

**Магістерська кваліфікаційна робота**

***01.12.МКР.2401 с 29.12.23.025 ПЗ***

**МАЛІНОВСЬКИЙ АНАТОЛІЙ**

**АНАТОЛІЙОВИЧ**

**2024 р.**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет конструювання та дизайну**

**УДК 62-253:621.**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
надійності техніки**

**А.В.Новицький**

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**Розробка технологічного оснащення для  
ремонту автомобілів Mitsubishi**

**Спеціальність: 133 – галузеве машинобудування**

**Магістерська програма – технічний сервіс машин та обладнання  
сільськогосподарського виробництва**

**Програма підготовки - освітньо-професійна**

**Гарант освітньої програми**

**к. т. н., доц.**

**Новицький А.В.**

**Керівник магістерської роботи**

**к.т.н., доц**

**Ружилю З. В.**

**Виконав**

**Маліновський А.А.**

**Київ-2024**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет конструювання та дизайну**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри надійності техніки**

**к.т.н. доц.**

\_\_\_\_\_ **Новицький А.В.**

“20” листопада 2023 року

## **ЗАВДАННЯ**

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

**Маліновському Анатолію Анатолійовичу**

Спеціальність **133** Галузеве машинобудування

Освітня програма **технічний сервіс машин та обладнання**

**сільськогосподарського виробництва**

Тема роботи: **«Розробка технологічного оснащення для ремонту  
автомобілів Mitsubishi»**,

затверджена наказом по вузу від 29.12.2023 р. № 2400 «с»

**Термін подачі завершеної роботи на кафедру: 15.10.24**

**Вихідні матеріали до виконання роботи:**

1. Технологічний процес ремонту тракторів та автомобілів.
2. Завдання на проектування.
3. Результати науково-дослідних робіт по вивченню характеристик технологічного обладнання для ремонтно-монтажних робіт автотранспорту.

**Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ

1. Існуючі системи технічного обслуговування і ремонту АТЗ
2. Оцінка технічного стану АТЗ за результатами його діагностування
  3. Експериментальні дослідження за надійністю конструкцій підвісок легкових АТЗ
4. [Теоретичні дослідження параметрів систем та агрегатів АТЗ та складання математичної моделі їх діагностування](#)
5. [Порівняльні дослідження періодичності діагностування АТЗ](#)

- 6. Охорона праці
  - 7. Розробка ремонтно-технологічного оснащення
  - 8. Техніко-економічне обґрунтування
- Висновки
- Список використаних джерел

**ВИСНОВКИ**

**ЛІТЕРАТУРА**

### **3. Перелік ілюстративного матеріалу**

Презентаційний матеріал

Дата видачі завдання “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Керівник магістерської роботи**

\_\_\_\_\_

( підпис )

\_\_\_\_\_

( прізвище та ініціали )

**Завдання прийняв до виконання**

\_\_\_\_\_

( підпис )

\_\_\_\_\_

( прізвище та ініціали студента )

## ЗМІСТ

Реферат.....	4
Зміст.....	5
Вступ.....	7
ІСНУЮЧІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	9
1.1. Причини зміни технічного стану АТЗ.....	9
1.2. Аналіз типових систем ТО автомобілів і методи визначення їх періодичності .....	13
1.3. Види ремонту АТЗ .....	27
2. ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АТЗ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЙОГО ДІАГНОСТУВАННЯ .....	29
2.1. Основні положення технічної діагностики .....	29
2.2. Узагальнена блок-схема діагностування АТЗ .....	34
2.3. Діагностування агрегатів і систем АТЗ і автомобіля в цілому .....	39
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА НАДІЙНІСТЮ КОНСТРУКЦІЙ ПІДВІСОК ЛЕГКОВИХ АТЗ .....	41
3.1. Програма та методика проведення досліджень .....	41
3.2. Особливості конструкцій підвісок досліджуваних автомобілів .....	44
3.3. Оцінка надійності конструкцій підвісок та визначення періодичності їх ТО.....	48
4. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ТА АГРЕГАТІВ АТЗ ТА СКЛАДАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЇХ ДІАГНОСТУВАННЯ .....	53
4.1. Обґрунтування структурних параметрів систем та агрегатів АТЗ для визначення фактичного рівня їх технічного стану .....	53
4.2. Формулювання робочої гіпотези щодо вибору параметрів діагностування систем та агрегатів АТЗ .....	61

4.3. Формалізація станів складальних одиниць систем та складання математичної моделі їх діагностування (матричний підхід) на прикладі підвіски АТЗ .....	67
5. ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ АТЗ .....	74
5.1. Вибір бази та методу порівняльних досліджень .....	74
5.2. Результати порівняльних досліджень, їх аналіз та оптимізація періодичності ТО на прикладі передньої підвіски автомобіля Mitsubishi .....	83
5.3. Оцінка результатів порівняльних досліджень.....	85
6. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ АМОРТИЗАЦІЙНОГО ВУХЛА АВТОМОБІЛІВ MITSUBISHI .....	87
7. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	88
7.1 Структурно-функціональний аналіз технологічних процесів розбирання автомобіля .....	88
7.2 Вимоги безпеки до території, приміщень, обладнання і виробничих процесів .....	ремонтних майстерень.....91
8. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ .....	93
Висновок.....	94
Література.....	95
Додаток .....	97

# Реферат

**Маліновський Анатолій Анатолійович**

**«Розробка технологічного оснащення для ремонту автомобілів  
Mitsubishi»**

Розроблена магістерська робота включає:

розрахунково-пояснювальну записку 92 сторінки і ілюстративну частину у вигляді презентації. Розрахунково-пояснювальна записка в собі містить 8 розділів, 15 малюнків, 6 таблиць і 14 джерел використаної літератури.

Виконано аналіз стану питання за літературними джерелами і вітчизняним та закордонним практичним досвідом щодо методів, систем технічного обслуговування і ремонту АТЗ. Обґрунтовано задачі дослідження, методи їх розв'язання.

На основі аналізу структурних параметрів підвіски легкових автомобілів обґрунтовано мінімальну кількість параметрів їх діагностування, формалізовано стани приладів механізму, розроблено математичне забезпечення діагностування підвіски.

Використано методику визначення оптимальної періодичності технічних обслуговувань підвіски автомобіля з використанням критерію мінімального ризику.

Обґрунтована економічна доцільність розробки проекту.

Ключові слова: Mitsubishi, діагностика, технологія, амортизаційний вузол, СТО, автомобіль.

## ВСТУП

Цілеспрямована технічна політика, яка вимагає розроблення нових методів і засобів технічного обслуговування і ремонту, повинна приводити до росту економічної ефективності роботи автомобільного транспорту в цілому. Дійсним інструментом введення режиму економії є зниження затрат на технічне обслуговування (ТО) 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 [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. 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, зокрема і автомобілів Mitsubishi, 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 тощо, можуть бути непомічені навіть досвідченим водієм.

Звичайно, найкраще було б діагностувати автомобіль під час його руху на всіх можливих режимах роботи. На сучасних автомобілях Mitsubishi використовується бортова комп'ютерна мережа, яка має в своїй базі даних допустимі параметри, з якою вона постійно звіряє поточні значення їх. Тобто, якщо значення параметра не відповідає нормативним, то система повідомляє водія про наближення передвідмовного стану, а інколи навіть унеможливорює подальший рух. Зазвичай, така бортова система дуже дорога, вимагає великої кількості датчиків, та діагностувати усі без винятку агрегати та механізми вона не може.

Тому йдуть шляхом використання спеціальних діагностичних роз'ємів (більшість автомобілів закордонних фірм), які дають змогу діагностувати через мережу датчиків всі системи двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) та автоматичну коробку перемикачів передач, при її наявності. Разом з діагностичним роз'ємом можуть також використовуватись спеціальні електронні зчитувально-запам'ятовуючі пристрої, які зчитують коди інформації з датчиків під час руху і запам'ятовують їх. Це дозволяє отримати інформацію про стан механізмів і систем під час руху.

Виходячи з наведеного вище, актуальним є розроблення теми магістерської кваліфікаційної роботи:

«Розробка технологічного оснащення для ремонту автомобілів Mitsubishi» У роботі сформульована *мета*: обґрунтування періодичності виконання технічного обслуговування і ремонт автомобільних транспортних засобів (АТЗ) та підвищення рівня технічної експлуатації автомобілів (на прикладі підвіски легкових автомобілів Mitsubishi).

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

1. Аналіз стану питання в теорії та практиці технічного діагностування і ремонту АТЗ.
2. Дослідження типових систем ТО автомобілів і методів визначення їх періодичності.
3. Аналіз результатів досліджень надійності конструкцій підвісок легкових автомобілів.
4. Аналіз можливих технічних несправностей підвіски легкових автомобілів і обґрунтування параметрів діагностування їх.
5. Розроблення першого варіанту математичної моделі та алгоритму діагностування підвісок легкових автомобілів.
6. Розроблення теоретичної моделі визначення періодичності технічних обслуговувань підвіски легкових автомобілів.
7. Вдосконалення засобів для ремонту амортизаційного вузла автомобілів Mitsubishi .

# 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) [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

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 [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. 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 затрачається до 20 % усієї потужності, яка реалізується двигуном внутрішнього згоряння [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Для прикладу можна сказати, що в турбореактивному двигуні на тертя затрачається лише 1,5 - 2,0 % потужності. Найважливіше полягає в тому, що тертя є однією з причин зношування відповідальних деталей автомобіля.

Зношуванням називається 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 приробляння 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 і т.п. 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 і т.п.

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.

Допуском посадки називається різниця найбільшого і найменшого зазорів чи натягів. Межі (поле) 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.

У загальному випадку під час експлуатації автомобілів, на погіршення технічного стану автомобілів впливають наступні чинники:

- а) вид дорожніх покриттів та їх якість;
- б) макрорельєф і розташування доріг над рівнем моря;
- в) умови руху АТЗ (у населених пунктах і поза ними);

- г) природнокліматичний 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 обслуговування і ремонту АТЗ.

## **1.2. 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 обслуговувальних дій (РОД) є “Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту” (“Положення-98”) [Ошибка! Источник ссылки не найден.], 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.

ДСТУ 18322-98 (СТ СЭВ 5151-85) “Система технічного обслуговування і ремонту техніки. Терміни та визначення” встановлює технічні і виробничі терміни і визначення показників основних понять видів, методів і показників технічного обслуговування і ремонту **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. 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 (ремонт) - інтервал часу чи напрацювання між даним видом технічного обслуговування (ремонт) 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 НИИАТ на технічне обслуговування і ремонт одного вантажного АТЗ протягом року витрачається 750-1000 люд-год. трудовитрат **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. 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 сьогодні на автомобільному транспорті діє планово-запобіжна система планування періодичності ТО згідно з “Положенням-98” в якій 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	5 000	20 000
Автомобілі вантажні, автобуси на базі вантажних автомобілів або з використанням їх базових агрегатів, автомобілі повно приводні, причепа і напівпричепа	робочу добу незалежно від кількості робочих місць	4 000	16 000

Автомобілі Mitsubishi мають систему сервісного обслуговування, яка передбачає планово-запобіжні заходи з періодичністю 10000 км пробігу (більш старі моделі) та 15000 км пробігу чи рік експлуатації.

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 планово-запобіжної системи, регламентованої “Положенням-94, 98”, у 80-х роках професором Говорущенко М.Я. була розроблена система ОР-Д-УН – обов’язкові роботи – діагностування - усунення несправностей [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. 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 - ТО), 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.

ДСТУ 21624-91 введений в дію з 1.01.1993, покладений в основу “Положення-94” (табл. 1.2), регламентував виконання ТО для легкових автомобілів, що було усунене в “Положенні-98”.

Закордоном не передбачено чітких періодичностей ТО, зокрема, для японських автомобілів (Toyota, Nissan, Mitsubishi) не передбачено регламентування періодичності і нумерації її.

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 робочу добу незалежно від кількості робочих місць	5000	20000	10000
Автобуси		5000	20000	-
Автомобілі вантажні, автобуси на базі вантажних автомобілів або з використанням їх базових агрегатів		4000	16000	-
Причепи і напівпричепи		4000	16000	-
Автомобілі повно приводні		4000	16000	-

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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

В інтервалі від 0 до  $l_0$  ймовірність безвідмовної роботи рівна [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

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

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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

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

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

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

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

Гамма-відсоткове напрацювання на відмови  $l_\gamma$  – напрацювання, протягом якого відмова об'єкту не виникає з ймовірністю  $\gamma$ , вираженою у відсотках. Його визначають з рівняння [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

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

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 [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

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

де  $V_a$  - математичне сподівання кількості відмов за пробіг.

При обґрунтуванні режимів ТО автомобілів застосовують такі методи визначення періодичності ТО автомобілів [**Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

$$P_D\{x_i \geq l_0\} \geq R_D = \gamma, \text{ тобто } l_0 = x_\gamma, \quad (1.6)$$

де  $R_D$  – допустима ймовірність безвідмовної роботи;

$x_i$  - напрацювання на відмову;

$l_0$  - періодичність ТО;

$x_\gamma$  - 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  $\beta$  - 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* [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. 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,  $\mu$  - 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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Мінімальним витратам відповідає оптимальна періодичність ТО  $l_O$ . 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 [**Ошибка!** **Источник ссылки не найден.**]. 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 випробовувань* ґрунтується на імітації реальних випадків процесів ТО, що дає змогу прискорити випробовування, виключити вплив сторонніх факторів, різко зменшити вартість експерименту [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

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

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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

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

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 [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

В [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] 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 [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

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

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:

$$n = L^C / L^H \quad (1.16)$$

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

Наступний метод полягає в тому, що профілактичне обслуговування виконується після безвідмовної роботи  $l_0$  км пробігу [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Якщо відмова відбулася до  $l_0$ , обслуговування проводять під час усунення відмови. Момент наступного обслуговування при цьому перепланується.

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  $C_{\Pi}$ ,  $C_P$  - 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  $l_1$  пробігу, незалежно від проміжних відмов, а при виникненні відмови виконується мінімально необхідний ремонт [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

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

де  $S_{\Pi}$  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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.].  
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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. 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;

$Q_{\Pi}$  - 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.

### 1.3. Види ремонту АТЗ

За ступенем складності ремонти поділяються на поточний (ПР) і капітальний (КР) [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Поточний ремонт (ПР) передбачає часткове розбирання машин, усунення несправностей в агрегатах і вузлах, що виникають у процесі роботи машин і

припинення їх нормальної експлуатації, а також заміну окремих агрегатів, вузлів і деталей (крім базових) новими чи заздалегідь відремонтованими.

Своєчасне і якісне виконання поточних ремонтів значно скорочує потреба в проведенні капітальних ремонтів машини. Поточний ремонт включає проведення розбірних, слюсарно-механічних, зварювальних, бляхарських, електротехнічних і інших робіт.

Поточний ремонт реалізують безпосередньо на АТЗ, ремонтуючи несправні елементи, або замінюючи їх на справні.

Поточний ремонт агрегату, знятого з автомобіля під час виконання обов'язкових робіт і поточний ремонт повнокомплектного автомобіля виконують способом заміни несправних деталей на нові, крім корпусних. Реалізують на ремонтних дільницях виробничо-технічної бази автотранспортних підприємств.

При поточному ремонті машини роблять часткове розбирання двигуна з заміною деталей, які швидко зношуються, притирання клапанів, очищення від нагару головки циліндрів і днищ поршнів; очищення системи мащення і охолодження; регулювання паливної системи, гідроприводів і електроустаткування; в агрегатах трансмісії і ходової частини роблять регулювання натягу ланцюгів і приводних ременів, регулювання фрикційних і гальмових муфт [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Замаслені накладки промивають бензином, а при значному зносі переклепують. У разі потреби правлять і заварюють окремі деталі металоконструкцій, капоти, арматуру.

Капітальний ремонт (КР) машини чи агрегату полягає у відновленні їхнього технічного стану відповідно до технічних умов на ремонт, збирання та випробовування. У результаті проведення капітального ремонту повинний бути забезпечений термін служби машини чи агрегату не менш планового міжремонтного циклу [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

При капітальному ремонті проходить повне розбирання машини, відновлення всіх початкових посадок і сполучень у відповідності з вказівками

по капітальному ремонту машин, зайнятих у будівництві, і замінюються зношені агрегати і вузли новими чи заздалегідь відремонтованими.

Реалізуються капітальний ремонт на спеціалізованих ремонтних підприємствах (заводах, майстернях, цехах), можливо на спеціалізованих відділеннях та дільницях АТП: агрегатне відділення, слюсарно-механічне відділення, електротехнічне відділення, акумуляторне відділення, дільниця ремонту приладів системи живлення, шиномонтажне відділення, вулканізаційне відділення, ковальсько-ресорне відділення, мідницьке відділення, зварювальне відділення, бляхарське відділення, арматурне відділення, оббивне відділення, деревообробне відділення, відділення ремонту таксометрів і радіо ремонтне.

## 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. Будь-яка система діагностування автомобіля включає наступні взаємопов'язані елементи: об'єкт діагностування, діагностичні параметри, нормативні показники, засоби, процедуру діагностування і людину.

Розробити систему діагностування якого-небудь 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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

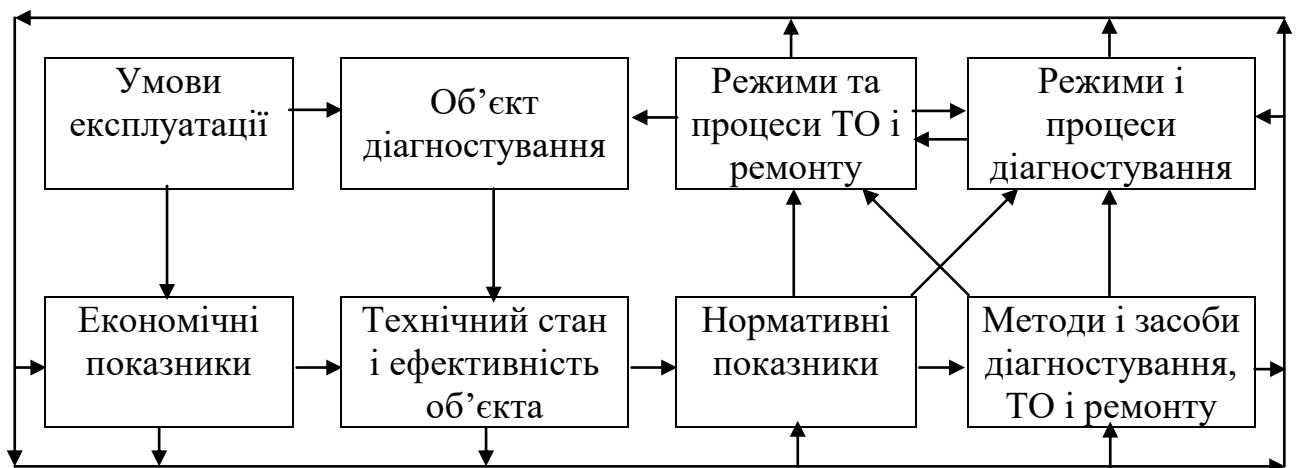


Рис. 2.1. Схема формування технологічних процесів діагностування автомобілів в умовах експлуатації

Як видно, 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.

