

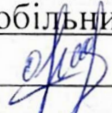
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

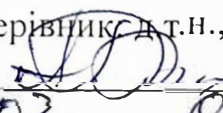
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

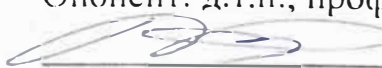
на тему:

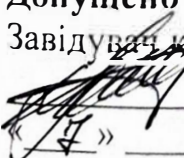
«Підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів
категорії N в умовах дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з
обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця»

Виконав: студент 2 курсу,
групи ІАТ-22мз, спеціальності 274
Автомобільний транспорт,
Освітньо-професійна програма –
Автомобільний транспорт

 Орлюк В.В.

Керівник д.т.н., проф. каф. АТМ
 Кашканов А.А.
«03» 06 2024 р.

Опонент: д.т.н., проф., зав. каф. ТАМ
 Козлов Л.Г.
«07» 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри АТМ
 к.т.н., доц. Цимбал С.В.
«14» 06 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 27 – Транспорт
Спеціальність – 274 – Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

«12» 03 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Орлюку Володимиру Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця,

керівник роботи Кашканов Андрій Альбертович, д.т.н., професор,
затверджені наказом ВНТУ від «11» березня 2024 року № 81.

2. Строк подання студентом роботи: 03.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі обслуговувані в ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс»; об'єкт дослідження – процеси забезпечення експлуатаційної надійності АТЗ в системі «водій-автомобіль-дорога-середовище»; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст текстової частини:

1 Науково-технічне обґрунтування розробок з підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця.

2 Теоретичні засади формування заходів з покращення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N.



3 Методика та практика покращення надійності автотранспортних засобів категорії n в умовах експлуатації.

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

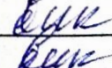
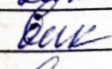
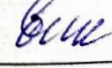

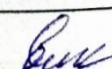
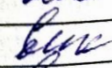
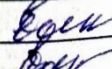
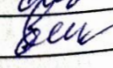


- 1-3 Тема, мета та завдання дослідження.
- 4 Основні показники надійності.
- 5 Забезпечення надійності АТЗ в процесі експлуатації.
- 6 Загальна характеристика дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця.
- 7 Процеси технічного обслуговування та ремонту рухомого складу.
- 8 Методика визначення показників надійності АТЗ.
- 9 Оцінка надійності АТЗ з використанням ланцюгів Маркова.
- 10 Порівняльна оцінка рівня пристосованості до ТО й ПР базових АТЗ DAF, SCANIA і MAN категорії N.
- 11 Алгоритм аналізу відмов основних частин АТЗ.
- 12 Алгоритм оптимізації режимів ТО АТЗ категорії N в умовах ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця.
- 13 Перелік робіт ТО при Service X і Service Y АТЗ.
- 14 Основні наукові і практичні результати, викладені в роботі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кашканов А.А., професор кафедри АТМ	 12.03.24	 29.04.24
Визначення ефективності запропонованих рішень	Макарова Т.В., доцент кафедри АТМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Поліщук О.В., доцент кафедри БЖДПБ		

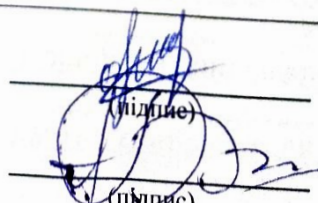
7. Дата видачі завдання « 12 » березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	12.03-12.04.2024	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	12.03-12.04.2024	
3	Обґрунтування методів досліджень	12.03-12.04.2024	
4	Розв'язання поставлених задач	15.04-29.04.2024	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	30.04-14.05.2024	
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	15.05-30.05.2024	
7	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	15.05-30.05.2024	
8	Нормоконтроль МКР	31.05-03.06.2024	
9	Попередній захист МКР	04.06-05.06.2024	
10	Рецензування МКР	06.06-10.06.2024	
11	Захист МКР	11.06.2024	

Студент

Керівник роботи


(підпис)

Орлюк В.В.

Кашканов А.А.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.016

Орлюк В.В. Підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – автомобільний транспорт, освітня програма – автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2024. 103 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 40 назв; рис.: 26; табл.: 15.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено заходи з підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця. Зокрема на основі аналізу аспектів забезпечення надійності автотранспортних засобів обґрунтовано розробки з покращення роботи рухомого складу в умовах підприємства; досліджено методичні підходи щодо оцінювання параметрів надійності автотранспортних засобів в умовах експлуатації; розроблено удосконалену методику оцінювання, покращення та підтримки експлуатаційної безпеки автомобілів, її практичну реалізацію та економічну ефективність; розроблено питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина складається з 14 плакатів із результатами досліджень.

Ключові слова: автотранспортний засіб, ефективність експлуатації, технічне обслуговування, ремонт, експлуатаційна надійність.

ABSTRACT

UDC 629.016

Orliuk V.V. Increasing the operational reliability of motor vehicles of category N in the conditions of the subsidiary enterprise “Samtrans” of the limited liability company “Agrosvitlo plus” Vinnytsia. Master's qualification thesis on specialty 274 - road transport, educational program - road transport. Vinnytsia: VNTU, 2024. 103 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 40 titles; Fig.: 26; tab.: 15.

In the master's qualification work, measures were developed to improve the operational reliability of motor vehicles of category N in the conditions of the subsidiary enterprise “Samtrans” of the limited liability company “Agrosvitlo plus”, Vinnytsia. In particular, based on the analysis of the aspects of ensuring the reliability of motor vehicles, the developments to improve the operation of rolling stock in the conditions of the enterprise are substantiated; methodological approaches to assessing the reliability parameters of motor vehicles in operation are investigated; an improved methodology for assessing, improving and maintaining the operational safety of vehicles, its practical implementation and economic efficiency is developed; issues of labor protection and safety in emergency situations are developed.

Translated with DeepL.com (free version)

The graphic part consists of 14 posters with research results.

Keywords: vehicle, operational efficiency, maintenance, repair, operational reliability.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
<p>РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК З ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ N В УМОВАХ ДОЧІРНЬОГО ПІДПРИЄМСТВА «САМТРАНС» ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АГРОСВІТЛО ПЛЮС» МІСТО ВІННИЦЯ</p>	
1.1 Методичні підходи до оцінювання надійності автотранспортних засобів	7
1.2 Аспекти забезпечення надійності та ефективності експлуатації автотранспортних засобів	7
1.3 Факторний аналіз причин зміни технічного стану автотранспортних засобів в процесі експлуатації	14
1.4 Характеристика діяльності дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця	18
Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження	22
<p>РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЗАХОДІВ З ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ N</p>	
2.1 Процеси технічного обслуговування та ремонту рухомого складу та їх вплив на рівень технічного стану транспортних засобів	29
2.2 Визначення показників надійності АТЗ	29
2.3 Встановлення періодичності технічного обслуговування АТЗ за показниками надійності	34
2.4 Методика оцінки надійності АТЗ з використанням ланцюгів Маркова	45
Маркова	55

Висновки до розділу 2	64
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА ПРАКТИКА ПОКРАЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ N B УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	65
3.1 Комплексна порівнювальна оцінка ремонтпридатності обслуговуваних АТЗ	65
3.2 Методичні підходи до моделювання системи ТО АТЗ з урахуванням визначників ресурсу їх основних частин	69
3.3 Методика поліпшення показників надійності та ефективності технічної експлуатації АТЗ	73
3.4 Практичні рекомендації щодо управління ефективністю експлуатації АТЗ	75
3.5 Розрахунок ефективності запропонованих рішень	80
Висновки до розділу 3	84
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	85
4.1 Аналіз умов праці	85
4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	86
4.3 Пожежна безпека	92
4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	93
Висновки до розділу 4	97
ВИСНОВКИ	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	99
ДОДАТОК А (обов'язковий). Ілюстративна частина	104
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Протокол перевірки на плагіат	119

ВСТУП

Актуальність теми. Підвищення вимог до безпеки та ефективності використання автотранспортних засобів є одним з головних напрямків розвитку автомобілебудування. Забезпечення експлуатаційної надійності рухомого складу здійснюється на основі встановлення показників надійності автотранспортних засобів (АТЗ), що знаходяться в експлуатації, прогнозування і оперативного управління їх технічним станом, обґрунтування обсягів і періодичності технічного обслуговування (ТО), формування стратегії оптимальних профілактичних заміни, ремонтних заходів, розрахунку потреби в запасних частинах; оптимальної організації технічної експлуатації тощо.

Експлуатаційну надійність взагалі можна вважати однією з найважливіших характеристик рухомого складу, на основі якої формується ряд показників якості, що забезпечують можливість безвідмовного та безпечного використання за призначенням, тривалого зберігання, а також відновлення експлуатаційних властивостей за мінімальних витрат праці, часу, матеріальних коштів. Тому робота є актуальною, як в теоретичному, так і в практичному плані.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася відповідно до Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» № 2623-14, Закону України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» № 19-20 в редакції від 21.12.2023; Дослідження в рамках теми МКР належать до основних напрямків наукової роботи кафедри АТМ ВНТУ та виконувались згідно плану науково-дослідних робіт ВНТУ на 2023-2024 н.р.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства (ДП) «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «Агросвітло плюс» місто Вінниця.

Для досягнення мети роботи потрібно вирішити завдання з формування:

- передумов розробки заходів з покращення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів;
- методичних аспектів оцінювання параметрів експлуатаційної надійності автотранспортних засобів;
- методики та практики покращення експлуатаційної надійності АТЗ в умовах ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця;
- заходів забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях та охорони праці;
- визначення ефективності запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження – процеси забезпечення експлуатаційної надійності АТЗ в системі «водій–автомобіль–дорога–середовище».

Предмет дослідження – показники експлуатаційної надійності АТЗ.

Методи досліджень. При розв'язанні поставлених задач використовувались методи досліджень, основані на застосуванні системного аналізу та математичного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів.

Отримали подальший розвиток методи оцінювання, покращення та підтримки експлуатаційної надійності АТЗ.

Практична значимість отриманих результатів.

Основні результати дослідження:

- покращують показники ефективності експлуатації автотранспортних засобів ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця;
- підвищують якість виконання робіт з виявлення несправностей автомобілів;
- дозволяють покращити систему організації ТО і ремонту на підприємстві.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням

математичних методів під час доведення наукових положень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, порівнянням результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів, з відомими.

Апробація результатів роботи. Деякі положення та результати роботи доповідались та обговорювались на Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», яка відбулась 20 травня 2024 року на базі Вінницького національного технічного університету.

Публікації. Основні положення та результати досліджень за участі автора опубліковані в роботі [1].



РОЗДІЛ 1.
НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК
З ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ
АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ N В УМОВАХ
ДОЧІРНЬОГО ПІДПРИЄМСТВА «САМТРАНС» ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АГРОСВІТЛО ПЛЮС»
МІСТО ВІННИЦЯ

1.1 Методичні підходи до оцінювання надійності автотранспортних засобів

Надійність – це складна властивість, що складається з більш простих (безвідмовності, ремонтпридатності, довговічності, збереженості) [2].

Безвідмовність (reliability) – це властивість АТЗ неперервно зберігати працездатність протягом деякого часу.

Довговічність (longevity, durability) – це здатність АТЗ до тривалої експлуатації до настання граничного стану при встановленій системі технічних обслуговувань і ремонтів (ТО і Р).

Ремонтпридатність (maintainability) – це здатність АТЗ до підтримання й відновлення його працездатності шляхом проведення ТО і Р.

Збереженість (safeability) – це властивість машини безупинно зберігати працездатність протягом і після закінчення строку зберігання або періоду транспортування.

Залежно від виду об'єкта, його надійність може визначатись усіма або частиною перерахованих вище властивостей. Для автотранспортних засобів як частини системи «водій-автомобіль-дорога-середовище» (ВАДС) надійність залежить, насамперед, від безвідмовності.

В науці про надійність АТЗ можна чітко виділити два самостійних напрямки – технічну надійність та експлуатаційну надійність [3].

Перший напрямок відноситься до так званої класичної надійності, він служить вихідною базою для розрахунку параметрів працездатності АТЗ на стадіях проектування і виготовлення. При цьому здійснюється проектний аналіз і синтез надійності створюваних конструкцій, проводиться вибір рівнонадійних складових частин, резервуються найбільш відповідальні вузли, забезпечується ремонтпридатність, обґрунтовуються довговічність і амортизаційний термін використання, враховуються особливості виробничо-технологічних процесів.

Основним завданням другого напрямку є розробка та обґрунтування комплексу заходів щодо забезпечення надійності функціонування АТЗ. Він включає в себе методи визначення показників надійності реальних АТЗ; прогнозування і оперативне управління їх технічним станом; обґрунтування обсягів і періодичності ремонтно-обслуговуючих впливів; стратегію оптимальних профілактичних заміни; розрахунок потреби в запасних частинах; раціональну організацію технічної експлуатації тощо.

Узагальнено експлуатаційну надійність можна вважати однією з найважливіших характеристик АТЗ, що синтезує ряд показників якості, які дозволяють їй безвідмовно виконувати задані функції при використанні за призначенням, тривалий час зберігати, а також відновлювати працездатність при мінімальних затратах праці, часу і матеріальних коштів.

Надалі під працездатністю будемо розуміти такий стан АТЗ (або його складових частин), при якому в процесі функціонування його параметри не виходять за двосторонні допуски, встановлені нормативно-технічною або конструкторською документацією.

При математичному трактуванні надійність – це імовірнісна характеристика випадкового процесу, що описує функціонування складної технічної системи. Траєкторії зазначеного процесу ставиться у відповідність певна сукупність показників якості, що відповідають вимогам до реального АТЗ [4].

Кожний АТЗ має свій життєвий цикл, який включає стадії проектування, експлуатації і списання. Його розрахунок виконується за формулою [5]

$$T_{ц.АТЗ} = T_{ПР} + T_{ВИГ} + T_{ЕКС}, \quad (1.1)$$

де $T_{ПР}$ – календарний строк від початку розробки АТЗ до приймальних випробувань;

$T_{ВИГ}$ – тривалість серійного виготовлення АТЗ, включаючи підготовку виробництва;

$T_{ЕКС}$ – тривалість експлуатації АТЗ до списання, включаючи періоди зберігання й транспортування.

Списання АТЗ відбувається після того, як він досяг граничного стану, при якому його подальше використання за призначенням неприпустиме або недоцільне, а ремонт економічно не виправданий.

При дослідженні надійності АТЗ останні прийнято називати технічними системами, а їхні складові частини – блоками системи. Такі системи і їхні блоки можуть бути не відновлюваними й відновлюваними (які підлягають ремонту).

АТЗ відносяться до великих технічних систем з послідовно-паралельною структурою і мають близько 30% не відновлюваних блоків (підшипники, зубчасті колеса, пружини, фрикційні накладки, ущільнення, акумулятори, повітроочисники, лампочки тощо) і 70% відновлюваних блоків (двигуни, ходова система, електроустаткування тощо).

Подія, що полягає в порушенні або втраті працездатності системи або блоку, називається відмовою. Відмови підрозділяються на функціональні й параметричні. У першому випадку система або блок припиняють виконувати свої функції, у другому – виходить за встановлені межі який-небудь показник. По характеру виникнення розрізняють раптові й поступові відмови.

Тривалість роботи системи (блоку) називається наробітком. Будь-яка відновлювана система (або блок) у період наробітку до першої функціональної відмови при розрахунках приймається за не відновлювану систему. Загальний

наробіток системи або блоку до настання граничного стану називається ресурсом, а календарна тривалість експлуатації – строком служби.

У теорії експлуатаційної надійності АТЗ [2, 3, 6, 7] часто використовуються такі поняття як технічне обслуговування (ТО) і поточний ремонт (ПР). Основне завдання ТО – попереджувальне збереження працездатності АТЗ, віддалення моменту настання граничного стану їх складових частин, зниження можливості виникнення відмов. Це досягається за рахунок проведення періодичного контролю, зменшення зміни параметрів технічного стану і доведення їх до номінальних значень.

Основне завдання ПР – заміна частин, що відпрацювали свій ресурс і дефектних складових частин АТЗ на працездатні (нові або відновлені). Планові ПР у більшості випадків виконуються разом з ТО і включаються в їхній склад. Непланові ПР проводяться при усуненні випадкових (аварійних) відмов.

Кількісна характеристика однієї або декількох властивостей, які становлять надійність технічного об'єкта, називається показником надійності. Загальне число таких показників, що поділяють на основні, другорядні й регламентовані державними стандартами, становить більше 70. Це істотно заважає формуванню вимог до надійності АТЗ і контролю за їх рівнем. В якості компромісного варіанту заводи-виробники закладають у робочу документацію на техніку дуже обмежене число основних показників надійності, які згруповані у табл. 1.1 [3], а деякі другорядні показники використовують для галузевого порівняльного аналізу. У загальному випадку показники надійності є функціями від наробітку t , що приймається за випадкову величину.

Розглянемо номенклатуру показників по кожній групі надійності.

1. Показники безвідмовності: $p(t)$ – імовірність безвідмовної роботи; $q(t)$ – імовірність відмови; $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов; T_{cp} – середній наробіток до відмови; $\omega(t)$ – параметр потоку відмов; t_{cp} – середній наробіток

на відмову; K_g – коефіцієнт готовності (комплексний показник); K_{tv} – коефіцієнт технічного використання (комплексний показник).

Таблиця 1.1 – Основні показники надійності

Група надійності	Тип блока (системи)	
	не відновлюваний	відновлюваний
Показники безвідмовності	$p(t), q(t), \lambda(t),$ T_{cp}	$p(t), q(t), \omega(t), t_{cp},$ K_g, K_{tv}
Показники довговічності	T_γ	T_γ, T_p, T_c
Показники ремонтпридатності		$t_v, S_{TO.num}, S_{IP.num},$ K_g, K_{tv}
Показники збереженості	t_{zber}	t_{zber}

2. Показники довговічності (ресурсні показники): T_γ – гамма-процентний ресурс; T_p – середній ресурс; T_c – термін служби.

3. Показники ремонтпридатності: t_v – середній час відновлення; $S_{TO.num}$ – питома сумарна трудомісткість технічних обслуговувань (ТО); $S_{IP.num}$ – питома сумарна трудомісткість непланових поточних ремонтів (ІР); K_g, K_{tv} – комплексні показники.

4. Показник збереженості: t_{zber} – середній термін зберігання.

Кількісна оцінка надійності АТЗ неоднозначна. Тому в залежності від конструктивних особливостей АТЗ й умов їхньої експлуатації в якості нормативної бази відбирається лише частина показників надійності, включених у табл. 1.1. Вся сукупність показників одночасно ніколи не використовується. Ті показники надійності, які включаються в технічну документацію на АТЗ й

гарантуються заводом-виробником, відносяться до нормативних, наприклад, T_γ ; T_p ; T_c ; $S_{TO.num}$ тощо.

Крім основних показників надійності, наведених у табл. 1.1, застосовується велика номенклатура допоміжних показників, наприклад, імовірність виконання непланового ПР – $p_{ПР}(t)$, питома сумарна тривалість ТО і ПР – $\Theta_{TO.num}$, $\Theta_{ПР.num}$, питома сумарна вартість ТО і ПР – $C_{TO.num}$, $C_{ПР.num}$ тощо.

У США фірми «Катерпіллар», «Інтернейшнл Харвестер» нормують такі показники надійності: t_a – строк амортизації; $C_{ТОР}$ – середні сумарні витрати на всі види техобслуговувань і ремонтів; комплексні показники K_g , K_{iv} . Значення цих показників установлюються для трьох рівнів умов роботи – поганих, середніх, гарних. Зміна K_g і K_{iv} планується по роках, причому завжди $K_g \geq 0,9$; $K_{iv} \geq 0,7$. Для нормування надійності окремих агрегатів машин фірми використовують такі показники: призначений ресурс T_N , при вичерпанні якого робота за призначенням забороняється; гарантійний період T_g ; імовірність безвідмовної роботи $p(t)$.

Про рівень надійності судять також за таким ненормованим показником використання АТЗ за строк амортизації як загальний коефіцієнт простоїв α .

Коефіцієнт простоїв визначають із відношення [6]

$$\alpha = \frac{T_{роб} - T_{пр}}{T_{роб}}, \quad (1.2)$$

де $T_{роб}$ – запланований час роботи АТЗ;

$T_{пр}$ – простої АТЗ, обумовлені його ТО і ремонтом (простої, що викликані відсутністю фронту робіт і т.п., не враховуються).

Безвідмовність АТЗ, агрегату або вузла за кордоном часто характеризують числом відмов протягом певного наробітку (наприклад, у межах строку гарантії).

Замість показника «наробіток на відмову» використовується показник «наробіток до складної відмови» (задирки поршнів, тріщини в головках блоків, поломка штоків клапанів тощо).

На основі фактичних значень показників надійності АТЗ та статистичних даних про ДТП необхідно формувати виробничу програму з ТО і ПР з врахуванням пріоритетності забезпечення певного рівня надійності вузлів, систем і агрегатів автомобілів. Слід відмітити, що за даними спеціальних досліджень [8, 9], виконаних з виїздом на місце пригоди (професійно і технічно підготовлених фахівців), частка ДТП, обумовлених несправностями транспортних засобів (табл. 1.2), складає 15% від загальної кількості ДТП, що вище даних офіційної статистики на 1,2 - 1,5%.

Таблиця 1.2 – Розподіл ДТП за видами несправностей АТЗ

Несправність	Кількість ДТП, %
Робочої гальмової системи	31,8
Гальмової системи причепа	4,3
Рульового управління	13,6
Зовнішніх світлових приладів	20,2
Знос рисунка протектора	14,3
Від'єднання колеса	4,0
Невідповідність шин моделі ТЗ	1,6
Зчіпного пристрою	1,5
Інші	20,7

При визначенні показників експлуатаційної надійності необхідно враховувати велику ступінь невизначеності умов функціонування АТЗ, складність їх структури, велику кількість різних факторів і явищ, які не можуть бути враховані достовірно розрахунковим шляхом. Найбільш раціональним виходом з такої ситуації є використання методології системного аналізу, в

основі якого лежить комплексне стохастичне моделювання [10, 11].

Системний аналіз базується на наступних вихідних положеннях:

- багатоваріантності рішень;
- застосуванні евристик (неформальних правил) пошуку нових рішень, а також знаходженні аналогій будь-якої степені близькості;
- широкому використанні вірогідних залежностей, бажано при більшому об'ємі статистичної інформації.

Системний підхід дозволяє моделювати будь-який АТЗ як складну технічну систему, що має три групи властивостей, які відображають: 1) взаємодію із зовнішнім середовищем; 2) внутрішню будову; 3) інтегральні якості. Якості першої групи характеризують склад та рівні впливу на систему, які можуть бути постійними і змінними, відомі, випадкові, непередбачені і навмисні. Якості другої групи характеризують структуру системи і визначають логіку її функціонування. Якості третьої групи характеризують поведінку системи, тобто вихідні параметри, самоорганізацію та керуваність.

1.2 Аспекти забезпечення надійності та ефективності експлуатації автотранспортних засобів

Автомобільний транспорт (АТ) в Україні відіграє ключову роль у розвитку промисловості та підвищенні якості життя громадян. Ефективність використання автомобільного транспорту на перевезеннях різного призначення насамперед залежить від технічної готовності автотранспортних засобів (АТЗ) та відповідності параметрів функціонування автомобіля вимогам безпеки руху за ефективністю гальмування, технічним станом рульового керування, шин, освітлення, сигналізації, станом відпрацьованих газів [12]. Своєчасне виявлення несправностей та їх усунення силами і засобами автотранспортних підприємств (АТП) дозволяє істотно підвищити технічну швидкість руху АТЗ (рис. 1.1), що

безпосередньо збільшує їх продуктивність та є запорукою зниження собівартості перевезень [2, 13].

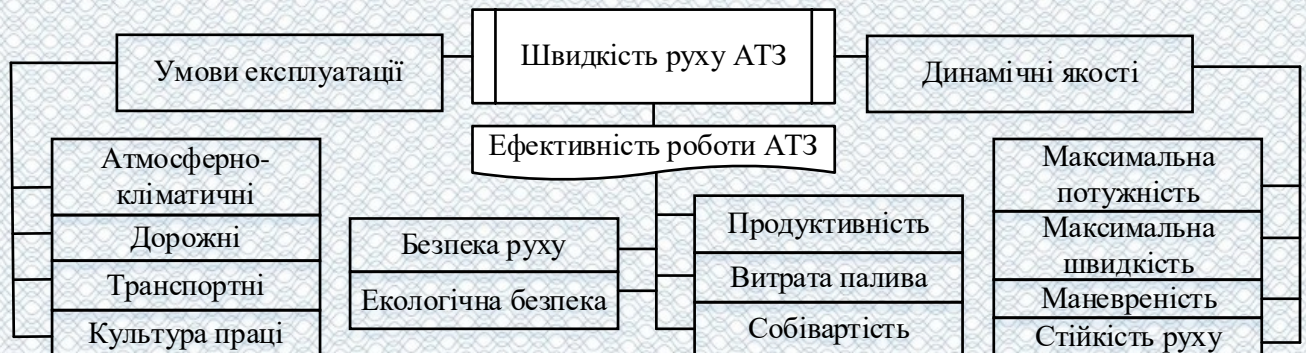


Рисунок 1.1 – Факторний аналіз впливу швидкості руху АТЗ на показники їх ефективності

Залежно від зміни умов і початкових показників автомобіля його працездатність і пробіг до граничного стану змінюються в широких межах. Тому підвищення експлуатаційної надійності автомобілів, зниження витрат на технічне обслуговування і ремонт, забезпечення безпеки дорожнього руху можливі тільки при своєчасному і об'єктивному визначенні технічного стану різних вузлів, агрегатів і систем автомобіля. Справжній технічний стан можна визначити тільки при індивідуальному обстеженні (контролі, діагностуванні) кожного агрегату. При цьому будуть враховані різні умови роботи, кваліфікація водія та інші фактори, що впливають на зміну технічного стану.

Організацію профілактичного обслуговування і ремонту АТЗ на АТП необхідно розглядати як замкнуту систему управління (регулювання) зі зворотним зв'язком (рис. 2), що складається з об'єкта управління О, датчика Д, органа управління У та виконавчого органа ВО. Ця система складається з двох частин: контролю (об'єкт-датчик-орган управління) і управління (орган управління-виконавчий орган-об'єкт). Якщо в системі здійснюється одна зі згаданих функцій, така система називається розімкнутою.

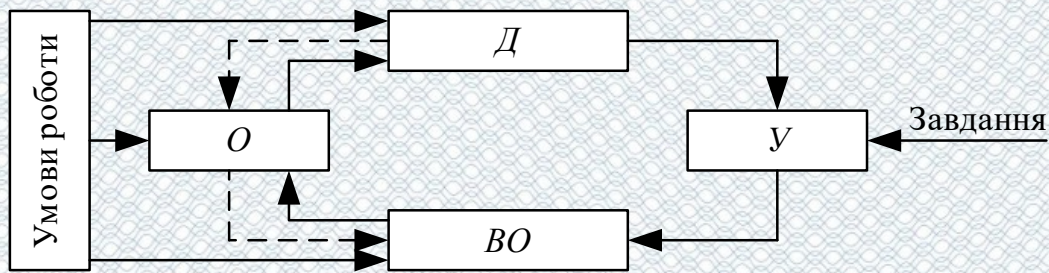


Рисунок 1.2 – Схема управління технічною службою

При впровадженні діагностування в технологічні процеси технічного обслуговування спостерігається зниження витрат при поточному ремонті на 8-12%, скорочення витрат запасних частин на 10-12% і витрати палива на 2-5%, а також підвищення коефіцієнта технічної готовності на 3-5% [14].

