

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Мехатронні системи та транспортні
технології

проф. _____ Анатолій ПАНЧЕНКО

“ _____ ” _____ 2021 року

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
здобувача ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ
ДАГНОСТУВАННЯ ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ**

ЗІМСД.053.000000ПЗ

Виконав: здобувач ВО 2 курсу 22 МБ АІ групи
Спеціальності 208 Агроінженерія за
ОПІ Агроінженерія

_____ Микола ЛОЩЕНКО

Керівник доц.

Консультант проф.

Нормоконтроль ст. викл.

Рецензент

Мелітополь
2021|

РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи: «Оптимізація системи технічного обслуговування транспортних засобів за результатами діагностування їх технічного стану»

Мета роботи: обґрунтування періодичності виконання технічного обслуговування і ремонт АТЗ та підвищення рівня технічної експлуатації автомобілів.

Для досягнення мети розв'язуються такі **задачі**:

- аналіз стану питання в теорії та практиці технічного діагностування і ремонту автомобільних транспортних засобів.
- дослідження типових систем ТО автомобілів і методів визначення їх періодичності.
- аналіз результатів досліджень надійності конструкцій підвісок легкових автомобілів.
- аналіз можливих технічних несправностей підвіски легкових автомобілів і обґрунтування параметрів їх діагностування.

ВСТУП

Переорієнтація на створення соціально-орієнтованої ринкової економіки вимагає особливої уваги до підвищення технічного рівня виробництва за рахунок використання нових технологій.

Цілеспрямована технічна політика, яка вимагає розроблення нових методів і засобів технічного обслуговування, повинна приводити до росту економічної ефективності роботи автомобільного транспорту в цілому. Дійсним інструментом введення режиму економії є зниження затрат на технічне обслуговування і ремонт автомобілів за рахунок широкого використання засобів діагностування, тобто визначення технічного стану автомобілів і їх агрегатів без розбирання з метою прогнозування можливостей їх подальшої безвідмовної роботи чи застосування ощадних технологій ТО і ремонту. Діагностика дає змогу виявити приховані несправності і попередити відмови механізмів, визначити їх придатність для подальшої експлуатації, уточнити обсяги ремонтних і профілактичних робіт, дати оцінку якості ТО чи ремонту.

Необхідність діагностування зумовлена і тим, що під час експлуатації автомобіля несправності більшою частиною визначаються лише тоді, коли дія їх є значною. Несправності, що призводять до незначного зниження потужності, збільшення витрати палива, деформації ходової частини, зниження ефективності гальм, можуть бути непомічені навіть досвідченим водієм.

Найкраще було б діагностувати автомобіль під час його руху на всіх можливих режимах роботи. На сучасних автомобілях використовується бортова комп'ютерна мережа, яка має в своїй базі даних допустимі параметри, з якою вона постійно звіряє поточні значення їх. Якщо значення параметра не відповідає нормативним, система повідомляє водія про наближення передвідмовного стану, а іноді унеможливорює подальший рух.

Виходячи з наведеного вище тема дипломної роботи є актуальною.

1. ІСНУЮЧІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

1.1 Причини зміни технічного стану АТЗ

Робочі процеси, що відбуваються в автомобілі і його елементах, пов'язані з проявом різних форм енергії – механічної, теплової, електричної, енергії тиску рідини, повітря, газу тощо. Наслідком прояву енергії є процеси зношування, а також фізико-механічні, хіміко-температурні, електрохімічні, поступові і раптові зміни стану елементів автомобіля (рис. 1.1) [1].

При відносному переміщенні двох з'єднаних деталей у площині їхнього торкання виникає опір, який називається зовнішнім тертям. Тертя прийнято вважати небажаним явищем і людина робила багато спроб, щоб звести його до мінімальних величин.

Робота, що затрачається на подолання тертя між елементами, що сполучаються, багато в чому залежить і від наявності між ними змащувального шару. У цьому випадку розрізняють тертя сухе, рідинне, граничне, напівсухе і напіврідинне.

Сухе тертя виникає при відсутності змащення між поверхнями тертя елементів, наприклад, між дисками зчеплення, між гальмовим барабаном і накладками тощо.

Рідинне тертя відбувається при повному поділі поверхонь тертьових елементів шаром рідини. У цьому випадку сила тертя створюється в основному за рахунок внутрішнього опору шарів рідини [1]. Прикладом рідинного тертя є підшипники колінчатого вала при працюючому двигуні.

Граничне тертя спостерігається в працюючих сполучених елементах, розділених шаром мащення незначної величини, таких як шестерні головної передачі і, зокрема, гіпоїдної передачі.

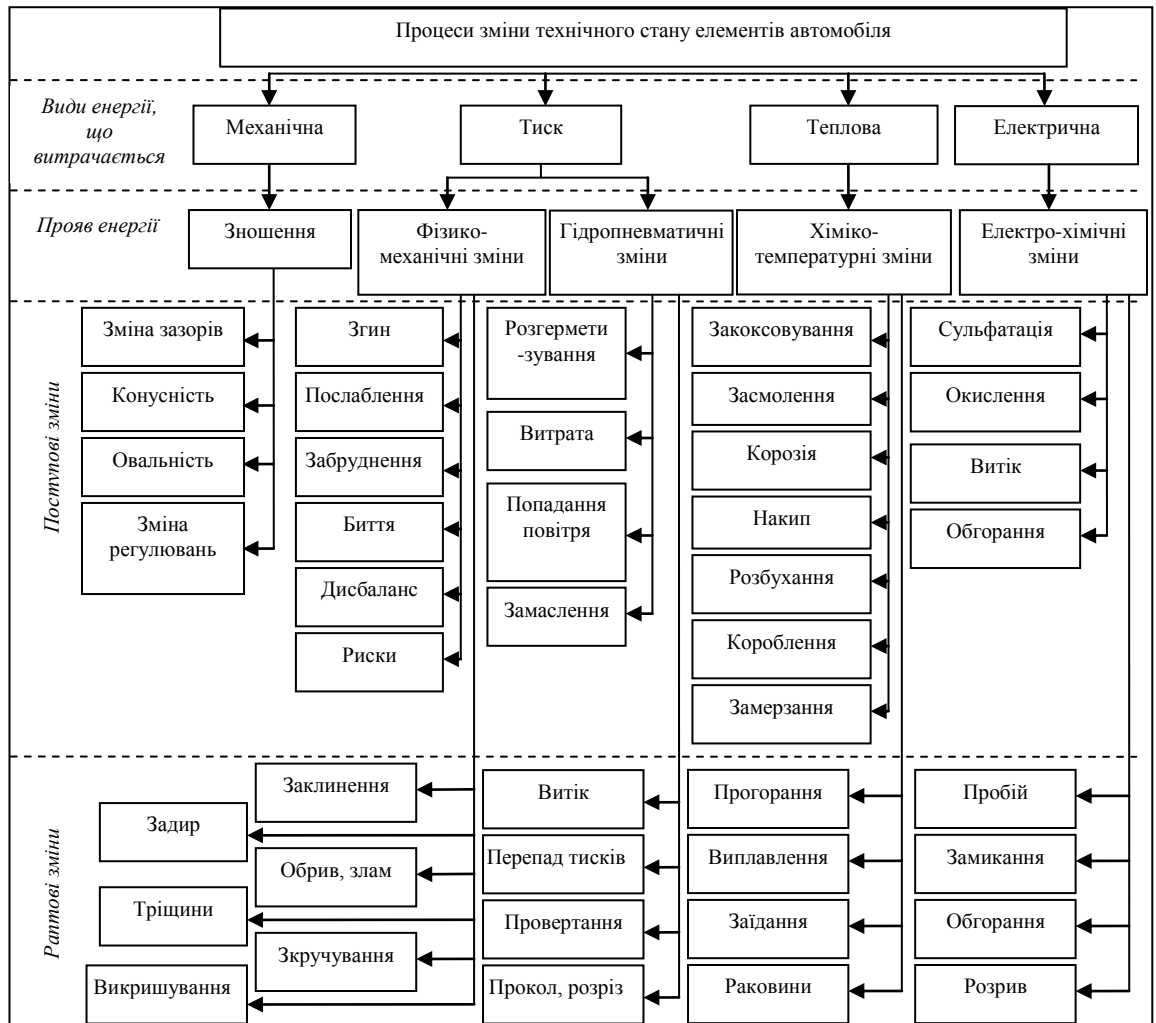


Рис. 1.1 Процеси зміни технічного стану елементів автомобіля

Напівсухе і напіврідинне тертя – це змішані види тертя, одночасно і граничне і сухе чи рідинне і граничне, і виникають вони звичайно при перехідних робочих процесах чи змінних режимах роботи двигуна автомобіля. Сила тертя залежить також від якості обробки поверхонь тертя, виду застосовуваного матеріалу, навантажувальних і теплових режимів.