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) [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

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. Неочікування відмови відбувається через випадкові причини, що викликають значні зміни технічного стану об'єкта.

Виходячи із змісту поняття діагностування як процесу опосередкованого виміру параметрів технічного стану, можна рахувати, що 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 багатоманіття можливих діагностичних параметрів вибирають і використовують з практичною метою лише ті параметри, які відповідають вимогам однозначності, стабільності, широти вимірювань, доступності і зручності вимірювання, інформативності і технологічності. Зміст

перерахованих вимог графічно показаний на рис. 2.2 [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

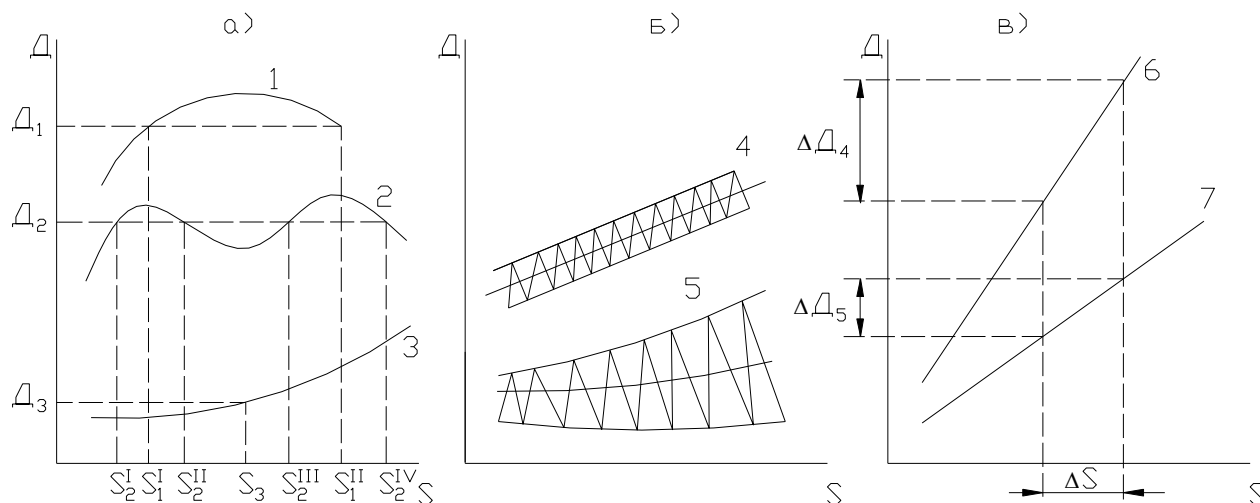


Рис. 2.2. Графічна ілюстрація основних вимог до діагностичних параметрів за: *a* – однозначністю; *б* – стабільністю; *в* – діапазоном вимірювання; 1, 2 – криві неоднозначної залежності, 3 – крива однозначної залежності, 4 – рівний коридор розсіювання, 5 – коридор розсіювання, що збільшується, 6 – крива 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  $\Delta D_4$ , ніж параметр кривої 7  $\Delta D_5$ . 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.

Класифікацію діагностичних параметрів можна подати за такою схемою (рис. 2.3) **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

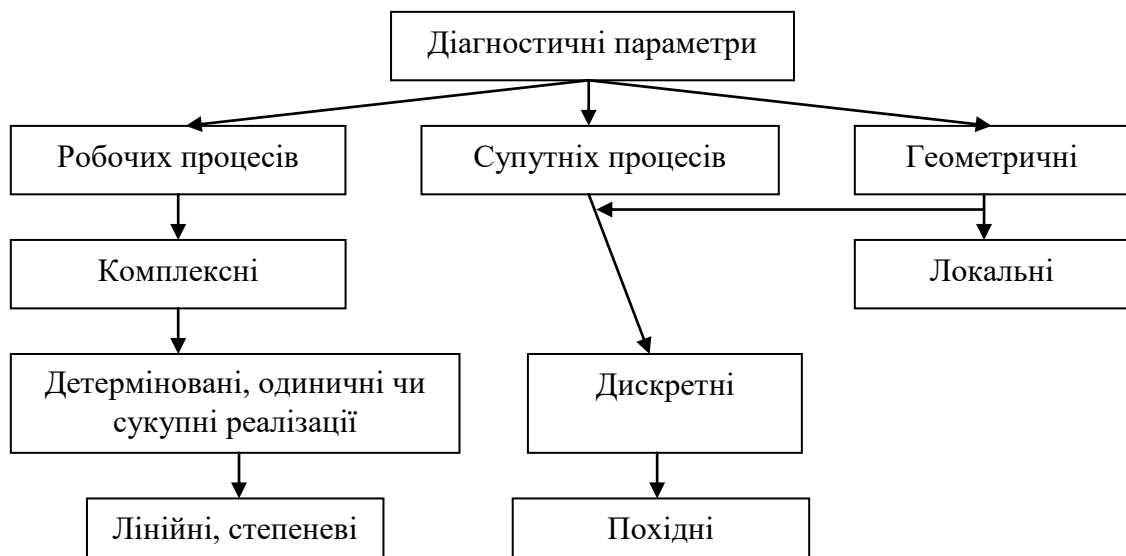


Рис. 2.3. Класифікація діагностичних параметрів

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

Чутливість  $K_{\text{ч}}$  діагностичного параметру, тобто його приріст  $dS$  при зміні  $dU$  структурного параметру, буде [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

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

Однозначність діагностичного параметру означає відсутність екстремуму ( $\frac{dS}{dU} \neq 0$ ) в діапазоні від початкового  $U_n$  до граничного  $U_{\text{гр}}$  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  $H(x)$  [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

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

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, вимірюваного 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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

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

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 весь автомобіль можна розділити на рівні (рис. 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».

Продуктивність чи кількість вантажів або пасажирів, перевезених автомобілем на визначену відстань за одну годину, за зміну, за рік залежить, крім інших причин, і від технічного стану автомобіля. Такі параметри, як потужність двигуна, тягове зусилля, інтенсивність розгону автомобіля впливають на показники продуктивності.

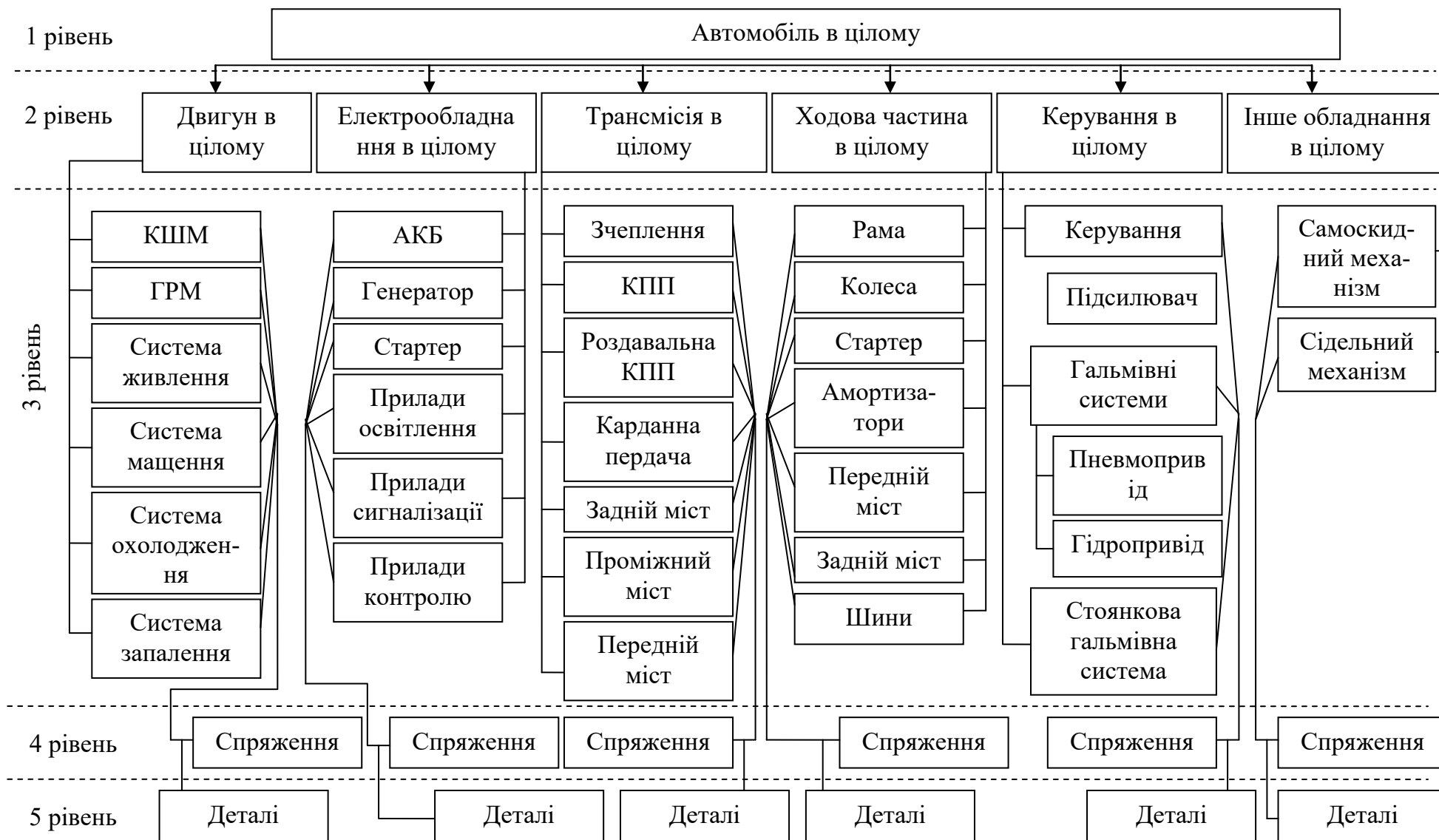


Рис. 2.4. Рівні діагностування автомобіля

Паливна економічність автомобіля характеризується витратами палива на різних режимах і залежить від технічного стану тих елементів автомобіля, які беруть участь у переміщенні автомобіля. Таким чином, знаючи тягове зусилля на колесах автомобіля, інтенсивність розгону і витрати палива на режимах холостого ходу, руху і розгону, можна судити про загальний технічний стан автомобіля.

Попередній технічний стан визначається по параметрах суб'єктивного діагностування за допомогою органів чуттів і застосування найпростіших засобів для посилення сигналу.

Інтенсивність розгону автомобіля може бути визначена на дорозі при русі на прямій передачі на мінімальній швидкості, шляхом різкого натискання на педаль керування дроселем і візуальною оцінкою часу розгону до визначеної швидкості. При цьому візуально оцінюється робота двигуна на мінімальній частоті обертання в режимі холостого ходу, герметичність систем мащення, охолодження і живлення.

Аналогічно може бути визначена величина вибігу з максимальної швидкості до нульової. за кольором відпрацьованих газів, роблять висновки про склад робочої суміші. Чорний вихлоп говорить про збагачену суміш.

На ходу автомобіля перевіряється робота зчеплення, коробки передач, трансмісії. Шуми і стукоти можуть прослухуватися стетоскопом з визначенням конкретного місця чи стукоту шуму, перевіряється гальмовий шлях, уповільнення при гальмуванні й одночасність гальмування коліс.

Для об'єктивного діагностування автомобіля в цілому, здійснюваного за допомогою контрольно-вимірювального устаткування і приладів, застосовуються стенди з біговими барабанами, оснащеними гальмовою установкою і витратомірами.

Перевірка роботи ходової частини проходить за допомогою спеціальних діагностичних засобів. Ходова частина автомобілів працює в несприятливих умовах у зв'язку з постійним контактом з поверхнею дороги і наявністю пилу і бруду. Тому при виконанні щоденного обслуговування роблять зовнішній

огляд, перевіряють затягування гайок кріплення коліс, періодично - тиск повітря в шинах. При ТО-1 визначають стан і кріплення елементів підвісок.

Основні діагностичні роботи з елементів ходової частини виконуються при ТО-2. Перевіряють відповідність кутів сходження, розвалу і повороту коліс нормативним значенням, а також кути нахилу шворнів. В елементах переднього моста визначають люфти в шкворневих з'єднаннях і підшипниках маточин керованих коліс. При нерівномірному зносі протектора шин необхідно перевірити збалансованість коліс, визначити пружність підвіски і дію амортизаторів. Причиною нерівномірного і прискореного зносу шин може бути перекося осей.

При діагностуванні ходової частини варто звертати особливу увагу на технічний стан елементів підвіски - ресор і амортизаторів. Від їхньої працездатності залежать плавність ходу, стійкість і безпека руху автомобіля. Недостатня плавність ходу втомлює водія і пасажирів, збільшує динамічні навантаження на елементи автомобіля, скорочує термін його служби і знижує продуктивність.

Установлено, що на задню і передню підвіску припадає до 10% від загального числа поточних ремонтів автомобіля.

Найбільш часто зустрічаються несправності і відмовлення підвіски: поломка ресорних листів і пружин, знос пальців і втулок ресор, знос гумового буфера - обмежувача ходу моста, знос амортизаторів, втулок стабілізаторів і т.п.

Зовнішнім проявом розглянутих відмов є поява стукотів і шумів при русі автомобіля і слабо загасаючі коливання кузова при наїзді на перешкоду.

Загальний технічний стан підвіски може бути оцінене по величині загасання коливань, викликаних, наприклад, скиданням колеса автомобіля з невеликої висоти. Загасання вільних коливань виникає внаслідок тертя листів ресори, тертя в елементах шарнірів, в амортизаторі і шинах.

При візуальному огляді елементів підвіски перевіряють:

- наявність поломок і тріщин пружин, листів ресор, кронштейнів і провушин ресор;
- люфт у сполученні важелів, стійки амортизаторів і ресор;
- зазор між кузовом і кронштейнами осей важелів передньої підвіски;
- якість гумових упорів.

Пружні властивості пружин і ресор визначають найпростішим способом - шляхом виміру спеціальною лінійкою стріли прогину.

Діагностування пружин або ресор і амортизаторів безпосередньо на автомобілі може здійснюватися за допомогою площадок чи барабаних стендів. У першому випадку колеса автомобіля встановлюються на окремі площадки, яким спеціальний збудник створює коливання у вертикальній площині. Після вимикання збудника реєструючий пристрій, записує процес загасання коливань. По величині амплітуди визначається технічний стан амортизатора й у випадку відхилень - характер несправності.

### 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА НАДІЙНІСТЮ КОНСТРУКЦІЙ ПІДВІСОК ЛЕГКОВИХ АТЗ

#### 3.1. Програма та методика проведення досліджень

На погіршення технічного стану автомобілів впливають різні чинники. Основні з них наведені у розділі 1. Дослідженню впливу на надійність кожної групи чинників присвячено достатньо уваги [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Однак, оскільки система експлуатації АТЗ – це динамічна система як з боку змін їх конструкцій, так і дорожніх умов та умов і режимів використання, закономірності зниження показників експлуатаційних властивостей АТЗ, їх технічного стану видозмінюються і, отже, вони потребують постійних подальших досліджень. Тим більше з урахуванням дії законів ринкової економіки в галузях машинобудування, автомобільного транспорту, технічного сервісу, будівництва і утримання доріг.

На основі результатів досліджень повинні коректуватися як стратегічні, так і тактичні напрями розвитку конструкцій АТЗ, автодорожньої мережі, якості дорожніх одягів тощо. Найістотніший вплив останнього на інтенсивність погіршення технічного стану легкових АТЗ проявляється на елементах їх підвісок, що напряду знижує, крім цього, рівень безпеки транспортних процесів.

Для визначення показників експлуатаційної надійності елементів підвісок легкових автомобілів у магістерській кваліфікаційній роботі було використано дані раніше проведених досліджень, які базувалися на автомобілях Mitsubishi, що експлуатуються у місті Києві.

При проведенні досліджень інформація про експлуатаційну надійність елементів їх підвісок збиралась впродовж 2022-2023 року за результатами діагностування технічного стану їх на лінії інструментального контролю станції технічного обслуговування автомобілів Mitsubishi, що на вулиці Богатирській.

Електронна діагностична лінія динамічної перевірки автомобілів фірми Bosch SDL-260 (Німеччина) забезпечує вимірювання гальмівної сили робочої і стоянкової гальмівних систем, сумарного сходження коліс обох осей і дає оцінку стану підвіски автомобіля за амплітудою коливання після гальмування. Лінія складається з вимірювальних платформ, пристрою визначення сумарного сходження коліс, спеціалізованого дисплея і принтера.

Давачі вимірюють силу, прикладену до поверхні платформи, що виникає при гальмуванні автомобіля, який випробовується. Гальмівні зусилля сканується давачами протягом всього часу гальмування і обробляється комп'ютерним блоком, при цьому значення максимальної гальмівної сили в (Н) висвітлюється на дисплеї лінії. Усі поточні значення гальмівної сили з інтервалом у 0,05 сек. видаються на принтер і показуються на роздруківці. Дисплей обладнаний колірним індикатором (червоний, жовтий, зелений) ефективності гальмування і нерівномірності гальмівних сил коліс за осями.