Необхідність впровадження технічної діагностики автомобілів в практику АТП обумовлена, з одного боку, прагненням до зменшення матеріальних витрат в сфері їх технічної експлуатації, а з іншого – можливістю індивідуального управління технічним станом автомобілів за допомогою діагностичної техніки. До широкого застосування електронних систем керування в конструкції АТЗ показники ступеня охоплення їх елементів діагностуванням не перевищували рівня показників поданих у табл. 1.3.

Застосування бортових електронних систем та сучасних інформаційних технологій в практиці експлуатації АТЗ значно впливає на технічну діагностику та безпеку руху. Ось деякі ключові аспекти:

1. Телематика: Це інтеграція телекомунікацій та інформатики, яка дозволяє автомобілям збирати та передавати дані. Телематика використовується для моніторингу стану автомобіля, навігації, автоматичного виклику екстрених служб у разі аварії та багато іншого [15].

2. Автоматизовані системи керування (АСК): АСК дозволяють збирати та аналізувати великі обсяги даних про стан автомобіля, що сприяє своєчасному виявленню та усуненню несправностей [5].

Таблиця 1.3 – Ступінь охоплення систем автомобіля діагностуванням [16]

Система автомобіля	Співвідношення, %	
	Діагностуються	Не діагностуються
Двигун і його системи	29	71
Електрообладнання	33	67
Трансмісія	55	45
Ходова частина	12	88
Рульове керування	51	49
Гальмівна система	39	61

3. Штучний інтелект (ШІ): ШІ, включаючи машинне навчання та нейронні мережі, використовується для оптимізації процесів управління транспортними ресурсами, маршрутизації, контролю якості доставки та складського управління [17].

4. Системи контролю трафіку: Вони допомагають управляти рухом транспорту, зменшуючи затори та підвищуючи безпеку на дорогах [18].

5. Системи геолокації: Вони використовуються для відстеження місцезнаходження автомобілів, що дозволяє ефективно управляти логістикою та забезпечувати безпеку [19].

6. Системи голосового сповіщення та контролю парку транспортних засобів: Ці системи підвищують комфорт та безпеку водіння, дозволяючи водіям зосередитися на дорозі [20].

Використання цих технологій дозволяє підвищити ефективність технічної діагностики, зменшити витрати, поліпшити якість обслуговування, автоматизувати процеси, зменшити помилки, підвищити точність та швидкість прийняття рішень. Все це веде до підвищення безпеки руху, задоволеності клієнтів та зменшення витрат операційної діяльності АТП [21].

1.3 Факторний аналіз причин зміни технічного стану автотранспортних засобів в процесі експлуатації

Зростання обсягів перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні за останні роки в значній мірі забезпечується збільшенням потужності парку рухомого складу. Ефективність, як якість реалізації ресурсів, можна охарактеризувати використанням ресурсу АТЗ, їх продуктивністю, вантажопідйомністю, потужністю, фондом робочого часу, економічністю, екологічністю, та безпекою використання.

Аналіз стану експлуатації АТЗ щодо перевезень вантажів показує досить низьку ефективність їх використання через позапланові простої, які досягають 30% і більше [22]. Одна з причин такої ситуації – недосконалість системи технічної експлуатації.

Умови експлуатації АТЗ мають випадковий характер внаслідок дії ймовірнісних характеристик дорожніх умов, швидкості та режимів руху, маси перевезеного вантажу. Навіть при усуненні дії випадкових факторів присутнє велике розсіювання показників роботи різних автомобілів.

Під час експлуатації АТЗ їх вузли та агрегати сприймають дію широкого спектру факторів, які впливають по-різному на технічний стан рухомого складу. Такі фактори можна поділити на дві групи [2, 3, 6, 11]: конструктивно-виробничі (визначають початкову якість АТЗ), експлуатаційні (визначають зміну технічного стану в процесі експлуатації).

Перша група включає вибір схем та конструктивних рішень, елементів та матеріалів, технологію виготовлення окремих деталей, вузлів, агрегатів, процес складання та випробування АТЗ, перевірку якості виробництва шляхом поточного та вихідного контролю.

Друга група містить експлуатаційні фактори суб'єктивного та об'єктивного характеру (рис. 1.3). Суб'єктивність проявляється внаслідок

впливу обслуговуючого персоналу. Вона може сприяти коливанням надійності проведених робіт з ТО та ремонту як в кращу та і гіршу сторону.



Рисунок 1.3 – Фактори впливу на зміну технічного стану АТЗ

Числові значення експлуатаційних факторів змінюються в широких межах. Їх вплив на технічний стан АТЗ носить випадковий характер. Проявами впливу експлуатаційних факторів є відхилення від номінальних значень параметрів, спричинених зносом та старінням деталей. Зміна параметрів та характеристик елементів у часі спричиняється фізико-хімічними процесами. Виникнення відмови це певний часовий процес, швидкість якого та внутрішній механізм визначаються діючими навантаженнями, структурою і властивостями матеріалу, температурою тощо.

Аналіз стану теорії та практики технічної експлуатації, ринку АТЗ та їх сервісу в Україні, шляхів вирішення аналогічних проблем в розвинених країнах, вивчення методів вдосконалення експлуатації АТЗ, що пропонуються сучасною наукою, є гарним підґрунтям для розробки та удосконалення методів покращення експлуатаційної надійності рухомого складу.

Зменшення роботоздатності АТЗ в процесі експлуатації проявляється шляхом зростання кількості раптових та поступових (параметричних) відмов. Розподіл відмов на параметричні та раптові є досить умовним, оскільки залежить від рівня розвитку засобів контролю технічного стану АТЗ (чим нижче рівень, тим більший відсоток відмов буде проявлятися раптово). У разі відсутності технічного контролю АТЗ майже усі відмови будуть раптовими.

Таким чином, на технічний стан АТЗ впливають конструктивні, технологічні, експлуатаційні та інші фактори.

Форма і розміри деталей, жорсткість конструкції формують конструктивні фактори, від яких залежить тиск на поверхні деталі, концентрації напружень, ударна міцність та міцність втомлення металу. За характером зміни цих параметрів можна прогнозувати ресурс окремих агрегатів та АТЗ в цілому, але при цьому слід чітко розрізняти поступові та раптові відмови, особливості їх прояву. Особливостями поступових відмов є монотонні зміни параметра технічного стану, можливості прогнозувати зміну технічного стану елементів АТЗ в період експлуатації та запобігти відмовам шляхом застосування профілактичних методів.

Якість матеріалів виготовлення деталей, їх термічна обробка та якість складальних робіт (якість кріплення, співвісність, центрування, регулювання зазорів тощо) визначають рівень технологічних факторів.

Дорожні, транспортні та кліматичні умови визначають експлуатаційні фактори, які найбільше впливають на технічний стан АТЗ.

Дорожні умови залежать від типу, стану і міцності покриття, поздовжнього профіля дороги, режиму руху, видимості тощо. Кліматичні

умови характеризуються температурою та вологістю повітря, кількістю опадів, атмосферним тиском, силою та напрямком вітру, тривалістю снігового покриву тощо. Транспортні умови залежать від обсягу та відстані перевезень, умов завантаження та розвантаження, особливостей організації перевезень, умов зберігання, ТО і ремонту АТЗ.

Експлуатаційні фактори суттєво впливають на режими роботи АТЗ, рівень їх навантаження надійності, та, як наслідок, – на потреби в технічних впливах і нормативи технічної експлуатації (рис. 1.4).

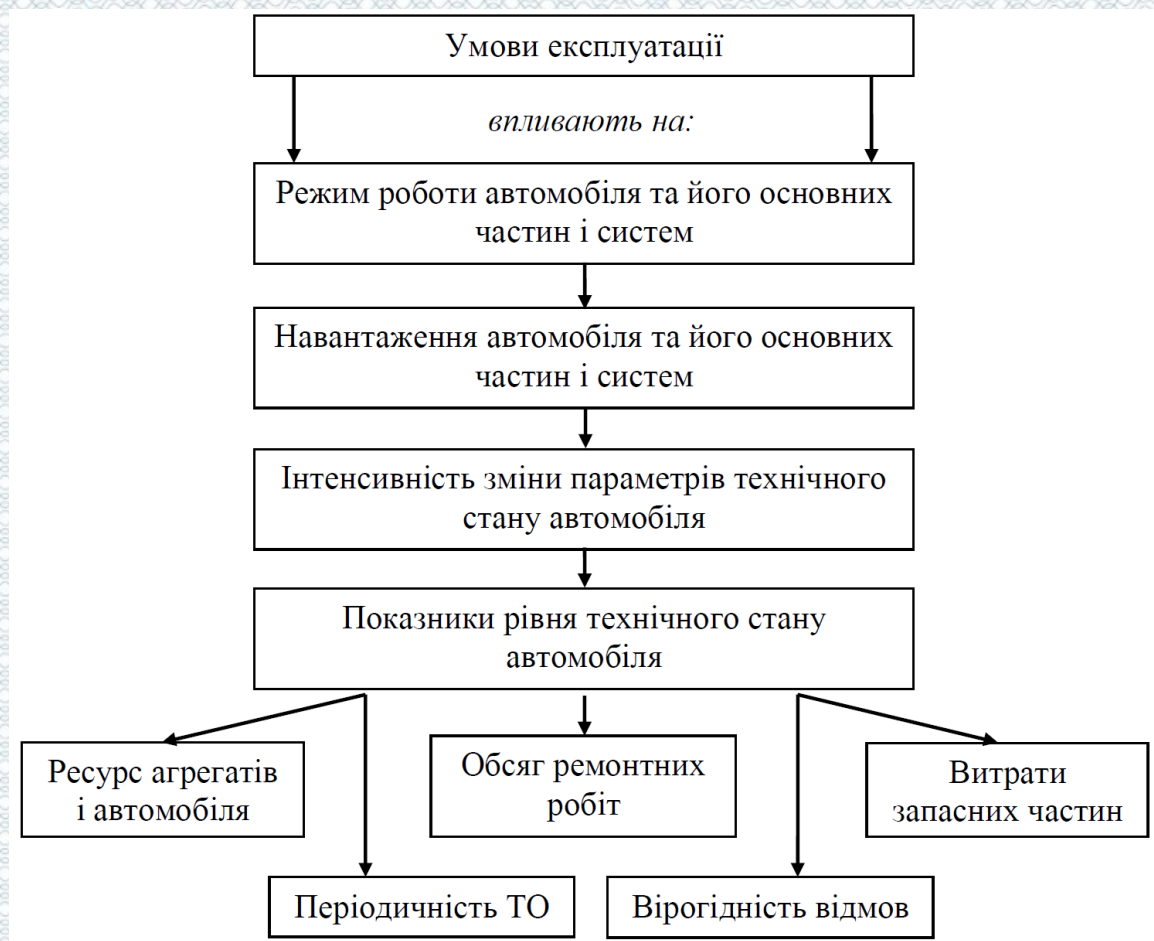


Рисунок 1.4 – Визначники рівня технічного стану АТЗ

Призначити режим ТО АТЗ можна за напрацюванням або за технічним станом. Використання напрацювання для призначення режимів ТО передбачає чітку класифікацію та урахування умов експлуатації, режимів роботи агрегатів

рухомого складу. Неврахування фактичного стану АТЗ призводить до необґрунтованих витрат та несвоєчасного проведення профілактичних робіт.

Вагомими чинником впливу на технічний стан АТЗ є якість його водіння, оскільки саме вона визначає динамічні навантаження деталей трансмісії, особливо під час рушання з місця чи подолання різного роду перешкод.

Отже, аналіз зміни технічного стану елементів АТЗ дозволяє підтримувати необхідний рівень експлуатаційної надійності автомобілів в цілому.

1.4 Характеристика діяльності дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця

Дочірнє підприємство (ДП) «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «Агросвітло плюс» було зареєстровано 29.06.1999 року. Статутний капітал компанії складає 700000 грн. Юридична адреса підприємства: пров. Широцького Костя, будинок 14Б, м. Вінниця, Україна.

Основний вид діяльності – технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів всіх європейських марок, а саме: SCANIA, MAN, DAF, MERCEDES, IVECO, RENAULT, VOLVO тощо. ДП «Самтранс» надає такі послуги:

- ремонт двигунів внутрішнього згорання, та їх обслуговування;
- ремонт автоматичних та механічних трансмісій;
- ремонт ходової частини автомобілів;
- ремонт ходової частини причепів, та напівпричепів;
- ремонт електронних систем;
- ремонт пневматичних систем: Knorr-Bremse, Wabco;
- комп'ютерна діагностика;
- ремонт та обслуговування кондиціонерів, автономних обігрівачів;

– ремонт паливної апаратури автомобілів екологічного класу euro-3 і вище.

Дане підприємство також є офіційним дилером SCANIA (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Центр обслуговування SCANIA в ДП «Самтранс»

Інші види діяльності ДП «Самтранс»: торгівля АТЗ, деталями та приладдям до АТЗ.

Аналіз складу, структури, стану і показників використання основних виробничих фондів підприємства (табл. 1.4), показує що будівлі, споруди та передавальні пристрої становлять 23,46% від загальної вартості; машини та обладнання – 15,48%; транспортні засоби – 52,31%; інструменти і прилади – 2,06 %; малоцінні необоротні матеріальні активи – 0,83%; земельні ділянки – 6,69%.

Таблиця 1.4 – Основні виробничі фонди

Групи засобів	Код рядка	Залишок на початок року		Надійшло за рік	Вибуло за рік		Нараховано амортизації за рік	Залишилось на кінець року	
		Первісна (переоцінена) вартість	ЗНОС		Первісна (переоцінена) вартість	ЗНОС		Первісна (переоцінена) вартість	ЗНОС
Земельні ділянки	100	—	—	222,5	—	—	—	1869,3	—
Будинки, споруди та передавальні пристрої	120	5561,9	1128,5	620,2	152,5	35,8	247,3	6555,5	1384,5
Машини та обладнання	130	2973,6	841,2	1537,3	183,7	70,7	923,2	4327,2	1764,4
Транспортні засоби	140	9416,5	5017,3	5435,4	—	—	1384,8	14617,1	6402,1
Інструменти, прилади	180	595,8	87,3	194,1	—	—	99,9	575,9	187,2
Малоцінні необоротні матеріальні активи	200	231,7	231,7	—	—	—	—	231,7	231,7
Разом	260	18779,5	7306	7815,4	336,2	106,5	2555,3	27945,0	9969,9

Для більш детального аналізу стану основних фондів можна використовувати наступні показники за [23]: коефіцієнт відновлення, коефіцієнт вибуття, коефіцієнт придатності.

Коефіцієнт відновлення відображає інтенсивність відновлення основних фондів і визначається за формулою:

$$K_{від} = \frac{ОВФ_в}{ОВФ_к}, \quad (1.1)$$

де $ОВФ_в$ – вартість основних фондів, що надійшли (вводяться в дію) протягом року, грн.;

$ОВФ_к$ – вартість основних фондів на кінець року, грн.

За даними таблиці 1.4 коефіцієнт відновлення становитиме:

$$K_{від} = \frac{7815,4}{27945,0} = 0,28.$$

Коефіцієнт вибуття характеризує ступінь інтенсивності вибуття основних фондів:



$$K_{виб} = \frac{ОВФ_{виб}}{ОВФ_н}, \quad (1.2)$$

де $ОВФ_{виб}$ – вартість основних фондів, що вибули (виведені з дії) протягом року, грн.;

$ОВФ_н$ – вартість основних фондів на початок року, грн.

За даними таблиці 1.1 коефіцієнт вибуття становитиме:

$$K_{виб} = \frac{336,2}{18779,5} = 0,018.$$

Коефіцієнт придатності характеризує технічний стан основних фондів:

$$K_{виб} = \frac{ОВФ_{зал}}{ОВФ_{перв}} = 1 - K_з = 1 - \frac{з}{ОВФ_{перв}}, \quad (1.3)$$

де $ОВФ_{зал}$ – залишкова вартість основних фондів, грн.;

$ОВФ_{перв}$ – первісна вартість основних фондів, грн.;

K_z – коефіцієнт зносу;

Z – знос основних фондів, грн.

За даними таблиці 1.1 коефіцієнт придатності становитиме:

$$K_{виб} = 1 - \frac{9969,9}{27945,0} = 1 - 0,357 = 0,643.$$

Аналізуючи виконані розрахунки, можна зробити наступні висновки:

- основні виробничі фонди підприємства мають достатньо великий знос (35,7%);
- інтенсивність відновлення основних фондів (28%) значно перевищує інтенсивність вибуття (1,8%);
- придатність основних виробничих фондів підприємства на сьогоднішній день становить 64,3%.

Організаційно-технічний рівень ВТБ характеризують такі показники:

1) Коефіцієнт технічної оснащеності ВТБ:

$$K_{ТО} = \frac{\Phi_{о.в.}}{\Phi_{т.з.}}; \quad (1.4)$$

$$K_{ТО} = 1,67;$$

2) Вартість ВТБ, в основних фондах ($B_{ВТБ}$):

$$B_{ВТБ} = \frac{\Phi_{ВТБ}}{\Phi_{о.в.}} \cdot 100; \quad \% \quad (1.5)$$

де $\Phi_{ВТБ}$ – вартість ВТБ, тис.грн.;

$$B_{ВТБ} = \frac{11690,3}{27945} \cdot 100 = 42 \% ;$$

3) Фондоозброєність ремонтних робітників:

$$\Phi O = \frac{\Phi_{ВТБ}}{P_{pp}}, \text{ тис.грн./чол;} \quad (1.6)$$

де P_{pp} – чисельність основних і допоміжних ремонтних робітників;



$$\Phi O = \frac{11690,3}{19} = 615,28 \text{ тис.грн./чол;} ;$$

4) Механоозброєність праці на ТО і ПР автомобілів:

$$MO = \frac{\Phi_a}{P_{pp}}, \text{ тис.грн./чол} \quad (1.7)$$

де Φ_a – вартість активної частини $\Phi_{o.v.}$ ВТБ, тис.грн.;

$$MO = \frac{14617,1}{19} = 769,32 \text{ тис.грн./чол.}$$

Аналіз стану ВТБ показує, що зони і ділянки АТП укомплектовані устаткуванням на 72 – 93 % від нормативу. Частина устаткування є фізично спрацьованим і морально застарілим (приблизно 15%), воно підлягає оновленню.

Таким чином доцільно на підприємстві розробити комплекс заходів з покращення експлуатаційної надійності обслуговуваних АТЗ.

Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження

Метою дослідження є підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства (ДП) «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «Агросвітло плюс» місто Вінниця

Для досягнення мети роботи потрібно вирішити завдання з формування:

- передумов розробки заходів з покращення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів;
- методичних аспектів оцінювання параметрів експлуатаційної надійності автотранспортних засобів;
- методики та практики покращення експлуатаційної надійності АТЗ в умовах ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця;
- заходів забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях та охорони праці;
- визначення ефективності запропонованих рішень.

РОЗДІЛ 2.

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЗАХОДІВ З ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ N

2.1 Процеси технічного обслуговування та ремонту рухомого складу та їх вплив на рівень технічного стану транспортних засобів

Питання ефективності технічної експлуатації АТЗ розглядалися різними вченими [2-7, 10, 14, 16-20, 22, 24-27]. Ці роботи відображають зв'язок ефективності з параметрами надійності АТЗ, їх обслуговування і ремонту, роботи персоналу та управління підприємством. Ефективність кожної виробничої одиниці (працівника, службовця, керівника, АТЗ, підрозділу, підприємства взагалі), кожного виробничого процесу можна охарактеризувати певними показниками чи системою показників [4, 11, 22]. Ці показники є індикаторами та орієнтирами діяльності щодо удосконалення роботи підприємства.

Ефективність технічної експлуатації характеризується: рівнем працездатності АТЗ, який оцінюється за коефіцієнтом технічної готовності K_G , середнім напрацюванням на відмову; часом відновлення працездатності після відмови; собівартістю машино-годин, як витрачених ресурсів; структурою витрат. Ефективність може виступати в ролі оцінки роботи АТЗ, служити цільовою функцією вдосконалення системи ТО та ремонту.

Система експлуатації визначає ефективність роботи АТЗ, оскільки забезпечує їх працездатність (рис. 2.1). Об'єктом дослідження цієї системи є:

- діагностика технічного стану АТЗ;
- оптимізація режимів ТО АТЗ;
- удосконалення організації та технології ТО та ремонту АТЗ;
- організація роботи складського господарства та якість послуг.

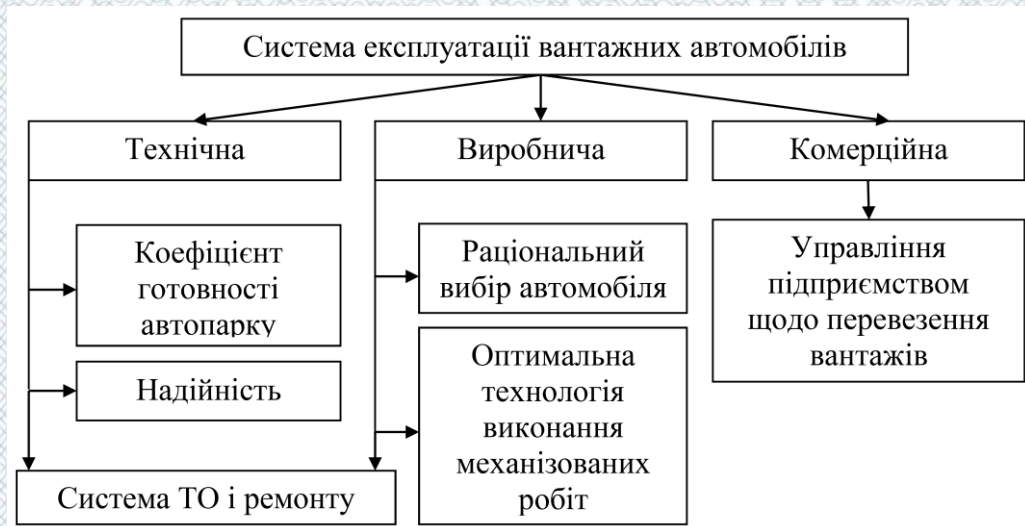


Рисунок 2.1 – Фактори, що формують ефективність застосування АТЗ

Основа системи складає сукупність принципів і правил, які забезпечують працездатний стан АТЗ з мінімальними витратами. Технічне обслуговування призначене для підтримки технічного стану рухомого складу, ремонт – для відновлення цього стану.

Відповідно до [28] система ТО та ремонту автомобілів передбачає щоденне, сезонне (СО), періодичне ТО-1, ТО-2 технічні обслуговування, поточний (ПР), середній (СР) та капітальний (КР) ремонти (рис. 2.2). АТЗ, які втратили працездатність внаслідок настання відмов, піддаються ремонту.

Отже, існує широке поле можливостей щодо створення власної ефективної системи експлуатації АТЗ.

Завдання експлуатаційників зводяться до правильної організації системи підтримання працездатності АТЗ, віддаючи перевагу рекомендаціям виробників та постачальників техніки, як виконавцям гарантійних зобов'язань. Існуючі варіанти систем ТО та ремонту автомобілів (рис. 2.3) передбачають проведення технічного обслуговування та ремонтів профілактично або після відмови.

Оскільки довговічність та експлуатаційна надійність АТЗ, режими ТО залежить від конструктивно-технологічних та експлуатаційних факторів, для кожного автосервісу слід обрати свої оптимальні режими ТО з урахуванням

специфіки роботи підприємства. Нормативні документи з обслуговування АТЗ закордонного виробництва регламентують лише періодичність проведення ТО і регламентні роботи Service X та Service Y, які не прив'язані до умов експлуатації в тому чи іншому регіоні.

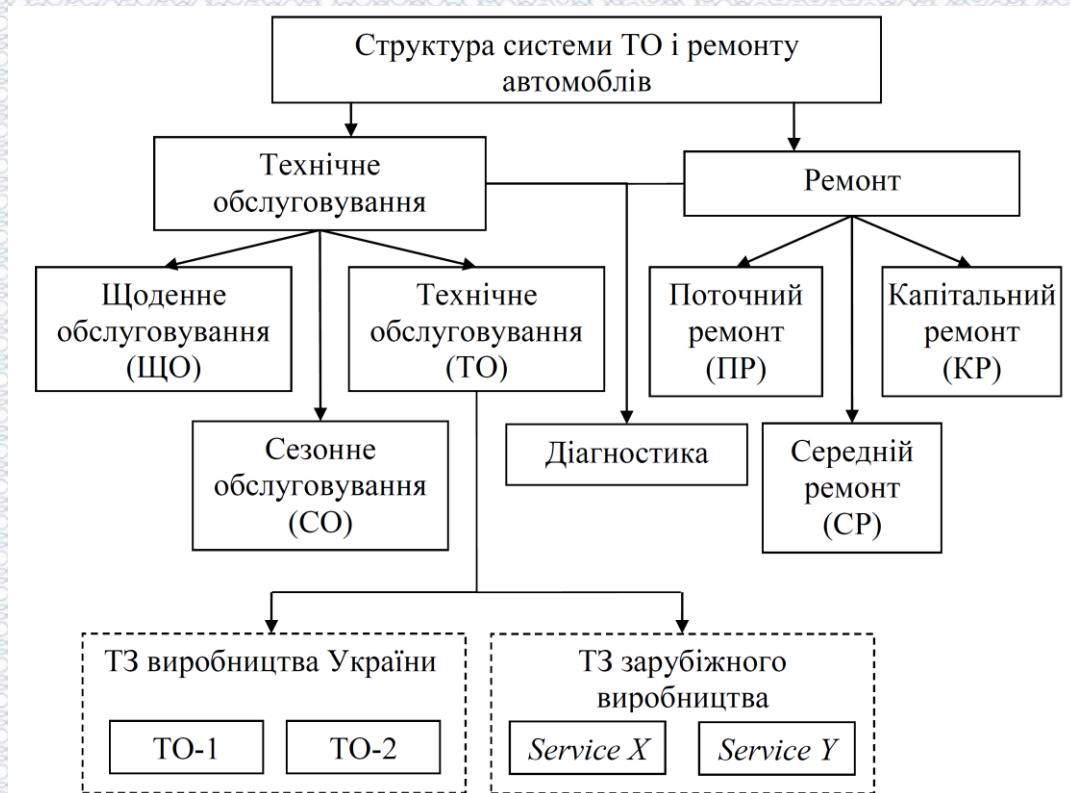


Рисунок 2.2 – Структура системи ТО та ремонту АТЗ



Рисунок 2.3 – Стратегії функціонування систем ТО та ремонту АТЗ

Оптимізація режимів ТО передбачає досягнення мінімальних сумарних витрат на ТО та ремонт АТЗ, віднесених до одиниці пробігу при високому коефіцієнті технічної готовності; підвищення довговічності та експлуатаційної надійності АТЗ; скорочення обсягів поточних ремонтів, зменшення сумарної трудомісткості робіт з ТО та ремонту АТЗ.

