

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДИКИ КОРИГУВАННЯ НОРМАТИВІВ
ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО
СКЛАДУ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ВІНЛОГІК» МІСТО ВІННИЦЯ ШЛЯХОМ УРАХУВАННЯ ФАКТИЧНИХ
УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1АТ-22м
спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

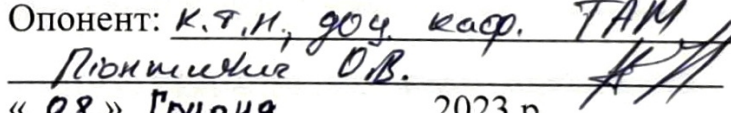

Вовна О.В.

Керівник: к.т.н., ст. викл. АТМ


Антонюк О.П.

« 08 » грудня 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. ТАМ


Ліукшинський О.В.

« 08 » грудня 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.


« 11 » грудня 2023 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.

« 19 » 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ
Вовни Олександра Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Покращення методики коригування нормативів періодичності технічного обслуговування рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ВІНЛОГІК» місто Вінниця шляхом урахування фактичних умов експлуатації автомобілів

керівник роботи Антонюк Олег Павлович, к.т.н., старший викладач,
затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247.

2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2023 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; район експлуатації автомобілів – Україна, м. Вінниця; досліджувані моделі АТЗ – транспортні засоби ТОВ «ВІНЛОГІК» м. Вінниця; об'єкт досліджень – процес формування ймовірності безвідмовної роботи рухомого складу ТОВ «ВІНЛОГІК» з урахуванням фактичних умов експлуатації; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст текстової частини:

1. Аналіз шляхів покращення методики коригування нормативів періодичності технічного обслуговування рухомого складу

2. Теоретичні дослідження впливу фактичних умов експлуатації автомобілів на періодичність їх технічного обслуговування

3. Розрахунково - експериментальні дослідження впливу умов експлуатації автомобілів ТОВ «ВІНЛОГІК» на періодичність їх технічного обслуговування

4. Результати оцінки ефективності покращення методики коригування нормативів періодичності технічного обслуговування рухомого складу ТОВ «ВІНЛОГІК»

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

- 1-3 Тема, мета та завдання дослідження.
- 4 Фрагмент дерева цілей транспортної системи
- 5 Укрупнена схема загальної методики досліджень
- 6 Дерево цілей при визначенні та коригуванні нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів
- 7 Концепція визначення та коригування нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів
- 8 Опис елементів концепції визначення та коригування нормативів періодичності ТО
- 9 Залежності питомих витрат на ТО та ПР від періодичності ТО
- 10 Вдосконалена модель визначення впливу періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів в умовах попередження більшої частини відмов
- 11 Алгоритм розрахунку ймовірності безвідмовної роботи
- 12 Алгоритм розрахунку ймовірності безвідмовної роботи
- 13 Результати визначення впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО та впливу варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів
- 14 Коригування нормативів з урахуванням варіації періодичності ТО
- 15 Оцінка ефективності результатів досліджень
- 16 Висновки

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Антонюк О.П. ст. викл. кафедри АТМ	 19.09.23	
Визначення ефективності запропонованих рішень	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ	 07.11	 27.11
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	19.09-02.10.2023	Виконав
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	19.09-02.10.2023	Виконав
3	Обґрунтування методів досліджень	19.09-02.10.2023	Виконав
4	Розв'язання поставлених задач	03.10-20.11.2023	Виконав
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	21.11-29.11.2023	Виконав
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	07.11-27.11.2023	Виконав
7	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	07.11-27.11.2023	Виконав
8	Нормоконтроль МКР	30.11-04.12.2023	Виконав
9	Попередній захист МКР	05.12-07.12.2023	Виконав
10	Рецензування МКР	08.12-11.12.2023	Виконав
11	Захист МКР	12.12-22.12.2023	Виконав

Студент

Керівник роботи


(підпис)


Вовна О.В.