Величина сумарного сходження коліс кожної осі автомобіля визначається при проїзді автомобіля, який випробовується через пристрій визначення сумарного сходження коліс. Пристрій складається з 2-х установлених паралельно платформ - рухомої і нерухомої. Поперечне відхилення рухомої платформи, викликане наявністю кута сходження, вимірюється за допомогою вбудованого давача і обробляється комп'ютерним блоком. Величина сумарного сходження коліс у (мм) висвітлюється на дисплеї і роздруковується на принтері. Динамічний метод вимірів дозволяє легко визначати гальмівні зусилля навіть на автомобілях з постійним повним приводом коліс.

Інформація про динамічні коливання автомобіля після його зупинки на вимірювальних платформах роздруковується на принтері і дозволяє оцінити ефективність роботи підвіски автомобіля, який випробовується.

Швидкість автомобіля під час проходження тесту складає 5 - 10 км/год. Інформація про швидкість автомобіля, який випробовується, автоматично вимірюється і роздруковується на принтері. Введення необхідних даних і

керування лінією легко здійснюється майстром сервісу безпосередньо з автомобіля за допомогою пульта дистанційного керування.

Програма проведення досліджень включала:

а) збирання інформації про вхідні потоки СТО – час та кількість надходжень АТЗ на обслуговування (усунення несправностей та відмов), їх пробіг, особливості прояву дефектів за інформацією від водіїв;

б) діагностування підвісок АТЗ на лінії інструментального контролю і виявлення причин їх відмов;

в) опрацювання методами математичної статистики даних про вхідні потоки АТЗ на СТО та результатів діагностування елементів підвісок;

г) узагальнення отриманих результатів.

Спостереження і збір відповідної інформації виконувались від моменту прийняття автомобіля на обслуговування із спілкуванням з водієм на предмет встановлення прояву несправностей, виконання діагностичних операцій на лінії інструментального контролю й опрацювання їх результатів з розбиранням дефектних вузлів підвісок і оцінюванням їх технічного стану, до моменту завершення замінних операцій і внесення відповідних записів у комп'ютерну базу даних СТО і супроводжувальну документацію. На основі цієї бази даних отримано масиви статистик щодо експлуатаційної надійності підвісок цих АТЗ.

Були зроблені наступні висновки:

1. Процеси втрати працездатності підвісок мають випадкову природу і характеризуються нестабільністю виникнення відмов та значними дисперсією, середньоквадратичним відхиленням і коефіцієнтом варіації нерівномірності.

2. Великий діапазон розкиду цих показників за окремими конструктивними елементами підвісок та марок автомобілів вказує, очевидно, на безпосередній вплив на їх надійність низької якості дорожніх покриттів, значних кривини вуличної мережі у плані та інтенсивності транспортних потоків на ній.

3. Отримані результати можуть стати основою в обґрунтуванні відповідних інженерних рішень щодо підвищення або: а) рівня стабільності

завантаження ремонтно-технологічного і діагностичного обладнання СТО; б) параметричної надійності підвісок АТЗ; в) якості дорожніх покриттів.

4. Визначення пріоритетного напрямку руху інженерної думки щодо підвищення експлуатаційної надійності АТЗ повинно здійснюватись за показниками порівняльних характеристик “ціни їх надійності” та інвестицій на утримання і розвиток мережі автодоріг і об’єктів інфраструктури технічного сервісу автомобілів.

Згідно пункту 4 висновків у магістерській кваліфікаційній роботі здійснено додаткове опрацювання результатів досліджень для визначення оптимальної періодичності ТО підвіски легкових автомобілів “Сенс” і “Ланос” з огляду на техніко-економічний критерій, а саме на основі мінімуму затрат на виконання чергового діагностування та поточного ремонту [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

### **3.2. Особливості конструкцій підвісок досліджуваних автомобілів**

Конструкції підвісок досліджуваних автомобілів є однаковими, а їх окремі деталі не відрізняються від деталей підвіски автомобілів Mitsubishi.

Передня підвіска всіх АТЗ – незалежна, важільно-телескопічна, складається із таких основних елементів – амортизаційного стояка (переднього стояка), на якому встановлена пружина і буфер стиску (пружні елементи підвіски), кулака і важеля з штангою із кульовим шарніром.

Роль демпферного пристрою виконує гідравлічний телескопічний амортизатор. Стабілізатор поперечної стійкості представляє собою пружний П-подібний стрижень, розміщений в переді за рухом автомобіля.

Конструкція передньої підвіски автомобіля та її основні елементи показані на рис. 3.1 [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

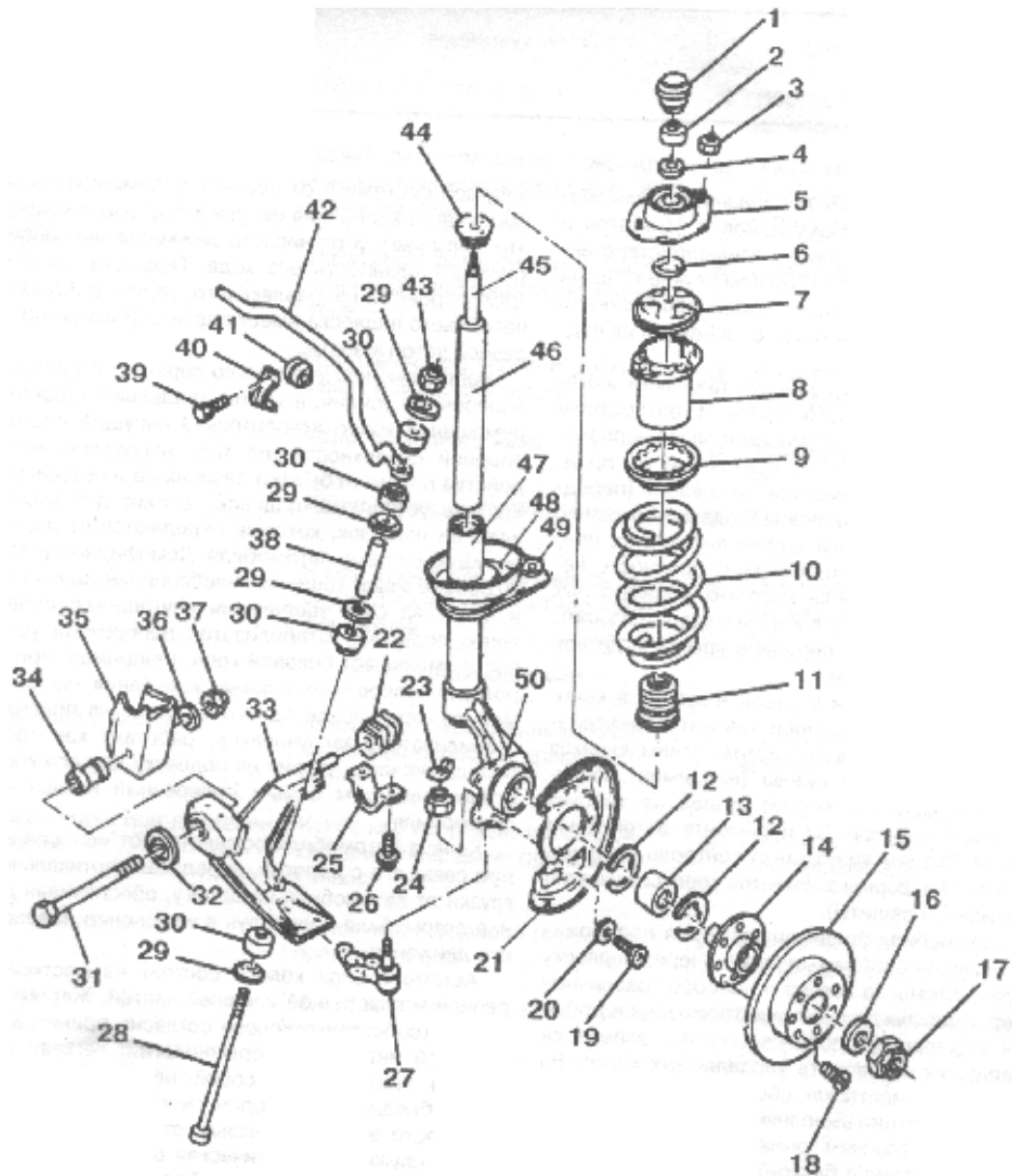


Рис. 3.1 Елементи конструкції підвіски переднього колеса автомобілів

1 - захисний ковпачок; 2, 3, 24, 37, 43 - гайки; 4, 20, 29, 32, 36 - шайби; 5 - верхня опора амортизаторної стійки; 6 - упорна шайба; 7 - пластмасова опора; 8 - захисна склянка; 9 - верхня опорна чашка; 10 - пружина підвіски; 11 - буфер ходу стиску; 12 - стопорне кільце; 13 - підшипник маточини; 14 - маточина колеса; 15 - гальмівний диск; 16 - стопорна шайба; 17 - фасонна гайка; 18, 19 - гвинт; 21 - захисний кожух; 22 - втулка заднього шарніра важеля підвіски; 23 - чека; 25, 40 - кронштейни; 26, 28, 31, 39 - болти; 27 - кульова опора; 30 - втулка стабілізатора; 33 - важіль підвіски; 34 - втулка переднього шарніра важеля підвіски; 35 - елемент корпусу кузова автомобіля; 38 - розпірна втулка; 41 -

подушка стрижня стабілізатора; 42 - стрижень стабілізатора; 44 - гайка корпусу стійки; 45 - шток; 46 - циліндр; 47 - корпус стійки; 48 - нижня опорна чашка; 49 - поворотний важіль; 50 - поворотний кулак

У верхній опорі стійки амортизаторної встановлений гумовий пружний елемент, що забезпечує хитання стійки при роботі підвіски і гасіння вібрацій, а також упорний кульковий підшипник, який служить упором верхньої опорної чашки пружини і забезпечує поворот стійки.

До середньої частини корпусу стійки приварений поворотний важіль, за який здійснюється поворот стійки, необхідний для повороту колеса при зміні напрямку руху автомобіля.

Корпус стійки виконаний разом з поворотним кулаком. До поворотного кулака кріпиться захисний кожух гальмівного диска. У середині отвору поворотного кулака за допомогою стопорних кілець закріплений дворядний підшипник маточини колеса.

Нижній кінець поворотного кулака шарнірно з'єднаний з важелем підвіски за допомогою кульової опори. Палець кульової опори закріплений у поворотному кулаку за допомогою гайки, а корпус опори приклепаний до важеля підвіски.

Задня підвіска автомобіля незалежна. Її балка складається з двох подовжніх важелів, пружно зв'язаних поперечним з'єднувачем. Важелі і з'єднувач мають У-подібний перетин; з'єднувач зміщений від осі коліс вперед і розташований поблизу шарнірних кріплень важелів до кузова автомобіля. Така конструкція балки задньої підвіски має велику жорсткість на згин і малу - на кручення, що забезпечує переміщення коліс при русі по нерівностях дороги практично незалежно один від другого. Балка підвіски виконує функцію направляючого пристрою. Пружним пристроєм є дві кручені спіральні пружини. Роль демпферного пристрою виконують гідравлічні телескопічні амортизатори. Стабілізатор поперечної стійкості являє собою пружний стрижень.

Елементи конструкції задньої підвіски автомобіля представлені на рис. 3.2.

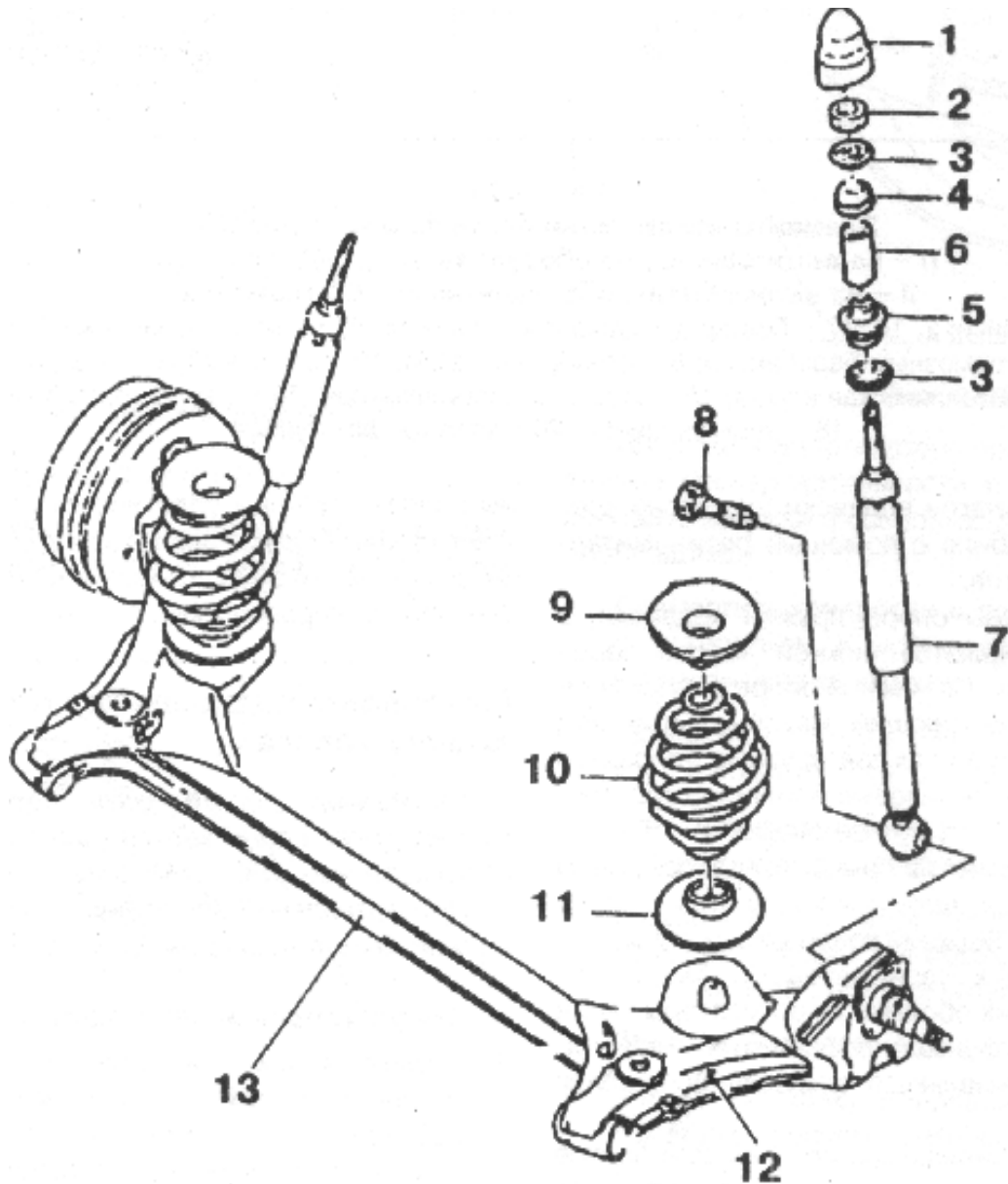


Рис. 3.2. Елементи конструкції пружного, направляючого і демпферного пристроїв задньої підвіски:

1 - захисний ковпачок; 2 - гайка; 3 - верхня (нижня) обойма подушки; 4 - верхня подушка амортизатора; 5 - нижня подушка амортизатора; 6 - втулка; 7 - амортизатор; 8 - болт; 9 - верхня опорна чашка; 10 - пружина підвіски; 11 - нижня опорна чашка; 12 - важіль; 13 - з'єднувач

### **3.3. Оцінка надійності конструкцій підвісок та визначення періодичності їх ТО**

У дослідженнях бралися до уваги лише ті конструктивні елементи підвісок, які найчастіше відмовлялися:

- амортизатор задній,
- верхня опора переднього стояка,
- кульовий шарнір передньої підвіски,
- підшипники маточин коліс.

Протягом досліджуваного періоду (1.03.09-9.09.09) на СТО надійшли автомобілі з причин дефектів у перерахованих вище за порядком конструктивних елементах у кількості 144 одиниць. З них 21 автомобіль, які мали пробіги в межах - 81000-142100 км, та 15 автомобілів – відповідно з пробігами в межах 14100-169120 км.

Основні дефекти елементів підвісок за результатами опитування водіїв – стукіт у підвісці і підтікання рідини з верхньої частини амортизаторів.

З використанням в середовищі Statistica 6.0 на основі отриманих масивів даних (додаток А) за відомою методикою було розраховано числові характеристики розподілів та побудовано гістограми розподілу пробігів автомобілів на відмови через втрату працездатності їх підвісок із спробою узгодження їх з законами розподілів.

На основі отриманого масиву статистичних даних було складено варіаційний ряд, шляхом розташування значень пробігу автомобілів Mitsubishi на відмови елементів їх підвіски у порядку зростання. Далі визначалися кількість інтервалів статистичного ряду і їх ширину, математичне сподівання, дисперсія, середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації пробігу на відмови.

Розрахунки, наприклад, для пробігу на відмови підвіски разом автомобілів Mitsubishi наведені в таблиці статистичного ряду (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Статистичний ряд розподілу пробігу автомобілів “Сенс” і “Ланос” (разом)  
на відмови елементів їх підвіски

Показники	Інтервали, $k$						Сума
	1	2	3	4	5	6	
Величина інтервалу, тис.км	13,10- 110,77	110,77- 118,44	118,44- 126,11	126,11- 133,78	133,78- 141,45	141,45- 149,12	-
Середина інтервалу, тис.км	16,935	114,605	122,275	129,945	137,615	145,285	
Частота попадання поточних пробігів в інтервали	9	6	7	4	6	4	36
Емпірична частість	0,250	0,167	0,194	0,111	0,167	0,111	1,000
Математичне сподівання пробігу на відмови, тис.км	1,734	2,434	4,331	3,327	6,269	5,032	23,6
Дисперсія пробігу на відмови, тис.км	65,55	12,104	0,141	5,165	34,984	54,553	172,5

На основі даних таблиці 3.1 визначаємо:

- математичне сподівання пробігу на відмови - 123,6 тис.км;
- дисперсія пробігу на відмови - 172,5 тис.км;
- середньоквадратичне відхилення - 113,1 тис.км;
- коефіцієнт варіації – 55,6 %.

