

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.372-027.45

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного

(назва кафедри)

менеджменту ім. М.П.Момстенка

Вячеслав БРАТІШКО

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

_____ 2022 р.

« _____ »

_____ 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення параметрів колісного транспортного засобу при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Валерій ВОЙТЮК

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Людмила ТІТОВА

(ім'я, прізвище)

Виконали:

Вікторія ГУДИМ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Наталія МІСЮК

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Олексій КРАСНОЛУЦЬКИЙ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

КИЇВ – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я, прізвище)

2022 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТАМИ

Вікторією ГУДИМ, Наталією МІСЮК, Олексієм КРАСНОЛУЦЬКИМ
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність **274 «Автомобільний транспорт»**
(код і назва)

Освітня програма **«Автомобільний транспорт»**
(назва)

Орієнтація освітньої програми **освітньо-професійна**

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи **Удосконалення параметрів колісного транспортного засобу при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів**

затверджена наказом ректора НУБіП України від «21» грудня 2021 р. № 2217 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах експлуатаційних параметрів гідравлічного механізму перекидання кабіни автомобілів в умовах АПК

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану питання досліджень, мета, задачі дослідження
2. Теоретичний розрахунок значень експлуатаційних параметрів колісного транспортного засобу при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів
3. Методика експериментальних досліджень параметрів г колісного транспортного засобу при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів
4. Результати експериментальних досліджень техніко-економічна ефективність виконаних досліджень

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 19 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Людмила ТІТОВА

(ім'я прізвище)

Завдання прийняла до виконання _____

(підпис)

Вікторія ГУДИМ,

(ім'я, прізвище)

Наталія МІСЮК,

(ім'я, прізвище)

Олексій КРАСНОЛУЦЬКИЙ

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ГАБАРИТНИХ НЕПОДІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ	6
1.1. Причини та фактори, що впливають на технічний стан колісних транспортних засобів при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів.....	6
1.2. Оцінка ефективності експлуатації колісних транспортних засобів в умовах України при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів.....	12
1.3. Особливості побудови системи технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів в умовах України та її вплив на рівень технічного стану .	15
1.4. Наукові роботи з питань умов забезпечення ефективної експлуатації автомобілів.....	21
Висновки до розділу 1	24
РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР КРИТЕРІЇВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	25
2.1.Методологія досліджень	25
2.2.Аксіоматичний метод системного відображення й підвищення рівня технічного стану колісних транспортних засобів	26
2.3.Формування, систематизація й нормування множини експлуатаційних показників якості основних частин колісного транспортного засобу	28
2.4.Обґрунтування і вибір критеріїв до моделювання управління технічним станом колісних транспортних засобів	39
2.5.Графоаналітичний метод порівняння експлуатаційних показників колісних транспортних засобів	46
Висновки за розділом 2	49

РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ
СТАНОМ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

3.1. Моделювання й дослідження показників рівня технічного стану колісних транспортних засобів модульної побудови 51

3.2. Статистична обробка результатів дослідження ресурсу на прикладі колісних транспортних засобів Volvo і DAF 58

3.3. Дослідження фактичного ресурсу колісних транспортних засобів 59

3.4. Експертний аналіз причин зміни технічного стану колісних транспортних засобів 73

Висновки за розділом 3 77

РОЗДІЛ 4 ОСНОВНІ ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ..... 79

4.1. Моделювання системи ТО колісних транспортних засобів з урахуванням факторів, які впливають на ресурс їх основних частин 79

4.2. Поліпшення показників ефективності технічної експлуатації колісних транспортних засобів..... 83

4.3. Оцінка економічної ефективності від удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів..... 88

Висновки за розділом 4..... 92

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 94

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 96

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

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.

НУБІП України

Її реалізація під час експлуатації колісних транспортних засобів зумовлена необхідністю проводити обслуговування за їх технічним станом, об'єктивно прогнозувати ресурс. Це дозволяє підвищити ефективність експлуатації колісних транспортних засобів і зменшити собівартість транспортних робіт.

НУБІП України

Одним із шляхів підвищення ресурсу ТЗ є встановлення раціональної періодичності профілактики, яка характеризується закономірностями змін і витрат на технічне обслуговування (ТО) і ремонт (Р) ТЗ. На практиці експлуатації колісних транспортних засобів як вітчизняного, так і зарубіжного

НУБІП України

виробництва використовують рекомендації заводів-виробників, науково-дослідних та інших установ, готові програмні засоби. Завдання експлуатаційників зводяться до правильної організації системи підтримання працездатності колісних транспортних засобів, коригуючи рекомендації виробників і постачальників техніки з урахуванням фактичних умов експлуатації.

НУБІП України

Таким чином, необхідно розробляти засоби для ТО і Р, що дозволять підвищити ефективність використання ресурсу ТЗ.

НУБІП України

Отже, вирішення загальної проблеми щодо ефективної експлуатації колісних транспортних засобів потребує єдиного підходу до їх обслуговування за фактичним технічним станом. Важливим є те, що на основі встановлення

НУБІП України

нових залежностей зміни технічного стану агрегатів колісних транспортних засобів від пробігу необхідно розробити новий підхід до управління їх ресурсом шляхом коригування періодичності ТО, що рекомендовані

НУБІП України

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.

Мета роботи – підвищення ефективності експлуатації колісних транспортних засобів шляхом управління їх технічним станом.

Відповідно до цього необхідно вирішити наступні основні наукові й прикладні завдання:

1. Проаналізувати основні експлуатаційні чинники, що суттєво впливають на ресурс основних агрегатів колісних транспортних засобів, систематизувати напрями підвищення ефективності технічної експлуатації (ТЕ) колісних транспортних засобів за рахунок раціональної періодичності ТО.

2. Обґрунтувати та вибрати основні критерії управління технічним станом колісних транспортних засобів.

3. Провести статистичне дослідження фактичного ресурсу основних частин колісних транспортних засобів, виявити елементи, що інтенсивно зношується, виявити причини. Визначити закони розподілу ресурсу основних частин колісного транспортного засобу від пробігу.

Об'єкт досліджень – процес зміни технічного стану колісних транспортних засобів при їх експлуатації.

Предмет досліджень – вплив технічного стану колісних транспортних засобів на ефективність їх експлуатації.

Методи дослідження у роботі використані методи теорії ймовірності й математичної статистики, теорії надійності, теорії оптимального планування експерименту та статистичного моделювання. Експериментальні дослідження проведені із застосуванням імітаційного чисельного моделювання та дорожніх випробувань, які виконані на автопідприємствах. Розрахунки й обробка результатів експериментальних досліджень виконані з використанням програмного забезпечення MS Excel.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- вперше запропоновано метод оцінки рівня технічного стану колісних транспортних засобів шляхом систематизації множини їх експлуатаційних показників, які впливають на зміну технічного стану;

- виконано оцінку впливу експлуатаційних показників колісних транспортних засобів 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.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1

НАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ГАБАРИТНИХ НЕПОДІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ

1.1. Причини та фактори, що впливають на технічний стан колісних транспортних засобів при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів

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

Аналіз експлуатації колісних транспортних засобів щодо перевезень вантажів по Чернігівській області показав досить низьку ефективність їх використання – позапланові простої досягають 30% і більше. Аналогічні дані були отримані й іншими дослідниками [16-27]. Однією з основних причин такої ситуації є недосконалість системи технічної експлуатації (ТЕ).

Умови експлуатації колісних транспортних засобів носять випадковий характер і мають імовірнісні характеристики 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 колісних транспортних засобів 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 [16, 28]: 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).



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

До об'єктивних факторів належать: умови роботи ТЗ, що включають величину і періодичність повторення експлуатаційних навантажень (статичних і динамічних), яким піддаються агрегати в процесі нормальної експлуатації; температурні режими; фізико-хімічні властивості робочих рідин; вплив навколишнього середовища (температура, вологість, тиск).

Кількісні характеристики експлуатаційних факторів змінюються в широких межах і їх вплив на технічний стан колісних транспортних засобів 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.

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 розвинутою ринковою економікою; вивчити методи вдосконалення експлуатації колісних транспортних засобів, що пропонується сучасною наукою.

Експлуатація колісних транспортних засобів 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 проблема ситуація, що дозріла до стадії її вирішення.

Зменшення працездатності колісних транспортних засобів 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.

Таким чином, для опису процесів зміни технічного стану колісного транспортного засобу 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.

На технічний стан колісних транспортних засобів впливають конструктивні, технологічні, експлуатаційні та інші фактори.

Конструктивні фактори визначаються формами й розмірами деталей (від них залежать тиск на поверхню деталі, концентрація напружень, ударна міцність і міцність від втомлення металу); жорсткістю конструкції, тобто властивістю деталей, особливо базових та основних, не значно деформуватися під дією навантажень, що сприймаються; точністю взаємного розміщення поверхонь та осей спільно працюючих деталей; правильним вибором посадок, які забезпечують надійну роботу sprzęжень та ін.

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:

- 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 напрацювання 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 суттєвий ремонт.

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



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

Залежно від умов експлуатації змінюються швидкості 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.

Значно впливає на технічний стан автомобіля якість його водіння, від якого залежать динамічні навантаження в деталях трансмісії, зокрема режим рушання з місця, подолання різного роду перешкод. При різкому включенні зчеплення крутний момент, що прикладається до трансмісії, може значно перевищити максимальний крутний момент двигуна з урахуванням коефіцієнта

запасу. Цим пояснюється відмова в трансмісії автомобіля, що працює у складних дорожніх умовах

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 колісних транспортних засобів в умовах України при перевезенні габаритних нецільових сільськогосподарських вантажів

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 [139] зареєстрованих нових ТЗ в ЄС за 2014 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 2021 р. представлені на рис. 1.3.

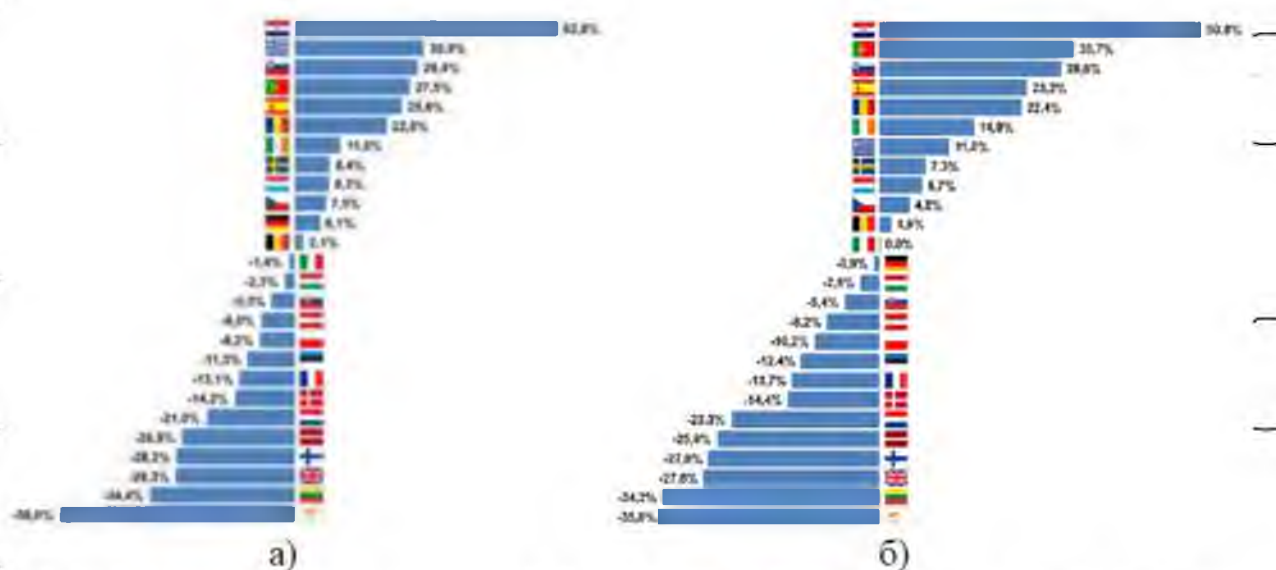


Рис. 1.3. Зміна зареєстрованих нових автомобільних ТЗ в країнах ЄС за 2021 р. по відношенню до 2018 р.: а – вантажні автомобілі від 16 т і більше; б – вантажні автомобілі від 3,5 т до 16 т

За даними асоціації «Укравтопром» [40] виробництво вантажних автомобілів в Україні за 2018 р порівняно з 2019 р зменшилася на 43% – до 28,8 тис. од.

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 колісних транспортних засобів з тягачами. В Україні їх використовують для перевезення різних вантажів.

Таким чином, підвищення ефективності ТЕ колісних транспортних засобів шляхом управління їх технічним станом – це актуально.

Під ТЕ колісних транспортних засобів розуміють комплексну систему організаційно-технічних заходів, що забезпечують їх працездатність при безпечному використанні за функціональним призначенням з урахуванням мінімальних впливів на навколишнє середовище [29-31].

Питання ефективності ТЕ автомобілів розглядалися вітчизняними і зарубіжними вченими [32-42]. 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 [43-45], 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_c). Стяє, 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 колісних транспортних засобів полягає в забезпеченні роботою автомобільного парку.



Рис. 1.4. Фактори, що формують ефективність застосування колісних транспортних засобів при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів

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 відмовами (при рідкісному, запізненому обслуговуванні) [52]. 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 [49]. 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 [53-57].

1.3. Особливості побудови системи технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів в умовах України та її вплив на рівень технічного стану

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

- 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.

Основа системи ТЕ становить система ТО і Р автомобілів, під якою розуміють сукупність принципів і правил, що забезпечують працездатний стан машин з мінімальними витратами. ТО служать 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.

Основні положення системи ТО і Р автомобілів. Ці положення містяться в стандартах, документації заводів-виробників автомобілів, провідних НДІ.

Згідно [49] система ТО і Р передбачає щоденне, періодичне (ЩО, ТО-1, ТО-2) і сезонне (СО) технічне обслуговування, поточний (ПР), середній (СР) і капітальний (КР) ремонти (рис. 1.5). Автомобілі, які втратили працездатність у результаті відмови, піддаються позаплановому ремонту.

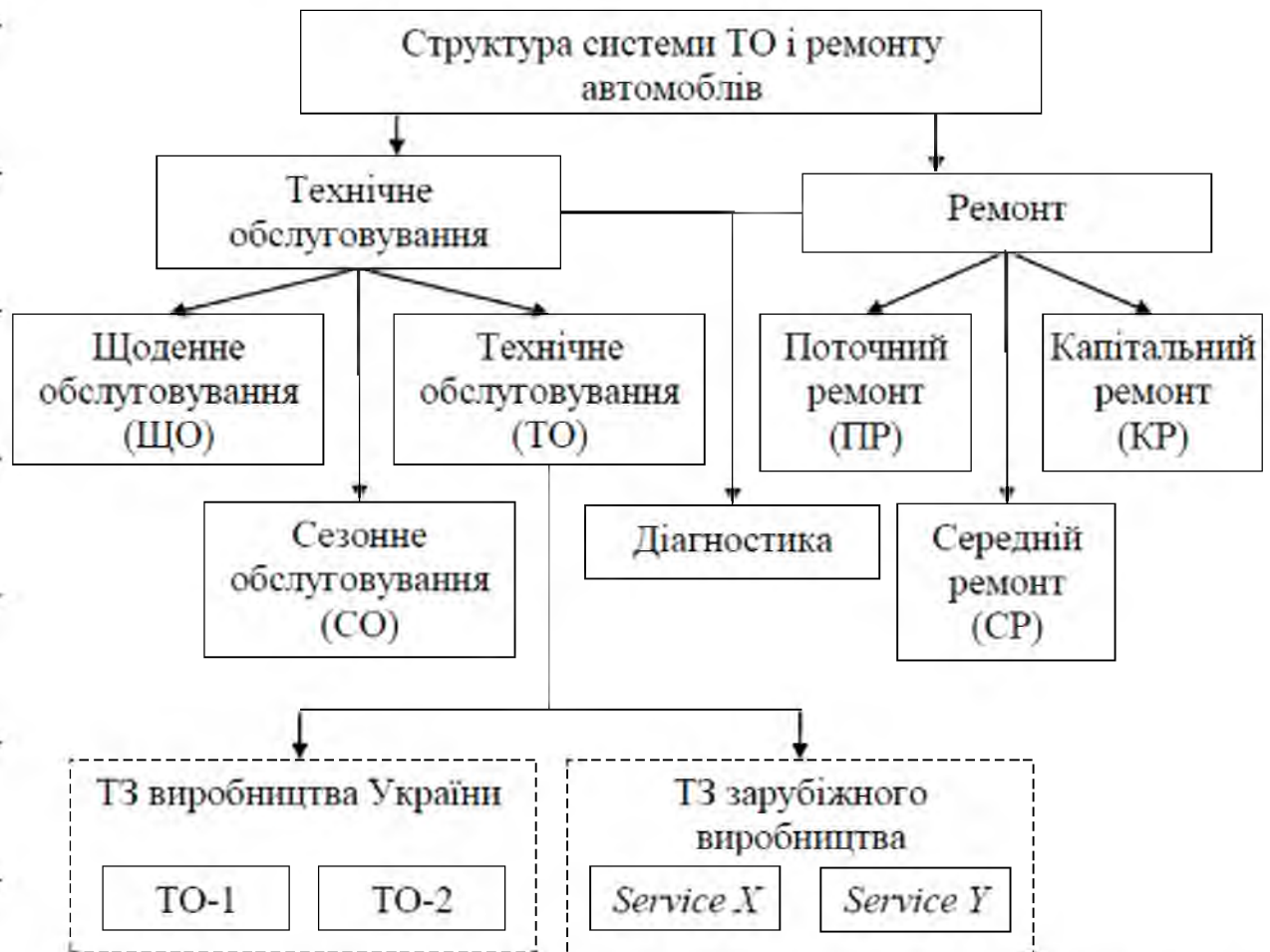


Рис. 1.5. Структура системи ТО і ремонту автомобілів

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.

Типові норми трудомісткості й тривалості робіт з ТО і ремонту автомобілів для складання планів приведені в [49]. 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.

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 колісних транспортних засобів. «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 колісних транспортних засобів.

Стратегії організації ТО і Р колісних транспортних засобів.

Стратегії ТО і Р колісних транспортних засобів 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.

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 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 колісних транспортних засобів 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.

Оптимальні режими можуть бути отримані шляхом коригування режимів, рекомендованих «Положенням» [49, 58] 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 питомі відмови значно більше питомих витрат часу на їх обслуговування, вимагають і більшої уваги при їх виконанні в процесі ТО автомобілів.

Для поточного коригування режимів ТО можна користуватися коефіцієнтом відмов [59], що визначаються за формулою:

$$k_0 = \frac{n_0}{n_0'} \cdot 100, \quad (1.1)$$

де n_0' – число відмов даного агрегату (механізму);

n_0 – число відмов по всіх агрегатах, механізмах автомобіля.

Коефіцієнти відмов, отримані по всім агрегатам і механізмам, показують, які з цих елементів автомобіля є найменш надійними або надійність яких з елементів автомобіля необхідно підвищити для підвищення надійності всього автомобіля. Ті механізми та агрегати, за якими коефіцієнти відмов отримані більшими, потребують і в більш ретельному обслуговуванні, ніж ті агрегати, за якими коефіцієнти відмов отримані меншими.

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 коригуванні режимів ТО для підприємств [33, 37], що експлуатують автопоїзди іноземного виробництва, була визначена цільова функція:

$$C, L_{opt}(t_{гр}) \rightarrow opt \quad (1.2)$$

де C – витрати на ТО і Р колісного транспортного засобу, грн.;

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

$t_{гр}$ – питома трудомісткість поточного ремонту, чол.год/1000 км.