Антонюк О.П.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.113

Вовна О.В. Покращення методики коригування нормативів періодичності технічного обслуговування рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ВІНЛОГІК» місто Вінниця шляхом урахування фактичних умов експлуатації автомобілів. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2023. 116 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 38 назв; рис.: 37; табл. 32.

У магістерській кваліфікаційній роботі вирішено завдання щодо підвищення надійності автомобілів шляхом оперативного визначення та коригування періодичності технічного обслуговування при експлуатації в різних умовах. Показано, що при визначенні та коригуванні нормативів періодичності ТО як цільову функцію доцільно вибрати мінімум різниці між заданою та реалізованою ймовірністю безвідмовної роботи. Встановлено межі застосування техніко-економічного методу визначення періодичності ТО. Розроблено імітаційну модель формування ймовірності без відмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацювань на відмову. Розроблено імітаційну модель впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО. Ефект від використання методики утворюється за рахунок точнішого визначення нормативів з урахуванням фактичних умов та зниження кількості відмов, а також втрат від простоїв автомобілів у поточному ремонті.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у зоні поточного ремонту; оцінка факторів виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці; рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Графічна частина складається з 16 слайдів

Ключові слова: технічне обслуговування, рухомий склад, умови експлуатації, пробіг, напрацювання, коефіцієнт технічної готовності, транспортний процес.

ABSTRACT

UDC 629.113

Vovna O.V. Improvement of the methodology for adjusting the standards for periodic maintenance of rolling stock of the limited liability company "VINLOGIK" city of Vinnytsia by taking into account the actual operating conditions of cars. Master's thesis on specialty 274 - Motor transport. Vinnytsia: VNTU, 2023. 116 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 38 titles; Fig.: 37; table 32.

In the master's qualification work, the task of increasing the reliability of cars was solved by means of operational determination and adjustment of the periodicity of maintenance during operation in various conditions. It is shown that when determining and adjusting the standards of periodicity of maintenance as a target function, it is advisable to choose the minimum difference between the specified and realized probability of failure-free operation. The limits of the application of the technical and economic method of determining the frequency of maintenance are established. A simulation model of the formation of the probability of failure-free operation of cars has been developed, taking into account the variation in the periodicity of maintenance and the use of truncated samples of failures. A simulation model of the influence of average daily mileage and flight length on the actual frequency of maintenance has been developed. The effect of using the methodology is formed due to a more accurate definition of standards taking into account the actual conditions and a reduction in the number of failures, as well as losses from car downtimes during ongoing repairs.

In the section on labor protection, such issues as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the area of ongoing repair are elaborated; assessment of factors of production and labor processes, hygienic assessment of working conditions; recommendations for improving working conditions, as well as fire safety regulations were considered.

The graphic part consists of 16 slides

Keywords: maintenance, rolling stock, operating conditions, mileage, service life, technical readiness ratio, transport process.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДИКИ КОРИГУВАННЯ НОРМАТИВІВ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ.....	13
1.1 Актуальні напрямки вдосконалення технічної експлуатації автомобілів.....	13
1.2 Надійність автомобілів та її показники.....	15
1.3 Система забезпечення працездатності автомобілів.....	19
1.3.1 Призначення та основи системи ТО та ПР.....	19
1.3.2 Стратегії забезпечення працездатності.....	24
1.3.3 Тактики забезпечення працездатності.....	25
1.3.4 Нормативи системи забезпечення працездатності.....	26
1.3.5 Методи визначення періодичності технічного обслуговування	28
1.3.6 Методи формування системи технічного обслуговування та ремонту.....	30
1.4 Коригування нормативів.....	31
1.5 Варіація добових пробігів автомобілів та фактичної періодичності ТО.....	33
1.6 Висновки до розділу 1.....	35
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФАКТИЧНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА ПЕРІОДИЧНІСТЬ ЇХ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ.....	37
2.1 Загальна методика теоретичних досліджень.....	37
2.2 Обґрунтування мети досліджень та формування цільової функції.....	40
2.3 Концепція визначення та коригування нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів.....	51
2.4 Модель впливу періодичності ТО на ймовірність безвідмовної роботи автомобілів в умовах попередження більшої частини відмов	58