На рис. 3.3. показано гістограми розподілу пробігів автомобілів Mitsubishi на відмови через втрату працездатності їх підвісок. На рис. 3.3, а показано спробу узгодження з розподілом Вейбула, а на рис. 3.3, б – нормальним.

Через великий розкид і нерівномірність пробігів автомобілів “Сенс” і “Ланос” на відмови узгодження їх з законами розподілу неможливе. Значення математичного сподівання пробігів на відмови для автомобілів складає 123271 км (21 автомобіль) і автомобілів– 127566 км (15 автомобілів). При коефіцієнтах варіації відповідно 69 % і 97 %.

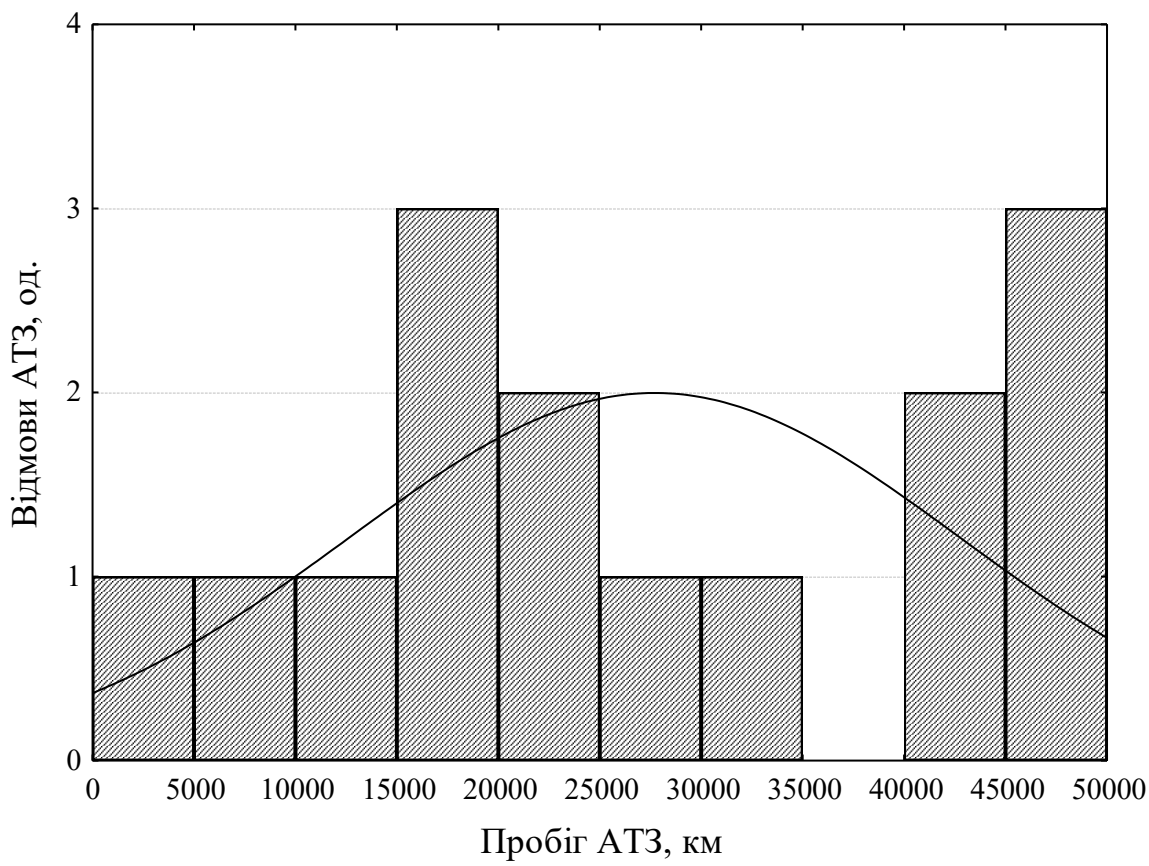
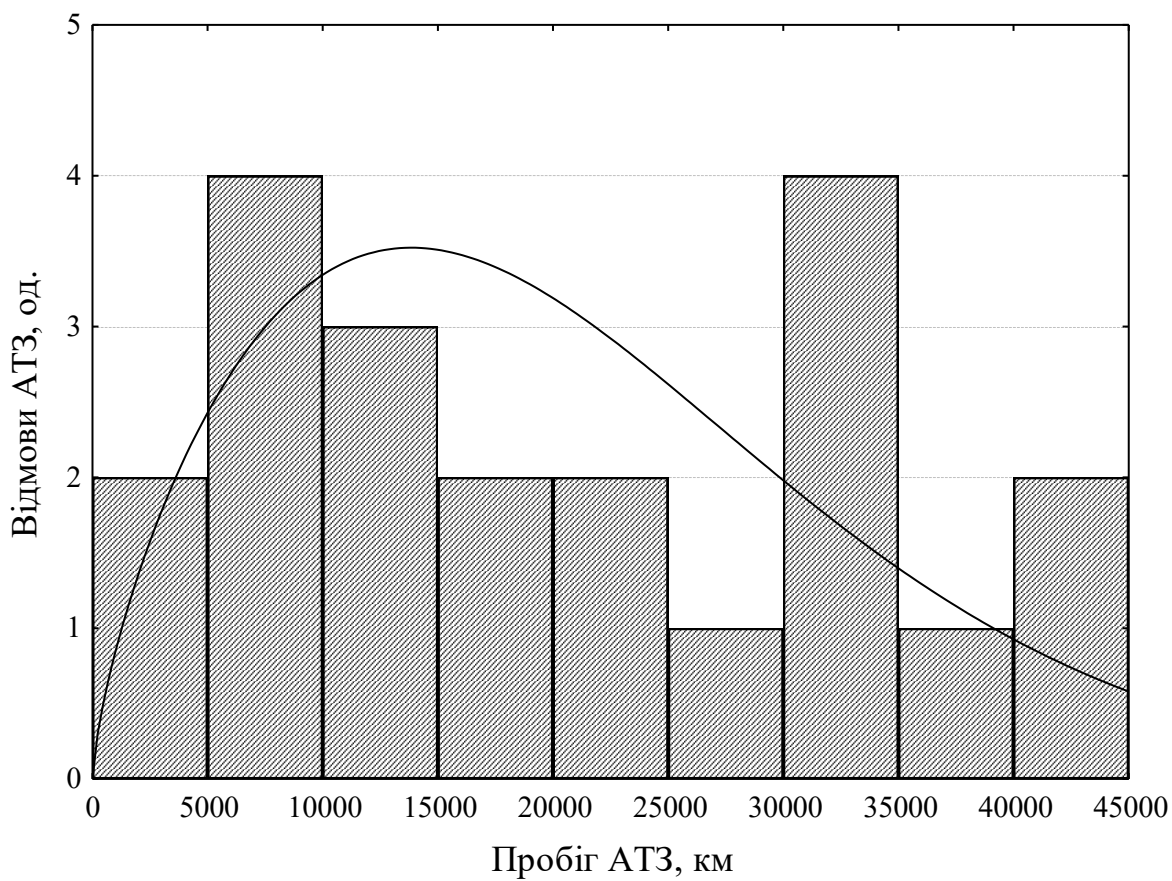


Рис. 3.3. Гістограми розподілу пробігів автомобілів на відмови через втрату працездатності їх підвісок

На рис. 3.4. показано об'єднану гістограму розподілу пробігів автомобілів Mitsubishi на відмови через втрату працездатності їх підвісок.

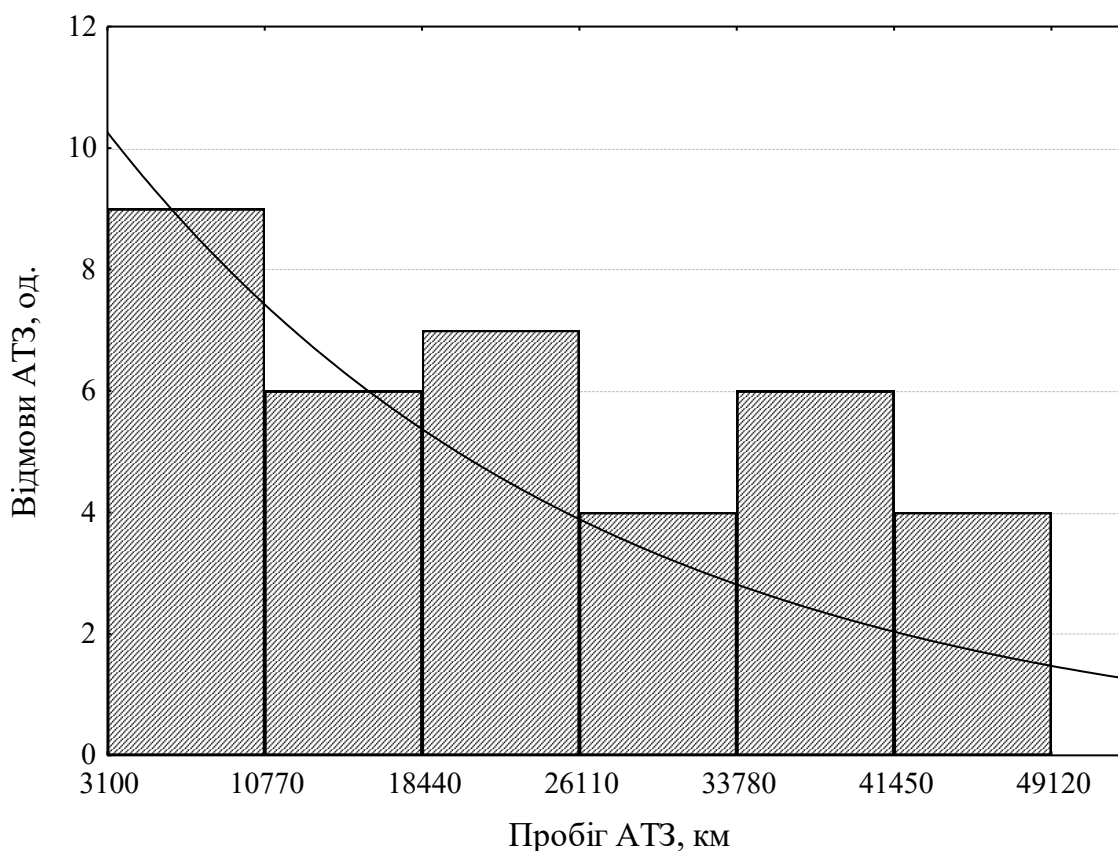


Рис. 3.4. Гістограма розподілу пробігів АТЗ автомобілів на відмови через втрату працездатності їх підвісок із узгодженням за експоненціальним законом

Результатом проведених досліджень стало отримання математичного сподівання пробігу автомобілів на відмови, яке склало 123,6 тис.км.

Результати будуть використані при плануванні оптимальної періодичності технічного обслуговування підвісок АТЗ за мінімальних сумарних затрат з критерієм оптимізації періодичності ТО з використанням мінімуму функції сумарного ризику.

Порівнювалися також аналогічні показники експлуатаційної надійності конструкцій підвісок окремих марок вітчизняних та закордонних автомобілів (табл. 3.2). За показниками розподілів інтервалів вхідних потоків лінії інструментального контролю СТО  $\bar{t}_B$  та інтенсивності відмов  $\bar{x}$

найнадійнішими є конструкції підвісок автомобілів Mitsubishi" ( $\bar{t}_B=9,38$  дн;  $\bar{x}=0,12$  од/дн).

Таблиця 3.2

Показники надійності конструкцій підвісок автомобілів

Автомобілі	Кількість АТЗ, од	Інтервали між замовленнями/щоденні надходження			
		$\bar{t}_B, \text{ дн}/\bar{x}, \text{ од/дн}$	$D_t, \text{ дн}/D_x, \text{ од}$	$\sigma_t, \text{ дн}/D_x, \text{ од}$	$v_t, \%/v_x, \%$
Аутлендер	21	6,19/0,17	96,04/45,21	9,80/26,47	158,32/155,29
Педжеро	15	9,38/0,12	172,70/62,32	13,14/20,42	140,16/170,17

## 4. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ТА АГРЕГАТІВ АТЗ ТА СКЛАДАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЇХ ДІАГНОСТУВАННЯ

### 4.1. Обґрунтування структурних параметрів систем та агрегатів АТЗ для визначення фактичного рівня їх технічного стану

Успішне розв'язання задач діагностування технічного стану автомобілів можливе за наявності науково обґрунтованих, перевірених на практиці і зручних у використанні, методів та засобів визначення технічного стану агрегатів, систем і спряжень машин та прогнозування їх ресурсу.

Для діагностування автомобіля використовують різні методи і різноманітні діагностичні засоби, які неперервно вдосконалюються завдяки новітнім досягненням науки і техніки [Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Застосування ЕОМ різко розширило можливості діагностики. Доведено, що чим досконаліші методи діагностування і засоби діагностики, тим точніше і вірогідніше буде визначений дійсний технічний стан автомобіля і залишковий ресурс його роботи.

В основі діагностування лежить встановлення зміни конструктивно-технологічних параметрів машини за рядом ознак діагностичних параметрів, які необхідно вимірювати. Вимірювання їх здійснюються за зовнішніми ознаками, які відтворюють зміну технічного стану систем і спряжень машини. Деякі зовнішні ознаки одночасно є параметрами, що характеризують робочі процеси машини [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Стосовно до АТЗ ці ознаки наступні: потужність двигуна, витрата палива чи моторної оливи, гальмівний шлях автомобіля і т.п. Вони вимірюються, як правило, під час роботи автомобіля і часто на найбільш характерних робочих режимах, що відповідають експлуатаційним режимам, чи близьких до них.

Параметри робочих процесів машини найповніше і комплексно відтворюють технічний стан агрегату, механізму чи машини в цілому [**Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Зовнішні ознаки технічного стану АТЗ – стукіт, шум, вібрація, димність, нагрів і т.п. – показують стан окремого механізму чи спряження – окремого елемента АТЗ (чи системи). Деякі з цих параметрів можуть бути виміряні в неробочому, статичному стані механізму чи системи, коли система чи механізм не виконують свої прями функції. Такі виміри легше здійснити на практиці, але вони не завжди вичерпно показують технічний стан елемента машини, який в робочому режимі під час експлуатації може відрізнитися від стану, коли механізм не працює.

Одна з особливостей діагностичних параметрів складальних одиниць механізмів і агрегатів автомобіля полягає в тому, що вони представлені як механічними, так і електричними сигналами. Стосовно ходової частини автомобіля Mitsubishi, то у його підвісці відсутні електричні сигнали, оскільки його конструкція не передбачає жодних електричних систем, наприклад, керованого рівня чи ходу підвіски, контролю за зносом шин чи тиску у них [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Діагностичні параметри, які вимірюють під час проведення діагностування, вибирають з множини принципово можливих параметрів деякої обмеженої кількості для дослідження інформативності ознак, сформованих на цих параметрах. Від правильного вибору параметрів залежить якість діагностування.

Якщо розглядати процес діагностування ходової частини автомобіля, то найскладнішим є діагностика підвіски автомобіля. Вона вимагає застосування спеціальних приладів для визначення справності її елементів і правильної постановки діагнозу. Про це засвідчує велика кількість несправностей щодо ходової частини автомобіля (табл. 4.1).

Звичайно, велика кількість ознак ускладнює процес діагностування і вимагає складних діагностичних засобів, які повинні в своїй пам'яті мати допустимі числові значення параметрів технічного стану. В таблиці 4.2 подані значення основних даних для регулювання і контролю підвіски автомобілів сімейства [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Таблиця 4.1.

Основні ознаки несправностей, можливий діагноз і прилади для перевірки ходової частини автомобіля

Вид	Ознака несправності	Діагноз (несправність)	Прилад для перевірки
Ходова частина автомобіля	Плямистий знос шин передніх коліс	<ul style="list-style-type: none"> <li>- незадовільна робота передніх амортизаторів;</li> <li>- послаблені різьбові з'єднання кріплення передньої підвіски;</li> <li>- значний від'ємний кут поздовжнього нахилу осі повороту передніх коліс;</li> <li>- значний дисбаланс керованих коліс;</li> <li>- значний зазор у підшипниках маточини керованих коліс;</li> <li>- биття гальмівного диску;</li> <li>- значне радіальне чи осьове биття шин;</li> <li>- значний знос втулок важеля підвіски;</li> <li>- значне від'ємне чи додатне сходження керованих коліс.</li> </ul>	Bosch SDL-260, балансувальний стенд

	Зношення центральної частини протектора	- експлуатація шин при підвищеному тиску у шинах	Манометр
--	--	---	----------

Продовження табл. 4.1.

Вид	Ознака несправності	Діагноз (несправність)	Прилад для перевірки
Ходова частина автомобіля	Зношення зовнішніх частин протектора	- експлуатація шин при пониженому тиску у шинах; - неправильна робота кермової трапеції.	Манометр, ПКО-4
	Конусне зношення шин керованих коліс	- великий розвал коліс при збільшеному сходженні керованих коліс	Bosch SDL-260
	Прискорене зношення шин керованих коліс	- велике сходження керованих коліс	Bosch SDL-260
	Зношення шин задніх коліс з правої частини	- задній міст повернений за годинниковою стрілкою	Bosch SDL-260
	Зношення шин задніх коліс з лівої частини	- задній міст повернений проти годинникової стрілки	Bosch SDL-260

	Зношення внутрішніх частин протектора коліс заднього моста	- балка заднього моста деформована так, що колеса мають великий від'ємний розвал	Bosch SDL-260
	Слід від задніх і передніх коліс не співпадає	- задній міст зміщений	Bosch SDL-260

Продовження табл. 4.1.

Вид	Ознака несправності	Діагноз (несправність)	Прилад для перевірки
Ходова частина автомобіля	Зношення зовнішніх частин протектора коліс заднього моста	- балка заднього моста деформована так, що колеса мають великий додатній розвал	Bosch SDL-260
	Зношення шин коліс заднього моста рівномірний, але пришвидшений відносно переднього моста	- балка заднього моста деформована так, що наявне сходження задніх коліс	Bosch SDL-260

	Автомобіль на великій швидкості відводить то вліво, то вправо	- задній міст зміщений	Bosch SDL-260
	Автомобіль відводить вліво або вправо	- різний кут поздовжнього нахилу осі повороту передніх коліс; - різний розвал передніх коліс	Bosch SDL-260

Продовження табл. 4.1.

