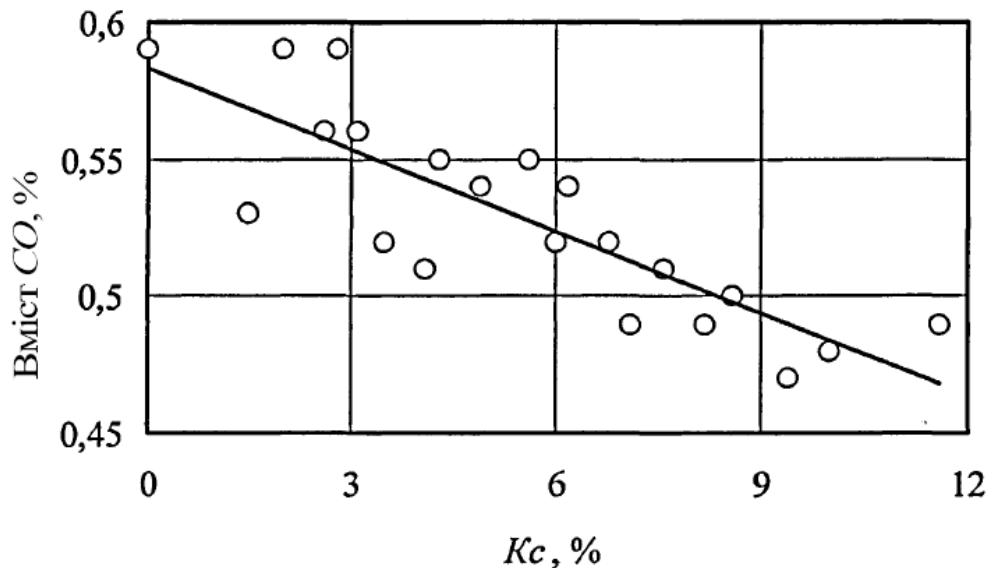


Рисунок 4.2 – Вміст окису вуглецю у відпрацьованих газах на мінімальних оборотах холостого ходу (850 хв^{-1}) в залежності від ступеня зменшення прохідного перерізу ЕМФ: $P_{cox} = -0,01K_c + 0,58$

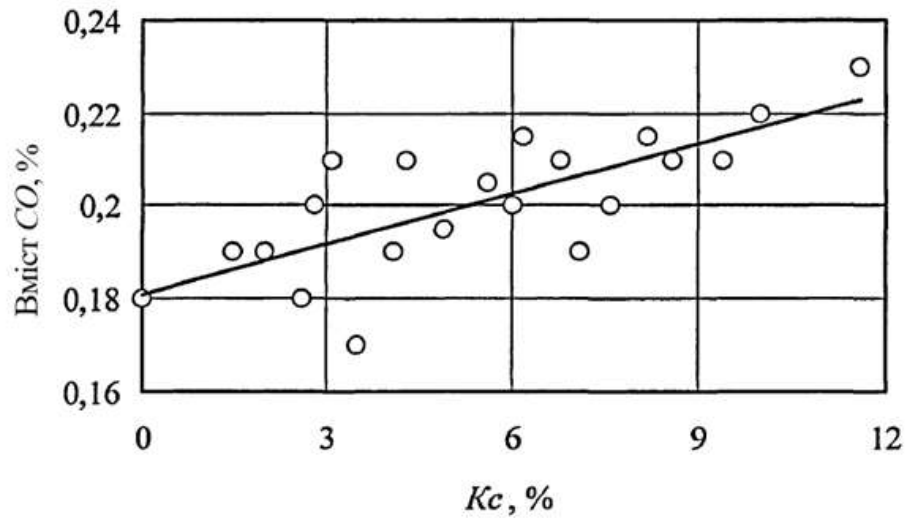


Рисунок 4.3 – Вміст окису вуглецю у відпрацьованих газах на мінімальних оборотах холостого ходу (850 хв^{-1}) в залежності від ступеня зменшення прохідного перерізу ЕМФ: $P_{con} = 0,0036K_c + 0,18$

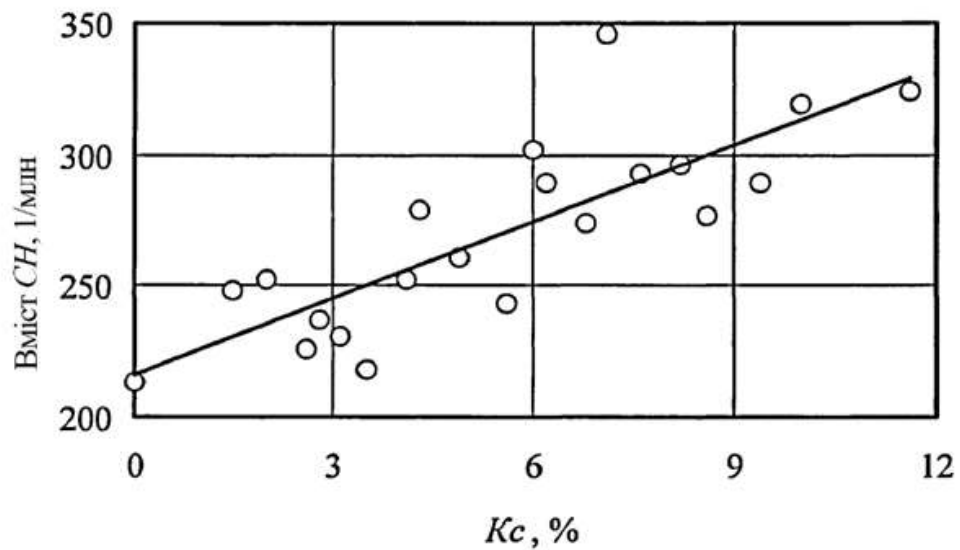


Рисунок 4.4 – Вміст окису вуглецю у відпрацьованих газах на мінімальних оборотах холостого ходу (850 хв^{-1}) в залежності від ступеня зменшення прохідного перерізу ЕМФ: $P_{сн х} = 9,73K_c + 216,3$