Оптимізацію можна здійснити шляхом коригування режимів, рекомендованих для заданих умов експлуатації. Сутність такого коригування полягає в уточненні переліку та періодичності виконання операцій на підставі аналізу фактичних даних про існуючу систему технічних впливів. При цьому очевидно, що для коригування режимів ТО АТЗ на сервісі повинен проводитись статистичний облік.

Поточне коригування режимів ТО АТЗ може проводитися на підставі порівняння питомих витрат часу на ТО за агрегатами, механізмами та системами з питомими відмовами, які виникають в них на лінії. Агрегати, механізми та системи, за якими втрати часу через відмови значно перевищують питомі витрати часу на їх обслуговування, вимагають і більшої уваги в процесі ТО АТЗ.

Поточне коригування режимів ТО можна здійснити за допомогою коефіцієнта відмов [6], який визначають так

$$k_0 = \frac{n'_0}{n_0} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де n'_0 – число відмов даного агрегату (механізму);

n_0 – число відмов усіх агрегатів, механізмів АТЗ.

Коефіцієнти відмов, які отримані для усіх агрегатів та механізмів, показують найменш надійні елементи АТЗ або елементи АТЗ надійність яких необхідно підвищити з метою підвищення надійності всього АТЗ. Ті механізми

та агрегати, які мають коефіцієнти відмов більші, потребують і більшої уваги в обслуговуванні, ніж ті агрегати, які отримали менші коефіцієнти відмов.

Актуальним залишається питання економічного та раціонального використання ресурсу АТЗ, тобто слід коригувати режими та обсяг ТО в залежності від напрацювання.

Об'єктом дослідження при коригуванні режимів ТО для підприємств, що експлуатують АТЗ іноземного виробництва, є цільова функція [4, 22]

$$C, L_{opt}(t_{PR}) \rightarrow opt, \quad (2.2)$$

де C – витрати на ТО та ремонт АТЗ, грн.;

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

t_{PR} – питома трудомісткість поточного ремонту, люд-год/1000 км.

При технічній експлуатації вантажних АТЗ підвищення K_G призводить до збільшення продуктивності процесу перевезень W . Тоді собівартість перевезень – це функція

$$S = f(C_{PV}, C_{ZV}, L, W, K_G), \quad (2.3)$$

де $C_{PV} = C_{ZP} + C_{NV}$ – постійні витрати, які складаються із заробітної плати водіїв та накладних витрат, грн.;

$C_{ZV} = C_P + C_{MM} + C_{SH} + C_A + C_{TOR}$ – змінні витрати, які містять витрати відповідно на паливо, мастильні матеріали, шини, амортизаційні відрахування, на ТО та ремонт АТЗ, грн.;

L – пробіг АТЗ, тис. км;

W – продуктивність АТЗ, т-км.

Собівартість перевезень залежить від технічного стану АТЗ, витрат на паливо, шини, мастильні матеріали, ТО та ремонт їх агрегатів, амортизаційні

відрахування. Зменшення витрат на експлуатацію АТЗ можна досягнути за рахунок мінімізації витрат на паливо, шини, ТО та ремонт їх агрегатів

$$\Delta S(L) = f(C_{SH}(L), C_P(L), \Sigma C_{TOR}(L)). \quad (2.4)$$

Оптимізацію ефективності технічної експлуатації можна охарактеризувати коефіцієнтом технічної готовності АТЗ до виконання транспортної роботи K_G [16]. Математичну модель формування K_G подамо в розгорнутому вигляді

$$K_G = f(X_L, X_T, Z_L, Z_T, W_L, W_T, W_I) \rightarrow 1, \quad (2.5)$$

де X_L та X_T – контрольовані керовані змінні, пов’язані з пробігом та часом відповідно;

Z_L та Z_T – контрольовані некеровані змінні, пов’язані з пробігом та часом відповідно;

W_L , W_T та W_I – неконтрольовані некеровані змінні, пов’язані з пробігом, часом та інтенсивністю експлуатації відповідно.

Для АТЗ категорії N за даними ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» $K_G^{\min} = 0,65$; $K_G^{\max} = 0,93$; $K_G^{Av} = 0,81$. Отже, є значні резерви для підвищенні K_G шляхом врахування діючих чинників та управління процесом їх формування.

2.2 Визначення показників надійності АТЗ

Розрахунки об’єктів на надійність призначені для визначення кількісних показників надійності. Їх проводять на етапах розробки, створення й експлуатації об’єктів (АТЗ, машин, устаткування й приладів).

Для розрахунку показників надійності автомобільної техніки користуються відповідними державними та галузевими стандартами, методичними вказівками й інструкціями з оцінки надійності АТЗ.

На етапі проектування розрахунок надійності роблять із метою прогнозування очікуваної надійності розроблювального об'єкта.

Під час випробувань та експлуатації розрахунки на надійність проводять для оцінки кількісних показників надійності. Результати розрахунків у цьому випадку показують, якою надійністю володіли об'єкти, що пройшли випробування або використання в певних умовах експлуатації. На підставі цих розрахунків визначають слабкі елементи об'єктів, намічають основні напрямки по підвищенню надійності, дається оцінка надійності об'єкта й впливу на неї різних факторів.

При цьому завдання зводиться до визначення однієї або декількох кількісних характеристик надійності автомобільної техніки. Так, наприклад, на підставі розрахунку АТЗ і його елементів на надійність визначають імовірність безвідмовної роботи, коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання й ін., а потім указують шляхи поліпшення отриманих показників надійності. При цьому не всі показники надійності можна розраховувати, деякі з них, як відзначалося раніше, визначають експериментально.

Загальна схема розрахунку АТЗ на надійність показана на рисунку 2.4. Ця схема дана для випадку, коли втрата АТЗ працездатності пов'язана як з поступовими, так і з раптовими відмовами.

Вихідні дані для розрахунку – це дані по конструкції елементів об'єктів, характеристиці сил, застосовуваним матеріалам, режимам роботи, умовам експлуатації й ремонту, а також по інших параметрах, що визначає працездатність автомобільної техніки.

Імовірність безвідмовної роботи об'єкта (АТЗ) $P_0(t)$ при спільній дії поступових і раптових відмов підраховується за теоремою множення ймовірностей

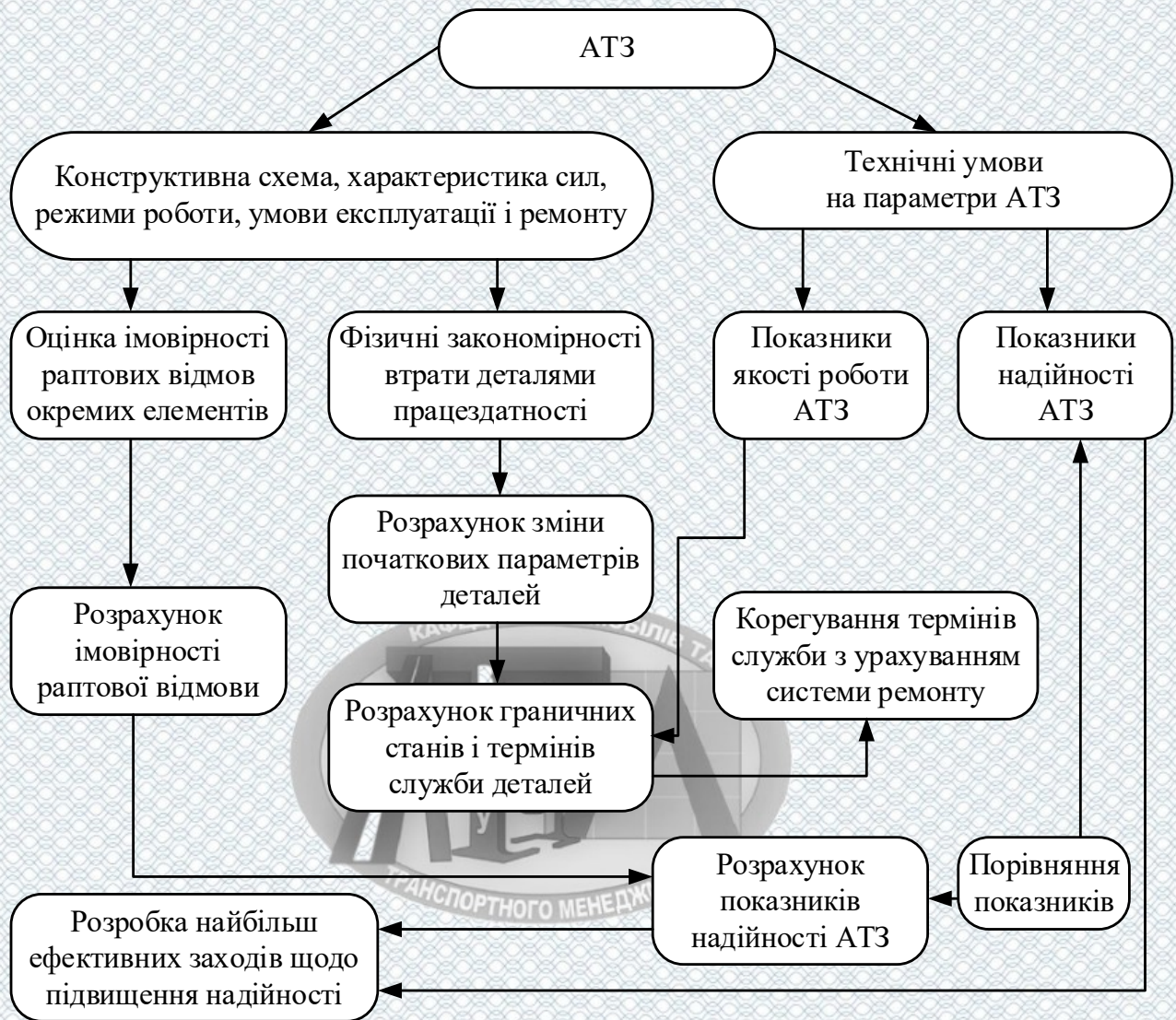


Рисунок 2.4 – Загальна схема розрахунку АТЗ на надійність

$$P_o(t) = P_u(t) \cdot P_e(t), \quad (2.6)$$

де $P_u(t)$ – імовірність безвідмовної роботи при поступових відмовах;

$P_e(t)$ – імовірність безвідмовної роботи, при раптових відмовах.

Наприклад, якщо розглядати гідроагрегати з позицій числа ущільнень, які найчастіше приводять до раптових відмов, із обліком поступових відмов рухомих з'єднань, то з формули (2.6) видно, що в найгіршому положенні серед

інших агрегатів гідросистем перебувають гідронасоси, що мають велику кількість гумових ущільнень.

За формулою (2.6), якщо відомі параметри законів розподілу (\bar{T} , σ і λ), можна розрахувати ймовірність безвідмовної роботи об'єкта або його елементів.

У випадку якщо поступові відмови підкоряються нормальному закону розподілу, а раптові – експонентному, формула (2.6) прийме такий вигляд

$$P_O(t) = \frac{e^{-\lambda t}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-\bar{T})^2}{2\sigma^2}} dt. \quad (2.7)$$

Як видно з рисунка 2.5, у початковий період роботи об'єкта основний вплив на $P_O(t)$ чинять раптові відмови, а потім усе більше впливають поступові відмови. Автомобільна техніка – це складні об'єкти (системи), які складаються з окремих елементів, що перебувають у складній взаємодії. Відмова будь-якого елемента відбивається на працездатності об'єкта, тому що вона залежить від працездатності вхідних у нього елементів, а також від способу їхнього включення в систему.

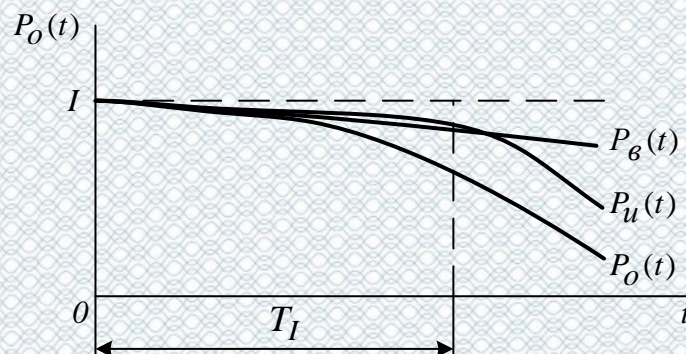


Рисунок 2.5 – Ймовірність безвідмовної роботи при спільній дії поступових і раптових відмов

Резервування – це метод підвищення надійності об'єкта введенням надмірності, тобто введенням додаткових засобів і можливостей понад мінімально необхідний, для виконання об'єктом заданих функцій.

При виході з ладу одного з елементів резервний елемент виконує його функції й об'єкт не втрачає працездатності.

У надійності розрізняють два основних види з'єднання елементів: послідовне й паралельне.

Під послідовним з'єднанням елементів (рис. 2.6, а) у надійності розуміють таке з'єднання, при якому відмова одного якого-небудь елемента спричиняє відмову всієї системи. Цій умові підкоряється більшість приводів і механізмів передач АТЗ, тому що вихід з ладу будь-якої шестірні, підшипника, електродвигуна тощо, викликає втрату працездатності всієї системи.

Якщо відомо ймовірність безвідмовної роботи 1-го елемента $P_1(t)$, з урахуванням виду з'єднання елементів безвідмовність $P_0(t)$ складної системи можна підрахувати за формулами теорії ймовірностей.

Ймовірність безвідмовної роботи системи з послідовним з'єднанням елементів. У цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи визначається за формулою множення ймовірностей незалежних подій і дорівнює добутку ймовірностей безвідмовної роботи елементів

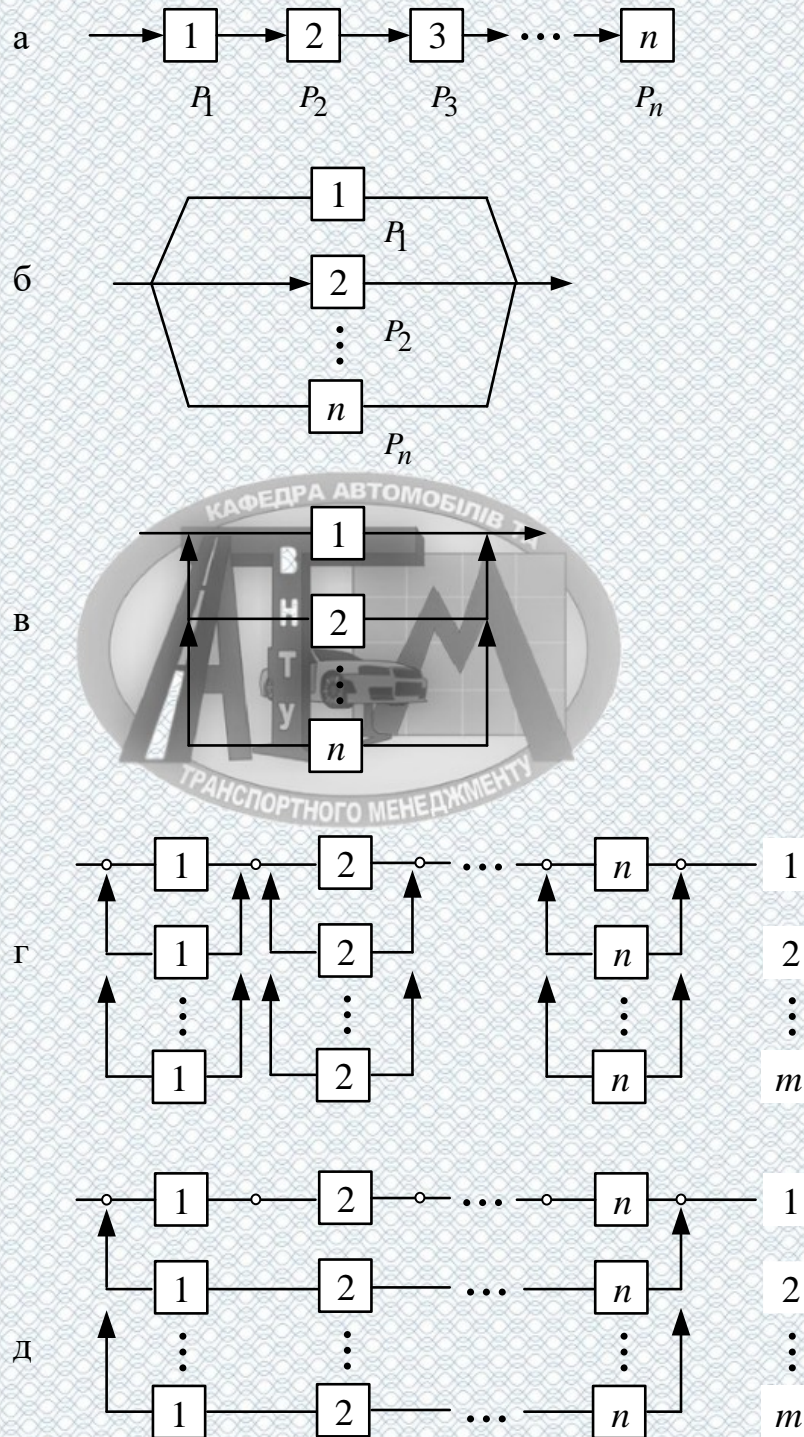
$$P_{\text{Посл}}(t) = P_1 \cdot P_2 \cdots P_n = \prod_{i=1}^n P_i. \quad (2.8)$$

Ймовірність відмови послідовного елемента визначають за виразом

$$q_{\text{Посл}} = 1 - P_{\text{Посл}}(t).$$

При однаковій ймовірності безвідмовної роботи елементів

$$P_{\text{Посл}}(t) = P_i^n. \quad (2.9)$$



а - послідовне; б - паралельне з навантаженим або полегшеним резервом; в - резервування заміщення невантаженим резервом; г - роздільне резервування; д - загальне резервування

Рисунок 2.6 – Схеми різних видів з'єднань елементів складних систем [6]

Так, наприклад, якщо система складається з 50 послідовно з'єднаних елементів ($n = 50$) з імовірністю безвідмовної роботи кожного елемента за певний проміжок часу $P_i = 0,99$, то ймовірність безвідмовної роботи всієї системи буде $P_{\text{Посл}}(t) = (0,99)^{50} \approx 0,6$.

Для випадку виникнення раптових відмов, що підкоряються експонентному закону розподілу $P_1 = e^{-\lambda_1 t}$, $P_2 = e^{-\lambda_2 t}$, $P_n = e^{-\lambda_n t}$, зробивши відповідні підстановки у формулу (2.8), одержимо:

$$P_{\text{Посл}}(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) \cdot t} = e^{-\lambda_0 t}.$$

Імовірність безвідмовної роботи складної системи в цьому випадку також підкоряється експонентному закону з параметром $\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i$.

$$P_{\text{Посл}}(t) = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t}.$$

Імовірність відмови в цьому випадку $q_{\text{Посл}} = 1 - e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t}$.

При експонентному розподілі часу безвідмовної роботи параметр потоку відмов і наробіток на відмову для відновлюваних об'єктів відповідно

$$\omega(t) = \sum_{i=1}^n \omega_i(t) \quad \text{і} \quad T(t) = 1 / \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \right),$$

де $\omega_i(t)$ і $T(t)$ – відповідно параметр потоку відмов і наробіток на відмову 1-го елемента протягом часу (напрацювання) t .

Зокрема, якщо $\omega_i(t) = \text{const}$, то й $\omega(t) = \text{const}$.

Імовірність безвідмовної роботи при паралельному з'єднанні елементів. Паралельним з'єднанням (рис. 2.6, б) називається сукупність елементів, працездатність якої порушується тільки за умови відмови всіх паралельних елементів, що входять у сукупність.

Паралельне з'єднання елементів у системі є основою резервування.

Варто помітити, що паралельне з'єднання не завжди може забезпечити необхідне резервування. Якщо той самий елемент об'єкта (системи) підданий різним за своєю фізичною сутністю відмовам, то залежно від характеру відмови резервний елемент необхідно включати або послідовно, або паралельно. Кожне із зазначених включень окремо зможе забезпечити лише часткове резервування.

Як приклад можна розглянути фільтр гідросистеми, системи мащення або паливний фільтр, відмова яких може відбутися або в результаті забруднення фільтруючого елемента, або в результаті його ушкодження (руйнування). У першому випадку резервування можна забезпечити паралельним включенням резервного фільтра (фільтруючого елемента), а в другому – послідовним.

Щоб упоратися з обсягом заданих робіт з урахуванням виходу з ладу АТЗ, господарства здобувають резервну техніку. Обмінний фонд запасних складальних одиниць і агрегатів, запас деталей на складі (а іноді й безпосередньо на АТЗ) служать для цієї ж мети, тому що дозволяють швидко замінити елементи об'єктів, що відмовили, справними.

Резервування, підвищуючи надійність систем, приводить до їхнього ускладнення й подорожчання.

Резервування методом введення запасних частин, обмінних агрегатів здорожує експлуатацію машин, часто створить невиправдані їхні запаси. Тому доцільність застосування резервування в кожному окремому випадку повинна оцінюватися з обліком його економічної ефективності, а також з урахуванням вимог, пропонованих до об'єкта з погляду безвідмовності.

Наприклад, автомобіль оснащений двома гальмами: ручним і ножним, на ньому встановлені дві фари й більше. Якщо на нього з метою резервування

встановити два двигуни, дві коробки передач і т.д., то він стане невиправдано складним і громіздким.

При паралельному з'єднанні, показаному на рисунку 2.6, в, резервні елементи постійно приєднані до основних, перебувають у тому ж режимі, що й основний елемент, тобто ми маємо справу з навантаженим резервом. Якщо резервні елементи (наприклад, золотники гідророзподільника для приєднання виносних гідроциліндрів) перебувають у менш навантаженому режимі, чим основний елемент (золотник основного гідроциліндра), то це буде полегшене резервування.

У цьому випадку буде постійне резервування, при якому резервні елементи беруть участь у функціонуванні об'єкта нарівні з основними. Імовірність безвідмовної роботи при навантаженому резервуванні може бути підрахована в такий спосіб. Якщо позначити q_1, q_2, \dots, q_n імовірності появи відмови кожного з елементів за час t , то відмова системи в цьому випадку паралельного з'єднання відбудеться за умови відмови всіх елементів. Імовірність спільної появи всіх відмов за формулою множення ймовірностей

буде $q_{\text{пар}}(t) = q_1 \cdot q_2 \dots q_n = \prod_{i=1}^n q_i$.

Тому безвідмовність системи з паралельним з'єднанням елементів буде

$$P_{\text{пар}}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n q_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i). \quad (2.10)$$

Наприклад, якщо ймовірність відмови кожного із трьох ($n = 3$) елементів $q_i = 0,1$, то $P_{\text{пар}}(t) = 1 - (0,1)^3 = 0,999$.

Автомобіль має в системі освітлення й сигналізації фари, підфарники й габаритні вогні, які з'єднані методом резервування (по два вироби в кожному ланцюзі). Відмова будь-якого одного об'єкта (наприклад, фари) не викликає

відмови в роботі освітлення й дозволяє продовжити експлуатацію автомобіля до повернення в гараж і усунення відмови. У цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи системи освітлення й сигналізації визначається за формулою (2.10).

Щоб визначити надійність гальмової системи автомобіля, якщо відомо, що ножне гальмо $P_n = 0,98$, а ручне $P_p = 0,97$, можна скористатися тією же формулою (2.10): $q_n = 1 - P_n = 1 - 0,98 = 0,02$; $q_p = 1 - P_p = 1 - 0,97 = 0,03$.

Ймовірність відмови гальмової системи $q_t = q_n q_p = 0,02 \cdot 0,03 = 0,0006$.

Ймовірність безвідмовної роботи

$$P_m = 1 - q_n q_p = 1 - [(1 - P_n)(1 - P_p)] = 1 - [(1 - 0,98)(1 - 0,97)] = 0,9994.$$

Для часткового випадку – експонентного закону розподілу відмов розрахункові формули для паралельного з'єднання елементів можна представити в наступному виді:

$$P_{\text{пар}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t}); \quad q_{\text{пар}} = \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t}).$$

На практиці часто зустрічаються структурні схеми, що складаються з m паралельних ланцюгів, а кожний ланцюг має n послідовно з'єднаних елементів. У цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи обчислюють із використанням формул для паралельно-послідовних схем.

Обґрунтування й розрахунок граничного стану дозволяють повніше використовувати кожну деталь, сполучення, вузол і механізм АТЗ при мінімальних витратах засобів. При занижених граничних станах ресурс військової техніки використовується не повністю, а при завищених можуть виникнути аварійні відмови, збільшуються простої військової техніки й витрати на її експлуатацію й ремонт.

Зміна стану сполучень характеризується головним чином зношуванням деталей, а тому граничний стан сполучень встановлюється за критеріями (ознакам) питомого зношування.

Рекомендується розглядати три критерії граничного стану деталей і сполучень [4, 24]: технічний (безвідмовність, робота без поломок), технологічний (якість роботи) і економічний.

Критерії граничного зношування рекомендується встановлювати залежно від того, який вплив робить зношування деталі на роботу АТЗ. При цьому розглядається три випадки.

У першому випадку (рис. 2.7, а) в результаті зношування машина не може більше функціонувати, тобто стає неприцездатною. Наприклад, відбувається поломка колінчатого вала, задирка поверхонь вкладишів шатунних або корінних підшипників, поломка поршневого кільця, заїдання зубів шестірень тощо.

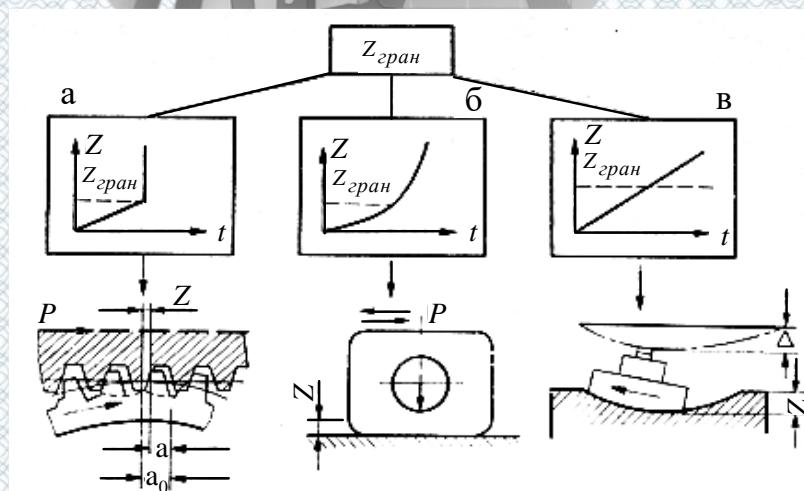


Рисунок 2.7 – Критерії граничного зносу АТЗ та його елементів

У другому випадку (рис. 2.7, б) зношування приводить до влучення в зону інтенсивного виходу з ладу АТЗ та його деталей. При цьому виникають удари, відбувається форсоване зношування поверхонь, зростають вібрації АТЗ, підвищується температура вузлів. На кривій зношування залежно від наробітку це період аварійного зношування.