У сучасному автомобілі на подолання тертя витрачається до 20% усієї потужності, яка реалізується двигуном внутрішнього згорання [1].

Наприклад, в турбореактивному двигуні на тертя витрачається лише 1,5-2,0% потужності. Тому тертя є однією з причин зношування

відповідальних деталей автомобіля.

Зношуванням це процес поступової зміни розмірів з'єднаних деталей у результаті тертя, що виражається у відділенні з поверхонь тертя матеріалу.

Знос є результатом зношування і виражається у зміні розмірів деталей. Це необоротний процес. Своєчасні технічні впливи під час профілактики, регулярний контроль і діагностування дозволяють зменшити інтенсивність зношування, яка неоднакова з пробігом автомобіля. У цьому випадку весь термін служби сполучених деталей автомобіля, які зношуються, можна представити у виді трьох періодів:

- 1 період характеризується інтенсивним зношуванням деталей унаслідок припрацювання поверхонь тертя;

- 2 період – після прироблення інтенсивність зношування зменшується і пробіг характеризується плавним наростанням зазору в спряженні до граничного стану. Величина цього пробігу залежить від своєчасності проведення профілактичних заходів і їхньої повноти при виконанні першого і другого технічних обслуговувань. Закономірність наростання зазору між деталями визначається наявністю методів і засобів інструментального діагностування;

- 3 період – називається міжремонтним пробігом. Цей період характерний прогресивним зношуванням, коли різко збільшуються відмови в зв'язку з якісними змінами сполучених елементів. Тут великий вплив ударних навантажень, теплового режиму, умов мащення. Експлуатація елементів із зазорами вищими допустимих економічно недоцільна через подорожчання ремонту.

У результаті зношування сполучених деталей під дією динамічних навантажень з'являється конусність і овальність, порушуються регулювання. Результатом впливу тисків і високих температур на елементи автомобіля є фізико-механічні, гідропневматичні і хіміко-температурні зміни. Результатом

електричних впливів є електрохімічні зміни елементів у вигляді сульфатації, окислювання, обгорання, пробою, замикання.

Зміна технічного стану елементів автомобіля в значній мірі обумовлена впливом умов виготовлення і збирання на автомобільному заводі. Деталі автомобіля, що сполучаються, виготовляються з визначеними допусками на неточність, обумовленими характером роботи цих спряжень. Величина допуску зв'язана з характером з'єднання - посадкою, а також із граничними і середніми значеннями зазорів чи натягів, обумовленими умовами роботи даного вузла чи механізму автомобіля.

Допуск посадки це різниця найбільшого і найменшого зазорів чи натягів. Межі допуску залежать від класу точності: чим нижче клас точності, тим більше межі допуску, тим більш грубо зроблена обробка деталей, що сполучаються. Це у свою чергу спричинить за собою більш інтенсивну зміну стану сполучення як у процесі припрацювання (1 період), так і в процесі нормальної експлуатації.

Під час експлуатації автомобілів, на погіршення технічного стану автомобілів впливають наступні чинники:

- а) вид дорожніх покриттів та їх якість;
- б) макрорельєф і розташування доріг;
- в) умови руху АТЗ (у населених пунктах і поза ними);
- г) природно-кліматичний район експлуатації;
- д) експлуатація поодиноких АТЗ, чи з причепами;
- е) сумарні пробіги АТЗ від початку їх експлуатації;
- є) галузь, у якій використовуються АТЗ;
- ж) добові та річні режими експлуатації АТЗ;
- з) кваліфікація та стаж роботи водіїв;
- і) рівень розвитку виробничо-технічної бази технічного обслуговування і ремонту АТЗ.

1.2 Схема формування структури системи ТО і Р автомобілів

Скорочення транспортних витрат є одним з основних завдань економічного розвитку, а ефективність роботи автомобільного транспорту залежить від великої кількості факторів. До них відносяться фактори, пов'язані з організацією перевезень, з системою технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р) автотранспортних засобів (АТЗ) реалізованої в автотранспортних підприємствах (АТП), умови експлуатації, а також рівень цін на паливо, шини, енергоносії та інші матеріальні ресурси.

Однак при рівних умовах і зовнішніх факторах дуже багато залежить від рівня споживчих властивостей, показників якості (надійності) АТЗ, а також, прийнятої системи їх ТО і Р, обсягу і якості сервісних послуг [2, 3].

Адже саме від прийнятої системи підтримки працездатності АТЗ і рівня їх сервісного супроводу залежать час простою в технічному обслуговуванні і ремонті і якість їх проведення, безпека, екологічність, економічність, а також витрати на технічну експлуатацію транспортних засобів.

В процесі роботи автомобіля відбувається поступове погіршення технічного стану його деталей, вузлів, систем і агрегатів: слабшають кріпильні з'єднання, через зношування збільшуються зазори в сполученнях, зменшується пропускна здатність жиклерів, трубок, патрубків, змінюються фізико-хімічні властивості мастильних матеріалів і технічних рідин, відбувається накопичення шкідливих відкладень, з'являються корозія і втома металу.

Погіршення технічного стану, в свою чергу, негативно позначається на споживчих і експлуатаційних якостях АТЗ: динамічності, паливної економічності, показниках надійності (безвідмовності), безпеки, комфортності, екологічності.

Для попередження і віддалення перерахованих вище явищ необхідні профілактичні (діагностування (Д) і технічне обслуговування) і відновні

(поточний і капітальний ремонт) роботи і оптимізація режимів ТО (Р), яка має на увазі проведення досліджень і спостережень за АТЗ в експлуатації з метою вироблення обґрунтованих рекомендацій за обсягами (змістом) робіт, трудомісткості і періодичності їх виконання; вивчення впливу умов експлуатації на технічний стан АТЗ і розробки методики коригування режимів ТО з метою врахування їх різноманітності для оптимізації витрат на підтримку автомобілів в працездатному стані.

Необхідні обґрунтовані система і режими ТО і Р; без цього раціональна і продуктивна організація технічної експлуатації автомобілів неможлива [4]. При цьому режими ТО (Р), тобто переліки робіт, їх трудомісткість і періодичність виконання - найважливіші елементи системи підтримки працездатності АТЗ, оскільки витрати на ТО і Р в значній мірі визначаються саме ними.

Від них залежать потреба в постах для ТО і ПР, робочій силі, експлуатаційних матеріалах і обладнанні. Від змісту (переліку) операцій ТО (Р) залежать кваліфікація і спеціальності ремонтників, тип і кількість обладнання, що застосовується, планувальні рішення постів і ліній, а також сама технологія і організація виробничого процесу автотранспортних підприємств, автоцентрів і станцій технічного обслуговування автомобілів.