Для колісних транспортних засобів частка витрат на пневматичні шини становить близько 8% [37], що відповідає такій же частці в цільовій функції.

Це підтверджує необхідність аналізу по елементам технічного стану колісного транспортного засобу.

При технічній експлуатації колісних транспортних засобів підвищення $\alpha_{ТГ}$ призводить до збільшення продуктивності процесу перевезень W . Тоді собівартість перевезень – це функція:

$$S = f(C_{пв}, C_{зв}, L, W, \alpha_{ТГ}) \quad (1.3)$$

Де $C_{пв} = C_{зпв} + C_{зв}$ постійні витрати, що складаються зі заробітної платні водіїв і накладних витрат, грн;

$C_{зв} = C_{п} + C_{зм} + C_{ш} + C_{а} + C_{то}$ – змінні витрати, що складаються з витрат відповідно на паливо, зманивральні матеріали, на шини й амортизаційні відрахування, на ТО і Р колісного транспортного засобу, грн.;

L – пробіг колісного транспортного засобу, тис. км;

W – продуктивність процесу перевезень автопоїздом, т-км;

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

Собівартість перевезень залежить від технічного стану колісних транспортних засобів, витрат на шини, паливо, мастильні матеріали, амортизаційні відрахування, ТО і Р їх

агрегатів.

Зменшення витрат на експлуатацію колісних транспортних засобів може бути досягнуте за рахунок зменшення витрат на шини, паливо та ТО і Р їх агрегатів:

$$\Delta S(L) = f(C_{\text{ш}}(L), C_{\text{п}}(L), \Sigma C_{\text{ТО}_i}(L)). \quad (1.4)$$

Оптимізація ефективності ТЕ, може бути охарактеризована ступенем технічної готовності колісних транспортних засобів до виконання транспортної роботи $\alpha_{\text{ТГ}}$ [35]. Тоді, математична модель формування $\alpha_{\text{ТГ}}$ буде представлена в розгорнутому вигляді:

$$\alpha_{\text{ТГ}} = f(X_L, X_t, Z_L, Z_t, W_L, W_t, W_s \rightarrow 1) \quad (1.5)$$

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_s - неконтрольовані некеровані змінні чинники, що пов'язані з пробігом, з часом і з інтенсивністю експлуатації відповідно.

1.4. Наукові роботи з питань умов забезпечення ефективної експлуатації автомобілів

З розвитком конструкцій автомобілів, розробляються та застосовуються різні рекомендації з їх ТО і Р. Залежно від їх технічного рівня, накопиченого досвіду експлуатації та інших чинників відбуваються зміни ТЕ, ТО і Р. Однак залишається актуальним підтримання належного рівня експлуатаційної надійності автомобілів, особливо це стосується колісних транспортних засобів. У роботах [60, 61], наприклад, наведено, що на початку 80-х років скорочення кількості відмов закордонних автомобілів у 2,5-3 рази з істотним підвищенням їх ресурсу вдалося досягнути за рахунок не тільки вдосконалення конструкцій автомобілів, але і за рахунок застосування у конструкціях мікропроцесорних систем контролю та управління режимами роботи агрегатів, систем та автомобіля в цілому.

Великий внесок у розвиток ТЕ автомобілів, як науки, внесли відомі учені Говорушенко М.Я., Кузнецов Є.С., Дудченко О.А., Авдонькін Ф.М., Варфоломєєв В.М., Несвітський Я.І., Міхлін В.М., Курніков І.П. та ін., результати робіт яких ґрунтовно викладені у багатьох літературних джерелах.

Їх наукові доробки стали основою чинної планово-попереджувальної системи ТО і Р для техніки національної економіки. Вона широко застосовується на практиці для планування експлуатаційних впливів, спрямованих на підтримання автомобілів у справному стані. При цьому, володіючи рядом переваг, чинна система має і певні недоліки.

Так, наприклад, під керівництвом професора М.Я. Говорушенка [17] Харківський національний автомобільно-дорожній університет провів у вересні 1967 р. першу Всесоюзну науково-технічну конференцію з діагностики і прогнозування технічного стану рухомого складу автотранспорту, де були сформульовані теоретичні основи діагностування та основні засади нової концепції профілактичного обслуговування та ремонту автомобілів на базі достовірної діагностичної інформації.

У роботах [62, 63] відзначається: «Технічне обслуговування, яке виконується за календарним напрацюванням, не є оптимальним для підтримання якісного технічного стану, оскільки обслуговуванню часто піддаються ті машини, які цього не потребують, в той же час інші, які цього потребують, своєчасно не обслуговуються». Недоліки чинної планово-попереджувальної системи ТО і Р автомобілів, достатньо повно та обґрунтовано описані у роботі [64], у якій зокрема наголошено, що ця система, будучи жорстко детермінованою, не враховує динаміки технічного стану старіючих машин. У цьому вбачається недостатня адаптивність системи, невідповідність її реальним запитам з боку сфери експлуатації машин.

У роботі [63] вперше встановлено нові закономірності зміни показників безвідмовності нових і відремонтованих двигунів у гарантійний період експлуатації залежно від обсягів і змісту профілактичних ремонтно-обслуговуючих робіт. Теоретично обґрунтовано метод визначення терміну

служби двигунів за критерієм окупності з урахуванням розподілу витрат на технічне обслуговування і ремонт за роками експлуатації, виражених у частинах первинної ціни машини.

Полянський О.С. розробив теоретичні основи короткострокового прогнозування і забезпечення безвідмовної роботи тракторних двигунів протягом сезону експлуатації. Запропонував методологічний підхід щодо розрахунку показників надійності системи «машина-агрегат-деталь», що базується на оптимальному розподілі показників надійності між агрегатами, системами та деталями машини за техніко-економічними критеріями. Автор розробив теоретичні основи прогнозування та забезпечення безвідмовності автотракторних двигунів у гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації відповідними методами, удосконалив моніторинги і стратегії діагностування технічного стану тракторних двигунів [63].

У сучасних наукових дослідженнях розглядаються різні напрямки вдосконалення системи ТО і Р автомобілів. У роботах [64-67] розглядаються різні підходи щодо визначення оптимальних періодичностей виконання відповідних профілактичних обслуговувань, зокрема, з метою оперативного керування працездатністю автомобілів пропонується визначати момент відповідних профілактичних обслуговувань за енергетичним критерієм – сумарною витратою палива. Точніше планування періодичності технічних впливів запропоновано визначати за сумарною витратою палива автомобіля.

У роботі [67] запропоновано визначити кількість днів, що прогноуються, до проведення чергового ТО, розроблено методику вибору раціональної періодичності профілактичного обслуговування транспортних засобів та локального прогнозування моменту постановки транспортних засобів на певний вид профілактичного обслуговування. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що показник фактичної витрати палива враховує вплив більшого числа експлуатаційних чинників, і є більш інформативним; організація обслуговування з періодичністю, встановленою у літрах витраченого палива, у порівнянні з пробігом дозволяє знизити сумарні питомі

витрати на 6,31% за контрольний період.

У роботі [71] визначено закономірності виникнення систематичних відмов автосамоскидів, зумовлених станом властивостей мастил, сезонним розсіюванням запиленості під час роботи на поредних відвалах вугільних шахт.

Для діагностування вузлів трансмісії Степанов О.В. визначив місця знімання інформації та встановив залежності зростання кількості відмов від перевантаження автосамоскида та запиленості породного відвалу. Обґрунтував критерій оптимізації періодів запобіжних замін груп елементів на підставі мінімуму сумарних втрат у разі планових і аварійних ремонтів на одиницю

напрацювання автомобіля шляхом підбору варіантів замін елементів за різних сполучень.

Висновки до розділу 1

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

Проаналізовано основні експлуатаційні чинники, що суттєво впливають на ресурс основних агрегатів колісних транспортних засобів, систематизувати напрями підвищення ефективності технічної експлуатації (ТЕ) колісних транспортних засобів за рахунок раціональної періодичності

РОЗДІЛ 2

ОБґРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР КРИТЕРІЇВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ
УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ

2.1. Методологія досліджень

Схема управління ресурсом основних частин колісних транспортних засобів (рис. 2.1).

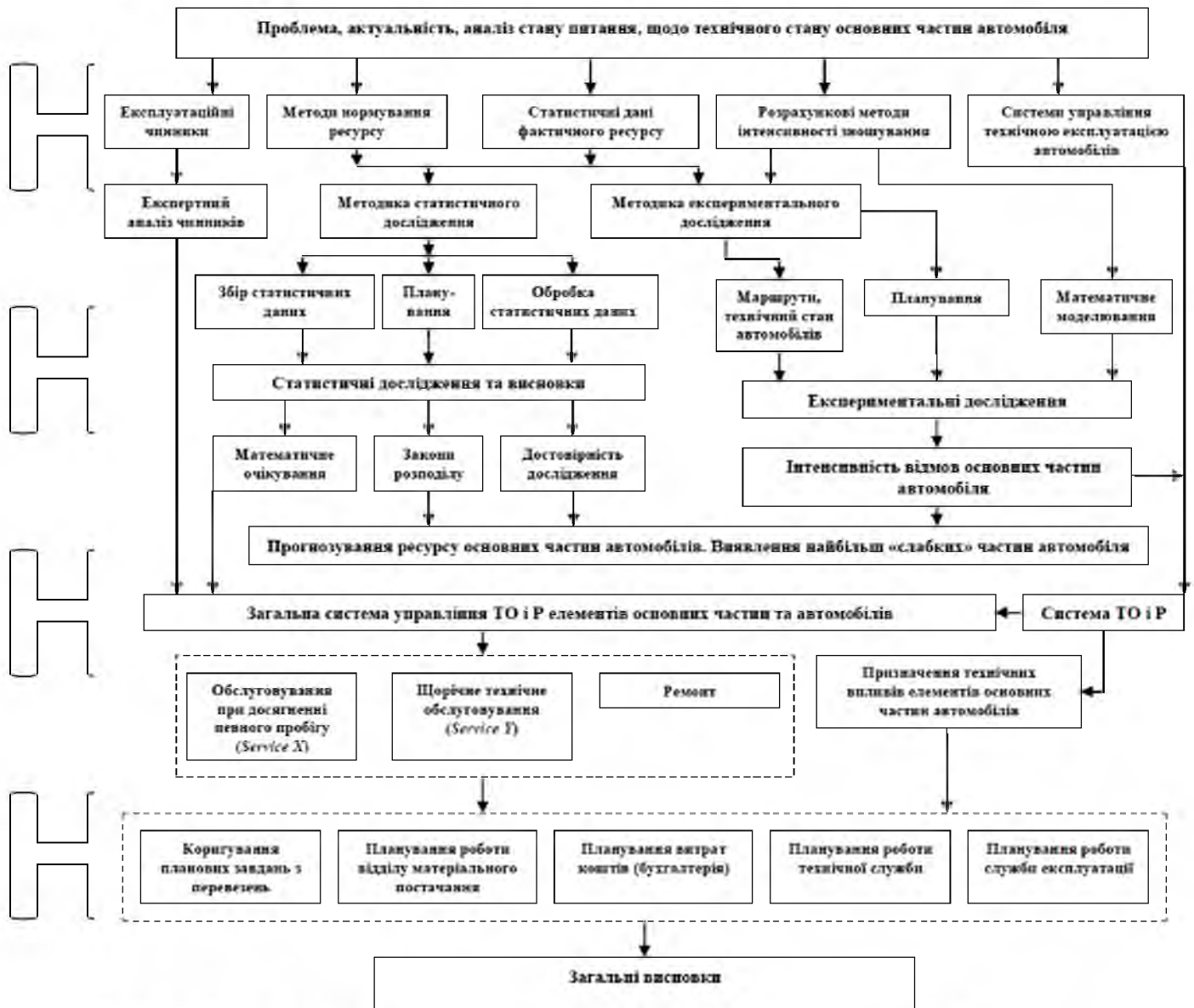


Рис. 2.1. Комплексна методична схема управління ресурсом автомобілів

Комплексна схема управління ресурсом основних частин колісних

транспортних засобів дозволяє управляти їх ресурсом шляхом удосконалення системи ТО і Р, прогнозування терміну їх заміни та коригування нормативного ресурсу залежно від умов експлуатації.

2.2. Аксиоматичний метод системного відображення й підвищення рівня технічного стану колісних транспортних засобів

Метою підвищення рівня технічного стану колісних транспортних засобів при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів 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 колісного транспортного засобу, тобто у квантифікації загальної мети на сукупність більш часткових і простих конкретних підцелей.

Системне моделювання управління технічним станом колісних транспортних засобів – це система, під якою слід розуміти певну цілісність колісного транспортного засобу, що складається з взаємозалежних частин, які вносять свій внесок щодо ефективної експлуатації колісного транспортного засобу.

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. Наведемо ряд основних необхідних аксіом. Технічний стан колісного транспортного засобу дозволяє аналізувати чинники, що впливають на його зміну, по ступеню переваги, отже, здійснювати у просторі параметрів X множини Y (рис. 2.2) 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.

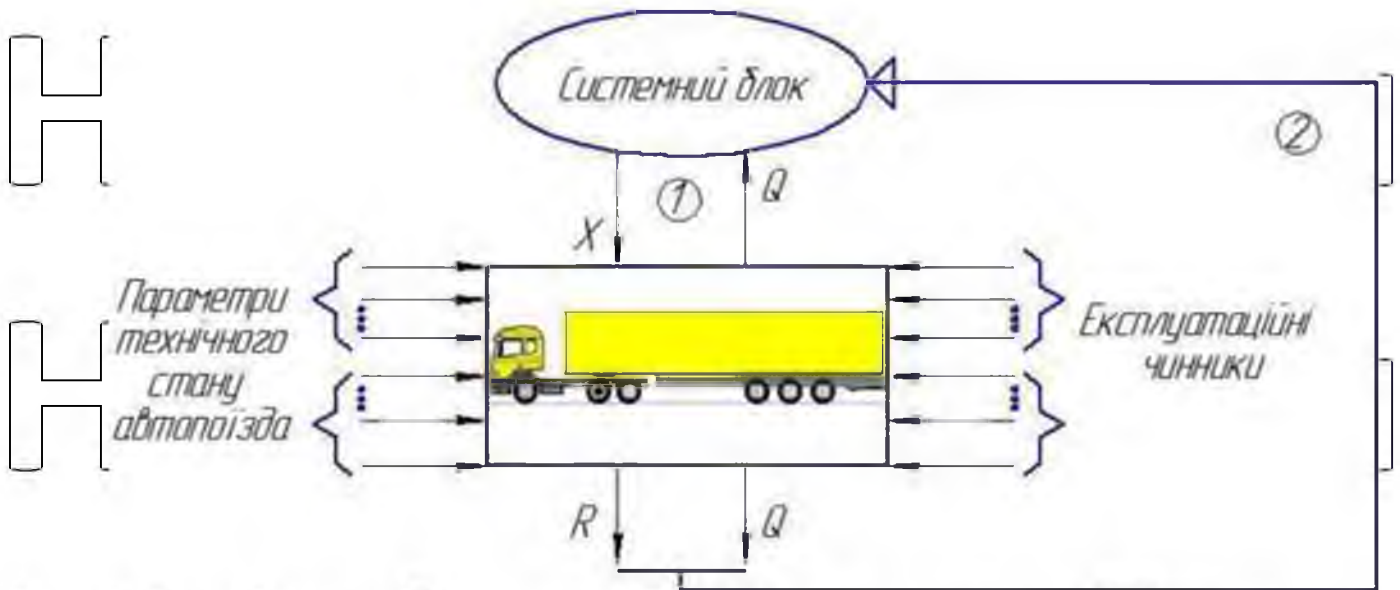


Рис. 2.2. Схема управління якістю технічного стану колісного транспортного засобу в процесі експлуатації

R – вектор результуючих параметрів; Q – вектор нормованих кваліметричних

показників; X – вектор управляючих параметрів;

1 і 2 – внутрішній та зовнішній контури управління

Оцінка технічного стану колісного транспортного засобу припускає наявність безпосередньої не спостережуваної, але об'єктивної інформаційної характеристики досконалості проекту і його реалізації у даному об'єкті. Така об'єктивно існуюча характеристика повинна бути інваріантна методу її побудови, тобто якщо є кілька моделей кваліметричного відображення (2.1) компонентів, що відрізняються номенклатурою вектора Q , зовнішньою й внутрішньою амплітудою, видом і параметрами властивостей, то співвідношення технічних рівнів усіх оцінюваних варіантів за різними моделями повинне бути постійним.

Дана умова є необхідною для об'єктивності оцінок рівня технічного стану $U(Q)$ будь-яких об'єктів системної складності, а особливо колісного транспортного засобу [75].

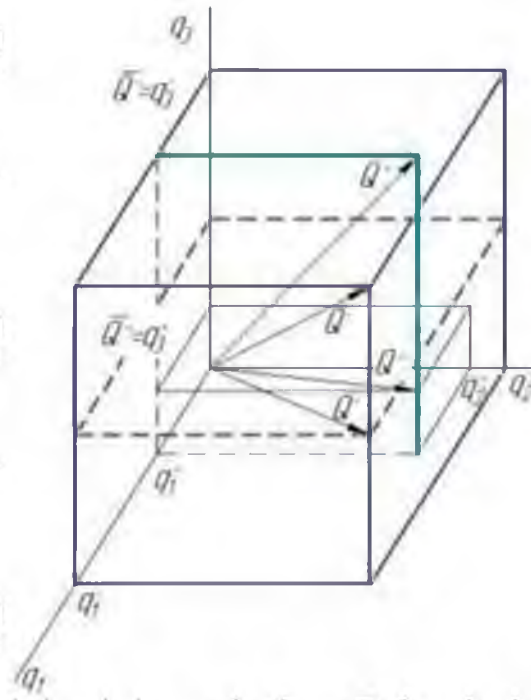


Рис. 2.3. Схема незалежності за перевагами показників q_2 і q_3 від показника q_1

$$U' \frac{U'_k(Q)}{U''_k(Q)} = \text{const} \forall k = \overline{1, m}, \quad (2.1)$$

де m – число альтернативних моделей.

З аксіоми A6 випливає, що якщо запропоновані моделі адекватно відображають оцінюваний показник, то

$$\left. \begin{aligned} U'(Q) &= \alpha_k U'_k(Q); \\ U''(Q) &= \beta_k U''_k(Q); \end{aligned} \right\} \forall k = \overline{1, m}, \quad (2.2)$$

Установлені принципів положення й система аксіом становлять основу проекційної кваліметрії колісного транспортного засобу системної складності оскільки забезпечують формалізацію абстрактного процесу відображення його рівня технічного стану на числову вісь, стабільну технологічну точність результатів і усувають залежність отриманих результатів від відомої суб'єктивності експертних методів.

2.3. Формування, систематизація й нормування множини

експлуатаційних показників якості основних частин колісного транспортного засобу

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 колісного транспортного засобу та пошуку у цій області кращого набору значень цих показників, що потребує рішення задачі багатокритеріальної оптимізації [75-76].

В процесі експлуатації колісних транспортних засобів для раціонального проведення періодичності ТО відрізняють наступні задачі, що потребують наукового рішення:

- ✓ 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 її 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).

В результаті аналізу опублікованих робіт виявлено і опрацьовано інформативну базу, щодо визначення показників функціональної ефективності й надійності автомобілів. Віднесення механізмів у складі колісного транспортного засобу 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.

