

**ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА
ТА АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інформаційних технологій та механічної інженерії

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра експлуатації та ремонту машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

*на тему Моделювання управління технічним станом автопоїздів
за рахунок кваліметричної теорії*

Виконав: здобувач вищої освіти

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

спеціальності

274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми

ОПП «Автомобільний транспорт»

(вид та назва освітньої програми)

групи АТ-19мп

Данило ТАРАСОВ

(ім'я та прізвище здобувача)

Керівник

Ольга САКНО

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

Оцінка захисту кваліфікаційної роботи

(сума балів, оцінка ECTS, оцінка за національною шкалою,)

Секретар ЕК

(підпис)

/ Віталій БОГОМОЛОВ /

(ім'я та прізвище секретаря ЕК)

Дніпро – 2020

**ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА
ТА АРХІТЕКТУРИ**

Інститут, факультет інформаційних технологій та механічної інженерії
 Кафедра експлуатації та ремонту машин
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр та назва)
 Освітня програма ОПП «Автомобільний транспорт»
(вид та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
 к.т.н. Олександр ЛИХОДІЙ
 « 28 » вересня 2020 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Данилу ТАРАСОВУ
(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Моделювання управління технічним станом автопоїздів за
рахунок кваліметричної теорії

керівник роботи Ольга САКНО, к.т.н., доцент
(ім'я та прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора від « 28 » вересня 2020 року № 438-кс
 2. Строк подання роботи до захисту « 08 » грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Ресурс основних частин, експлуатаційні показники
автопоїздів, алгоритм теорії кваліметричного моделювання

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз причин та факторів, що впливають на зміну технічного стану автопоїздів. 2. Вибір критеріїв до моделювання управління технічним станом автопоїздів. 3. Моделювання управління технічним станом автопоїздів. 4. Основні рекомендації щодо підвищення ефективності експлуатації автопоїздів. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	завдання прийняв
1	<i>Віктор СТАДНИК, доцент</i>		

6. Дата видачі завдання «01» вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунково-пояснювальна записка:		
1.1	<i>Вступ</i>	до 18.09	
1.2	<i>1 Аналіз причин та факторів, що впливають на зміну технічного стану автопоїздів.</i>	до 30.09	
1.3	<i>2 Вибір критеріїв до моделювання управління технічним станом автопоїздів.</i>	до 7.10	
1.4	<i>3 Моделювання управління технічним станом автопоїздів.</i>	до 14.10	
1.5	<i>4 Основні рекомендації щодо підвищення ефективності експлуатації автопоїздів.</i>	до 20.10	
1.6	<i>Висновки</i>	до 28.10	
1.7	<i>Список використаних джерел</i>	до 6.11	
1.8	<i>Додатки</i>	до 12.11	
2	Презентаційний матеріал	до 25.11	
3	Оформлення кваліфікаційної роботи магістра	до 2.12	
4	Підготовка до переддипломного захисту	з 10.12	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

/ Данило ТАРАСОВ /

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

/Ольга САКНО/

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему «*Моделювання управління технічним станом автопоїздів за рахунок кваліметричної теорії*» складається із 78 аркуша формату А4, на яких містяться 4-ри розділи, 10 таблиць, 20 рисунків, 32 джерела інформації.

Об'єктом дослідження є процес зміни технічного стану автопоїздів при їх експлуатації.

Предметом дослідження є вплив технічного стану автопоїздів на ефективність їх експлуатації.

Мета дослідження – підвищення ефективності експлуатації автопоїздів шляхом управління їх технічним станом.

Методи дослідження. Використовувалися методи теорії ймовірності й математичної статистики, теорії надійності. Розрахунки й обробка результатів експериментальних досліджень виконані з використанням програмного забезпечення MS Excel.

Наукова новизна полягає в подальшому розвитку методу оцінки рівня технічного стану автопоїздів шляхом систематизації множини їх експлуатаційних показників, які впливають на зміну технічного стану; виконано оцінку впливу експлуатаційних показників автопоїздів на рівень їх технічного стану запропонованим методом, що на відміну від існуючих дозволило виявити резерви покращення якості проведення технічних впливів на основі коригування періодичності ТО і прогнозування обсягу робіт.

Практичне значення одержаних результатів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблені заходи щодо контролю за технічним станом основних частини автопоїздів і обслуговування з урахуванням їх фактичного стану.

АВТОПОЇЗД, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ТЕХНІЧНИЙ СТАН, РЕСУРС, ТЕХНІЧНЕ
ОБСЛУГОВУВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ПРИЧИН ТА ФАКТОРІВ, ЩО ВПИВАЮТЬ НА ЗМІНУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОПОЇЗДІВ.....	9
1.1. Причини та фактори, що впливають на технічний стан автопоїздів... 9	
1.2. Оцінка ефективності експлуатації автопоїздів в умовах України. 14	
1.3. Особливості побудови системи ТО і ремонту автопоїздів. 21	
Висновки за розділом 1.....	26
2. ВИБІР КРИТЕРІЇВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ АВТОПОЇЗДІВ.....	27
2.1. Аксиоматичний метод системного відображення до моделювання управління технічним станом автопоїздів.....	27
2.2. Формування, систематизація й нормування множини експлуатаційних показників якості автопоїзда.....	28
2.3. Вибір критеріїв до моделювання.....	39
Висновки за розділом 2.....	43
3. МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ АВТОПОЇЗДІВ.....	44
3.1. Визначення показників рівня технічного стану автопоїздів модульної побудови.....	44
3.2. Статистична обробка результатів дослідження ресурсу.....	50
3.3. Дослідження фактичного ресурсу автопоїздів.....	55
Висновки за розділом 3.....	60
4. ОСНОВНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОПОЇЗДІВ.....	61
4.1. Моделювання системи ТО автопоїздів з урахуванням факторів, які впливають на ресурс їх основних частин.....	61
4.2. Практичні рекомендації щодо управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів.....	65
Висновки за розділом 4.....	67

ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69
Додаток А. Впровадження результатів досліджень.....	75
ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА.....	77

ВСТУП

Актуальність. Підвищення вимог до безпеки руху, підвищення ресурсу з впровадженням сучасних досягнень вітчизняної і світової науки для ефективного використання засобів транспорту – одна з головних стратегій розвитку автомобілебудування. Її реалізація під час експлуатації автопоїздів зумовлена необхідністю проводити обслуговування за їх технічним станом, об'єктивно прогнозувати ресурс. Це дозволяє підвищити ефективність експлуатації автопоїздів і зменшити собівартість транспортних робіт.

Як показано в роботах М.Я. Говоруценка, Е.С. Кузнецова, Р.В. Крамаренка, А.М. Шейніна та ін., особливо великі складності виникають при дослідженні інтенсивності зміни технічного стану транспортних засобів (ТЗ), на яку впливають експлуатаційні чинники. Інтенсивність зміни технічного стану ТЗ на 70-90% залежить від умов експлуатації, оцінити вплив яких дуже ускладнено.

Таким чином, необхідно розробляти засоби для ТО і Р, що дозволять підвищити ефективність використання ресурсу ТЗ. Крім того, згідно з роботами О.С. Полянського і В.Г. Кухтова виникає необхідність прогнозувати та забезпечувати заданий рівень технічного стану агрегатів ТЗ [5].

Отже, вирішення загальної проблеми щодо ефективної експлуатації автопоїздів потребує єдиного підходу до їх обслуговування за фактичним технічним станом. Важливим є те, що на основі встановлення нових залежностей зміни технічного стану агрегатів автопоїздів від пробігу необхідно розробити новий підхід до управління їх ресурсом шляхом коригування періодичності ТО, що рекомендовані виробниками, з урахуванням фактичних умов експлуатації. Це дасть змогу збільшити їх добові пробіги, забезпечити безпеку руху, зменшити простой та собівартість перевезень. Це є актуальним завданням для розвитку транспортної галузі України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Матеріали магістерської роботи є узагальненням досліджень, що виконані у межах:

- комплексних цільових програм, концепцій та наказів: «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» (Розпорядження Кабінету міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р); Програма реалізації Пріоритетних напрямів співробітництва держав-учасників СНД у сфері транспорту на період до 2020 року (Міжнародний документ від 22.05.2009 р., №998 445); «Про затвердження Правил експлуатації колісних транспортних засобів» (Наказ Міністерства інфраструктури України від 26.07.2013 р., №550);

- плану науково-дослідних робіт кафедри експлуатації та ремонту машин ДВНЗ ПДАБА за темою «Підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів».

Об'єкт дослідження - процес зміни технічного стану автопоїздів при їх експлуатації.

Предмет дослідження - вплив технічного стану автопоїздів на ефективність їх експлуатації.

Метою роботи – підвищення ефективності експлуатації автопоїздів шляхом управління їх технічним станом.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати основні експлуатаційні чинники, що суттєво впливають на ресурс основних агрегатів автопоїздів.

2. Провести статистичне дослідження фактичного ресурсу основних частин автопоїздів, виявити елементи, що інтенсивно зношується, виявити причини. Визначити закони розподілу ресурсу основних частин автопоїзда від пробігу.

3. Обґрунтувати та вибрати основні критерії до моделювання управління технічним станом автопоїздів. Змоделювати показники рівня технічного стану автопоїздів модульної побудови.

4. Розробити практичні рекомендації для впровадження результатів дослідження.

Методи дослідження. Використовувалися методи теорії ймовірності й математичної статистики, теорії надійності. Експериментальні дослідження проведені із застосуванням імітаційного чисельного моделювання та дорожніх

випробувань, які виконані на автопідприємстві. Розрахунки й обробка результатів експериментальних досліджень виконані з використанням програмного забезпечення MS Excel.

Наукова новизна - на основі системного підходу удосконалено теорію кваліметричного моделювання та вибір альтернативних рішень за комплексним показником рівня технічного стану автопоїзда, що дозволило визначити границі області існування показників експлуатаційних властивостей – економічності, динамічності та надійності автопоїздів та знайти у цій області кращий набір значень показників якості основних компонентів (підсистем, агрегатів, механізмів, елементів тощо) оптимізаційними методами на етапі моделювання.

Практичне значення одержаних результатів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблені заходи щодо контролю за технічним станом основних частин автопоїздів і обслуговування з урахуванням їх фактичного стану. Використання розробок дозволило підвищити імовірність прогнозування несправностей основних частин автопоїздів на 10%.

Апробація результатів магістерської роботи. Результати магістерської роботи були повідомлені на II науково-практичній конференції студентів ДВНЗ ПДАБА (м. Дніпро, 2020 р.) та на Міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Експлуатаційна та сервісна інженерія» (Харків, ХНТУСГ, 28-29 травня 2020 р.).

Публікації. Основні результати досліджень опубліковано у 2 роботах.

Результати роботи можуть бути використані на підприємствах автомобільного транспорту, так як експлуатаційна надійність автомобіля і безпека руху багато в чому залежить від процесів технічного сервісу АТЗ.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРИЧИН ТА ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗМІНУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОПОЇЗДІВ

1.1. Причини та фактори, що впливають на технічний стан автопоїздів

Помітне зростання обсягів перевезення вантажів в країні за останні роки в значній мірі забезпечується збільшенням потужності парку автопоїздів. Ефективність, як ступінь реалізації ресурсів, на прикладі автопоїздів Volvo і DAF, характеризується такими показниками: використання ресурсу автомобілів – продуктивністю, потужністю, вантажопідйомністю, фондом робочого часу; економічністю; безпекою; екологічністю [1-7].

Аналіз експлуатації автопоїздів щодо перевезень вантажів по Дніпропетровській області показав досить низьку ефективність їх використання – позапланові простої досягають 30% і більше. Аналогічні дані були отримані й іншими дослідниками [5, 8-10]. Однією з основних причин такої ситуації є недосконалість системи технічної експлуатації (ТЕ). Умови експлуатації автопоїздів носять випадковий характер і мають імовірнісні харPresent+

Відомість+актеристики дорожніх умов, швидкості руху, маси перевезеного вантажу, режиму руху. Навіть при усуненні дії випадкових факторів розсіювання значень наробітку різних автомобілів однієї вибірки виявляється помітним.

В процесі експлуатації автопоїздів їх вузли і агрегати піддаються постійному впливу широкого спектру факторів, які по-різному відображаються на їхньому технічному стані.

Фактори, що впливають на зміну технічного стану, можна розділити на групи [11]: конструктивно-виробничі, що визначають початкову якість ТЗ, і експлуатаційні фактори, що визначають зміну технічного стану в процесі експлуатації. До першої групи відносяться: вибір схемних і конструктивних рішень; вибір елементів і матеріалів; технологія виготовлення деталей та вузлів, складання і

випробування автомобілів; якість виробництва, характеристики поточного і вихідного контролю.

До другої групи належать експлуатаційні фактори, які можуть бути як суб'єктивними, так і об'єктивними. Суб'єктивні фактори пов'язані з впливом обслуговуючого персоналу і можуть сприяти як підвищенню, так і зниженню надійності проведених робіт з технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р). До них відносяться: вибір правильних режимів експлуатації автомобілів, їх ТО і Р, кваліфікація обслуговуючого персоналу і якість його роботи (рис. 1.1) [5].



Рис. 1.1. Фактори, що впливають на зміну технічного стану автопоїздів

Кількісні характеристики експлуатаційних факторів змінюються в широких межах і їх вплив на технічний стан автопоїздів носить випадковий характер. Вплив експлуатаційних факторів на технічний стан об'єктів проявляється у вигляді відхилень від номінального значення їх параметрів, внаслідок зносу і старіння

деталей. Зміна параметрів і характеристик елементів у часі є наслідком фізико-хімічних процесів, що відбуваються в них. Процес виникнення відмови являє собою, як правило, певний часовий процес, внутрішній механізм та швидкість якого визначаються структурою і властивостями матеріалу, напругами, викликаними навантаженнями, температурою та іншими факторами [5].

Щоб краще побачити проблеми і намітити шляхи їх вирішення, слід проаналізувати стан теорії і практики ТЕ, ринок ТЗ і їх сервіс в країні; розглянути, як вирішуються аналогічні проблеми в країнах з розвиненою ринковою економікою; вивчити методи вдосконалення експлуатації автопоїздів, що пропонується сучасною наукою [5].

Експлуатація автопоїздів по території України відрізняється від експлуатації в країнах ЄС. Встановлений і визнаний факт наявності недостатньої ефективності, розуміння об'єктивної необхідності та можливості її підвищення – це і є проблемна ситуація, що дозріла до стадії її вирішення.

Зменшення працездатності автопоїздів по мірі інтенсивного використання має дві основні прояви – зростання кількості раптових відмов і зниження параметричної надійності, тобто зростання інтенсивності поступових (параметричних) відмов. Розподіл відмов на раптові й параметричні носить досить умовний характер. Чим менше розвинуті засоби контролю технічного стану ТЗ, тим більша частина відмов буде проявлятися як раптові. При абсолютній відсутності контролю ТЗ практично всі відмови будуть раптовими. З економічно-технічним розвитком засобів контролю та аналізу ТЗ переважаючими будуть ставати поступові, передбачувані, контрольовані відмови, що пов'язані зі зміною технічних параметрів окремих вузлів і автомобіля в цілому [5].

Таким чином, для опису процесів зміни технічного стану автопоїзда використовують два типи моделей. Більш досконалою є перший тип моделі (надійнісна), де в якості параметра технічного стану автомобіля використовується випадковий наробіток до відмови. Це модель є класичною і знаходить широке застосування для опису процесів зміни технічного стану та оцінки надійності [5].

На технічний стан автопоїздів впливають конструктивні, технологічні, експлуатаційні та інші фактори.

За характером зміни параметрів технічного стану можна прогнозувати ресурс агрегатів і автомобіля в цілому, але при цьому чітко розрізняють поступові і раптові відмови та особливості їх прояву.

Особливості поступових відмов:

- монотонні зміни параметра технічного стану;
- можливість прогнозувати зміни технічного стану в процесі експлуатації;
- можливість запобігти відмову профілактичними методами.

Технологічні фактори залежать від якості матеріалів, що використовуються для виготовлення деталей, застосування відповідної термічної обробки їх та складальних робіт (центрування, співвісності, регулювання зазорів, якості кріплення) та ін.

Експлуатаційні фактори залежать від дорожніх, транспортних і кліматичних умов. Вони найбільше впливають на технічний стан автомобілів. Дорожні умови характеризуються типом, станом і міцністю покриттів, поздовжнім профілем дороги, режимом руху, видимістю тощо. Кліматичні умови в різні періоди року визначаються температурою і вологістю повітря, атмосферним тиском, кількістю опадів, силою і напрямком вітру, тривалістю снігового покриву та ін.

Умови експлуатації істотно впливають на режими роботи, навантаження та рівень надійності ТЗ і, як наслідок, – на потреби в ТО і Р, змінюючи нормативи технічної експлуатації (рис. 1.2).

При призначенні режимів ТО ТЗ використовувалися дві тактики [5]:

- за напрацюванням;
- за станом.

Використання напрацювання в якості основи призначення режимів ТО вимагає чіткої класифікації й урахування умов експлуатації, а також режимів роботи агрегатів автомобіля. На жаль, до цього часу немає єдиної класифікації умов експлуатації. Це не дозволяє врахувати вплив всіх експлуатаційних факторів на режими роботи агрегатів, і як наслідок, отримуємо великий розкид показників

технічного стану агрегатів автомобіля. Тому призначення режимів профілактичних впливів з напруження без урахування фактичного стану ТЗ призводить до необґрунтованих витрат через несвоєчасне проведення профілактичних робіт. Це призводить або до передчасного обслуговування ТЗ, або до запізнення, коли вже потрібно проводити супутній ремонт [5].