Необхідно використання технологічного принципу формування системи ТО і Р. Операції ТО повинні розподілятися і групуватися, виходячи з можливості їх спільного проведення на конкретних постах, оснащених обумовленим комплектом технологічного обладнання.

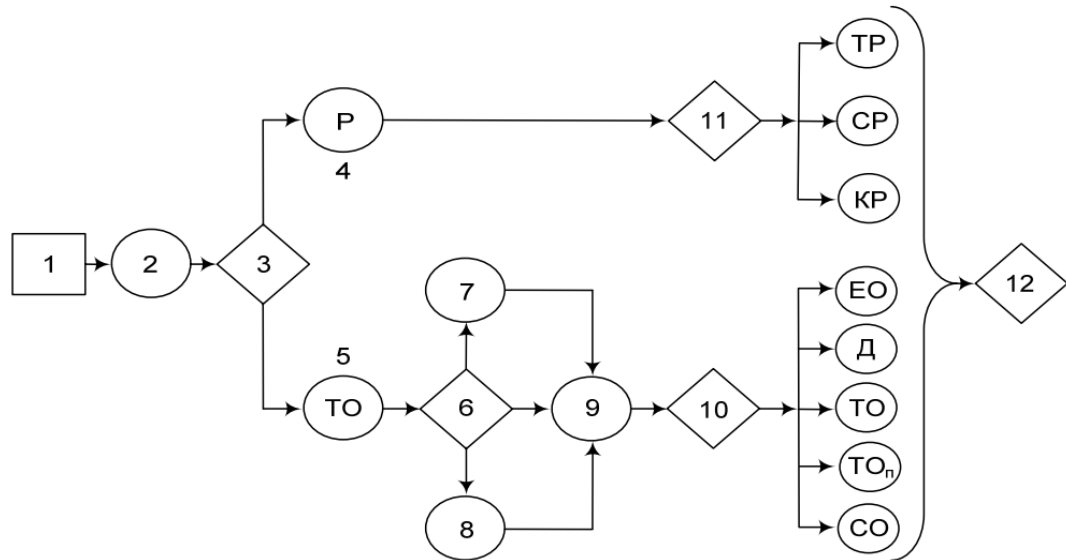
Проведення ТО, обов'язковим елементом якого є діагностичні роботи, полегшить контроль за якістю виконання робіт ТО в АТП, забезпечить гнучкий зворотний зв'язок «сфера виробництва - сфера експлуатації - сфера сервісу».

Необхідно передбачити використання двох функцій діагностування:

- 1) функція діагнозу - для оцінки рівня технічного стану ТЗ;

2) функція відновлення - для доведення параметрів технічного стану до нормативних значень в процесі ТО або відновлення працездатного стану в процесі ремонту [4].

Пропонована схема формування структури системи ТО і Р автомобілів представлена на рисунку 1.1.



1 - експлуатовані автомобілі; 2 - потік відмов в даних умовах експлуатації; 3 - поділ потоку відмов за видами стратегій забезпечення працездатності; 4 - стратегія відновлення працездатності - Р; 5 - стратегія підтримки працездатності - ТО; 6 - профілактичні роботи (в тому числі і примусова заміна ненадійних елементів); 7 - профілактика з напрацювання; 8 - профілактика за технічним станом; 9 - потік профілактичних операцій з оптимальними періодичностями; 10 - угруповання операцій ТО за видами обслуговування (регламентовані щоденне (ЩО) і періодичні технічні обслуговування, діагностика (Д), ТО з періодичним контролем (ТОп) і сезонне обслуговування (СО)); 11 - угруповання операцій за видами Р (поточний (ПР) і капітальний (КР) ремонти); 12 - система ТО і Р (види, ступені ТО і Р, нормативи, організація, технологія та забезпечення)

Рис. 1.1 Схема формування структури системи ТО і Р автомобілів

1.3 Аналіз типових систем ТО автомобілів і методи визначення їх періодичності

В процесі експлуатації проходить порушення регулювання систем, вузлів і агрегатів, тобто змінюються значення їх структурних параметрів, безпосередньо тих, що характеризують справність об'єкту діагностування. До них відносять зазори в спряженнях, величину зносу поверхонь деталей і інші параметри, вимірювання яких пов'язане з необхідністю проведення розбиральних робіт. Це підвищує трудомісткість контролю і суттєво знижує (інколи до 10%) ресурс агрегату, що контролюється. Останнє пояснюється появою додаткового циклу припрацювання поверхонь спряження, що контролюється. Тому важливо правильно визначити періодичність втручань для того, щоб забезпечити достатню надійність і одночасно зменшити кількість впливів, що називаються технічним обслуговуванням.

Основним документом, який регламентує проведення запобіжних і ремонтно-обслуговуючих дій (РОД) є “Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту” [2], який передбачає наступні РОД: підготовку до продажу, технічне обслуговування в період обкатки, щоденне обслуговування (ЩО), перше технічне обслуговування (ТО-1), друге технічне обслуговування (ТО-2), сезонне технічне обслуговування (СО), поточний ремонт (ПР), капітальний ремонт (КР), технічне обслуговування під час консервації АТЗ, технічне обслуговування та ремонт АТЗ на лінії.

Підготовка до продажу здійснюється торгівельною організацією з метою введення АТЗ в експлуатацію. Вона виконується на спеціалізованих пунктах чи підприємствах, які реалізують продукцію та здійснюють фірмове обслуговування. У разі відсутності сервісного обслуговування підготовку АТЗ до експлуатації здійснює покупець. Перелік та обсяг робіт з підготовки до продажу встановлюється виробником і наводиться у сервісній

документації автомобіля. Підготовка до продажу обов'язково містить такі роботи, як зняття консерваційного покриття, очищення, регулювання, заправлення, змащування, кріплення, а також перевірку комплектності та працездатності.

Перелік та обсяг робіт ТО в період обкатки автомобіля встановлюється виробником і наводиться в сервісній документації.

ЩО проводиться після роботи на лінії з метою підготовки автомобіля до подальшої експлуатації. Воно передбачає:

- перевірку технічного стану;
- виконання робіт щодо підтримання належного зовнішнього вигляду АТЗ;
- заправлення експлуатаційними рідинами;
- усунення виявлених несправностей;
- санітарну обробку автомобіля.

Прибирально-мийні роботи виконуються за потребою, але обов'язково перед ТО чи ремонтом. Оброблення кузовів автомобілів спеціального призначення здійснюється відповідно до вимог та інструкцій на перевезення даного виду вантажів.

ТО-2 проводиться разом з черговим ТО-1

СО здійснюється двічі на рік (весною та восени і проводиться разом з черговим ТО-2).

ПР виконується за потребою, згідно з результатами діагностування технічного стану автомобіля, або за наявності відповідних несправностей і призначений для забезпечення або відновлення його працездатності.

КР призначений для продовження терміну експлуатації автомобіля, виконується за потребою згідно з результатами діагностування. Середнє значення пробігу автомобіля до КР визначається заводом – виробником. Цей вид робіт виконується на спеціалізованих авторемонтних заводах.

ГОСТ 18322-78 (СТ СЭВ 5151-85) “Система технического

обслуговування и ремонта техники. Термины и определения” встановлює технічні і виробничі терміни і визначення показників основних понять видів, методів і показників технічного обслуговування і ремонту [3]. Терміни, які встановлені даним стандартом, обов’язкові для використання в документації всіх видів науково-технічної, учбової та довідкової літератури.