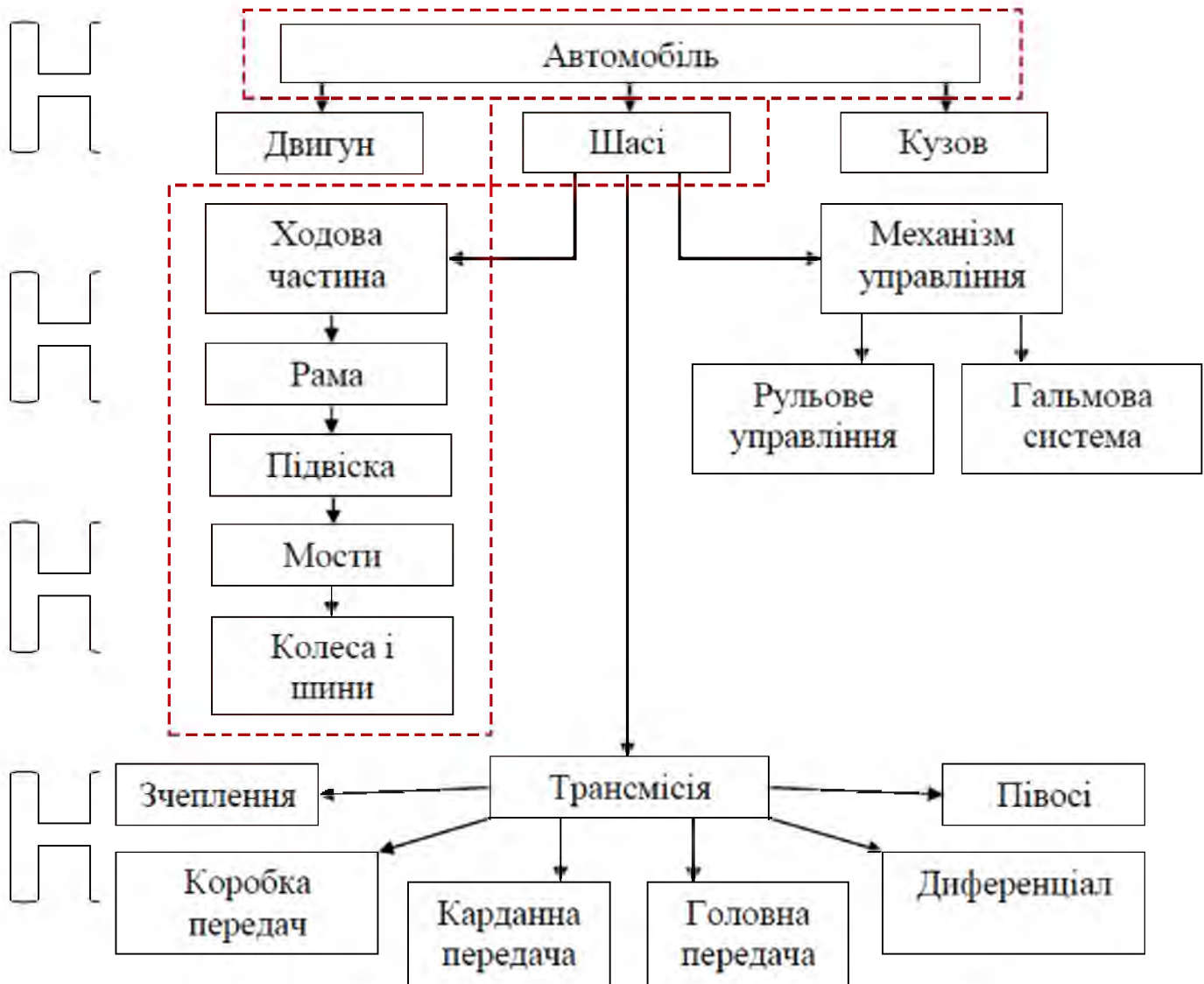


Рис. 24. Схема будови автомобіля

Остання властивість означає, що усі експлуатаційні якості колісного транспортного засобу (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 колісного транспортного засобу 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. 25).

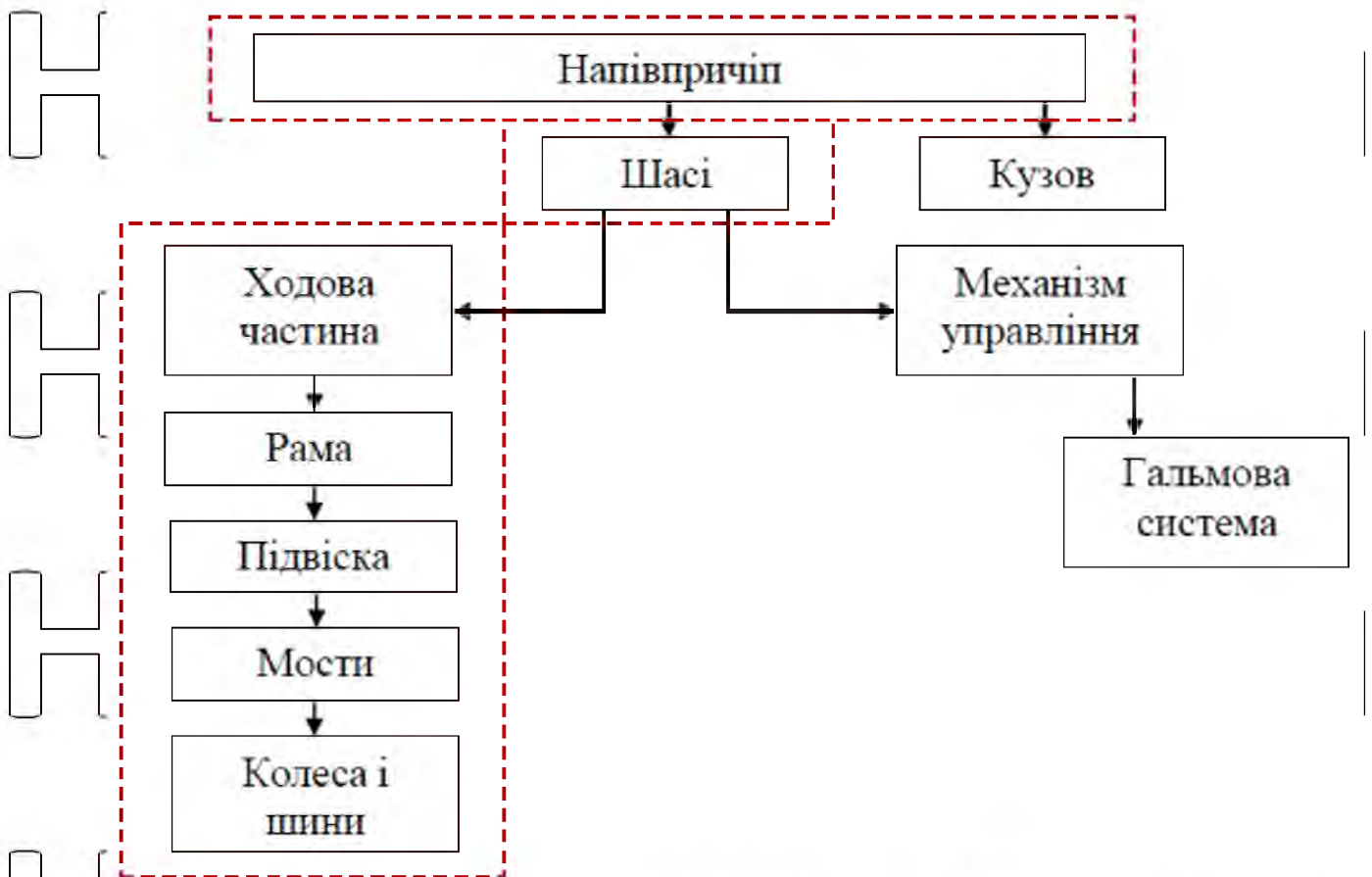


Рис. 2.5. Схеми будови напівпричіпа

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 [75].

Якщо досліджуваний n -мірний простір задовольняє усім характеристикам

$$\rho_m = \|W_1 - W_2\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n (W_{1j} - W_{2j})^2} \quad (2.4)$$

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

$$F_{opt} \{W_1, W_2, \dots, W_n\} \rightarrow \min. \quad (2.5)$$

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 колісного транспортного засобу. Тобто умова (2.5) має аналогічний запис у значно меншому ($m < n$) просторі показників якості.

$$F_{opt}\{q_1^{ек}, q_2^{дин}, q_3^{безвідм}, q_4^{рем}, q_5^{довг}\} = F_{opt}\{Q\} \rightarrow min. \quad (2.6)$$

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).

Для числового відображення відхилення по кожному i -му параметру використано кількість інформації

$H_i = -\sum_{j=1}^n \Delta_j$ (число вихідних параметрів, що утворюють n -мірний фазовий простір, сума їх відхилень від оптимальних значень).

На прикладі колісних транспортних засобів марок DAF і Volvo (дані ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. представлені в табл. 2.1) виділено дані щодо напрацювання на відмову їх основних елементів.

Статистичний аналіз даних ТОВ «Ярило» Волинської обл. щодо напрацювання основних частин колісних транспортних засобів дозволив встановити їх середні значення. На основі аналізу представлених даних про напрацювання двигуна, моста, рами цих колісних транспортних засобів 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.

Таблиця 2.1

Напрацювання на відмову основних елементів колісних транспортних засобів з

тягачами марки Volvo

Системи автоз'їздів	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 напівпричіпа(н/п)	200000	3340.6	10.5	0.000299	0.095238	0.003143	0.0029669
Рухове 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
Електрообладнання тягача	120000	2004.3	5.6	0.0004989	0.178571	0.002794	0.002637
Електрообладнання 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
Середнє	354762	5925.5	8.31	0.0003543	0.325874	0.00283	0.002653

На основі аналізу висновків експертів щодо аналізу впливу експлуатаційних факторів на технічний стан колісного транспортного засобу встановлено номенклатуру експлуатаційних показників. Із множини функціональних показників сформовано номенклатуру показників якості колісного транспортного засобу за групами експлуатаційних властивостей:

економічність, динамічність, надійність.

Паливна економічність – одна з експлуатаційних властивостей колісного транспортного засобу. Вона визначає витрату палива автопоїздом при русі в заданих умовах. Для кожного колісного транспортного засобу встановлюється норма лінійної витрати палива. Ці норми вказані в технічних характеристиках колісних транспортних засобів. У залежності від умов роботи колісних транспортних засобів ці норми можуть збільшуватися або зменшуватися спеціальними вказівками.

На паливну економічність впливають конструктивні і експлуатаційні чинники. Пробіг до капітального ремонту залежить від витрати палива [77]:

$$L_{KP} = 100 \cdot \frac{Q_{\Sigma}}{H} \quad (2.7)$$

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 колісного транспортного засобу, найбільш адекватною моделлю для визначення коефіцієнта фізичного зносу колісного транспортного засобу є метод експоненціальної кривої. Це припущення ґрунтується на статистичних дослідженнях ресурсу колісного транспортного засобу, що перебуває в експлуатації, й змінюється за експоненціальним законом. Тоді, скорегований пробіг можливо визначити:

$$L_{TO} = k \cdot L_a, \quad (2.8)$$

де k – поправка на знос;

L_a – середній пробіг колісного транспортного засобу до появи відмови, км.

На підставі даних про фізичний стан автомобілів розраховується процентна поправка на знос [78]. Розрахунок проводиться за формулою:

$$k = \frac{100 - I_a}{100 - I_6} \quad (2.9)$$

де I_a – відсоток фактичного зносу оцінюваного колісного транспортного засобу;

I_a – 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 колісного транспортного засобу (рис. 2.6):

$$I_a = 100 \cdot (1 - e^{-\Omega}), \quad (2.10)$$

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

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

Функція Ω в загальному випадку має наступний вигляд для колісних транспортних засобів Volvo.

$$\Omega = 0,09 \cdot T_a + 0,0003 \cdot L_a, \quad (2.11)$$

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

T_a – фактичний вік колісного транспортного засобу, років;

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

L_a – фактичний пробіг колісного транспортного засобу з початку експлуатації, тис. км.

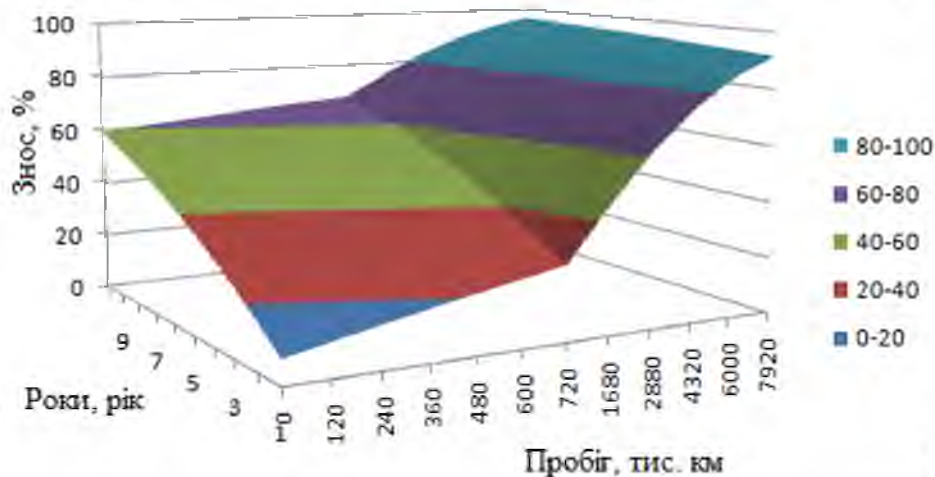


Рис. 2.6. Залежність фактичного зносу (в %) колісних транспортних засобів

Volvo від їх фактичного віку та пробігу

Динамічність колісного транспортного засобу залежить, насамперед, від його тягових і гальмівних властивостей [79, 80]. При визначенні динамічності колісного транспортного засобу вважають, що його можливості обмежені лише потужністю двигуна і зчепленням ведучих коліс з дорогою.

$$P_T = \frac{M_e u_o u_k u_{dk} \eta_{tr}}{r_d} \quad (2.11)$$

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

u_o – передаточне число головної передачі колісного транспортного засобу;

u_k – передаточне число коробки передач на першій передачі (згідно технічного паспорту колісного транспортного засобу);

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

η_{tr} – коефіцієнт корисної дії трансмісії колісного транспортного засобу;

r_d – динамічний радіус колеса, м (згідно технічного паспорту колісного транспортного засобу).

Максимальна швидкість колісного транспортного засобу V_{max} (км/год) визначалась на вищій передачі в коробці передач і додатковій коробці при встановленому значенні n_{max} (ХВ-1).

$$V_{max} = \frac{0,378 \times n_{max} \times r_k}{u_o u_k u_{dk}} \quad (2.12)$$

За літературними джерелами з урахуванням даних ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ прийнято, що коефіцієнт корисної дії трансмісії η_{tr} змінюється за лінійною залежністю від пробігу колісного транспортного засобу L_a , рис. 2.7:

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

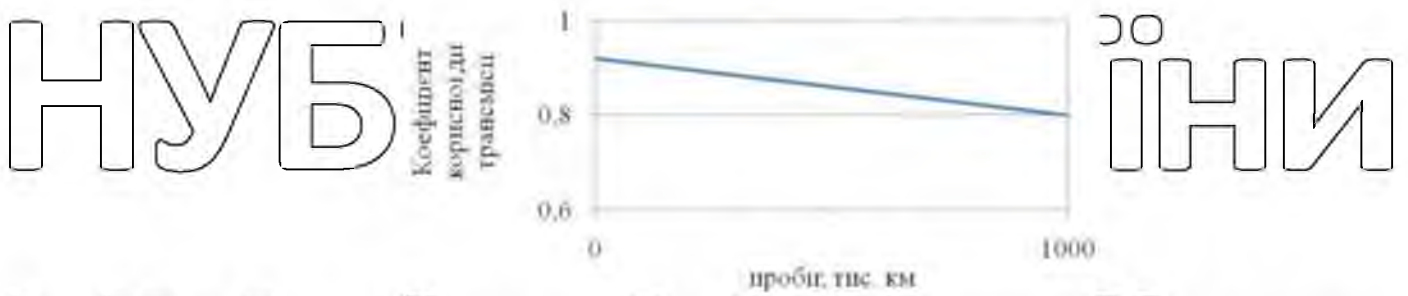


Рис. 2.7. Залежність коефіцієнта корисної дії трансмісії від пробігу колісного транспортного засобу

Безвідмовність – властивість ТЗ виконувати транспортну роботу в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи напрацювання. Напрацювання (наробіток) – це тривалість експлуатації автомобіля, що визначається експериментально. Імовірність безвідмовної роботи тягача – імовірність того, що протягом заданого наробітку (кількості відпрацьованих годин) відмова автомобіля (агрегату) не виникне [81]. Імовірність безвідмовної роботи представлено у вигляді:

$$P_i = 1 - q_i$$

де i – автопоїзд, трансмісія, агрегат тощо.

Ремонтпридатність – властивість ТЗ бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції, за допомогою технічного обслуговування та ремонту [81].

Довговічність – це властивість ТЗ виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан за встановленої системи технічного обслуговування та ремонту. Характеризується середнім пробігом колісного транспортного засобу до КР [81].

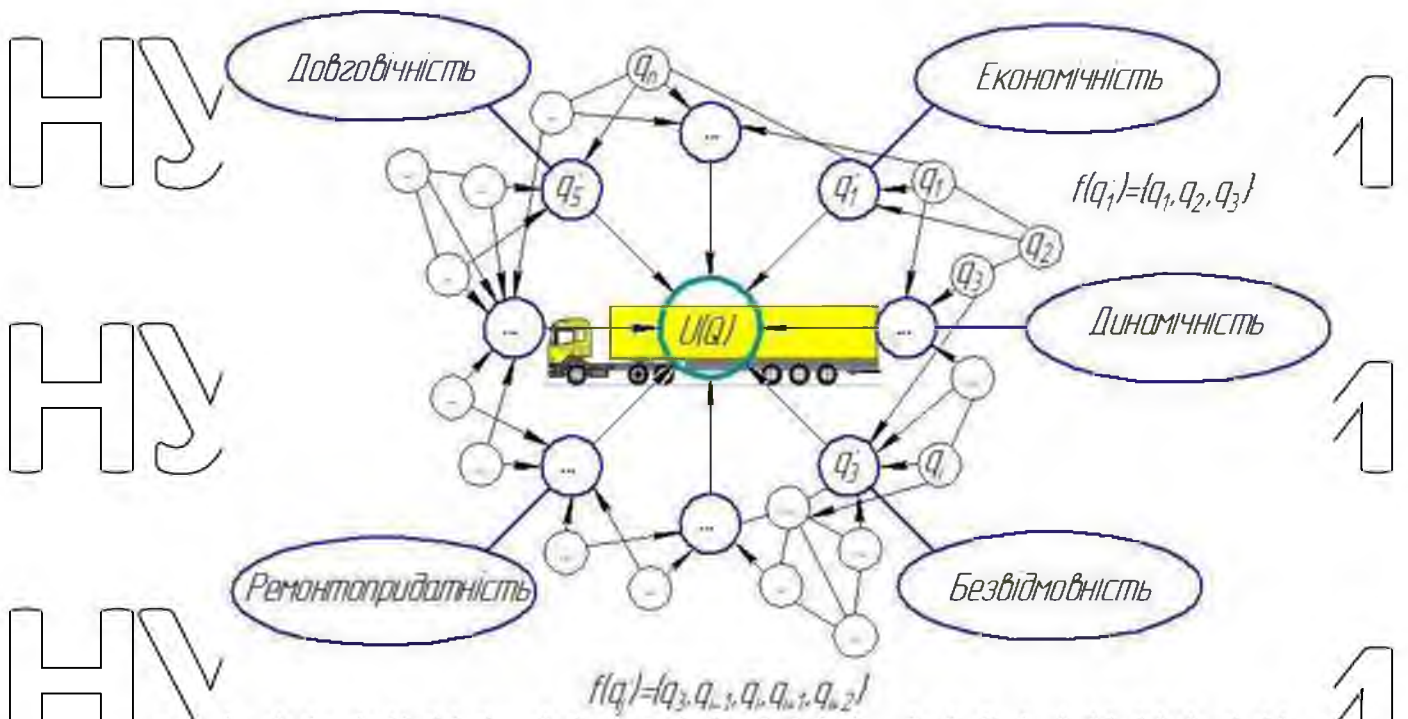


Рис. 2.8. Граф-схема моделі експлуатаційних показників рівня технічного стану колісного транспортного засобу

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

$$\begin{bmatrix}
 q_{a1} & q_{a2} & q_{a3} & q_{a4} & q_{a5} & -1 \\
 0 & q_{w2} & q_{w3} & q_{w4} & q_{w5} & -1 \\
 0 & 0 & q_{x3} & q_{x4} & q_{x5} & -1 \\
 0 & 0 & 0 & q_{n4} & q_{n5} & -1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & q_{n.w5} & -1 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0
 \end{bmatrix}
 \cdot
 \begin{bmatrix}
 \lambda_1 \\
 \lambda_2 \\
 \lambda_3 \\
 \lambda_4 \\
 \lambda_5 \\
 U
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 1
 \end{bmatrix}
 \quad (2.13)$$

де q_{aj} – нормовані експлуатаційні показники j -ої ознаки властивості, що

характеризують рівень технічного стану автомобіля-тягача взагалі;

q_{wj} – нормовані експлуатаційні показники j -ої ознаки властивості, що характеризують рівень технічного стану пасі тягача,

q_{xj} – нормовані експлуатаційні показники j -ої ознаки властивості, що

характеризують рівень технічного стану ходової частини тягача;

$q_{п.ш}$ – нормовані експлуатаційні показники j -ої ознаки властивості, що

характеризують рівень технічного стану підвіски тягача;

$q_{п.ш5}$ – нормовані експлуатаційні показники 5-ої ознаки властивості, що

характеризують рівень технічного стану пневматичної шини тягача;

$$1,0 > q_{k+1,j} > q_{k,j} > 0,1 \quad \forall k = 1, j \wedge j = 1,5 \quad (2.14)$$

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 колісного транспортного засобу як системи (у цілому).