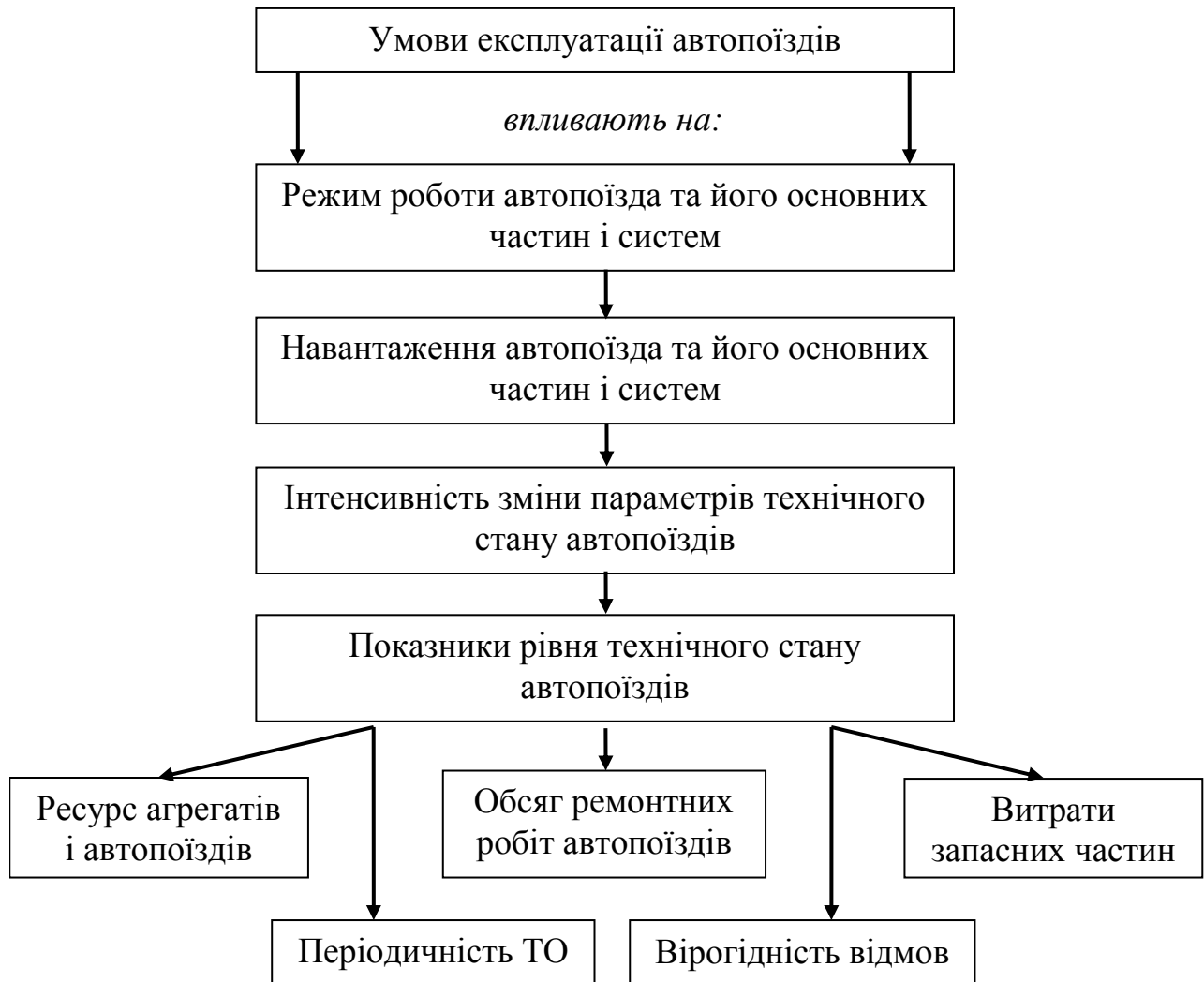


Рис. 1.2. Вплив умов експлуатації на інтенсивне зношування основних частин автопоїздів

Транспортні умови охоплюють обсяг і відстань перевезень, умови завантаження і розвантаження, особливості організації перевезень, умови зберігання, обслуговування та ремонту автомобілів [5].

Залежно від умов експлуатації змінюються швидкісні й навантажувальні режими деталей, механізмів та агрегатів автомобілів і термін їхньої безвідмовної

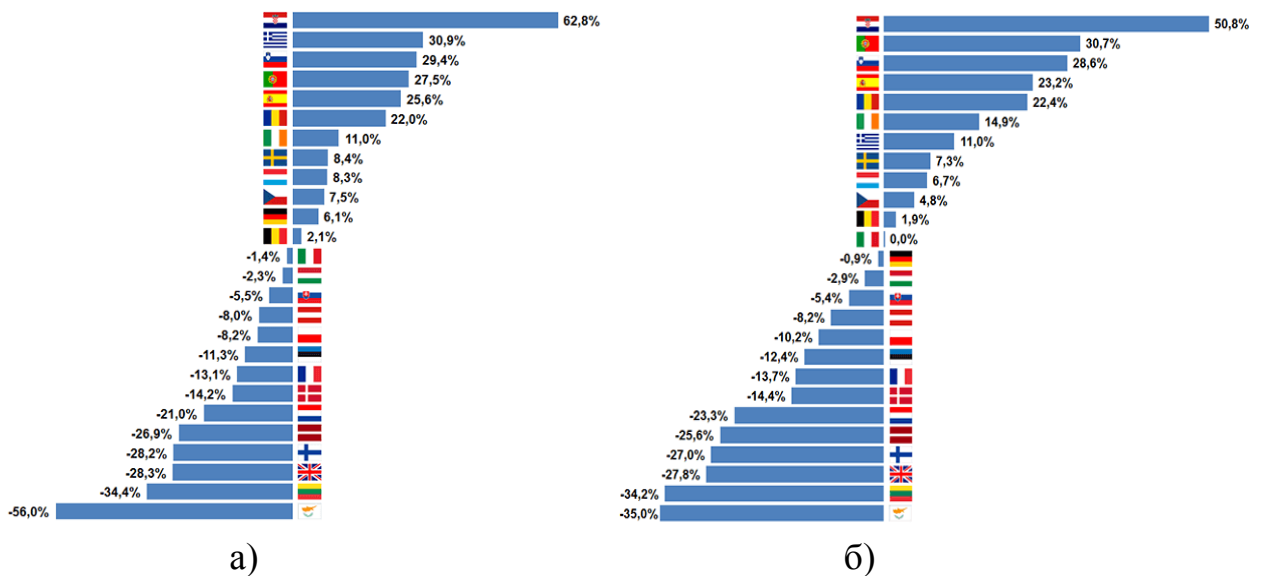
роботи. Експлуатаційні матеріали повинні відповідати конструктивним і технологічним особливостям агрегатів автомобіля, їхньому технічному стану й умовам експлуатації.

Таким чином, необхідно аналізувати зміни технічного стану по-елементно, тобто по-агрегатно, які впливають на технічний стан ТЗ в цілому.

1.2. Оцінка ефективності експлуатації автопоїздів в умовах України

Розвиток промисловості в країнах ЄС тісно пов'язане зі збільшенням транспортних переміщень, як в межах одного підприємства, так і межах держави, або між державами.

З однієї сторони економічна ситуація в світі не дозволяє інтенсивно розвивати автотранспортну галузь в повному обсязі. Так, асоціація АСЕА (European Automobile Manufacturers' Association) опублікувала дані [12] зареєстрованих нових ТЗ в ЄС за 2018 р. – 531 910 од. (в порівнянні з 2017 р. зменшилось на 6,7%), з яких 217 958 од. вантажних автомобілів від 16 т і більше (-6,1%), 280 391 од. вантажних автомобілів від 3,5 т (-8,1%). Зміна зареєстрованих ТЗ по країнам ЄС за 2018 р. представлені на рис. 1.3.



а – вантажні автомобілі від 16 т і більше; б – вантажні автомобілі від 3,5 т до 16 т

Рис. 1.3. Зміна зареєстрованих нових автомобільних ТЗ в країнах ЄС за 2018 р. по відношенню до 2019 р.

Дорожній вантажний транспорт є основою торгівлі та торгівлі на європейському континенті. Вантажівки перевозять 71,3% всіх вантажів, що перевозяться по суші. Сьогодні по всьому ЄС в обігу припадає близько 6,5 млн. вантажівок. У 2016 році в ЄС було вироблено 417 339 вантажних автомобілів. У 2016 році було експортовано по всьому світу 472 499 вантажівок (понад 5 тонн) вартістю 5,3 млрд. євро. Вони відповідають за профіцит торгівлі в розмірі 4,9 млрд. євро (рис.1.4).

Продуктивність автомобільного вантажного транспорту (виміряного в млрд. тонн-кілометрів) зросла на 14,3% між 2000 і 2014 роками. Незважаючи на збільшення вантажних перевезень, кількість смертей, пов'язаних з важкими транспортними засобами, скоротилася на 53% між 2001 і 2014 роками.

Всього нових комерційних автомобілів: у лютому 2019 р. ринок ЄС для комерційних транспортних засобів продовжував зростати (+ 4,7%). Реєстрація збільшилася з 173.492 до 181.636 одиниць, з ростом бути підтриманим через всі комерційні автомобілі segments. Усі ключові ринки ЄС, за винятком Іспанії (-3,8%), зафіксували зростання минулого місяця, особливо Німеччина (+ 15,2%) та Франція (+ 7,1%).

З січня по лютий 2019 р. Ринок CV збільшився на 5,7% і нарахував 382,114 нових реєстрацій по всьому ЄС. Німеччина (+ 15,5%), Франція (+ 7,7%), Великобританія (+ 6,3%), Іспанія (+ 2,1%) та Італія (+ 1,2%) всі бачили, що попит на комерційні автомобілі збільшився до цього року (рис. 1.5-1.6).

На даний час автомобільна транспортна система України налічує більше 9,2 млн. транспортних засобів, у тому числі: 6,9 млн. легкових автомобілів; \approx 250 тис. автобусів; \approx 1,3 млн. вантажних автомобілів; понад 840 тис. од. мототранспорту.

За даними асоціації «Укравтопром» [13] виробництво вантажних автомобілів в Україні за 2018 р порівняно з 2017 р зменшилася на 43% – до 28,8 тис. од. Всього за чотири місяці 2019 року в Україні було поставлено на облік 3398 комерційних автомобілів, що на 16% менше, ніж за аналогічний період минулого року (табл. 1.1).

З другої сторони Україна – транзитна держава, через яку проходить безліч вантажопотоків імпорту-експорту. Тому використовуючи високий промисловий рівень

розвитку країн ЄС, Україна з кожним роком збільшує потребу в ТЗ з високою інтенсивністю їх експлуатації, а значить, підвищує вимоги до їх надійності. Особливо це актуально для автопоїздів з тягачами. В Україні їх використовують для перевезення різних вантажів.

VEHICLES IN USE IN EUROPE						%change
Medium and heavy commercial vehicles (Over 3.5 tonnes)						16/15
	2012	2013	2014	2015	2016	
<i>Austria</i>	70,138	69,538	69,229	68,860	69,428	0.8
<i>Belgium</i>	147,545	145,694	144,370	143,697	142,744	-0.7
<i>Croatia</i>	36,693	37,873	38,593	39,851	40,954	2.8
<i>Czech Republic</i>	183,704	189,939	192,165	196,816	183,556	-6.7
<i>Denmark</i>	42,467	41,659	41,430	41,491	42,027	1.3
<i>Estonia</i>	33,899	29,226	35,384	35,783	36,781	2.8
<i>Finland</i>	96,714	96,733	95,176	95,250	94,780	-0.5
<i>France</i>	555,000	547,000	554,000	567,000	548,000	-3.4
<i>Germany</i>	889,520	890,410	892,695	902,718	917,627	1.7
<i>Greece</i>	232,065	232,334	232,692	233,159	227,990	-2.2
<i>Hungary</i>	86,723	86,780	87,488	86,831	88,592	2.0
<i>Ireland</i>	38,950	45,448	44,498	46,168	57,494	24.5
<i>Italy</i>	968,846	882,927	870,743	879,131	885,513	0.7
<i>Latvia</i>	36,660	35,425	34,591	30,096	32,122	6.7
<i>Lithuania</i>	83,431	84,866	44,810	46,717	50,575	8.3
<i>Luxembourg</i>	10,724	10,273	10,024	9,913	9,906	-0.1
<i>Netherlands</i>	155,000	153,000	149,383	149,588	151,952	1.6
<i>Poland</i>	874,572	908,069	941,293	980,201	1,025,585	4.6
<i>Portugal</i>	125,000	121,400	119,000	119,000	119,700	0.6
<i>Romania</i>	180,243	198,388	200,588	221,477	236,879	7.0
<i>Slovakia</i>	84,134	84,128	83,825	85,577	85,277	-0.4
<i>Slovenia</i>	37,661	38,269	39,775	42,571	46,058	8.2
<i>Spain</i>	535,624	520,098	517,268	526,559	541,352	2.8
<i>Sweden</i>	79,727	79,130	79,544	80,046	81,430	1.7
<i>United Kingdom</i>	557,128	568,993	569,921	581,645	595,542	2.4
EUROPEAN UNION	6,142,167	6,097,600	6,088,485	6,210,145	6,311,864	1.6
<i>Norway</i>	89,019	89,231	89,015	87,895	85,958	-2.2
<i>Switzerland</i>	60,335	59,950	60,602	60,076	58,507	-2.6
EFTA	149,354	149,181	149,617	147,971	144,465	-2.4
<i>Russia</i>	3,890,410	3,816,621	3,888,970	3,743,380	3,741,393	-0.1
<i>Turkey</i>	784,721	792,098	814,459	850,051	876,152	3.1
<i>Ukraine</i>	1,656,625	1,646,989	1,577,341	1,575,475	1,558,069	-1.1
EUROPE	12,623,276	12,502,489	12,518,872	12,527,022	12,631,943	0.8

Рис. 1.4. Автомобілі (понад 3,5 т), які використовуються в Європі

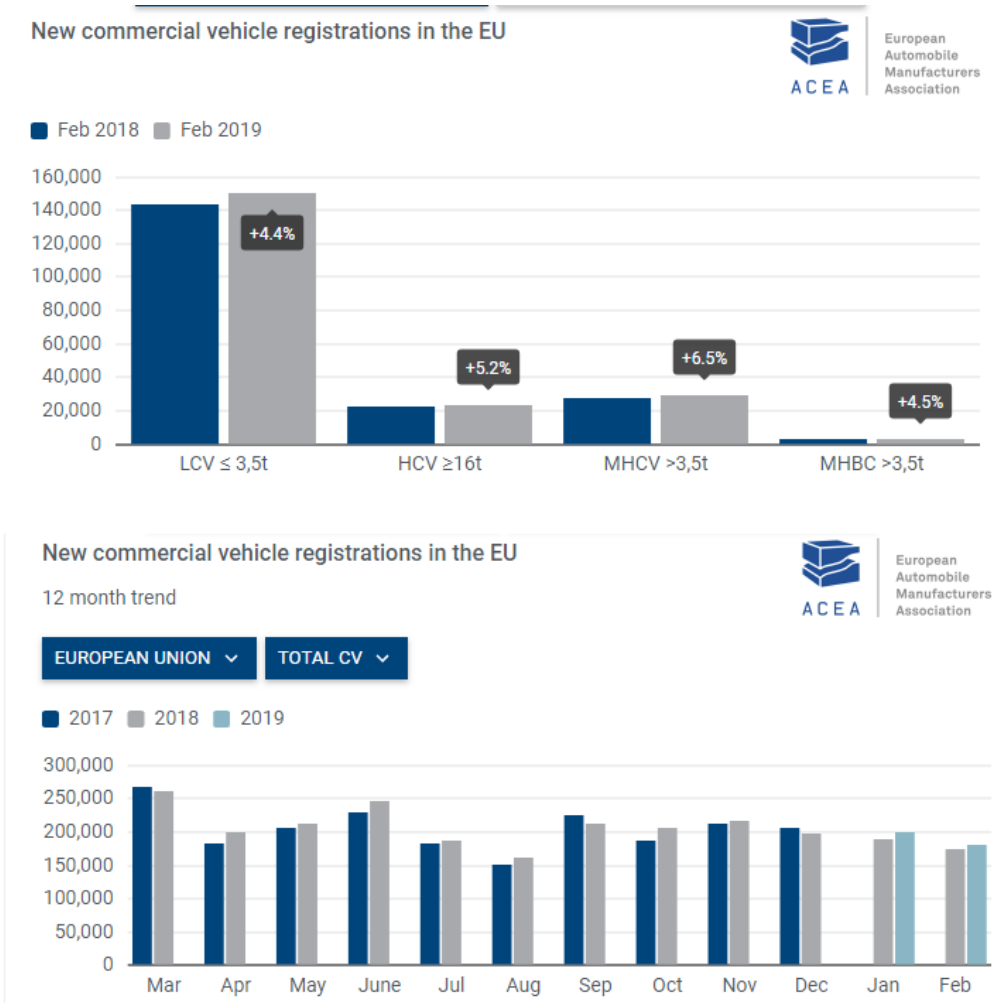


Рис. 1.5. Ринок ЄС для комерційних транспортних засобів (+4.7%)

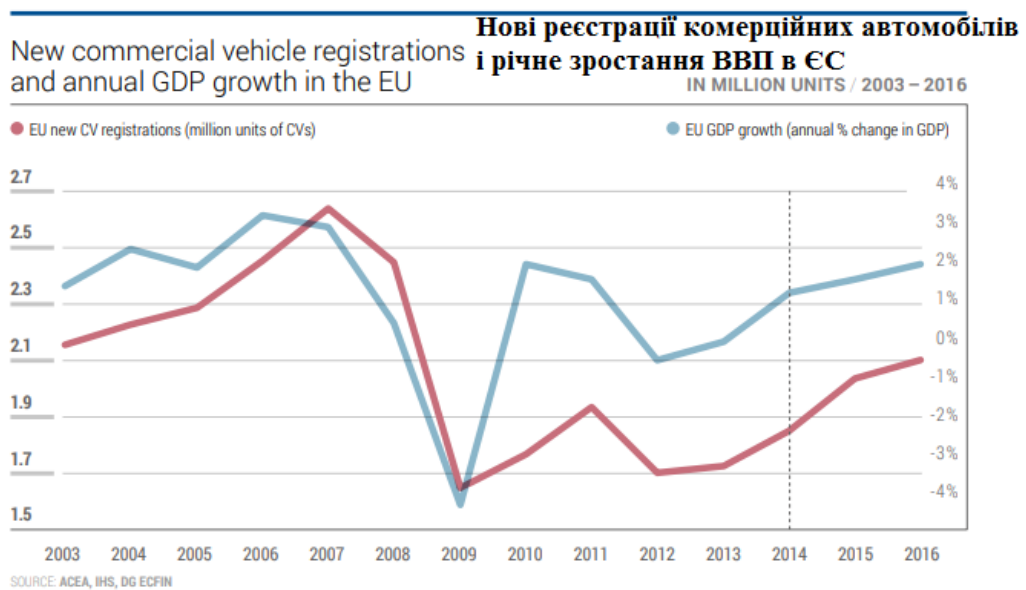


Рис. 1.6. Продажі автомобілів відбивають економічне зростання

Перша реєстрація нових CV в Україні по брендах (в одиницях)
First registrations of new CV in Ukraine by brands (in units) /"Ukrautoprom"/

№	Brand	Dec. 2017	Nov. 2018	Dec. 2018	Apr. 2019	Changes to Dec. 2017, +/-%	Changes to Nov. 2018, +/-%	Changes to Mar. 2019, +/-%
1	RENAULT	256	166	277	220	+8,2	+66,9	+74,6
2	FIAT	103	124	154	129	+49,5	+24,2	-7,2
3	MERCEDES-BENZ	88	108	133	60	+51,1	+23,1	-31,8
4	CITROEN	42	51	86	26	+104,8	+68,6	+36,8
5	VOLKSWAGEN	97	87	77	50	-20,6	-11,5	-44,4
6	MAZ	93	72	73	36	-21,5	+1,4	-51,4
7	FORD	101	78	72	54	-28,7	-7,7	-31,6
8	SCANIA	24	17	53	28	+120,8	+211,8	+55,6
9	PEUGEOT	57	39	38	46	-33,3	-2,6	-28,1
10	GAZ	94	65	36	40	-61,7	-44,6	-48,1
11	IVECO	16	31	34	24	+112,5	+9,7	+4,3
12	MAN	23	16	20	23	-13,0	+25,0	-48,9
13	KRAZ	30	12	19	0	-36,7	+58,3	0
14	UAZ	10	9	15	10	+50,0	+66,7	+100,0
15	VOLVO	5	13	13	0	+160,0	+0,0	0
16	KAMAZ	5	26	12	11	+140,0	-53,8	+37,5
17	ZAZ	17	7	11	10	-35,3	+57,1	-33,3
18	HOWO	2	38	9	10	+350,0	-76,3	-16,7
19	HYUNDAI	30	13	7	10	-76,7	-46,2	-16,7
20	DAF	11	9	7	19	-36,4	-22,2	+72,7
	Others	101	36	27	24	-73,3	-25,0	-51,0
	Total	1205	1017	1173	858	-2,7	+15,3	-11,4

Таким чином, підвищення ефективності ТЕ автопоїздів шляхом управління їх технічним станом – це актуально.

Під ТЕ автопоїздів розуміють комплексну систему організаційно-технічних заходів, що забезпечують їх працездатність при безпечному використанні за функціональним призначенням з урахуванням мінімальних впливів на навколишнє середовище [14].