В загальних положеннях цього стандарту наведені трактування термінів, що стосується ТО і Р, зокрема, що стосується технічного обслуговування:

- Технічне обслуговування – комплекс операцій чи операція щодо підтримки роботоздатності або справності виробу під час використання за призначенням, зберігання та транспортування;
- Система ТО і ремонту техніки – сукупність взаємопов’язаних засобів, документації технічного обслуговування і ремонту та виконавців, які потрібні для підтримування і відновлення якості виробів, що входять у цю систему;
- Періодичність ТО (ремонту) - інтервал часу чи напрацювання між даним видом технічного обслуговування (ремонту) і наступним таким же видом або іншим більшої складності;

Даний стандарт також регламентує терміни щодо видів технічного обслуговування:

- Періодичне ТО – ТО, яке використовується через встановлені у експлуатаційній документації значення напрацювання або інтервалу часу;
- Регламентоване ТО – ТО, яке передбачає в нормативно-технічній документації і, яке використовується з періодичністю і в обсязі, встановленими в ній, незалежно від технічного стану виробу в моменти початку ТО;
- ТО з періодичним контролем – ТО, при якому контроль технічного стану виконується згідно з встановленою в нормативно-технічній

документації періодичністю і об'ємом, а об'єм всіх решта операцій визначається технічним станом.

За даними НІІАТ на технічне обслуговування і ремонт одного вантажного АТЗ протягом року витрачається 750-1000 люд-год. трудовитрат [5]. Грошові витрати автотранспортного підприємства (АТП) на технічне обслуговування і ремонт вантажних АТЗ становить 12-15% собівартості перевезень. Застосування засобів технічного діагностування АТЗ перетворює звичайні технологічні процеси технічного обслуговування і ремонту у раціональні, які характеризуються зменшеними трудовитратами на технічне обслуговування на 6-10%, на ПР – на 5-7%; витратами запчастин – на 8-10%; ремонтно-технологічних матеріалів – на 10-12%; палива (після відповідних регулювань) – на 1-3%. В результаті підвищується коефіцієнт технічної готовності парку АТЗ на 4-6%.

На автомобільному транспорті діє планово-запобіжна система планування періодичності ТО згідно з “Положенням-98” в якому регламентовано періодичності виконання ЩО, ТО-1 і ТО-2 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Періодичність технічного обслуговування дорожніх транспортних засобів

Тип АТЗ	Періодичність ТО, км		
	ЩО	ТО-1	ТО-2
Автомобілі легкові, автобуси	Один раз на робочу добу незалежно від кількості робочих місць	5 000	20 000
Автомобілі вантажні, автобуси на базі вантажних автомобілів або з використанням їх базових агрегатів, автомобілі повно приводні, причепи і напівпричепи		4 000	16 000

Початкові нормативи ТО і ремонту автомобілів, що наведені у Положенні, коректуються за допомогою коефіцієнтів залежно від: категорія умов експлуатації – коефіцієнт K_1 , модифікації АТЗ та організації їх роботи – коефіцієнт K_2 , природно - кліматичних умов – коефіцієнт K_3 , пробігів АТЗ з

початку експлуатації – коефіцієнтами K_4 і K_4 , розмірів АТП та кількості технологічно – сумісних груп АТЗ – коефіцієнт K_5 .

На Україні, крім існуючої планово-запобіжної системи, у 1985 році професором Говорущенко М.Я. була розроблена система ОР-Д-УН – обов’язкові роботи – діагностування - усунення несправностей [4]. Система регламентувала виконання обов’язкових робіт ОР-1 і ОР-2 не залежно від технічного стану автомобіля, під час виконання яких виконувалося діагностування Д-1 і Д-2. Д-1 з метою визначення загального технічного стану і стану систем безпеки руху, а Д-2 – поглиблене діагностування окремих механізмів. Причому на ОР припадало близько 15-25% трудомісткості, Д – 8-12% і на УН – 65-75% загальної трудомісткості робіт.

На основі системи ОР-Д-УН було розроблено “Положення про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту” за 1994 рік, згідно якого, перелік обов’язкових робіт (у країнах СНД), їх періодичність, а також зміна переліку та періодичності в залежності від тривалості операції автомобіля (вік рухомого складу) фірми або заводи-виготівники наводять у сервісних книжках, заводських інструкціях та інших документах.

ГОСТ 21624-81 “Система технічного обслуговування и ремонта техники. Требования к эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности изделий”, введений в дію з 1.01.1983, покладений в основу 1994 р. (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Періодичність ТО виробів автомобільної техніки
(1 категорія умов експлуатації)

Тип виробу	Періодичність видів ТО			
	ЩО	ТО-1	ТО-2	ТО за сервісними книжками
	км, не менше			
Автомобілі легкові	Один раз на	5000	20000	10000
Автобуси	робочу	5000	20000	-

Автомобілі вантажні, автобуси на базі вантажних автомобілів або з використанням їх базових агрегатів	добу незалежно від кількості робочих місць	4000	16000	-
Причепи і напівпричепи		4000	16000	-
Автомобілі повноприводні		4000	16000	-

За кордоном не передбачено чітких періодичностей ТО, не передбачено регламентування періодичності і нумерації її.

Передбачено лише поагрегатні ТО: для нових автомобілів після 20 тис. км, але не пізніше одного року експлуатації та кожне наступне через кожні 40 тис. км, але не рідше одного разу в 2 роки. Особливістю систем ТО закордонних АТЗ полягає в тому, що періодичність регламентується не на проведення ТО, а для обов'язкового діагностування технічного стану [5].

В процесі виконання транспортної роботи, технічний стан автомобіля погіршується, що може привести до часткової або повної втрати працездатності.

Існує два способи підтримання АТЗ у справному стані – технічне обслуговування (ТО) і ремонт. Основна мета ТО – випередити і попередити момент настання відмови, та забезпечити безвідмовну роботу автомобіля на певному пробігу.

Як критерії визначення оптимальної періодичності профілактичних робіт можуть бути використані такі характеристики експлуатаційної надійності автомобілів: ймовірність безвідмовної роботи, середнє напрацювання на відмови, інтенсивність відмов, гамма-відсоткове напрацювання на відмови, середнє напрацювання на відмову, параметр потоку відмов, математичне сподівання відмов за пробіг [6].

В інтервалі від 0 до l_0 ймовірність безвідмовної роботи рівна:

$$P(l_0) = f(l) - F(l_0), \quad (1.1)$$

де $f(l)$ - густина розподілу напрацювання на відмови;

$F(l_0)$ - функція розподілу напрацювання на відмови.

Середнє напрацювання на відмови – математичне сподівання напрацювання об'єкту до першої відмови:

$$l = \int_0^{\infty} l \cdot f(l) \cdot dl = \int_0^{\infty} [1 - F(l)] dl, \quad (1.2)$$

де $F(l)$ - функція розподілу напрацювання на відмови.

Універсальною характеристикою, яка відтворює поведінку системи, є інтенсивність відмов $\lambda(t)$:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \quad (1.3)$$

Гамма-відсоткове напрацювання на відмови l_γ – напрацювання, протягом якого відмова об'єкту не виникає з ймовірністю γ , вираженою у відсотках. Його визначають з рівняння:

$$1 - F(l_\gamma) = 1 - \int_0^{l_\gamma} f(l) dl = \frac{\gamma}{100} \quad (1.4)$$

Середнє напрацювання на відмову – відношення напрацювання відновлюваного об'єкта до математичного сподівання кількості його відмов протягом цього напрацювання.

Параметр потоку відмов $\omega(l)$ характеризує середню кількість відмов очікуваних у малому інтервалі пробігу:

$$\omega(l) = A' i_k - B'_{i^2_k} V_a \quad (1.5)$$

де V_a - математичне сподівання кількості відмов за пробіг.