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.

2.4. Обґрунтування і вибір критеріїв до моделювання управління

технічним станом колісних транспортних засобів

Експлуатаційні показники колісного транспортного засобу слід

розраховувати як на стадії проектування, так і при оцінках функціональних

властивостей та їх характеристик в процесі експлуатації.

Відмови механізмів колісного транспортного засобу у відповідності зі

свою 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.

У випадках, коли технічний стан колісного транспортного засобу

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.

Для вивчення надійності автомобілів широко застосовується імовірнісний метод [81-84]. 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 [70, 81].

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

$$\begin{cases} P_0 = \left(1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\lambda_n}{\mu_n} \right)^{-1} \\ P_1 = P_0 \times \frac{\lambda_1}{\mu_1} \\ P_n = P_0 \times \frac{\lambda_n}{\mu_n} \end{cases} \quad (2.16)$$

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 функціональних 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.

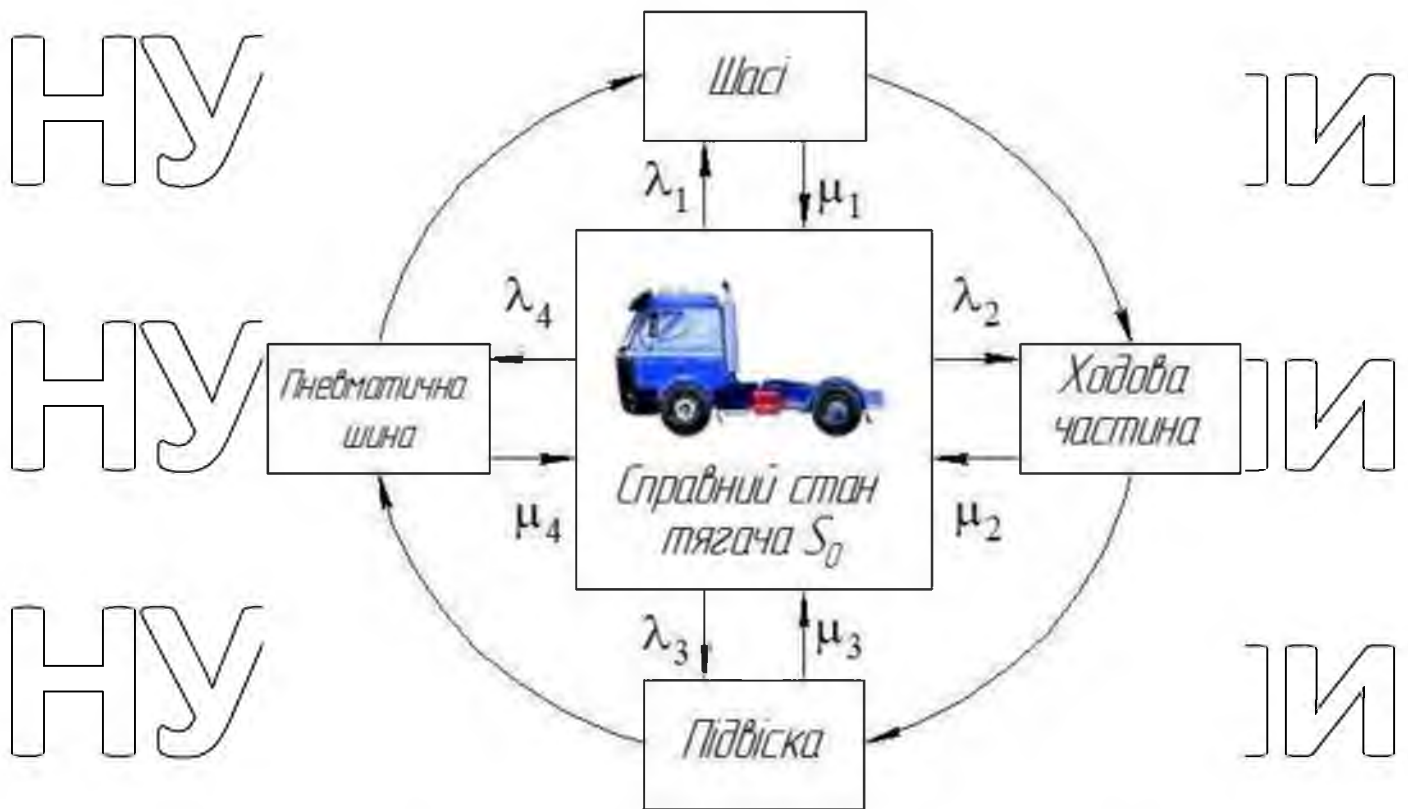


Рис. 2.9. Граф стану тягача з урахуванням відмови функціонування його систем

В якості однієї з складових інтенсивності потоку відмов прийнятий середній пробіг (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 [70]:

$$T_i = \frac{L_i}{V_{cc}} \quad (2.17)$$

Інтенсивності потоку відмов і потоку відновлення відповідно дорівнюють:

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i} \quad (2.18)$$

$$\mu_i = \frac{1}{T_{vi}} \quad (2.19)$$

Колісний транспортний засіб (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.

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.

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.

Середній наробіток до відмови – математичне очікування наробітку об'єкта до першої відмови, можна визначити як функцію.

$$L_e = \int_0^{\infty} Lf(l) dl = \int_0^{\infty} P(l) dl \quad (2.20)$$

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 [81, 82]

– 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.

Робота об'єкту, вихідний параметр якого має закон розподілу, що не залежить від часу, характеризується раптовими відмовами. У цьому випадку відповідно до експонентного закону надійності імовірність безвідмовної роботи визначається як:

$$P(L) = \exp(-\lambda L), \quad (2.21)$$

де λ – інтенсивність відмов.

Звичайно, в цьому випадку параметри стану вважають випадковими величинами й безвідмовність може оцінюватися згідно незалежній від часу імовірності знаходження вихідного параметра в допустимих межах P_p (квазістатична постановка [81]).

Тоді при статичних межах:

$$P_p = P\{R_1 < z < R_2\} = \int_{R_1}^{R_2} \varphi(z) dz \quad (2.22)$$

при випадковій межі:

$$P_p = P\{\xi > 0\} = \int_0^{\infty} \psi(\xi) d\xi \quad (2.23)$$

де n – середнє число фіксованих точок за одиницю часу.

Встановити зв'язок між характеристиками $P(L)$ і P_p при раптових відмовах можна, якщо розглядати параметр стану z як випадкову послідовність спостережувану у фіксованих точках тимчасового інтервалу. Отримано:

$$P(L) = \exp[-(1 - P_p)nL] \quad (2.24)$$

У загальному випадку технічний стан колісного транспортного засобу та якість його оцінювання визначається не одним, а сукупністю S вихідних параметрів стану $z_1, z_2 \dots z_S$, які можна вважати компонентами деякого вектора

Z . Простір станів можна розділити деякою граничною поверхнею на дві області: область, що відповідає експлуатаційним вимогам, і область відмов. Безвідмовність у цьому випадку визначається як імовірність того, що за пробіг L експлуатації колісного транспортного засобу параметри його стану

$$P(L) = P\{Z \in \Omega / 1 \leq L\} = P\{R_{11} < z_1 < R_{12} < z_2 < R_{22} \dots < R_{S1} < z_S < R_{S2} / 1 \leq L\} \quad (2.25)$$

Перетинання вектором Z у якийсь момент часу поверхні граничних станів означає відмову.

Визначальними у характеристиці процесів, що призводять до відмови об'єкту, є швидкість їх протікання [83-86]. Процеси, що протікають із високою швидкістю (період зміни порядку долі секунди), закінчуються протягом циклу роботи машини й знову виникають при наступному циклі. Для оцінки усередненого параметра потоку відмов μ необхідно знати щільність спільного розподілу параметра стану $z(t)$ і швидкості його зміни в часі.

У багатьох випадках такі процеси описуються стаціонарною випадковою функцією з нормальним законом розподілу як самого параметра стану z , так і швидкості його зміни \dot{z} . Тоді відповідно до формули Райса усереднений параметр потоку відмов визначають так:

$$\mu = \frac{1\sigma_z}{2\pi\sigma_z} \exp\left[-\frac{(R-m_z)^2}{2\sigma_z^2}\right] \quad (2.26)$$

Безвідмовність, як імовірність відсутності за час наробітку L першої параметричної відмови, визначають так:

$$P(L) = \exp\left\{-\frac{T\sigma_z}{2\pi\sigma_z} \exp\left[-\frac{(R-m_z)^2}{2\sigma_z^2}\right]\right\} \quad (2.27)$$

Процеси, що протікають із середньою швидкістю, відбуваються під час безвідмовної роботи колісного транспортного засобу і виміряються пробігом. Дослідження надійності поділяється на три основні етапи:

- побудова на основі теоретичних або експериментальних досліджень

залежності відмови основних частин колісного транспортного засобу від пробігу;

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

- побудова розподілу вихідного параметра.

Розподіл вихідного параметра є достатнім, щоб за формулами (2.26), (2.27) і (2.28) визначити оцінки надійності P_p і $P(L)$.

Процеси, що протікають із низькою швидкістю, мають місце у період експлуатації колісного транспортного засобу між періодичними оглядами чи ремонтами. До них відносяться зношування, накопичення втомних пошкоджень, корозія тощо. Такі процеси викликають зміну статистичних характеристик параметра стану у часі (пробігу), у зв'язку із чим його вже не можна розглядати як стаціонарну випадкову функцію. Процеси такого типу звичайно призводять до поступових відмов. При цьому зношування, як основний чинник, може викликати граничні стани різного роду. При досягненні величини зносу деякого граничного значення можуть відбуватися різкі, стрибкоподібні зміни в основних елементах колісного транспортного засобу. При досягненні

параметром стану значень, регламентованих технічною документацією, наступає параметрична відмова, найбільш проста модель якої базується на припущенні лінійної залежності вихідного параметра від величини зносу.

На практиці нерідкі випадки, коли поступові відмови внаслідок зношування й раптові відмови, викликані в основному несприятливою комбінацією умов експлуатації, практично між собою не зв'язані. Імовірність безвідмовної роботи при спільній дії цих різних факторів визначають так:

$$P(L) = P_{\text{зн}}(l) \cdot P_p(L), \quad (2.28)$$

де $P_{\text{зн}}(l)$ і $P_p(L)$ – імовірності безвідмовності, зумовлені відповідно зношуванням і раптовими відмовами.

Для аналізу надійності таких складних систем, як автопоїзд, доцільно розділити їх на окремі елементи, під якими розуміють такі складові частини системи, які можуть бути характеризовані самостійними вихідними параметрами (параметрами стану) і для яких теоретичним шляхом або експериментальним можуть бути отримані характеристики безвідмовності.

Якщо можливо розділити складну систему на окремі елементи і для кожного з них окремо визначити імовірність безвідмовної роботи, то для розрахунків показників надійності системи використовують структурні моделі (схеми). Найбільш характерний випадок, коли відмова кожного з елементів виводить із ладу всю систему – це послідовне з'єднання елементів. Приклад застосування коробки передач і головної передачі, як елементів механічної трансмісії у склад колісного транспортного засобу. Відмова кожного з таких елементів призводить до відмови усієї системи. Імовірність безвідмовної роботи такої системи дорівнює добутку ймовірностей безвідмовної роботи елементів:

$$P(L) = P_1(l) \cdot P_2(l) \cdot \dots \cdot P_n(l) = \prod_{i=1}^n P_i(l) \quad (2.29)$$

Якщо вихід з ладу всіх означених елементів спричинений тільки раптовими відмовами, які підкоряються експонентному закону, тобто

$$P_1(l) = \exp(-\lambda_1 l), P_2(l) = \exp(-\lambda_2 l), \dots, P_n(l) = \exp(-\lambda_n l), \quad (2.30)$$

то для такої системи імовірність безвідмовної роботи визначають так:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n \exp(-\lambda_i t) = \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t]. \quad (2.31)$$

Простота розрахунків показників надійності системи при раптових відмовах елементів за рівнянням (2.35) на практиці іноді призводить до того, що цією формулою користуються також і у випадках, коли причина виходу з ладу – поступові відмови. Це неприпустимо, оскільки у таких випадках є обов'язковим використання загальної формули (2.32).

У сучасному автомобілебудуванні поширене загальне резервування механізмів, зокрема, у всіх відповідальних вузлах агрегатів і систем колісного транспортного засобу застосовують дублюючі системи мащення, ущільнення тощо.

Якщо у структурній моделі надійності колісного транспортного засобу n_1 елементів не дубльовані, а n_2 елементів дубльовані, то імовірність безвідмовної роботи такої системи

$$P(t) = P_d(t) \times P_c(t) = \prod_{i=1}^{n_1} P_i(t) \times \prod_{j=1}^{n_2} [1 - Q_j^2(t)] \quad (2.32)$$

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

2.5. Графоаналітичний метод порівняння експлуатаційних показників колісних транспортних засобів

Для порівняльної оцінки ефективності використання колісних транспортних засобів у заданих умовах експлуатації можна застосувати графоаналітичний метод [87- 89]. Цей метод містить декілька етапів одержання

інтегральної оцінки різних марок колісних транспортних засобів, що сприятиме важливому для практики кількісному порівнянню інтегральної якості існуючих марок колісних транспортних засобів з еталоном.

Ефективність використання колісних транспортних засобів оцінюється за такими властивостями, як вантажопідйомність, маневреність, прохідність та ін.

Окремі експлуатаційні властивості колісних транспортних засобів при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів змістовно було об'єднано в чотири наступні групи показників з чотирьох параметрів.

I. Показники ефективності:

- потужність двигуна;
- число обертів двигуна при M_{\max} ;
- вантажопідйомність;
- максимальна швидкість.

II. Показники прохідності:

- тип і розмір шин;
- дорожній просвіт;
- максимальний крутний момент, що підводиться до ведучих коліс;
- кут підйому, що долає автопоїзд.

III. Габаритно-масові показники:

- довжина;
- ширина;
- висота;
- повна маса та її розподіл по осям.

IV. Показники експлуатаційних властивостей:

- витрата палива з вантажем;
- габаритні радіуси повороту, габаритна смуга руху;
- максимальне навантаження на передню вісь;
- база автомобіля-тягача.

Ці показники визначають наступні реальні кількісні технічні характеристики колісних транспортних засобів.

Для зручності порівняння експлуатаційних характеристик колісних транспортних засобів усі показники були зведені до одного «знаку якості», шляхом подальшого використання величин, так званих, «позитивних» показників, що стають оберненими величинам негативних показників цієї сукупності.

На основі аналізу експлуатаційних властивостей колісних транспортних засобів маємо деякі показники, що відповідають вимогам щодо більшого значення показника. Це показники першої і другої груп. Маємо також показники, що відповідають вимогам щодо меншого значення показника. Це показники третьої і четвертої груп.

Таким чином, сформовано еталонна сукупність експлуатаційних показників, тобто сукупність деякого еталонного зразку колісного транспортного засобу. Вона складалася з показників найбільш високого рівня в сукупності величин показників колісних транспортних засобів, що порівнюються, тобто еталонним був автопоїзд, який мав найкраще значення по кожному порівнювальному показнику.

У подальшому здійснювалось нормування всіх експлуатаційних показників величиною, що дорівнює модулю радіуса-вектору (A_i) кількісного значення конкретного показника-параметра i -го колісного транспортного засобу і відповідного конкретного показника-параметра еталонного зразку [90]. Цей модуль дорівнює:

$$A_1 = \sqrt{p_1^2 + p_e^2} \quad (2.33)$$

Три досвідчених експерта ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. розставили ці параметри за рівнем зменшення їх важливості. Оцінки зводяться до матриці H результатів початкового ранжування. Кожний її рядок відповідає переважним вимогам одного з експертів, а кожний стовбець матриці відповідає номеру місця, яке відображує ступінь його важливості за мірою її зменшення. При цьому матриця $H(+)$ номерів місць позитивних переваг експертів містить за стовбцями лише відповідні номери місць, які експерти віддали переваги відповідним параметрам. Матрицю $H(-)$ негативних переважних поглядів

експертів будують таким чином, що великі величини номерів розташовуються на місцях елементів матриці, які є менш важливими (за поглядом експертів) параметрами.

I група показників колісного транспортного засобу:

$$H^{(+)} = \begin{vmatrix} 1 & 4 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 & 4 \\ 1 & 4 & 2 & 3 \end{vmatrix}; \quad H^{(-)} = \begin{vmatrix} 4 & 1 & 3 & 2 \\ 3 & 2 & 4 & 1 \\ 4 & 1 & 3 & 1 \end{vmatrix}.$$

$$P^{(+)} = (4 \ 1 \ 5 \ 10); \quad P^{(-)} = (1 \ 4 \ 10 \ 5)$$

(2.34)

(2.35)

Далі одержимо різницю векторів за формулою (2.35), тобто вектор ΔP різницевої переваги експертів (2.36). Його елементи дозволяють розставити елементи послідовності параметрів, що ранжируються, в урахуванням абсолютних величин знаку елементів вектора різницевої переваги.

$$\Delta P = P^{(+)} - P^{(-)} = (-7 \ 7 \ -5 \ 5) \quad (2.36)$$

Це дозволяє розв'язати задачу узгодженого ранжирування параметрів за рівнем зменшення їх важливості.

Після повторення, отримаємо, що на передостанньому місці за важливістю після узгодження переваг експертів виявляється четвертий параметр. Далі на друге місце за важливістю необхідно поставити перший параметр, тому що найменше чисельне значення має третій елемент вектора різницевої переваги.

Таким є узгоджений погляд експертів. Узгодження декількох поглядів, особливо у випадку їх великої кількості, природно, дозволяє отримати більш зважений результат. Його корисність прямо пропорційна не тільки рівню кваліфікації експертів, але також їх кількості в процесі розв'язання задачі об'єктивного ранжирування множини параметрів.