Питання ефективності ТЕ автомобілів розглядалися вітчизняними і зарубіжними вченими [15-17]. У цих роботах показано зв'язок ефективності з питаннями надійності, обслуговування і ремонту, роботи персоналу, управління підприємством. Рівень ефективності кожної виробничої одиниці (робітника,

службовця, керівника, автомобіля, підрозділу, підприємства в цілому), кожного виробничого процесу характеризується певними показниками або системою показників [18], які виступають індикаторами і орієнтирами в діяльності щодо вдосконалення роботи підприємства.

Ефективність системи визначається ефективністю її складових. Так, ефективність технічної експлуатації характеризується: рівнем працездатності автомобілів, що виражений коефіцієнтом готовності (K_T); середнім наробітком на відмову; часом відновлення працездатності після відмови; собівартістю машино-години, як мірою витрачених ресурсів; структурою витрат.

Ефективність може визначатися, з одного боку, відношенням отриманого результату до витрачених ресурсів (рентабельність експлуатації автомобіля), з іншого боку, співвідношенням одержаного результату і максимально можливого (рівень відновлення працездатності автомобіля після капітального ремонту, K_2). Отже, ефективність може виступати в ролі оцінки роботи ТЗ, а також служити цільовою функцією вдосконалення системи ТО і Р.

Технічна експлуатація виявляє визначальний вплив на ефективність автомобілів, оскільки забезпечує їх працездатність (рис. 1.4). Роль виробничої експлуатації полягає у формуванні раціональних парків автомобілів для виконання конкретних завдань перевезення вантажів, організації оптимальної технології виконання механізованих робіт. Основне завдання комерційної експлуатації для підприємства по експлуатації автопоїздів полягає в забезпеченні роботою автомобільного парку.

У відповідність з теоретичними положеннями та методиками, розробленими Е.С. Кузнецовим, Р.В. Крамаренко, А.М. Шейніним та ін., основними критеріями встановлення раціональної періодичності профілактики є: закономірність зміни і витрати на ТО і Р автомобіля. Розробки Е.С.Кузнецова [19] в значній мірі сприяли математизації методів, а результати досліджень були покладені в основу робіт [20-22].

Проте, часто зустрічаються висловлювання про те, що не можна встановлювати жорстку періодичність ТО для комплексу умов експлуатації,

оскільки на практиці спостерігається або невиправдані витрати коштів при передчасному обслуговуванні і ремонті, або значні втрати, пов'язані з інтенсивним зносом і відмовами (при рідкісному, запізненому обслуговуванні) [5].



Рис. 1.4. Фактори, що формують ефективність застосування автопоїздів для перевезення вантажів

Великий вплив на ефективність керування технічним станом автомобілів надає те, що заходи регламентуються, виходячи із середньостатистичних нормативів без урахування істотних відмінностей у стані автомобілів і можливості оптимізації показників. Дана система підтримки працездатності автомобілів не забезпечує необхідного рівня надійності їх роботи, навіть незважаючи на те, що її здійснення пов'язане з великими невиправданими витратами. Радикальне вирішення завдань забезпечення високої надійності автомобілів і значного зниження витрат на підтримання його працездатності вже зараз, а тим більше в перспективі, може бути досягнуто, в першу чергу, завдяки повному і правильному використанню можливостей об'єктивної діагностики технічного стану автомобілів і проведення робіт за наробітком.

1.3. Особливості побудови системи ТО і ремонту автопоїздів

Для підтримки надійності автомобілів у процесі експлуатації велике значення має організація управління системою ТО і Р, об'єктом дослідження якої є [5]:

- діагностика технічного стану автомобілів без їх розбирання;
- впровадження оптимальних режимів ТО автомобілів;
- раціональна організація і технологія ТО і Р автомобілів;
- запасні частини та агрегати автомобіля;
- якість послуг.

Основу системи ТЕ становить система ТО і Р автомобілів, під якою розуміють сукупність принципів і правил, що забезпечують працездатний стан машин з мінімальними витратами. ТО служить для підтримки технічно справного стану техніки, а ремонт – відновлення цього стану. Основний принцип побудови сучасної стратегії ТО і Р – планово-попереджувальний з урахуванням технічного стану автомобілів [5].

Основні положення системи ТО і Р автомобілів. Ці положення містяться в стандартах, документації заводів-виробників автомобілів, провідних НДІ. Згідно [21] система ТО і Р передбачає щоденне, періодичне (ЩО, ТО-1, ТО-2) і сезонне (СО) технічні обслуговування, поточний (ПР), середній (СР) і капітальний (КР) ремонти (рис. 1.5). Автомобілі, які втратили працездатність у результаті відмови, піддаються позаплановому ремонту [5].

ТО і Р автомобілів виконують на підставі вимог експлуатаційної конструкторської документації і результатів діагностування їх технічного стану.

В результаті діагностування при ТО за допомогою приладів прогнозується технічний стан автомобіля і його залишковий ресурс, приймається рішення щодо його подальшої експлуатації, визначається потреба в технічному обслуговуванні та ремонті [5].

Типові норми трудомісткості й тривалості робіт з ТО і ремонту автомобілів для складання планів приведені в [5-21]. Вони розроблені на основі вказівок по складу робіт, що містяться в експлуатаційній та ремонтній документації, а також

фактичних витрат праці й часу на ці роботи в управліннях механізації та на ремонтних заводах. Типові норми трудомісткості включають середні сумарні витрати праці в людино-годинах на виконання всіх операцій, визначаються конструкцією і технічним станом машини [5].

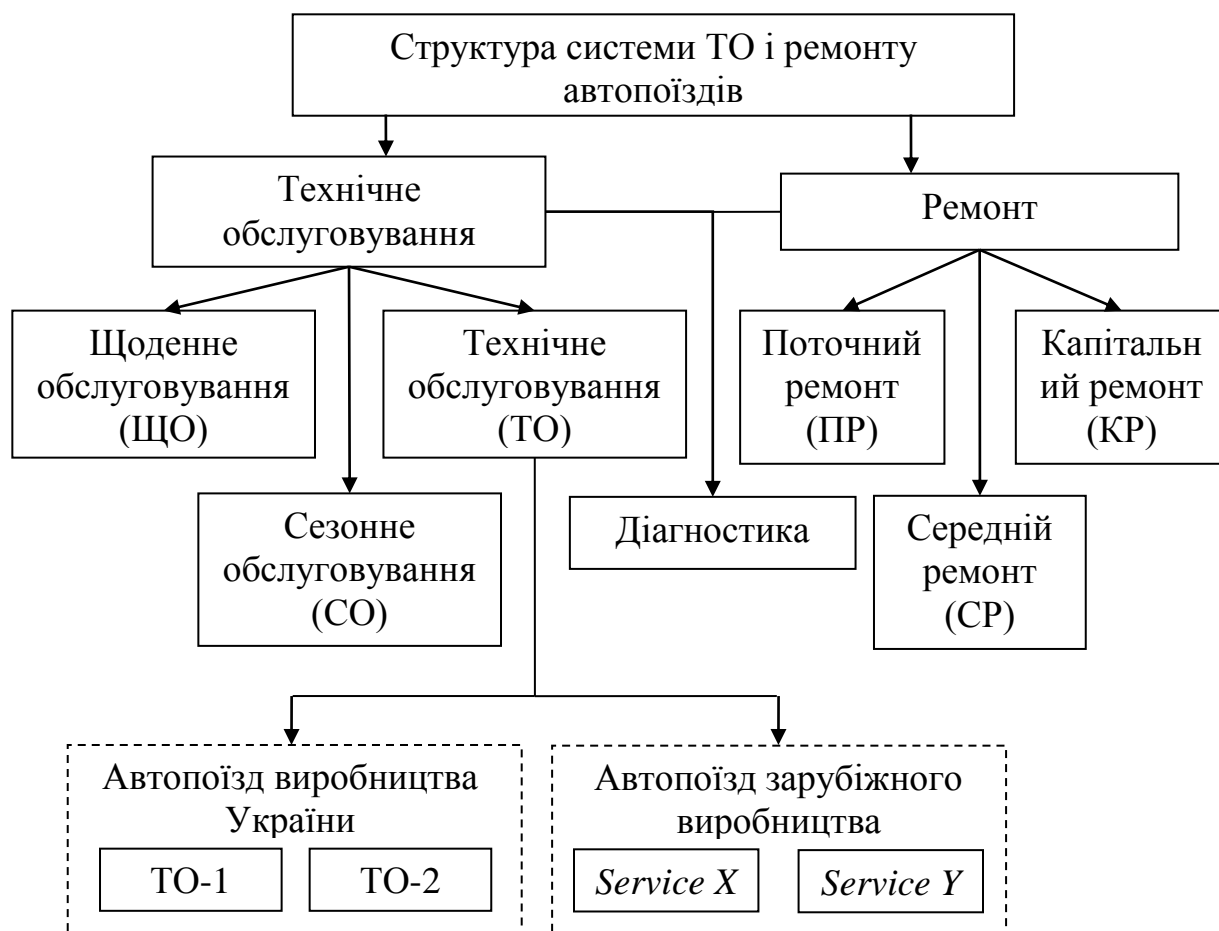


Рис. 1.5. Структура системи ТО і ремонту автопоїздів

Тривалість технічного обслуговування і ремонту – це витрати часу на виконання всіх операцій, визначаються конструкцією і технічним станом машини і вимірюються у годинах.

Типові норми трудомісткості й тривалості ТО і поточних ремонтів автомобілів визначені на основі обробки статистичних даних з урахуванням умов експлуатації.

Недоліки існуючих рекомендацій з ТЕ, ТО і Р автопоїздів.

«Нормативи» не враховують конкретні умови експлуатації, інтенсивність і характер роботи машин, і пропонують підприємствам самим вводити коригування

нормативів статистичної інформації або за даними дослідників. Не враховується також і вплив віку автомобіля на параметри системи ТО і Р.

Пропонується лише один метод побудови системи ТО і Р – планово-попереджувальний з елементами діагностування, тобто з урахуванням технічного стану окремих систем автомобіля.

Таким чином, є широка можливість для творчого підходу до створення власної ефективної системи експлуатації автопоїздів.

Стратегії організації ТО і Р автопоїздів.

Стратегії ТО і Р автопоїздів пройшли багатовіковий шлях розвитку від ремонту за фактом відмови до індивідуальних, побудованих на комп'ютерних діагностичних системах. На практиці використовують рекомендації заводів-виробників, науково-дослідних та інших установ, готові програмні засоби. Завдання експлуатаційників зводяться до правильної організації системи підтримання працездатності ТЗ, віддаючи перевагу рекомендаціям виробників і постачальників техніки, як виконавцям гарантійних зобов'язань [5].

Існуючі варіанти систем ТО і Р автомобілів (рис. 1.6) передбачають проведення технічного обслуговування і ремонтів профілактично або після відмови.



Рис. 1.6. Класифікація стратегій формування системи ТО і ремонту ТЗ

Довговічність і експлуатаційна надійність автомобіля, як зазначалося вище, залежить від великої кількості конструктивно-технологічних та експлуатаційних факторів. Ці ж фактори впливають і на режими ТО автомобілів. Тому, очевидно, що для кожного автосервісу повинні бути обрані свої, найвигідніші (оптимальні) режими ТО, що враховують специфічні умови роботи даного підприємства. Проте у нормативних документах на обслуговування автопоїздів зарубіжного виробництва (Service X і Service Y) вказується лише періодичність проведення ТО і регламентні роботи, які не прив'язані до умов експлуатації в тому чи іншому регіоні.

Оптимальні режими ТО – це такі, при впровадженні яких досягаються мінімальні сумарні витрати на ТО і Р автомобілів, віднесені до одиниці пробігу автомобіля при високому коефіцієнті технічної готовності; підвищується довговічність і експлуатаційна надійність автомобілів; скорочується обсяг поточних ремонтів, зменшується сумарна трудомісткість робіт з ТО і Р автомобілів [5].

Оптимальні режими можуть бути отримані шляхом коригування режимів, рекомендованих «Положенням» [5, 20-21] для заданих умов експлуатації. Сутність коригування режимів ТО полягає в уточненні основного переліку операцій і періодичності їх виконання на підставі спільного аналізу фактичних даних про виконання операцій обслуговування та періодичності, змісту та обсягів виконаних ремонтів. Очевидно, що для коригування режимів ТО автомобілів на сервісі повинен бути добре поставлений статистичний облік, достовірні дані якого можуть бути отримані тільки при аналізі великого фактичного матеріалу.

Поточне коригування режимів ТО автомобілів може проводитися на підставі порівняння питомих витрат часу на ТО по агрегатам, механізмам і системам з питомими відмовами, що виникають в них на лінії. Ті агрегати, механізми, системи, за якими питоми відмови значно більше питомих витрат часу на їх обслуговування, вимагають і більшої уваги при їх виконанні в процесі ТО автомобілів [5].

Одним із актуальних питань залишається економічне й раціональне використання ресурсу автомобіля, тобто необхідно коригувати режими і обсяг ТО в залежності від наробітку.

В якості об'єкта дослідження при коригування режимів ТО для підприємств [16], що експлуатують автопоїзди іноземного виробництва, була визначена цільова функція:

$$C, L_{\text{opt}}(t_{\text{ТОіР}}) \rightarrow \text{opt}, \quad (1.1)$$

де C – витрати на ТО і Р автопоїзда, грн.;

L_{opt} – оптимальний (ефективний) пробіг автомобіля, тис. км;

$t_{\text{ТОіР}}$ – питома трудомісткість ТО і поточного ремонту, чол•год/1000 км.

Для автопоїздів частка витрат на пневматичні шини становить близько 8% [16], що відповідає такій же частці в цільовій функції. Це підтверджує необхідність аналізу по елементам технічного стану автопоїзда.

При технічній експлуатації автопоїздів підвищення $\alpha_{\text{ТГ}}$ призводить до збільшення продуктивності процесу перевезень W_i . Тоді собівартість перевезень – це функція:

$$S = f(C_{\text{ПВ}}, C_{\text{ЗВ}}, L, W, \alpha_{\text{ТГ}}), \quad (1.2)$$

де $C_{\text{ПВ}} = C_{\text{ЗПв}} + C_{\text{НВ}}$ – постійні витрати, що складаються зі заробітної платні водіїв і накладних витрат, грн.;

$C_{\text{ЗВ}} = C_{\text{П}} + C_{\text{ЗМ}} + C_{\text{Ш}} + C_{\text{А}} + C_{\text{ТО}}$ – змінні витрати, що складаються з витрат відповідно на паливо, змащувальні матеріали, на шини й амортизаційні відрахування, на ТО і Р автопоїзда, грн.;

L – пробіг автопоїзда, тис. км;

W – продуктивність процесу перевезень автопоїздом, т-км;

$\alpha_{\text{ТГ}}$ – коефіцієнт технічної готовності.

Собівартість перевезень залежить від технічного стану автопоїздів, витрат на шини, паливо, мастильні матеріали, амортизаційні відрахування, ТО і Р їх агрегатів.

Зменшення витрат на експлуатацію автопоїздів може бути досягнуто за рахунок зменшення витрат на шини, паливо та ТО і Р їх агрегатів:

$$\Delta S(L) = f(C_{\text{Ш}}(L), C_{\text{П}}(L), \Sigma C_{\text{ТО}_i}(L)). \quad (1.3)$$

Оптимізація ефективності ТЕ, може бути охарактеризована ступенем технічної готовності автопоїздів до виконання транспортної роботи α_{TT} [16]. Тоді, математична модель формування α_{TT} буде представлена в розгорнутому вигляді:

$$\alpha_{TT} = f(X_L, X_t, Z_L, Z_t, W_L, W_t, W_\lambda) \rightarrow 1, \quad (1.4)$$

де X_L, X_t – контрольовані керовані змінні чинники, що пов'язані з пробігом і з часом відповідно;

Z_L, Z_t – контрольовані некеровані змінні чинники, що пов'язані з пробігом і з часом відповідно;

W_L, W_t, W_λ – неконтрольовані некеровані змінні чинники, що пов'язані з пробігом, з часом і з інтенсивністю експлуатації відповідно.

Висновки за розділом 1

На підставі розгляду сучасного стану проблеми визначена мета роботи – підвищення ефективності експлуатації автопоїздів шляхом управління їх технічним станом.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР КРИТЕРІЇВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ АВТОПОЇЗДІВ

2.1. Аксиоматичний метод системного відображення до моделювання управління технічним станом автопоїздів

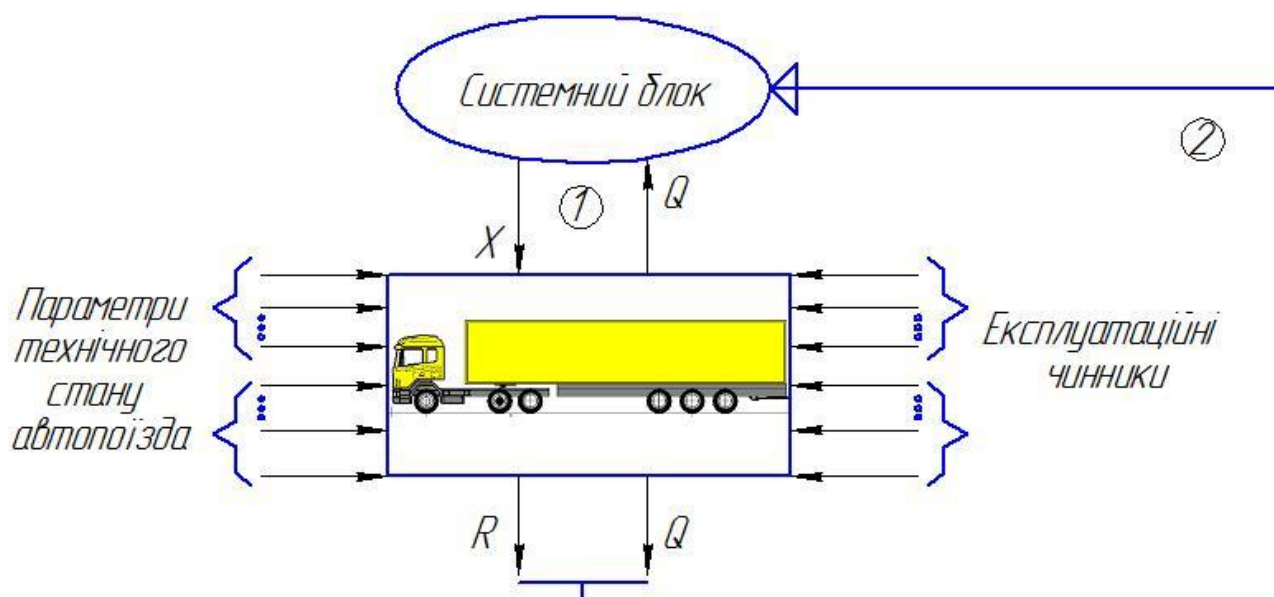
Метою підвищення рівня технічного стану автопоїздів є створення більш надійних, компактних та технологічних, енергетично ефективних, ергономічно-комфортних та екологічно безпечних агрегатів, механізмів, які відповідають вимогам технічної документації. Конкретизація цього завдання для технічної служби АТП складається з його опису в термінах експлуатаційних властивостей автопоїзда, тобто у квантифікації загальної мети на сукупність більш часткових і простих конкретних під цілей [5].

Системне моделювання управління технічним станом автопоїздів – це система, під якою слід розуміти певну цілісність автопоїзда, що складається з взаємозалежних частин, які вносять свій внесок щодо ефективної експлуатації автопоїзда.