Цей випадок можна проілюструвати на прикладі верхнього поршневого компресійного кільця, покритого електролітичним хромом. Граничне зношування наступить тоді, коли в результаті зношування шар хрому буде знятий і інтенсивність зношування сполучення при цьому різко зросте.

У третьому випадку (рис. 2.7, в) у результаті зношування характеристики АТЗ виходять за припустимі або рекомендовані межі (знижується точність роботи, падає продуктивність і коефіцієнт корисної дії, зменшується коефіцієнт подачі тощо).

Граничні внески основних деталей часто встановлюють на підставі практичних даних експлуатації й ремонту машин окремих марок.

2.3 Встановлення періодичності технічного обслуговування АТЗ за показниками надійності

Найважливіша умова підтримування заданого рівня надійності автомобілів в умовах експлуатації – призначення оптимальних режимів їхнього ТО: періодичності, переліку та трудомісткості операцій або виду обслуговування.

Під оптимальним треба розуміти такий режим, який забезпечує надійну роботу автомобіля та його елементів при мінімальних затратах коштів на ТО і ремонту [2].

Проблема оптимізації ТО дуже складна і її можна розглядати в різних аспектах. Проте при будь-якому її розв'язуванні треба враховувати надійність і готовність автомобілів, вплив на них профілактичних робіт. Розв'язанню цієї проблеми присвячено багато досліджень, виконаних науково-дослідними і навчальними закладами, а також автомобільними заводами і автотранспортними підприємствами [3, 4, 22, 24]. Вони покладені в основу діючої системи ТО і ремонту автомобілів у нашій країні.

До складу профілактичних робіт входять контрольно-діагностичні, кріпильні, регулювальні, електротехнічні, мастильні та інші роботи. Контрольно-діагностичні роботи виконуються в обов'язковому порядку через певний пробіг, а всі інші – після контрольно-діагностичних робіт (за потребою). Таким чином, періодичність ТО автомобілів, яка є основним питанням при обґрунтуванні режимів профілактики, визначається періодичністю контрольно-діагностичних робіт.

Проблема періодичності контрольно-діагностичних робіт не може бути розв'язана у відриві від надійності окремих вузлів і агрегатів автомобіля в конкретних умовах експлуатації у зв'язку з випадковим характером виникнення його відмов.

За час експлуатації автомобіля спостерігається три характерних періоди: припрацювання, нормальна експлуатація, інтенсивне спрацьовування, які можна наближено знайти за закономірністю зміни параметра потоку відмов. На етапі припрацювання виникають відмови, спричинені технологічними і конструктивними недоліками. Період нормальної експлуатації найбільш тривалий і характеризується в основному раптовими відмовами. Період інтенсивного спрацьовування характеризується відмовами, спричиненими спрацьовуванням деталей автомобіля. Крім тривалості і причин виникнення відмов, ці періоди характеризуються також різними значеннями параметра потоку відмов, що мають найбільше і нерівномірне значення в період інтенсивного спрацьовування. Треба зазначити також і те, що надійність різних агрегатів автомобіля не однакова. Таким чином, періодичність ТО автомобіля має визначатися для кожного агрегату й окремо для кожного періоду його експлуатації.

Як критерії для визначення оптимальної періодичності контрольно-діагностичних робіт можуть бути використані такі характеристики експлуатаційної надійності автомобілів: імовірність безвідмовної роботи і справного стану (з урахуванням відновлення), параметр потоку відмов, середнє

напрацювання на відмову та ін. Це пояснюється тим, що вони охоплюють багато конструктивно-технологічних і експлуатаційних факторів і, отже, досить повно характеризують надійність автомобіля в заданих умовах експлуатації.

При обґрунтуванні режимів ТО автомобілів застосовують й інші методи визначення періодичності ТО автомобілів [2, 24]: за зміною зовнішнього вигляду автомобіля та його елементів; потребою гарантування безпеки руху; найбільшою продуктивністю рухомого складу; закономірністю зміни і допустимим значенням параметрів технічного стану елементів автомобіля; питомими затратами на ТО і ремонти (техніко-економічний метод); допустимим рівнем імовірності безвідмовної роботи; економіко-ймовірнісним методом та за іншими критеріями.

2.3.1 Ймовірність безвідмовної роботи

Припустимо, що в період нормальної експлуатації автомобіля потік його відмов має стаціонарність, ординарність і не має післядій (рис. 2.8). Беручи до уваги ці властивості і застосовуючи теорему про повторення дослідів, неважко довести, що ймовірність появи n відмов на відрізьку l виражається формулою (закон рідкісних подій Пуассона)

$$P_n = \frac{(\omega l)^n}{n!} e^{-\omega l}. \quad (2.11)$$

Під параметром потоку відмов ω , що входить до формули (2.11), розуміють граничне значення відношення ймовірності появи хоча б однієї відмови (у потоці відмов) за інтервал пробігу до довжини цього інтервалу:

$$\omega = \lim_{\Delta l \rightarrow \infty} \frac{P_1(l, \Delta l) + P_{>1}(l, \Delta l)}{\Delta l},$$

де $P_1(l, \Delta l)$ – ймовірність появи однієї відмови за інтервал пробігу $l, l + \Delta l$;

$P_{>1}(l, \Delta l)$ – ймовірність появи двох, трьох і більше відмов за інтервал пробігу $l, l + \Delta l$.

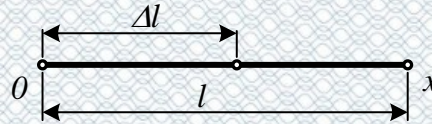


Рисунок 2.8 – Схема випадкового виникнення відмов АТЗ

Очевидно, що сума ймовірностей $P_1(l, \Delta l) + P_{>1}(l, \Delta l)$ – ймовірність появи хоча б однієї відмови за інтервал пробігу $l, l + \Delta l$. Ймовірність

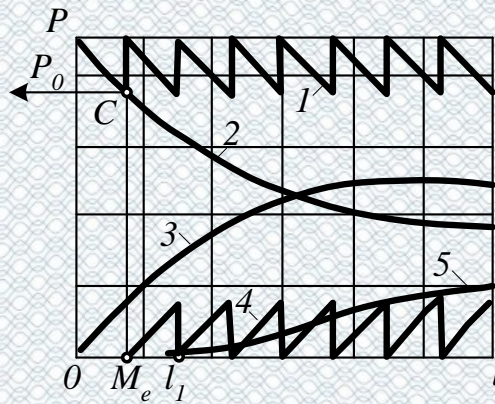
$P_{>1}(l, \Delta l) = \sum_{k=2}^{\infty} P_k(l, \Delta l) = 1 - [P_0(l, \Delta l) + P_1(l, \Delta l)]$, де $P_0(l, \Delta l)$ – ймовірність не появи жодної відмови за інтервал пробігу $l, l + \Delta l$.

Для ординарного потоку відмов $\lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{P_{>1}(l, \Delta l)}{\Delta l} = 0$.

Отже, рівняння ординарних потоків для параметра потоку відмов має вигляд $\omega = \lim_{\Delta l \rightarrow \infty} \frac{P_1(l, \Delta l)}{\Delta l} = \frac{1}{N_0} \frac{dn(l)}{dl}$.

Вираз (2.11) дає змогу визначити характеристики експлуатаційної надійності ($n=0$) і надійності ($n=1, 2, \dots$) автомобіля (рис. 2.9). Аналіз цих характеристик дає змогу вибрати оптимальну періодичність ТО, яка визначається медіанним значенням M_e , відрізка $0l_1$ – осі абсцис (імовірність появи двох і більше відмов автомобіля на відріжку $0l_1$ – практично дорівнює нулю). Імовірність безвідмовної роботи при цьому значенні періодичності

визначається ординатою точки C , абсцисою якої буде вибрана періодичність ТО автомобіля.



1, 2 – імовірність безвідмовної роботи АТЗ з урахуванням і без урахування профілактики, відповідно; 3, 4 – імовірність виникнення однієї відмови автомобіля без урахування і з урахуванням профілактики, відповідно; 5 – імовірність виникнення двох відмов АТЗ без урахування профілактики

Рисунок 2.9 – Вплив імовірності безвідмовної роботи на періодичності ТО АТЗ

При визначенні періодичності ТО автомобілів під час нормальної експлуатації припускають, що кількість відмов протягом розглядуваного інтервалу пробігу визначається законом рідкісних подій Пуассона. Це можливо, коли елементи автомобіля мають експоненціальні функції надійності, тобто якщо $P(l) = e^{-\omega l}$, де $\omega = const$. Відповідно до граничної теореми Пальма, це правомірно при будь-яких функціях надійності елементів, якщо кількість останніх в автомобілі достатньо велика. Проте в деяких агрегатах автомобіля кількість змінних елементів, які треба враховувати при оцінюванні надійності, порівняно невелика. Функції їхньої надійності можуть помітно відрізнятися від експоненціальних.

Аналогічне становище складається і при резервуванні, коли окремі елементи об'єднують в один складний і при цьому вважають, що він виходить з

ладу за умови поломки всіх його складових елементів. Функція надійності такого елемента не буде експоненціальною навіть тоді, коли функції надійності окремих елементів експоненціальні. У подібних ситуаціях доцільно враховувати відхилення розподілу кількості відмов від закону Пуассона при оцінюванні надійності автомобіля.

Для цього треба спочатку визначити функцію $R_n(l, u)$, яка є ймовірністю не менш як n відмов у розглядуваному інтервалі пробігу для заданого агрегату автомобіля, що складається з K елементів:

$$R_n \approx H(n, a) + \varepsilon \delta^2 H(n, a), \quad (2.12)$$

де a – математичне сподівання (або середня кількість відмов).

Перший член виразу (2.12) є звичайним пуассонівським наближенням для шуканої ймовірності R_n . Другий член можна розглядати як поправку до пуассонівського наближення. Множник враховує відхилення дисперсії кількості відмов цього потоку від дисперсії відповідного пуассонівського потоку (дорівнює a). Значення функцій $H(n, a)$ і $\delta^2 H(n, a)$ табульовані:

$\varepsilon = \frac{1}{2}(D - a)$, де D – дисперсія кількості відмов у розглядуваному інтервалі пробігу $(u, u+l)$ (рис. 2.10).

Множник ε наближено визначають за виразами:

– для елементів із поступовими відмовами $\varepsilon(l, u) \approx -\frac{a^2(l, u)}{2K}$;

– для елементів із раптовими відмовами $\varepsilon(l, u) \approx -\frac{a^2(l, u)}{2K} \left(\frac{\omega}{\omega(u)} - 1 \right)$, де

$\omega_0, \omega_1(u)$ – початкове та в інтервалі u значення параметра потоку відмов.

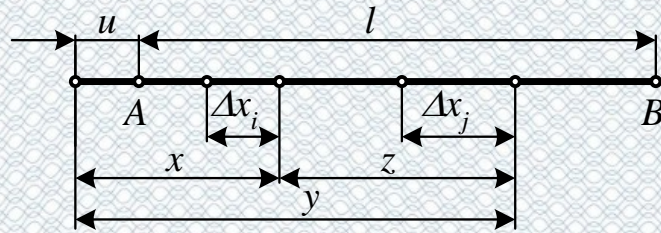


Рисунок 2.10 – Обчислення дисперсії кількості відмов

Після відшукування функцій $R_n(l, u)$ визначають характеристики експлуатаційної надійності і ненадійності: $P_0 = 1 - R_1$; $R_n = R_n - R_{n+1}$, $n > 0$.

Періодичність ТО автомобіля в період припрацювання (враховуючи тривалість його) можна знайти, коректуючи періодичність для періоду нормальної експлуатації (порівнюючи параметри потоку відмов відповідних періодів).

Для періоду інтенсивного спрацьовування автомобіля, коли функції $H(n, a)$ і $\delta^2 H(n, a)$ стають близькими до відповідних функцій при нормальному розподілі, характеристики експлуатаційної надійності і ненадійності агрегатів автомобіля треба визначати за такими формулами:

$$R_m \approx F\left(\frac{m-a}{\sqrt{a}}\right) + \frac{\varepsilon}{a} \varphi'\left(\frac{m-a}{\sqrt{a}}\right); P_n \approx \frac{1}{\sqrt{a}} \varphi\left(\frac{n-a}{\sqrt{a}}\right) + \frac{\varepsilon}{a\sqrt{a}} \varphi''\left(\frac{n-a}{\sqrt{a}}\right);$$

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2},$$

де $F(x)$, $\varphi'(x)$ і $\varphi''(x)$ – відповідно інтервал від $-\infty$ до x , перша і друга похідні від функції $\varphi(x)$. Усі ці функції табульовані.

Розглянемо тепер питання про вплив кількості елементів в автомобілі (агрегаті) на близькість потоку відмов до пуассонівського потоку.

Для елементів автомобіля з раптовими відмовами досліджуваний потік можна вважати пуассонівським, якщо $K/a > 10(\omega_0/\bar{\omega} - 1)$ при $a \geq 1$; $K/a > 10a(\omega_0/\bar{\omega} - 1)$ при $a < 1$; де $\bar{\omega}$ – усталене значення параметра потоку відмов.

Для складних елементів та елементів з поступовими відмовами потік відмов можна вважати пуассонівським, якщо $K/a > 10$ при $a \geq 1$; $K/a > 10a$ при $a < 1$.

У решті випадків доцільно вводити поправки до відповідних пуассонівських наближень викладеними вище методами.

Метод визначення періодичності ТО за ймовірністю безвідмовної роботи простий і зручний для користування, оскільки параметр потоку відмов досить просто визначають із статистичної вибірки, а решта функцій табульована.

2.3.2 Ймовірність справного стану

При оцінюванні надійності автомобіля з урахуванням відновлення не можна оперувати поняттям «ймовірність безвідмовної роботи». Треба користуватися поняттям «ймовірність справного або несправного стану автомобіля» протягом заданого інтервалу робочого часу.

Ймовірність справного стану автомобіля $P(t)$ у довільний момент часу t для періоду нормальної експлуатації можна визначити за формулою

$$P(t) = K_r + (1 - K_r) \cdot e^{-\frac{t}{K_r T_q}},$$

де K_r , T_q – відповідно коефіцієнт готовності і час відновлення автомобіля.

Цей вираз дає змогу визначити характеристику експлуатаційної надійності автомобіля (рис. 2.11).

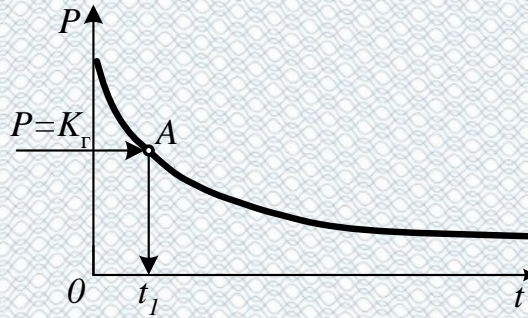


Рисунок 2.11 – Вплив імовірності справного стану на періодичність ТО АТЗ

Оскільки експлуатаційну надійність автомобіля з урахуванням профілактики оцінюють коефіцієнтом готовності K_r , оптимальну періодичність ТО визначають відрізком осі абсцис $0t_1$ – добутим у результаті перетину ординати (значення якої дорівнює прийнятому K_r) з віссю абсцис.

Визначення періодичності ТО цим методом через велику трудомісткість можна рекомендувати, в основному, для періодичного користування.

2.3.3 Середнє напрацювання на відмову

Для деяких агрегатів автомобіля, які безпосередньо не впливають на безпеку руху, періодичність їхньої профілактики можна визначити за середнім напрацюванням на відмову за формулою

$$\omega_{cp} = \lim_{l \rightarrow \infty} \bar{\omega}(l) = \lim_{l \rightarrow \infty} \frac{1}{l} \int_0^l \omega(l_i) dl = \frac{1}{L}, \quad (2.13)$$

де $\bar{\omega}(l)$ – усереднений за пробіг параметр потоку відмов автомобіля.

Формула (2.13) справедлива для будь-якого закону розподілу пробігу безвідмовної роботи автомобілів, оскільки при її доведенні ніде не накладається ніяких обмежень на щільність розподілу пробігу безвідмовної роботи $f(l)$. З

урахуванням того, що $L_{TO} \leq L$ (де L_{TO} – періодичність ТО АТЗ), вираз (2.13) дає змогу визначити періодичність ТО агрегатів, що не впливають на безпеку руху АТЗ. Застосування цього методу обмежене, оскільки він дає добрі результати тільки тоді, коли АТЗ має добре відпрацьовану конструкцію.

2.3.4 Техніко-економічний метод

Критерієм для визначення періодичності ТО за техніко-економічним методом є економічна доцільність його виконання, що коректується технічними критеріями (безпекою руху, легкістю проведення технічного обслуговування і т. п.). Техніко-економічний метод (рис. 2.12) досить універсальний і враховує разом із економічними критеріями також і технічні. Його застосовують при обґрунтуванні режимів ТО автомобілів у нашій країні і за кордоном.

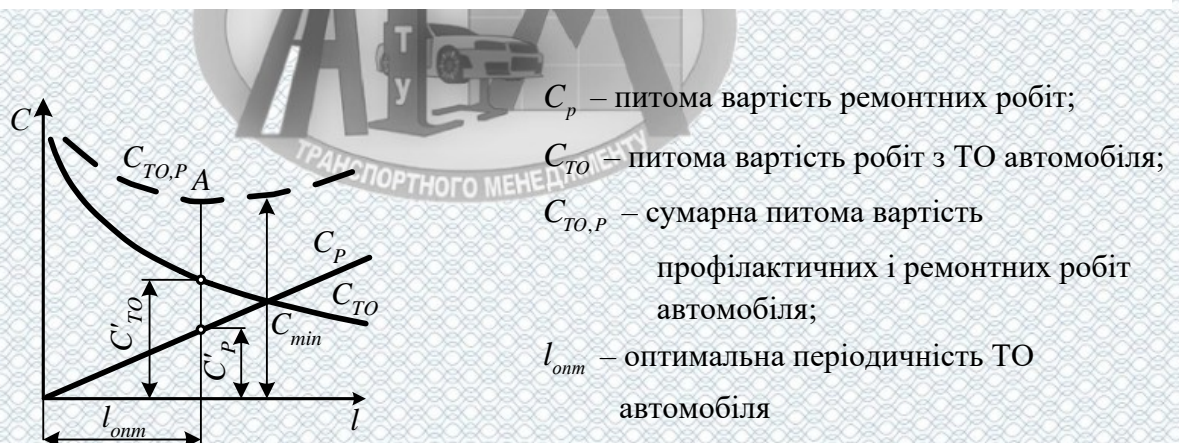


Рисунок 2.12 – Вплив витрат на ТО і ремонт АТЗ на періодичність виконання

2.3.5 Допустимий рівень безвідмовності

Метод визначення періодичності ТО за допустимим рівнем імовірності безвідмовної роботи ґрунтується на теорії імовірності та математичної статистики і враховує випадковий характер виникнення відмов автомобіля. Критерієм для визначення періодичності ТО є допустимий рівень імовірності

безвідмовної роботи (рис. 2.13), установлений із технічних, економічних та інших міркувань. I , II – випадки з фактичною періодичністю, що менша від ($q = 1 - P_q$ випадків) і більша від установленної (P_q випадків), відповідно. Рекомендуються рівні ймовірності 0,90...0,98 для елементів автомобіля, які створюють безпеку руху, для інших – 0,85...0,90.

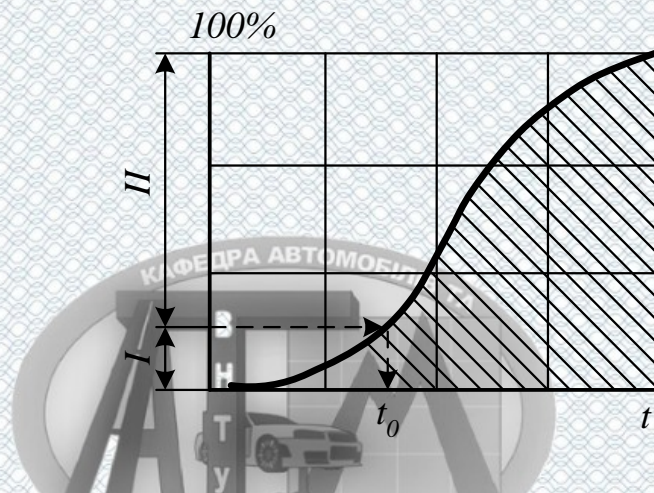


Рисунок 2.13 – Визначення періодичності ТО за допустимим рівнем імовірності

2.4 Методика оцінки надійності АТЗ з використанням ланцюгів Маркова

Будь-яка технічна система в період експлуатації може перебувати в різних станах: справний робочий; технічне обслуговування; поточний ремонт; капітальний ремонт; справний неробочий (простій з організаційних причин); списання тощо.

Перехід з одного стану в інший відбувається стрибкоподібно (миттєво) випадковим чином, тобто процес є випадковим. Оскільки ймовірність будь-якого стану системи однозначно визначається попереднім станом, сукупність зазначених станів є ланцюгом Маркова для випадкового процесу з дискретним станом, він є неперервним у часі (в загальному випадку ланцюгом Маркова називають послідовність залежних станів [29]).

Всі переходи з одного стану в інший відбуваються під дією будь-яких потоків подій: відмов або відновлень. Будемо думати, що ці потоки є найпростішими, а інтервали часу між подіями мають експонентний розподіл з параметром, рівним інтенсивності відповідного потоку.

Надалі інтенсивність потоку відмов будемо позначати через λ , потоку відновлення – μ . Для ланцюга Маркова, що утвориться в технічній системі, можна побудувати так званий розмічений граф станів, або граф переходів, де можливі стани системи позначаються прямокутниками, а можливі переходи з одного стану в інший – стрілками. Біля стрілок вказуються відповідна інтенсивність переходів, а біля прямокутників – імовірності знаходження системи в даному стані (p_i).

Допустимо, що технічна система S складається із двох вузлів. В випадкові моменти часу кожен із вузлів по черзі може вийти із ладу (відмовити), після чого зразу починається ремонт вузла. Можливі наступні стани систем: S_0 – обидва вузли справні; S_1 – перший вузол ремонтується, другий – справний; S_2 – другий вузол ремонтується, перший – справний; S_3 – обидва вузли ремонтуються.

Нехай потік відмов інтенсивністю λ_1 переводить систему із стану S_0 в S_1 . Зворотний перехід здійснюється потоком відновлення інтенсивністю μ_1 . Аналогічно здійснюються інші переходи.

Розмічений граф станів системи S показаний на рис. 2.14.

Для будь-якого моменту часу сума всіх ймовірностей дискретних станів дорівнює одиниці, тобто

$$\sum_{i=0}^3 p_i = 1. \quad (2.14)$$

Назвемо потік ймовірних станів послідовністю добутків інтенсивності потоку на ймовірність стану. Ці добутки мають вид: $\lambda_i \cdot p_i$; $\mu_i \cdot p_i$.

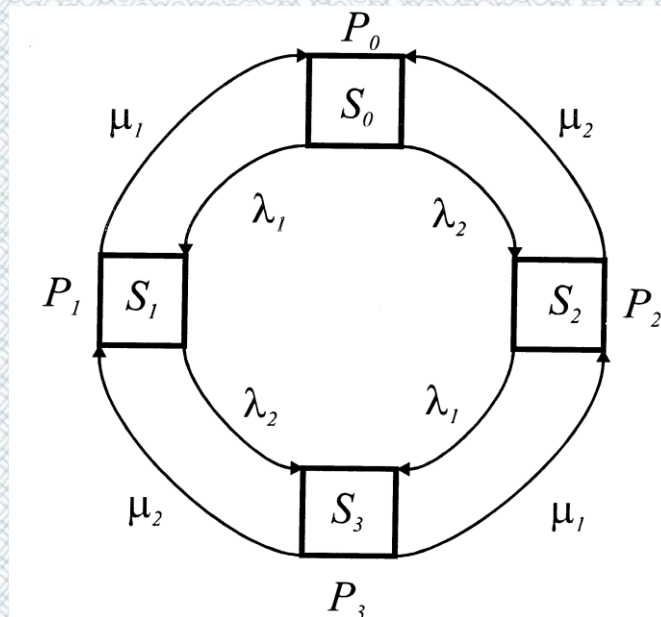


Рисунок 2.14 – Розмічений граф станів технічної системи

Зміна станів машин й їхніх агрегатів відбувається протягом тривалого періоду. Тому процес їхньої експлуатації можна віднести до стаціонарного й покласти $t \rightarrow \infty$.

Установлено, що при стаціонарному Марківському процесі всі ймовірності станів p_i прямують до постійних (фінальних) значень, які не залежать від часу. Надалі будемо оперувати тільки з такими ймовірностями. При зазначених умовах для знаходження ймовірностей станів технічних систем використовуються не диференціальні, а алгебраїчні рівняння А. М. Колмогорова. Їх можна скласти за допомогою розміченого графа станів за таким правилом: для кожного стану Марківського ланцюга сумарний вихідний потік ймовірностей дорівнює сумарному вхідному потоку. Для механічної системи, показаної на рис. 2.14, на підставі сформульованого правила одержимо такі рівняння

$$\begin{aligned}
 (\lambda_1 + \lambda_2)p_0 &= \mu_1 \cdot p_1 + \mu_2 \cdot p_2; \\
 (\mu_1 + \lambda_2)p_1 &= \lambda_1 \cdot p_0 + \mu_2 \cdot p_3; \\
 (\lambda_1 + \mu_2)p_2 &= \lambda_2 \cdot p_0 + \mu_1 \cdot p_3; \\
 (\mu_1 + \mu_2)p_3 &= \lambda_2 \cdot p_1 + \lambda_1 \cdot p_2;
 \end{aligned}
 \tag{2.15}$$

Число рівнянь можна скоротити до 1, якщо врахувати ймовірність стану системи S : p_0 ; p_1 ; p_2 ; p_3 . Маючи у своєму розпорядженні ймовірності станів технічної системи, можна визначати комплексні показники надійності машин – коефіцієнт технічної готовності K_G і коефіцієнт технічного використання K_B .

Так, для визначення K_G потрібно скласти ймовірність двох станів: справного робочого і справного неробочого (простою з організаційних причин).

Для обчислення K_B потрібно від значення K_G відняти ймовірності станів, коли система проходить технічне обслуговування й перебуває на поточному ремонті.

Слід зазначити, що в багатьох випадках, коли розглядається стаціонарний Марківський процес, при розрахунку інтенсивності переходів λ_i та μ_i можна використати асимптотичну формулу для простого процесу відновлення типу

$$\lambda_i(\mu_i) = (\bar{T}_i)^{-1}, \quad (2.16)$$


Де \bar{T}_i – середнє значення часу проведення i -ї дії.

Для аналізу випадкових процесів відмови функціонування автомобільних систем скористаємося графом стану АТЗ (рис. 2.15).