Таким чином, проводиться узгодження чотирьох груп показників колісних транспортних засобів під час ранжирування.

Висновки до розділу 2

1. На основі аналізу літературних джерел розділу 1 щодо експлуатації автомобільних поїздів іноземного виробництва встановлено, що їх фактичний ресурс суттєво відрізняється від нормативного, який рекомендовано

виробником, оскільки він у значній мірі залежить від умов експлуатації.

2. Запропоновано метод оцінки рівня технічного стану колісних транспортних засобів шляхом систематизації множини їх експлуатаційних показників, які впливають на зміну технічного стану і виконано оцінку впливу експлуатаційних показників колісних транспортних засобів 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.

Подальший процес багаторівневої оптимізації системи складається з двох етапів: пошуку границь області існування показників рівня технічного стану тягача та пошуку у цій області кращого набору значень показників якості основних компонентів (підсистем, агрегатів, механізмів, елементів тощо) оптимізаційними методами на етапі моделювання.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ КОЛІСНИХ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**3.1. Моделювання й дослідження показників рівня технічного стану
колісних транспортних засобів модульної побудови**

На основі аналізу та статистичного усереднення параметрів колісного транспортного засобу та розрахункових значень їх функціональних показників (див. табл. 2.1) визначено межі зміни відповідних показників рівня технічного стану колісного транспортного засобу, виконано нормування відповідних показників згідно з (2.6) і (2.7), сформовано табл. 3.1. На основі кваліметричної моделі рівня технічного стану визначено групові показники (перші строки таблиць на рис. 3.1) та побудовано відповідні

«павутини якості». В результаті проведених розрахунків показників якості колісних транспортних засобів встановлено наявність резервів для подальшого технічного удосконалення досліджених систем.

Результати впливу коригування періодичності ТО з урахуванням умов експлуатації колісних транспортних засобів ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. на прикладі тягача Volvo FH12 D12D420 представлені в табл. 3.2 і рис. 3.2 (додаток В).

Таблиця 3.1

Систематизація показників рівня технічного стану тягача Volvo FH12 D12D420 до коригування періодичності ТО

Властивість	Показник рівня технічного стану	Діапазон визначення	Значення для тягача	Нормоване значення показника за (2.19) і (2.20)
1	2	3	4	5
1. Економічність	1.1. Пробіг до ТО $L_{TO} = k \cdot L_a$	50...75 тис. км	66.22 тис. км	0.3264
2. Динамічність	2.1. Тягова сила на колесах $P_T = \frac{M_{e_{TO}} \cdot \mu_k \cdot \eta_{тпр}}{r_k}$	25...35 кН	29,7 кН	0.6171

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

1	2	3	4	5
2. Динамічність	2.2. ККД трансмісії $\eta_{тр} = 0,92 - 0,00012 \cdot L_a$	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 $p_{тр} = 1 - q_{тр}$	0,8...0,99	0,89	0,6206
	3.3. Імовірність безвідмовної роботи ходової частини $p_{х.ч.} = 1 - q_{х.ч.}$	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 $L_{ср1}$ $t_{в.тр} = q_{тр} \cdot T_{тр}$	16...23 год.	20 год.	0,3906
	4.3. Середня тривалість відновлення ходової частини при $L_{ср1}$ $t_{в.х.ч.} = q_{х.ч.} \cdot T_{х.ч.}$	10...18 год.	18 год.	0,1013
	4.4. Середня тривалість відновлення підвіски при $L_{ср1}$ $t_{в.п.} = q_{п.} \cdot T_{п.}$	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 таблиці 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

Рис. 3.1. «Павутина якості» за показниками $q_{1,j}$ (а) та матриця [Q] (б) для тягача Volvo FH12 D12D420 до коригування періодичності ТО

Таблиця 3.2

Систематизація показників рівня технічного стану тягача Volvo FH12 D12D420
після коригування періодичності ТО

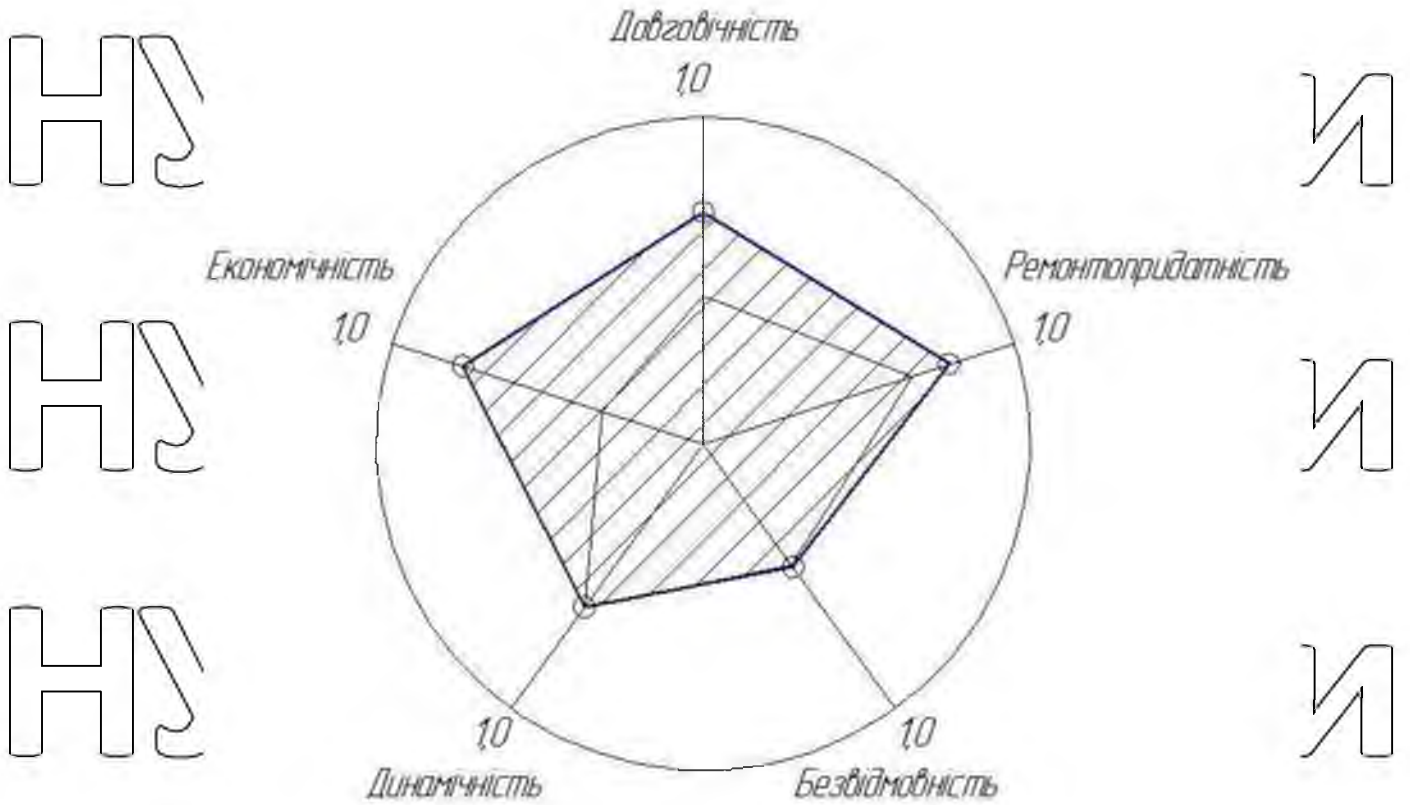
Властивість	Показник рівня технічного стану	Діапазон визначення	Значення для тягача	Нормоване значення показника за (2.19) і (2.20)
1	2	3	4	5
1. Економічність	1.1. Пробіг до ТО $L_{ТО} = k \cdot L_a$	50...75 тис. км	54,9 тис. км	0,7725
2. Динамічність	2.1. Тягова сила на колесах $P_T = \frac{M_{e0} \mu_k \eta_{mp}}{r_k}$	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 $p_{хч} = 1 - q_{хч}$	0,7...0,99	0,77	0,3794
4. Ремонтпридатність	4.1. Середня тривалість відновлення тягача (фактична)	20...48 год.	25 год.	0,7915
	4.2. Середня тривалість відновлення шасі при $L_{срі}$ $t_{в.тр} = q_{mp} \cdot T_{mp}$	16...23 год.	18,67 год.	0,5701

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
4. Ремонтпридатність	4.3. Середня тривалість відновлення ходової частини при $L_{срi}$ $t_{в.х.ч.} = q_{х.ч.} \cdot T_{х.ч.}$	10...18 год.	15,3 год.	0.3118
	4.4. Середня тривалість відновлення підвіски при $L_{срi}$ $t_{в.п.} = q_{п.} \cdot T_{п.}$	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 $L_{ср.шп} = \bar{L}_{шп} - 1,28 \cdot \sigma_{шп}$	60...1000 тис. км	266,76 тис. км	0.7446
	5.3. Середній ресурс ходової частини $L_{ср.х.ч.} = \bar{L}_{х.ч.} - 1,28 \cdot \sigma_{х.ч.}$	70...120 тис. км	85,212 тис. км	0.6517
	5.4. Середній ресурс підвіски $L_{ср.п.} = \bar{L}_{п.} - 1,28 \cdot \sigma_{п.}$	50...100 тис. км	63,816 тис. км	0.682
	5.5. Середній ресурс пневматичної шини $L_{ср.ш.} = \bar{L}_{ш.} - 1,28 \cdot \sigma_{ш.}$	180...216 тис. км	187,46 тис. км	0.759

НУБІП України

НУБІП України



а)

1. Економічність	2. Динамічність	3. Безвідмовність	4. Ремонтпридатність	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. 3.1. «Павутина якості» за показниками $q_{i,j}$ (а) та матриця [Q] (б) для тягача Valvo FH12 D12B420 до коригування періодичності ТО

3.2. Статистична обробка результатів дослідження ресурсу на прикладі колісних транспортних засобів Volvo і DAF

Статистичний аналіз фактичного ресурсу основних частин колісного транспортного засобу в умовах експлуатації здійснено на основі п. 2.6.

Аналіз експлуатації колісних транспортних засобів марок DAF і Volvo ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. (м. Одеса) в процесі перевезення вантажів по Україні показав досить низьку ефективність їх використання – позапланові простой колісних транспортних засобів 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 «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ., 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 колісних транспортних засобів.

Необхідно провести статистичний аналіз, що дозволить враховувати зміни експлуатаційних показників при експлуатації колісного транспортного засобу.

Забезпечення безпеки руху колісних транспортних засобів 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_1) 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. [81].

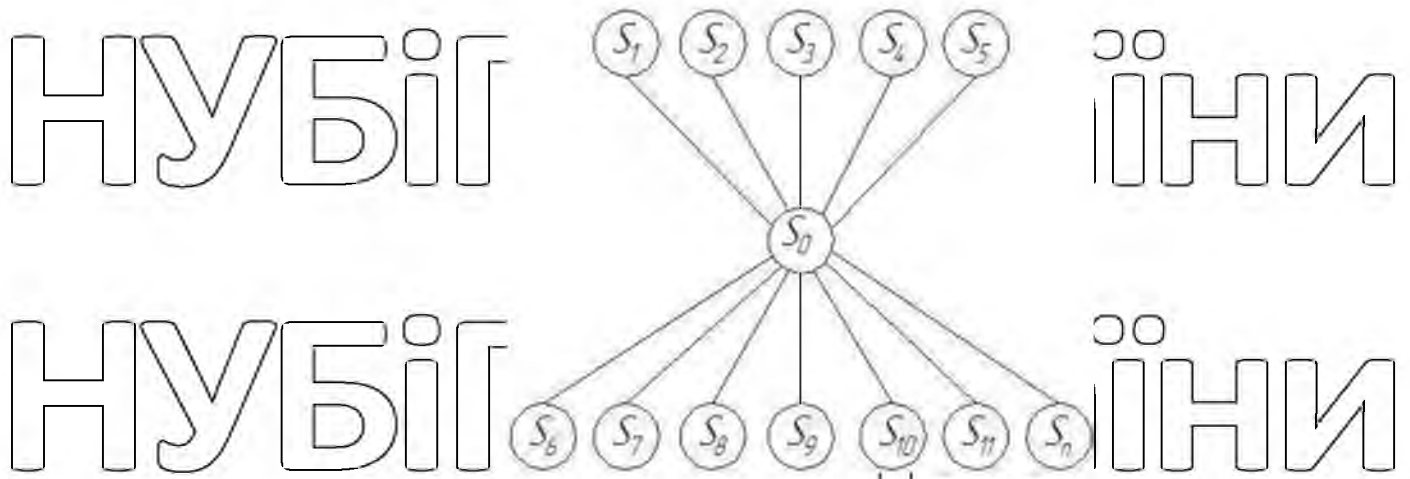


Рис. 3.3. Граф стану колісного транспортного засобу як складної системи, яка відновлюється

3.3. Дослідження фактичного ресурсу колісних транспортних засобів

На основі даних табл. 2.1 проаналізовано ресурс основних елементів колісних транспортних засобів (рис. 3.4, додаток Е), причину інтенсивності зміни ресурсу і виробити стратегію вирішення поставленого завдання.

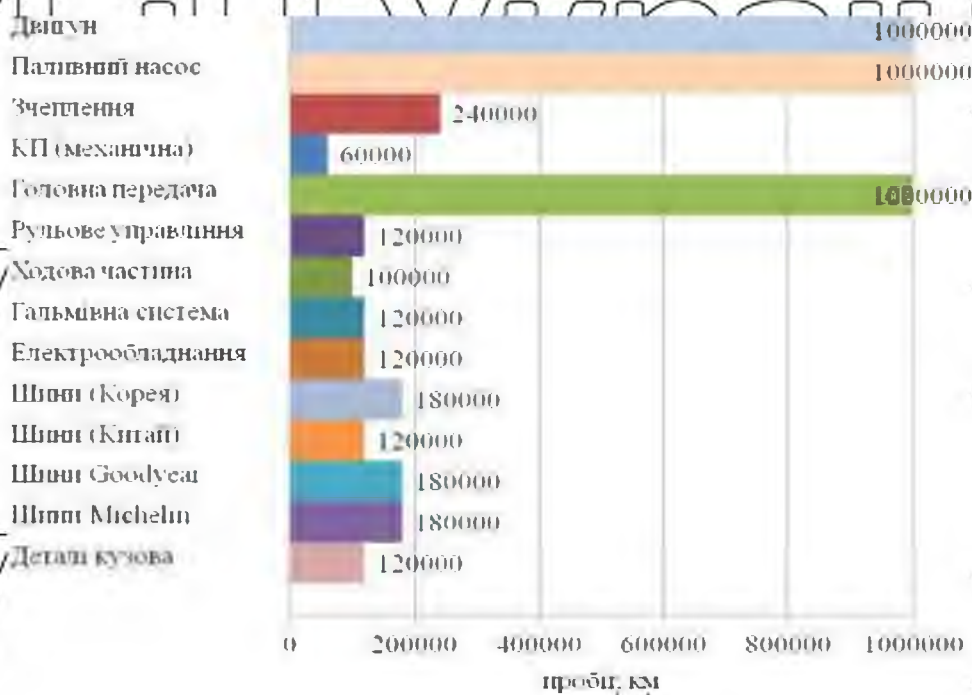


Рис. 3.4. Ресурс основних елементів колісних транспортних засобів

Згідно даних рис. 3.4, у колісних транспортних засобів найнижчим ресурсом володіє коробка передач (КП). Основна причина – підшипник вторинного валу і сателіти сонячної шестірні демультіплікатора (рис. 3.5). Вимагає постійної

уваги кардана передача (рис. 3.6), електрообладнання (рис. 3.7). Найслабше місце – електропроводка. Волога, хімічна реакція з боку зимових доріг призводять до того, що мідна жила окислюється до стану порошку і призводить до відмови.



а)



Рис. 3.5 Несправності КП: а – вала; б – шестерня



Рис. 3.6. Знос кріплення кордного валу



Рис. 3.7. Несправність електропроводки

У гальмівній системі недостатній ресурс спостерігається у колодок. Необхідно стежити, щоб всі колодки колісних транспортних засобів працювали рівномірно для рівномірного зносу. При використанні не рідних колодок гальмівні диски досить часто мають нерівномірний знос (рис. 3.8). Диски доводиться точити, а це істотно скорочує термін їх служби (рис. 3.9).



Рис. 3.8. Пошкодження гальмівних колодок



Рис. 3.9. Тріщина на гальмівному диску

Ходова частина колісного транспортного засобу є його невід'ємною

конструктивною частиною і постійно випробовує значні навантаження. Вона найбільш схильна до зносу в силу свого призначення: будучи одночасно опорною автомобіля, вона повинна і розподіляти динамічні навантаження і адаптуватися до рельєфу місцевості, і покриттю доріг. Ходова частина у колісних транспортних засобів досить проста і надійна. Її ресурс, як стверджують провідні фахівці ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ., 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 (рис. 3.10, рис. 3.11).

Від незадовільних дорожніх умов в країні виникають несправності рами тягача (рис. 3.12).



Рис. 3.10. Заклинювання підшипників маточини



Рис. 3.11. Руйнування листів ресори

НУБІП України

НУБІП України



а)



б)

Рис. 3.12. Рама.

а – пошкодження стійки; б – посилення рами

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 підвісі може спричинити за собою відмову більше важливих елементів колісного транспортного засобу і, як наслідок, відмова ходової в цілому. Тому необхідно регулярно проводити ТО колісних транспортних засобів і приділяти особливу увагу всім елементам ходової частини [32-35, 70]. Таким чином, своєчасні заходи щодо ТО (кожні 80-100 тис.

км) і ремонту несправностей дозволять збільшити термін служби колісного транспортного засобу, 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.

Комплексна діагностика колісних транспортних засобів – комп'ютерна діагностика електронних систем, автоматичних коробок передач ZF, гальмівних систем WABCO. Кноп, яка проводиться на спеціалізованому обладнанні – гальмівному стенді; стенді для перевірки бокового ковзання коліс; вібростенді для перевірки зазорів ходової частини; пристосування 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. (рис. 3.13).

Зазначене обладнання дозволяє визначити ресурс основних вузлів, агрегатів, систем колісного транспортного засобу. Так, ресурс зчеплення колісних транспортних засобів 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.



Рис. 3.13. Діагностування колісного транспортного засобу

Двигуни Passat 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. 3.14-3.15). Наприклад, масляні необхідно міняти через 45-70 тис. км пробігу, а паливні – після кожних пройдених 25-30 тис. км. Повітряний і вологовідділювальні фільтри міняти при черговому СО.

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 оливи в піддоні двигуна, система управління двигуном, система очищення випрацьованих газів, потужність двигуна, знос гальмівних колодок, стартер, датчик охолоджуючої рідини, генератор, трансмісійний гальмс, система управління КІ, пневматична підвіска).



а)



б)

Рис. 3.14. Несправності двигуна:

а – головка блоку циліндрів; б – поршень



а)



б)

Рис. 3.15. Несправності двигуна:

а – тріщина блоку циліндрів, б – масляний фільтр

На основі даних табл. 2.1 і рис. 3.4 побудовані гістограми імовірності появи

відмов основних елементів колісного транспортного засобу протягом 1,0 млн. км пробігу (рис. 3.16-3.17), надані статистичні характеристики появи несправностей і відмов основних систем колісних транспортних засобів (табл. 3.3-3.4). Результати обробки статистичних даних за допомогою електронної таблиці «Аналіз даних Microsoft Excel» зведені у додатку А.