Вид	Ознака несправності	Діагноз (несправність)	Прилад для перевірки
Ходова частина автомобіля	Крен кузова	- поломка витків пружини з того боку, куди нахилений кузов; - залишкова деформація пружин	Візуально
	Підтікання рідини із амортизаторів	- усадка ущільнюючого кільця резервуара чи послаблення затягування гайки; - знос гумових сальників штока; - задири або риси на штоці; - знос штока; - недостатня кількість рідини	Візуально

	Постійні пробої задньої підвіски і удари при переїзді нерівностей	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перевантажений автомобіль;</li> <li>- пружини втратили пружність;</li> <li>- поломка витків пружини;</li> <li>- незадовільна робота амортизаторів</li> </ul>	Bosch SDL-260
	Пробої які супроводжують ся металевими стуками	<ul style="list-style-type: none"> <li>- пошкоджені гумові відбійники, які обмежують хід підвіски</li> </ul>	Візуально

Продовження табл. 4.1.

Вид	Ознака несправності	Діагноз (несправність)	Прилад для перевірки
Ходова частина автомобіля	Скрип у передньому мості	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знос гумових втулок;</li> <li>- відсутність змащення в кульових шарнірах</li> </ul>	Візуально
	На великій швидкості кермо вібрує	<ul style="list-style-type: none"> <li>- великий дисбаланс передніх коліс;</li> <li>- змінені кути встановлення передніх коліс</li> </ul>	Bosch SDL-260, балансувальний стенд
	Незадовільне зусилля при ході віддачі	<ul style="list-style-type: none"> <li>- нещільне прилягання клапана віддачі;</li> <li>- поломка чи надмірний знос ущільнюючих кілець;</li> <li>- задири на поршні, кільцях чи циліндрі</li> </ul>	Візуально

Незадовільне зусилля при ході стиску	<ul style="list-style-type: none"> <li>- деформація тарілки великого клапана;</li> <li>- наявність нерівностей під тарілку на корпусі клапана стиску;</li> <li>- нещільне перекриття клапана стиску</li> </ul>	Візуально
Стуки і скрипи в амортизаторі	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ослаблення кріплення або не співпадають осі кріплення;</li> <li>- зavelика кількість рідини в амортизаторі;</li> </ul>	Візуально

Таблиця 4.2.

Основні дані для регулювання і контролю підвіски автомобілів сімейства

Назва параметру технічного стану	Значення параметра
Передня підвіска	
Відстань від опорної поверхні до передньої частини важеля, мм	195
Відстань від опорної поверхні до задньої частини важеля, мм	191
Кут розвалу передніх коліс	-1°10'...20'
Різниця між кутами розвалу передніх коліс	1°
Кут сходження передніх коліс (завантаження автомобіля – 2 особи)	-10'...10'
Кут поздовжнього нахилу осі повороту колеса (кермове колесо без підсилювача)	30'...2°30'

Кут поздовжнього нахилу осі повороту колеса (кермове колесо з підсилювачем)	1°45'...3°45'
Різниця між кутами поздовжнього нахилу осі повороту передніх коліс, не більше	1°
Задня підвіска	
Довжина різи штока амортизатора над торцем гайки кріплення, мм	9,0
Кут розвалу задніх коліс	-2°...-1°10'
Різниця між кутами розвалу задніх коліс	30'
Кут сходження задніх коліс (завантаження автомобіля – 2 особи)	-10'...40'
Різниця між кутами сходження задніх коліс, не більше	15'

Аналізуючи дані таблиці 4.1, всі параметри технічного стану (структурні параметри), зміна яких призводить до виникнення несправності, можна розділити на групи, в залежності від способу їх вимірювання: ті, що вимірюються зносами, градусами та тиском. Тут одразу помітна різниця між контролем тиску у шинах і визначенні інших показників.

Можна зробити висновок, що для підвіски легкового автомобіля основними показниками технічного стану механізму є величини зносу його елементів. Це не дає змогу виміряти їх без розбирання механізму, тому вимагає застосування складних технічних засобів.

Зазвичай вплив параметрів на технічний стан системи є різний, тому з всіх параметрів необхідно виділити ті, що найбільш впливають на зміну працездатності системи.

#### **4.2. Формулювання робочої гіпотези щодо вибору параметрів діагностування систем та агрегатів АТЗ**

Як показують дані попереднього підрозділу (табл. 4.1, 4.2), для визначення технічного стану підвіски легкового автомобіля використовують 12 параметрів діагностування.

Відхилення кожного з них від нормативних меж засвідчує відповідний рівень зниження технічного стану і, очевидно, зниження працездатності підвіски АТЗ.

При організації технологічного процесу діагностування ставиться задача раціональної мінімізації числа контрольно – вимірювальних операцій, підвищення точності вимірювання діагностичних параметрів і, відповідно, встановлення діагнозу [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. При цьому потрібно дотримуватись загальної умови мінімізації витрат на експлуатацію, обслуговування і ремонт об'єкту, що діагностується.

Як вказувалось в розділі 1, технічне діагностування направлене на вирішення 3-х основних задач: визначення працездатності об'єкта, виявлення і усунення відмови й несправності, визначення залишкового ресурсу. Кожному з 3-ох випадків відповідає визначений методологічний підхід, що забезпечує побудову свого алгоритму діагностування.

Побудові алгоритму діагностування передуює аналіз статистичних даних на відмовах і несправностях, що найчастіше повторюються. На основі даних аналізу розробляють структурні схеми за ланцюгом:

об'єкт, що діагностується (автомобіль) – агрегат – система, механізм – вузол – елемент – структурний параметр.

Число ланок у ланцюзі в кожному конкретному випадку (в залежності від системи і агрегату) може мінятися. Кожна ланка визначає рівень пошуку чи технологічного кроку, спрямованого на встановлення несправності. Наприклад, в наведеній на рис. 4.1. спрощені схемі рівнів алгоритму діагностування АТЗ при пошуку несправності їх 7.

Ці рівні укрупнені стосовно підвіски автомобіля, решту систем і механізмів упущено:

- перший (найвищий) рівень пошуку передбачає визначення загального технічного стану автомобіля;
- другий рівень пошуку включає в себе контроль основних агрегатів автомобіля: 1.1 – двигун; 1.2 – ходова частина; 1.3 – коробка передач; 1.4 – гальмівна система; 1.5 – трансмісія; 1.6 – кузов;
- на третьому рівні здійснюється пошук несправностей по вузлах, механізмах і системах окремих агрегатів: 2.1 – рама (несучий кузов) автомобіля; 2.2 – колеса; 2.3 – підвіска; 2.4 – мости;
- четвертий рівень відповідає контролю основних вузлів, з яких складається механізм, що діагностується (в окремих випадках допускається агрегат) або система, наприклад, для передньої підвіски: 3.1 – важіль підвіски в зборі; 3.2 – стійка передньої підвіски в зборі; 3.3 – стабілізатор поперечної стійкості в зборі; 3.4 – маточина колеса в зборі;

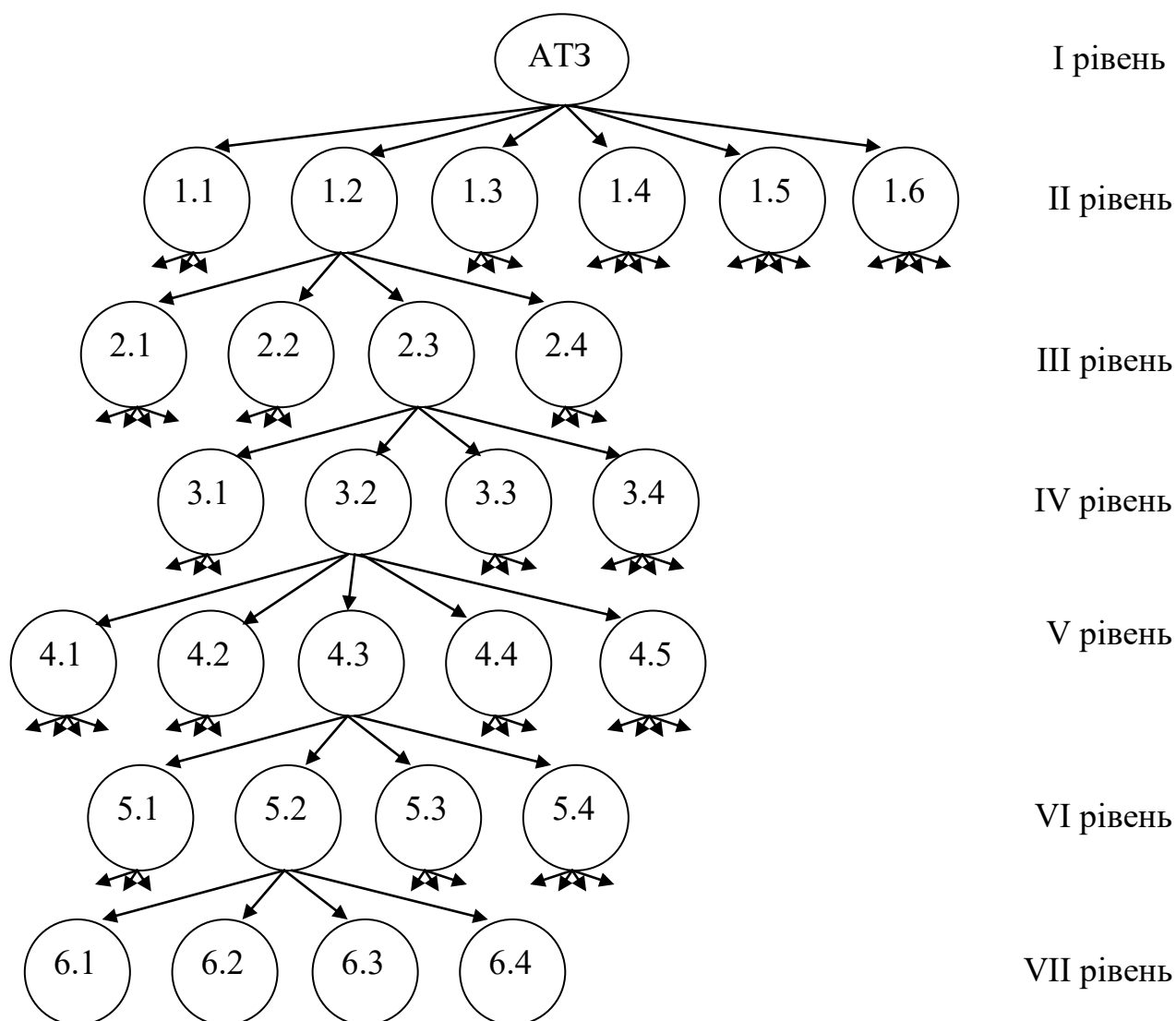


Рис. 4.1. Спрощена схема рівнів алгоритму діагностування АТЗ при пошуку несправності

- на п'ятому рівні контролюють деталі систем і механізмів, за якими в процесі експлуатації спостерігається найбільше число відмов і несправностей: 4.1 – верхня опора амортизаційної стійки; 4.2 – пружина; 4.3 – амортизатор; 4.4 – нижня опорна чашка; 4.5 – верхня опорна чашка;
- шостому рівню відповідає контроль елементів і спряжень, що визначаються на основі аналізу статистичних даних із врахуванням критеріїв експлуатаційної надійності: 5.1 – клапан віддачі - сідло; 5.2

- ущільнююче кільце - шток; 5.3 – ущільнююче кільце - циліндр; 5.4 – клапан стику - сідло;
- на цьому рівні контролюють структурні параметри, які визначають технічний стан системи чи механізму: 6.1 – задири на поверхні штока; 6.2 – цілісність ущільнюючого кільця; 6.3 – геометричні розміри ущільнюючого кільця; 6.4 – геометричні розміри штока (діаметр, конусність, овальність).

В складніших схемах, подається взаємозв'язок між структурними і діагностичними параметрами, який дозволяє за зміною діагностичного параметру визначити в яких деталях відбулася відмова чи несправність. Мабуть, такі схеми вимагатимуть опрацювання великої кількості статистичних даних і складних діагностичних засобів для зчитування параметрів.

Важливим у скороченні тривалості, трудомісткості та вартості діагностування буде вибір обмеженої кількості параметрів діагностування, зняття фактичних показників яких і порівняння з нормативними, повинні дати однозначну відповідь щодо регулювань (заміни, ремонту) систем в цілому **[Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Отже, можна висунути таку гіпотезу: існує один або декілька параметрів технічного стану (структури) у системах, які функціонально і однозначно впливають на якість перебігу робочих процесів у системах. Серед всієї сукупності структурних параметрів ці декілька, за умови використання відповідних технічних засобів діагностування, бази знань і бази даних дадуть змогу оперативно прийняти рішення щодо подальших ремонтно-обслуговувальних та діагностувальних дій.

В загальному прийнято, що для повної перевірки підвіски автомобіля необхідно провести наступні операції **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**:

1. Сходження передніх і задніх коліс;

2. Розвал передніх і задніх коліс;
3. Кути поздовжнього нахилу осі повороту передніх коліс;
4. Різниця між кутами поздовжнього нахилу осі повороту передніх коліс;
5. Відстань від опорної поверхні до задньої частини важеля;
6. Відстань від опорної поверхні до передньої частини важеля;
7. Стан втулок стабілізатора передніх коліс;
8. Стан втулок важеля підвіски передніх коліс;
9. Стан кульових шарнірів передніх коліс;
10. Стан підшипників маточин передніх і задніх коліс;
11. Стан амортизаторів передніх і задніх коліс;
12. Стан верхніх і нижніх опор стояків передніх і задніх коліс;
13. Стан пружин підвіски передніх і задніх коліс.

Кути розвалу передніх і задніх коліс та поздовжнього нахилу осі повороту передніх коліс не регулюються, а їх номінальні значення досягаються заміною відповідних деталей.

Звичайно, перевірка, регулювання і визначення всіх цих параметрів вимагає значних зусиль і затрат. Тому необхідно зменшити кількість перевірок, але, одночасно, не зменшуючи інформативності проведення діагностування.

Отже, з урахуванням висунутої гіпотези, з всієї вибірки діагностичних параметрів, виділяємо найосновніші:

- сходження передніх коліс;
- розвал передніх коліс;
- стан амортизаторів передніх і задніх коліс;
- стан підшипників маточин передніх і задніх коліс.

Кожен з цих параметрів характеризує декілька параметрів технічного стану і впливає на показники роботи підвіски автомобіля Daewoo “Ланос”.

На мою думку, саме за допомогою цих чотирьох діагностичних параметрів можна оцінювати стан підвіски легкового автомобіля Daewoo “Ланос” – справний чи несправний. Ці чотири діагностичних параметри охоплюють всю

номенклатуру структурних параметрів. Таким чином, контролюється загальний стан підвіски автомобіля.

Загальний вигляд алгоритму діагностування, згідно з висуненою гіпотезою зображений на рис. 4.2.

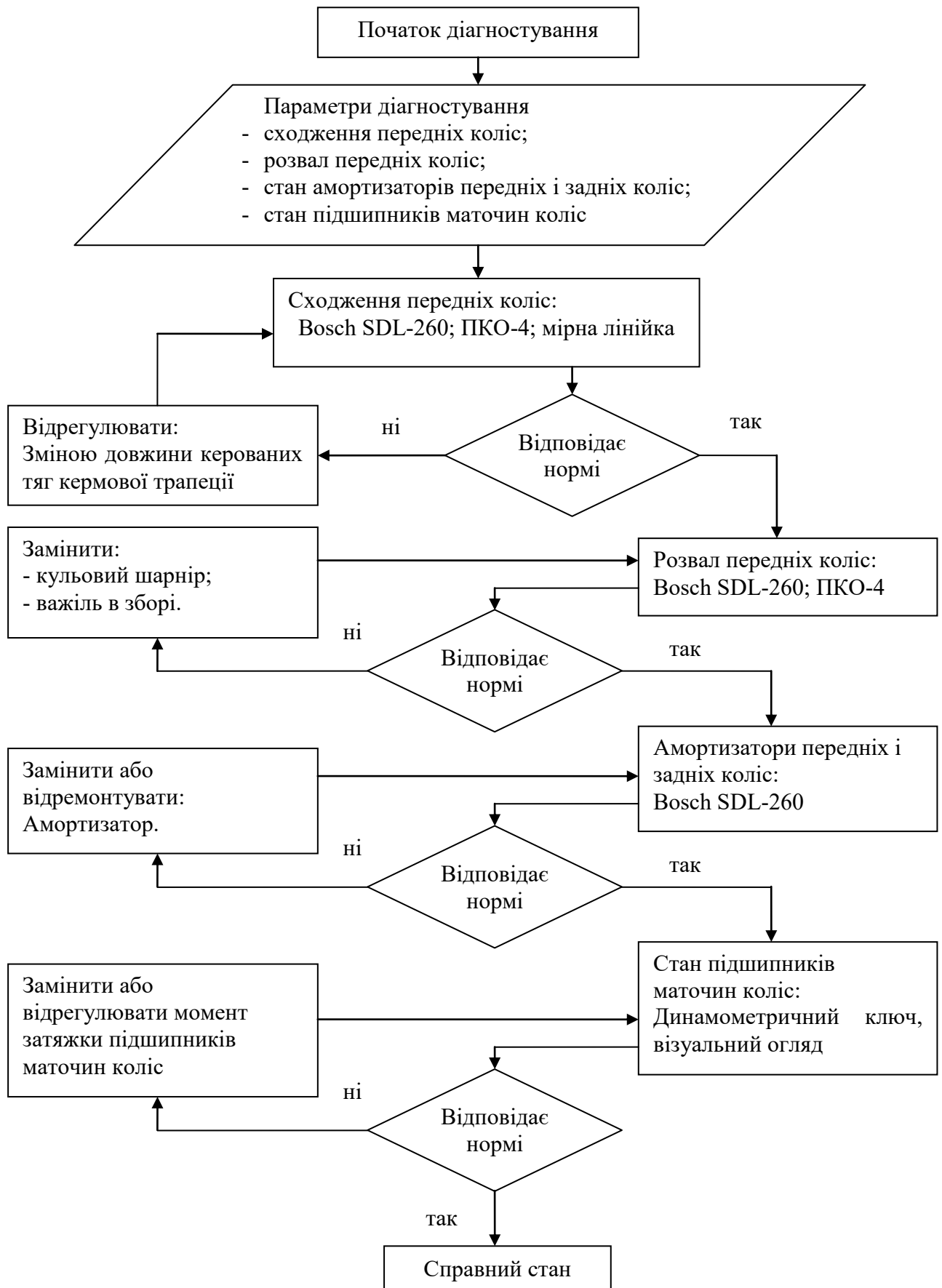


Рис. 4.2. Алгоритм пошуку несправності згідно висуненої гіпотези

### 4.3. Формалізація станів складальних одиниць систем та складання математичної моделі їх діагностування (матричний підхід) на прикладі підвіски АТЗ

Моделювання складної системи як єдиного цілого здійснити переважно не вдається через її складність. Тому під час моделювання в системі виділяють елементи, які надалі розглядаються як неподільні одиниці; неперервною незалежною змінною залишається тільки час.