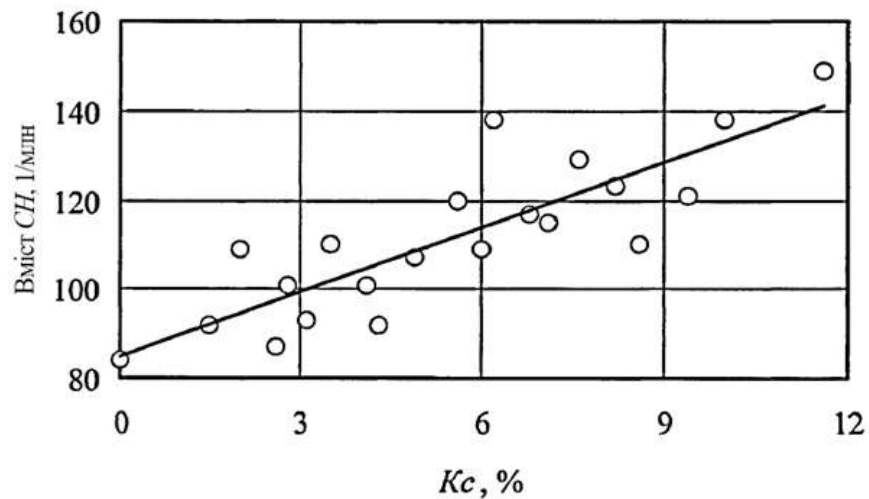


Рисунок 4.5 – Вміст вуглеводнів у відпрацьованих газах на підвищених оборотах холостого ходу (3200 хв^{-1}) в залежності від ступеня зменшення прохідного перерізу ЕМФ: $P_{CH} = 4,85Kc + 84,9$

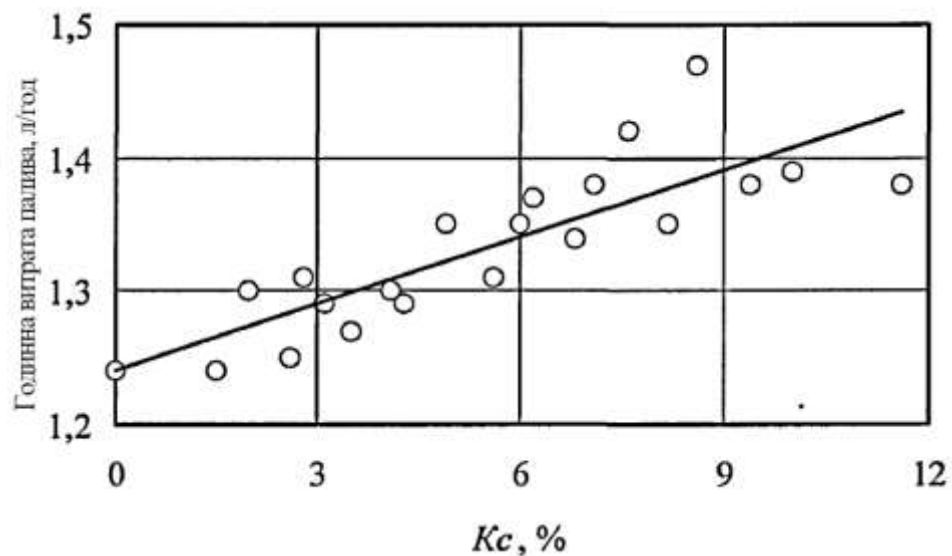


Рисунок 4.6 – Годинна витрата палива на мінімальних обертах холостого ходу (850 хв^{-1}) в залежності від ступеня зменшення прохідного перерізу ЕМФ: $P_{GT} = 0,017Kc + 1,24$

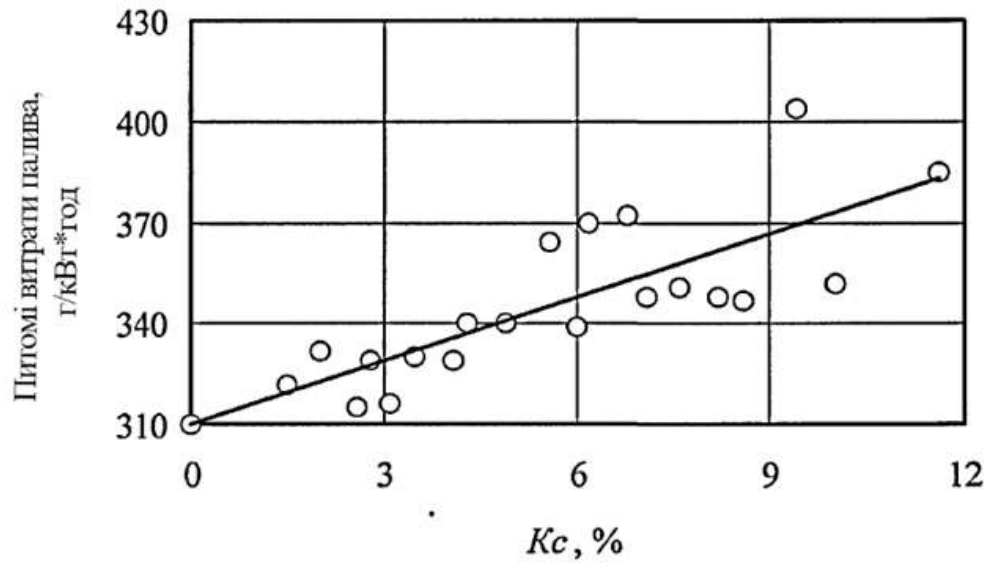


Рисунок 4.7 – Питома витрата палива при частоті обертання колінчастого валу 3000 хв^{-1} і навантаженні 25% залежно від ступеня зменшення прохідного перерізу ЕМФ: $\Pi_{GE} = 6,32K_c + 310,0$