При обґрунтуванні режимів ТО автомобілів застосовують такі методи визначення періодичності ТО автомобілів:

1. Метод визначення періодичності ТО за допустимим рівнем безвідмовності
2. Метод визначення періодичності за допустимим значенням і закономірністю зміни параметра технічного стану

3. Техніко-економічний метод
4. Економіко-імовірнісний метод
5. Метод статистичних випробовувань
6. За параметрами технічного стану
7. За найбільшою продуктивністю
8. За зовнішнім виглядом автомобіля, створенням безпеки руху
9. Метод коректування періодичності залежно від напрацювання
10. Метод визначення періодичності профілактичного обслуговування після безвідмовної роботи l_0 км пробігу
11. Профілактичне обслуговування здійснюється після загального напрацювання l_1 пробігу, незалежно від проміжних відмов
12. Поглиблене профілактичне обслуговування з введенням операцій поточного ремонту після k -ої відмови
13. Метод визначення оптимальної періодичності ТО за витратою палива

Метод визначення періодичності ТО за допустимим рівнем безвідмовності базується на виборі раціональної періодичності, при якій ймовірність виникнення відмови не перевищує раніше заданої величини:

$$P_D\{x_i \geq l_O\} \geq R_D = \gamma, \text{ тобто } l_O = x_\gamma, \quad (1.6)$$

де R_D – допустима ймовірність безвідмовної роботи;

x_i - напрацювання на відмову;

l_O - періодичність ТО;

x_γ - гамма-процентний ресурс.

Визначена таким чином періодичність значно менша середнього напрацювання на відмову і пов'язана з ним:

$$l_O = \beta \cdot \bar{x}, \quad (1.7)$$

де β - коефіцієнт раціональної періодичності, який враховує величину і характер варіації напрацювання на відмову, а також прийняту допустиму ймовірність безвідмовної роботи.

Метод визначення періодичності за допустимим значенням і закономірністю зміни параметра технічного стану. Згідно цього методу, визначають за статистичними даними середнє значення зміни параметра, за яким, а також за допустимим значенням параметра визначають середнє напрацювання. Але якщо його прийняти за періодичність обслуговування, то ті вироби, що мали напрацювання менші від опосередкованого значення, досягають граничного стану раніше від середнього значення, що може призвести до відмови. Тому назначають таку періодичність, при якій ймовірність відмови не буде перевищувати заданої величини ризику F . Випадок, коли інтенсивність зміни параметра технічного стану більша, ніж середня $a_D = \mu \cdot \bar{a}$, де \bar{a} - середня інтенсивність зміни параметру, μ - коефіцієнт максимальної інтенсивності зміни параметра технічного стану, але повинна дотримуватися умова:

$$P_D\{a_i \leq a_D\} = 1 - F = R_D \quad (1.8)$$

Техніко-економічний метод зводиться до визначення сумарних питомих витрат на ТО і ремонт і їх мінімізації. Мінімальним витратам відповідає оптимальна періодичність ТО l_0 . Питомі витрати на ТО визначаються:

$$C_I = d/l, \quad (1.9)$$

де l - періодичність ТО;

d - вартість виконання операції ТО.

Збільшення періодичності, як правило веде зменшення ресурсу деталі і росту питомих витрат на ремонт:

$$C_{II} = c/L, \quad (1.10)$$

де c - витрати на ремонт;

L - ресурс до ремонту.

Тоді $C_{\Sigma} = C_I + C_{II}$ є цільовою функцією, екстремальне значення якої відповідає оптимальному рішенню. В даному випадку оптимальне рішення відповідає мінімуму питомих витрат.

Економіко-імовірнісний метод поєднує попередні і враховує економічні і імовірнісні фактори, а також дозволяє порівнювати різні методи. Періодичність ТО визначається з виразу:

$$l_P \cdot \varphi(l_P) - q + \frac{\varphi(l_P)}{P} \cdot \int_{l_{min}}^{l_P} l \cdot \varphi(l) dl = \frac{d}{c - d}, \quad (1.11)$$

де l_P - періодичність ТО, км;

q - ймовірність передчасного ТО (від l_{min} до l_P);

P – ймовірність ТО з пробігом, який більший від встановленого (від l_P до l_{max});

d - витрата на одне ТО з періодичністю l_P ;

c – фактичний рівень питомих витрат на ТО.

Це рівняння дає змогу для будь-якого типу розподілу визначити періодичність ТО при відомих характеристиках розподілу і співвідношення витрат c і d .

Метод статистичних випробувань ґрунтується на імітації реальних випадків процесів ТО, що дає змогу прискорити випробовування, виключити вплив сторонніх факторів, різко зменшити вартість експерименту.

Суть *методу визначення періодичності ТО за закономірністю зміни і допустимими значеннями параметрів технічного стану автомобіля* полягає у тому, що припускають, що технічний стан автомобіля змінюється за раціональною функцією n -го порядку:

$$y = a_0 + a_1 \cdot l^1 + a_2 \cdot l^2 + \dots + a_n \cdot l^n, \quad (1.12)$$

де y - параметр технічного стану;

a_0 - початкове значення параметра технічного стану (при $l = 0$);
 l - пробіг;
 a_1, \dots, a_n - коефіцієнти, що визначають характер і ступінь залежності параметра y від пробігу або часу.

Знаючи закономірність зміни технічного стану і допустимого значення параметра можна визначити оптимальну періодичність ТО:

$$y_D = a_0 + a_1 \cdot l_0 + a_2 \cdot l_0^2 + \dots + a_n \cdot l_0^n \quad (1.13)$$

Визначення періодичності ТО за найбільшою продуктивністю рухомого складу полягає у припущенні, що при оптимальному режимі ТО приріст продуктивності має дорівнювати або бути більшим від втрати продуктивності при простоях:

$$l_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot l' \cdot N_e^M}{d_1}}, \quad (1.14)$$

де l_0 - найвигідніша періодичність ТО;
 l' - тривалість простою в ТО або ремонті;
 N_e^M - максимальна ефективна потужність;
 d_1 - інтенсивність спадання потужності на км пробігу або годину роботи двигуна.

Використання як критерію *оптимального зовнішнього вигляду автомобіля* можливе лише для визначення періодичності проведення прибирально-мийних операцій, кріпильних тощо. Цей метод має обмежене застосування.

В запропоновано визначати періодичність проведення ТО *методом коректування періодичності залежно від напрацювання*, при якому пробіги автомобіля між сусідніми ТО зменшувалися б по мірі “старіння” автомобіля. Припускаючи, що пробіг між першим і другим ТО повинен бути максимальним, а пробіг між передостаннім і останнім ТО-2 – мінімальним у

зв'язку з погіршенням технічного стану АТЗ. Пробіг між i -м та $(i+1)$ -м ТО-2 визначається виразом:

$$L_i = \left[1,1 - 0,2 \cdot \frac{i-1}{n-1} \right] \cdot L^H; \quad i = \overline{1, n}, \quad (1.15)$$

де L^H - нормативний пробіг між i -м та $(i+1)$ -м ТО-2, км;

n - кількість ТО-2, які необхідно провести автомобілю під час його експлуатації:

$$n = \frac{L^C}{L^H} \quad (1.16)$$

де L^C - пробіг автомобіля до списання, км.

Наступний метод полягає в тому, що *профілактичне обслуговування виконується після безвідмовної роботи l_0 км пробігу*. Якщо відмова відбулася до l_0 , обслуговування проводять під час усунення відмови. Момент наступного обслуговування при цьому переплановується.

Загальний вираз для визначення оптимальної періодичності:

$$\lambda(l_0) \cdot \int_0^{l_0} [1 - F(l)] \cdot dl - F(l_0) = \frac{C_{\Pi}}{C_P - C_{\Pi}} \quad (1.17)$$

де C_{Π} , C_P - відповідно вартість профілактики та поточного ремонту.