Поведінку більшості фізичних підсистем можна охарактеризувати за допомогою фазових змінних. Фазова змінна - це величина, що характеризує фізичний або інформаційний стан модельованого об'єкта.

Так, в електричній підсистемі фазовою змінною є струми і напруги, у механічній - сили і швидкості. Закони функціонування елементів підсистеми задаються компонентними рівняннями, які описують зв'язок фазової змінної різного типу для кожного елемента технічної системи. У більшості фізичних підсистем можна виділити три типи найпростіших елементів:

- елементи дисипації (розсіювання) енергії (елементи типу опір  $R$ ),
- елементи накопичення потенціальної енергії (елементи типу  $C$ );
- елементи накопичення кінетичної енергії (відповідно елементи типу  $I$ ).

Сукупність цих елементів і джерел фазових змінних типу напруги (падіння потенціалів)  $E$  та потоку  $I$  може виступати в ролі об'єктів математичної моделі технічної системи практично довільного рівня складності.

Аналогії між внутрішніми компонентами і фазовими змінними підсистем технічних систем різної фізичної природи наведені в табл. 4.3.

Конструкція підвіски вимагає використання не тільки компонентів і фазових змінних механічної поступальної (пружина, важіль, стабілізатор, кермова трапеція, кульовий шарнір) та обертової підсистем (підшипник маточини), а і гідравлічної підсистеми (амортизатор).

Тепловим потоком при терті у елементах розсіювання енергії (амортизатор і пружина) на даному етапі можна знехтувати.

## Компоненти і фазові змінні підсистем технічних систем

Підсистема	Фазові змінні		Компоненти		
	Сила	Швидкість	Опір тертя	Маса	Пружність
Механічна поступальна	Сила	Швидкість	Опір тертя	Маса	Пружність
Електрична	Струм	Напруга	Опір	Ємність	Індуктивність
Механічна обертальна	Момент сил	Кутова швидкість	Опір тертя	Момент інерції	Обертальна гнучкість
Гідравлічна/ пневматична	Розхід рідини/ газу	Тиск	Опір тертя	Гідравлічна ємність	Гідравлічна індуктивність
Теплова	Тепловий потік	Температура	Тепловий опір	Теплоємність	Немає фізичного змісту

На підставі аналізу літературних джерел, за основу математичного відтворення особливостей функціонування підвіски автомобіля було вирішено взято матричний підхід, який дозволяє визначати присутність одиничних і кратних дефектів в лінійних електричних колах.

Метод розрахований на електричні кола, що складаються з резисторів, кількість яких практично необмежена. Глибина діагностування визначається числом доступних вузлів електричного кола.

Було запропоновано замінити механічно-гідравлічну підсистему підвіски на еквівалентну електричну для подальшого застосування матричного підходу. Покажемо метод на прикладі визначення справності передньої підвіски легкового автомобіля.

Представимо принципову спрощену схему передньої підвіски легкового автомобіля “Ланос” та еквівалентну їй принципово електричну схему передньої підвіски у вигляді опорів із джерелом живлення (рис. 4.1):

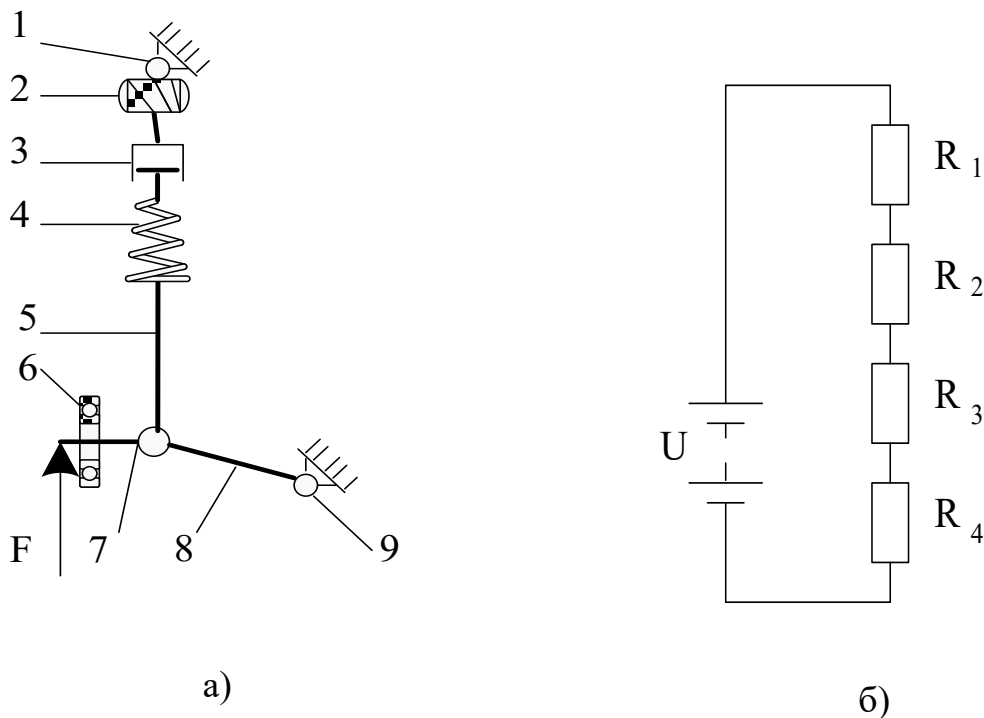


Рис. 4.3. Принципова спрощена схема передньої підвіски легкового автомобіля Mitsubishi (а) та еквівалентна їй принципова електрична схема передньої підвіски у вигляді опорів із джерелом живлення (б) (розшифрування позначень у тексті)

На рис. 4.3, а прийнято такі позначення: 1 – верхня опора амортизаторної стійки, 2 - верхня опорна чашка, 3 - амортизатор, 4 - пружина підвіски, 5 – корпус амортизаторної стійки, 6 - підшипник маточини, 7 - поворотний кулак, 8 – важіль, 9 - втулка переднього шарніра важеля підвіски;  $F$  – сила, яка діє від нерівностей дороги.

На рис. 4.3, б прийнято такі еквівалентні електричні позначення:  $R_1$  – еквівалентний електричний опір верхня опорної чашки,  $R_2$  – еквівалентний електричний опір амортизатора,  $R_3$  – еквівалентний електричний опір пружини підвіски,  $R_4$  – еквівалентний електричний опір підшипника маточини;  $U$  – еквівалентна електрична напруга, яка діє від нерівностей дороги.

Звичайно, врахувати всі опори неможливо і для наочності методу непотрібно. Тому на рис. 4.3 показана принципова схема опорів, на якій  $R_1$  –

опір вимикача,  $R_2$  – додатковий опір,  $R_3$  – опір провідників,  $R_4$  – опір первинного кола котушки запалення.

Для зручності розрахунків прийємо наближені значення:  $R_1 = 2$  Ом,  $R_2 = 0,5$  Ом,  $R_3 = 0,5$  Ом,  $R_4 = 1$  Ом.

Процедура пошуку дефектів включає 2 етапи:

А. Підготовчий етап.

1. Задаємося кратністю дефекту  $k = 1$ , пошук якого буде здійснюватися.
2. Вибірково вибираються пари контрольних виводів ( $n$ ). Їх число повинно перевищувати кратність дефекту ( $n > k$ ), тому  $n = 2$  (рис. 4.4).

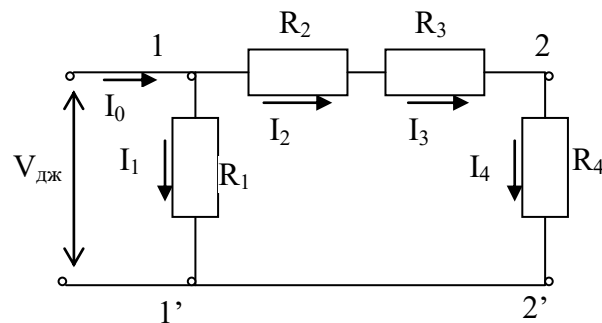


Рис. 4.4. Принципова еквівалентна електрична схема для визначення справності підвіски:  $V_{дж}$  – напруга тестера,  $V_{дж} = 5$  В (реально джерело збурення),  $I_0, I_1, I_2, I_3, I_4$  – номінальні значення сили струму, на відповідних елементах підвіски

3. Виходячи з номінальних значень елементів кола, вираховуються номінальні значення напруги на вибраних парах контрольних виводів ( $V^{01}, V^{02}, \dots, V^{0n}$ ) при заданій напрузі:

$$V^{01} = V_{дж} = 5 \text{ В};$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = V^{01} / R_1 = 5 / 2 = 2,5 \text{ А};$$

$$V^{02} = I_4 R_4 = 2,5 \cdot 1 = 2,5 \text{ В}$$

4. Здійснюється перехід до спряженої схеми (рис. 4.5).

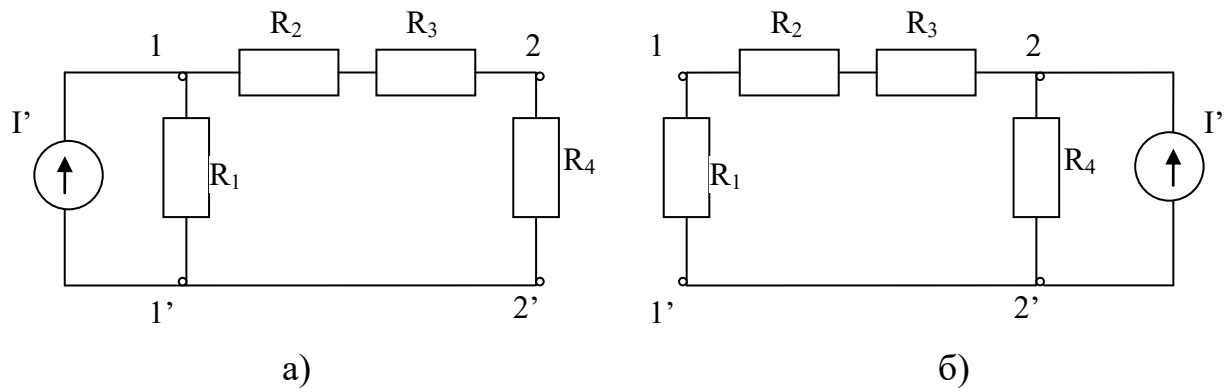


Рис. 4.5. Спряжена схема:

а – під'єднання одиничного джерела струму до виводів 1-1'; б – під'єднання одиничного джерела струму до виводів 2-2'

5. Рахуючи, що одиничне джерело струму по чергово під'єднується до пар контрольних виводів, вираховуються значення напруг на всіх елементах електричного кола ( $V_1, V_2, \dots, V_p$ ), де  $p$  – число елементів кола.

Знаходимо значення напруги, якщо одиничне джерело під'єднання до виводів 1-1':

$$V_{11} = 1 \text{ В}$$

$$V_{21} = 1/4 \text{ В}$$

$$V_{31} = 1/4 \text{ В}$$

$$V_{41} = 1/2 \text{ В}$$

Знаходимо значення напруги, якщо одиничне джерело під'єднання до виводів 2-2':

$$V_{12} = 1/2 \text{ В}$$

$$V_{22} = 1/8 \text{ В}$$

$$V_{32} = 1/8 \text{ В}$$

$$V_{42} = 1/4 \text{ В}$$

6. Із отриманих значень напруг складаємо матриці  $Z$ , розмірністю  $n \cdot k$ . Число таких матриць дорівнює числу комбінацій можливих дефектів з заданою кратністю:

$$Z^{13} = \begin{vmatrix} 1 & 1/4 \\ 1/2 & -1/8 \end{vmatrix} \qquad Z^{14} = \begin{vmatrix} 1 & 1/2 \\ 1/2 & -1/4 \end{vmatrix}$$

$$Z^{23} = \begin{vmatrix} 1/4 & 1/4 \\ -1/8 & 1/8 \end{vmatrix} \qquad Z^{24} = \begin{vmatrix} 1/4 & 1/2 \\ -1/8 & 1/4 \end{vmatrix}$$

$$Z^{34} = \begin{vmatrix} 1/4 & 1/2 \\ -1/8 & 1/4 \end{vmatrix} \qquad Z^{12} = \begin{vmatrix} 1 & 1/4 \\ 1/2 & -1/8 \end{vmatrix}$$

7. Для всіх матриць  $Z$  визначається вираз

$$Z = Z (Z^T \cdot Z)^{-1} Z^T$$

$$Z^{12} = \frac{1}{8} \cdot \begin{vmatrix} 8 & 2 \\ 4 & -1 \end{vmatrix} \cdot 64 \cdot \left( \begin{vmatrix} 8 & 4 \\ 2 & -1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 8 & 2 \\ 4 & -1 \end{vmatrix} \right)^{-1} \cdot \frac{1}{8} \cdot \begin{vmatrix} 8 & 4 \\ 2 & -1 \end{vmatrix} = \frac{1}{256} \cdot \begin{vmatrix} 560 & 200 \\ 1160 & -52 \end{vmatrix}$$

$$Z^{13} = \frac{1}{8} \cdot \begin{vmatrix} 8 & 2 \\ 4 & -1 \end{vmatrix} \cdot 64 \cdot \left( \begin{vmatrix} 8 & 4 \\ 2 & -1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 8 & 2 \\ 4 & -1 \end{vmatrix} \right)^{-1} \cdot \frac{1}{8} \cdot \begin{vmatrix} 8 & 4 \\ 2 & -1 \end{vmatrix} = \frac{1}{256} \cdot \begin{vmatrix} 560 & 200 \\ 1160 & -52 \end{vmatrix}$$

$$Z^{14} = \frac{1}{4} \cdot \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & -1 \end{vmatrix} \cdot 16 \cdot \left( \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & -1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & -1 \end{vmatrix} \right)^{-1} \cdot \frac{1}{4} \cdot \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & -1 \end{vmatrix} = \frac{1}{16} \cdot \begin{vmatrix} 8 & 0 \\ 16 & 0 \end{vmatrix}$$

$$Z^{23} = \frac{1}{8} \cdot \begin{vmatrix} 2 & 2 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} \cdot 64 \cdot \left( \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 2 & 2 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} \right)^{-1} \cdot \frac{1}{8} \cdot \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = \frac{1}{16} \cdot \begin{vmatrix} 22 & 6 \\ 3 & 19 \end{vmatrix}$$

$$Z^{24} = \frac{1}{8} \cdot \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} \cdot 64 \cdot \left( \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ 4 & 2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} \right)^{-1} \cdot \frac{1}{8} \cdot \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} = \frac{1}{64} \cdot \begin{vmatrix} 216 & 100 \\ 150 & 113 \end{vmatrix}$$

$$Z^{34} = \frac{1}{8} \cdot \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} \cdot 64 \cdot \left( \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ 4 & 2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} \right)^{-1} \cdot \frac{1}{8} \cdot \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} = \frac{1}{64} \cdot \begin{vmatrix} 216 & 100 \\ 150 & 113 \end{vmatrix}$$

8. По обрахованих значеннях  $Z$  всі можливі дефекти розбиваються на класи еквівалентних дефектів (дефекти з однаковим значенням  $Z$  належать одному класу).

Отримаємо чотири класи еквівалентності дефектів:

- 1).  $Z^{12}, Z^{13}$
- 2).  $Z^{24}, Z^{34}$
- 3).  $Z^{23}$
- 4).  $Z^{14}$

Б. Метрологічний етап.

9. В схемах проводяться виміри напруги на вибраних контрольних парах виводів ( $V^{m1}, V^{m2}, \dots, V^{mn}$ ).

Припустимо, що значення напруги будуть:  $V^{11} = 4$  В,  $V^{12} = 3,5$  В.

10. Складаються матриці  $V^0$  і  $V^m$ :

$$V^0 = [5 \quad 2,5]; \quad V^m = [4 \quad 3,5]$$

11. Вираховується матриця  $\Delta V$

$$\Delta V = V^0 - V^m \quad (4.1)$$

В нашому випадку:  $\Delta V = [1 \quad -1]^m$

12. Якщо виконується рівність  $\Delta V = 0$ , то рахується, що дефект в колі відсутній.

13. При нерівності  $\Delta V \neq 0$  рахується, що в колі присутній дефект. В такому випадку для всіх матриць  $Z$  визначається вираз

$$(Z - 1) \Delta V^m \quad (4.2)$$

$$Z^1 = \frac{1}{256} \cdot \begin{vmatrix} 304 & 200 \\ 1160 & -308 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ -1 \end{vmatrix} = \frac{1}{256} \begin{vmatrix} 104 \\ 852 \end{vmatrix}$$

$$Z^2 = \frac{1}{64} \cdot \begin{vmatrix} 216 & 100 \\ 150 & 113 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ -1 \end{vmatrix} = \frac{1}{64} \begin{vmatrix} 52 \\ 101 \end{vmatrix}$$

$$Z^3 = \frac{1}{16} \cdot \begin{vmatrix} 6 & 6 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ -1 \end{vmatrix} = \frac{1}{16} \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$Z^4 = \frac{1}{16} \cdot \begin{vmatrix} -8 & 0 \\ 16 & -16 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ -1 \end{vmatrix} = \frac{1}{16} \begin{vmatrix} -8 \\ 32 \end{vmatrix}$$

8. При виконанні рівності  $(Z - 1) \Delta V^m = 0$  робиться висновок, що в колі присутній дефект заданої кратності, що належить даному класу еквівалентності дефектів.