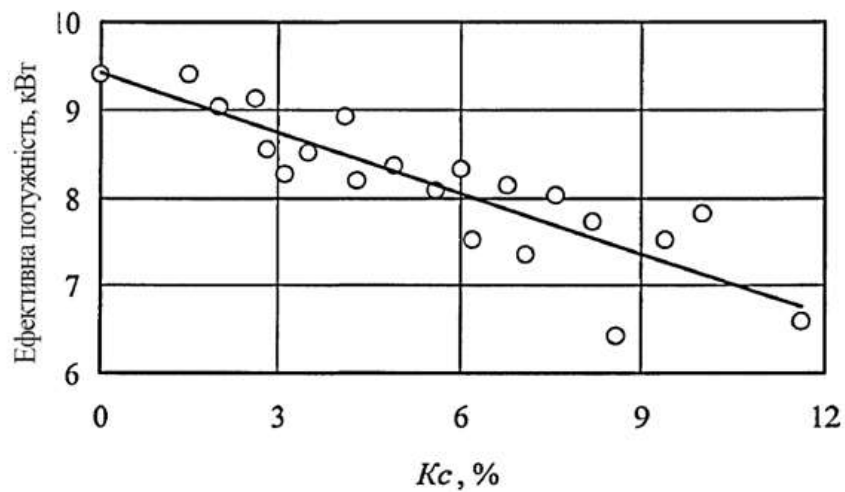


Рисунок 3.8 – Ефективна потужність двигуна при частоті обертання колінчастого валу 3000 хв^{-1} і навантаженні 25 % в залежності від ступеня зменшення прохідного перерізу ЕМФ: $\Pi_{NE} = -0,23K_c + 9,43$

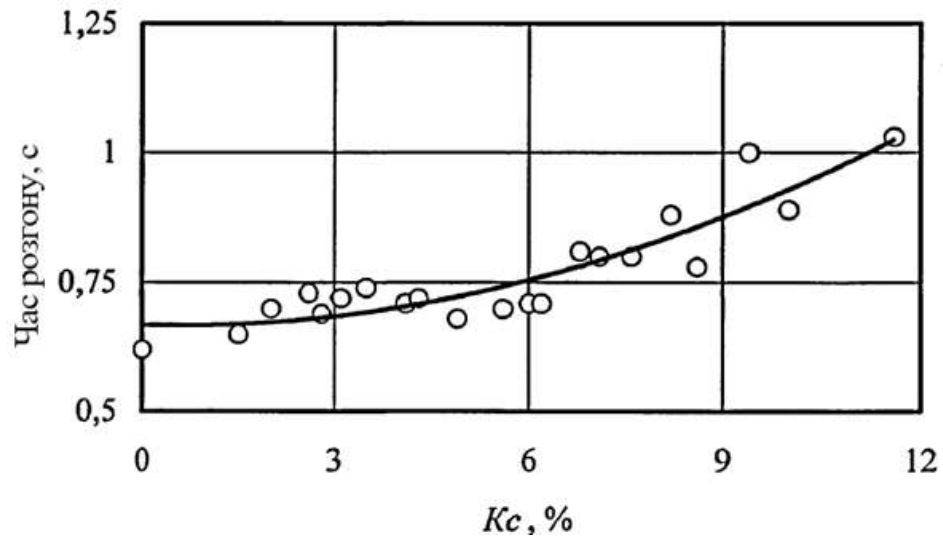


Рисунок 4.9 – Час розгону двигуна на холостому ходу з 2000 до 5000 хв^{-1} залежно від ступеня зменшення прохідного перерізу ЕМФ: $P_{\text{ТХ}} = 0,003K_c + 0,67$

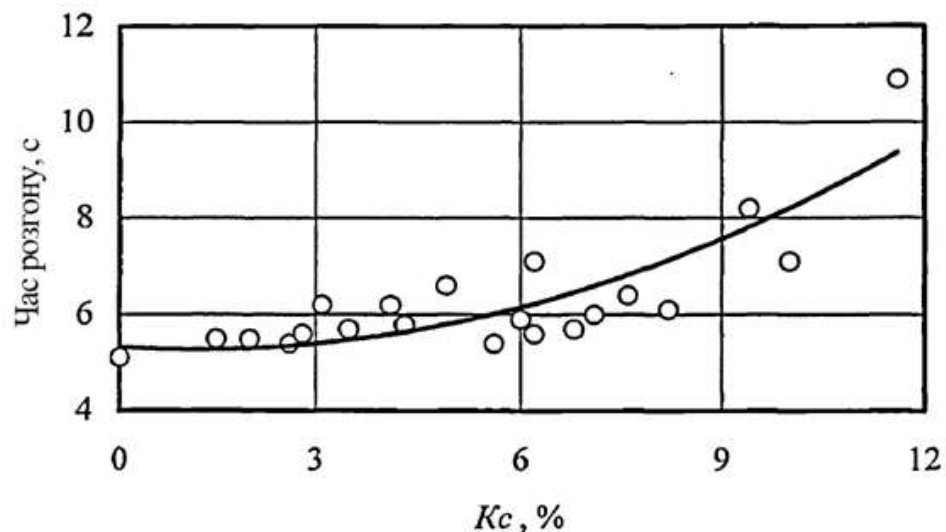


Рисунок 4.10 – Час розгону двигуна на II передачі з 2000 до 5000 хв^{-1} залежно від ступеня зменшення прохідного перерізу ЕМФ: $P_{\text{II}} = 0,038K_c^2 - 0,089K_c + 5,33$

Отримані експериментальні дані (таблиця 4.3) щодо впливу забрудненості K_c на параметри роботи двигуна використовувалися для теоретичних досліджень експлуатаційних властивостей автомобіля (розділ 2.6). Зокрема, на підставі експерименту з визначення ефективної потужності двигуна при частоті обертання колінчастого валу 3000 хв^{-1} та навантаженні 25% залежно від ступеня зменшення прохідного перерізу ЕМФ отримано значення коефіцієнта $k_3 = 2,44$ (розділ 2.4.2).

4.3 Експериментальне визначення забрудненості ЕМФ в умовах експлуатації

Експериментальні дослідження проводилися з ЕМФ знятими з автомобілів, у яких фіксувався пробіг з моменту останнього очищення ЕМФ до заїзду на ТО, в період якого проводилися виміри параметрів роботи двигуна (п. 4.2). Таким чином, були отримані дані, що пов'язують пробіг автомобіля та ступінь забрудненості ЕМФ. Вони представлені графіком залежності показника забрудненості K_c від пробігу автомобіля (рис. 4.1).