З допомогою цього методу, визначивши з рівняння l_0 , найбільш ефективно попереджаються відмови, які виникають у результаті процесів зношування.

Профілактичне обслуговування здійснюється після загального пробігу l_1 , незалежно від проміжних відмов, а при виникненні відмови виконується мінімально необхідний ремонт:

$$l_1 \cdot \lambda(l_1) - \int_0^{l_1} \lambda(l) \cdot dl = \frac{S_{\Pi}}{S_P}, \quad (1.18)$$

де S_{Π} і S_P - математичне очікування втрат пробігу за час простою відповідно при виконанні планового обслуговування і поточного ремонту.

Поглиблене профілактичне обслуговування з введенням операцій поточного ремонту після k -ої відмови, при попередніх відмовах виконується мінімально необхідний ремонт. Значення оптимального k визначається з нерівності:

$$\frac{k \cdot U(k) - (k-1) \cdot U(k+1) + S_{\Pi}}{U(k+1) - U(k) + S_{\Pi}} < \frac{C_O \cdot S_{\Pi} + C_{\Pi}}{C_O \cdot S_P + C_P}, \quad (1.19)$$

де $U(k)$ – напрацювання до k -ої відмови,

C_O – втрати транспортної роботи при ремонтах і технічному обслуговуванні на одиницю пробігу.

Метод визначення оптимальної періодичності ТО за витратою палива. Якщо відома сумарна витрата палива за пробіг, то, знаючи поточну витрату палива, можна прогнозувати оптимальний пробіг АТЗ до виконання ТО:

$$l_0 = 100(Q_c - Q_{\Pi}) / Q \approx 100 \cdot Q_0 / Q, \quad (1.20)$$

де Q_c - сумарна витрата палива за весь пробіг АТЗ до ТО, л;

Q_{Π} - поточне значення сумарної витрати палива, л;

Q_0 - залишковий пробіг АТЗ за витратою палива до виконання ТО, л;

Q - питома витрата палива в даних умовах експлуатації АТЗ, л/100 км.

2. ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АТЗ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЙОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

2.1 Основні положення технічної діагностики

Теоретичні основи діагностики технічного стану автомобілів представляють собою комплекс закономірностей, характеристик і зв'язків між елементами, що утворюють систему діагностування. Система діагностування автомобіля включає наступні взаємопов'язані елементи: об'єкт діагностування, діагностичні параметри, нормативні показники, засоби, процедуру діагностування і людину.

Розробити систему діагностування агрегату чи механізму автомобіля це означає: виявити закономірності зміни параметрів технічного стану об'єкта діагностування і його контролепридатність, вибрати діагностичні параметри, визначити характеристики їх зміни і зв'язки з параметрами стану об'єкта, встановити нормативні значення діагностичних параметрів, визначити спосіб постановки діагнозу, вибрати і техніко-економічно обґрунтувати відповідні методи і вимірювальні засоби, визначити оптимальну процедуру чи алгоритм діагностування. Системи діагностування автомобілів органічно пов'язані з технологічними процесами їх ТО і ремонту.

На рис. 2.1 наведена структурна схема формування процесів діагностування і ТО автомобілів [12].

Об'єкт діагностування знаходиться, з однієї сторони, під руйнівною дією умов експлуатації, а з другої – під відновлюючою дією ТО і ремонту. При цьому його технічний стан і ефективність міняються. Зміни технічного стану і ефективності об'єкту, що діагностується, обумовлені різноманітними експлуатаційними і виробничими факторами та являються випадковими подіями.

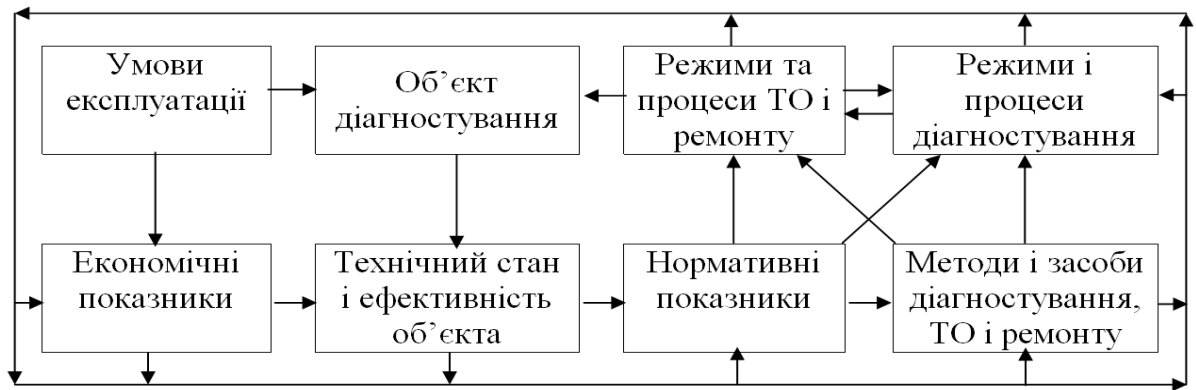


Рис. 2.1 Схема формування технологічних процесів діагностування автомобілів в умовах експлуатації

Об'єкт діагностування характеризується переліком його складових елементів, їх функціональним призначенням і взаємодією, закономірностями зміни параметрів технічного стану і економічними показниками, діагностичними параметрами та їх зв'язками із структурними параметрами і, наприкінці, пристосованістю агрегатів і механізмів до діагностування (контролепридатністю) [13].

Закономірності зміни технічного стану об'єкта діагностування обумовлюють його надійність і затрати на відновлення. Вказані вимірювання можуть бути неперервними і дискретними. В результаті цих вимірювань відповідно виникають поступові (накопичувальні) і неочікувані відмови. Неочікувані відмови відбувається через випадкові причини, що викликають значні зміни технічного стану об'єкта.

Діагностування - процес опосередкованого виміру параметрів технічного стану, а одним з його найважливіших елементів є система діагностичних параметрів.

Діагностичні параметри являють собою фізичні величини, адекватні структурним параметрам, що використовуються для виміру технічного стану механізму, що діагностується, без його розбирання.

З усього різноманіття можливих діагностичних параметрів вибирають і використовують з практичною метою лише ті параметри, які відповідають

вимогам однозначності, стабільності, широті вимірювань, доступності і зручності вимірювання, інформативності і технологічності. Зміст перерахованих вимог графічно показаний на рис. 2.2 [14].

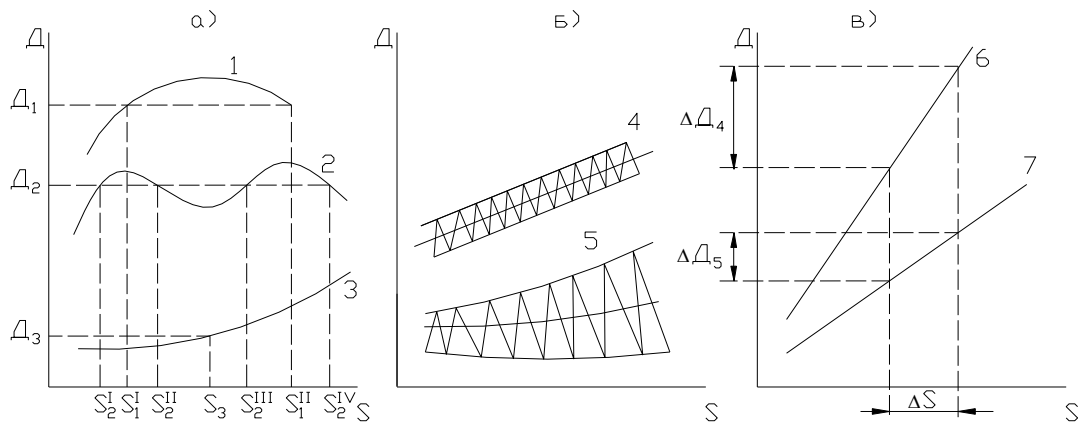


Рис. 2.2 Графічна ілюстрація основних вимог до діагностичних параметрів за:

- а – однозначністю; б – стабільністю; в – діапазоном вимірювання;
- 1, 2 – криві неоднозначної залежності, 3 – крива однозначної залежності,
- 4 – рівний коридор розсіювання, 5 – коридор розсіювання, що збільшується,
- 6 – крива більшої широти вимірювання, 7 – крива меншої широти виміру

Вимоги однозначності передбачають дотримання умов, коли кожному значенню структурного чи функціонального параметру відповідає одне-єдине значення діагностичного параметра. Так, параметри кривих 1 і 2 (рис. 2.2, а) не відповідають критерію однозначності, а параметри кривої 3 – відповідають, тобто діагностичному параметру D_2 можуть відповідати чотири різні значення структурного параметра (S_2' , S_2'' , S_2''' , S_2''''), параметру D_1 – два значення структурного параметра (S_1' , S_1''), а будь – якому діагностичному параметру D_3 відповідає одне значення структурного параметра S_3 .

Вимоги стабільності встановлює можливу величину відхилення діагностичного параметра від свого середнього значення, що характеризує розсіювання параметра при незмінних значеннях структурних параметрів і умовах їх виміру.

Вимоги ширини вимірювання встановлює діапазон виміру діагностичного параметра, що відповідає заданій величині зміни структурного параметра. Чим більший діапазон зміни діагностичного параметра, тим вища його інформативність. На рис. 2.2, в параметр кривої 6 має більшу широту зміни діагностичного параметру ΔD_4 , ніж параметр кривої 7 ΔD_5 . Аналітично умова показується наступною залежністю:

$$\frac{\Delta D_4}{\Delta S} > \frac{\Delta D_5}{\Delta S}, \quad (2.1)$$

Тому перед вибором діагностичного параметра необхідно проаналізувати його залежність від структурного параметра, виявити взаємозв'язок між ними та визначити інформативність діагностичного параметра.

Отримання інформації про технічний стан об'єкта за допомогою будь-якого діагностичного параметра пов'язане з матеріальними затратами. Економічна цілеспрямованість цих затрат залежить, з однієї сторони, від вартості діагностичних засобів, а з другої – від ймовірностей відмов і вартості їх усунення, тобто вартості ремонту. Тому кінцева оцінка раціональної повноти інформації визначається вартісними критеріями і критеріями надійності об'єкта діагностування.

Класифікація діагностичних параметрів має наступний вигляд (рис. 2.3) [14].

Діагностичні параметри являють собою фізичні величини, адекватні структурним параметрам, що використовуються для визначення технічного стану механізмів, що діагностуються без їхнього розбирання. З всіх можливих діагностичних параметрів вибирають ті, які відповідають вимогам однозначності, стабільності, чутливості і інформативності.

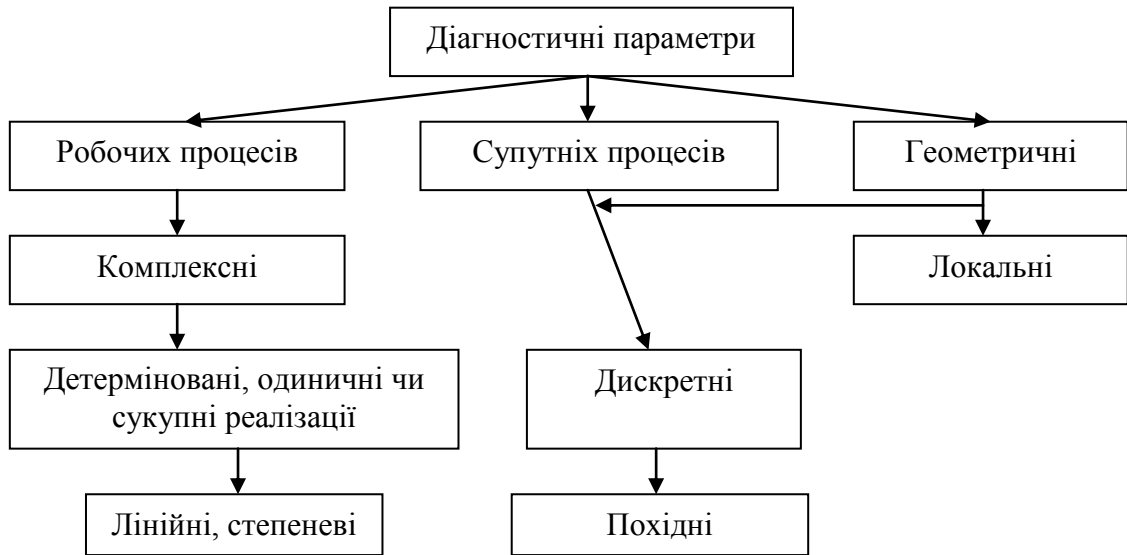


Рис. 2.3 Класифікація діагностичних параметрів

Чутливість $K_{\text{ч}}$ діагностичного параметру, тобто його приріст dS при зміні dU структурного параметру, буде [14]:

$$K_{\text{ч}} = \frac{dS}{dU}, \quad (2.2)$$

Однозначність діагностичного параметру означає відсутність екстремуму ($\frac{dS}{dU} \neq 0$) в діапазоні від початкового U_n до граничного $U_{\text{сп}}$ значень структурного параметра.

Інформативність є одним із найважливіших властивостей діагностичних параметрів. Вона дозволяє знизити вихідну невизначеність (ентропію) технічного стану об'єкта діагностування за рахунок відомостей, отриманих в результаті вимірювання даного діагностичного параметру. Ентропія об'єкта $H(x)$ характеризується деяким числом n його технічних станів, кожне з яких може відбутися з цією чи іншою ймовірністю P_i , що залежить від надійності об'єкта.

Якщо вимірювання даного діагностичного параметра дозволяє повністю вирішити діагностичну задачу, то його інформативність I_x дорівнює ентропії об'єкту $H(x)$ [14]:

$$I_x = H(x) = -\sum P_i \cdot \log P_i, \quad (2.3)$$

Практично при діагностуванні механізмів автомобіля часто використовують декілька діагностичних параметрів. При цьому значення P_i різні, а зв'язки між структурними і діагностичними параметрами неоднозначні. В подібних випадках інформативність діагностичного параметра можна оцінити по об'єму представлених ним відомостей про виявлення несправності об'єкта. Для цього порівнюють розподіл величин діагностичного параметра, виміряного у достатньо великій кількості справних і несправних об'єктів.

Якщо діагностичний параметр малоінформативний, то розподіли відрізняються незначно. Це означає, що параметр не дозволяє відрізнити справний об'єкт від несправного. Чим більша різниця розподілів, тим вища інформативність даного параметра. Різницю розподілів оцінюють за допомогою коефіцієнта інформативності [14]:

$$I_j = 100 \sum_{j=1}^n (P_j^A - P_j^B) \cdot \log \left(\frac{P_j^A}{P_j^B} \right), \quad (2.4)$$

де P_j^A , P_j^B - відповідно, ймовірності попадання спостереження в даний діапазон ознаки j при справному (А) і несправному (В) стані об'єктів;

n - кількість діапазонів розподілу величин діагностичного параметра.

2.2 Узагальнена блок-схема діагностування АТЗ

Діагностування автомобіля в цілому і по його елементах повинно проводитися у визначеному порядку, що використовує послідовні, умовні перевірки. З цією метою автомобіль поділяють на рівні (рис. 2.4).

Перший рівень містить у собі загальне діагностування автомобіля з метою визначення його основних вихідних показників продуктивності й

економічної ефективності.