В основу цієї теорії були покладені роботи таких дослідників, як: Рене Декарт, Едмунд Гуссерль, Жиль Дельоз, Генріх Альтшуллер, Рене Моборн, Іцхак Кладерон Адизес, Талеб Нассим [5].

Наведемо ряд основних необхідних аксіом.

Технічний стан автопоїзда дозволяє аналізувати чинники, що впливають на його зміну, по ступеню переваги, отже, здійснювати у просторі параметрів X множини Y (рис. 2.1) пошук кращих, оптимальних або близьких до них, розв'язків. Тому невимірні цілі не мають порівняння і повинні або виключатися з розгляду, або квантифікуватись до рівня, що забезпечує їх вимірність. Формальне визначення даної властивості необхідно встановити аксіоматично [5-23].



R – вектор результуючих параметрів; Q – вектор нормованих кваліметричних показників; X – вектор управляючих параметрів;
1 і 2 – внутрішній та зовнішній контури управління

Рис. 2.1. Схема управління якістю технічного стану автопоїзда в процесі експлуатації

2.2. Формування, систематизація й нормування множини експлуатаційних показників якості автопоїзда

Пошук оптимального рішення щодо проведення технічних впливів на складні технічні системи, до яких відносяться сучасні автопоїзди, складається з двох етапів: пошуку границь області існування експлуатаційних показників автопоїзда та пошуку у цій області кращого набору значень цих показників, що потребує рішення задачі багатокритеріальної оптимізації [5-23].

В процесі експлуатації автопоїздів для раціонального проведення періодичності ТО відрізняють наступні задачі, що потребують наукового рішення [5]:

- встановлення обґрунтованих критеріїв оптимізації;
- розроблення математичних моделей і методів їх розв'язання;
- розроблення алгоритмів і методик їх реалізації.

Автомобіль складається із взаємозв'язаних підсистем (агрегатів, механізмів), які не гарантують створення оптимальної технічної системи, а в деяких випадках навіть спричиняють їй непрацездатність. Отже, в основу рішення задачі має бути покладено принцип цілісності, який вимагає розгляду технічної системи як єдиного цілого, що складається з структурних частин, які пов'язані між собою певними відношеннями (рис. 2.4) [5].

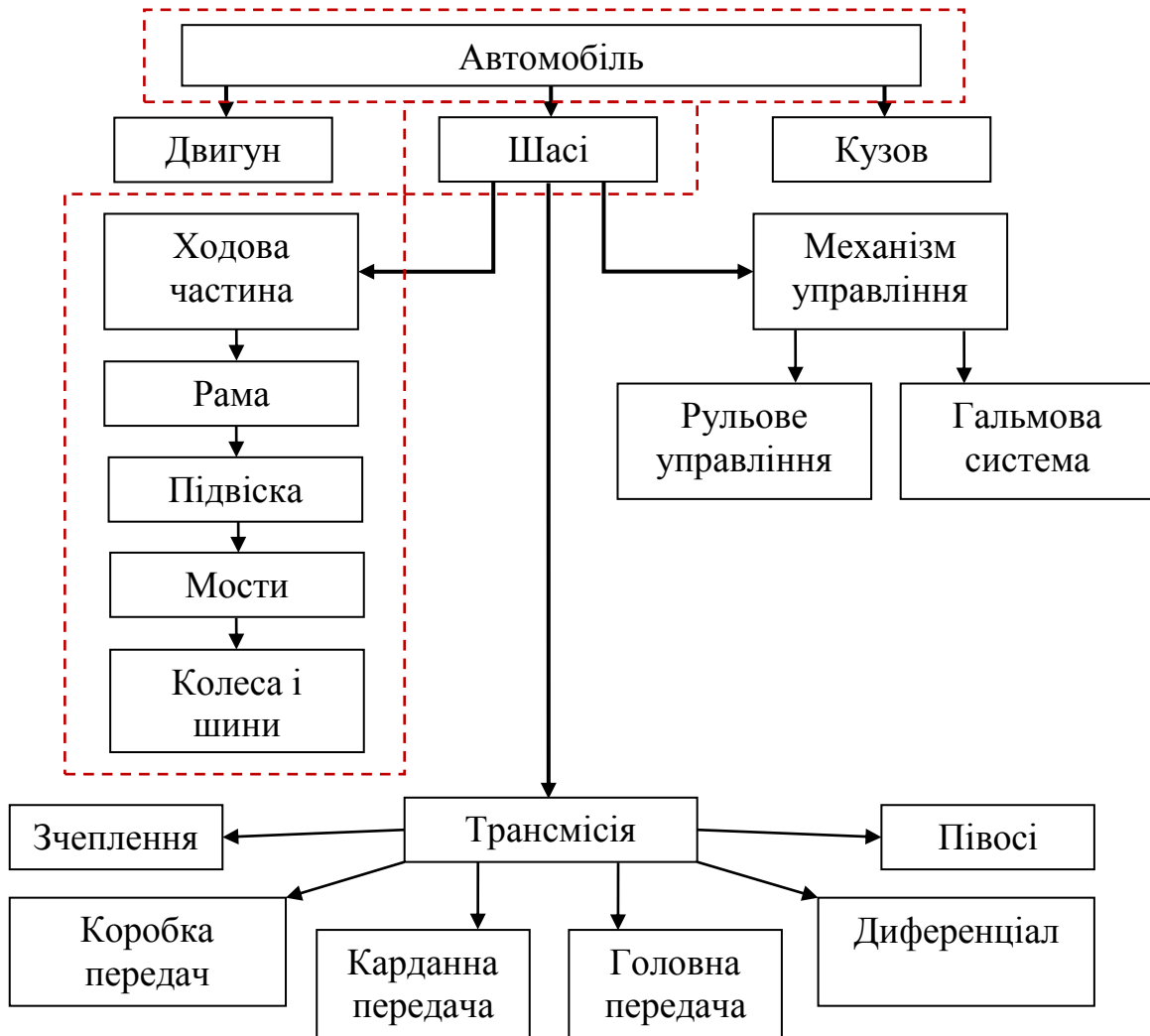


Рис. 2.4. Схема будови автомобіля

В результаті аналізу опублікованих робіт виявлено і опрацьовано інформативну базу, щодо визначення показників функціональної ефективності й надійності автомобілів. Віднесення механізмів у складі автопоїзда до технічних систем обґрунтовано: кінематичною цілісністю відповідних механізмів та їх

фізичних структур, що складаються з окремих взаємодіючих компонентів; наявністю постійного трансмісійного зв'язку між компонентами; сталістю фізичних структур і внутрішніх міжкомпонентних зв'язків; інтегративністю.

Остання властивість означає, що усі експлуатаційні якості автопоїзда (економічність, динамічність, надійність та інші) системно залежать від параметрів взаємодіючих компонентів і повністю не визначаються жодним з них окремо.

Саме тому оцінка рівня технічного стану автопоїзда не є композицією оцінок окремих експлуатаційних властивостей і потребує системного відображення, а їх конструювання із локально оптимізованих підсистем, елементів тощо не гарантує створення оптимальної у цілому технічної системи (рис. 2.5) [5].

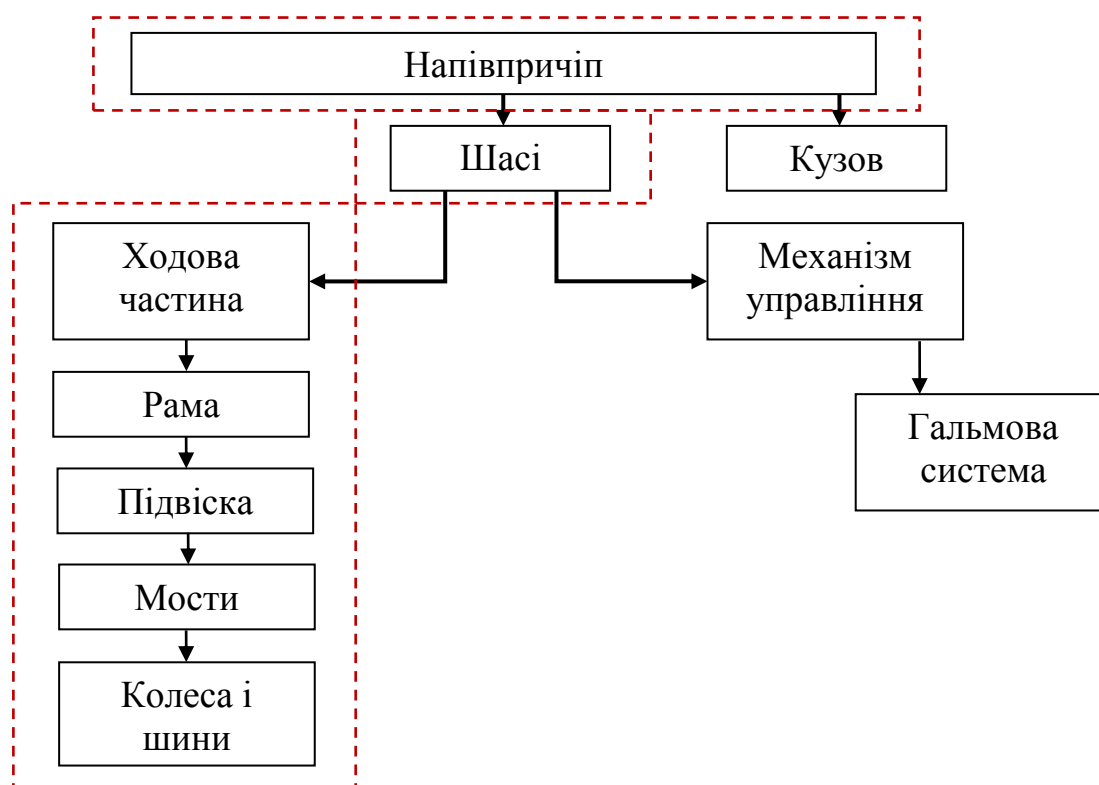


Рис. 2.5. Схема будови напівпричепа

Якщо кожне сполучення вихідних даних для технічної системи подати у вигляді n -мірного вектору, то у відповідному просторі необхідно задати метрику $\rho_M = \rho_M(W_1, W_2)$, яка чисельно відповідає кількості інформації [5-23]. Якщо досліджуваний n -мірний простір задовольняє усім характеристикам Евклідова

простору R^m , для якого норма n -компонентних векторів $\|W\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n W_j^2}$, то відстань між векторами є

$$\rho_m = \|W_1 - W_2\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n (W_{1j} - W_{2j})^2}. \quad (2.1)$$

Відповідна функція стану складної технічної системи визначає узагальнену умову її оптимізації.

$$F_{opt}\{W_1, W_2, \dots, W_n\} \rightarrow \min. \quad (2.2)$$

Кожне сполучення вихідних даних для технічної системи відображено однією чи декількома точками у n -мірному просторі встановлених показників якості, за якими можна оцінювати технічний стан автопоїзда. Тобто умова (2.2) має аналогічний запис у значно меншому ($m < n$) просторі показників якості.

$$F_{opt}\{q_1^{ек}, q_2^{дин}, q_3^{безвідм}, q_4^{рем}, q_5^{довз}\} = F_{opt}\{Q\} \rightarrow \min. \quad (2.3)$$

У сучасних умовах комп'ютеризації для пошуку оптимального рішення стає можливим розгляд потужної кінцевої множини варіантів, із якої необхідно вибрати декілька конкуруючих раціональних варіантів, що потребують порівняння і подальшого удосконалення для досягнення поставленої мети.

У графічній інтерпретації модель багатомірного фазового простору стану технічної системи може уявляти собою сферу або багатогранник, що побудований у координатах, які відповідають певним інтегральним параметрам системи (наприклад, економічність, динамічність, надійність тощо) [5].

Для числового відображення відхилення по кожному i -му параметру використано кількість інформації $H_i = -\sum_{j=1}^n \Delta_j$ (n – число вихідних параметрів, що утворюють n -мірний фазовий простір, Δ_j – сума їх відхилень від оптимальних значень) [5].

На прикладі автопоїздів марок DAF і Volvo (дані ТОВ «Зенал» ЛТД [5] представлені в табл. 2.1) виділено дані щодо напрацювання на відмову їх основних

елементів. Статистичний аналіз даних ТОВ «Зенал» ЛТД щодо напрацювання основних частин автопоїздів дозволив встановити їх середні значення.

Таблиця 2.1

Напрацювання на відмову основних елементів автопоїздів з тягачами марки Volvo

Системи автопоїздів	Наробіток на відмову, км	Наробіток на відмову, год.	Середній час відновлення, год.	Інтенсивність потоку відмов, км ⁻¹	Інтенсивність відновлення, год. ⁻¹	Відношення інтенсивності потоку відмов до відновлення, год./км	Імовірність стану
Двигун	1000000	16703	37	$6 \cdot 10^{-05}$	0,027027	0,002215	0,0020909
Рама	1000000	16703	14	$6 \cdot 10^{-05}$	0,071429	0,000838	0,0007911
Мости	1000000	16703	8	$6 \cdot 10^{-05}$	0,125	0,000479	0,000452
Паливний насос	1000000	16703	5,2	$6 \cdot 10^{-05}$	0,192308	0,000311	0,0002939
Ходова частина тягача	100000	1670,2	15	0,0005987	0,066667	0,008981	0,0084767
Ходова система напівпричепа (н/п)	200000	3340,6	10,5	0,000299	0,095238	0,003143	0,0029669
Рульове управління	120000	2004,3	10,5	0,0004989	0,095238	0,005239	0,0049448
Гальмівна система тягача	120000	2004,3	15	0,0004989	0,066667	0,007484	0,007064
Гальмівна система н/п	100000	1670,3	8,2	0,0005987	0,121951	0,004909	0,0046339
Електрооблад- нання тягача	120000	2004,3	5,6	0,0004989	0,178571	0,002794	0,002637
Електрооблад- нання н/п	250000	4175,7	4,3	0,0002395	0,232558	0,00103	0,000972
Коробка передач (механічна)	60000	1002,2	12	0,0009978	0,083333	0,011974	0,0113023
Зчеплення	240000	4008,7	4,5	0,000249	0,222222	0,001123	0,001059
Головна передача	1000000	16703	5,5	$6 \cdot 10^{-05}$	0,181818	0,000329	0,0003108
Шина Michelin тягача	180000	3006,5	1,2	0,0003326	0,833333	0,000399	$8,8 \cdot 10^{-07}$
Шина Michelin н/п	180000	3006,5	1,2	0,0003326	0,833333	0,000399	0,0003767
Шина Goodyear тягача	180000	3006,5	1,2	0,0003326	0,833333	0,000399	0,0003767
Шина Goodyear н/п	180000	3006,5	1,2	0,0003326	0,833333	0,000399	0,0003767
Шина (Китай)	120000	2004,3	1,2	0,0004989	0,833333	0,000599	0,0005651
Шина (Корея)	180000	3006,5	1,2	0,0003326	0,833333	0,000399	0,0003767
Деталі кузова	120000	2004,3	12	0,0004989	0,083333	0,005987	0,005651
<i>Середнє</i>	354762	5925,5	8,31	0,0003543	0,325874	0,00283	0,002653

На основі аналізу представлених даних про напрацювання двигуна, моста, рами цих автопоїздів встановлено, що наробіток їх на відмову складає понад 1 млн. км пробігу, що у декілька разів перевищує наробіток на відмову інших агрегатів, вузлів. Таким чином, ці вузли і агрегати у подальшому в роботі не розглядаються [5].

На основі аналізу висновків експертів щодо аналізу впливу експлуатаційних факторів на технічний стан автопоїзда встановлено номенклатуру експлуатаційних показників. Із множини функціональних показників сформовано номенклатуру показників якості автопоїзда за групами експлуатаційних властивостей: економічність, динамічність, надійність [5].

Паливна економічність – одна з експлуатаційних властивостей автопоїзда. Вона визначає витрату палива автопоїздом при русі в заданих умовах. Для кожного автопоїзда встановлюється норма лінійної витрати палива. Ці норми вказані в технічних характеристиках автопоїздів. У залежності від умов роботи автопоїздів ці норми можуть збільшуватися або зменшуватися спеціальними вказівками [5].

На паливну економічність впливають конструктивні і експлуатаційні чинники. Пробіг до капітального ремонту залежить від витрати палива [24]:

$$L_{KP} = \frac{100 \cdot Q_{\Sigma}}{H}, \quad (2.4)$$

де Q_{Σ} – сумарна загальна витрата палива, л;

H – норма витрати палива автомобіля, л/100 км.

Згідно з результатами проведених досліджень, що використовуються у поширеній практиці визначення ресурсу автопоїзда, найбільш адекватною моделлю для визначення коефіцієнта фізичного зносу автопоїзда є метод експоненціальної кривої. Це припущення ґрунтується на статистичних дослідженнях ресурсу автопоїзда, що перебуває в експлуатації, й змінюється за експоненціальним законом. Тоді, скорегований пробіг можливо визначити [5]:

$$L_{TO} = k \cdot L_a, \quad (2.5)$$

де k – поправка на знос;

L_a – середній пробіг автопоїзда до появи відмови, км.

На підставі даних про фізичний стан автомобілів розраховується процентна поправка на знос [5-24]. Розрахунок проводиться за формулою [5]:

$$k = \frac{100 - I_a}{100 - I_b}, \quad (2.6)$$

де I_a – відсоток фактичного зносу оцінюваного автопоїзда;

I_b – відсоток фактичного зносу наявного аналогу (розрахунок фізичного зносу проводиться методом експертних оцінок, який передбачає проведення технічної експертизи, за результатами якої технічний стан автомобіля співвідноситься з деякою шкалою станів, кожному з яких приписується певний діапазон зносів).

Відсоток фактичного зносу автопоїзда (рис. 2.6) [5]:

$$I_a = 100 \cdot (1 - e^{-\Omega}), \quad (2.7)$$

де e – основа натуральних логарифмів, $e = 2,72$;

Ω – функція, що залежить від віку і фактичного пробігу автопоїзда з початку експлуатації (додаток Б).

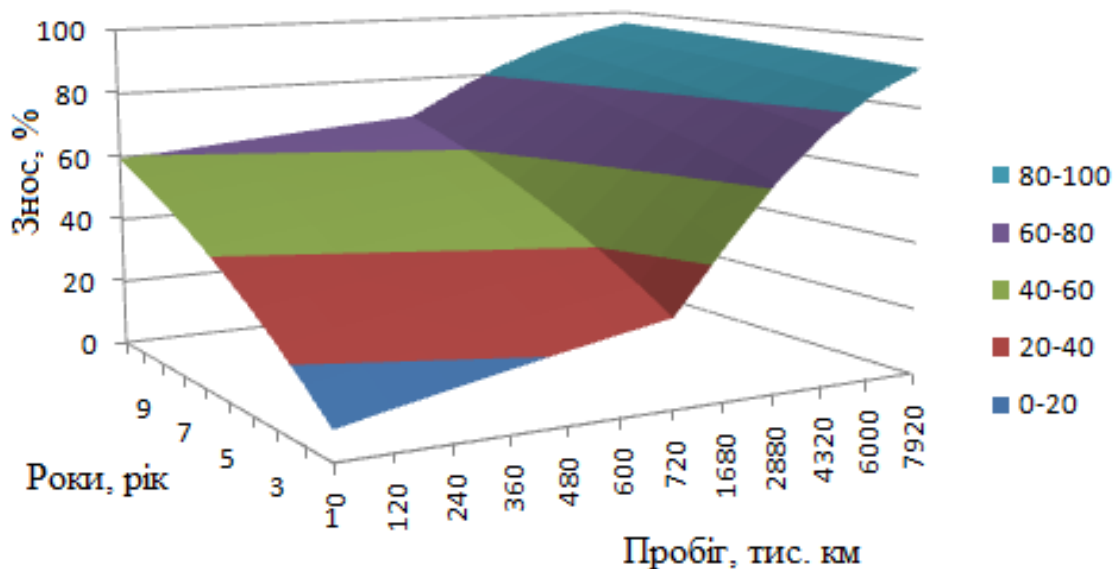


Рис. 2.6. Залежність фактичного зносу (в %) автопоїздів Volvo від їх фактичного віку та пробігу

Функція Ω в загальному випадку мала наступний вигляд для автопоїздів Volvo:

$$\Omega = 0,09 \cdot T_a + 0,0003 \cdot L_a, \quad (2.8)$$

де: 0,09 – коефіцієнт, що враховує вплив віку автопоїзда і залежить від виду, марки, моделі;

T_a – фактичний вік автопоїзда, років;

0,0003 – коефіцієнт, що враховує вплив пробігу автопоїзда з початку експлуатації і залежить від виду, марки, моделі;

L_a – фактичний пробіг автопоїзда з початку експлуатації, тис. км.