Таблиця 3.3
Статистична характеристика появи несправностей і відмов колісних транспортних засобів Volvo

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 появи несправностей і відмов колісних транспортних засобів Volvo

Найменування системи, агрегату, вузла	Щільність розподілу
Шасі	$0.001789 \cdot \exp[-(t_i-423.5)^2/99477,49]$
Ходова частина	$0.041756 \cdot \exp[-(t_i-97,5)^2/182,65]$
Підвіска	$0.038773 \cdot \exp[-(t_i-76,9)^2/211,84]$
Пневматична шина Michelin 315/70 R22.5	$0.04801 \cdot \exp[-(t_i-197,7)^2/138,14]$

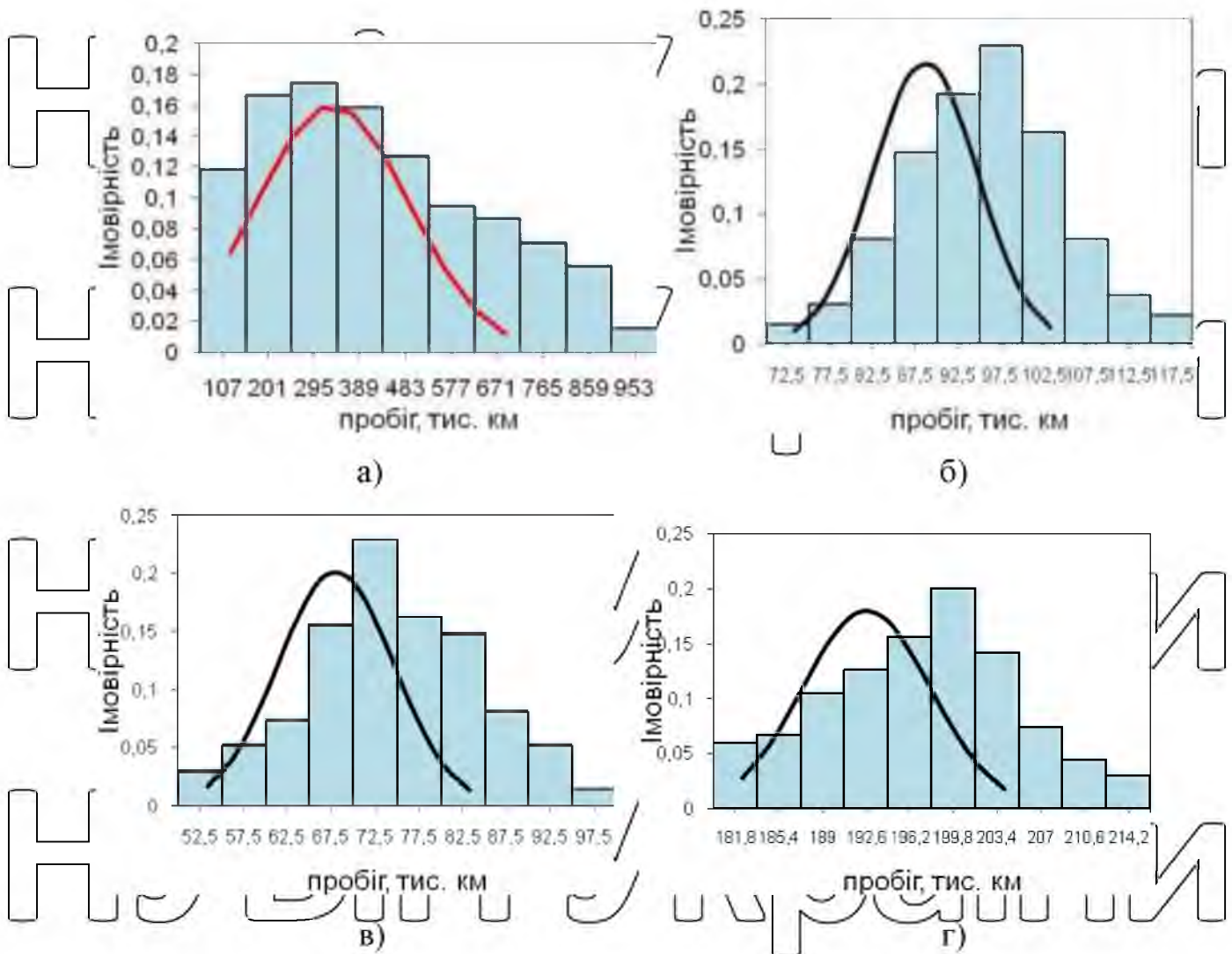


Рис. 3.16. Ресурс основних елементів колісних транспортних засобів Volvo: а –

шасі; б – ходової частини; в – підвіски;

г – пневматичної шини Michelin 315/70 R22.5

Найбільш часті відмови основних елементів колісних транспортних

засобів 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 колісних транспортних

засобів ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ показав, 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 вантажоперевізники, купуючи

автопоїзди з пробігом із ЄС, не враховують що вони були створені для країн з

м'яким кліматом, нормальними дорогами і якісним паливом.

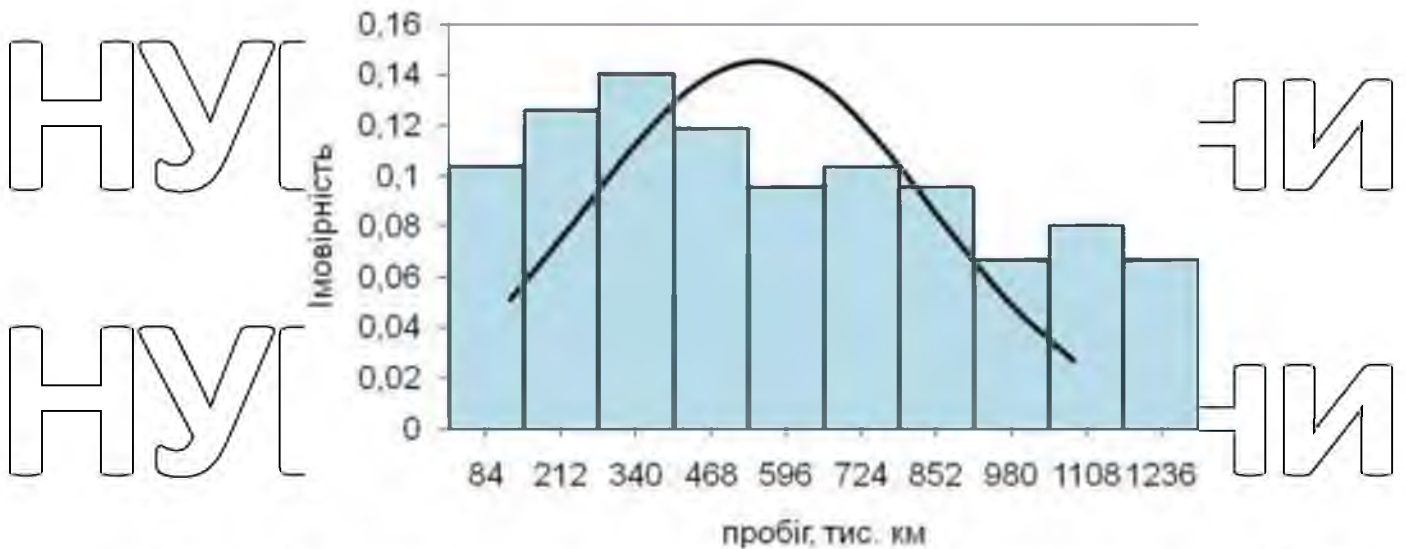


Рис. 3.17. Ресурс основних елементів колісних транспортних засобів DAF

Дані про загальний ресурс колісних транспортних засобів (рис. 3.18), що необхідні для удосконалення системи управління їх технічним станом на ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ..

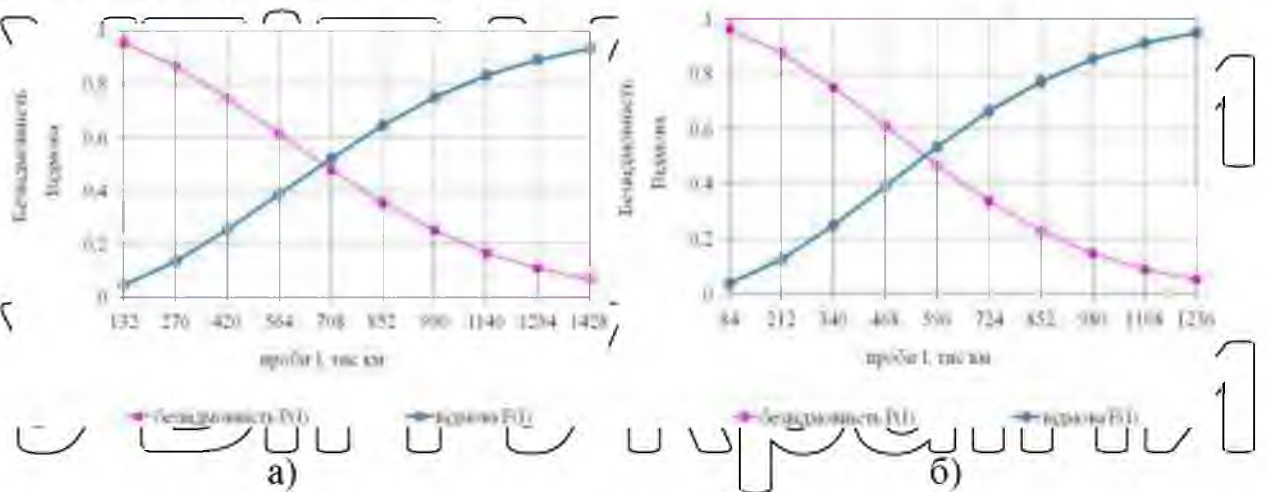


Рис. 3.18. Графічне зображення основних характеристик надійності колісних транспортних засобів: а – Volvo; б – DAF

Система управління технічним станом колісних транспортних засобів включає в себе такі основні компоненти, як об'єкт експлуатації, інформацію, програму та управління процесом. Для управління технічним станом колісних транспортних засобів у даний час використано ряд принципів. До них відносяться управління за ресурсом, за рівнем надійності й станом. Їх реалізація визначається рівнем технічного стану колісних транспортних засобів 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 колісних транспортних засобів за станом.

Тому ресурс основних елементів колісного транспортного засобу залежить від системи управління технічним станом, організації заходів щодо ТО, ремонту та комплексній діагностиці, своєчасності виконання всього обсягу робіт на АТП.

Таким чином, аналіз технічного стану основних елементів колісних транспортних засобів 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.

3.4. Експертний аналіз причин зміни технічного стану колісних транспортних засобів

На ресурс основних частин колісних транспортних засобів впливає значна кількість чинників (згідно за розділом 1). Ступінь їх впливу на зміну технічного стану основних частин неоднаковий. Виділення найбільш значимих чинників можливе за допомогою математично-статистичного методу (апріорного ранжування) експертних оцінок [91-93]. Такий підхід передбачає визначення рангу чинників за очікуваним ступенем їх впливу на ресурс основних частин автомобілів – кількісну характеристику мети експериментального дослідження. Загальна послідовність роботи включає такі етапи: відбір чинників, анкетування експертів, обробку результатів ранжування, складання висновків.

Під час експериментальних досліджень щодо ресурсу основних частин автомобілів на ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. визначено найбільш вагомні чинники, що на них впливають, які позначено через X_i : X_1 – періодичність ТО і ремонту; X_2 – умови експлуатації; X_3 – питомі витрати на експлуатацію; X_4 – дорожньо-кліматичні умови; X_5 – рівень кваліфікації водія; X_6 – якість конструкції автомобіля; X_7 – рівень кваліфікації ремонтних робітників і обладнання щодо

ТО та ремонту.

Експертами виступають інженерно-технічні працівники ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ.. На основі аналізу експертів розставлені ранги чинників (додаток Д).

Розраховано суму рангів за ознаками, відхилення d суми рангів від середньоарифметичної, квадрати відхилень d^2 , показники рівних рангів.

$$W = \frac{12}{m \cdot 12 \times (n^2 - n)} \times \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m r_{ji} - \frac{m \times (n+1)}{2} \right]^2 \quad (3.1)$$

де m – кількість експертів;

n – кількість порівнюваних чинників;

r – ранги.

На рис. 3.19 представлена діаграма рангів. Пунктирною лінією показана середня сума рангів. Значимими вважаються ті чинники, сума рангів яких не перевищує середню суму.

Таблиця 3.5

Результати рангового аналізу причин зміни технічного стану основних частин колісних транспортних засобів

Чинники	Позначення	Сума рангів	озподіл за рівнем значущості	Середнє	Стандартне відхилення
Періодичність ТО і ремонту	X_1	34	1	1,1333	0,3457
Умови експлуатації	X_2	53	2	1,7667	0,4302
Питомі витрати на експлуатацію	X_3	158	6	5,2667	0,9803
Дорожньо-кліматичні умови	X_4	139	5	4,6333	0,7649
Рівень кваліфікації водія	X_5	159	7	5,3	0,7497

Якість конструкції автомобіля	X_6	88	3	2,9333	0,3651
Рівень кваліфікації ремонтних робітників і обладнання щодо ТО та ремонту	X_7	117	4	3,9	1,4467
Середня сума рангів		107			

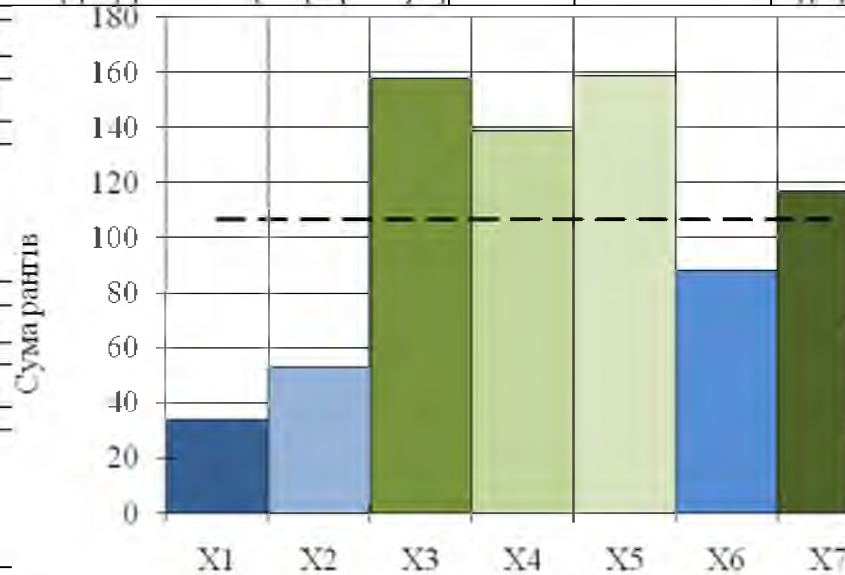


Рис. 3.19. Діаграма рангів при виборі основних чинників, що впливають на ресурс основних частин колісних транспортних засобів: X_1 – періодичність ТО і ремонту; X_2 – умови експлуатації; X_3 – питомі витрати на експлуатацію; X_4 – дорожньо-кліматичні умови; X_5 – рівень кваліфікації водія; X_6 – якість конструкції автомобіля; X_7 – рівень кваліфікації ремонтних робітників і обладнання щодо ТО та ремонту

Отже, найбільш значимими чинниками є:

- періодичність ТО і ремонту;
- умови експлуатації;
- якість конструкції автомобіля;
- рівень кваліфікації ремонтних робітників і обладнання щодо ТО та ремонту.

Для оцінки значущості коефіцієнта конкордації використовується критерій Пірсона [92, 93]:

$$\chi^2 = \frac{12}{m(n+1)} \times \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m - \frac{m(n+1)}{2} \right]^2 \quad (3.2)$$

Узгодження декількох поглядів, особливо у випадку їх великої кількості, природно, дозволяє отримати більш зважений результат. Його корисність

прямо пропорційна не тільки рівню кваліфікації експертів, але також їх

кількості в процесі розв'язання задачі об'єктивного ранжирування множини параметрів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 3.6
Технічна характеристика колісних транспортних засобів і еталонна сукупність показників якості

Основні параметри автопоїздів	Volvo FH12.420	DAF XF 95.430	Volvo FH12 D12D420	Scania P124LB4x2NA420	Еталон автопоїзда
1 група показників ефективності зразків автопоїздів					
Максимальна швидкість, км/год.	90	90	88	80	90
Потужність двигуна, кВт (лс)	420	428	420	420	428
Число обертів двигуна при M_{max} , xv^{-1}	1200	1900	1080	1300	1900
Повна маса тягача, кг	17 940	20000	15000	20000	20000
2 група показників прохідності автопоїздів					
Ширина шини, мм	305	315	315	315	315
Дорожній просвіт, мм	240	314	400	330	400
Крутильний момент (max), Н·м	2000	1950	2000	2000	2000
Кут підйому, що долає, %	30	30	30	30	30
3 група габаритно-вагових показників автопоїздів					
Довжина, мм	9300	7300	7355	8210	7300
Ширина, мм	2500	2500	2500	2490	2490
Висота, мм	2800	3000	2870	2800	2800
Повна вага автопоїзда, кг	38000	38000	38000	38000	38000
4 група показників експлуатаційних властивостей					
Витрата палива з вантажем, л/100км	36	32	30	40	30
Зовнішній габаритний радіус повороту, м	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Навантаження на передню вісь (max), т	7,1	7,5	7,1	7,5	7,1
База, мм	4800	3800	3700	4550	3700

Висновки за розділом 3

1. Запропоновано комплексний показник рівня технічного стану колісного транспортного засобу, встановлено напрямки покращення експлуатаційних показників на рівнях систем, підсистем, агрегатів. За результатами моделювання рівня технічного стану колісного транспортного засобу Volvo FH12 D12D420 визначено комплексний показник $U = 0,44$ та

встановлено можливість його покращання шляхом коригування періодичності ТО до $U=0,72$.

2. Результати системного моделювання підтвердили ефективність удосконаленого методу, що дозволило рекомендувати його для рішення задач порівняння за рівнем технічним станом аналогічних засобів транспорту при їх експлуатації.

3. Встановлено закони розподілу ресурсу основних частин колісних транспортних засобів: шасі (математичне очікування $M=423,5$ тис. км, середнє квадратичне відхилення $\sigma=223$ тис. км), ходова частина ($M=97,5$ тис. км, $\sigma=9,6$ тис. км), підвіска ($M=76,9$ тис. км, $\sigma=10,3$ тис. км), пневматична шина ($M=197,7$ тис. км, $\sigma=8,3$ тис. км) – нормальний закон розподілу. Встановлена щільність розподілу появи несправностей і відмов колісних транспортних засобів.

4. Проаналізовано основні експлуатаційні чинники, що впливають на ресурс колісних транспортних засобів. Визначено, що найбільш значимими є експлуатаційні чинники: періодичність ТО і ремонту, умови експлуатації, якість конструкції автомобіля, рівень кваліфікації ремонтних робітників і обладнання щодо проведення ТО та ремонту.

РОЗДІЛ 4

ОСНОВНІ ЗАХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

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

Своєчасне якісне ТО – запорука надійності й низьких експлуатаційних витрат при тривалій експлуатації автомобіля та колісного транспортного засобу. 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 [10-13].

Аналіз причин відмов проводиться з метою обґрунтованої розробки заходів щодо забезпечення працездатності колісного транспортного засобу.

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 [14-24].

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

- 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.

Алгоритм аналізу відмов колісних транспортних засобів 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 [125]. За допомогою цих діаграм проводиться порівняльний аналіз множини факторів, аналізується ступінь їх важливості і взаємозв'язку, визначається підхід до вирішення питання забезпечення надійності автомобіля [126-128].

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).



Рис. 4.1. Алгоритм аналізу відмов основних частин автомобіля

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. 4.2.