В нашому випадку вираз  $Z^3$  рівний нулю, тому робимо висновок, що в колі присутній дефект кратності один, а дефектними елементами є опори  $R_2$  і  $R_3$ .

9. При нерівності  $(Z - 1) \Delta V^m \neq 0$  необхідно перейти до дефектів більш високої кратності і повторити процедуру пошуку дефектів з початку.

## 5. ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ АТЗ

### 5.1. Вибір бази та методу порівняльних досліджень

Для оцінки технічного стану важливо своєчасно встановити момент настання передвідмовного стану агрегату або системи автомобіля, за якого для відновлення працездатності необхідно провести профілактику або заміну окремих деталей, щоб запобігти відмові.

Розглядається модель передвідмовного технічного стану агрегату або системи автомобіля, в основу якої покладені закономірності зміни діагностичних параметрів з пробігом та оптимальна періодичність діагностування [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Передвідмовним вважається стан, за якого діагностичний параметр  $Z(\ell)$  ( $\ell$  - пробіг автомобіля) досягає гранично-допустимого значення  $Z_{\text{до}}$  на момент пробігу [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

$$\ell_{\text{доп}} = \ell_c - \tau_{\text{опт}} \quad (5.1)$$

де  $\ell_c$  - середній пробіг на відмову, км;

$\tau_{\text{опт}}$  - оптимальна періодичність діагностування, км.

Отже, згідно з (5.1) передвідмовний стан завжди буде своєчасно виявлений.

Оптимальну періодичність діагностування  $\tau_{\text{опт}}$  прийнято вибирати з огляду на техніко-економічний критерій, а саме на основі мінімуму затрат на виконання чергового діагностування  $C_{\text{д}}$  та поточного ремонту  $C_{\text{пр}}$  [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. На практиці користуються графічним методом визначення оптимальної періодичності діагностування  $\tau_{\text{опт}}$  на основі побудованих кривих залежності коефіцієнта оптимальності  $t$  від відношення

затрат  $\frac{C_{\partial}}{C_{np}}$  для різних законів розподілу відмов. Коефіцієнт оптимальності  $t$  показує, у скільки разів оптимальна періодичність діагностування більша або менша за середній пробіг на відмову. Задавши відношення затрат  $\frac{C_{\partial}}{C_{np}}$ , з графіка знаходять значення  $t$ . Оптимальна періодичність діагностування дорівнює:

$$\tau_{opt} = \ell_c \cdot t \quad (5.2)$$

Зауважимо, що техніко-економічне обґрунтування вибору оптимальної періодичності діагностування справедливе для всіх агрегатів та механізмів автомобіля, крім тих, що забезпечують безпеку руху.

У найтривалішому (нормальному) експлуатаційному періоді, згідно з даними статистичних спостережень, відмови розподілені відповідно до експоненційного закону. Коефіцієнт оптимальності  $t$  не залежить від параметрів закону розподілу та визначається графічно [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Користуючись діагностичними картами агрегатів автомобіля, можна отримати аналітичну залежність зміни діагностичного параметра від пробігу. У загальному вигляді її зображають співвідношенням [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

$$Z(\ell) = Z_n + V \cdot \ell^{\alpha}, \quad (5.3)$$

де  $Z_n$  - номінальне значення параметра;

$V, \alpha$  - const ( $V$  - інтенсивність зміни параметра, якщо  $\ell=1$ , зменшена у  $\alpha$  разів,  $\alpha$  - показник степеня, який визначає характер зміни параметра).

Формула (5.3) дає можливість встановити гранично-допустиме значення параметра  $Z_{zd}$ , що відповідає пробігу  $\ell_{don}$ . Для цього спочатку знаходять  $\tau_{opt}$  та  $\ell_{don}$  згідно з (5.2) та (5.1).

Задача прогнозування працездатного стану на період до наступного діагностування розв'язується на основі моделі, яка базується на теоремі Байєса [Ошибка! Источник ссылки не найден].

Якщо відомі значення показників надійності - інтенсивності раптових ( $\lambda_0$ ) та зношувальних ( $\lambda_1$ ) відмов, а також закономірності зміни діагностичних параметрів, необхідно визначити ймовірність відсутності відмови у період пробігу з моменту останнього діагностування  $\ell$  до наступного  $\ell + \ell_n$  ( $\ell_n$  - періодичність діагностування), за умови, що жоден діагностичний параметр за цей час не вийде за межі гранично-допустимого значення  $Z_{zd}$ .

Апостеріорна ймовірність (така, що ґрунтується на досвіді) відсутності відмови за умови, що передвідмовний стан не настане протягом пробігу  $[\ell; \ell + \ell_n]$ , визначається за формулою Байєса:

$$P(H_2/A) = \frac{P(H_2) \cdot P(A/H_2)}{P(H_1) \cdot P(A/H_1) + P(H_2) \cdot P(A/H_2)}. \quad (5.4)$$

де  $H_1, H_2$  - гіпотези, відповідно, про виникнення та відсутності відмов протягом періоду прогнозування  $[\ell; \ell + \ell_n]$ ;

$P(H_1), P(H_2)$  - апіорні ймовірності (такі, що наявні до проведення досліджень) подій  $H_1$  та  $H_2$ ;

$A$  - гіпотеза про те, що передвідмовний стан не настане протягом періоду прогнозування  $[\ell; \ell + \ell_n]$ , жоден діагностичний параметр не досягне граничнодопустимого значення;

$P(A/H_2)$  - умовна ймовірність того, що передвідмовний стан не настане (гіпотеза  $A$ ) за умови відсутності відмов (гіпотеза  $H_2$ );

$P(A/H_1)$  - умовна ймовірність того, що передвідмовний стан не настав, за умови виникнення відмови (гіпотеза  $H_1$ ).

За даними статистичних спостережень, для основного (найтривалішого) періоду експлуатації інтенсивності раптових та зношувальних відмов не залежать від пробігу ( $\lambda_0, \lambda_1 = const$ ). Апріорна ймовірність відсутності відмови протягом періоду прогнозування  $[\ell; \ell + \ell_n]$  описується експоненціальним законом [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

$$P(H_2) = e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(\ell + \ell_n)}. \quad (5.5)$$

Оскільки гіпотези  $H_1$  та  $H_2$  несумісні ( $P(A/H_1) + P(A/H_2) = 1$ ), то ймовірність виникнення відмови:

$$P(H_1) = 1 - e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(\ell + \ell_n)}. \quad (5.6)$$

Аналогічно умовна ймовірність того, що передвідмовний стан не настав протягом  $[\ell; \ell + \ell_n]$ , але виникла раптова відмова:

$$P(A/H_1) = 1 - e^{-\lambda_0(\ell + \ell_n)}. \quad (5.7)$$

Ймовірність того, що передвідмовний стан не настав (діагностичний параметр не досяг гранично-допустимого значення), за умови відсутності відмови протягом пробігу  $[\ell; \ell + \ell_n]$ , визначається:

$$P(A/H_2) = e^{-\varphi(\ell)(\ell + \ell_n)} = e^{-z^0(\ell)\left(1 + \frac{\ell_n}{\ell}\right)}. \quad (5.8)$$

де  $\varphi(\ell) = \frac{Z^0(\ell)}{\ell}$  - інтенсивність зміни діагностичного параметра, що розглядається, а  $Z^0$  - відносна його зміна [ $0 < Z^0 < 1$ ].

Якщо параметр з напрацюванням зростає ( $Z_H < Z_{2\partial}$ ), тоді

$$Z^0(\ell) = \frac{Z^*}{Z_{2\partial}}. \quad (5.9)$$

у протилежному випадку ( $Z_H > Z_{2\partial}$ ):

$$Z^0(\ell) = \frac{Z_{2\partial}}{Z^*} \quad (5.10)$$

де  $Z^*$  - значення діагностичного параметра на момент діагностування.

З врахуванням (5.5) - (5.10) апостеріорна ймовірність відсутності відмови (5.4) матиме вигляд

$$P(H_2/A) = \frac{e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(\ell + \ell_n)} e^{-z^0(\ell) \left(1 + \frac{\ell_n}{\ell}\right)}}{\left(1 - e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(\ell + \ell_n)}\right) \left(1 - e^{-\lambda_0(\ell + \ell_n)}\right) + e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(\ell + \ell_n)} e^{-z^0(\ell) \left(1 + \frac{\ell_n}{\ell}\right)}}. \quad (5.11)$$

Отже, співвідношення (5.11) дає змогу розрахувати ймовірність відсутності відмови (прогноз працездатного стану) агрегатів автомобіля на період до наступного діагностування.

Результати прогнозування обґрунтовують рішення стосовно можливих позапланових ремонтно-профілактичних робіт для забезпечення нормативного ресурсу основних агрегатів.

На основі попередньо розрахованого гранично-допустимого значення діагностичного параметра  $Z_{20}$  та відомої аналітичної закономірності його зміни з пробігом (5.3), визначають ймовірність відсутності відмови  $[P]$  за формулою (5.11) протягом усього нормативного ресурсу пробігу.

Для прийняття рішення про необхідність можливих позапланових ремонтно-профілактичних робіт для конкретного вилученого з експлуатації автомобіля спочатку визначають ймовірність відсутності відмови  $P_k$  за формулою (5.11) і порівнюють її з  $[P]$ . Якщо  $P_k \geq [P]$ , то для даного автомобіля позапланових робіт не проводять, в протилежному випадку їх виконують одразу ж після діагностування для зменшення інтенсивності зношування деталей агрегату.

Зауважимо, що ймовірність відсутності відмови  $[P]$  можна використати для розв'язання багатьох інших задач, зокрема планування заміни деталей агрегату; формування комплекту запасних частин та інструменту, що необхідно мати в спорядженому автомобілі; планування обсягів робіт зон ТО та ПР тощо.

На практиці на станціях діагностування зручно користуватись побудованими на підставі співвідношення (5.11) за різних значень відносної зміни діагностичного параметра (5.9), (5.10) параметричними кривими ймовірності відсутності відмови агрегату, за даним параметром, протягом всього нормативного ресурсу пробігу. Попередньо, для визначення  $[P]$ , зручно користуватись графічною залежністю зміни діагностичного параметра з пробігом (5.3).

Вибір стратегії керування працездатним станом автомобіля ґрунтується на визначенні оптимальної періодичності контрольно-діагностичних перевірок.

Даний підхід дає можливість встановити таку періодичність діагностування, яка, з одного боку, зменшує затрати на ТО та ПР, з другого - дає змогу підтримувати працездатність автомобіля на оптимальному рівні. Критерієм оптимізації такого керування є мінімум функції сумарного ризику **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**:

$$R = R_{ab} + R_{\partial} \rightarrow \min \quad (5.12)$$

де  $R_{ab}$  - ризик аварійної відмови деталей агрегату на період прогнозування;  $R_{\partial}$  - ризик передчасного (марного) діагностування агрегату (визначаються у грошовому еквіваленті). Своєю чергою

$$R_{ab} = Q_{ab} \cdot P_{ab}; R_{\partial} = Q_{\partial} \cdot k \cdot (1 - P_{ab}) \quad (5.13)$$

де  $Q_{ab}$ ,  $Q_{\partial}$  - відповідно затрати на усунення аварійної відмови (грн.) та затрати на одне діагностування (грн.);  $P_{ab}$  - ймовірність виникнення аварійної відмови агрегату у період прогнозування;  $k$  - кількість діагностичних перевірок протягом цього ж періоду.

Отже, формула (5.12) з врахуванням (5.13), набуває вигляду:

$$R = Q_{\partial} \cdot k + P_{ab} \cdot (Q_{ab} - Q_{\partial} \cdot k). \quad (5.14)$$

Без істотних втрат точності розрахунків густину розподілу ймовірності відмов, яка описується розподілом Вейбулла, можна замінити нормальним розподілом Гауса [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Тоді ймовірність аварійної відмови системи задається співвідношенням [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

$$P_{ab} = \frac{1}{\sigma_z \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{Z_{\partial}}^{\infty} \exp\left(-\frac{(y - M_{\Pi})^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right) dy \quad (5.15)$$

де  $M_{\Pi}$ ,  $\sigma_z$  - відповідно математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення значень діагностичного параметра протягом періоду прогнозування;  $Z_{z\partial}$  - гранично-допустиме значення діагностичного параметра.

Середньоквадратичне відхилення значень діагностичного параметра можна обчислити так:

$$\sigma_z = k \cdot v \cdot \Delta Z, \quad (5.16)$$

де  $v$  - коефіцієнт варіації діагностичного параметра;  $\Delta Z$  - середня зміна діагностичного параметра протягом періоду експлуатації між двома контрольними перевірками:

$$\Delta Z = \frac{Z_{z\partial} - Z_n}{\bar{k}}, \quad (5.17)$$

де  $Z_n$  - номінальне значення діагностичного параметра,  $\bar{k}$  - середня кількість діагностичних перевірок впродовж всього періоду ресурсу (до ремонту агрегату). Зауважимо, що середню зміну діагностичного параметра  $\Delta Z$  можна також визначити, використовуючи співвідношення (5.5).

Математичне сподівання значення діагностичного параметра на період прогнозування:

$$M_{\Pi} = Z^* + k \cdot \Delta Z, \quad (5.18)$$

де  $Z^*$  - значення діагностичного параметра на момент діагностування.

Значення діагностичного параметра за умов появи відмови є обмежене внаслідок конструктивних особливостей агрегату, отже:  $Z_{z\partial} < Z < \tilde{Z}$ . Межу  $\tilde{Z}$  можливих значень нормально розподіленої випадкової величини  $Z$  можна

встановити на підставі правила “трьох сигм”. Тоді ймовірність аварійної відмови системи (5.15) визначатиметься:

$$P_{ab} = \frac{1}{\sigma_z \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{Z_{z\partial}}^{Z_{z\partial} + 3 \cdot \sigma_z} \exp\left(-\frac{(y - M_{\Pi})^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right) dy \quad (5.19)$$

Тут верхня межа інтегрування  $Z_{z\partial} + 3 \cdot \sigma_z$  залежить від тривалості періоду прогнозу, що дорівнює технічним обслуговуванням.

Ймовірність аварійної відмови не визначається через елементарні функції, а обчислюється за допомогою функції Лапласа  $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_0^x \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy$ :

$$P_{ab} = \Phi\left(\frac{Z_{z\partial} + 3 \cdot \sigma_z - M_{\Pi}}{\sigma_z}\right) - \Phi\left(\frac{Z_{z\partial} - M_{\Pi}}{\sigma_z}\right) \quad (5.20)$$

З врахуванням (5.16)-(5.20) критерій ризику (5.12) та функція ризику (5.14) матимуть вигляд:

$$\min_k R, \quad (5.21)$$

де

$$R = \frac{Q_{\partial}}{k} + \left(Q_{ab} - \frac{Q_{\partial}}{k}\right) \cdot (\Phi(x_1) - \Phi(x_2)), \quad (5.22)$$

$$x_1 = \frac{\bar{k} \cdot (Z_{z\partial} - Z^*) + k(Z_{z\partial} - Z_H) \cdot (3 \cdot v - 1)}{kv \cdot (Z_{z\partial} - Z_H)}, \quad x_2 = \frac{\bar{k} \cdot (Z_{z\partial} - Z^*) - k(Z_{z\partial} - Z_H)}{kv \cdot (Z_{z\partial} - Z_H)}$$

Співвідношення (5.21), (5.22) дають змогу розрахувати кількість контрольних-діагностичних перевірок  $k^{opt}$ , які можна не проводити з моменту

останнього діагностування, коли діагностичний параметр дорівнює  $Z^*$ . Отже, встановлено період експлуатації, протягом якого агрегат перебуватиме в працездатному стані (залишковий ресурс). Це дає можливість змінювати періодичність виконання контрольних-діагностичних операцій вилученням  $k^{opt}$  перевірок з наперед запланованої їх кількості  $\bar{k}$ . На практиці зручно користуватись графічною залежністю  $k^{opt} = f(Z)$ , яку можна побудувати на підставі співвідношень (5.21), (5.22) для різних значень діагностичного параметра  $Z$ .

Зауважимо, що співвідношення (5.21), (5.22) справедливі для двох випадків зміни діагностичного параметра з пробігом - як для зростання ( $Z_H < Z_{zd}$ ), так і для зменшення параметра ( $Z_H > Z_{zd}$ ).

Крім того, на підставі даної моделі можна визначити залишковий ресурс агрегату за розглянутим діагностичним параметром. Визначивши  $k^{opt}$ , залишковий ресурс знайдемо за формулою

$$\ell_{зал} = (k^{opt} + 1) \cdot \ell_n, \quad (5.23)$$

де  $\ell_n$  - періодичність діагностувань.

## **5.2. Результати порівняльних досліджень, їх аналіз та оптимізація періодичності ТО на прикладі передньої підвіски автомобіля Mitsubishi**

Для визначення оптимальних пробігів в програмі Mathcad, яка дозволяє проводити розрахунки за трьома попередніми методиками. Програма наведена у додатку Б.

За основу було взято коливання підвіски автомобіля після його гальмування при перевірці на діагностичному комплексі Bosch SDL-260.

З урахуванням початкового значення затухаючих коливань  $z_m=2$  і граничного значення  $z_{20}=5$ , яке відповідає повністю несправному амортизатору, меж коефіцієнта варіації  $\nu=55,6\%$  (підрозділ 3.3) нерівномірності розподілу пробігів на відмову підвісок легкових автомобілів використано програму у середовищі MathCAD і розраховано кількість пропусків діагностувань  $k^{opt}$  підвіски легкового автомобіля у циклі ТО-2 (згідно Положення-98 - 20 тис. км).

Втрати (збитки) і витрати ( $Q_3, Q_6$ ) брались  $Q_3$  з розрахунку значень, що відповідають чинній вартості діагностування на діагностичному комплексі Bosch SDL-260 (34 грн) і витратам за усунення несправності  $Q_6$  (160 грн).