Динамічність автопоїзда залежить, насамперед, від його тягових і гальмівних властивостей [5-14]. При визначенні динамічності автопоїзда вважають, що його можливості обмежені лише потужністю двигуна і зчепленням ведучих коліс з дорогою.

$$P_T = \frac{M_e u_o u_k u_{dk} \eta_{mp}}{r_d}, \quad (2.9)$$

де M_e – ефективний момент двигуна, кН·м (згідно технічного паспорту автопоїзда);

u_o – передаточне число головної передачі автопоїзда;

u_k – передаточне число коробки передач на першій передачі (згідно технічного паспорту автопоїзда);

u_{dk} – передаточне число додаткової коробки передач на першій передачі (згідно технічного паспорту автопоїзда);

η_{mp} – коефіцієнт корисної дії трансмісії автопоїзда;

r_d – динамічний радіус колеса, м (згідно технічного паспорту автопоїзда).

Максимальна швидкість автопоїзда V_{max} (км/год) визначалась на вищій передачі в коробці передач і додатковій коробці при встановленому значенні n_{max} (хв⁻¹):

$$V_{max} = \frac{0,378 \cdot n_{Vmax} \cdot r_k}{u_o u_k u_{dk}}. \quad (2.10)$$

За літературними джерелами з урахуванням даних ТОВ «Зенал» ЛТД [5] прийнято, що коефіцієнт корисної дії трансмісії η_{mp} змінюється за лінійною залежністю від пробігу автопоїзда L_a , рис. 2.7 [5]:

$$\eta_{mp} = 0,92 - 0,00012 \cdot L_a$$

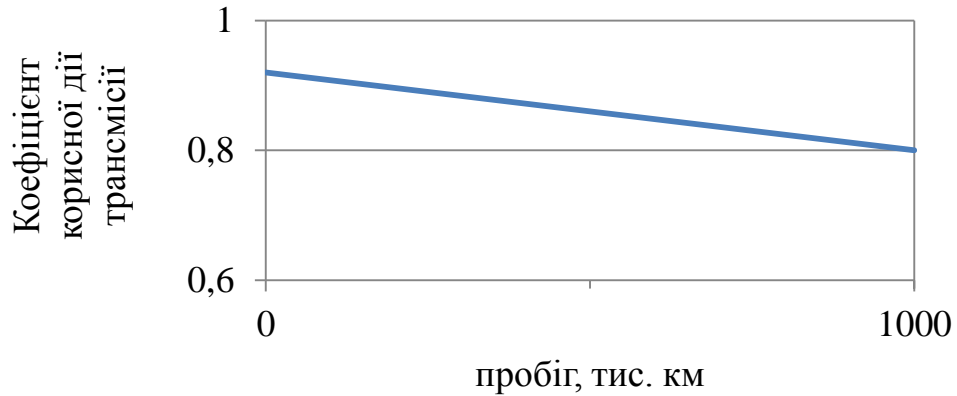


Рис. 2.7. Залежність коефіцієнта корисної дії трансмісії від пробігу автопоїзда

Безвідмовність – властивість ТЗ виконувати транспортну роботу в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи напрацювання. Напрацювання (наробіток) – це тривалість експлуатації автомобіля, що визначається експериментально. Досліджується при якому пробігу виникає відмова агрегату, механізму тощо (визначається імовірність відмови q_i). Імовірність безвідмовної роботи тягача – імовірність того, що протягом заданого наробітку (кількості відпрацьованих годин) відмова автомобіля (агрегату) не виникне [14]. Імовірність безвідмовної роботи представлено у вигляді [5]:

$$p_i = 1 - q_i,$$

де i – автопоїзд, трансмісія, агрегат тощо.

Ремонтопридатність – властивість ТЗ бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції, за допомогою технічного обслуговування та ремонту [5-15]. Характеризується середньою тривалістю відновлення трансмісії, агрегату тощо $t_{e,i} = q_i \cdot T_i$ (q_i – імовірність відмови i -го елемента в об'єкті; T_i – час відновлення об'єкта при відмові в ньому i -го елемента, год.).

Довговічність – це властивість ТЗ виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан за встановленої системи технічного обслуговування та ремонту. Характеризується середнім пробігом автопоїзда до КР [14], середнім ресурсом $L_{cp,i} = \bar{L}_i - 1,28 \cdot \sigma_i$ шасі, трансмісії, агрегату тощо.

На основі аналізу висновків експертів щодо впливу факторів на технічний стан автопоїзда встановлено номенклатуру експлуатаційних показників, що зображені у вигляді вершин $q_j, \forall j = \overline{1,5}$ графа (рис. 2.8), прообразами яких є одиничні показники Q , що пов'язані нечіткою множиною відношень ($q_i \leftrightarrow q_j$) [5].

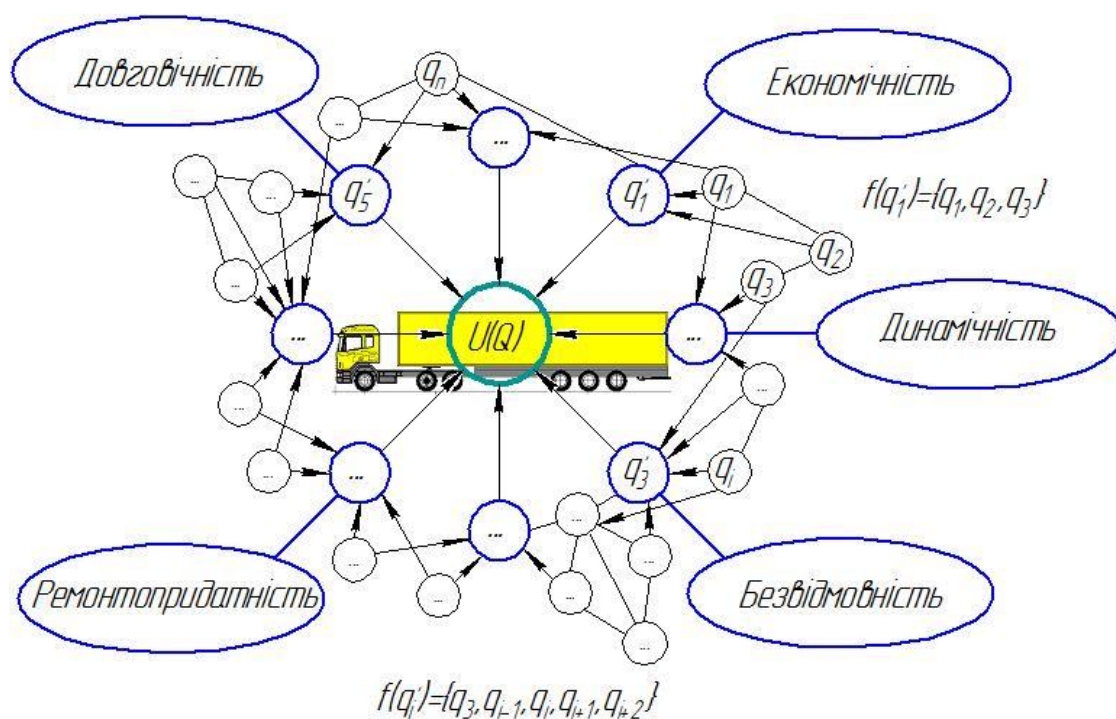


Рис. 2.8. Граф-схема моделі експлуатаційних показників рівня технічного стану автопоїзда

Припускаючи, що множина параметрів технічного стану автопоїзда є замкненою, випуклою і не порожньою, показник рівня технічного стану $U(Q) \equiv U$, значення якого є інваріантним рівню кваліметричної моделі, визначається за рішенням наступної системи неоднорідних лінійних рівнянь [5]:

$$\begin{bmatrix} q_{a1} & q_{a2} & q_{a3} & q_{a4} & q_{a5} & -1 \\ 0 & q_{u2} & q_{u3} & q_{u4} & q_{u5} & -1 \\ 0 & 0 & q_{x3} & q_{x4} & q_{x5} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & q_{n4} & q_{n5} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & q_{n.u5} & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (2.11)$$

де q_{aj} – нормовані експлуатаційні показники j -ої ознаки властивості, що характеризують рівень технічного стану автомобіля-тягача взагалі;

q_{uj} – нормовані експлуатаційні показники j -ої ознаки властивості, що характеризують рівень технічного стану шасі тягача;

q_{xj} – нормовані експлуатаційні показники j -ої ознаки властивості, що характеризують рівень технічного стану ходової частини тягача;

q_{nj} – нормовані експлуатаційні показники j -ої ознаки властивості, що характеризують рівень технічного стану підвіски тягача;

$q_{n.u5}$ – нормовані експлуатаційні показники 5-ої ознаки властивості, що характеризують рівень технічного стану пневматичної шини тягача;

$\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_5\}$ – стовпець невідомих вагових коефіцієнтів.

Єдність розв'язку системи $Q' \succ Q'' \Rightarrow Q' \succ (q_1'', \dots, q_{i-1}'', q_i'' + \Delta q_i, q_{i+1}'', \dots, q_n'')$ забезпечується відношенням жорсткої упорядкованості елементів матриці $[Q]$ у вигляді:

$$1,0 > q_{k+1,j} > q_{k,j} > 0,1 \quad \forall k = \overline{1}, j \wedge j = \overline{1,5}. \quad (2.12)$$

Адекватність застосування умови (2.4) підтверджується послідовністю формування таких експлуатаційних властивостей як економічність, динамічність, надійність тощо, інтенсивність яких змінюється із градієнтом постійного напрямку від рівня моделювання окремих елементів до рівня технічного стану автопоїзда як системи (у цілому) [5].

Оскільки рівень технічного стану – поняття відносне, отже відповідний критерій $U(Q)$ є безрозмірним, а комплексні показники (економічність,

динамічність, надійність тощо), що мають імовірнісну природу, ніколи не перевершують одиницю [5-14].

На основі гіперболічної функції $thy = \frac{e^{2y} - 1}{e^{2y} + 1}$, що відображає зниження рівня переваги будь-якої ознаки властивості $y_i \forall i = \overline{1, n}$ із зростанням її значення, для нормування різноманітних фізичних шкал елементів множини $\{Y\}$ у діапазоні $[0, 1; 1]$ отримано наступні рівняння [5]:

а) при відображенні без зміни градієнта

$$q_{ij} = 0,1 + 1,18th \left[\frac{y_{ij} - y_{ij}^{\min}}{y_{ij}^{\max} - y_{ij}^{\min}} \right]; \quad (2.13)$$

б) при зміні градієнта на протилежний

$$q_{ij} = 1 - 1,18th \left[\frac{y_{ij} - y_{ij}^{\min}}{y_{ij}^{\max} - y_{ij}^{\min}} \right], \quad (2.14)$$

де y_{ij} – експлуатаційні показники i -го показника j -ої ознаки властивості тягача, що характеризують рівень його технічного стану;

y_{ij}^{\min} , y_{ij}^{\max} – відповідно нижня (мінімальна) і верхня (максимальна) межі статистично усередненого діапазону зміни i -го показника j -ої ознаки властивості тягача.

2.3. Вибір критеріїв до моделювання

Експлуатаційні показники автопоїзда слід розраховувати як на стадії проектування, так і при оцінках функціональних властивостей та їх характеристик в процесі експлуатації [5].

Відмови механізмів автопоїзда у відповідності зі своєю фізичною природою можуть бути пов'язані з руйнуванням вузлів і деталей механізмів та їх приводів, заклинюванням окремих елементів та ін. причинами, які призводять до того, що він не може виконувати своїх функцій. Такі відмови прийнято називати відмовами функціонування [5].

У випадках, коли технічний стан автопоїзда характеризується сукупністю значень деяких технічних параметрів, то ознакою виникнення відмови є вихід значень кожного із цих параметрів за межі допуску. Такі відмови називають параметричними. Наприклад, зменшення тиску в пневматичних шинах звичайно не порушує подальшу експлуатацію автомобіля, однак воно стає непридатним з погляду вимог, установлених нормативно-технічною документацією. Дуже часто параметричні відмови передують відмовам функціонування, а також можуть їх спричиняти [5].

Для вивчення надійності автомобілів широко застосовується імовірнісний метод [5, 25-26]. Одним з найбільш застосовуваних при описі функціонування основних вузлів і систем автомобілів є математичний апарат однорідних ланцюгів Маркова. В цьому випадку проводиться побудова графа станів автомобіля з урахуванням відмови його систем [25].

Імовірності P_0, \dots, P_n знаходження автомобіля в кожному з n станів визначаються із сукупності рівнянь імовірностей знаходження його в кожному із станів [5]:

$$\begin{cases} P_0 = \left(1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\lambda_n}{\mu_n} \right)^{-1}; \\ P_1 = P_0 \times \frac{\lambda_1}{\mu_1}; \\ \dots\dots\dots \\ P_n = P_0 \times \frac{\lambda_n}{\mu_n}, \end{cases} \quad (2.15)$$

де $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ – інтенсивність потоку відмов відповідних систем;

μ_1, \dots, μ_n – інтенсивність потоку відновлення відповідних систем.

У структурі графа тягача на прикладі Volvo (рис. 2.9) виділимо чотири функціональні системи, граф яких може перебувати в справному стані S_0 , а також у станах викликаних відмовами його систем: S_1 – ремонт шасі; S_2 – ремонт ходової частини; S_3 – ремонт підвіски; S_4 – ремонт пневматичної шини [5].

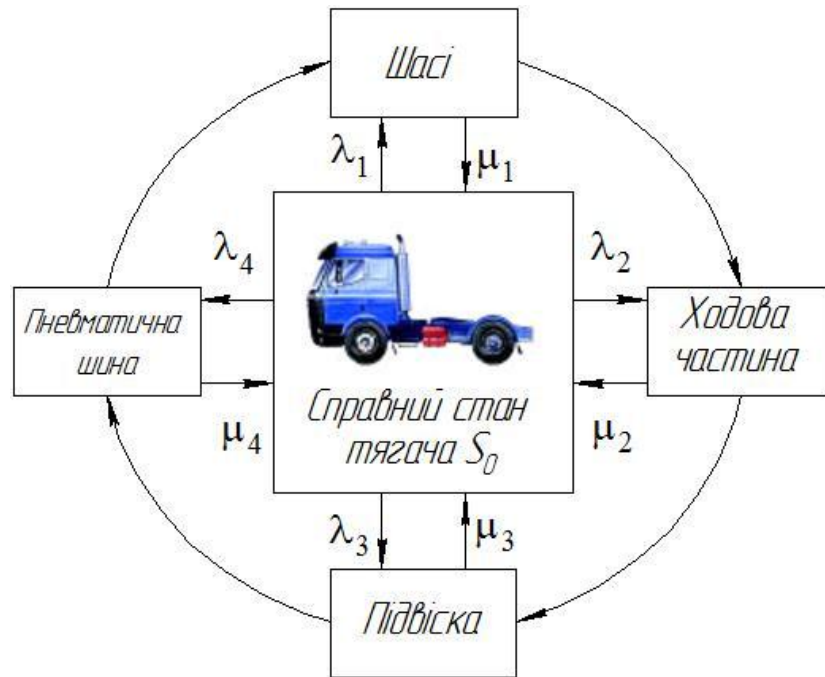


Рис. 2.9. Граф стану тягача з урахуванням відмови функціонування його систем

Середній час між двома відмовами \overline{T}_i відповідних систем тягача, а також середній час ремонту (заміни, відновлення) \overline{T}_{vi} вузлів (деталей), що вийшли з ладу систем, підраховується на основі даних технічної служби [5].

В якості однієї з складових інтенсивності потоку відмов прийнятий середній пробіг (\overline{L}_i) тягача до відмови відповідного елемента, який потім перерахований через середньодобову швидкість ($V_{cc} = 50$ км/год) при експлуатації ТЗ в середній час між відмовами відповідних систем [5-26]:

$$T_i = \frac{\overline{L}_i}{V_{cc}}. \quad (2.16)$$

Інтенсивності потоку відмов і потоку відновлення відповідно дорівнюють:

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i}, \quad (2.17)$$

$$\mu_i = \frac{1}{T_{vi}}. \quad (2.18)$$

Автопоїзд (наприклад, сідельний тягач і стандартний напівпричіп) як технічна система складається із багатьох елементів, які, як правило, відновлюють. Їхні

відмови звичайно пов'язані з ушкодженням більш простих елементів, які можуть бути відремонтовані або замінені (див. рис. 2.8). Поширений показник надійності – наробіток до відмови, тобто наробіток об'єкту від початку експлуатації до виникнення першої відмови [5].

До показників безвідмовності та довговічності відносять кількісні характеристики, опрацьовані у статистичній теорії надійності. Ця теорія описує функціонування великої кількості об'єктів, які виготовляються та експлуатуються у статистично однорідних умовах [5].

У процесі експлуатації показники безвідмовності й довговічності трактують як характеристики імовірнісних моделей створюваних об'єктів. На стадіях експериментальних досліджень, випробувань та експлуатації ці показники визначають як статистичні оцінки відповідних імовірнісних характеристик [5].

Середній наробіток до відмови – математичне очікування наробітку об'єкта до першої відмови, можна визначити як функцію [5]:

$$L_f = \int_0^{\infty} Lf(l)dl = \int_0^{\infty} P(l)dl, \quad (2.19)$$

де L – сумарний наробіток, тис. км;

$P(l)$ – імовірність безвідмовної роботи;

$f(l)$ – щільність розподілення напрацювання до відмови.

Безпосереднє застосування законів розподілу наробітку до відмови або законів розподілу терміну служби дозволяє вирішувати завдання визначення показників надійності лише приблизно за низкою причин [5-26]:

– по-перше, закон вибирається формально, за зовнішніми ознаками і часто не відображає процес формування відмови;

– по-друге, для одержання експериментальних даних, що дозволяють судити про закон розподілу, необхідні значний час і витрати.

Дослідження надійності поділяється на три основні етапи [5]:

– побудова на основі теоретичних або експериментальних досліджень залежності відмови основних частин автопоїзда від пробігу;

– ретельний статистичний аналіз умов експлуатації, імовірнісний опис показників надійності;

– побудова розподілу вихідного параметра.

Запропонована модель дозволяє вирішувати практичні задачі з порівняння різних варіантів рівня технічного стану автопоїзда, обґрунтовувати раціональний режим періодичності ТО та норм надійності між елементами механічних систем, агрегатів тощо.