Таблиця 4.2 – Результати випробувань

№	Досліджуваний параметр	Режим роботи двигуна	Вид залежності	Рівняння регресії
1	Вміст окису вуглецю у відпрацьованих газах, %	Мінімальні оберти холостого ходу (850 хв ⁻¹)	Лінійна	$-0,01K_c + 0,58$
2		Підвищені оберти холостого ходу (3200 хв ⁻¹)		$0,0036K_c + 0,18$
3	Вміст вуглеводнів у відпрацьованих газах, млн ⁻¹	Мінімальні оберти холостого ходу (850 хв ⁻¹)		$9,73K_c + 216,3$
4		Підвищені оберти холостого ходу (3200 хв ⁻¹)		$4,85K_c + 84,9$
5	Годинна витрата палива, кг/год	Мінімальні оберти холостого ходу (850 хв ⁻¹)		$0,0117K_c + 1,24$
6	Питома витрата палива, г/кВт год	Середні оберти (3000 хв ⁻¹), навантаження 25%		$6,32K_c + 310,0$
7	Ефективна потужність, кВт	Середні оберти (3000 хв ⁻¹), навантаження 25%		$-0,23K_c + 9,43$
8	Час розгону двигуна, с	Від 2000 до 5000 хв ⁻¹ , холостий хід	Квадратична	$0,003K_c^2 - 0,0032K_c + 0,67$
9		Від 2000 до 5000 хв ⁻¹ , II передача		$0,038K_c^2 - 0,089K_c + 5,53$

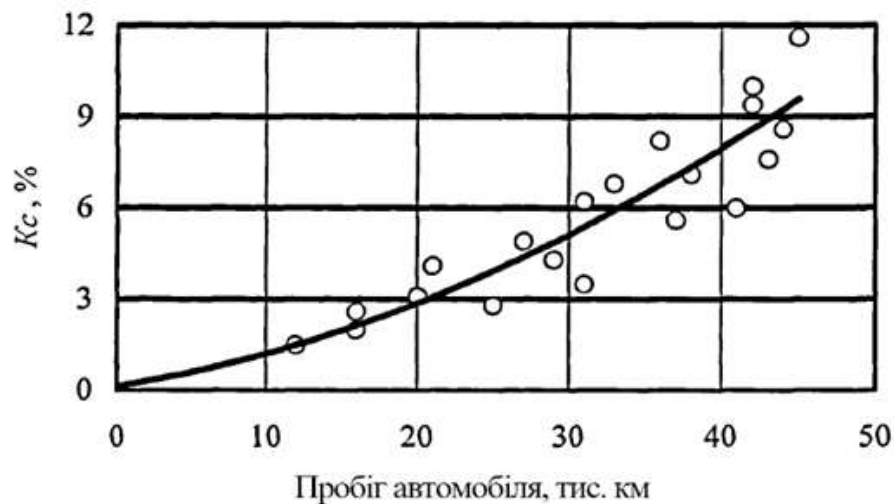


Рисунок 4.11 – Зменшення прохідного перерізу ЕМФ зі зростанням пробігу автомобіля: $Kc = 0,003L^2 + 0,078L$

Висновки за розділом

Проведені експериментальні дослідження впливу забрудненості ЕМФ на показники властивостей автомобіля, зміни забрудненості ЕМФ в експлуатації та органолептичної оцінки забрудненості ЕМФ дозволили зробити такі висновки:

1. Отримано експериментально залежність витрати повітря двигуном при забруднених ЕМФ та ЕМФ, зменшення прохідного перерізу яких імітувалося зменшенням часу упорскування палива.

2. У міру забрудненості ЕМФ (зміна показника Kc від 0 до 12%), що виявляється у зменшенні прохідного перерізу та погіршенні якості розпилювання палива відбувається:

- зменшення вмісту окису вуглецю у відпрацьованих газах, на мінімальних оборотах холостого ходу з 0,58 до 0,46 % (на 21 %);
- збільшення вмісту окису вуглецю у газах, що відпрацювали, на підвищених оборотах холостого ходу з 0,18 до 0,22 % (на 24 %);
- збільшення вмісту вуглеводнів у відпрацьованих газах на мінімальних оборотах холостого ходу з 216,3 до 333 млн⁻¹ (на 54%);

- збільшення вмісту вуглеводнів у відпрацьованих газах на підвищених оборотах холостого ходу з 84,9 до 143 млн⁻¹ (на 69%);
- збільшення годинної витрати палива на мінімальних оборотах холостого ходу з 1,24 до 1,44 л/год (на 16%);
- збільшення питомої витрати палива при частоті обертання колінчастого валу 3000 хв⁻¹ і навантаженні 25% з 310 до 386 г*кВт/год (на 24%);
- падіння ефективної потужності при частоті обертання колінчастого валу 3000 хв⁻¹ та навантаженні 25 % з 9,43 до 6,67 кВт (на 29 %);
- прогресивне зростання часу розгону двигуна з 2000 до 5000 хв⁻¹ на холостому ході з 0,67 до 1,06 с (на 59%);
- прогресивне зростання часу розгону двигуна з 2000 до 5000 хв⁻¹ під час руху автомобіля на другій передачі з 5,33 до 9,73 с (на 83%).

3. В умовах експлуатації забруднення ЕМФ прогресивно збільшується зі зростанням пробігу і при пробігу автомобіля 50 тис. км досягає граничних значень – близько 12%.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги до виробничої санітарії і промислової гігієни під час технічного обслуговування і ремонту автомобілів

При технічному обслуговуванні і ремонті автомобілів необхідно вживати заходів проти їх самостійного переміщення. Забороняються технічне обслуговування й ремонт автомобілів із працюючим двигуном, крім окремих випадків (передбачені технологічним процесом).

Підйомно-транспортні обладнання має бути у справному стані і застосовуватися лише для свого прямого призначення. До роботи з цим устаткуванням допускаються особи, які пройшли відповідну підготовку і інструктаж.

Під час роботи не слід залишати інструменти на краю оглядової канави, на підніжках, капоті чи крилах автомобіля. При складальних роботах забороняється перевіряти збіг отворів в з'єднувальних деталях пальцями рук.