АТЗ може знаходитись в справному стані – S_0 , а також в станах, спричинених відмовами його систем:

S_1 – ремонт системи двигуна (кривошипно-шатунний механізм, механізм газорозподілення, підсистеми охолодження, мащення, живлення);

S_2 – ремонт системи рульового керування (рульовий механізм та привід, підсилювачі рульових приводів);

S_3 – ремонт системи кузова (фургон, кабіна, капот, двері);

S_4 – ремонт системи електрообладнання (електропостачання, живлення, електропуск, контрольно-вимірювальні прилади, освітлення, сигналізація);



Рисунок 2.15 – Граф стану АТЗ з врахуванням відмов його систем


S_5 – ремонт системи підвіски (амортизатор, стійка, пружний елемент, важелі, шарніри);

S_6 – ремонт трансмісії (зчеплення, коробка передач, роздавальна коробка, карданна передача, головна передача, диференціал, ведучі мости і колісна передача);

S_7 – ремонт коліс (шини, маточини, підшипники);

S_8 – ремонт гальмівних систем (гальмівні механізми, підсилювач гальмівного проводу, гальмівний привід).

Імовірність знаходження АТЗ в кожному із вище поданих станів позначимо відповідно $P_0, P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8$. Стан автомобіля встановлюється сукупністю рівнянь фінальних ймовірностей:



$$\begin{cases} P_0 * (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8) = P_1 * \mu_1 + P_2 * \mu_2 + \\ + P_3 * \mu_3 + P_4 * \mu_4 + P_5 * \mu_5 + P_6 * \mu_6 + P_7 * \mu_7 + P_8 * \mu_8; \\ P_1 * \mu_1 = P_0 * \lambda_1; \\ \dots \\ P_8 * \mu_8 = P_0 * \lambda_8; \end{cases}$$

Система має рішення за допомогою умов нормування: сума всіх ймовірностей дорівнює одиниці. В рівняннях інтенсивність λ характеризує вхідний потік – потік відмов (середнє число заявок на ремонт, поступивших у одиницю часу), інтенсивність μ – вихідний потік – потік відновлення (середнє число заявок на ремонт, виконаних у одиницю часу). При цьому:

$$\begin{cases} P_0 = (1 + \lambda_1/\mu_1 + \lambda_2/\mu_2 + \lambda_3/\mu_3 + \lambda_4/\mu_4 \\ + \lambda_5/\mu_5 + \lambda_6/\mu_6 + \lambda_7/\mu_7 + \lambda_8/\mu_8)^{-1}; \\ P_1 = P_0 * \lambda_1/\mu_1; \\ \dots \\ P_8 = P_0 * \lambda_8/\mu_8. \end{cases}$$

Параметрів потоків відмов функціонування механізмів вузлів конкретної моделі АТЗ проходять по результатам справжніх умов експлуатації за окремий проміжок (наприклад, за рік). Відмови, які з'явилися в період обкатки (припрацюванні вузлів автомобіля), а також поломки, які сталися в результаті аварії або дорожньо – транспортних пригод, не враховуються. Мається на увазі те, що розглядається лише встановлений режим роботи.

Середній час між двома відмовами \bar{T}_i відповідних систем АТЗ, а також середній час ремонту (заміни, відновлення) \bar{T}_{ei} вузлів (деталей) вийшовших із строю системи підраховується на основі даних технічної служби авто підприємства. Число дефектів відноситься з загальним числом автомобілів із загальної вікової групи (до семи років експлуатації).

В основі однієї із складових інтенсивності потоку відмов краще приймати середній пробіг (\bar{L}_i) автомобіля до відмови відповідного елемента, який потім слідує перерахувати через середню швидкість (V_{cp}) при експлуатації автомобіля в середній час між відмовами відповідної системи $\bar{T}_i = \bar{L}_i / V_{cp}$.

Отримання інтенсивності потоків відмов $\lambda_i = 1/\bar{T}_i$ та потоків відновлення $\mu_i = 1/\bar{T}_{ei}$ кожної із системи підставляються в рівняння ймовірності та підраховується ймовірність безвідмовної роботи P_0 автомобіля, а також ймовірність відповідних відмов P_1, \dots, P_8 .

Приклад блок – схеми алгоритму такого розрахунку наведено на рисунку 2.16. Аналіз та розрахунок дозволяють виявити найменш надійні вузли та системи, які потребують істотної модернізації або вдосконалення технологічного процесу ТО та ремонту автомобільних агрегатів.

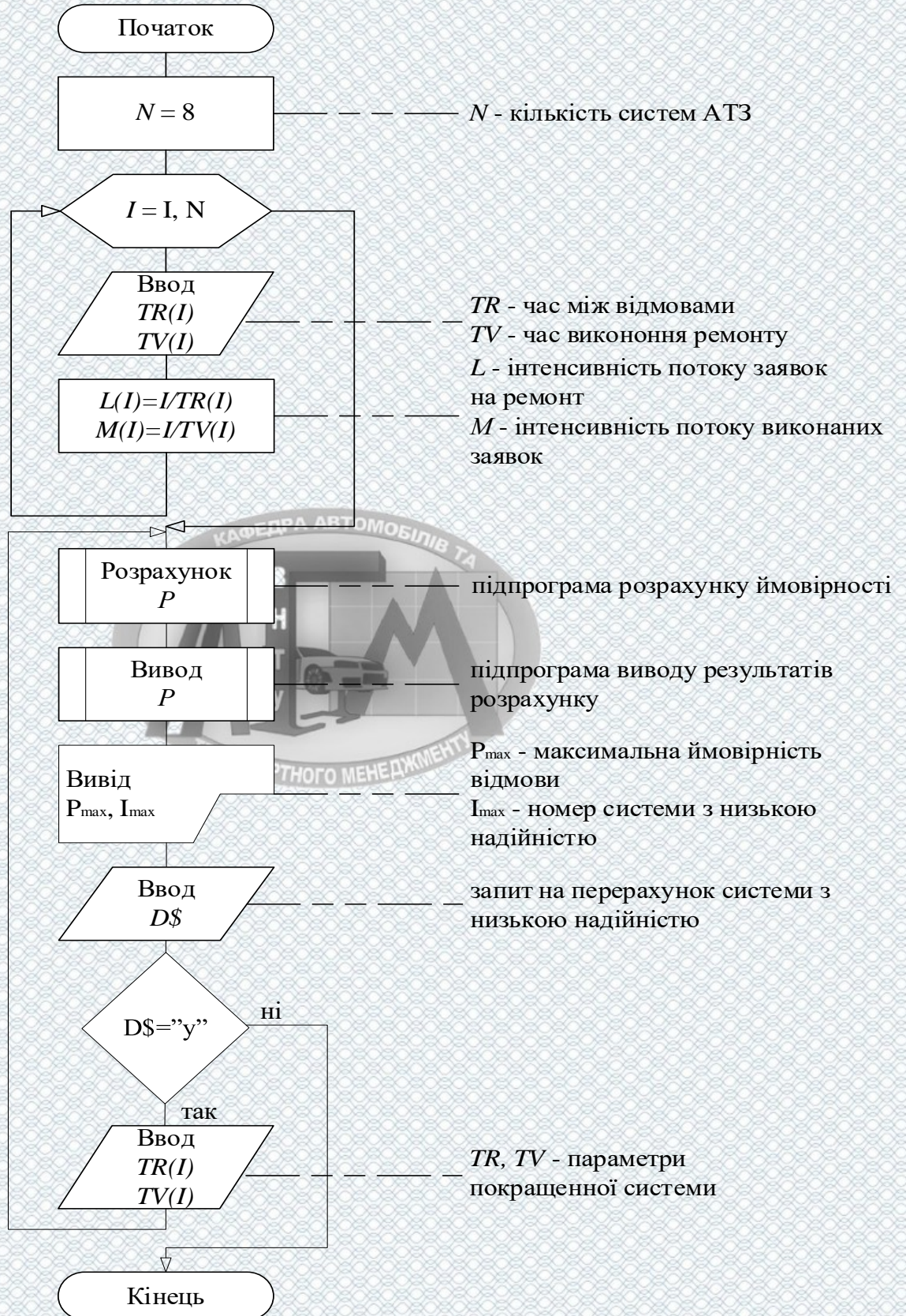


Рисунок 2.16 – Блок-схема алгоритму розрахунку ймовірності стану АТЗ з урахуванням відмов його систем

Реалізація алгоритму, поданого на рис. 2.16, в середовищі MathCAD для АТЗ SCANIA R360, в табл. 2.1-2.3.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані по системам автомобіля

Система АТЗ	TR	TV
система двигуна	42.900	2.600
система рульового керування	31.500	1.300
система кузова	64.800	4.300
система електрообладнання	14.300	0.400
система підвіски	26.300	1.100
трансмісія	21.800	1.600
колеса	46.400	0.700
гальмівна система	23.900	0.600

Результати розрахунків.

Ймовірність робочого стану автомобіля: $P(0) = 0.740$

Таблиця 2.2 – Ймовірність відмов по системам АТЗ

Система АТЗ	P
система двигуна	0.045
система рульового керування	0.031
система кузова	0.049
система електрообладнання	0.021
система підвіски	0.031
трансмісія	0.054
колеса	0.011
гальмівна система	0.019

Перерахунок уразливої системи.

Трансмісія: $TR(6) = 29.500.TV(6) = 0.600$

Результатів розрахунків.

Ймовірність справного стану автомобіля: $P(0) = 0.770$

Таблиця 2.3 – Ймовірність відмов по системам АТЗ після ТО і ПР трансмісії

Система АТЗ	<i>P</i>
система двигуна	0.047
система рульового керування	0.032
система кузова	0.051
система електрообладнання	0.022
система підвіски	0.032
трансмісія	0.016
колеса	0.012
гальмівна система	0.019

Висновки до розділу 2

Відомо, що в АТЗ, які знаходяться в експлуатації, можуть істотно знижуватися надійність та експлуатаційні властивості внаслідок порушення регулювань та зміни структурних параметрів систем, агрегатів і вузлів. Несправності виникають практично в усіх основних елементах.

Наведена методологія розкриває структуру зміни технічного стану АТЗ в процесі експлуатації і встановлює порядок керування відновленням їх експлуатаційної надійності.

РОЗДІЛ 3.

МЕТОДИКА ТА ПРАКТИКА ПОКРАЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ N В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

3.1 Комплексна порівнювальна оцінка ремонтпридатності обслуговуваних АТЗ

Практика експлуатації АТЗ показала, що для об'єктивної порівняльної оцінки їх ремонтпридатності, поряд з основними показниками: середній час відновлення t_v , сумарна питома трудомісткість ТО Σt_{PTO} , сумарна питома трудомісткість непланових поточних ремонтів (ПР) Σt_{PPR} , потрібно використовувати другорядні показники ремонтпридатності (сумарна питома вартість ТО ΣC_{PTO} , сумарна питома вартість ПР ΣC_{PPR}), технологічні коефіцієнти (доступності, уніфікації, повторюваності, зручності роботи), а також ряд інших показників (ознак). Перерахований комплекс показників (їхнє число може сягати 50) поєднується єдиним інтегральним показником, що називається «експлуатаційна технологічність (ЕТ) АТЗ». Це більш широке поняття, ніж «ремонтпридатність АТЗ». Воно характеризує якісний рівень пристосованості АТЗ до ТО та ПР.

Задача оцінки ЕТ може бути вирішена за допомогою методів кластерного аналізу на основі критеріїв подібності (розпізнавання).


Нехай є n АТЗ єдиного функціонального призначення. Їх придатність до ТО й ПР описується технологічними, економічними й організаційно-технічними показниками. Кожен об'єкт можна зобразити точкою m -мірного простору, в якості осей якого служать зазначені показники.

Вихідні дані для розрахунку представимо у вигляді матриці X розмірністю $n \times m$:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11}, & \dots, & x_{1j}, & \dots, & x_{1m}, \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1}, & \dots, & x_{ij}, & \dots, & x_{im}, \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1}, & \dots, & x_{nj}, & \dots, & x_{nm} \end{pmatrix}, \quad (3.1)$$

де елемент x_{ij} – це чисельне значення j -го показника ЕТ в i -го АТЗ.

Якщо показники ЕТ мають різні одиниці виміру, їх приводять до безрозмірної форми шляхом нормування по середньоквадратичному відхиленню. Тоді координати будь-якої точки в новому нормалізованому просторі будуть такі



$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j}{\sigma_{xj}}, \quad (3.2)$$

де x_j – середнє значення j -го показника для n АТЗ;

σ_{xj} – середнє квадратичне відхилення.

Безрозмірна матриця має такий вигляд

$$Z = \begin{pmatrix} z_{11}, & \dots, & z_{1j}, & \dots, & z_{1m}, \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{i1}, & \dots, & z_{ij}, & \dots, & z_{im}, \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{n1}, & \dots, & z_{nj}, & \dots, & z_{nm} \end{pmatrix}. \quad (3.3)$$

При оцінці ЕТ за еталон (кластер) приймається не реально існуючий АТЗ, а деяка умовна базова модель із такими значеннями показників, які є на даний момент вищим технічними досягненням й окремо належать реальним порівнюваним АТЗ.

Вибравши у кожному зі стовпців матриці найбільш високі (або низькі) значення показників z_{0j} , кластер можна описати наступним вектором

$$z_0 = (z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0j}, \dots, z_{0m}). \quad (3.4)$$

Положення i -го АТЗ в m -мірному просторі та його віддалення від кластера оцінюється декартовою відстанню (зваженою евклідовою метрикою) C_{i0}

$$C_{i0} = \sqrt{\sum_{j=1}^m \omega_j (z_{ij} - z_{0j})^2}, \quad (3.5)$$

де ω_j – вагомість j -го показника, обумовлена методом експертних оцінок за методом Дельфи [3], причому $\sum_{j=1}^m \omega_j = 1$.

Але параметр C_{i0} не розділяє досліджувану множину АТЗ за ступенем їхньої пристосованості до ТО і ПР. Для оцінки цієї якості вводиться коефіцієнт рівня ЕТ d_i^* , який рівний відношенню

$$d_i^* = C_{i0} / C_0, \quad (3.6)$$

$$\text{де } C_0 = \bar{C}_0 + 2\sigma_0; \quad \bar{C}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{i0}; \quad \sigma_0 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{i0} - \bar{C}_0)^2}.$$

На практиці зручно користуватись коефіцієнтом d_i

$$d_i = 1 - d_i^*. \quad (3.7)$$

АТЗ, що оцінюється, знаходиться на тим більш високому рівні до ТО і ПР, чим ближче до одиниці значення d_i .

Проведемо порівняльну оцінку рівня пристосованості до ТО й ПР базових АТЗ DAF, SCANIA і MAN категорії N. Значення обраних для оцінки показників (для умов центральних областей України) наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Оцінювальні показники АТЗ

Назва показника	Марка базового АТЗ		
	DAF	SCANIA	MAN
Питома сумарна трудомісткість ТО Σt_{PTO} , люд.-год./м.-год.	0,12	0,10	0,10
Питома сумарна трудомісткість ліквідації наслідків відмов Σt_{PPR} , люд.-год./м.-год.	0,11	0,11	0,19
Питома ціна ТО ΣC_{PTO} у.о./м.-год.	0,09	0,10	0,084
Питома ціна ліквідації наслідків відмов ΣC_{PPR} , у.о./м.-год.	0,81	0,72	0,91
Коефіцієнт доступності при ТО	0,76	0,68	0,73
Коефіцієнт зручності роботи при ТО	0,78	0,85	0,72
Коефіцієнт доступності при ПР	0,72	0,82	0,69
Коефіцієнт зручності роботи при ПР	0,75	0,87	0,70

Методом експертних оцінок визначена вага всіх показників: $\omega_1 = 0,173$; $\omega_2 = 0,157$; $\omega_3 = 0,117$; $\omega_4 = 0,134$; $\omega_5 = 0,102$; $\omega_6 = 0,093$; $\omega_7 = 0,111$; $\omega_8 = 0,113$.

На підставі залежностей (3.2) і (3.3) складемо безрозмірну матрицю

$$Z = \begin{vmatrix} +0,33 & -2,31 & 0 & 0 & +3,08 & 0 & -0,91 & -0,71 \\ -3,33 & -2,31 & -3,33 & -2,81 & -3,08 & +3,18 & +3,64 & +3,57 \\ -3,33 & +3,85 & -2,0 & +3,13 & +0,77 & -2,73 & -2,27 & -2,50 \end{vmatrix}.$$

Вибираємо умовний еталонний зразок (кластер)

$$z_0 = (-3,33; -2,31; -2,0; -2,81; +3,08; +3,18; +3,64; +3,57).$$

Результати обчислень C_{i0} , d_i^* й d_i наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання пристосованості до ТО й ПР АТЗ

Параметр	Марка базового АТЗ			\bar{C}_0	σ_0	C_0
	DAF	SCANIA	MAN			
C_{i0}	3,99	2,68	4,75	3,81	0,85	5,51
d_i^*	0,524	0,486	0,662			
d_i	0,476	0,514	0,338			

Оскільки $(d_i)_{\max} = 0,514$ відповідає базовому АТЗ SCANIA, то ця машина найбільш пристосована до ТО й ПР. Базовий АТЗ MAN має найнижчу експлуатаційну технологічність.

3.2 Методичні підходи до моделювання системи ТО АТЗ з урахуванням визначників ресурсу їх основних частин

Своєчасне і якісне ТО – запорука надійності, низьких експлуатаційних витрат при тривалій експлуатації АТЗ. Під час ТО виконується перевірка параметрів роботи різних систем, агрегатів та вузлів, яка дозволяє на ранній стадії попередити раптові відмови та скоротити осяг ремонтних робіт [18, 22].

З метою обґрунтування заходів щодо забезпечення працездатності АТЗ проводиться аналіз причин відмов, за результатами якого можна встановити чи уточнити критерії відмов; визначити та врахувати вплив на надійність окремих особливостей конструкції, технології виготовлення, умов та режимів експлуатації, інших факторів; обрати та уточнити систему контролю якості ТО і ПР АТЗ; оцінити ефективність заходів щодо забезпечення надійності [2-6].

Алгоритм аналізу відмов АТЗ в процесі експлуатації подано на рис. 3.1. Він включає етапи збору інформації щодо відмов агрегатів за їх видами, виявлення найбільш ненадійних елементів, кількісної оцінки надійності АТЗ. Виділення найбільш типових різновидів відмов та проведення оцінки їх

середньої питомої ваги найбільш зручно проводити на основі діаграм Парето [30]. За допомогою таких діаграм виконують порівняльний аналіз множини факторів, їх важливість, взаємозв'язок, визначається стратегія забезпечення надійності АТЗ [3, 4].

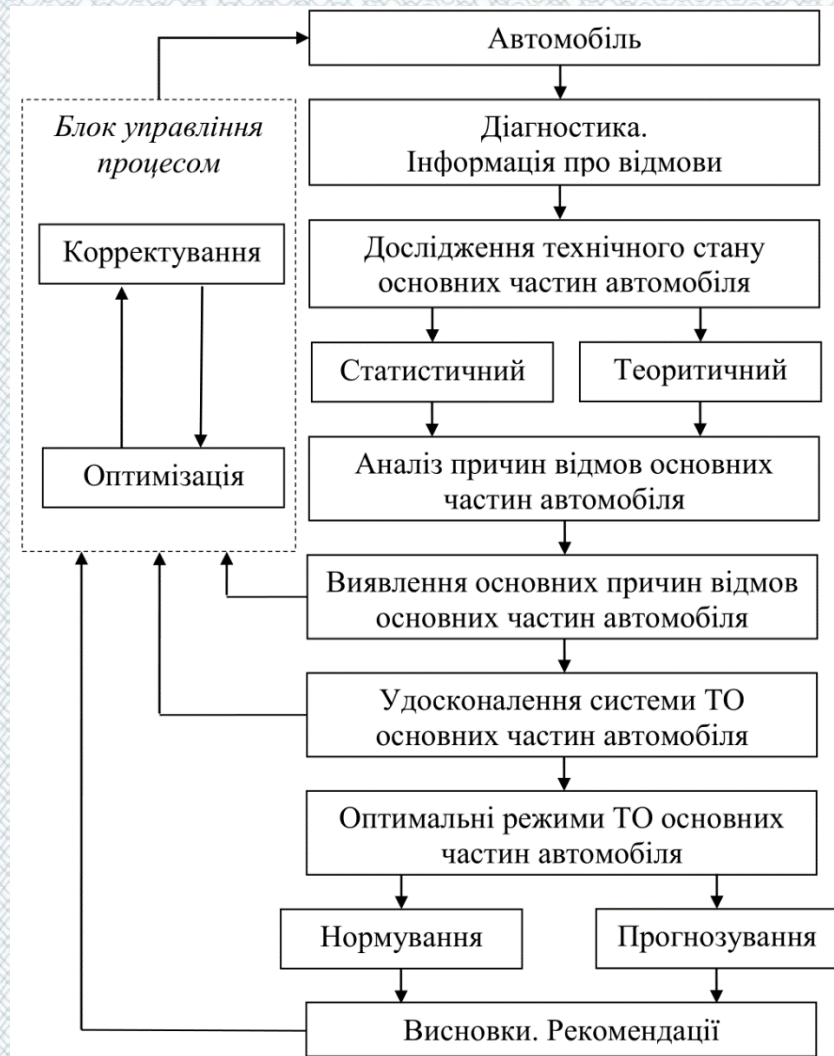


Рисунок 3.1 – Алгоритм аналізу відмов основних частин АТЗ

Наочну систематизацію усієї сукупності конструктивно-технологічних та організаційних факторів, операцій контролю, взаємозв'язок та ступень впливу кожного з факторів на певні відмови можна ефективно виконати за допомогою побудови схем причинно-наслідкових зв'язків (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Експлуатаційні чинники, що впливають на технічний стан АТЗ

Для оптимізації режимів ТО і ПР пропонується алгоритм (рис. 3.3), який дозволяє виділити із загального ряду головні, стержневі операції, які найчастіше виникають в автосервісі та мають велику трудомісткість, визначають безпеку дорожнього руху, надійність і економічність роботи АТЗ.

Отже, основними завданнями під час розробки раціональних режимів ТО і ремонту є:

- виявлення «найслабших» частин автомобіля;
- вивчення закономірностей та причин зміни технічного стану елементів АТЗ та їх матеріалів;
- обґрунтування методів встановлення режимів профілактики та допустимих з технічних, економічних, технологічних чи інших ознак значень параметрів технічного стану елементів АТЗ;
- визначення з достатньою мірою точності періодичності та переліку операцій з ТО та ремонту.

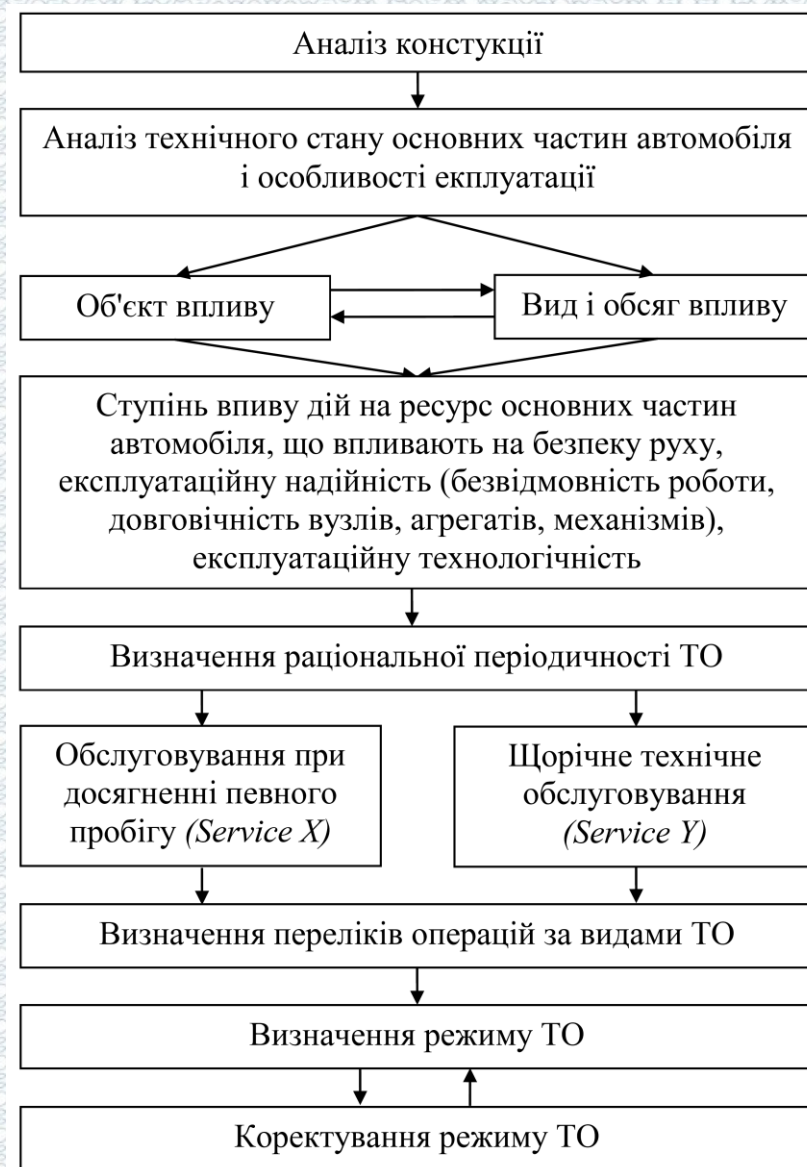


Рисунок 3.3 – Алгоритм оптимізації режимів ТО АТЗ категорії N в умовах ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця

Об'єктом роботи є АТЗ іноземного виробництва, які експлуатуються як на теренах України, так і на території Європи.