Висновки за розділом 2

1. Удосконалено вибір альтернативних рішень щодо визначення рівня технічного стану автопоїзда.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ АВТОПОЇЗДІВ

3.1. Визначення показників рівня технічного стану автопоїздів модульної побудови

На основі аналізу та статистичного усереднення параметрів автопоїзда та розрахункових значень їх функціональних показників визначено межі зміни відповідних показників рівня технічного стану автопоїзда, виконано нормування відповідних показників згідно з (2.1), сформовано табл. 3.1. Визначено групові показники (перші строки таблиць на рис. 3.1) та побудовано відповідні «павутини якості». В результаті проведених розрахунків показників якості автопоїздів встановлено наявність резервів для подальшого технічного удосконалення досліджених систем [5].

Результати впливу коригування періодичності ТО з урахуванням умов експлуатації автопоїздів ТОВ «Зенал» ЛТД (м. Одеса) на прикладі тягача Volvo FH12 D12D420 представлені в табл. 3.2 і рис. 3.2 [5].

Таблиця 3.1

Технічні показники Volvo FH12 D12D420 до коригування періодичності ТОіР

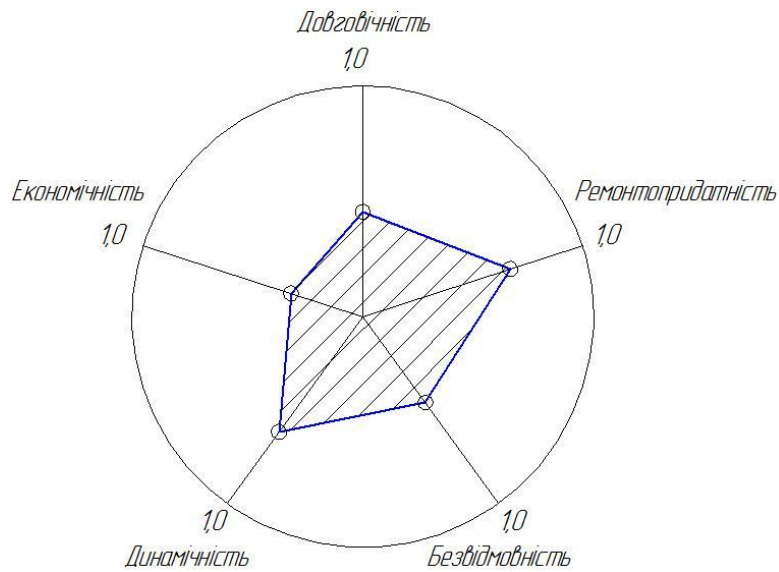
Властивість	Показник рівня технічного стану	Діапазон визначення	Значення для тягача	Нормоване значення показника за (2.12) і (2.13)
1	2	3	4	5
1. Економічність	1.1. Пробіг до ТО $L_{ТО} = k \cdot L_a$	50...75 тис. км	66,22 тис. км	0,3264
2. Динамічність	2.1. Тягова сила на колесах $P_T = \frac{M_e u_o u_k \eta_{mp}}{r_k}$	25...35 кН	29,7 кН	0,6171

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
2. Динамічність	2.2. ККД трансмісії $\eta_{mp} = 0,92 - 0,00012 \cdot L_a$	0,8...0,92	0,9	0,9051
3. Безвідмовність	3.1. Імовірність безвідмовної роботи тягача $p_a = 1 - q_a$	0,8...0,99	0,86	0,4607
	3.2. Імовірність безвідмовної роботи шасі $p_{mp} = 1 - q_{mp}$	0,8...0,99	0,89	0,6206
	3.3. Імовірність безвідмовної роботи ходової частини $p_{x.ч} = 1 - q_{x.ч.}$	0,7...0,99	0,77	0,3794
4. Ремонтопридатність	4.1. Середня тривалість відновлення тягача (фактична)	20...48 год.	28 год.	0,6717
	4.2. Середня тривалість відновлення шасі при $L_{срі}$ $t_{в.мр} = q_{мр} \cdot T_{мр}$	16...23 год.	20 год.	0,3906
	4.3. Середня тривалість відновлення ходової частини при $L_{срі}$ $t_{в.х.ч.} = q_{х.ч.} \cdot T_{х.ч.}$	10...18 год.	18 год.	0,1013
	4.4. Середня тривалість відновлення підвіски при $L_{срі}$ $t_{в.п} = q_n \cdot T_n$	3...6 год.	5 год.	0,3123
5. Довговічність	5.1. Середній пробіг тягача до КР	1100...1500 тис. км	1300 тис. км	0,4547

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
5. Довговічність	5.2. Середній ресурс шасі	60...1000 тис. км	500 тис. км	0,4848
	5.3. Середній ресурс ходової частини	70...120 тис. км	98 тис. км	0,4006
	5.4. Середній ресурс підвіски	50...100 тис. км	77 тис. км	0,4183
	5.5. Середній ресурс пневматичної шини	180...216 тис. км	200 тис. км	0,4045



а)

1. Економічність	2. Динамічність	3. Безвідмовність	4. Ремонтопридатність	5. Довговічність	Рівень моделі
0,3264	0,6171	0,4607	0,6717	0,4547	Автомобіль
-	0,9051	0,6206	0,3906	0,4848	Шасі
-	-	0,3794	0,1013	0,4006	Ходова частина
-	-	-	0,3123	0,4183	Підвіска
-	-	-	-	0,4045	Пневматична шина

б)

Рис. 3.1. «Павутина якості» до коригування періодичності ТОіР

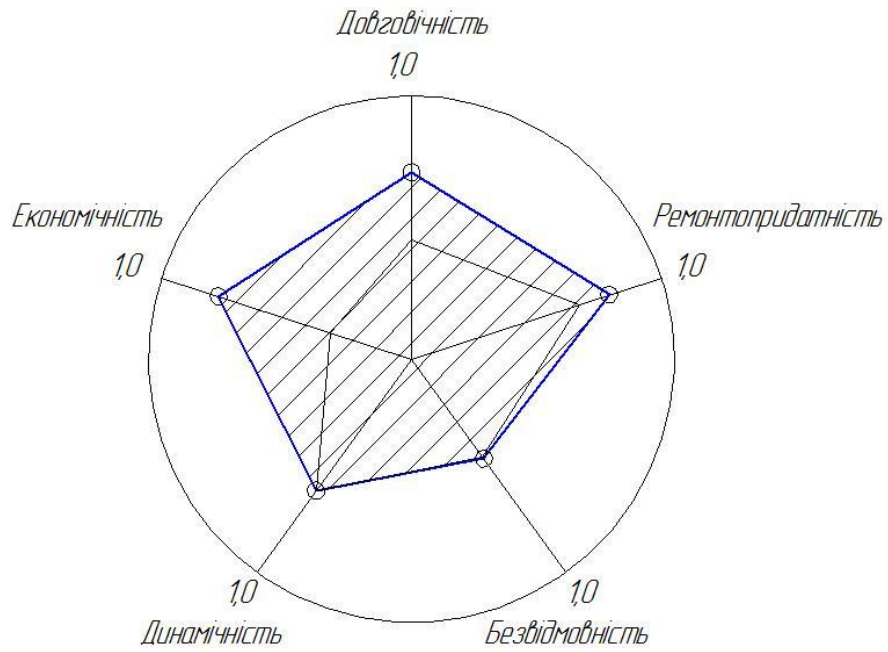
Технічні показники Volvo FH12 D12D420 після коригування періодичності ТОіР

Властивість	Показник рівня технічного стану	Діапазон визначення	Значення для тягача	Нормоване значення показника за (2.12) і (2.13)
1	2	3	4	5
1. Економічність	1.1. Пробіг до ТО $L_{ТО} = k \cdot L_a$	50...75 тис. км	54,9 тис. км	0,7725
2. Динамічність	2.1. Тягова сила на колесах $P_T = \frac{M_e u_o u_k \eta_{mp}}{r_k}$	25...35 кН	29,7 кН	0,6171
	2.2. ККД трансмісії $\eta_{mp} = 0,92 - 0,00012 \cdot L_a$	0,8...0,92	0,9	0,9051
3. Безвідмовність	3.1. Імовірність безвідмовної роботи тягача $P_a = 1 - q_a$	0,8...0,99	0,86	0,4607
	3.2. Імовірність безвідмовної роботи шасі $P_{mp} = 1 - q_{mp}$	0,8...0,99	0,89	0,6206
	3.3. Імовірність безвідмовної роботи ходової частини $P_{x.ч} = 1 - q_{x.ч.}$	0,7...0,99	0,77	0,3794
4. Ремонтопридатність	4.1. Середня тривалість відновлення тягача (фактична)	20...48 год.	25 год.	0,7915
	4.2. Середня тривалість відновлення шасі при $L_{срі}$ $t_{в.тp} = q_{тp} \cdot T_{тp}$	16...23 год.	18,67 год.	0,5701

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5
4. Ремонтопридатність	4.3. Середня тривалість відновлення ходової частини при $L_{\text{срі}}$ $t_{\text{в.х.ч.}} = q_{\text{х.ч.}} \cdot T_{\text{х.ч.}}$	10...18 год.	15,3 год.	0,3118
	4.4. Середня тривалість відновлення підвіски при $L_{\text{срі}}$ $t_{\text{в.п.}} = q_{\text{п.}} \cdot T_{\text{п.}}$	3...6 год.	5,10 год.	0,2855
5. Довговічність	5.1. Середній пробіг тягача до КР	1100...1500 тис. км	1200 тис. км	0,711
	5.2. Середній ресурс шасі $L_{\text{ср.ш.}} = \bar{L}_{\text{ш.}} - 1,28 \cdot \sigma_{\text{ш.}}$	60...1000 тис. км	266,76 тис. км	0,7446
	5.3. Середній ресурс ходової частини $L_{\text{ср.х.ч.}} = \bar{L}_{\text{х.ч.}} - 1,28 \cdot \sigma_{\text{х.ч.}}$	70...120 тис. км	85,212 тис. км	0,6517
	5.4. Середній ресурс підвіски $L_{\text{ср.п.}} = \bar{L}_{\text{п.}} - 1,28 \cdot \sigma_{\text{п.}}$	50...100 тис. км	63,816 тис. км	0,682
	5.5. Середній ресурс пневматичної шини $L_{\text{ср.ш.}} = \bar{L}_{\text{ш.}} - 1,28 \cdot \sigma_{\text{ш.}}$	180...216 тис. км	187,46 тис. км	0,759

50



а)

1. Економічність	2. Динамічність	3. Безвідмовність	4. Ремонтопридатність	5. Довговічність	Рівень моделі
0,7725	0,6171	0,4607	0,7915	0,711	Автомобіль
-	0,9051	0,6206	0,5701	0,7446	Шасі
-	-	0,3794	0,3118	0,6517	Ходова частина
-	-	-	0,2855	0,682	Підвіска
-	-	-	-	0,759	Пневматична шина

б)

Рис. 3.2. «Павутина якості» після коригування періодичності ТОіР

3.2. Статистична обробка результатів дослідження ресурсу

Статистичний аналіз фактичного ресурсу основних частин автопоїзда в умовах експлуатації здійснено на основі п. 2.6.

Аналіз експлуатації автопоїздів марок DAF і Volvo ТОВ «Зенал» ЛТД (м. Одеса) [5] в процесі перевезення вантажів по Україні показав досить низьку ефективність їх використання – позапланові простої автопоїздів досягають 30% і більше. Ці автопоїзди добре зарекомендували себе при вантажоперевезеннях на будь-які відстані й при будь-якій якості доріг, що особливо важливо для України. Хоч і спроектовані вони для доріг ЄС, але цілком справляються з дорогами України.

На першому місці, на думку фахівців ТОВ «Зенал» ЛТД [5], причина відмови основних елементів – природний знос, але ресурс можна збільшити завдяки високому рівню своєчасних технічних впливів. Своєчасне якісне ТО – запорука надійності й низьких експлуатаційних витрат при тривалій експлуатації автопоїздів.

Необхідно провести статистичний аналіз, що дозволить враховувати зміни експлуатаційних показників при експлуатації автопоїзда.

Забезпечення безпеки руху автопоїздів вимагає підтримки закладеного при проектуванні й виробництві рівня надійності основних елементів. Високий рівень надійності можна забезпечити своєчасним попередженням, виявленням і усуненням можливих несправностей (головним чином прихованих, що не виявляються зовнішнім оглядом).

Автопоїзд складається з великої кількості елементів, відмова яких в процесі експлуатації усувається ремонтом (див. рис. 2.6), який може не збігатися з плановим ТО. По черзі у випадкові моменти часу автомобіль із справного стану (S_0) може переходити в стан відмови першого елемента (S_i) або другого елемента і т.д. до S_n (рис. 3.3). Час простою в ремонті також є випадковою величиною, що залежить від характеру ушкоджень елемента, наявності запасних частин і т.п. [5-27].

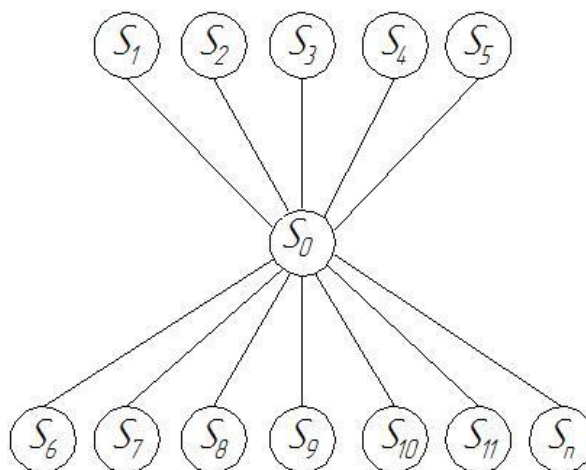


Рис. 3.3. Граф стану автопоїзда як складної системи, яка відновлюється

3.3. Дослідження фактичного ресурсу автопоїздів

На основі даних табл. 2.1 проаналізовано ресурс основних елементів автопоїздів (рис. 3.4), причину інтенсивності зміни ресурсу і виробити стратегію вирішення поставленого завдання [5].

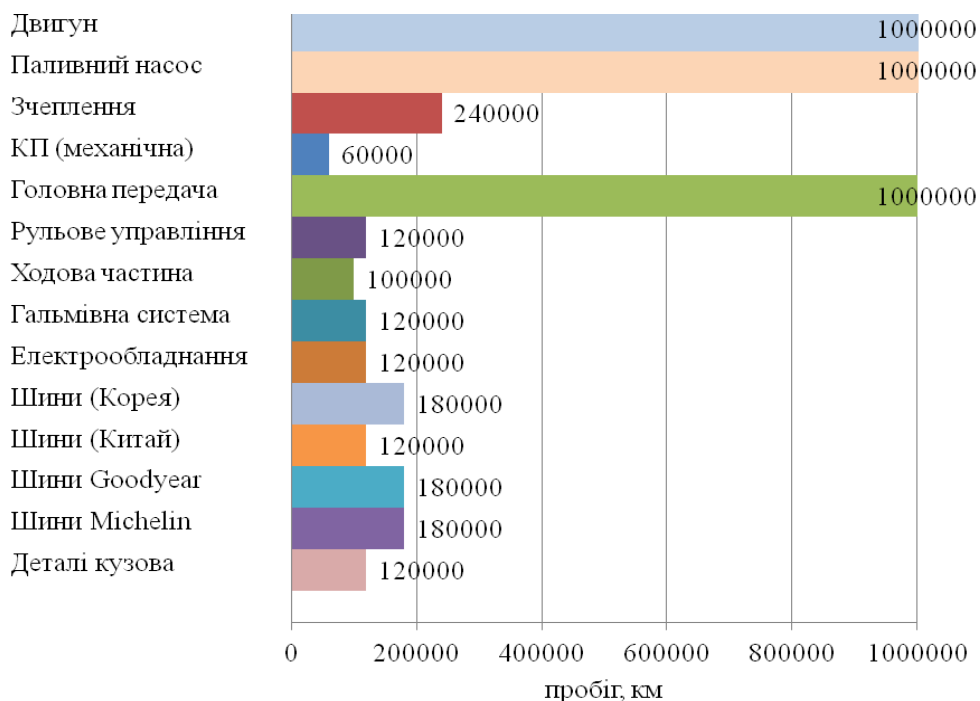


Рис. 3.4. Ресурс основних елементів автопоїздів

Згідно даних рис. 3.4, у автопоїздів найнижчим ресурсом володіє коробка передач (КП). Основна причина – підшипник вторинного валу і сателіти сонячної

шестірні демультіплікатора. Вимагає постійної уваги кардана передача, електрообладнання. Найслабше місце – електропроводка. Волога, хімічна реакція з боку зимових доріг призводять до того, що мідна жила окислюється до стану порошку і призводить до відмови [5].

У гальмівній системі недостатній ресурс спостерігається у колодок. Необхідно стежити, щоб всі колодки автопоїздів працювали рівномірно для рівномірного зносу. При використанні не рідних колодок гальмівні диски досить часто мають нерівномірний знос (рис. 3.5). Диски доводиться точити, а це істотно скорочує термін їх служби (рис. 3.6).



Рис. 3.5. Пошкодження гальмівних колодок



Рис. 3.6. Тріщина на гальмівному диску

Ходова частина автопоїзда є його невід'ємною конструктивною частиною і постійно випробовує значні навантаження. Вона найбільш схильна до зносу в силу свого призначення: будучи одночасно опорою автомобіля, вона повинна і розподіляти динамічні навантаження і адаптуватися до рельєфу місцевості, і покриттю доріг. Ходова частина у автопоїздів досить проста і надійна. Її ресурс, як стверджують провідні фахівці ТОВ «Зенал» ЛТД [5], на 80% залежить від рівня кваліфікації водія. Разом з тим, економія на регулярному і якісному ТО, використанні не фірмових запасних частин також часто призводить до несправностей ходової частини [5].

Від незадовільних дорожніх умов в країні виникають несправності рами тягача.

Провести діагностику і вчасно усунути несправність економічніше і розумніше, ніж проводити дорогий капітальний ремонт всієї ходової частини. Стійкість, маневреність і безпека автомобіля на дорозі повністю залежать від стану ходової, а тому вона повинна бути справною і надійною в експлуатації. Будь-яка несправність в підвісці може спричинити за собою відмову більше важливих елементів автопоїзда і, як наслідок, відмова ходової в цілому. Тому необхідно регулярно проводити ТО автопоїздів і приділяти особливу увагу всім елементам ходової частини [9-10]. Таким чином, своєчасні заходи щодо ТО (кожні 80-100 тис. км) і ремонту несправностей дозволять збільшити термін служби автопоїзда, його надійність і безпеку в експлуатації. Щоб уникнути позапланового ремонту або більш серйозних наслідків, у разі відсутності вбудованої діагностики, рекомендується проводити діагностування ходової частини через кожні 20-30 тис. км пробігу, а також при появі будь-якої ознаки несправності [5].

Комплексна діагностика автопоїздів – комп'ютерна діагностика електронних систем, автоматичних коробок передач ZF, гальмівних систем WABCO, Knorr, яка проводиться на спеціалізованому обладнанні – гальмівному стенді; стенді для перевірки бокового ковзання коліс; вібростенді для перевірки зазорів ходової частини; пристосуванні для вимірювання сумарного люфту рульового управління; стенді для регулювання сходження коліс. Крім того, використовується додаткове

обладнання – аналізатор димності дизельного двигуна, газоаналізатор для двигунів, обладнання для тарування тахографів, обладнання для коригування світла фар та ін.

Зазначене обладнання дозволяє визначити ресурс основних вузлів, агрегатів, систем автопоїзда. Так, ресурс зчеплення автопоїздів залежить від дорожньо-кліматичних умов. Бруд, сніг, а також інші навантаження ведуть до перегріву. Враховуючи, що зчеплення – це один із дорогих елементів, то фірма DAF рекомендує міняти весь вузол цілком. При заміні тільки веденого диска змінюється також кожух, опорний і вижимний підшипники [5].