На другому рівні діагностуються частини автомобіля, такі, як двигун, електроустаткування, трансмісія, ходова частина, рульове керування, гальмові системи і додаткове устаткування в цілому.

У третій рівень входить діагностування агрегатів механізмів, систем, приладів, пристроїв.

Четвертий рівень містить у собі діагностування рухливих з'єднань типу: деталь з деталлю, деталь із зовнішнім середовищем.

На п'ятому рівні розглядаються окремі деталі.

Використання запропонованої класифікації дозволяє більш строго підійти до розгляду всіх наступних матеріалів, почавши з загального діагностування автомобіля і закінчивши цей процес з'єднань і при необхідності деталями, зокрема, для підвіски автомобіля.

Сучасні досягнення в області розвитку методів і засобів діагностування дозволяють проводити оцінку стану на перших трьох рівнях, а забезпеченість засобами діагностування четвертого рівня складає не більш 20%.

Діагностувати окремі деталі навряд чи доцільно, тому що істотні зміни елементів автомобіля відбуваються в рухливих і інших з'єднань під час робочих процесів.

Контроль стану деталей проходить звичайно при розбиранні під час поточного і капітального ремонтів.

2.3 Діагностування агрегатів і систем АТЗ і автомобіля в цілому

Під загальним діагностуванням розуміється діагностування автомобіля по параметрах, що характеризує його загальний технічний стан без виявлення конкретної несправності чи відмови за принципом «придатний - непридатний», «справний - несправний». [15]

Продуктивність залежить, крім інших причин, і від технічного стану

ВИСНОВКИ

Аналіз сучасного стану з технічним станом автомобілів показує, що технічна експлуатація їх, зокрема, діагностування, відстає від навіть нормативних колишніх союзних, не кажучи про відомі прогресивні закордонні аналоги.

Оскільки на підвіску легкових автомобілів припадає велика кількість відмов під час їх комерційної експлуатації, досліджуються можливості вдосконалення діагностування їх технічного стану з використанням комп'ютеризованих засобів.

З метою встановлення істотних структурних параметрів діагностування підвіски легкових автомобілів проведено аналіз конструкції підвіски автомобіля Daewoo «Ланос», усіх можливих параметрів технічного стану, а також параметрів діагностування; обґрунтовано параметри технічного діагностування підвіски автомобіля, скоротивши їх кількість з 13-ти до 4-ох.

На підставі аналізу літературних джерел, за основу математичного відтворення особливостей функціонування механізму підвіски взято матричний підхід.

На основі підходу планування оптимальної періодичності діагностування АТЗ за мінімального ризику, встановлена періодичність діагностування підвіски для автомобілів Daewoo «Ланос», яка, з одного боку, зменшує затрати на ТО та ПР, з іншого дає змогу підтримувати працездатність АТЗ на оптимальному рівні.

Визначено міжконтрольні пробіги АТЗ для автомобілів Daewoo «Ланос» за кількістю затухаючих коливань підвіски, коли сума втрат від усунення несправності і затрат на виконання діагностування на діагностичному комплексі Bosch SDL-260 будуть мінімальними.

Встановлені кількість пропусків проведення діагностувань із визначеною періодичністю на середньому пробігу, коли кількість коливань не перевищує встановлених меж.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аринин И.Н. Диагностирование технического состояния автомобилей. М.: Транспорт, 1988. 176 с.
2. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. К.: Мінтранспорт України, 1998. 11 с.
3. ГОСТ 18322-78 (СТ СЄВ 5151-85) Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1986. 13 с.
4. Техническая эксплуатация автомобилей: Под. ред. проф. Говорущенко Н.Я. Харьков: Изд-во "Вища школа", 1984.– 312 с.
5. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. У 3-х кн. – К.: Вища школа, 1994. – Книга 1: Теоретичні основи. Технологія. 344 с.
6. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Под ред. Крамаренко Г. В. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1983. 488 с.
7. Прудовский Б.Д., Ухарский В.Б. Управление технической эксплуатацией автомобилей по нормативным показателям. М.: Транспорт, 1990. 239 с.
8. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Кузнецов Е.С., Воронов В.П., Болдин А.П. и др. Под. ред Кузнецова Е.С. – 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Транспорт, 1991. 413 с.
9. Мирошников Л.В. Теоретические основы технической диагностики автомобилей. М.: Высшая школа, 1976. 126 с.
- 10.Мозгалеvский А.В., Гаскаров Д.В. Техническая диагностика. М.: Высшая школа, 1985. 207 с.
- 11.Харазов А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей: Справ. пособие. М.: Высшая школа, 1990. 208 с.

12.Спичкин Г.В., Третьяков А.М. Практикум по диагностированию автомобилей: Учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1986. – 439 с.

13.Технические средства диагностирования: Справочник / Клюев В.В., Пархоменко П.П., Абрамчук В.Е. Под. общ. ред. Клюева В.В. М.: Машиностроение, 1989. 672 с.

14.Харазов А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей: Справ. пособие. М.: Высшая школа, 1990. 208 с.

15.Аринин И.Н. Техническая диагностика автомобилей. М.: Транспорт, 1991. – 146 с.

16.Макаров Р.А. Средства технической диагностики машин. М.: Машиностроение, 1981. 223 с.

17.Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1988. 182 с.

18.ГОСТ 23564-79. Техническая диагностика. Показатели диагностирования. Введ. 01.01.80. М.: Изд-во стандартов, 1989. 16 с.

19.Доценко Б.И. Диагностирование динамических систем. К.: Техніка, 1983. 157 с.

20.Болтянська Н.І., Болтянський О.В. Визначення пріоритетних завдань з розвитку сільського господарства. Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» (20-21 лютого 2020 р) м. Київ. С. 116-119

21.Болтянська Н.І., Болтянський О.В. Першочергові завдання з модернізації сільського господарства. Матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 37-40

22.Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Сфери інноваційного розвитку та агроекономічного зростання сільськогосподарських підприємств. Матеріали I

Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 75-78.

23. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Визначення переваг та недоліків основних альтернативних біопалив. Матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 265-269.

24. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Напрями енергоефективного розвитку агропромислового комплексу України. Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції «Біоенергетичні системи» (28–29 травня 2020 р). Житомир: ЖНАУ, 2020. С. 15-19

25. Болтянська Н.І., Болтянський О.В. Особливості розвитку інноваційних процесів в тваринництві України. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 116-119.

26. Болтянська Н.І., Болтянський О.В., Шершенівська А.А. Проблеми підвищення безпеки дорожнього руху. Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Кривий Ріг, 13 листопада 2020 року). Кривий Ріг, 2020. С. 34-37

27. Болтянська Н.І., Болтянський О.В., Шершенівська А.А. Надійність водія в системі «водій-автомобіль-дорога-середовище». Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Кривий Ріг, 13 листопада 2020 року). Кривий Ріг, 2020. С. 37-40.

28. Болтянський О.В. Економічна складова забезпечення рівня надійності сільськогосподарської техніки. Праці ТДАТУ. Мелітополь. Вип.19. Т.4, 2019. С. 198-206.

29. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Визначення напрямів енергозбереження в сільському господарстві. Науковий вісник ТДАТУ: [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 1.

30. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Дослідження техніко-економічних показників дизельного двигуна при роботі на суміші ріпаково-етилових ефірів та газового конденсату. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 116-118.

31. Рогач Ю.П. Пожежна безпека. Сімферополь: Таврія-Плюс, 2001. 123 с.

32. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010. 417с.

33. Ткачук А.І., Пуляк О.В. Цивільний захист. Навчальний посібник. Кропивницький: ПП "Центр оперативної поліграфії "Авангард", 2017. 144 с.

34. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. Підручник. К.: Знання, 2004. 490 с.