Як приклад, для АТЗ DAF, SCANIA, Volvo існує два основних види технічного обслуговування (рис. 3.4):

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

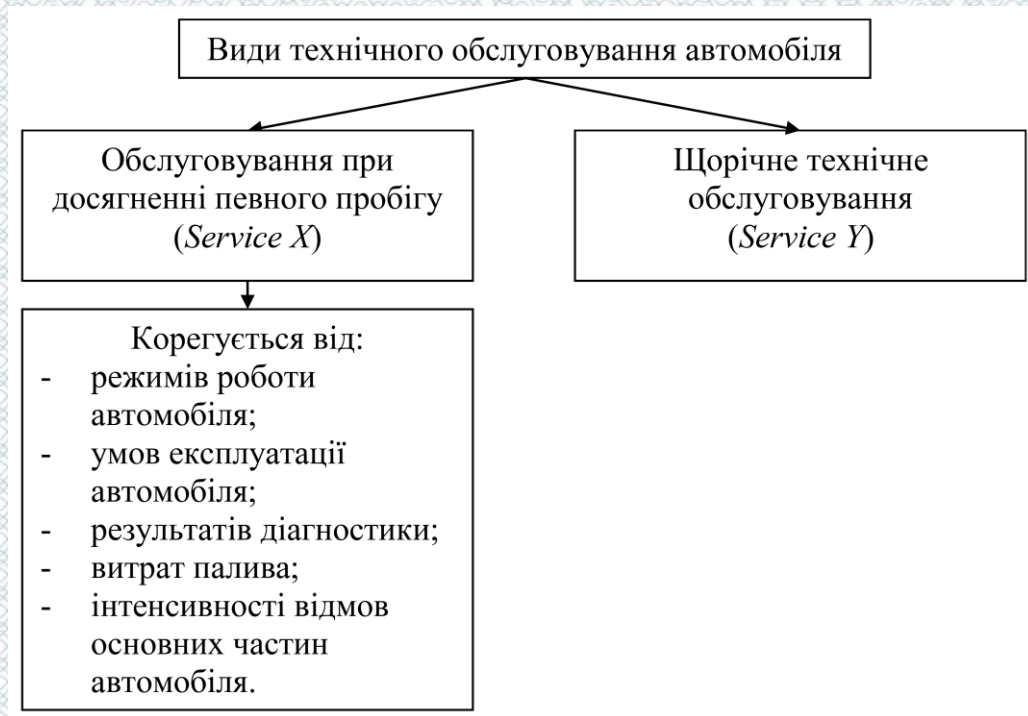


Рисунок 3.4 – Види ТО АТЗ DAF, SCANIA, Volvo

3.3 Методика поліпшення показників надійності та ефективності технічної експлуатації АТЗ

Розроблені засоби системи управління ефективністю ТЕ АТЗ дозволяють поліпшувати показники ефективності їх експлуатації. Реалізація цільової функції (2.5), яка мінімізує витрати на одиницю продуктивності, оптимізований $K_G \rightarrow opt$ [22], за рахунок коригування позитивних приростів складових показників коефіцієнта технічної готовності, забезпечує технічну ефективність

$$\Delta K_G^K = \Delta K_D^K + \Delta K_{TV}^K + \Delta K_{ZCH}^K + \Delta K_R^K, \quad (3.8)$$

де ΔK_D^K – приріст K_G за рахунок ефективного використання ресурсу основних частин АТЗ та постійного контролю за технічним станом в процесі діагностування;

ΔK_{TV}^K – приріст K_G за рахунок управління обсягами технічних впливів та коригування періодичності ТО, які рекомендовані виробниками, за фактичним технічним станом;

ΔK_{ZCH}^K – приріст K_G за рахунок управління запасними частинами на основі прогнозування їх ресурсу;

ΔK_R^K – приріст K_G за рахунок управління ресурсом основних частин АТЗ шляхом ефективної експлуатації.

Усе це призвело до збільшення K_G . Оцінити якість технічного стану АТЗ можна за функціоналом



$$K_G = f\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_i \cdot t_j\right), \quad (3.9)$$

де A_i – кількість АТЗ, що знаходяться в непрацездатному стані та в i -му простої, од.;

t_j – час простою j -го АТЗ в i -му простої, год.

Ці два параметри залежать від стану управління ефективністю ТЕ АТЗ. Зменшення витрат досягається за рахунок збільшення K_G (див. вираз 2.5). Витрати на експлуатацію АТЗ від впроваджених заходів виражені так

$$\Delta S_{VZ}^K = k_{11} \cdot \Delta S_1 + k_{12} \cdot \Delta S_2 + k_{13} \cdot \Delta S_3 + k_{14} \cdot \Delta S_4, \quad (3.10)$$

де k_{11} , k_{12} , k_{13} , k_{14} – коефіцієнти впливу щодо: інформаційного забезпечення, діяльності персоналу, забезпеченості засобами діагностики та контролю, передачі й обробки інформації ($k_{ij} = f(F_1, F_2, \dots, F_n)$ – функція, яка залежить від чинників, що впливають на ресурс основних частин АТЗ під час експлуатації);

$\Delta S_1, \Delta S_2, \Delta S_3, \Delta S_4$ – зменшення собівартості за рахунок: інформаційного забезпечення, діяльності персоналу, забезпеченості засобами діагностики та контролю, передачі й обробки інформації.

Дослідження впливу показників на собівартість проведені за всіма складовими собівартості:

- інформаційне забезпечення покращилось за рахунок діагностики (ΔS_1), уточненого визначення ресурсу основних частин з врахуванням експлуатаційних чинників;
- системна робота технічної служби за рахунок запропонованих алгоритмів ТО (ΔS_2);
- засоби діагностики та контролю за технічним станом основних частин АТЗ (ΔS_3), методикою обробки даних ресурсу основних частин АТЗ;
- ефективне коригування режимів ТО (ΔS_4) за фактичним технічним станом, рекомендованих виробниками, дозволили керувати запасами запасних частинами шляхом прогнозування їх ресурсу.

Таким чином, цільова функція (див. вираз 2.2) оптимізована за питомими витратами на ТО та ремонт АТЗ $C_{\text{рвт}} \rightarrow \text{opt}$ та коефіцієнтом технічної готовності АТЗ $K_G \rightarrow \text{opt}$; визначено оптимальні параметри розрахунку ресурсу основних частин АТЗ.

3.4 Практичні рекомендації щодо управління ефективністю експлуатації АТЗ

На основі досліджень фактичного ресурсу основних частин АТЗ встановлено, що забезпечення ефективності їх експлуатації потребує сервісного планування. Тому в роботі пропонується завчасно сформувати план сервісних робіт щодо кожного конкретного АТ. Виконання ТО та ремонтів в заздалегідь заплановані дати призведе до економії часу та фінансових ресурсів ДП

«Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця. Система планування містить повну інформацію про кожен АТЗ (технічні характеристики, специфіка експлуатації тощо). З її допомогою визначається необхідний рівень сервісу, складається індивідуальний корегований графік ТО по кожному АТЗ. Такий підхід дозволяє раціональніше витратити кошти на сервісні роботи, знизити незаплановані простої та підвищити час безвідмовної роботи рухомого складу. При цьому, особливу увагу слід приділяти якості запасних частин та високому рівню кваліфікації фахівців.

Фірмовий центр обслуговування SCANIA в ДП «Самтранс» оснащено сучасними унікальними діагностичними системами, повним набором сервісного обладнання та спеціальним інструментом.

Переваги запровадження скоригованого графіка сервісного обслуговування АТЗ:

1. Мінімізація незапланованих простоїв АТЗ.
2. Збільшення терміну безвідмовної роботи рухомого складу.
3. Фірмове обслуговування АТЗ в заздалегідь заплановані дати.
4. Можливість планування витрат на ТО.
5. Використання високоякісних оригінальних запасних частин.
6. Економія фінансового капіталу ДП «Самтранс» в середньостроковій перспективі.

АТЗ європейського виробництва експлуатуються в Україні в жорстких умовах, за використання дизельного палива низької якості. Складання графіка сервісного обслуговування здійснюється на основі інформації, отриманої шляхом дослідження фактичного ресурсу основних частин АТЗ. За даними підприємства встановлено, що оптимальна періодичність ТО залежно від умов експлуатації становить:

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

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

Залежно від режимів роботи АТЗ, умови їх експлуатації поділяються на 3 групи [14, 16, 22, 24]. Інтервал проведення ТО АТЗ залежить від умов експлуатації та витрат палива. Рекомендований обсяг робіт для інтервалів *Service X* і *Service Y* подано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Перелік робіт ТО при *Service X* і *Service Y* АТЗ

Умови експлуатації	<i>Service X</i>	<i>Service Y</i>
1	2	3
Заміна моторного масла	+	
Заміна масляного фільтра (масляної центрифуги)	+	
Заміна повітряного фільтра двигуна	+	
Заміна салонного повітряного фільтра	+	
Заміна паливного фільтра (грубого, тонкого очищення)	+	
Заміна повітряного фільтра / масловіддільника системи додаткової обробки викидів		+
Заміна масла в диференціалі (інтервал ТО залежить від умов експлуатації)		+
Заміна масла в коробці передач (інтервал ТО залежить від умов експлуатації)		+
Заміна масла і фільтра гідропідсилювача керма (один раз у 2 роки)		+
Заміна охолоджуючої рідини (один раз у 2 роки)		+
Заміна поліклинових ременів (один раз у 2 роки)		+
Заміна фільтра системи додаткової обробки викидів		+
Заміна фільтра осушувача повітря пневмосистеми (необхідно міняти кожні 6 місяців)		+
Заміна фільтра охолоджувальної рідини на насосі охолоджуючої рідини (один раз у 2 роки)		+
Перевірка і при необхідності регулювання зазору клапанів	+ (1)	+
Перевірка амортизаторів на правильність кріплення і наявність витоку	+	

Продовження табл. 3.3

1	2	3
Перевірка диференціала на наявність витоку	+	
Перевірка засмічення радіатора, проміжного охолоджувача та конденсатора	+	
Перевірка та при необхідності очищення виводів акумуляторної батареї	+	
Перевірка компонентів і з'єднань на наявність витоку повітря	+	
Перевірка коробки передач на наявність витоку	+	
Перевірка масляної системи і з'єднань рульового керування	+	
Перевірка на наявність витоку палива	+	
Перевірка підшипників маточин колеса на наявність витоку	+	
Перевірка поліклинових ременів	+	
Перевірка пильовиків рульових наконечників на наявність пошкоджень	+	
Перевірка системи випуску відпрацьованих газів	+	
Перевірка з'єднань з «масою»	+	
Перевірка товщини гальмівних колодок і гальмівних дисків	+	
Перевірка гальмівної системи та її компонентів на наявність витоку	+	
Перевірка рівня масла рульового керування	+	
Перевірка рівня електроліту та при необхідності долив	+	
Перевірка вологовідділювача повітрязабірника		+
Перевірка кріплення кабіни		+
Перевірка кріплення карданного з'єднання на вхідному валу механізму рульового керування		+
Перевірка кріплення надбудови		+
Перевірка кріплення гальмівного циліндра		+
Перевірка люфту приводного вала		+
Перевірка морозостійкості охолоджуючої рідини		+

Продовження табл. 3.3

1	2	3
Перевірка наявності запасних запобіжників у центральному блоці		+
Перевірка відповідності номіналу запобіжників в центральному блоці по наклейці на кришці центрального блоку запобіжників		+
Перевірка трубопроводу компресора		+
Перевірка рівня рідини насоса відкидання кабіни		+
Перевірка кульових шарнірів рульового керування		+
Мащення карданних шарнірів	+	
Мащення в передній осі з пневматичною підвіскою	+	
Мащення тріскачок гальма задньої осі (модифікація з барабанними гальмами)	+	
Мащення підвіски кабіни	+	

(1) Лише при першому *Service X*

При середньому рівні навантаження АТЗ завод-виробник Volvo рекомендує базове *Service X* проводити при 60000 км пробігу, *Service Y* – 1 раз на рік. В Європі середньорічні пробіги АТЗ DAF складають 120-130 тис. км. Аналіз даних представництва «DAF Trucks N.V.» показав, що середньорічний пробіг на внутрішніх перевезеннях України становить 116 тис. км, а на міжнародних – 160 тис. км. Така різниця пояснюється жорсткішими термінами поставки. В Україні є сотні АТЗ без ремонту з пробігом мільйон кілометрів і більше (двигуни Рассар ХЕ розраховані на пробіг до 1,5 млн. км без капітального ремонту). Міжсервісний інтервал для SCANIA в Європі становить 50-75 тис. км. Але в жорстких умовах експлуатації та за низької якості дизельного палива вбачається за доцільне рекомендувати ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця зменшити цей термін до 30-35 тис. км. В першу чергу, це пов'язано з тим, що ходова частина АТЗ не витримує тривалого впливу коливальних навантажень. Проблеми з передньої траверсою і

пневмоелементами 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 при експлуатації АТЗ в складі автопоїзда. 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 АТЗ та тиском в шинах.

При проведенні ТО слід виконувати весь об'єм робіт щоденного обслуговування, діагностичних робіт і додатково виконувати роботи по агрегатам трансмісії (перевірити згідно даних табл. 3.3).

3.5 Розрахунок ефективності запропонованих рішень

На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень з підвищення безпеки руху економічний ефект досягається за рахунок збільшення часу роботи автомобілів на лінії та скорочення збитків від простоїв внаслідок технічних несправностей. Тоді, економічний ефект від впровадження результатів дослідження складе

$$E = (P_2 - P_1) \cdot A_{cn} = \Delta P \cdot A_{cn}, \quad (3.11)$$

де E – річний економічний ефект, грн.;

P_1, P_2 – прибуток від використання результатів дослідження, грн;

A_{cn} – облікова кількість АТЗ, од.

Слід зазначити, що капітальні вкладення для реалізації результатів досліджень не потрібні.

За [4, 31] прибуток при роботі АТЗ визначається так

$$P = D - Z_m - Z_c - Z_{ш} - Z_{mo} - Z_n - Z_o - Z_{zn}, \quad (3.12)$$

де D - дохід від транспортної роботи АТЗ, грн;

Z_m - витрати на паливо, грн;

Z_c - витрати на мастильні матеріали, грн;

$Z_{ш}$, $Z_{то}$ - витрати, відповідно, на шини та технічне обслуговування, грн;

Z_n - накладні витрати, грн;

Z_o - плата за основні фонди, грн;

Z_{zn} - заробітна плата водія без простою, грн.

Введення витрат на ТО і ремонт в зазначену групу пов'язано з тим, що несправності, а тим більше знос сполучень силових агрегатів АТЗ, виникають внаслідок його роботи, тобто виконання транспортної роботи. Крім того, виконання ТО і ремонту служить для забезпечення працездатного стану автомобіля. У разі простою автомобіль доходу не приносить, але витрати при цьому мають місце.

До них слід віднести: накладні витрати, плату за основні фонди, амортизаційні відрахування на повне відновлення рухомого складу і зарплату водієві, яка нараховується в залежності від характеру виконаної ним роботи.

В цьому випадку збиток при простої автомобіля визначається як

$$П = D - Z_n - Z_a - Z_o - Z_{zn}^{np}, \quad (3.13)$$

де Z_{zn}^{np} - зарплата водія при простої автомобіля в ремонті, грн;

Z_a - амортизаційні відрахування на повне відновлення рухомого складу, грн.

Витрати на ТО і ремонт при простої автомобіля дорівнюють нулю, так як автомобіль не зношується (старіння в розрахунок не береться).

Віднімаючи з виразу (3. 12) вираз (3.13), отримаємо величину збитку від простою

$$\Delta\Pi = D - Z_m - Z_c - Z_{ш} - Z_{то} - Z_{зн} - Z_{зн}^{np}. \quad (3.14)$$

Дохід, отриманий автовласником від одного автомобіля при його роботі протягом дня, визначається з виразу

$$D = l_c \cdot C_{км}, \text{ грн} \quad (3.15)$$

або

$$D = T_{раб} \cdot C_u, \text{ грн} \quad (3.16)$$

де l_c - добовий пробіг автомобіля, км;

$T_{раб}$ - час роботи автомобіля у клієнта, год;

$C_{км}$, C_u - тариф вартості, відповідно, одного кілометра, грн / км, або однієї години роботи, грн / год.

Всі складові наведених рівнянь визначаються на підставі звітних даних автопідприємства. Простої в ТО і поточного ремонту, що приносять збитки, це наднормативні

$$\Pi_y = \Pi_f - \Pi_n, \quad (3.17)$$

де Π_f , Π_n - фактичний і нормативний простій автомобіля, дн / тис.км.

Простої, що приносять збитки внаслідок несправності i -го найменування

$$\Pi_{узч} = \Pi_f \cdot K_i, \quad (3.18)$$

де K_i - частка простою автомобіля, викликана несправністю i -го найменування.

За рік такі збитки складуть на один автомобіль

$$\Pi_{ззч} = \Pi_{узч} \cdot \bar{L}_2, \quad (3.19)$$

де \bar{L}_2 - середній пробіг автомобілів за рік, тис.км.

Таким чином, величина збитку від простою автомобіля за рік складе

$$\Delta\Pi_2 = \Delta\Pi + \Pi_{23ч} . \quad (3.20)$$

В результаті використання розробленої методики річний економічної ефект у витраті на один автомобіль складе

$$\mathcal{E}_2 = \Pi_2 . \quad (3.21)$$

У табл. 3.4 наведені деякі вихідні дані і основні результати розрахунку економічної ефективності на один автомобіль.

Таблиця 3.4 – Економічна ефективність удосконалення контролю технічного стану автомобілів

Найменування показників	Умовні позначення	Кількісні показники
1	2	3
1. Величина втрат від простою автомобіля, грн/день	$\Delta\Pi$	10380
2. Нормативний простій автомобіля, дн / тис.км	Π_n	0,30
3. Фактичний простій автомобіля, дн / тис.км	Π_f	0,65
4. Частка простою автомобіля через несправність досліджуваного найменування, %	K_i	3,1
5. Простій через несправність i -го найменування дн / тис.км	$\Pi_{узч}$	0,0203
6. Середній річний пробіг автомобіля, тис. км	\bar{L}_2	80
7. Простій автомобіля за рік через несправності гальм, дні / тис.км	$\Pi_{2узч}$	0,11
8. Економічний ефект загальний на один автомобіль, грн / рік	E	65524

Отримані результати (табл. 3.4) свідчать про високу економічну ефективність розробок.

Висновки до розділу 3

За результатами виконаних у третьому розділі досліджень розроблено методику покращення надійності та ефективності експлуатації автотранспортних засобів в умовах ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця. Отже поставлені завдання для цього розділу виконані.



4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона життя та здоров'я людини є важливою складовою соціальної політики держави в Україні. Забезпечення безпечних умов праці сприяє запобіганню травмам, захворюванням та професійним ризикам. Дотримання норм охорони праці є законодавчою вимогою у низці країн. Роботодавці зобов'язані забезпечувати безпечні та здорові умови праці для своїх працівників, що є важливою складовою соціальної відповідальності та законодавчого регулювання в сфері праці. Крім того, дотримання вимог охорони праці сприяє підвищенню продуктивності праці. Коли працівники працюють в безпечних та комфортних умовах, вони ефективніше виконують свої обов'язки, знижують ризик помилок та нещасних випадків, що може призвести до збільшення якості та швидкості виконання завдань.

У даному розділі наводиться розгляд небезпечних, шкідливих та уражаючих для працівника і навколишнього середовища факторів, які утворюються під час проведення покращення надійності автотранспортних засобів в умовах ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця.

4.1 Аналіз умов праці

У приміщенні, де виконувалась робота щодо підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори:

- фізичні, підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини, недостатня освітленість, недостатня природна освітленість;

- психологічні, фізичні перевантаження (статичні), нервово-психічні перевантаження (викликаються монотонністю праці).

4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Для усунення шкідливої дії небезпечних факторів при проведенні робіт і створення в робочій зоні здорового повітряного середовища необхідно:

- забезпечити належні показники мікроклімату;
- забезпечити достатнє освітлення;
- забезпечити ергономічність робочих місць;
- забезпечити дотримання основних санітарно-гігієнічних норм;
- створити сприятливий психологічний клімат.

Мікроклімат.

Мікроклімат на робочому місці має важливе значення, оскільки він безпосередньо впливає на здоров'я, комфорт і продуктивність працівників. Основні параметри мікроклімату, такі як температура, вологість, швидкість руху повітря та чистота повітря, повинні відповідати встановленим нормам для забезпечення оптимальних умов праці. Нормування параметрів мікроклімату здійснюється у відповідності до вимогам «Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень» (ДСН 3.3.6.042-99), якими встановлені норми оптимальних та допустимих параметрів мікроклімату виробничих приміщень. В таблиці 4.1 наведені допустимі параметри мікроклімату у робочій зоні виробничих приміщень категорії 2а (до якої відноситься робота працівника за енерговитратами).

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	18-27	40-60	0,2-0,4
Холодний	17-23	40-60	0,1-0,3

Заходи щодо забезпечення сприятливого мікроклімату на робочому місці:

1. Вентиляція: у приміщенні наявна система вентиляції, яка забезпечує видалення пилу та шкідливих речовин з повітря; необхідно використовувати локальні відсмоктувачі для видалення пилу від місць його утворення.
2. На робочому місці наявна система опалення, яка забезпечує підтримку комфортної температури взимку.

Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони ТО і ПР приведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	1	0,15	4
Оксид вуглецю	5	3	3
Оксид азоту	0,4	0,06	2
Формальдегід	0,4	0,02	2

Склад повітря робочої зони

У повітрі робочої зони на підприємстві можуть бути присутні різноманітні речовини. Для забезпечення здоров'я та безпеки працівників важливо контролювати склад повітря та дотримуватися встановлених нормативів щодо його якості. Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини, спричиняють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість у повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Гранично допустима концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони встановлюється для речовин, що здатні чинити шкідливий вплив на організм працюючих при інгаляційному надходженні.

На досліджуваному об'єкті наявний пил нетоксичний. Під час функціонування системи вентиляції та провітрювання приміщення може надходити пил та інші речовини, які виділяються під час технологічних процесів, і потрапляють у повітря навколишнього середовища. Їх допустимі концентрації наведено в таблиці 4.2.

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачені наступні застосовувати природної та штучної вентиляції.

Освітлення.

Рівень освітленості виробничих приміщень має важливе значення з низки причин. Забезпечення належного освітлення сприяє попередженню нещасних випадків та травм, а також збереженню зорової функції працівників. Відповідне освітлення забезпечує кращі умови для виконання завдань, що сприяє підвищенню рівня продуктивності працівників. Освітлення впливає на загальний комфорт працівників на робочому місці, зменшуючи втому та стрес.

Законодавство встановлює вимоги до рівня освітлення виробничих приміщень для забезпечення безпеки та здоров'я працівників, що є обов'язковим для всіх підприємств. У приміщенні використовується штучне загальне (за допомогою люмінесцентних ламп) та природне бічне (за допомогою віконних прорізів) освітлення. Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III поясу світлового клімату) при природному та сумісному освітленні відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 зазначені у таблиці 4.3.

Для забезпечення освітленості відповідно до нормативних вимог максимально використовується природне освітлення через віконні прорізи та скляні стіни для забезпечення оптимальних умов роботи. У випадках, коли природного світла недостатньо, використовуються системи штучного освітлення, які розміщуються таким чином, щоб забезпечити рівномірну освітленість на робочих місцях. Регулярно здійснюється технічне обслуговування освітлювального обладнання для підтримання оптимальної роботи та безпеки.

Таблиця 4.3 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	Від 0,3 до 0,5	III	г	великий	світлий	800	300	7	2,5	4,2	1,5

Шум.

Питання боротьби з шумом у сучасному світі мають значення, що важливо в усіх галузях техніки, особливо в машинобудуванні. Шум, який виникає на виробництві, може завдати значної шкоди, негативно впливаючи на здоров'я працівників та знижуючи загальну продуктивність праці.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99. Допустимі рівні звукового тиску для виконання роботи наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньо-геометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для зменшення ризиків, пов'язаних з шумом на виробництві, застосовують різні стратегії та заходи безпеки, зокрема: встановлення

звукопоглинальних матеріалів або екранів навколо обладнання, використання звукоізолюючих навушників або навушників з активним шумозаглушенням, розробка та впровадження нових технологій зменшення шуму в джерелі, а також використання періодичних перевірок рівня шуму та профілактичних медичних оглядів для визначення можливих впливів на здоров'я працівників.

Вібрації.

Причиною появи вібрацій є виникаючі при роботі машин і агрегатів невірноважені силові дії – зворотно-поступальні рухи, невірноважені обертові маси, дисбаланс та інше. Вібрації надають на людину шкідливий вплив: погіршується самопочуття працюючого, знижується продуктивність праці, можливе виникнення віброзахворювання. Розробка заходів щодо зниження виробничих вібрацій вирішується в комплексі з механізацією і автоматизацією. У неавтоматизованих виробництвах боротьба з вібрацією здійснюється, по аналогії з боротьбою з шумом, наступними методами: зниження вібрації в джерелі виникнення, зниження їх на шляху поширення, зниження вібрації шляхом відповідної організації праці, застосування засобів індивідуального захисту, лікувально-профілактичні заходи.

Допустимі значення вібрацій вказані в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі значення вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Значення	Нормативні коректовані по частоті та еквівалентні коректовані значення			
				Віброприскорення		Віброшвидкість	
				a_n , м/с ²	$L_{ан}$, дБ	$V_n 10^{-2}$ м/с	L_{Vn} , дБ
Локальна	-	X_l, Y_l, Z_l	Нормативне	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	X_0, Y_0, Z_0	Нормативне	0,10	100	0,20	92

Джерелами вібрації на підприємстві є автомобілі, які рухаються в межах підприємства зони, працюючі ДВЗ та інші агрегати автомобілів, компресори,

вентиляційні системи та ін. На робітників може діяти локальна і загальна вібрація. Локальна передається через руки, загальна через підшви ніг. Загальна вібрація категорії «а», критерій оцінки – границя зниження продуктивності.

Психофізіологічні фактори.

Оцінка психофізіологічних факторів під час підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N здійснюється відповідно до Гігієнічної класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Загальні енергозатрати організму, Вт: до 174.

Робоча поза: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – творча діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму. Сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій.

Сенсорні навантаження: зосередження (% за зміну) – до 5-75%;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 10;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) – 4-6 год.

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 8 до 10 год.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год.

Змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

4.3 Пожежна безпека

Пожежі на автотранспортних підприємствах (АТП) становлять серйозну загрозу не лише для персоналу, але й для майна, адже можуть призвести до значних збитків. Тому організація пожежної безпеки на АТП є критично важливим питанням, яке регулюється державними нормами та правилами.

Система пожежної безпеки на АТП включає:

- Пожежну профілактику: комплекс заходів, спрямованих на запобігання виникненню пожежі або мінімізацію її наслідків.
- Пожежний захист: дії, спрямовані на ефективне гасіння пожежі або вибуху, що виникли.

Для забезпечення пожежної безпеки на АТП необхідні:

- Систематичні перевірки обладнання та систем пожежогасіння, а також навчання персоналу щодо дій у разі пожежі.
- Наявність необхідних вогнегасників та протипожежних систем, а також їх правильне розташування та обслуговування.
- Дотримання всіх вимог пожежної безпеки та своєчасне проведення ревізій.

Для пожежної профілактики на АТП слід здійснювати такі заходи:

1. Організаційні:

- Належне управління експлуатацією машин та транспорту.
- Утримання будівель та території в належному стані.
- Проведення регулярних інструктажів з пожежної безпеки.
- Робота пожежно-технічних комісій.

2. Технічні:

- Дотримання протипожежних норм при проектуванні будівель.
 - Правильне влаштування електропроводів, устаткування, систем опалення, вентиляції та освітлення.
 - Належне розташування обладнання.
3. Режимні:
- Заборона куріння у визначених місцях.
 - Обмеження робіт з відкритим вогнем.
 - Збереження паливно-мастильних матеріалів у відокремлених приміщеннях та захищених ємностях.
 - Інші заходи для запобігання виникненню пожежі.
4. Експлуатаційні:
- Своєчасні профілактичні огляди, ремонти та випробування обладнання.

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для зниження можливих доз опромінення при ліквідації наслідків у зонах забруднення проводиться дезактивація території, будинків і споруджень, устаткування, техніки й інших об'єктів, виконуються заходи щодо усунення пилу. Роботи ведуться позмінно з урахуванням припустимих доз опромінення, встановлених для формувань. Радіоактивні відходи, що утворюються при дезактивації, вивозяться на спеціально створювані пункти захоронення.