Під час розбирання і складання вузлів і агрегатів треба використовувати спеціальні знімачі, ключі. Гайки що важко відкручуються спочатку потрібно змочити гасом, а тоді відкрутити ключем. Викручувати гайки зубилом і молотком не дозволяється.

Забороняється заставляти проходи між робочими місцями деталями і вузлами, і збирати дуже багато деталей на місцях розбирання.

Підвищену небезпеку становлять операції зняття та установки пружин. Ці операції слід виконувати на стендах чи з допомогою пристосувань, які забезпечують безпечну роботу.

Гідравлічні і пневматичні установки повинні бути обладнані запобіжними перепускними клапанами. Робочий інструмент слід утримувати в справному стані.

Вимоги виробничої санітарії і промислової гігієни.

Вентиляція має забезпечувати видалення виділених парів і газів та доступ свіжого повітря. Природне і штучне освітлення робочих місць має бути достатнім для безпечного виконання усіх операцій. На території підприємства необхідна наявність санітарно-побутових приміщень - гардеробних, душових, умивальних.

При проектуванні на підприємстві можуть виникнути:

- не відповідність фактичної необхідності наявності виробничих площ, обладнання, матеріалів, інструменту, складу та чисельності працюючих;
- відсутність або недостатність комунікацій, необхідних для забезпечення нормальних і безпечних умов праці (водопроводів, теплотрас, каналізації, електропостачання, зв'язку та іншого);
- відсутність або неякісне проведення інструктажу і навчання, керівництва та нагляду за роботою;
- незадовільний режим праці та відпочинку;
- неправильна організація робочого місця;
- відсутності відповідності або невідповідності умовам роботи спецодягу, індивідуальних засобів захисту та ін.;
- невідповідність вимогам безпеки конструкцій технологічного обладнання транспортних і енергетичних пристроїв;
- недосконалість конструкцій технологічного оснащення, ручного і переносного механізованого інструменту;
- відсутність або недосконалість огорожувальних засобів безпеки;
- незручне проведення огляду, технічного догляду та ремонту та ін.

У технічній частині:

- неправильний вибір устаткування, оснащення транспортних засобів;
- відсутність або недостатня механізація важких і небезпечних операцій;
- неправильний вибір режимів обробки;
- недосконалість планування і технічного обслуговування обладнання;
- порушення технологічного процесу.

За виконання робіт з ремонту агрегатів можливе виникнення небезпечних зон, при попаданні в яку людина може отримати травму.

Небезпечні зони виникають в області рухомих частин, механізмів і машин, верстатів, також при знятті і установці агрегатів, при роботі підйомно-транспортного устаткування, електроустаткування.

При обкатці і випробуванні (обладнання) агрегатів, вузлів і систем автомобіля виникають шуми, що заважають нормальній праці робітників. На будь-якій виробничій ділянці порушення техніки безпеки і виробничої санітарії може бути причиною травм.

Травми можуть відбутися в результаті механічної дії середовища на людину. Так як робота проводиться з вузлами і агрегатами, то на кожному робочому місці необхідно місцеве освітлення.

В економічній частині потенційною небезпекою можуть бути:

- відсутність розрахунку фінансово-економічної потреби для здійснення нормальних і безпечних умов праці та якісного проведення виробничих робіт;

- затримка фінансування заробітної плати.

Види небезпечних ситуацій та їх класифікація

Надзвичайні ситуації класифікують за характером походження, ступенем поширення, розміром людських втрат і матеріальних збитків. Залежно від характеру походження подій, що можуть зумовити виникнення надзвичайних ситуацій на території України, визначають такі види надзвичайних ситуацій:

- техногенного характеру;
- природного характеру;
- соціального характеру;
- воєнного характеру.

Надзвичайна ситуація техногенного характеру - порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті унаслідок транспортної аварії (катастрофи), пожежі, вибу-

ху, аварії з викиданням (загрозою викидання) небезпечних хімічних, радіоактивних і біологічно небезпечних речовин, раптового руйнування споруд; аварії в електроенергетичних системах, системах життєзабезпечення, системах телекомунікацій, на очисних спорудах, у системах нафтогазового промислового комплексу, гідродинамічних аварій тощо.

Залежно від обсягів заподіяних надзвичайною ситуацією наслідків, кількості постраждалих і загиблих, обсягів технічних і матеріальних ресурсів, необхідних для ліквідації її наслідків, визначають такі рівні надзвичайних ситуацій:

- державний;
- регіональний;
- місцевий;
- об'єктовий.

За структурою класифікатор складається з трьох рівнів класифікації: клас, підклас, група.

Метод класифікації - ієрархічний, послідовний, п'ятизначний. Позиція класифікатора має блок ідентифікації та блок назви класифікаційного угруповання. Кодування НС на нижчому класифікаційному рівні (група) виконано за фасетною схемою, у якій фасети також структуровані. Це забезпечує усталеність структури класифікатора в процесі його ведення, оскільки оперативні зміни об'єктів класифікації відбуваються на цьому рівні.

5.2 Протипожежні заходи

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

Розводити багаття на території підприємства.

Установлювати в приміщеннях машини з течею палива з баків або паливопроводів.

Зберігати запаси нафтопродуктів у не пристосовані для цієї мети приміщеннях.

Зберігати в загальних складах і коморах фарби, лаки, кислоти, карбід кальцію. Фарби й лаки повинні зберігатися окремо від кислот і карбіду кальцію.

Користуватися залізними ломами при перекочуванні бочок горючими й легкозаймистими рідинами.

Розміщати у проходах і виходах із приміщень матеріали, устаткування, тару й т.д.

Виконувати на складах і в коморах роботи, не пов'язані зі зберіганням матеріалів і встаткування.

Зберігати в загальних складських приміщеннях, коморах, на стоянках машин порожню тару й пакувальні матеріали.

Сушити різні матеріали на опалювальних пристроях і трубопроводах.

Пристрій тимчасових грубок у виробничих приміщеннях.

Відігрівати завмерлі водопровідні труби, труби центрального опалення, каналізації, газопроводів і інші відкритим вогнем.

Підігрівати двигуни відкритим вогнем (багаття, факели, паяльні лампи).