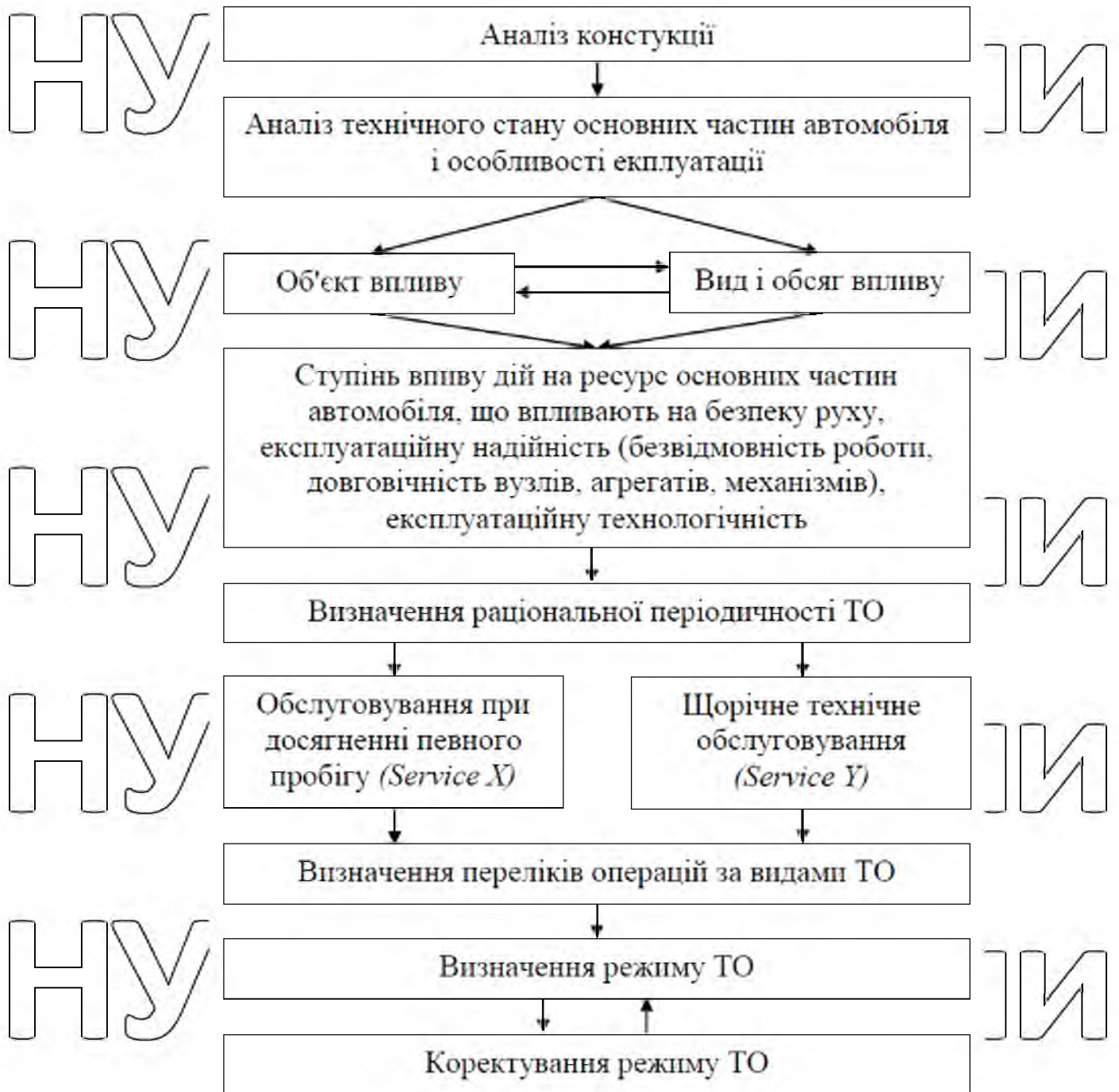


Рис. 4.2. Алгоритм розробки раціональних режимів ТО автомобільних поїздів

DAF, Volvo

Таким чином, основними завданнями при розробці раціональних режимів ТО і Р є:

- 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.

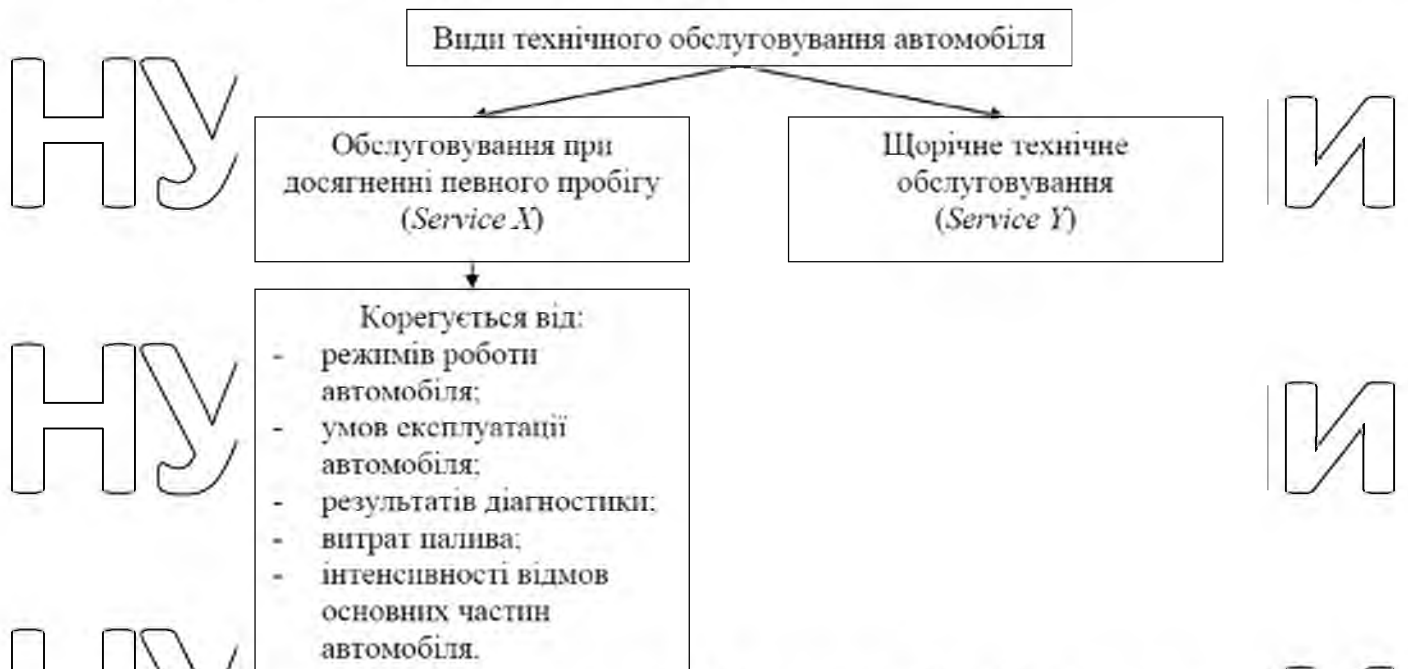


Рис. 4.4 Види ТО колісних транспортних засобів DAF і Volvo

4.2. Поліпшення показників ефективності технічної експлуатації

колісних транспортних засобів

Розроблені засоби системи управління ефективністю ТЕ колісних транспортних засобів дозволили поліпшити показники ефективності технічної експлуатації. Реалізація визначеної цільової функції (див. формулу 1.5), що

мінімізує витрати на одиницю продуктивності, оптимізована $\alpha_{TG} \rightarrow opt$ [129-136], за рахунок коригованих позитивних приростів складових коефіцієнта технічної готовності (КТГ), що забезпечила технічну ефективність.

$$\Delta\alpha_{TG}^{кор} = \Delta\alpha_{\delta}^{кор} + \Delta\alpha_{TB}^{кор} + \Delta\alpha_{ЗЧ}^{кор} + \Delta\alpha_p^{кор} \quad (4.1)$$

де $\Delta\alpha_{\delta}^{кор}$ - приріст КТГ за рахунок ефективного використання ресурсу основних частин колісних транспортних засобів з урахуванням постійного контролю за технічним станом в процесі діагностування;

$\Delta\alpha_{\text{ТР}}^{\text{кор}}$ – приріст КТГ за рахунок управління обсягами технічних впливів, враховуючи коригування періодичності ТО, що рекомендовані виробниками, за фактичним технічним станом;

$\Delta\alpha_{\text{ЗЧ}}^{\text{кор}}$ – приріст КТГ за рахунок управління запасними частинами шляхом прогнозування їх ресурсу;

$\Delta\alpha_{\text{Р}}^{\text{кор}}$ – приріст КТГ за рахунок управління ресурсом основних частин колісних транспортних засобів шляхом ефективної експлуатації.

Усе це призвело до збільшення КТГ $\alpha_{\text{ТР}}$. Оцінено якість технічного стану

колісних транспортних засобів:

$$\alpha_{\text{ТР}} = \left[f \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_i \times t_j \right) \right] \quad (4.2)$$

де A_i – кількість колісних транспортних засобів, що знаходяться в

непрацездатному стану й

знаходяться в i -му простоя, од.;

t_j – час простою j -го колісних транспортних засобів в i -му простоя, год.

Зменшення витрат досяглось за рахунок збільшення $\alpha_{\text{ТР}}$ (див. формулу

1.5). Витрати на експлуатацію колісних транспортних засобів від впроваджених

заходів виражені як:

$$\Delta S_{\text{Ш}}^{\text{кор}} = k_{11} \times \Delta S_1 + k_{12} \times \Delta S_2 + k_{13} \times \Delta S_3 + k_{14} \times \Delta S_4 \quad (4.3)$$

Коефіцієнти впливу незмінні. Вплив проведених досліджень на зменшення собівартості відбувся за всіма складовими собівартості:

- інформаційне забезпечення збільшилось за рахунок діагностики (ΔS_1), а

саме динаміки процесу зношування основних частин колісних транспортних засобів, уточненого визначення ресурсу основних частин з врахуванням експлуатаційних чинників;

- системна робота технічної служби за рахунок запропонованих

алгоритміч. ТО (ΔS_2);

засоби діагностики та контролю за технічним станом основних частин колісних транспортних засобів (ΔS_3), методикою обробки даних ресурсу основних частин колісних транспортних засобів,

- ефективно коригування режимів ТО (ΔS_4), які рекомендовані виробниками, за фактичним технічним станом, що дозволило управляти запасними частинами шляхом прогнозування їх ресурсу.

Дослідженнями фактичного ресурсу основних частин колісних транспортних засобів встановлено, що для ефективного ведення бізнесу необхідно скористатися графіком сервісного планування. Пропонується заздалегідь сформувати 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 вожен автомобільний поїзд, включаючи точні технічні характеристики з урахуванням специфіки експлуатації. З її допомогою визначаємо необхідний рівень сервісу і склали 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.

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 колісних транспортних засобів Volvo та DAF:

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.

Автопоїзди європейського виробництва експлуатуються в жорстких умовах України, використовують низьку якість дизельного палива. Для складання графіка сервісного планування на базі інформації, що отримана шляхом дослідження фактичного ресурсу основних частин колісних транспортних засобів, встановили, що раціональна періодичність ТО в залежності від умов експлуатації:

– Volvo по дорогам України Європа базове (*Service X*) – 50-55 тис. км, річне (*Service Y*) – 100-110 тис. км;

– DAF по дорогам України базове (*Service X*) – кожні 30-35 тис. км, річне (*Service Y*) – кожні 90-105 тис. км.

В Європі середньорічні пробіги колісних транспортних засобів з тягачами DAF складають 120-130 тис. км. Аналіз даних представництва «DAF Trucks N.V.» щодо експлуатації колісних транспортних засобів показав, що середньорічний їх пробіг на внутрішніх перевезеннях України становить 116 тис. км, а на міжнародних – 160 тис. км. Викликано це жорсткими термінами поставки. У нашій країні є сотні автомобіль-тягачів з пробігом без ремонту мільйон кілометрів і більше. Нічого дивного в цьому немає, оскільки двигуни Paccar XE розраховані на пробіг до 1,5 млн. км без капітального ремонту.

Міжсервісний інтервал для автомобіля-тягача DAF в Європі становить 50-75 тис. км. Але в жорстких умовах експлуатації й низької якості дизельного палива в нашій країні нами було рекомендовано ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ

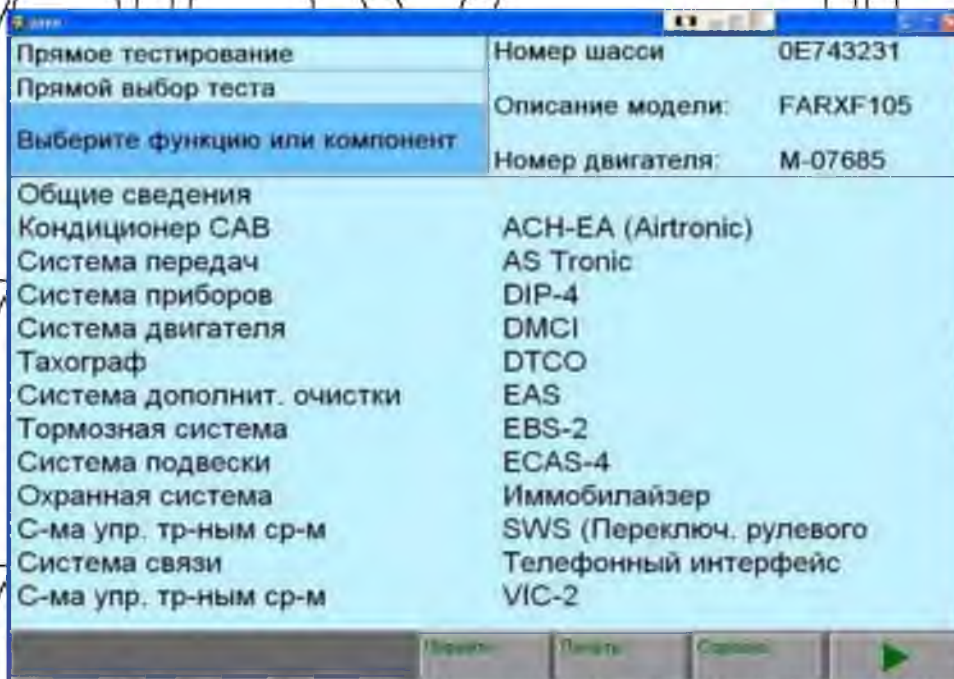
ОБЛ. зменшити цей термін до 30-35 тис. км. В першу чергу, це пов'язано з тим, що ходова частина не витримує тривалого впливу коливальних навантажень. Проблеми з передньою траверсою і шинними елементами виникають після двох років експлуатації або при пробігу 250 тис. км. Ресурс гальмівних дисків зменшується від 600 тис. км до 450 тис. км і обумовлений неналежною синхронізацією гальмівної системи тягача та напівпричепа. Ресурс елементів

ходової частин зменшується на третину. Пневматичні шини європейських виробників мають ресурс до 250 тис. км. При цьому важливо стежити за технічним станом ходової частини автомобіля та тиском у шинах.

При виконанні ТО виконувати весь об'єм робіт ЦО, крім цього, обов'язково проводити діагностику (рис. 4.5-4.7) і додатково виконувати роботи по агрегатам трансмісії.



а)



б)

Рис. 4.5. Програма для діагностування колісних транспортних засобів:

а – загальний вигляд, б – вибір системи для діагностування

Зцінка економічної ефективності від удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів

4.3. Економічний ефект від удосконалення системи Т₀ і Р колісних транспортних засобів на прикладі ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. передбачає зниження експлуатаційних витрат на одиницю виконаної транспортної роботи і збільшення прибутку. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи Volvo FH12 D12D420 здійснюється за наступною схемою. Загальна кількість колісних транспортних засобів Volvo FH12 D12D420 на ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. складає 25 одиниць.

По-перше, визначається загальний пробіг Volvo FH12 D12D420 за рік до (0) і після (1) збільшення коефіцієнту технічної готовності ТЗ:

$$L_{ЗАГ} = D_p \times T_H \times V_E \times \alpha_{ТГ} \times A_C, \text{ км} \quad (4.4)$$

де D_p – кількість днів роботи за рік, дні;

$\alpha_{ТГ}$ – коефіцієнт готовності;

T_H – тривалість знаходження в наряді, год.;

V_E – середня експлуатаційна швидкість, км/год.;

A_C – кількість ТЗ на маршруті, од.;

$$L_{ЗАГ0} = 365 \times 10 \times 61,5 \times 0,81 \times 25 = 4545619 \text{ км}$$

$$L_{ЗАГ1} = 365 \times 10 \times 61,5 \times 0,9 \times 25 = 5050688 \text{ км}$$

По-друге, визначаються автомобілі-години роботи Volvo FH12

D12D420 за формулою:

$$AГ_P = D_p \times A_C \times \alpha_{ТГ} \times T_H, \text{ г} \quad (4.5)$$

$$AГ_P0 = 365 \cdot 25 \cdot 0,81 \cdot 10 = 73913 \text{ г.}$$

$$AГ_P1 = 365 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 10 = 82125 \text{ г.}$$

Все вище розраховане дає можливість скласти зведену таблицю 4.1 техніко-експлуатаційних показників роботи до і після збільшення коефіцієнту технічної готовності колісних транспортних засобів.

Таблиця 4.1

Показники, що характеризують роботу колісних транспортних засобів Volvo

EH12 D12D420

Показники	Умовні позначення	Значення показника		Зміна показника на %
		до збільшення коефіцієнту технічної готовності (0)	після збільшення коефіцієнту технічної готовності (1)	
1. Річний обсяг перевезень, т	Q	145876	151824	4,08%
2. Річний вантажообіг, т-км	W	36469	37956	4,08%
2. Загальний пробіг колісних транспортних засобів за рік, км	Lзаг	4545619	5050688	11,11%
3. Години роботи колісних транспортних засобів, г	АГр	73913	82125	11,11%

З таблиці 4.1 видно, що в результаті удосконалення системи ТО і Р колісних транспортних засобів відбулися наступні зміни техніко-експлуатаційних показників: загальний пробіг за рік колісних транспортних засобів збільшився на 505 тис. км; автомобіле-години роботи збільшились на 8212 г.; річний обсяг перевезень збільшився на 5,9 тис. т; вантажообіг збільшився на 1487 тис. т-км.

Розрахунок очікуваного економічного ефекту припускає визначення відхилення основних результативних показників роботи. У зв'язку з проектним рішенням змінюється потреба і розмір експлуатаційних витрат, до яких відносяться: загальні витрати на паливо; витрати на мастильні і експлуатаційні матеріали; витрати на відновлення зносу і ремонту автомобільних шин; витрати на ТО і РВ ТЗ.

Досвід роботи вітчизняних АТП, експлуатуючих сучасний автопізд показує, що сервісне ТО по регламенту доцільно проводити на спеціалізованих станціях. Крім цього, однією з умов фірм-постачальників автомобільної техніки є забезпечення фірмового ТО на вказаних постачальником станціях. Тільки дотримуючись цієї умови, а також правил користування технікою, постачальник дає гарантії технічного стану ТЗ.