Пункти спеціальної обробки (ПуСО) створюються на межах зон забруднення; люди і транспорт, що відбувають із зон забруднення, на них проходять дозиметричний контроль. При виявленні забруднення вище припустимих рівнів люди проходять санітарну обробку, транспорт – дезактивацію. Забруднений одяг відправляється на дезактивацію, замість нього з підмінного фонду видається чистий. Санобробка людей може також

проводитися на стаціонарних санітарно-обмивальних пунктах (СОП), дезактивація – на станціях знезаражування транспорту (СЗТ).


Необхідна кількість естакад для миття автомобілів:

$$N_e = \frac{H_{год} \cdot t_m}{60} = \frac{18 \cdot 15}{60} = 4,5,$$

де $H_{год}=18$ (авт/год) – інтенсивність руху автомобілів на підприємстві;
 $t_m=15$ (хв.) – час на миття одного автомобіля.

Приймаємо 5 естакад.

Необхідна кількість постів для прибирання:



$$N_e = \frac{H_{год} \cdot t_n}{60} = \frac{18 \cdot 15}{60} = 4,5,$$

де $t_n = 15$ (хв) – мінімальний час для прибирання одного автомобіля.

Приймаємо 5 постів для прибирання.

Необхідна кількість води для миття автомобілів на 4 дні:

1. Протягом 4-х днів безперервної роботи через ПуСО пройде

$$H_{7д} = H_{год} \cdot 24 \cdot 4 = 18 \cdot 24 \cdot 4 = 1728 \text{ (авт.)}$$

2. Необхідна кількість води для миття одного автомобіля $V_a=200$ л, тоді необхідна кількість води на 4 доби

$$V_{7д} = 1728 \cdot 200 = 345600 \text{ (л)};$$

Визначаємо необхідну кількість препарату для дезактивації за умови, що витрати необхідного розчину будуть такі ж як витрати води:

$$V_{п} = M_{п} \cdot V_a,$$

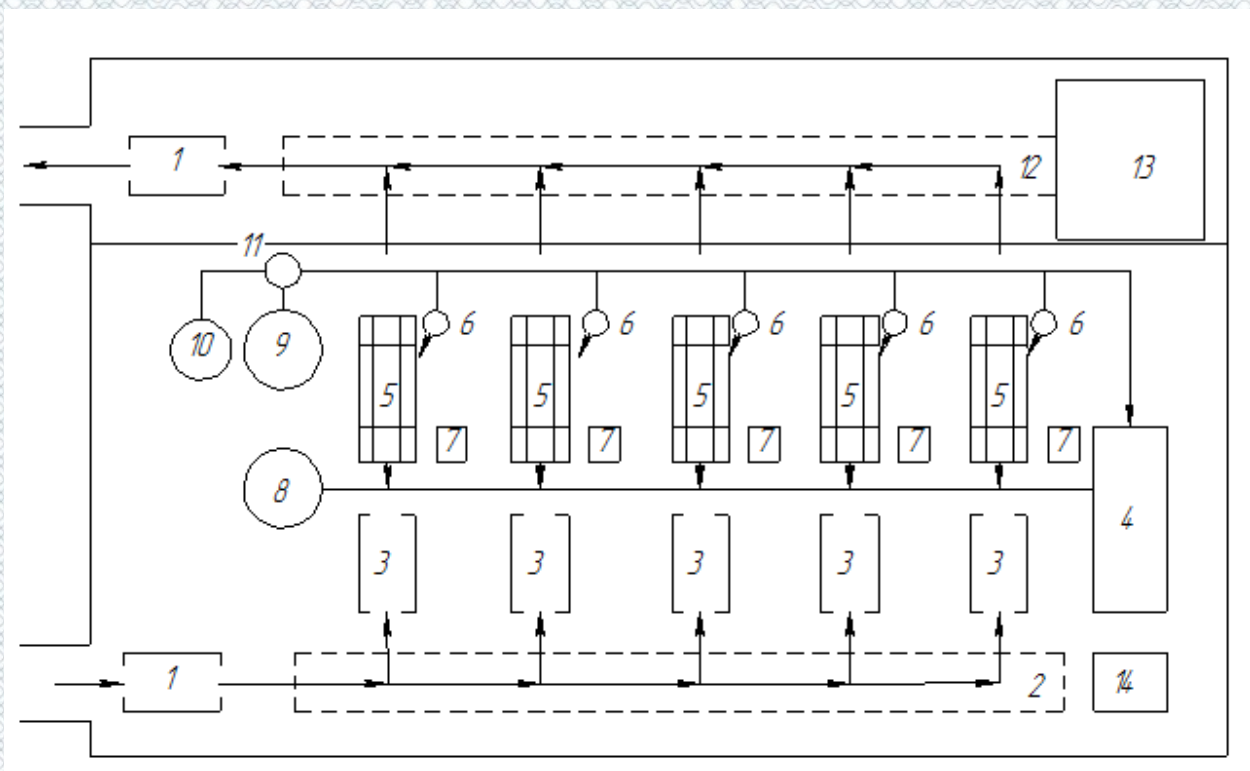
Норми витрати препарату ОП-7 на один літр води складають

$M_n = 0,3\%$, тоді:

$$V_{п5д} = M_n \cdot V_{5д} = 0,003 \cdot 345600 = 1036,8 \text{ (л);}$$

Норми витрати натрію гексаметафосфату (ГМФН) 0,7%, знайдемо його необхідну кількість:

$$V_{п5д} = M_n \cdot V_{5д} = 0,007 \cdot 345600 = 2419,2 \text{ (л).}$$



- 1 – зона дозиметричного контролю, 2 – зона висадки пасажирів та очікування, 3 – зона проведення прибирання, 4 – пункт санітарної обробки пасажирів та тимчасового перебування, 5 – естакади, 6 – пристрої подачі води, 7 – столи для обробки вузлів, 8 – відстійник стічних вод, 9 – ємність з водою, 10 – ємність дезактиваційним розчином, 11 – дозатор, 12 – зона посадки пасажирів, 13 – зона очікування, 14 – склад відпрацьованих ЗІЗ

Рисунок 4.1 – План пункту спеціальної обробки

До основних способів дезактивації техніки і транспорту відносять:

- змивання радіоактивних речовин розчинами для дезактивації, водою і розчинниками з одночасною обробкою зараженої поверхні щітками дегазаційних машин і приборів дозволяє знизити зараженість у 50-80 разів;
- змивання радіоактивних речовин струменем води під тиском дозволяє знизити зараженість в 20 разів;
- видалення радіоактивних речовин переривистим газо-крапельним потоком з використанням спеціальної техніки з турбореактивними двигунами;
- видалення радіоактивних речовин обтиранням заражених поверхонь тампонами з ганчірок, змоченими розчинами для дезактивації, водою або розчинниками; використовується в основному для внутрішніх поверхонь техніки і транспорту;
- замітання (змивання) радіоактивного пилу віниками, щітками, мотлохом та іншими підручними засобами; використовується в основному при проведенні часткової дезактивації;
- видалення радіоактивного пилу методом відсмоктування пилу, здійснюється за допомогою спеціальних комплектів (ДК 4).

При частковій дегазації і дезінфекції з використанням дегазаційних комплектів насамперед обробляються ті частини і поверхні техніки та транспорту, з якими необхідний контакт при виконанні роботи (поставленої задачі).

Повна дегазація складається з повного знезаражування або видалення зі всієї поверхні техніки і транспорту отруйних речовин шляхом протирання заражених поверхонь розчинами для дегазації; при їх відсутності можуть бути використані розчинники і розчини для дезактивації.

Для протирання використовуються щітки дегазаційних машин, комплектів і приладів.

Повна дезінфекція виконується тими самими способами, що і дегазація, але тільки з використанням активних розчинів для дегазації і дезінфекції.

Якщо можливо, то доцільно провадити відразу повну, а не часткову дезактивацію, дегазацію і дезінфекцію техніки та транспорту.

Засоби знезаражування техніки і транспорту:

- авто-розливальна станція АРС- 12У (АРС-14), комплекти ДК-4, ІДК-1, ДК-3;
- комунальна, сільськогосподарська, дорожня і будівельна техніка, що придатна для використання при виконанні робіт зі знезаражування.

Дезактивація одягу, взуття та індивідуальних засобів захисту проводиться вибиванням і витрушуванням, миттям або протиранням (прогумованих і шкіряних виробів) водяними розчинами миючих засобів або водою, а також пранням за спеціальними режимами з використанням речовин для дезактивації.

Дезактивація бавовняного, сукняного і шерстяного одягу та взуття проводиться витрушуванням і вибиванням, а також чисткою щітками.

Якщо названими способами ступінь зараження одягу не можливо понизити до допустимих величин, то він підлягає дезактивації шляхом прання за відповідною технологією.

Дегазація одягу, взуття та індивідуальних засобів захисту здійснюється кип'ятінням, пароаміачною сумішшю, пранням і провітрюванням .

Висновки до розділу 4

В результаті написання даного розділу було розглянуто такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки під час проведення підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця.

ВИСНОВКИ

У даній магістерській кваліфікаційній роботі було виконано дослідження, спрямовані на підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця. Зокрема було зроблено:

- проаналізовано передумови розробки заходів з покращення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів;
- сформовано методичні аспекти оцінювання параметрів експлуатаційної надійності автотранспортних засобів;
- розроблено методику та практику покращення експлуатаційної надійності АТЗ в умовах ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця;
- розроблено заходи забезпечення охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях;
- визначено ефективність запропонованих рішень.

Використання основних результатів магістерської кваліфікаційної роботи:

- покращує показники ефективності експлуатації автотранспортних засобів ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця;
- підвищує якість виконання робіт з виявлення несправностей автомобілів;
- дозволяє покращити систему організації ТО і ремонту на підприємстві.

Отже поставлені завдання виконані.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кашканов А. А., Орлюк В. В. Аспекти забезпечення ефективної експлуатації автотранспортних засобів // Електронне наукове видання матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», 20.05.2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/21385/17736>.
2. Кашканов А.А., Біліченко В.В. Експлуатація та обслуговування транспортних машин. Вінниця: ВНТУ, 2004. 136 с.
3. Сухарев Е.О. Експлуатаційна надійність машин. Теорія, методологія, моделювання: навчальний посібник. Рівно: НУВГП, 2006. 192 с.
4. Варфоломеев В.М., Волошина Н.А. Економіко-математичне моделювання в оптимізації функціонування транспортних машин. Харків: ХНАДУ, 2005. 160 с.
5. Bosch Automotive Handbook. 11th Edition. / [Reif K., Dietsche K.-H. & others]. Karlsruhe : Robert Bosch GmbH, Wiley, 2022. 2048 p.
6. Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин: Підручник. Київ: Либідь, 2003. 424 с.
7. Гранкін С. Г., Малахов В. С., Черновол М. І., Черкун В. Ю. Надійність сільськогосподарської техніки. Київ: Урожай, 1998. 208 с.
8. Кашканов А. А. Безпека дорожнього руху : навчальний посібник / А. А. Кашканов, О. Г. Грисяк, І. І. Гуменюк. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 90 с.
9. Розподіл кількості ДТП за видами технічних несправностей транспортних засобів // Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України. URL: <https://www.ndekc.te.ua/news/rol-tehnchnogo-stanu-transportnih-zasobv-u-zabezpechenn-bezpeki-dorozhnogo-ruhu>.
10. Bondarenko, E., Dryuchin, D., Goncharov, A., Bulatov, S., Feklin, E. (2023). Improving the Efficiency of Vehicle Operation by Defining the

Organizational and Methodological Parameters of the Spare Parts Incoming Inspection System. In: Guda, A. (eds) Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. NN 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 509. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11058-0_110.

11. Кашканов А.А., Буряк В.В., Москалюк М.Л. (2024). Логістика експлуатаційної надійності та її роль у забезпеченні ефективності та якості системи транспортного обслуговування споживачів. Матеріали LIII науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2024) : збірник доповідей [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 20-22 березня 2024 р. С. 2416-2419. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/832>.

12. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Варчук В. В. Організація автомобільних перевезень. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 139 с.

13. Кашканов А.А., Буряк В.В., Москалюк М.Л. (2023). Аспекти логістичного забезпечення виробничих процесів підприємств автомобільного транспорту України. Матеріали XVI міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ. С. 154-156.

14. Кукурудзяк Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Технологія обслуговування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2023. 227 с.

15. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Кужель В. П. Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2020. 104 с.

16. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Підручник. К.: Вища школа, 2008. 527 с.

17. Chen, Y. Research on collaborative innovation of key common technologies in new energy vehicle industry based on digital twin technology. Energy Rep. 8, 2022, 15399–15407. DOI: 10.1016/j.egyр.2022.11.120.

18. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Харків: Майдан, 2018. 262 с.
19. Кашканов А. А., Кашканов В. А., Кужель В. П. Транспортно-експлуатаційні якості автомобільних доріг та міських вулиць : навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2018. 113 с.
20. Yue, W., Li, C., Wang, S., Xue, N. & Wu, J. Cooperative incident management in mixed traffic of CAVs and human-driven vehicles. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 2023. DOI: 10.1109/TITS.2023.3289983.
21. Кашканов А.А., Варчук В.В., Зелінський В.Й., Севостьянов С.М. Аналіз витрат операційної діяльності пасажирського АТП з урахуванням зміни їх структурних елементів. Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. 2009, № 3. С. 7-12.
22. Лисий О. В. Підвищення ефективності експлуатації автомобільних поїздів шляхом управління їх технічним станом: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / Олександр Васильович Лисий. – Х., 2016. – 200 с.
23. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни “Економічне обґрунтування інноваційних рішень в галузі транспорту” для студентів спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт» денної та заочної форми навчання / Уклад. В. В. Біліченко, С. О. Романюк. Вінниця : ВНТУ, 2016. 63 с.
24. Дембіцький В.М., Павлюк В.І., Придюк В.М. Технічна експлуатація автомобілів: навчальний посібник. Луцьк: Луцький НТУ, 2018. 473 с.
25. Nastasoiu M. Study on the Dynamic Interaction between Agricultural Tractor and Trailer during Braking Using Lagrange Equation / Nastasoiu M., Ispas N. // Applied Mechanics and Materials, Oct. 2014. Vol. 659. P. 515-520.
26. Xie M.Z. Study on Tractor-Semitrailer Shimmy of High Speed / M.Z. Xie, B. Li, C.Y. Wei, F.Y. Yi // Advanced Materials Research, Jan. 2012. Vols. 433-440. P. 7420-7424.

27. 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.

28. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. К. : Міністерство транспорту України, 1998. 16 с.

29. Дубовой В. М. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2012. 308 с.

30. Андрусенко С. І., Бугайчук О.С. Моделювання бізнес-процесів підприємства автосервісу : монографія. Київ : Кафедра, 2014. 328 с.

31. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни “Економічне обґрунтування інноваційних рішень в галузі транспорту” для студентів спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт» денної та заочної форми навчання / Уклад. В. В. Біліченко, С. О. Романюк. Вінниця : ВНТУ, 2016. 63 с.

32. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

33. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

34. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

35. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infravzuku-nor4878.html>

36. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php

37. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості від 16.10.2013 № 749 «Про затвердження Правил охорони праці під час холодного оброблення металів»,

38. НПАОП 0.00-1.68-13 Правила охорони праці під час холодного оброблення металів

39. Наказ МОЗ України № 285 від 13.02.2023 «Про затвердження Граничних та робочих рівнів виробничої вібрації та Порядку проведення оцінки рівня небезпеки впливу вібрації на працівника». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0535-23#Text>

40. Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:21. [Електронний ресурс]. URL: <https://iq.vntu.edu.ua/repository/getfile.php/3091.pdf>.

ДОДАТОК А (обов'язковий). Ілюстративна частина



Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця

Графічна частина
до магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

Керівник роботи д.т.н., професор



Кашканов А.А.

Розробив студент гр. 1АТ-22мз



Орлюк В.В.

Вінниця ВНТУ 2024

Метою дослідження є підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства (ДП) «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «Агросвітло плюс» місто Вінниця.

Для досягнення мети роботи потрібно вирішити **завдання** з формування:

- передумов розробки заходів з покращення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів;
- методичних аспектів оцінювання параметрів експлуатаційної надійності автотранспортних засобів;
- методики та практики покращення експлуатаційної надійності АТЗ в умовах ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця;
- заходів забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях та охорони праці;
- визначення ефективності запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження – процеси забезпечення експлуатаційної надійності АТЗ в системі «водій–автомобіль–дорога–середовище».

Предмет дослідження – показники експлуатаційної надійності АТЗ.

Наукова новизна отриманих результатів

Отримали подальший розвиток методи оцінювання, покращення та підтримки експлуатаційної надійності АТЗ.




Практична значимість отриманих результатів

Основні результати дослідження:

- покращують показники ефективності експлуатації автотранспортних засобів ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця;
- підвищують якість виконання робіт з виявлення несправностей автомобілів;
- дозволяють покращити систему організації ТО і ремонту на підприємстві.

Основні показники надійності

Група надійності	Тип блока (системи)	
	не відновлюваний	відновлюваний
Показники безвідмовності	$p(t), q(t), \lambda(t),$ T_{cp}	$p(t), q(t), \omega(t), t_{cp},$ K_g, K_{tv}
Показники довговічності	T_γ	T_γ, T_p, T_c
Показники ремонтпридатності		$t_v, S_{TO.num}, S_{ПП.num},$ K_g, K_{tv}
Показники збереженості	t_{zber}	t_{zber}

1. Показники безвідмовності: $p(t)$ – імовірність безвідмовної роботи; $q(t)$ – імовірність відмови; $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов; T_{cp} – середній наробіток до відмови; $\omega(t)$ – параметр потоку відмов; t_{cp} – середній наробіток на відмову; K_g – коефіцієнт готовності (комплексний показник); K_{tv} – коефіцієнт технічного використання (комплексний показник).

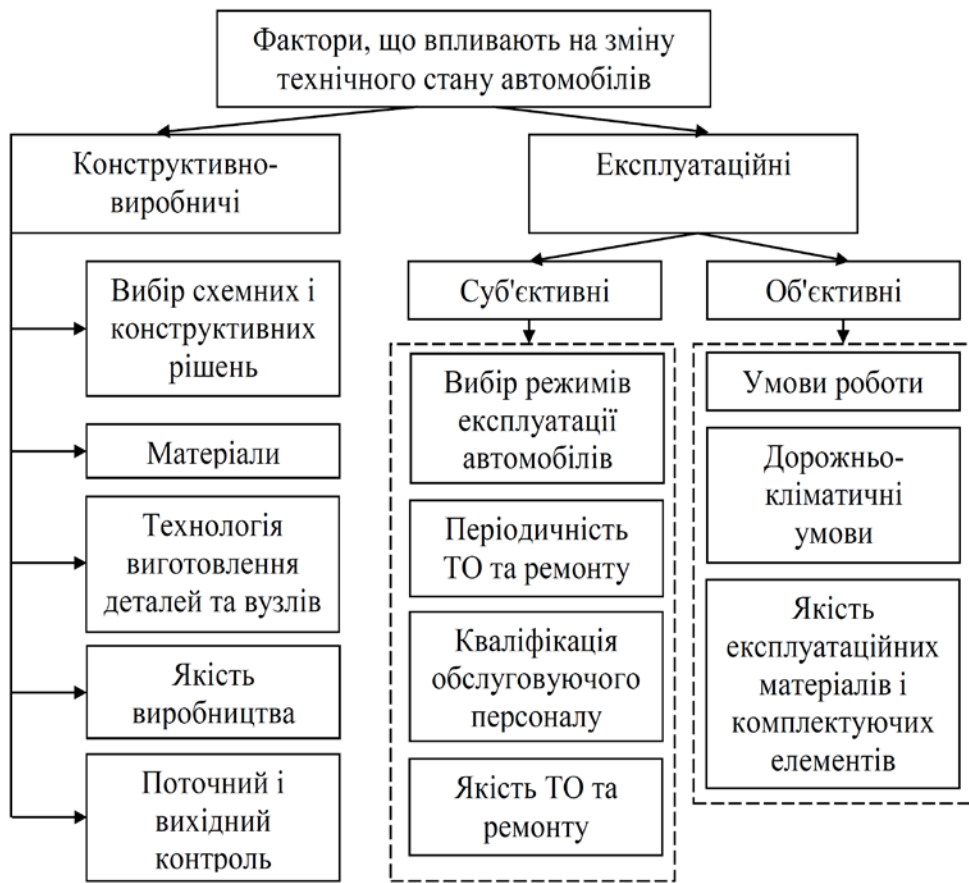
2. Показники довговічності (ресурсні показники): T_γ – гамма-процентний ресурс; T_p – середній ресурс; T_c – термін служби.

3. Показники ремонтпридатності: t_v – середній час відновлення; $S_{TO.num}$ – питома сумарна трудомісткість технічних обслуговувань (ТО); $S_{ПП.num}$ – питома сумарна трудомісткість непланових поточних ремонтів (ПР); K_g, K_{tv} – комплексні показники.

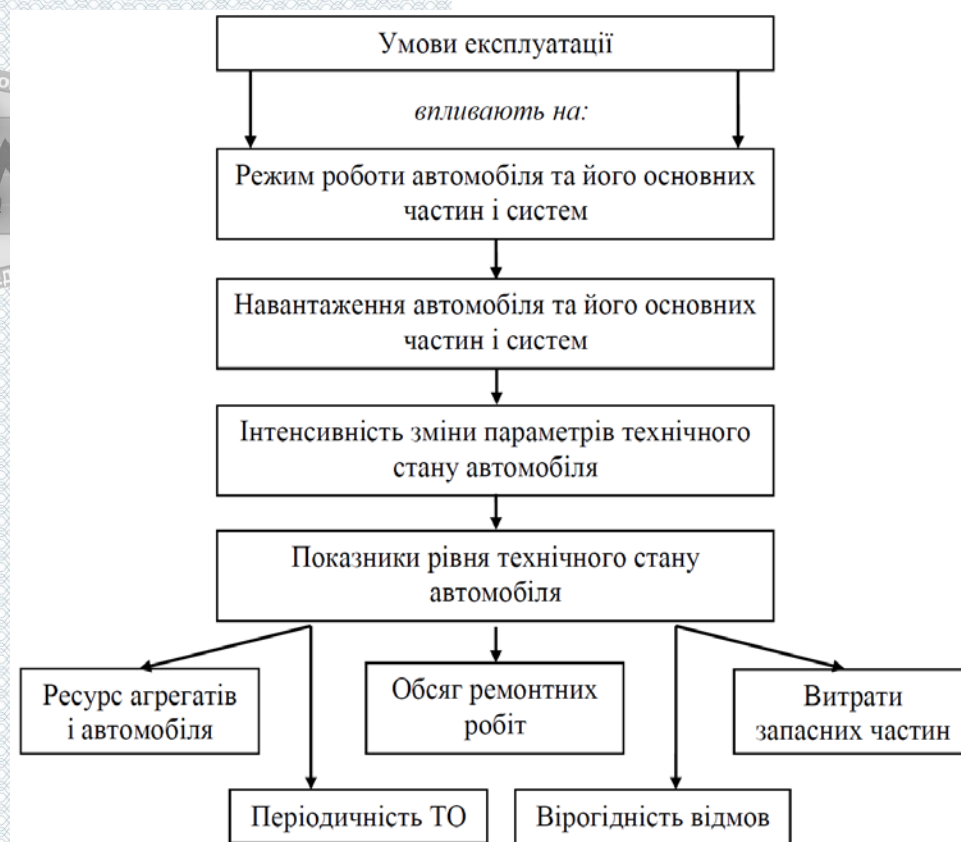
4. Показник збереженості: t_{zber} – середній термін зберігання.

Забезпечення надійності АТЗ в процесі експлуатації

Фактори впливу на зміну технічного стану АТЗ



Визначники рівня технічного стану АТЗ



Загальна характеристика дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця

Основний вид діяльності – технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів всіх європейських марок, а саме: SCANIA, MAN, DAF, MERCEDES, IVECO, RENAULT, VOLVO тощо. ДП «Самтранс» надає такі послуги:

- ремонт двигунів внутрішнього згорання, та їх обслуговування;
- ремонт автоматичних та механічних трансмісій;
- ремонт ходової частини автомобілів;
- ремонт ходової частини причепів, та напівпричепів;
- ремонт електронних систем;
- ремонт пневматичних систем: Knorr-Bremse, Wabco;
- комп'ютерна діагностика;
- ремонт та обслуговування кондиціонерів, автономних обігрівачів;
- ремонт паливної апаратури автомобілів екологічного класу euro-3 і вище.

Дане підприємство також є офіційним дилером SCANIA.



Центр обслуговування SCANIA в ДП «Самтранс»

Процеси технічного обслуговування та ремонту рухомого складу

Фактори, що формують ефективність застосування АТЗ

$$C, L_{opt}(t_{PR}) \rightarrow opt,$$

C – витрати на ТО та ремонт АТЗ, грн.;

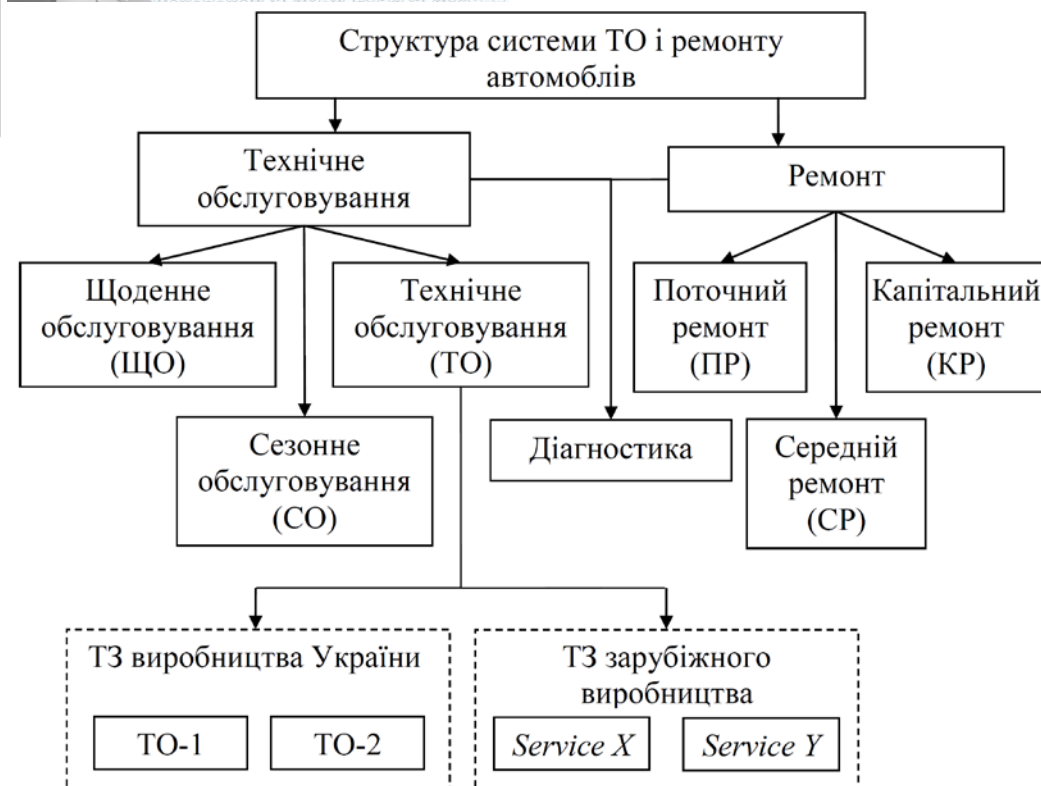
L_{opt} – оптимальний (ефективний) пробіг АТЗ, тис. км;

t_{PR} – питома трудомісткість поточного ремонту, люд-год/1000 км.