Користуватися відкритими джерелами вогню для висвітлення під час техоглядів, проведення ремонтних і інших робіт, а також курити в неналежних місцях.

Розміщати об'єкти ремонту з порушенням установлених норм, відстаней між ремонттованими об'єктами й будівельними конструкціями.

Залишати навантажені автомобілі, комбайни й інші самохідні машини з невиключеним запалюванням.

Залишати на робочих місцях промаслені обтиральні кінці й спецодяг по закінченні роботи.

Доручати виконання робіт з технічного обслуговування осіб, не ознайомленим із правилами пожежної безпеки. Розтоплювати печі легкозаймистими й горючими рідинами.

Експлуатувати несправні печі; перед початком опалювального сезону всі печі повинні бути оглянуті й відремонтовані.

На фарбувальних ділянках і в місцях зберігання фарб і розчинників розводити вогонь, користуватися переносними ручними й паяльними лампами, нагрітими паяльниками.

Висвітлювати відкритим вогнем бочки, бідони, банки й іншу тару, у яких перебувають (або перебували) лакофарбові матеріали.

Містити легкозаймисті рідини у відкритій тарі.

Входити в акумуляторне приміщення з відкритим вогнем (запаленим сірником, розпеченим паяльником і т.д.) і користуватися електронагрівальними приладами (електричними плитками й т.д.).

Робити роботу з вогнем або роботи, що дають іскри в приміщенні, де проводиться промазка гумовим клеєм.

Курити в місцях зберігання й застосування вогнебезпечних рідин і горючих матеріалів; курити можна тільки в спеціально відведених місцях, відзначених написами «Місце для паління», обладнаних урнами або бачками з водою. Зберігати вогнебезпечні матеріали (бензин, спирт, ацетон, лакофарбові матеріали й т.д.) там, де ведуться зварювальні роботи.

Головний паливопровід у місця входу в термічний цех повинен мати вентиль із написом «Закрити при пожежі».

Приміщення для знежирення деталей горючими розчинниками повинні бути забезпечені протипожежними засобами за узгодженням з органами пожежного нагляду.

Перед входом у приміщення й усередині його на видних місцях повинні бути вивішені написи про заборону паління й користування відкритим вогнем.

Зберігання хімічних речовин разом з горючими й легкозаймистими речовинами забороняється.

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Одним з визначальних етапів розробки і запровадження нової чи удосконалення існуючої техніки є обґрунтування економічної ефективності її використання порівняно з базовою моделлю.

Визначалась економічна ефективність як різниця між отриманими показниками використання базової моделі автомобіля ЗАЗ 110307 (забруднені форсунки) і автомобіля ЗАЗ 110307 (нові форсунки).

Використання автомобіля ЗАЗ 110307 новими форсунками дозволяє зменшити затрати на паливо та зменшити викиди шкідливих речовин у атмосферне повітря.

Розрахунок економічних показників проведено на основі стандартизованих вимог й методик розрахунку економічної ефективності спеціалізованої техніки й нормативних даних.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності автомобіля

Показник	Одиниці вимірювання	Автомобіль ЗАЗ-110307	
		Базовий	Удосконалений
Шлях автомобіля пройдений за годину	км	60	60
Балансова вартість автомобіля	грн.	76800	78800
Річне завантаження автомобіля	год.	1400	1400
Чисельність персоналу	чол.	1	1
Годинні тарифні ставки	грн/люд.год	120	120
Коефіцієнт, що враховує доплати до заробітної плати	–	1,1	1,1
Коефіцієнт відрахувань на реновацію	–	0,142	0,142
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування		0,13	0,13
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт		0,027	0,027
Витрата палива на одиницю роботи	кг/км	7,5	6,5
Вартість 1 кг палива	грн	57,5	57,5
Коефіцієнт затрати на зберігання від вартості технічного обслуговування		0,065	0,065
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень		0,15	

Розрахунок здійснюється згідно із запропонованою методикою [22] у наступній послідовності.

Прямі затрати визначаються за формулою:

$$P_z = Z_{зпл} + Z_{ПММ} + Z_{рен} + Z_{ТО\text{ рем}}, \text{ грн/км}, \quad (6.1)$$

де $Z_{зпл}$ – витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу, грн/га;
 $Z_{ПММ}$ – витрати палива, грн/га; $Z_{рен}$ – витрати на реновацію, грн/га; $Z_{ТО\text{ рем}}$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування, грн/га.

Витрати на заробітну плату становлять:

$$Z_{зпл} = \frac{n \cdot \tau_{год} \cdot k_{допл}}{S_{год}}, \text{ грн/км}, \quad (6.2)$$

де n – чисельність виробничого персоналу, чол; $\tau_{год}$ – годинна тарифна ставка працівників, грн/км.; $k_{допл}$ – коефіцієнт, що враховує всі види доплат і нарахувань; $S_{год}$ – відстань автомобіля за годину, км.

Витрати на використання ПММ визначаються з виразу:

$$Z_{ел.ен} = \frac{Q_{км} \cdot C_{ПММ}}{S_{год}}, \text{ грн/га}, \quad (6.3)$$

де $Q_{км}$ – витрата палива, кг/км; $C_{ПММ}$ – вартість 1 кг палива, грн.;

Витрати на реновацію машини (машин):

$$Z_{рен} = \frac{B_m \cdot k_p}{S_{год} \cdot T_p}, \text{ грн/кг}, \quad (6.4)$$

де B_m – балансова вартість автомобіля, грн; k_p – коефіцієнт відрахувань на реновацію, %; T_p – нормативне річне завантаження автомобіля, год.

Відрахування на ремонт і технічне обслуговування становлять:

$$Z_{ТО\text{ рем}} = \frac{B_m \cdot (k_{н.р} + k_{к.р})}{S_{год} \cdot T_p}, \text{ грн/кг}, \quad (6.5)$$

де $k_{н.р}$ – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, ($k_{н.р} = 0,13\%$); $k_{к.р}$ – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт, ($k_{к.р} = 0,027\%$).