Зведена таблиця експлуатаційних витрат на перевезення вантажів до і після удосконалення системи ТО і Р Volvo FH12 D12D420

№ з/п	Найменування експлуатаційних витрат	Умовні позначення	Значення показника		Величина економії (-), перевитрат (+)	Зміна показника на %
			До збільшення коефіцієнту технічної готовності (0)	Після збільшення коефіцієнту технічної готовності (1)		
1	Витрати на паливо (вартість 27 грн/л), тис. грн.	ЗПАЛ	30659,696	32246,112	+1586,416	5,17
2	Витрати на моторну оливу (вартість 150 грн/л), тис. грн.	ЗМ. М	5817,750	6118,650	+300,9	5,17
3	Витрати на трансмісійну оливу (вартість 30 грн/л), тис. грн.	наЗТ. М	320,79	337,35	+16,56	5,16
4	Витрати на консистентну змазку (вартість 260 грн/л), тис. грн.	ЗК. М	2366,52	2488,98	+122,46	5,17
5	Витрати на керосин (вартість 23 грн/л), тис. грн.	ЗКЕР	169,671	178,457	+8,786	5,18
6	Витрати на обтиральні матеріали, (вартість 6,5 грн/кг) тис. грн.	ЗО. М	6,825	6,825	-	-
7	Витрати на додаткові експлуатаційні матеріали, тис. грн.	ЗЕКС	4,25	4,25	-	-
8	Витрати на відновлення зносу і ремонт шин, тис. грн.	ЗШ	981,853	1090,948	+109,095	1,11
9	Витрати на матеріали і запасні частини, тис. грн.	ЗМАТ, ЗЧ	1345,958	1054,078	-291,880	21,69
10	Витрати на ТО і Р колісного	ЗТО, ТР	5449,392	1034,212	-4415,18	81,02
	Сума, тис. грн.	См	47122,705	44559,862	-2562,843	5,44

Сума амортизаційних відрахувань після удосконалення системи ТО і Р

складає:

$$A_1 = 2812500 + 23162 + 121595 = 2957257 \text{ грн.}$$

Розраховуючи собівартість, розмір інших витрат приймаємо на рівні 50%

від прямих витрат. На підставі розрахунків виконаних вище, усі витрати згруповані за економічними елементами. Результати групування витрат до і після впровадження проектних рішень представляються у вигляді таблиці (таблиця 4.4).

За показниками в табл. 4.4 можна визначити загальний рівень економії витрат на перевезення, який визначається за формулою:

$$PAZ = C_{ЗАГ} - C_{ЗАТО}, \text{ грн.};$$

$$PAZ = 81136,171 - 83690,955 = -2554,784; \text{ тис.грн.}$$

Таблиця 4.4

Калькуляція собівартості перевезень до і після удосконалення системи ТО і Р колісних транспортних засобів Volvo FH12 D12D420, тис. грн.

Елементи витрат	Умовні позначення	Сума витрат, грн.		Рівень економії (+/-)
		до удосконалення системи ТО і ремонту (0)	після удосконалення системи ТО і ремонту (1)	
1. Матеріальні витрати	См	47123,705	44559,862	-2562,843
2. Фонд заробітної плати	ФЗПзаг	4140,181	4780,845	+640,664
3. Відрахування на соціальні заходи	Всс	1552,567	1792,817	+240,25
4. Амортизаційні відрахування	А	2978,518	2957,257	-21,261
5. Інші витрати	ІВ	27896,985	27045,39	-851,595
Разом	Сзаг	83690,955	81136,171	-2554,784

Таблиця 4.5

Аналіз фінансових результатів проекту удосконалення системи ТО і Р Volvo

FH12 D12D420

Показники	До удосконалення ТО і Р (0), тис. грн.	Після удосконалення системи ТО і Р (1), тис. грн.	Розмір зміни грошового потоку (+/-), тис. грн.	Зміна показника на %
1. Валова виручка	105760,1	109313,28	+3553,18	3,36
2. Податок на додану вартість (ПДВ)	20882,829	21651,84	+769,011	3,68
3. Валові витрати на експлуатацію колісних транспортних засобів (без	83421,764	80925,355	-2496,409	-2,99
4. Балансовий прибуток	1455,507	6736,085	+5280,58	362,8
5. Платежі у бюджет по податку на прибуток	436,652	2020,826	+1584,17	362,8
6. Чистий прибуток	1018,855	4715,259	+3696,4	362,8

Таким чином, удосконалення ТО і Р колісних транспортних засобів Volvo FH12 D12D420 на ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. дозволило отримати додатково чистий прибуток у розмірі 3696,404 тис. грн. з одночасним зниженням тарифу на 0,7%. Незважаючи на збільшення загального річного пробігу і обсягів транспортної роботи, підприємство отримало економію по двом елементам експлуатаційних витрат: матеріальні витрати зменшилися внаслідок зменшення витрат та ТО і Р колісних транспортних засобів і річна економія складає 2562,843 тис. грн., річна економія по амортизаційним відрахуванням складає 21,261 тис. грн., що пов'язано зі зменшенням витрат на запасні частини на 21,2%. В цілому проектне рішення дозволило зменшити собівартість одиниці транспортної роботи 1% або на 0,02 грн/т-км.

Висновки до розділу 4

1. Удосконалено систему ТО основних частин автомобільних поїздів Volvo, DAF за їх фактичним технічним станом, що дозволило підвищити рівень їх безпеки руху. Розроблено алгоритм розробки раціональних режимів ТО автомобілів, що за статистичними даними обґрунтованої вибірки дозволило планувати питомі витрати на їх експлуатацію, норми витрат запасних частин і собівартість транспортних перевезень.

2. Встановлено, що раціональна періодичність ТО в залежності від умов

експлуатації: колісних транспортних засобів Volvo по дорогам Україна-Європа базове (*Service X*) – 50-55 тис. км, річне (*Service Y*) – 100-110 тис. км, колісних транспортних засобів DAF по дорогам України базове (*Service X*) – кожні 30-35 тис. км, річне (*Service Y*) – 90- 105 тис. км. Використання розробок дозволило підвищити імовірність прогнозування несправностей основних частин колісних транспортних засобів на 10%.

3. Удосконалення ТО і Р Volvo FH12 D12D430 на ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. дозволило отримати додатково чистий прибуток у розмірі 3696,404 тис.

грн. з одночасним зниженням тарифу на 0,7%. ТОВ «Ярило» Волинської області

отримало економію по двом елементам експлуатаційних витрат: матеріальні витрати зменшилися внаслідок зменшення витрат та ТО і Р колісних транспортних засобів і річна економія складає 2562,843 тис. грн.; річна економія по амортизаційним відрахуванням складає 21,261 тис. грн., що пов'язано зі зменшенням витрат на запасні частини на 21,2%. В цілому проектне рішення дозволило зменшити собівартість одиниці транспортної роботи на 1% або на 0,02 грн./т-км. Очікуване збільшення прибутку від коригування режимів ТО колісних транспортних засобів становило $0,02 \cdot (37956000 - 36469000) = 29740$ грн.

Зменшення загальної собівартості на 3% обумовило можливість зменшення тарифу на 0,7%. За розрахованим тарифом чистий прибуток від коригування режимів ТО на ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. склав 4715,259 тис. грн.

Зменшення загальної собівартості на 3% обумовило можливість зменшення тарифу на 0,7%. За розрахованим тарифом чистий прибуток від коригування режимів ТО на ТОВ «Ярило» ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. склав 4715,259 тис. грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу літературних джерел щодо експлуатації колісних транспортних засобів іноземного виробництва встановлено, що їх фактичний ресурс суттєво відрізняється від нормативного, який рекомендовано виробником, оскільки він у значній мірі залежить від умов експлуатації при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів.

2. Запропоновано метод оцінки рівня технічного стану колісних транспортних засобів при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів шляхом систематизації множини їх експлуатаційних показників, які впливають на зміну технічного стану і виконано оцінку впливу експлуатаційних показників колісних транспортних засобів 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.

3. Визначено, що найбільш значимими чинниками, що впливають на ресурс колісних транспортних засобів, є експлуатаційні чинники: періодичність ТО і Р, умови експлуатації, якість конструкції ТЗ, рівень кваліфікації ремонтних робітників і обладнання щодо проведення ТО і Р. Отримана об'єктивна оцінка інтегральної характеристики колісних транспортних засобів Volvo FH12, DAF XF 95, Scania B124LB4x2NA420 з урахуванням зміни експлуатаційних чинників. Встановлено, що кращим для умов експлуатації є автопоїзд Volvo FH12D12D420 ($E = 1,312$).

4. Удосконалено систему ТО основних частин автомобільних поїздів Volvo, DAF за їх фактичним технічним станом, що дозволило підвищити рівень безпеки руху. Встановлено, що раціональна періодичність ТО в залежності від умов експлуатації: колісних транспортних засобів Volvo по дорогам Україна-Європа базове (*Service X*) – 50-55 тис. км, річне (*Service Y*) – 400-110 тис. км; колісних транспортних засобів DAF по дорогам України базове (*Service X*) – кожні 30-35 тис. км, річне (*Service Y*) – 90-105 тис. км. Використання розробок

дозволило підвищити імовірність прогнозування несправностей основних частин колісних транспортних засобів на 10% при перевезенні габаритних неподільних сільськогосподарських вантажів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Mousazadeh, H. A technical review on navigation systems of agricultural autonomous off-road vehicles. *Journal of Terramechanics*. 2013. Vol. 50(3). P. 211-232.

2. Fazekas, T., Bobera, D., Čirić, Z. Ecologically and economically sustainable agricultural transportation based on advanced information technologies. *Economics of agriculture*. 2017. 64(2). P. 739-751.

3. Gollin, D., Rogerson, R. Productivity, transport costs and subsistence agriculture. *Journal of Development Economics*. 2014. №107. 38-48.

4. Patel, K. K., Schot, J. Twisted paths to European integration: comparing agriculture and transport policies in a transnational perspective. *Contemporary European History*. 2011. 20(4). P. 383-403.

5. Galiev, I., Khafizov, C., Adigamov, N., Khusainov, R. Increase of efficiency of tractors use in agricultural production. 17th International Scientific Conference "Engineering for Rural Development". Proceedings. May 23-25, 2018, Jelgava, Latvia Univ. of Life Sciences and Technologies. 2018. Vol. 17. P 23-25.

6. Sroka, Z. J. Some aspects of thermal load and operating indexes after downsizing for internal combustion engine. *Journal of thermal analysis and calorimetry*. 2012. № 110(1). P. 51-58.

7. Mihov, M. Optimization of the frequency of the technical service of machines with reliance of reliability. *Mechanization in agriculture Conserving of the resources*. 2018. Vol. 64(6). P. 200-202.

8. Kurochkin, V. N., Nikitchenko, S. L., Nesmiyan, A. Y., Nazarenk, S. A. Reliability of technological systems: structure and modeling. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Production 27-28 August 2020, Rostov Region. 2021. Vol. 659, No. 1. P. 012-009.

9. Kazakov, D. V., Kuzmenko, I. P., Moskvitin, A. A., Abelyan, A. S. Development and testing of hardware-software complex for diagnostics of freight vehicles energy parameters. The 9th International Conference on Engineering and

Technology, Materials Science and Engineering. May 27th, 2021, Thailand. Prince of Songkla University (PSU). 2020. Vol. 873. No 1. P 012-027

10. Фуад А. Н. Обоснование и реализация методов автоматизированного диагностирования бензиновых двигателей на основе анализа параметров в их системах: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / Харьковский нац. техн. университет "ХПИ" Харьков, 2003. 190с.

11. Арцибашева Н.Н. Исследование влияния основных легирующих элементов в конструкционных хромо-никелевых сталях на изменение в кинетике и механизмах структурообразования никотрированных покрытий / Арцибашева

Н.Н., Беленкая О.В., Григорова Т.М., Лысий А.В. // Вісник Одеської Державної академії будівництва та архітектури. – Одеса : ОДАБА, 2013. – Вип. 52. – С. 11-14.

12. Петров Л.М. Спосіб рівномірного розподілення ваги між колісними рушійми / Петров Л.М., Лисий О.В. // Праці Одеського політехнічного університету [«Науковий та науково-виробничий збірник»]. – Одеса : ОНПУ, 2014. – Вип. 2 (44). – С. 54-58.

13. Петров Л.М. Фізико-математична модель автомобільного транспортного засобу розділеної ваги з поєднуючим енергетичним елементом / Петров Л.М., Борисенко Т.М., Лисий О.В. // Праці Одеського політехнічного університету [«Науковий та науково-виробничий збірник»]. – Одеса : ОНПУ, 2015. – Вип. 3 (47). – С. 35-40. Режим доступу: <http://pratsi.opu.ua/articles/all/year:2015/release:34>

14. Сахно В.П. До багатфакторної моделі порівняння експлуатаційних показників колісних транспортних засобів / Сахно В.П., Сахно 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

15. 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. – Вип. 158. – С. 144-149.

– Режим доступу: http://khntusg.com.ua/files/sbornik/vestnik_158/25.pdf

16. Пат. №96881 Україна. МПК (2015.01) E01C 13/00, E01C 20/00, B60T 1/00, B60T 7/00, B60T 8/52 (2006.01). Магнетардер / Боряк К.Ф., Беліков В.Т., Возний В.І., Ленков С.В., Лисий О.В., Мартиненко С.П.; заявник і патентоотримувач Боряк К.Ф., Беліков В.Т. № u 2014 08833, заявл. 06.10.2014,

опубл. 25.02.2015, Бюл. №4.

17. Лисий О.В. Технологія ремонту автомобілів КраЗ-6322, КраЗ-6321, КраЗ-6446 [навчальний посібник] / Лисий О.В., Меленчук В.М., Березенський Р.В. [та ін.]. – Одеса: Військова академія, 2014. – 206 с.

18. Репин С.В. Методология совершенствования системы технической эксплуатации строительных машин: дисс. ... доктора техн. наук : 05.05.04

19. «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» / Репин Сергей Васильевич // Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2008. – 450 с.

20. Столбов В.В. Анализ состояния рынка и технического сервиса импортной техники в дорожно-строительной отрасли / В.В. Столбов, С.Е. Максимов, Д.А. Скороходов [Электронный ресурс] // Каталог-справочник «Дорожная техника». – 2005. – Режим доступа: <http://www.prostoev.net>

21. Аскарходжаков Т.И. Особенности издержек владения и эксплуатации транспортных средств в дорожно-строительной отрасли / Т.И. Аскарходжаков, Л.А. Вильданова // Строительные и дорожные машины. – 2001. – №3. – С. 40-41.

22. Баловнев В.И. Оптимальное использование техники – важный резерв интенсификации строительства / Баловнев В.И. // Механизация строительства – 2004. – №1. – С. 2-4.

23. Воронкин И.И. Оптимизация потребности средств на обновление основных производственных фондов / Воронкин И.И. // Механизация

строительства. – 2003. – № 4. – С. 2-4.

24. Пучин Е.А. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве / Пучин Е.А. // Сб. научных трудов Моск. гос. агроинженер. ун-та [«Диагностика, надежность и ремонт машин»], [Под ред. Е.А. Пучина]. – М.: МГАУ, 2001. – С. 109-114.

25. Flinn R. Decision Free Analysis for Industrial Research / Flinn R. // Research Management – 2000. – № 1.

26. Verbitskii V.G. Influence of the asymmetry of cornering forces on the static stability of two-axle vehicle / V.G. Verbitskii, V.A. Makarov, V.P. Sakhno // International Applied Mechanics. – 2004. No. 11. – P. 1304-1309.

27. Weinhold H.W. Der Reifen zwischen Fahrzeug und Fahrbahn/ H.W. Weinhold // Kraftfahrzeugtechnik. – 1970. – № 12. – S. 363-366.

28. Willmerding G. Untersuchungen zur Alterung von PKW – Gürtelreifen /G. Willmerding, T. Ziegler // ATZ. – 2000 – № 4. – S. 272-278.

29. Zeranski P. Das Reifenmoment / P. Zeranski // Kraftfahrzeugtechnik. – 1973. – № 7. – S. 211-215.

30. Смирнов Н.Н. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию / Н.Н. Смирнов, А.А. Ицкович. – М. : Транспорт, 1980. – 232 с.

31. Воробьев В.Г. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: Учебник для вузов / В.Г. Воробьев, В.Д. Константинов, В.Г. Денисович; [Под ред. В.Г. Воробьева] – М. : Транспорт, 1990. – 296 с.

32. Максименко А.Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин [Учеб. Пособие] / Максименко А.Н. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.

33. 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.

34. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) [текст] // Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко – Харьков : ХНАДУ, 1999. – 457 с.

35. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Кузнецов Е.С. – М. : Транспорт, 1990. – 272 с.

36. Техническая эксплуатация автомобилей [Под ред. Т.Е. Крамаренко]. – М. : Транспорт, 1983. – 488 с.

37. Аринин И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей. Управление технической готовностью подвижного состава / Аринин И.Н., Коновалов С.И., Баженов Ю.В. и др. – Владимир, 1998. – 219 с.

38. Варфоломеев В.Н. Научные основы построения и реализации технологии поддержания автомобилей в работоспособном состоянии на базе диагностической информации: дисс. ... доктора техн. наук : 05.22.10 / Варфоломеев В.Н. // ХГАДТУ. – Харьков, 1994. – 362 с.

39. Ding X.J. Real-Time Simulations for Design of Active Safety Systems for Multi-Trailer Articulated Heavy Vehicles / X.J. Ding, Y.P. He // Applied Mechanics and Materials, Jul. 2012. – Vols. 190-191. – P. 865-869.

40. 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.

41. Токарев А.П. Управление техническим состоянием автомобилей с использованием ЭВМ / А.П. Токарев. – Барнаул : Алтайский политехнический институт, 1989. – 73 с.

42. Wei C.Y. Tractor-Semitrailer Stability Integrated Control Based on TruckSim-Simulink Co-Simulation / C.Y. Wei, Z.Y. Long, L. Xie, M.Y. Xie // Advanced Materials Research, Jun. 2014. – Vols. 945-949. – P. 1539-1542.

43. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей в США / Кузнецов Е.С. – М. : Транспорт, 1992. – 352 с.

44. Кузнецов Е.С. Управление эксплуатационной надежностью и прогнозирование нормативов технического обслуживания и ремонта автомобилей / Кузнецов Е.С. – М. : «Знание», 1972. – 262 с.

45. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх

транспортних засобів автомобільного транспорту. – К. : Міністерство транспорту України. 1998. – 16 с.

46. Zhao W. Kinematics of Trailer Axle Steering Mechanism/ W. Zhao, J. Xiong, Y.Q. Zhao, Y. Song // Applied Mechanics and Materials, Nov. 2014. – Vols. 687-691. – pp. 451-454.

47. Калетнік П. М., Войтюк В. Д., Бондар С. М., Скорук О. П. Управління інженерною діяльністю виробничих і сервісних підприємств АПК. К.: Изд-во: Хай-Тек Прес. 2010. 448 с.

48. Крикунов, Д. В. Математические модели для эксплуатационного мониторинга температурного состояния деталей ГТД в системах учета выработки ресурса: дис... канд. техн. наук: 05.14.06 / Национальный аэрокосмический ун-т им. Н.Е.Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". Харьков. 2003. 171 с.

49. Варбанец, Р. А. Диагностический контроль рабочего процесса судовых дизелей в эксплуатации: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Одес. нац. мор. ун-т. Одеса, 2010. - 392 с.

50. Кириченко Г. І. Методологія підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту шляхом вдосконалення науково-обґрунтованої стратегії управління технологічними процесами: дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / Держ. ун-т інфрастр. та техн. Київ. 2021. 346с.

51. Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Беляев Э.И. Повышение коэффициента технической готовности парка автомобильной техники средствами интеллектуализации транспортной системы. Фундаментальные исследования. 2013. № 10-2. С. 282-287.

52. Антонюк О. П. Покращення процесу забезпечення запасними частинами рухомого складу автотранспортного підприємства: дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / Вінниц. нац. техн. ун-т. Вінниця. 2021. 174 с.

53. Гасвський В. В. Удосконалення технічної експлуатації систем мікропроцесорної централізації на основі оперативної ідентифікації та локалізації порушень: дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / Укр. держ. ун-т

залізн. трансп. Харків, 2021. 359 с.

54. Sawicki, P., Żak, J. Technical diagnostic of a fleet of vehicles using rough set theory. *European Journal of Operational Research*. 2009. Vol. 193(3). P. 891- 903.

55. Курніков С. І. Підвищення ефективності використання виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту: дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / Нац. трансп. ун-т. Київ, 2020. 174 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України