Двигуни Renault XE розраховані на пробіг до 1,0-1,5 млн. км без капітального ремонту. Фільтри через умови експлуатації в Україні прийнято міняти частіше встановленого заводом терміну (рис. 3.7-3.8). Наприклад, масляні необхідно міняти через 45-70 тис. км пробігу, а паливні – після кожних пройдених 25-30 тис. км. Повітряний і вологовіддільний фільтри міняти при черговому СО [5].

Велика частина несправностей діагностується електронними блоками, розташованими в автомобілі. Тому при виникненні несправностей на центральний дисплей виводиться інформація про систему, в якій виявлені відхилення в роботі (це пневмосистема, гальмівна система EBS, рівень охолоджувальної рідини, рівень масла в піддоні двигуна, система управління двигуном, система очищення відпрацьованих газів, потужність двигуна, знос гальмівних колодок, стартер, датчик охолоджуючої рідини, генератор, трансмісійний гальмо, система управління КП, пневматична підвіска) [5].

На основі даних табл. 2.1 і рис. 3.4 побудовані гістограми імовірності появи відмов основних елементів автопоїзда протягом 1,0 млн. км пробігу (рис. 3.9-3.10), надані статистичні характеристики появи несправностей і відмов основних систем автопоїздів (табл. 3.3-3.4).

Найбільш часті відмови основних елементів автопоїздів Volvo з'являються в інтервалах (див. рис. 3.5): 60-200 тис. км; 340-490 тис. км; 1,0-1,2 млн. км пробігу. Досвід експлуатації автопоїздів ТОВ «Зенал» ЛТД показав [5], що вони успішно працюють в Україні, і проблеми виникають через: порушення правил експлуатації, недотримання регламенту ТО, економії на запасних частинах і витратних

матеріалах. Крім цього, вітчизняні вантажеперевізники, купуючи автопоїзди з пробігом із ЄС, не враховують що вони були створені для країн з м'яким кліматом, нормальними дорогами і якісним паливом [5].



а)



б)

Рис. 3.7. ДВЗ



а)



б)

а – тріщина блоку циліндрів; б – масляний фільтр

Рис. 3.8. Несправності ДВЗ

Статистична характеристика

Найменування системи, агрегату, вузла	Вид розподілу	Математичне очікування M , тис. км	Дисперсія D , тис. км	Середньоквадратичне відхилення σ , тис. км	Коефіцієнт асиметрії γ_1	Коефіцієнт ексцесу γ_2
Шасі	Нормальний	423,5	49729	223	0,455285	-0,88903
Ходова частина	Нормальний	97,5	92,16	9,6	0,005154	-0,11343
Підвіска	Нормальний	76,9	106,09	10,3	-0,02315	-0,31128
Пневматична шина Michelin 315/70 R22.5	Нормальний	197,7	68,89	8,3	-0,04655	-0,53378

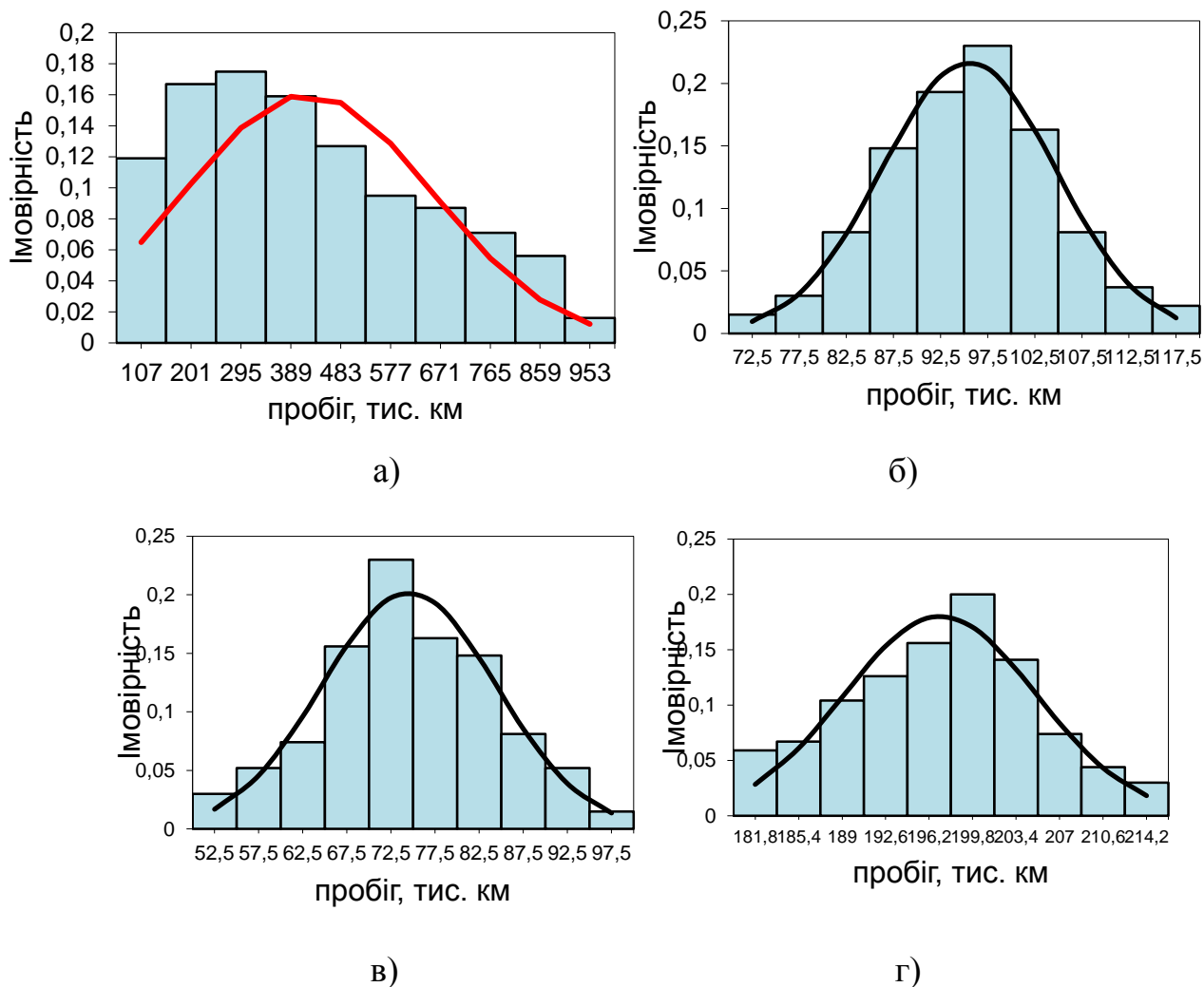
Таблиця 3.4

Щільність розподілу

Найменування системи, агрегату, вузла	Щільність розподілу
Шасі	$0,001789 \cdot \exp[-(l_i-423,5)^2/99477,49]$
Ходова частина	$0,041756 \cdot \exp[-(l_i-97,5)^2/182,65]$
Підвіска	$0,038773 \cdot \exp[-(l_i-76,9)^2/211,84]$
Пневматична шина Michelin 315/70 R22.5	$0,04801 \cdot \exp[-(l_i-197,7)^2/138,14]$

Система управління технічним станом автопоїздів включає в себе такі основні компоненти, як об'єкт експлуатації, інформацію, програму та управління процесом. Для управління технічним станом автопоїздів у даний час використано ряд принципів. До них відносяться: управління за ресурсом, за рівнем надійності й станом. Їх реалізація визначається рівнем технічного стану автопоїздів в процесі експлуатації (надійністю, експлуатаційною технологічністю, контролепригодністю) і рівнем інформаційного та технологічного забезпечення системи їх експлуатації. У

сучасних умовах виникає необхідність впровадження методів експлуатації та ремонту автопоїздів за станом [5].



а – шасі; б – ходова частина; в – підвіска; г – шини Michelin 315/70 R22.5

Рис. 3.9. Ресурс основних частин Volvo

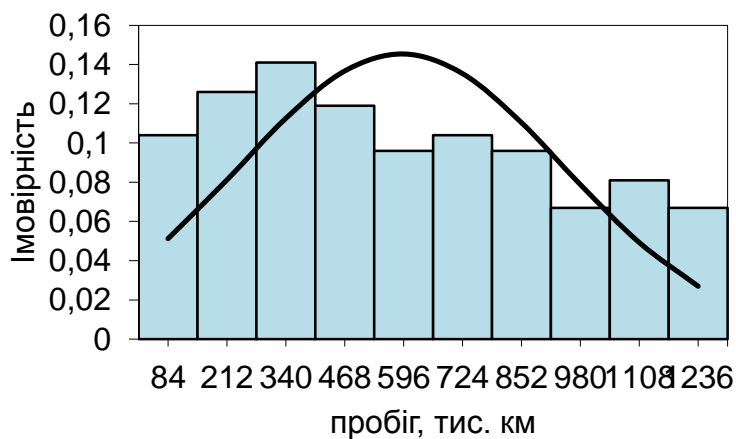
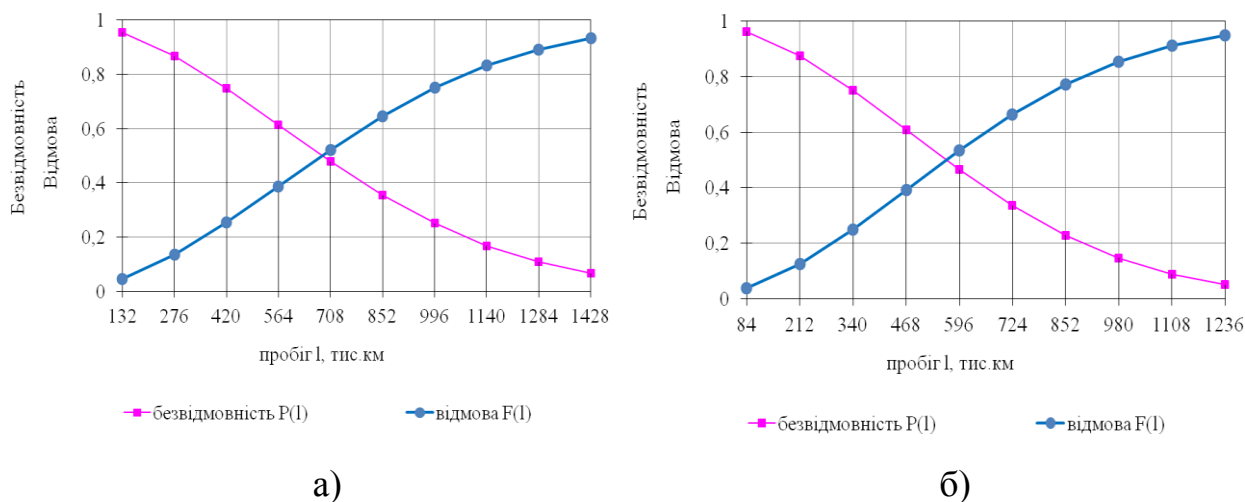


Рис. 3.10. Ресурс основних частин автопоїздів DAF

Дані про загальний ресурс автопоїздів (рис. 3.11), що необхідні для удосконалення системи управління їх технічним станом на ТОВ «Зенал» ЛТД [5].



а – авто Volvo; б – авто DAF

Рис. 3.11. Графічне зображення надійності автопоїздів

Тому ресурс основних елементів автопоїзда залежить від системи управління технічним станом, організації заходів щодо ТО, ремонту та комплексній діагностиці, своєчасності виконання всього обсягу робіт на АТП [5].

Таким чином, аналіз технічного стану основних елементів автопоїздів показав на необхідність удосконалення системи ТО і ремонту їх основних вузлів і агрегатів з урахуванням їх ресурсів, коригування періодичності ТО за станом, використовуючи сучасні методи діагностики [5].

Висновки за розділом 3

1. Визначено показник $U = 0,44$, покращено шляхом коригування періодичності ТОіР до $U = 0,72$.

2. Встановлено нормальний закон розподілу:

- для шасі математичне очікування $M = 424$ тис. км, середнє квадратичне відхилення $\sigma = 225$ тис. км,

- ходова частина $M = 98$ тис. км, $\sigma = 10$ тис. км,

- підвіска $M = 77$ тис. км, $\sigma = 10$ тис. км),

- пневматична шина $M = 197,7$ тис. км, $\sigma = 8,3$ тис. км – нормальний закон розподілу.

РОЗДІЛ 4

ОСНОВНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОПОЇЗДІВ

4.1. Моделювання системи ТО автопоїздів з урахуванням факторів, які впливають на ресурс їх основних частин

Своєчасне якісне ТО – запорука надійності й низьких експлуатаційних витрат при тривалій експлуатації автомобіля та автопоїзда. Під час ТО, крім заміни мастил і фільтрів, проводяться перевірки різних систем і параметрів, завдяки чому, можна на ранній стадії попередити дорогий ремонт вузлів або агрегатів [5, 31-32].

Аналіз причин відмов проводиться з метою обґрунтованої розробки заходів щодо забезпечення працездатності автопоїзда. Результати аналізу причин відмов можуть використовуватися для встановлення або уточнення критеріїв відмов; визначення та врахування впливу на надійність окремих особливостей і чинників конструкції, технології виготовлення, режимів та умов експлуатації, зовнішніх факторів; вибору та уточненню системи контролю якості виготовлення або діагностування технічного стану виробів; оцінки ефективності заходів щодо забезпечення надійності [5, 33-35].

Збір та обробка інформації з експлуатації спрямовані на вирішення наступних завдань [5]:

- визначення періодичності ТО і ремонту;
- можливості узагальнення результатів обробки інформації про якість однотипних деталей, вузлів, моделей автомобілів і напівпричепів;
- порівняння фактичних показників якості з показниками, що закладені в конструкторській документації;
- проведення аналізу економічних витрат на усунення дефектів автомобілів і напівпричепів;
- виявлення деталей, складальних одиниць і комплектуючих виробів, що лімітують якість автомобілів і напівпричепів;

– визначення фактичних нормованих показників якості автомобілів і напівпричепів та їх елементів.

Таким чином, отримана інформація з експлуатації повинна давати підставу для:

– розробки та проведення конструктивних удосконалень автомобілів з метою підвищення якості;

– удосконалення технології виготовлення, складання, контролю та випробувань, спрямованих на забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності автомобілів; розробки організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення якості діагностики, послуг, ТО і ремонту автомобілів, зниження витрат на їх проведення.

Алгоритм аналізу відмов автопоїздів на прикладі автомобілів в процесі експлуатації представлений на рис. 4.1. Алгоритм включає етапи збору інформації про відмови агрегатів за їх видами, визначення найбільш ненадійних вузлів, деталей, кількісної оцінки надійності. Щоб виділити із загального потоку відмов найбільш типові різновиди та провести оцінку їх середньої питомої ваги в загальному, кількості відмов, найбільш зручно користуватися графіками видів браку, відомими в літературі як діаграми Парето [36]. За допомогою цих діаграм проводиться порівняльний аналіз множини факторів, аналізується ступінь їх важливості і взаємозв'язку, визначається підхід до вирішення питання забезпечення надійності автомобіля [5-36].

Завдання наочної систематизації повної сукупності конструктивно-технологічних і організаційних факторів, параметрів окремих технологічних операцій і операцій контролю, виявлення їх взаємозв'язку і ступеня впливу кожного з факторів на даний вид відмови ефективно може вирішуватися за допомогою схеми причинно-наслідкових зв'язків (рис. 4.2).

Для встановлення раціональних режимів ТО і Р необхідно розробити алгоритм, на основі якого виділити з ряду статистичних сукупностей головні, стержневі операції, що виникають найбільш часто, мають велику трудомісткість, визначають безпеку руху, надійність і економічність роботи автомобіля. Алгоритм розробки раціональних режимів ТО автомобільних поїздів наведено на рис. 4.3 [5].

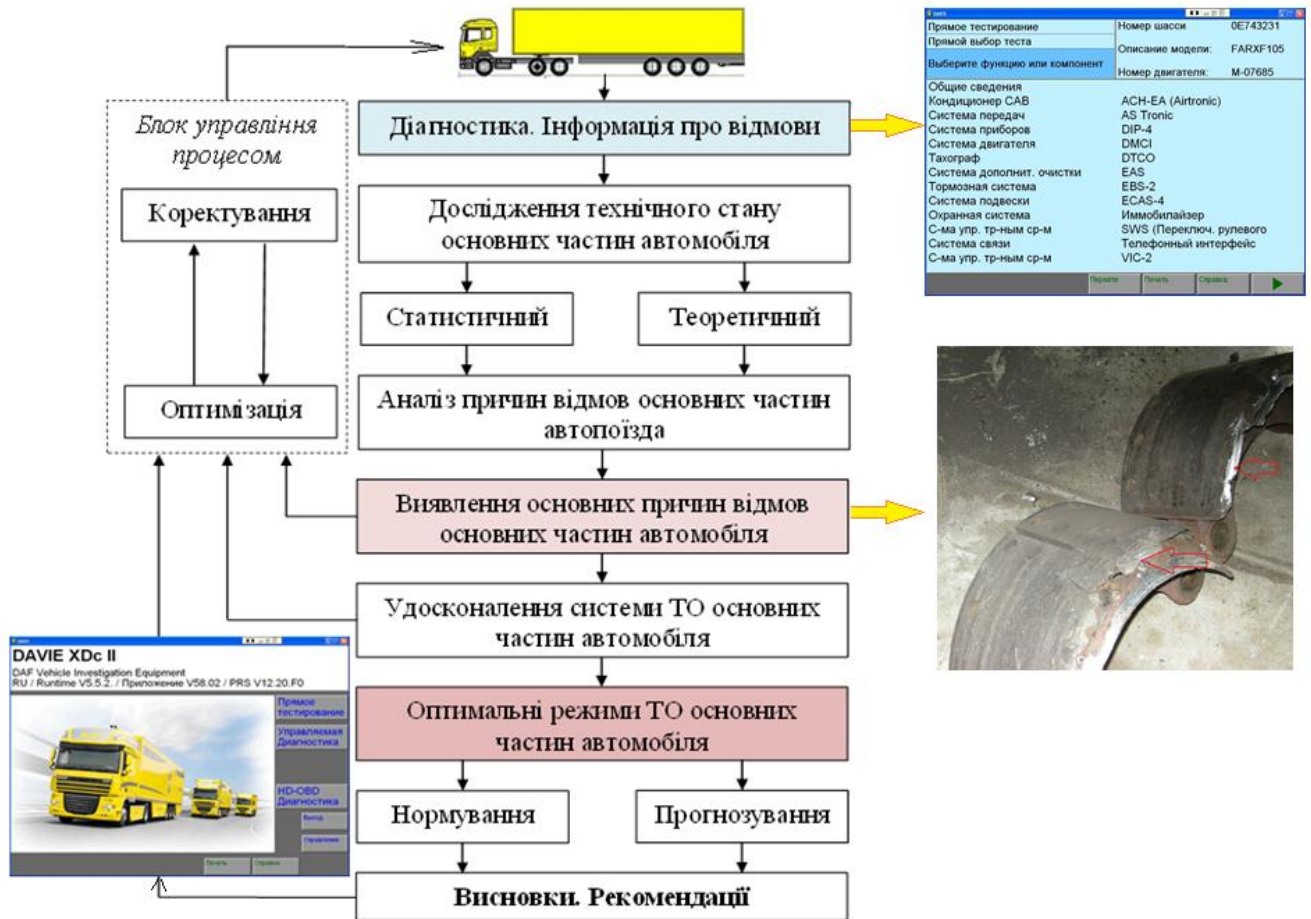


Рис. 4.1. Алгоритм аналізу відмов автопоїздів

Таким чином, основними завданнями при розробці раціональних режимів ТОіР є [5]:

- виявлення найбільш «слабких» частин автомобіля;
- вивчення закономірностей і причин зміни технічного стану з'єднань, агрегатів і матеріалів;

обґрунтування методів визначення режимів профілактики і встановлення допустимих з економічних, технічних, технологічних або іншими ознаками значень параметрів технічного стану вузлів, з'єднань, механізмів і агрегатів; визначення з достатньою мірою достовірності періодичності та переліків операцій профілактики та ремонту.