Капітальні вкладення $K_{кап.вкл}$ дорівнюють:

$$K_{\text{кап.вкл}} = \frac{B_M}{S_{\text{год}} \cdot T_p}, \text{ грн/кг.} \quad (6.6)$$

Зведені затрати Z_3 становлять:

$$Z_3 = P_3 + K_{\text{кап.вкл}} \cdot k_{\text{еф.кап.вкл}}, \text{ грн,} \quad (6.7)$$

де $k_{\text{еф.кап.вкл}}$ – коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Економія експлуатаційних затрат $E_{\text{екс.витр}}$ за рік визначається з виразу:

$$E_{\text{екс.витр}} = (Z_3^{\text{б}} - Z_3^{\text{н}}) \cdot T_p, \text{ грн,} \quad (6.8)$$

де $Z_3^{\text{б}}$, $Z_3^{\text{н}}$ – відповідно зведені затрати базової та модернізованого автомобіля, грн; T_p – нормативне річне завантаження автомобіля, год.

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_p = (Z_3^{\text{б}} - Z_3^{\text{н}}) \cdot P_n, \text{ грн,} \quad (6.9)$$

де P_n – річне завантаження автомобіля, год.

Результати розрахунку за формулами (6.1) – (6.9) проведені за допомогою ПЕОМ, із застосуванням програми Microsoft Excel наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Результати розрахунку економічної ефективності переобладнаного автомобіля ЗАЗ 110307

Показник	Одиниці вимірювання	Варіант	
		Базовий	Удосконалений
Річний пробіг	км	6000,0	6000,0
Прямі затрати на:	грн/км		
– оплату праці		2,100	2,100
– ПММ		7,188	6,229
– ТО, поточний і капітальний ремонт		4,608	4,728
– реновацію		3,456	3,546
Всього прямих затрат	грн/км	17,352	16,603
Капітальні вкладення	грн/км	12,800	13,133
Зведені затрати, грн.	грн/км	19,272	18,573
Річний економічний ефект, грн.		—	4190,000
Економія експлуатаційних витрат за рік	грн	—	69,83
Ступінь зменшення затрат	%		

– праці		—	0,000
– прямих затрат		—	4,313
– зведених затрат		—	3,624
– капіталовкладень		—	-2,604
Термін окупності капіталовкладень	роки	—	0,48

Використання автомобіля ЗАЗ 110307 з новими форсунками дозволяє зменшити затрати на паливо та зменшити викиди шкідливих речовин у атмосферне повітря, а також покращуються показники властивостей автомобіля (активної та екологічної безпеки) знаходяться у допустимих межах.

Аналізуючи таблиці 6.1, 6.2, варто відмітити, що використання нових форсунок на автомобілях ЗАЗ 11307 є доцільним та ефективним порівняно з базовим варіантом.

Внаслідок використання автомобіля спостерігається зменшення порівняно з базовим варіантом прямих затрат на 4,3 %; зведених затрат – 3,6 %, капіталовкладень – 2,6 %. Річний економічний ефект становить 4190 грн.

Висновки за розділом

Використання нових форсунок на автомобілях ЗАЗ 11307 є доцільним та ефективним порівняно з базовим варіантом.

Внаслідок використання нових форсунок спостерігається зменшення порівняно з базовим варіантом прямих затрат на 4,3 %; зведених затрат – 3,6 %, капіталовкладень – 2,6 %. Річний економічний ефект становить 4190 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Аналіз проведених досліджень та стану питань діагностування, технічного обслуговування та ремонту систем упорскування бензину показав, що в даний час відсутні нормативи та рекомендації щодо термінів, змісту та методики робіт з очищення ЕМФ.

Як критерій забрудненості ЕМФ обґрунтовано показник K_c , що враховує зменшення пропускної здатності ЕМФ та погіршення якості розпилювання палива, який визначається як ступінь зменшення пропускної спроможності ЕМФ у відсотках.

Проведено аналіз математичної моделі автомобіля, що дозволяє визначити показники тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобіля в різних режимах руху з урахуванням ступеня забрудненості ЕМФ.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що в міру забрудненості ЕМФ (зміна показника K_c від 0 до 12%) відбувається: зменшення вмісту окису вуглецю у відпрацьованих газах на мінімальних оборотах холостого ходу з 0,58 до 0,46% (21%); збільшення вмісту окису вуглецю у відпрацьованих газах на підвищених оборотах холостого ходу з 0,18 до 0,22 % (24 %); збільшення вмісту вуглеводнів у відпрацьованих газах на мінімальних оборотах холостого ходу з 216,3 до 333 млн⁻¹ (54%); збільшення вмісту вуглеводнів у відпрацьованих газах на підвищених оборотах холостого ходу з 84,9 до 143 млн⁻¹ (69%); збільшення годинної витрати палива на мінімальних оборотах холостого ходу з 1,24 до 1,44 л/год (16%); збільшення питомої витрати то палива при частоті обертання колінчастого валу 3000 хв⁻¹ і навантаженні 25% з 310 до 386 г кВт/год (24%); падіння ефективної потужності при частоті обертання колінчастого валу 3000 хв⁻¹ і навантаженні 25% з 9,43 до 6,67 кВт (29%); прогресивне зростання часу розгону двигуна з 2000 до 5000 хв⁻¹ на холостому ході з 0,67 до 1,06 с (59 %) та часу розгону двигуна з 2000 до 5000 хв⁻¹ при русі автомобіля на другій передачі з 5,33 до 9,73 (83 %).

Експериментально отримано залежності витрати повітря двигуном від показника Kc для забруднених та чистих ЕМФ. В останніх зменшення прохідного перерізу імітувалося зменшенням тривалості упорскування палива.

В умовах експлуатації в помірному кліматі забруднення ЕМФ прогресивно збільшується зі зростанням пробігу і до 50 тис. км пробігу досягає граничного значення (близько 12%). Опитування водіїв показало, що органолептична оцінка погіршення динамічних властивостей автомобіля має місце при збільшенні часу розгону двигуна з 2000 до 5000 хв^{-1} у русі автомобіля на другій передачі до 6,6 с.

Допустиме значення діагностичного параметра забрудненості ЕМФ (витрата повітря двигуном на холостому ході при частоті обертання колінчастого валу 4000 хв^{-1}) становить 68,5 кг/год з урахуванням помилки апроксимації експериментальних даних.