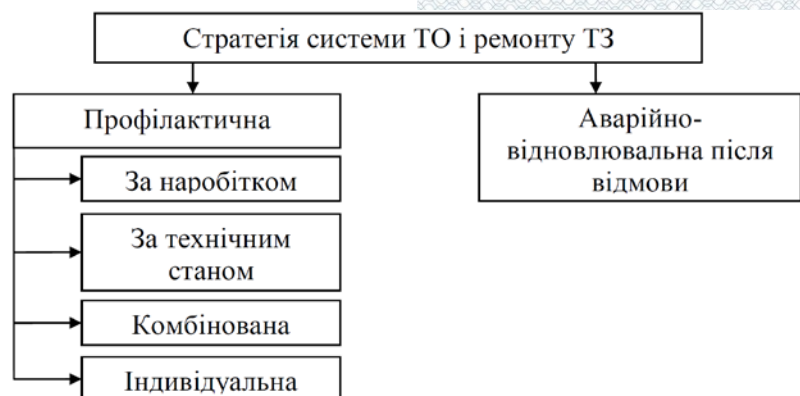
Структура системи ТО та ремонту АТЗ



АВТОМОБІЛІВ ТА

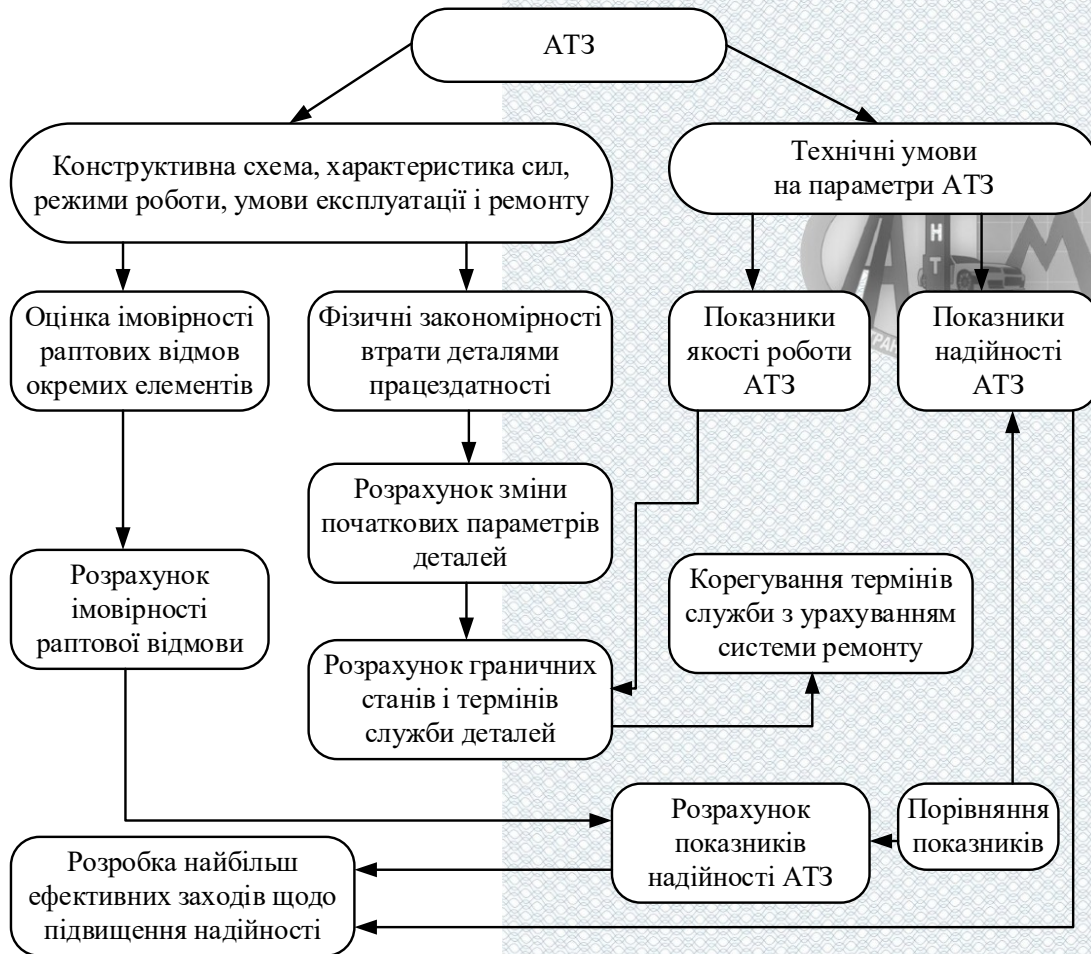


Стратегії функціонування систем ТО та ремонту АТЗ



Методика визначення показників надійності АТЗ

Загальна схема розрахунку АТЗ на надійність



$$P_o(t) = P_u(t) \cdot P_g(t)$$

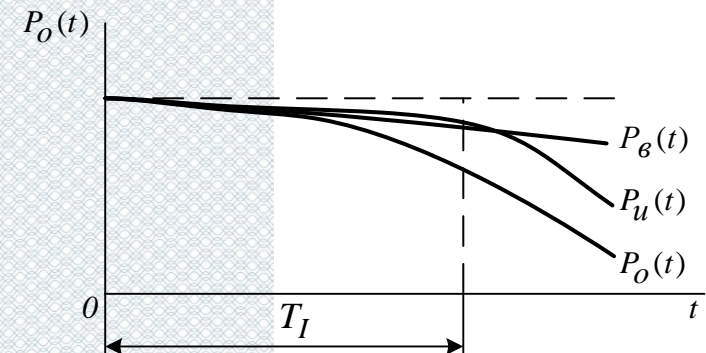
$P_u(t)$ – імовірність безвідмовної роботи при поступових відмовах;

$P_g(t)$ – імовірність безвідмовної роботи, при раптових відмовах

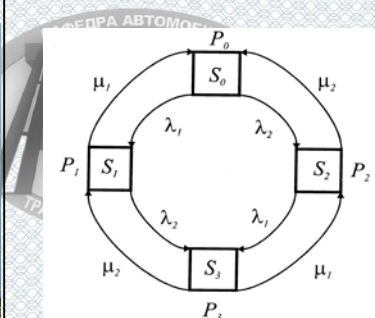
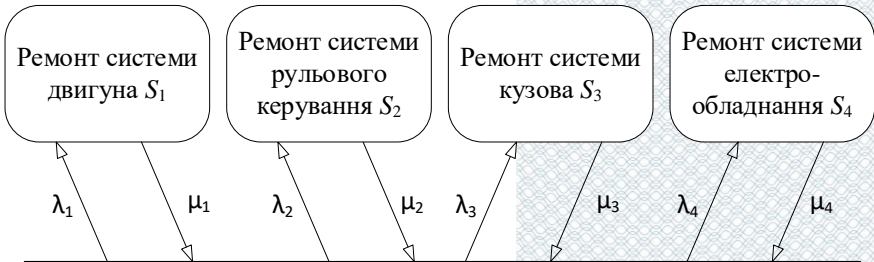
У випадку якщо поступові відмови підкоряються нормальному закону розподілу, а раптові – експонентному, формула прийме такий вигляд

$$P_o(t) = \frac{e^{-\lambda t}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-\bar{T})^2}{2\sigma^2}} dt.$$

Імовірність безвідмовної роботи при спільній дії поступових і раптових відмов

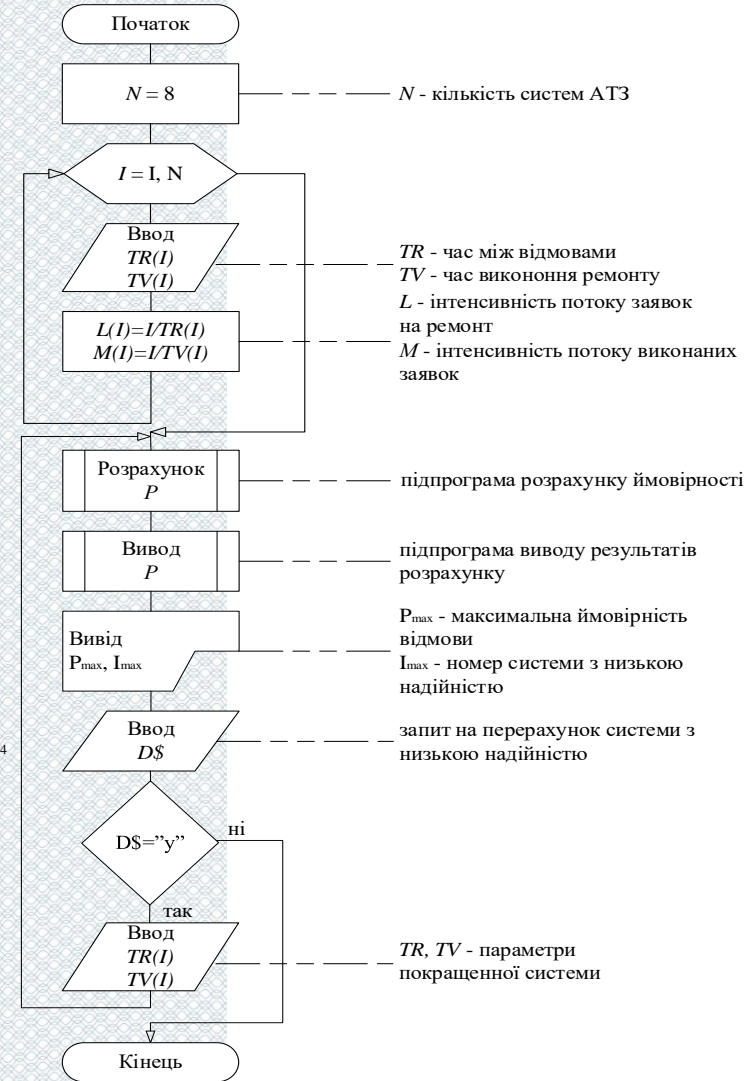
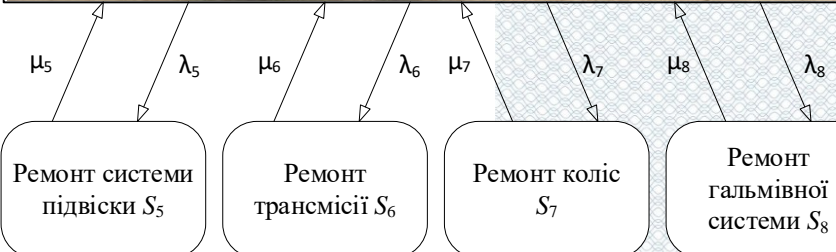


Оцінка надійності АТЗ з використанням ланцюгів Маркова



$$\lambda_i(\mu_i) = (\bar{T}_i)^{-1}$$

$$\begin{aligned}
 P_0 &= (1 + \lambda_1/\mu_1 + \lambda_2/\mu_2 + \lambda_3/\mu_3 + \lambda_4/\mu_4 + \lambda_5/\mu_5 + \lambda_6/\mu_6 + \lambda_7/\mu_7 + \lambda_8/\mu_8)^{-1}; \\
 P_1 &= P_0 * \lambda_1/\mu_1; \\
 \dots \\
 P_8 &= P_0 * \lambda_8/\mu_8.
 \end{aligned}$$



Порівняльна оцінка рівня пристосованості до ТО й ПР базових АТЗ DAF, SCANIA і MAN категорії N

Оцінювальні показники АТЗ

Назва показника	Марка базового АТЗ		
	DAF	SCANIA	MAN
Питома сумарна трудомісткість ТО Σt_{PTO} , люд.-год./м.-год.	0,12	0,10	0,10
Питома сумарна трудомісткість ліквідації наслідків відмов Σt_{PPR} , люд.-год./м.-год.	0,11	0,11	0,19
Питома ціна ТО ΣC_{PTO} у.о./м.-год.	0,09	0,10	0,084
Питома ціна ліквідації наслідків відмов ΣC_{PPR} , у.о./м.-год.	0,81	0,72	0,91
Коефіцієнт доступності при ТО	0,76	0,68	0,73
Коефіцієнт зручності роботи при ТО	0,78	0,85	0,72
Коефіцієнт доступності при ПР	0,72	0,82	0,69
Коефіцієнт зручності роботи при ПР	0,75	0,87	0,70

$$C_{i0} = \sqrt{\sum_{j=1}^m \omega_j (z_{ij} - z_{0j})^2}, \quad d_i^* = C_{i0} / C_0,$$

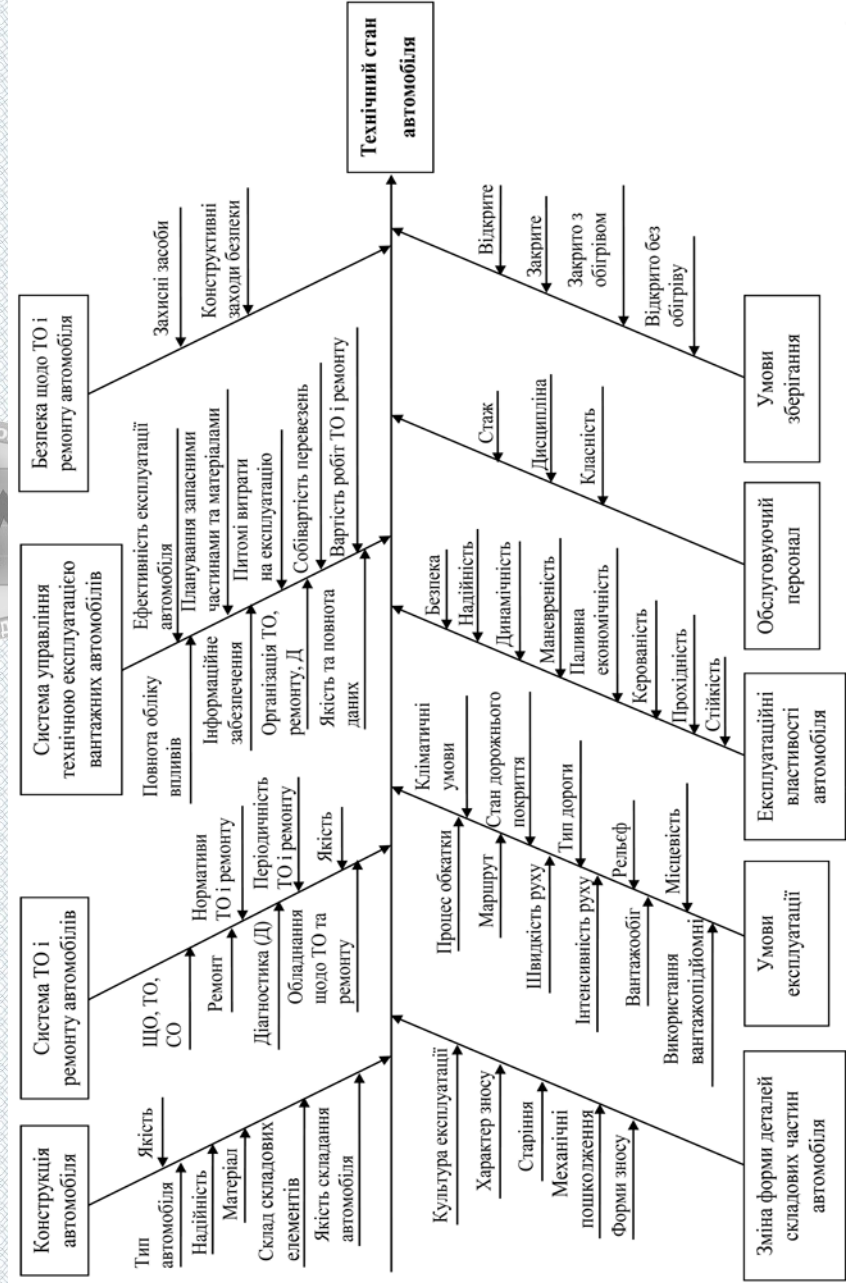
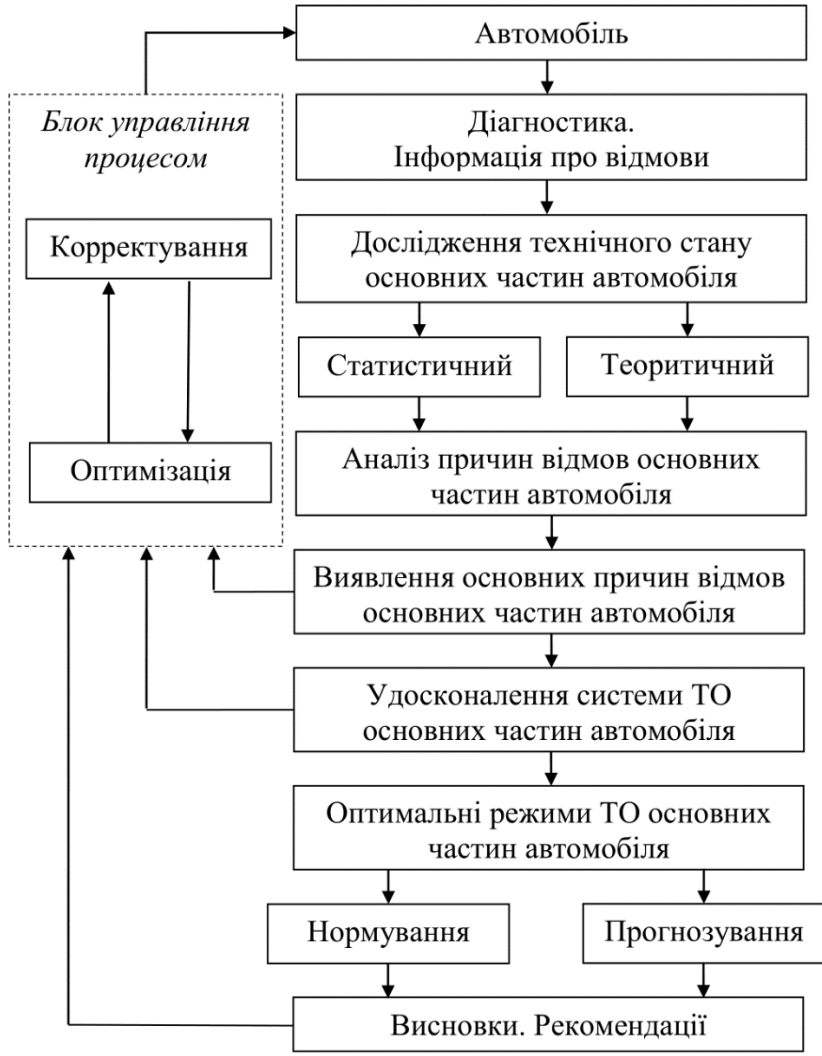
$$d_i = 1 - d_i^*$$

Результати оцінювання пристосованості до ТО й ПР АТЗ

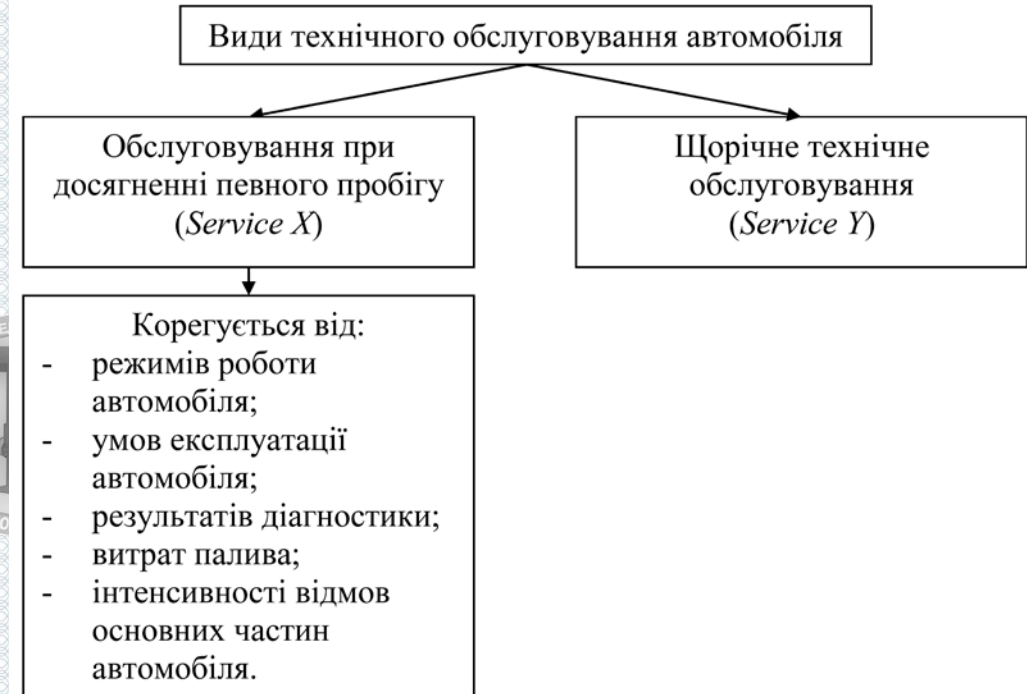
Параметр	Марка базового АТЗ			\bar{C}_0	σ_0	C_0
	DAF	SCANIA	MAN			
C_{i0}	3,99	2,68	4,75	3,81	0,85	5,51
d_i^*	0,524	0,486	0,662			
d_i	0,476	0,514	0,338			

Оскільки $(d_i)_{\max} = 0,514$ відповідає базовому АТЗ SCANIA, то ця машина найбільш пристосована до ТО й ПР. Базовий АТЗ MAN має найнижчу експлуатаційну технологічність.

Алгоритм аналізу відмов основних частин АТЗ



Алгоритм оптимізації режимів ТО АТЗ категорії N в умовах ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця



$$K_G = f \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_i \cdot t_j \right)$$

$$\Delta K_G^K = \Delta K_D^K + \Delta K_{TV}^K + \Delta K_{ZCH}^K + \Delta K_R^K$$

$$\Delta S_{VZ}^K = k_{11} \cdot \Delta S_1 + k_{12} \cdot \Delta S_2 + k_{13} \cdot \Delta S_3 + k_{14} \cdot \Delta S_4$$

$$K_G \rightarrow opt$$

$$C_{pyt} \rightarrow opt$$

Перелік робіт ТО при Service X і Service Y АТЗ

Умови експлуатації	Service X	Service Y
Заміна моторного масла	+	
Заміна масляного фільтра (масляної центрифуги)	+	
Заміна повітряного фільтра двигуна	+	
Заміна салонного повітряного фільтра	+	
Заміна паливного фільтра (грубого, тонкого очищення)	+	
Заміна повітряного фільтра / масловіддільника системи додаткової обробки викидів		+
Заміна масла в диференціалі (інтервал ТО залежить від умов експлуатації)		+
Заміна масла в коробці передач (інтервал ТО залежить від умов експлуатації)	+	
Заміна масла і фільтра гідропідсилювача керма (один раз у 2 роки)	+	
Заміна охолоджуючої рідини (один раз у 2 роки)	+	
Заміна поліклинових ременів (один раз у 2 роки)	+	
Заміна фільтра системи додаткової обробки викидів		+
Заміна фільтра осушувача повітря пневмосистеми (необхідно міняти кожні 6 місяців)		+
Заміна фільтра охолоджувальної рідини на насосі охолоджуючої рідини (один раз у 2 роки)		+
Перевірка і при необхідності регулювання зазору клапанів	+(1)	+
Перевірка амортизаторів на правильність кріплення і наявність витoku	+	
Перевірка диференціала на наявність витoku	+	
Перевірка засмічення радіатора, проміжного охолоджувача та конденсатора	+	
Перевірка та при необхідності очищення виводів акумуляторної батареї	+	
Перевірка компонентів і з'єднань на наявність витoku повітря	+	
Перевірка коробки передач на наявність витoku	+	
Перевірка масляної системи і з'єднань рульового керування	+	
Перевірка на наявність витoku палива	+	

Умови експлуатації	Service X	Service Y
Перевірка підшипників маточин колеса на наявність витoku	+	
Перевірка поліклинових ременів	+	
Перевірка пильовиків рульових наконечників на наявність пошкоджень	+	
Перевірка системи випуску відпрацьованих газів	+	
Перевірка з'єднань з «масою»	+	
Перевірка товщини гальмівних колодок і гальмівних дисків	+	
Перевірка гальмівної системи та її компонентів на наявність витoku	+	
Перевірка рівня масла рульового керування	+	
Перевірка рівня електроліту та при необхідності долив	+	
Перевірка вологовідділювача повітрязбірника		+
Перевірка кріплення кабіни		+
Перевірка кріплення карданного з'єднання на вхідному валу механізму рульового керування		+
Перевірка кріплення надбудови		+
Перевірка кріплення гальмівного циліндра		+
Перевірка люфту приводного вала		+
Перевірка морозостійкості охолоджуючої рідини		+
Перевірка наявності запасних запобіжників у центральному блоці		+
Перевірка відповідності номіналу запобіжників в центральному блоці по наклейці на кришці центрального блоку запобіжників		+
Перевірка трубопроводу компресора		+
Перевірка рівня рідини насоса відкидання кабіни		+
Перевірка кульових шарнірів рульового керування		+
Машення карданних шарнірів	+	
Машення в передній осі з пневматичною підвіскою	+	
Машення тріскачок гальма задньої осі (модифікація з барабаними гальмами)	+	
Машення підвіски кабіни	+	

(1) Лише при першому Service X

Основні наукові і практичні результати, викладені в роботі

У даній магістерській кваліфікаційній роботі було виконано дослідження, спрямовані на підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця. Зокрема було зроблено:

- проаналізовано передумови розробки заходів з покращення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів;
- сформовано методичні аспекти оцінювання параметрів експлуатаційної надійності автотранспортних засобів;
- розроблено методику та практику покращення експлуатаційної надійності АТЗ в умовах ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця;
- розроблено заходи забезпечення охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях;
- визначено ефективність запропонованих рішень.

Використання основних результатів магістерської кваліфікаційної роботи:

- покращує показники ефективності експлуатації автотранспортних засобів ДП «Самтранс» ТОВ «Агросвітло плюс» місто Вінниця;
- підвищує якість виконання робіт з виявлення несправностей автомобілів;
- дозволяє покращити систему організації ТО і ремонту на підприємстві.

Отже поставлені завдання виконані.



ДОДАТОК Б (обов'язковий). Протокол перевірки на плагіат



ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення експлуатаційної надійності автотранспортних засобів категорії N в умовах дочірнього підприємства «Самтранс» товариства з обмеженою відповідальністю «Агросвітло плюс» місто Вінниця

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 80 % Схожість 20 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.


Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Орлюк В.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

Кашканов А.А.
(прізвище, ініціали)