Рис. 4.3. Алгоритм розробки режимів ТОiP автопоїздів

Об'єктом роботи являються автопоїзди іноземного виробництва, що експлуатуються як на території України, так і на території Європи.

Як приклад, для автопоїздів DAF і Volvo існує два основних види технічного обслуговування (рис. 4.4):

- обслуговування при досягненні певного пробігу (Service X);
- щорічне технічне обслуговування (Service Y).

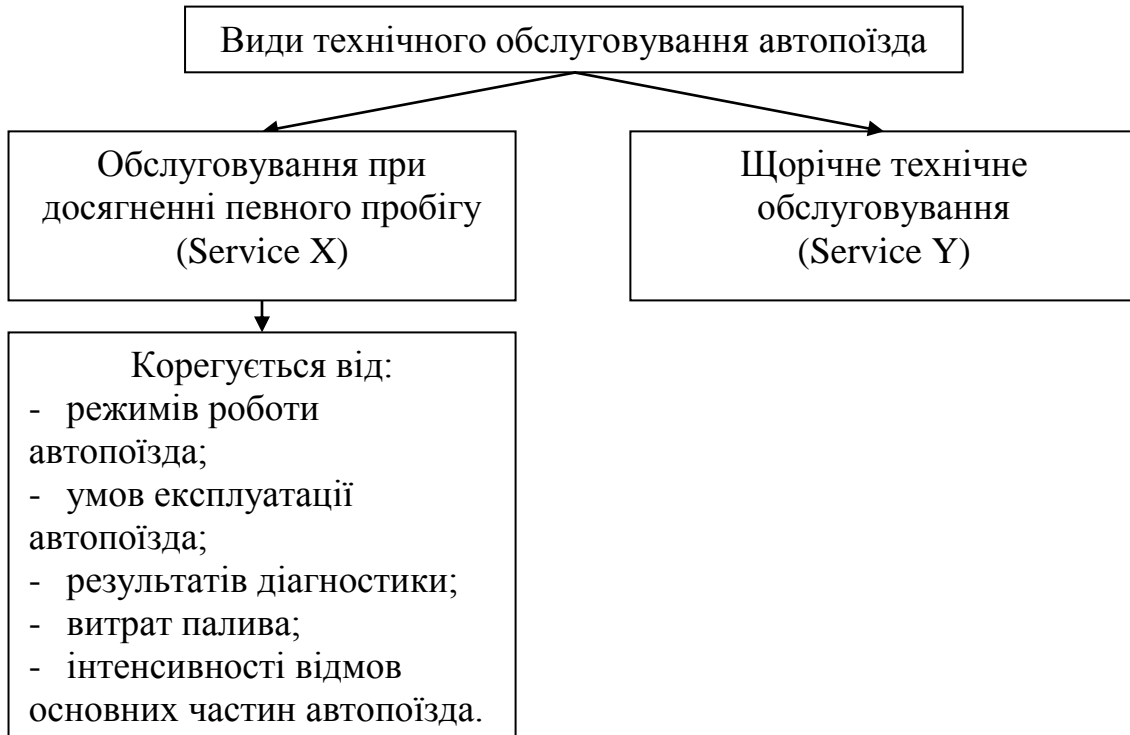


Рис. 4.4. Види ТО автопоїздів

4.2. Практичні рекомендації щодо управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів

Дослідженнями фактичного ресурсу основних частин автопоїздів встановлено, що для ефективного ведення бізнесу необхідно скористатися графіком сервісного планування. Пропонується заздалегідь сформулювати план сервісних робіт щодо кожного конкретного автомобіля і напівпричепа. Як наслідок – проведення ТО і Р в заздалегідь заплановані дати, що призведе до економії часу і фінансових коштів компанії. Система містить повну інформацію про кожен автомобільний поїзд, включаючи точні технічні характеристики з урахуванням специфіки експлуатації. З її допомогою визначаємо необхідний рівень сервісу і складаємо індивідуальний корегований графік ТО, який ідеально підходить саме для конкретного автомобіля і напівпричепа. Це дозволило раціональніше витратити кошти на сервісні роботи, знизити незаплановані простої і продовжило час безвідмовної роботи транспортних засобів [5].

Особливу увагу приділено якості запасних частин і високому рівню кваліфікації фахівців.

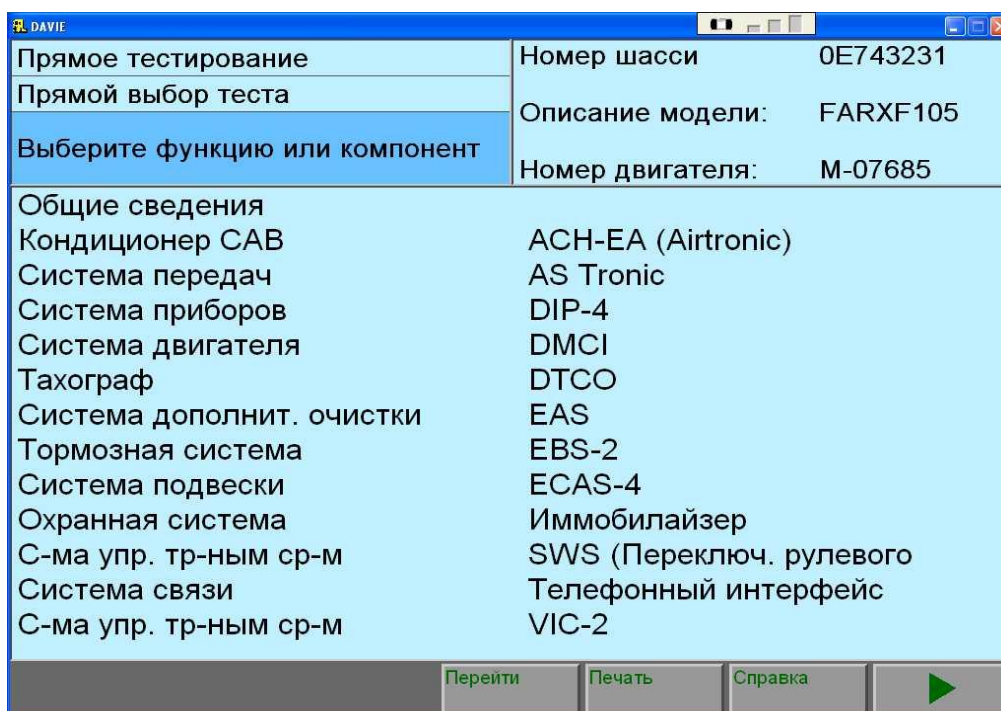
Фірмові СТО Volvo Trucks та DAF оснащені унікальними системами сучасної діагностики, повним набором сучасного сервісного обладнання і спеціальним інструментом.

Переваги від використання скоригованого графіка сервісного планування автомобільних поїздів Volvo та DAF [5]:

1. Зниження незапланованих простоїв вантажних автомобілів.
2. Підвищення терміну безвідмовної роботи автопарку.
3. Обслуговування автомобілів на фірмових СТО в заздалегідь заплановані дати.
4. Прогнозованість витрат на ТО.
5. Використання оригінальних запасних частин Volvo та DAF.
6. Економія грошових коштів компанії в середньостроковій перспективі.



а)



б)

а – загальний вигляд; б – вибір системи для діагностування

Рис. 4.5. Програма для діагностування автопоїздів:

Висновки за розділом 4

За результатами проведених досліджень:

1. Удосконалено систему ТОiP автопоїздів Volvo, DAF за їх фактичним технічним станом, дозволило підвищити безпеку руху.
2. Встановлено, що раціональна періодичність ТО по дорогам Україна-Європа базове – 50 тис. км, річне – 100 тис. км; автопоїздів DAF по дорогам України базове – кожні 30 тис. км, річне (*Service Y*) – 90 тис. км.
3. Матеріали магістерської роботи впроваджено на автопідприємстві та в ПДАБА (м. Дніпро). Використання результатів досліджень на автопідприємстві дозволило зменшити на один автомобіль питомі витрати на експлуатацію до 10%.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі вирішувалася важлива мета – підвищення ефективності експлуатації автопоїздів з урахуванням періодичності ТО, рекомендованого виробником і скорегованого залежно від умов експлуатації, що дозволило підвищити ефективність використання ресурсу автопоїзда. У ході виконаної роботи отримані наступні основні результати:

1. Визначено комплексний показник $U = 0,44$.

2. Визначено: математичне очікування шасі $M = 423$ тис. км, середнє квадратичне відхилення $\sigma = 223$ тис. км, математичне очікування ходової частини $M = 97$ тис. км, $\sigma = 10$ тис. км, математичне очікування підвіски $M = 77$ тис. км, $\sigma = 10$ тис. км, математичне очікування пневматичної шини ($M = 198$ тис. км, $\sigma = 8$ тис. км) – нормальний закон розподілу.

3. Матеріали магістерської роботи впроваджено в ПДАБА (м. Дніпро) при проведенні лекційній, лабораторних та практичних робіт з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чирковский В. Стратегия ремонта: варианты и тенденции / В. Чирковский, С. Максимов, А. Ананьев // Дороги Pro. – 2004 – №1. – С. 24-27.
2. Сахно В.П. Аналіз умов забезпечення працездатності автотранспортних засобів на основі удосконалення системи технічного обслуговування / Сахно В.П., Сакно О.П., Лисий О.В. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені П. Василенка [«Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві»]. – Харків : ХНТУСГ, 2015. – № 158. – С. 144-149. – Режим доступу: http://khntusg.com.ua/files/sbornik/vestnik_158/25.pdf
3. Сахно В.П. Дослідження ресурсу основних частин автопоїздів та експертний аналіз причин зміни їх технічного стану / Сахно В.П., Поляков В.М., Сакно О.П., Лисий О.В. // Вісник Національного транспортного університету [Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник]. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 2 (32). – С. 234-242.
4. Репин С.В. Методология совершенствования системы технической эксплуатации строительных машин: дисс. ... доктора техн. наук : 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» / Репин Сергей Васильевич // Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2008. – 450 с.
5. Лисий О.В. Підвищення ефективності експлуатації автомобільних поїздів шляхом управління їх технічним станом: дис...канд. техн. наук: 05.22.20 / Лисий О.В.. - Х., 2016. - 139 с.
6. Planet-Trucks – Режим доступу : <http://www.planet-trucks.com/> - Назва з екрану
7. РБК-Україна - Режим доступу : <http://www.rbc.ua/> - Назва з екрану
8. Сахно В.П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. В 3 ч. Ч 3. Маневреність. Керованість. Стійкість / Сахно В.П., Поляков В.М., Костенко А.В. и др. // Навчальний посібник. – Донецьк : ЛАНДОН-XXI, 2015. – 400 с.

9. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) [текст] / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Харьков : ХНАДУ, 1999. – 457 с.
10. Аринин И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей / Аринин И.Н., Коновалов С.И., Баженов Ю.В. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 314 с.
11. Новин Німецької компанії ProContour - Режим доступу : <http://autorambler.ru/journal/news/14.07.2008/560886385/> - Назва з екрану
12. Надежность в технике. Методы определения допускаемого отклонения параметра технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса составных частей агрегатов машин : ГОСТ 27.302-86. – М. : Издательство стандартов, 1987. – 20 с.
13. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей в США / Кузнецов Е.С. – М. : Транспорт, 1992. – 352 с.
14. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 січня 2012 р. №137 [«Про затвердження Порядку проведення обов'язкового технічного контролю та обсягів перевірки технічного стану транспортних засобів, технічного опису та зразка протоколу перевірки технічного стану транспортного засобу»](#).
15. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К. : Міністерство транспорту України, 1998. – 16 с.
16. Закон Украины «Об автомобильном транспорте» от 05.04.2001 г. №2344-III.
17. Закон Украины «О дорожном движении» от 30.06.93 г. № 3353-XII.
18. Яглинский В.П. Кинематика оборудования на основе механизмов параллельной структуры: Монография / В.П. Яглинский, В.В. Ержуков, А.Г. Ивахненко и др. // Прогрессивное машиностроительное оборудование. Коллективная монография. – Орел, Изд. ом“Спектр”, 2011. – 455 с.
19. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.

20. Проников А.С. Параметрическая надежность машин / Проников А.С. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 560 с.
21. Бажинов О.В. Надійність автомобільних поїздів: монографія / О.В. Бажинов, О.П. Кравченко. – Луганськ : Ноулідж, 2009. – 412 с.
22. Сахно В.П. До багатофакторної моделі порівняння експлуатаційних показників автопоїздів / Сахно В.П., Сакно О.П., Лисий О.В., Клименко В.В. // [Електронне наукове фахове видання] Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – Харків : ХНАДУ, 2015. – Вип. 7/2015. – С.118-125. – Режим доступу: http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE15_1/index.html
23. Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях / М.Г. Гафт. - Математика, кибернетика. – М., 1979. – № 7. – 67 с.
24. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества / Регина Шторм. – М.: Мир, 1970. – 368 с.
25. Минько А.А. Статистика в бизнесе. Руководство менеджера и финансиста / Минько А.А. – М. : Эксмо, 2008. – 504 с.
26. Цехмістрова Г.С. Основи наукових досліджень [Електронний ресурс] / Г.С. Цехмістрова. – Режим доступу: http://ualib.com.ua/ br_3022.html
27. Критерий хи-квадрат. – Режим доступу: <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php> - Назва з екрану
28. Сахно В.П. Системи управління напівпричепами довгобазних автопоїздів / Сахно В.П., Сондак В.М. / Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju systemow pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samo-jezdnych // Materialy YIII Sympozjum pod redakcją Kazimierza Lejdy. Rzeszow, 20-23 Wrzesien 2000. – С. 263-267.
29. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / Подригало М.А., Волков В.П., Карпенко В.А. и др. / под ред. М.А. Подригало. – Харьков: Изд-во ХНАДУ. – 2003. – 614 с.
30. Сахно В.П. Перспективи використання в Україні дво- та триланкових автопоїздів для міжміських та міжнародних перевезень вантажів / Сахно В.П., Поляков В.М. // Автошляховик України. – 2003. – №6. – С. 133-134.

31. Ковалев А.П. Экономическое обеспечение надежности машин / А.П. Ковалев, В.И. Кантор, А.Б. Можаяев. – М.: Машиностроение, 1991. – 240 с.

32. Сакно О.П. Управління ресурсом шин засобів транспорту за рахунок удосконалення контролю зносу протектора: дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / Сакно Ольга Петрівна. - Х., 2013. - 220 с.

33. Компанія DAF - Режим доступу : <http://www.daf-tlt.ru/maintaplication.daf>
- Назва з екрану

34. Volvo Trucks in Ukraine - Режим доступу :
<http://www.volvotrucks.com/trucks/ukraine-market/uk-ua/Pages/home.aspx> - Назва з екрану

Апробація результатів магістерської роботи

ISBN 978-966-323-207-2

УДК 001 (06)

Упорядники :

д. т. н., проф., ректор ДВНЗ ПДАБА *Савицький М. В.*, д. т. н., проф., зав.каф. будівельної механіки та опору матеріалів *Данішевський В. В.*, к. т. н., доц. каф. екології та охорони навколишнього середовища, радник ректора з редакційно-видавничої роботи *Тимошенко О. А.*

Матеріали друкуються в авторській редакції

Матеріали II науково-практичної конференції студентів ДВНЗ ПДАБА : збірник тез / упорядники В. В. Савицький, В. В. Данішевський, О. А.Тимошенко. – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2020. – 148 с.

Відповідальний за випуск : доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, к. т. н. Тимошенко О. А.

Матеріали Другої науково-практичної конференції студентів ДВНЗ ПДАБА, травень 2020 р.

МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

Ведмеденко Іван, Аксьонов Максим (Шатов С. В.)
**ОБЛАДНАННЯ МОБІЛЬНОГО БУДІВЕЛЬНОГО
 ЗД-ПРИНТЕРА.....102**

Попенко Н. В., Сушко А. А., Кривенко В. В.,
 Тарасов Д. В., Ковальчук С. О. (Сакно О. П.)
**АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
 ТРАНСПОРТНИМ ПРОЦЕСОМ.....104**

ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ

Ананіч Денис (Адегов О. В.)
**СКОРОЧЕННЯ ТЕПЛОТРАТ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ
 КОНСТРУКЦІЇ БУДІВЛІ, ЯК ОСНОВНА МЕТА
 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ.....106**

Міністерство освіти і науки України
 Харківський національний технічний університет сільського
 господарства імені Петра Василенка
 Національний університет біоресурсів і природокористування України
 Сумський національний аграрний університет
 Дніпровський державний аграрно-економічний університет
 Білоруський державний аграрний технічний університет
 Туркменський сільськогосподарський університет імені С.А. Ніязова
 Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування
 та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського
 виробництва імені Леоніда Погорілого

МАТЕРІАЛИ
 міжнародної науково-практичної конференції
 студентів, аспірантів та молодих вчених
 «ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ТА СЕРВІСНА ІНЖЕНЕРІЯ»
 28-29 травня 2020 року



Формат	Позначення	Найменування	Кіл. лист	№ екз.	Прим.
	<i>Загальна</i>	<i>документація</i>			
A4	MKP.EPM.19.1504.3.00 ПЗ	Пояснювальна записка		1	
A4	MKP.EPM.19.1504.3.01	Заголовний слайд	1	1	Слайд 1
A4	MKP.EPM.19.1504.3.02	Актуальність кваліфікаційної роботи	1	1	Слайд 2
A4	MKP.EPM.19.1504.3.03	Загальні положення кваліфікаційної роботи	1	1	Слайд 3
A4	MKP.EPM.19.1504.3.04	Ринок ЄС для комерційних транспортних засобів	1	1	Слайд 4
A4	MKP.EPM.19.1504.3.05	Дані щодо реєстрації нових CV в Україні	1	1	Слайд 5
A4	MKP.EPM.19.1504.3.06	Фактори, що впливають на зміну технічного стану автопоїздів	1	1	Слайд 6
A4	MKP.EPM.19.1504.3.07	Структура системи ТО і ремонту	1	1	Слайд 7
A4	MKP.EPM.19.1504.3.08	Граф стану тягача	1	1	Слайд 8
A4	MKP.EPM.19.1504.3.09	Статистичні данні ресурсу основних елементів автопоїздів	1	1	Слайд 9
A4	MKP.EPM.19.1504.3.10	Граф-схема кваліметричної моделі	1	1	Слайд 10
A4	MKP.EPM.19.1504.3.11	Результати роботи	1	1	Слайд 11
A4	MKP.EPM.19.1504.3.12	Висновки	1	1	Слайд 12
MKP.EPM.20.1504.3.00 BKP					
М.	Арк.	№ Докум	Підпис	Дат	Літера Д П Аркцш Аркцішв ПДАБА АТ-19мп
зроб.		Тарасов			
зревір.		Сакно			
зрівник		Сакно			
контр.					
зтв.		Лиходію			Відомість КР