Рекомендована періодичність ТО з очищення ЕМФ для автомобілів ЗАЗ 110307 з двигуном МеМЗ-245, становить 30 тис. км. При поширенні цих даних на регіони з умовами експлуатації, що відрізняються, виникає необхідність їх коригування або використання методу прогнозування діагностичного параметра до моменту наступного обслуговування.

Розроблена методика підтримки ЕМФ у справному стані дозволяє підвищити ефективність експлуатації автомобіля. При цьому показники властивостей автомобіля (активної та екологічної безпеки) знаходяться у допустимих межах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Максимов В.Г. Загальні принципи діагностування електронних систем автомобіля / В.Г. Максимов. Одеса: Наука і техніка, 2012. 392 с.
2. Діагностування електронних систем автомобіля (базовий прилад - тестер KTS 570) : метод. посіб. / Г.О. Оборський, В.Г. Максимов, О.Д. Ніцевич [та ін.]; за ред. О.Ф. Дащенко. Одеса: Наука і техніка, 2012. 186 с.
3. Засоби та методи діагностування систем автомобіля в умовах станції технічного обслуговування (базовий прилад - комплекс FSA-740) : метод. посіб. / Г.О. Оборський, В.Г. Максимов, О.Д. Ніцевич [та ін.]; за ред. М.Б. Копитчука. Одеса: Наука і техніка, 2012. 188 с.
4. Максимов В.Г. Основи методів діагностування електронних систем керування автомобілем. / В.Г. Максимов, О.Д. Ніцевич, І.А. Дрома / Праці Одеського політехнічного університету, 2013. Вип. 3(42). С. 60-65.
5. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. / В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.
6. Барановський В.М. Роль і місце технічного діагностування в системі технічної експлуатації автомобілів в сільському господарстві / В.М. Барановський, А.В. Спирін, Ю.А. Полевода, І.В. Твердохліб // Техніка, енергетика, транспорт АПК. Вінниця : ВНАУ, 2018. Випуск 1 (100). С. 24-28.
7. Анісімов В.Ф. Випробування автотракторних дизельних двигунів внутрішнього згорання / В.Ф. Анісімов, А.А. П'ясецький. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010. 41 с.
8. Канарчук В.Є., Дудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. - К.: Вища шк., 1994. - (у 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. 599 с.
9. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підруч. /Лудченко О.А. К.: Знання, 2007. 527 с.

10. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. Київ: Мінтранс України, 1998. 16 с.
11. Форнальчик Є.Ю. Технічна експлуатація та надійність: навч. посібн.[для студ. вищ. навч. закл.] / Є.Ю. Форнальчик, М.С. Оліскевич. Львів: Афіша, 2004. 492 с.
12. Основи діагностики автомобіля: Навчально-методичний посібник до практичних та самостійних робіт студентів вищих навчальних закладів України / Укладачі: Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Клімов О.М. Чернігів: ЧНПУ імені Т.Г. Шевченка, 2013. 188 с.
13. Експериментальні дослідження двигуна з системою нейтралізації відпрацьованих газів при живленні різними видами палив / А.В. Гунько, О.О. Алтухов, В.В. Мержиєвська [та ін.] // Вісник Національного транспортного університету. Київ: НТУ, 2007. № 14. С. 132–137.
14. Манько І.В. Вплив виду палива на експлуатаційні властивості автомобіля. / Іван Володимирович Манько // Вісник НТУ. Київ: НТУ 2013. Вип. 27.
15. Цюман М.П. Поліпшення паливної економічності бензинового двигуна з системою нейтралізації відпрацьованих газів: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / Цюман Микола Павлович. Київ: 2010. 266 с.
16. Цюман М.П. Дослідження паливної економічності та екологічних показників двигуна з іскровим запалюванням під час використання спиртовмісного палива / М.П. Цюман, І.О. Шевчук, Р.В. Артеменко, С.Г. Бориско // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. Київ: НТУ, 2017. Вип. 1 (37).
17. Гутаревич Ю.Ф. и др. Екологія та автомобільний транспорт. Київ: Арістей, 2006. 292 с.
18. Автомобільні двигуни / Ю.Ф.Гутаревич, К.Є. Долганов, Ф.І.Абрамчук. Київ: Арістей, 2004. 476 с.

19. Пат. № 34283 Україна. МПК (2006) F02D 9/00. Система випуску двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням і електронним керуванням з нейтралізацією і рециркуляцією відпрацьованих газів / Матейчик В.П., Цюман М.П.; власник Національний транспортний університет. – № u200801512; заявл. 05.02.2008; опубл. 11.08.2008, Бюл. № 15.

20. Матейчик В.П. Визначення оптимальних параметрів електронної системи управління впорскуванням, запалюванням і нейтралізацією відпрацьованих газів бензинового двигуна / В.П. Матейчик, М.П. Цюман // Проблеми транспорту: зб. наук. пр. Київ: НТУ, 2009. Вип. 6. С. 165–168.

21. Цюман М.П. Дослідження паливної економічності та екологічних показників газового двигуна з використанням математичної моделі. / М.П. Цюман, В.І. Кракало, О.Л. Устименко // LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2014. С. 26.

22. Цюман М.П. Дослідження паливної економічності, енергетичних та екологічних показників бензинового двигуна в реальних умовах експлуатації з використанням математичної моделі робочого процесу. / М.П. Цюман, І.О. Шевчук, О.Л. Устименко // LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2015. С. 36.

23. Волков В.П., Матейчик В.П., Комов П.Б., Грищук І.В., Смешек М., Волкова Т.В., Цюман М.П. Інтелектуальні системи моніторингу транспорту. / Під редакцією Волкова В.П. Харків: Вид-во НТМТ, 2015. 246с.

24. Цюман М.П., Матейчик В.П., Артеменко Р.В., Садовник І.І. Аналіз впливу міських режимів руху транспортного засобу на витрату палива і шкідливі викиди. Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Wybrane Zagadnienia: Monografia / pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. – Seria Transport № 13. Rzeszów: Politehnika Rzeszowska, 2018. С. 95–102.