Відповідними обчисленнями знайдено залежність коефіцієнта оптимальності  $t$  від співвідношень  $Q_3/Q_6$  для коефіцієнта варіації  $\nu=55,6\%$   $t=0,35$  [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Коефіцієнт оптимальності  $t$  враховує грошові витрати, пов'язані з проведенням ТО-2 і із збитками за усунення несправності. На зміну його значень матиме вплив коефіцієнт варіації нерівномірності розподілу пробігів на відмову підвісок легкових автомобілів  $\nu$ .

Чим останній більший, тим для різних співвідношень витрат і збитків буде більший коефіцієнт оптимальності  $t$  і, отже,  $l_{opt}$  матиме значення, близькі до середнього пробігу АТЗ  $l_c$ .

Для прикладу, на підставі розробленої методики визначено кількість пропусків виконання діагностувань з періодичністю  $l_{opt}$  залежно від значень кількості затухаючих коливань підвіски  $k$  для одного коефіцієнта варіації  $\nu$  (рис. 5.1).

При цьому у розрахунках коефіцієнта оптимальності взято максимальні значення втрат  $Q_6$ . Періодичність  $l_{opt}$  змінювалася залежно від коефіцієнта оптимальності  $t$ , значення якого у свою чергу залежать від коефіцієнта варіації  $\nu$ .

Для великих значень коефіцієнта варіації, відбувається ріст періодичності  $l_{opt}$  за рахунок нестабільності зміни відмов підвісок легкових автомобілів з пробігом і росту ризику  $R$  настання перевищення гранично-допустимого значення  $z_{20}=5$ .

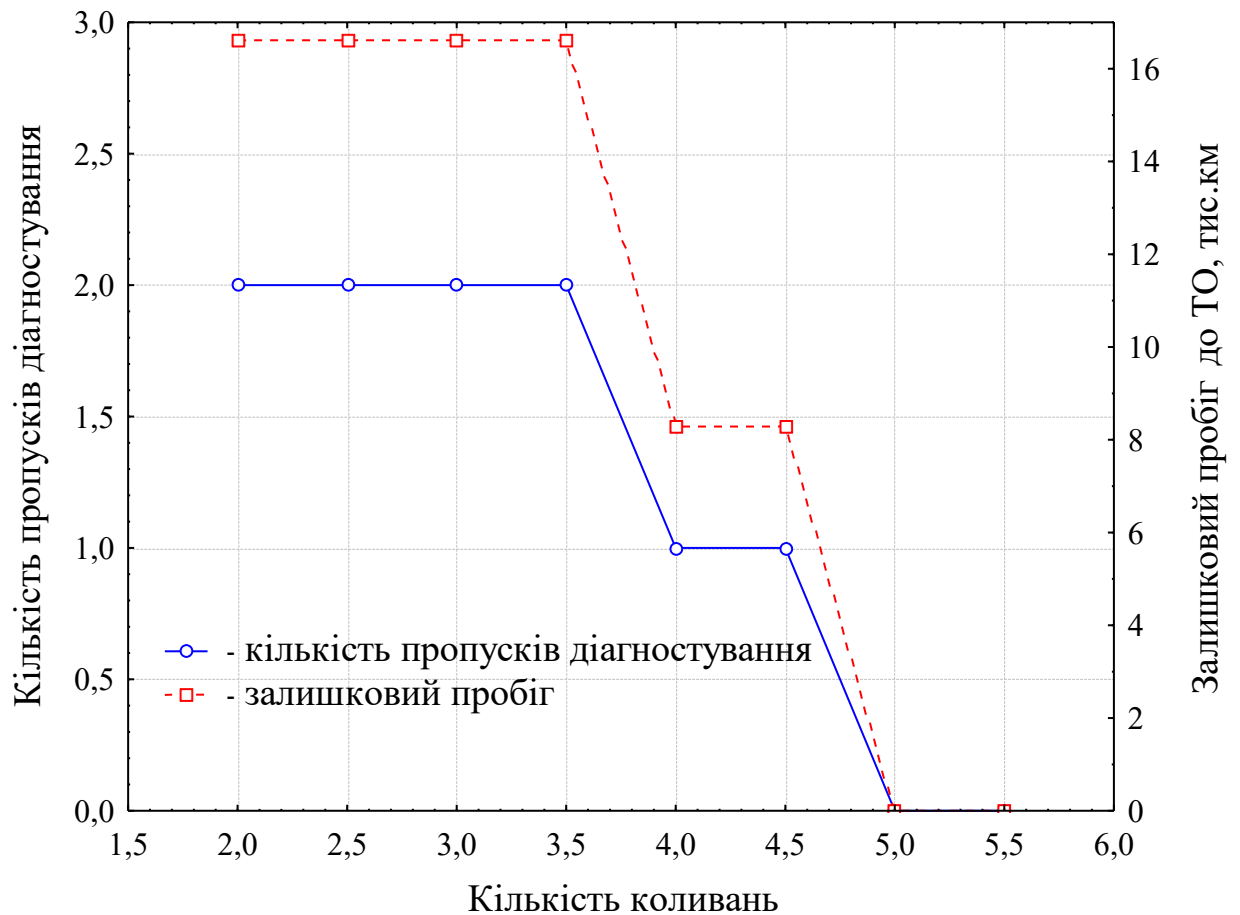


Рис. 5.1. Зміна можливих пропусків виконання діагностувань з періодичністю  $l_{opt}$  залежно від значень кількості затухаючих коливань підвіски

### 5.3. Оцінка результатів порівняльних досліджень

Отримані результати вказують, що якщо, наприклад, оптимальний пробіг АТЗ з коефіцієнтом варіації  $v=55,6\%$  (підрозділ 3.3) нерівномірності розподілу пробігів на відмову підвісок легкових автомобілів:

$$l_{opt} = l_c \cdot t = 23,6 \cdot 0,35 = 8,3 \text{ тис. км}$$

і значення кількості затухаючих коливань підвіски  $Z=3$ , то можна зробити  $k=2$  пропуски проведення ТО (див. рис. 5.1) в інтервалі пробігу  $l_c = 23,6$  тис. км. При цьому залишковий пробіг складе

$$l_{зал} = l_{opt} \cdot k = 8,3 \cdot 2 = 16,6 \text{ тис км.}$$

Якщо ж значення кількості затухаючих коливань підвіски 4, можна пропустити в цьому ж інтервалі пробігу 1 пропуск проведення діагностувань  $k$ .

Якщо АТЗ має значення кількості затухаючих коливань підвіски більше 5, то пропуски проведення діагностувань з позицій оптимальних витрат і не перевищення гранично-допустимого значення неприпустимі.

## **6. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ АМОРТИЗАЦІЙНОГО ВУХЛА АВТОМОБІЛІВ MITSUBISHI**

На сьогоднішній день механізація проведення ремонтно-діагностичних робіт на СТО автомобілів Mitsubishi на високому рівні.

Однак є серйозні зауваження до окремого ремонтно-технологічного оснащення. На рисю 6.1. наведено загальний вигляд розробленої приспособи для розбирання амортизаційного вузла.



Рис 3.1. Загальний вигляд приспособи для розбирання амортизаційного вузла.

## **6. ОХОРОНА ПРАЦІ**

Ремонтне виробництво є особливо несприятливим з точки зору техніки безпеки, пожежної безпеки та виробничої санітарії. Це обумовлено тим, що автомобілі, які надходять в ремонт та технічне обслуговування можуть бути забруднені речовинами, шкідливими для здоров'я людини, горючими матеріалами, а пошкоджені деталі можуть бути причиною травмування. Специфікою ремонтного виробництва є також те, що робітники постійно працюють з різними об'єктами ремонту і виконують різні операції, їх робочі місця, як правило, не є постійними.

Поліпшення умов праці є одним із резервів росту її продуктивності та екологічної ефективності виробництва, а також подальшого покращення соціального стану і здоров'я працівників.

Проблема поліпшення умов праці безпосередньо пов'язана з санітарно-побутовими умовами, режимом роботи і медичним обслуговуванням працівників, організацією відпочинку, харчування та інших факторів.

Збитків, яких сьогодні завдає виробничий травматизм і професійні захворювання на виробництві, можна позбавитись за рахунок розробки спеціальних заходів додержання вимог трудового законодавства, спеціальних нормативних та інших документів, а також впровадження в виробництво найновіших досягнень науки і передового досвіду з охорони праці.

### **6.1 Структурно-функціональний аналіз технологічних процесів розбирання автомобіля**

Технологічний процес заміни вузлів і агрегатів включає наступні операції:

- миття і очищення деталей агрегатів і вузлів та кріпильних деталей;
- виконання допоміжних операцій для створення доступу до вузлів, що потребують заміни;
- готування і встановлення технологічного обладнання;
- виконання основних операцій заміни агрегатів і вузлів;

- контроль технічного стану агрегатів, вузлів та деталей;
- транспортування знятих вузлів деталей для їх заміни.

У процесі виконання вище перелічених операцій можуть виникати такі травмонебезпечні ситуації:

- під час миття, очищення деталей та зливання технологічних робочих матеріалів:
  - розбризкування мийного розчину або технологічних матеріалів і попадання їх на обличчя, руки та інші відкриті ділянки тіла;
  - загоряння мийного розчину на основі горючих матеріалів або технологічних рідин;
  - забруднення робочого місця;
- під час виконання допоміжних операцій для створення доступу до агрегатів і вузлів, що потребують заміни:
  - наявність на деталях відколи, зазубрин і стружки;
  - падіння деталей і складальних одиниць;
  - зіскакування ключів з граней гайок;
- підготовка і встановлення технологічного обладнання:
  - намотування одягу на обертові деталі обладнання (силовий гвинт);
  - затискання одягу або частин тіла елементами обладнання, падіння, перекидання обладнання;
  - наїзд мобільним обладнанням на перешкоди, виконавців робіт або на інших присутніх осіб;
- виконання основних операцій заміни агрегатів і вузлів:
  - наявність на деталях відколи, зазубрин і стружки;
  - зіскакування ключів з граней гайок;
  - падіння деталей і складальних одиниць;
- під час виконання основних операцій заміни агрегатів і вузлів:
  - зіскакування ключів з граней гайок;
  - наявність на деталях гострих кромки і відшарування металу;

- падіння деталей зі стола;
- під час контроль технічного стану агрегатів, вузлів та деталей:
- випадання з рук мірного інструменту та пристроїв для дефектування;
- неправильне використання інструментів та пристроїв;
- під час транспортування знятих вузлів деталей для їх заміни:
- падіння деталей і складальних одиниць з обладнання;
- перекидання обладнання разом з транспортованими вузлами;
- наїзд мобільним обладнанням на виконавців робіт або на інших присутніх осіб;
- наїзд мобільним обладнанням на інше обладнання, автомобілі або їх складові частини;

#### Небезпечні умови операції (НУ):

- використання шкідливих для здоров'я мийних розчинів (НУ<sub>1</sub>):
- використання легкозаймистих речовин (НУ<sub>2</sub>):
- несправні інструменти (НУ<sub>3</sub>):
- несправне обладнання (НУ<sub>4</sub>):
- порушення вимог безпеки праці (НУ<sub>5</sub>):

#### Небезпечні дії (НД):

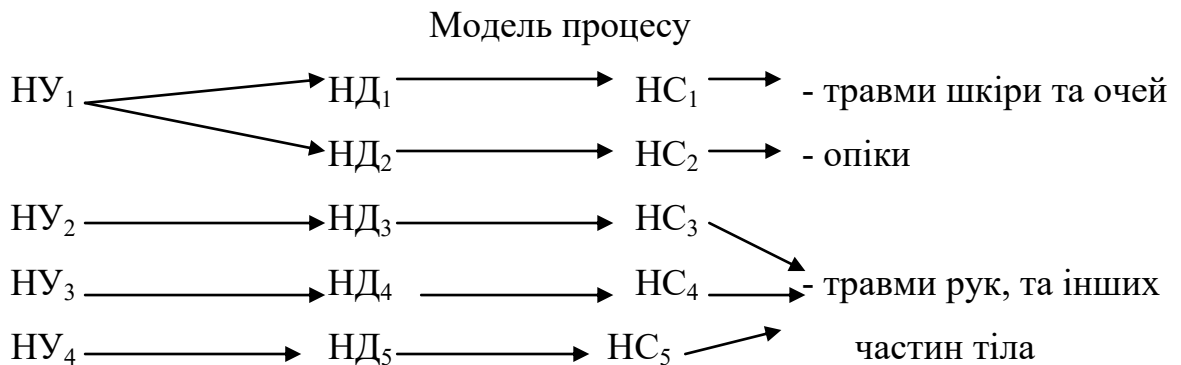
- розбризування мийного розчину, витікання технологічних рідин (НД<sub>1</sub>):
- користування інструментом, що спричинює іскроутворення, значний нагрів або відкритого полум'я, паління цигарок (НД<sub>2</sub>):
- та використання відкритого полум'я (НД<sub>3</sub>):
- потрапляння горючих матеріалів на нагріті деталі:
- використання несправного обладнання (НД<sub>5</sub>):

#### Небезпечна ситуація (НС):

- потрапляння агресивних речовин на шкіру та в очі (НС<sub>1</sub>):
- займання горючих речовин (НС<sub>2</sub>):
- зіскакування інструментів з деталей (НС<sub>3</sub>):
- падіння деталей, інструментів обладнання або непередбачена траєкторія їх руху (НС<sub>4</sub>):

- необачні або невмілі дії виконавця (НС<sub>5</sub>)

На підставі співставлення небезпечних умов операцій (НУ), небезпечних дій (НД), та небезпечних ситуацій (НС) складаємо модель процесу.



## 6.2 Вимоги безпеки до території, приміщень, обладнання і виробничих процесів ремонтних майстерень.

Територія ремонтних майстерень, виробничих, санітарно-побутових та інших приміщень повинна відповідати технологічному процесу ремонтного виробництва та вимогам санітарних норм проектування. Поверхня має бути вирівняна й спланована так, щоб забезпечити відведення стічних вод до водостоків від будівель, майданчиків, проїздів та пішохідних доріжок. Ширина дороги для руху техніки і пішохідних доріжок до майстерні, санітарно-побутових, допоміжних і інших приміщень при одnobічному русі повинна бути на 1,8 м, а при двобічному - на 2,7 м більша за ширину сільськогосподарської машини. Ширина пішохідних доріжок має бути не менша 1,5 м.

Майданчики для зберігання автомобілів, тракторів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки повинні бути рівними, з твердим покриттям (асфальт, бетон та ін.).

Виробничі процеси, які супроводжуються забрудненням робочої зони шкідливими речовинами (отруйні гази, пари, пил і т.д.), треба проводити в окремих приміщеннях, обладнаних вентиляцією.

Підлога в приміщеннях цехів повинна бути щільною, з твердим покриттям, зручним для очищення і ремонту. В приміщеннях, де користуються водою,

підлогу влаштовують з похилом для стоку. На оглядових ямах та естакадах треба встановлювати напрямні для коліс автомобілів і тракторів, а також обладнувати з двох боків сходи для спуску в яму. На естакадах по всій довжині мають бути поручні висотою не менш як 1 м.

Усі зовнішні входи та виходи, в'їзди у виробничі приміщення обладнують тамбурами для запобігання протягам і тепловим завісам.

Дахи та карнізи будівель у зимовий час треба регулярно очищати від снігу та льоду.

Проходи між стелажми, полицями, шафами у складських приміщеннях повинні бути шириною не менше 1 м.

## 8. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Економічний ефект від використання результатів виконаної роботи буде складатися з наступних складових:

$$E = E_1 + E_2 + E_3, \text{ грн} \quad (8.1)$$

де  $E_1$  – економічний ефект від зменшення витрат на технічне обслуговування та ремонт автомобілів, грн.;

$E_2$  – економічний ефект від зменшення простою в ремонті, грн.;

$E_3$  – економічний ефект від зменшення браку, грн.

$$E_1 = C_1 * k_1, \text{ грн.} \quad (8.2)$$

де  $C_1$  – середні річні витрати на технічне обслуговування і ремонт одного автомобіля,  $C_1 = 38000$  грн,

$$E_2 = C_2 * k_2, \text{ грн.} \quad (8.3)$$

де  $C_2$  – середні річні втрати від простою в ремонті і на технічному обслуговуванні одного автомобіля,  $C_2 = 2400$  грн,

$$E_3 = C_3 * k_3, \text{ грн.} \quad (8.4)$$

де  $C_3$  – середні річні втрати від браку,  $C_3 = 1800$  грн,

Виконання технічного обслуговування і ремонту автомобілів за їх технічним станом відповідно до допустимих похибок дає змогу зменшити витрати на технічне обслуговування та ремонт на 8 – 14% [17,18], зменшити простої а 4 – 10%, зменшити брак на 6 – 12%. Для розрахунків приймаємо середні значення даних показників.

Тоді вираз (8.1) можна записати у вигляді:

$$E = C_1 * k_1 + C_2 * k_2 + C_3 * k_3, \text{ грн.} \quad (8.5)$$

$$E = 3800 * 0,11 + 2400 * 0,05 + 1800 * 0,1 = 1480 \text{ грн}$$

Отже, економічний ефект отриманий за рахунок оптимізації технічного обслуговування і ремонту одного автомобіля Mitsubishi становитиме близько 1,5 тис. грн.

## ВИСНОВКИ

1. 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.
2. З метою встановлення істотних структурних параметрів діагностування підвіски легкових автомобілів Mitsubishi проведено аналіз конструкції підвіски, усіх можливих параметрів технічного стану, а також параметрів діагностування; обґрунтовано параметри технічного діагностування підвіски автомобіля, скоротивши їх кількість з 13-ти до 4-ох.
3. На підставі аналізу літературних джерел, за основу математичного відтворення особливостей функціонування механізму підвіски взято матричний підхід і виконано відповідні розрахунки за допомогою них (приклад таких розрахунків показаний для випадку перевірки справності передньої підвіски автомобіля).
4. На основі підходу планування оптимальної періодичності діагностування АТЗ за мінімального ризику, встановлена періодичність діагностування підвіски для автомобілів Mitsubishi, яка, з одного боку, зменшує затрати на ТО та ПР, з іншого дає змогу підтримувати працездатність АТЗ на оптимальному рівні.
5. Визначено міжконтрольні пробіги АТЗ для автомобілів 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.