2.5	Модель формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацювань на відмову.....	61
2.6	Модель закономірності впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО.....	63
2.7	Висновки до розділу 2.....	71
3.	РОЗРАХУНКОВО - ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ ТОВ «ВІНЛОГІК» НА ПЕРІОДИЧНІСТЬ ЇХ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ.....	72
3.1.	Загальна методика розрахунково - експериментальних досліджень.....	72
3.2.	Результати визначення цільової функції в умовах ТОВ «ВІНЛОГІК».....	73
3.3.	Перевірка адекватності моделі формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацювання на відмову.....	75
3.4.	Оцінка факторів, що впливають на відхилення фактичної періодичності ТО від нормативного значення.....	77
3.5.	Перевірка адекватності імітаційної моделі впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО.....	80
3.6	Вплив середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО.....	82
3.7	Вплив варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів.....	87
3.8	Висновки до розділу 3.....	89



4. РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДИКИ КОРИГУВАННЯ НОРМАТИВІВ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ТОВ «ВІНЛОГІК».....	91
4.1. Методологічні питання використання результатів досліджень.....	91
4.2. Коректування нормативів з урахуванням варіації періодичності ТО.....	94
4.3. Оцінка ефективності результатів досліджень.....	96
4.4. Висновки до розділу 4.....	100
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	101
5.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці.....	102
5.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони.....	102
5.1.2 Виробниче освітлення.....	104
5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання.....	105
5.1.4 Виробничі випромінювання.....	107
5.2 Технічні рішення щодо безпеки при проведенні покращення методики коригування.....	107
5.2.1 Безпека щодо організації робочих місць.....	107
5.2.2 Електробезпека.....	108
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	109
5.4 Висновки до розділу 5.....	110
ВИСНОВКИ.....	111
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	113
ДОДАТКИ.....	117
ДОДАТОК А. ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ.....	118
ДОДАТОК Б. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ МКР.....	135



ВСТУП

Актуальність теми. При використанні сучасних автомобілів зміни технічного стану автомобілів мають суттєві особливості.

По-перше, характерні умови експлуатації, які не враховані в існуючій методиці коригування нормативів технічного обслуговування (ТО). Для визначення періодичності ТО, що забезпечує задану можливість безвідмовної роботи, необхідно встановити вид і параметри закону розподілу напрацювань на відмову на основі репрезентативної вибірки. Але під час проведення планово-попереджувальних операцій ТО більшість потенційних відмов попереджається, у зв'язку з чим можливе отримання лише зрізаної вибірки. Точність визначення параметрів розподілу напрацювань на відмову з використанням відомих методів обробки незавершених випробувань у умовах недостатня для визначення та коригування нормативів.

По-друге, через різні причини фактична періодичність ТО може істотно відрізнятися від нормативної, причому недостатньо вивчено вплив різних факторів на фактичну періодичність ТО та її варіацію, а також їх вплив на ймовірність безвідмовної роботи автомобілів та коефіцієнт технічної готовності (КТГ).

Ступінь розробленості теми. У виконаних раніше дослідженнях розроблено низку методів визначення та коригування нормативів періодичності ТО, але всі вони мають припущення та обмеження, що знижують точність розрахунків або лімітують область використання. Ці методи реалізовані в нормативних документах, що регламентують системи забезпечення працездатності: у Положенні про ТО та ремонт рухомого складу автомобільного транспорту (далі - Положення), сервісних книжках. У Положенні все різноманіття умов експлуатації зведено до п'яти категорій, норматив періодичності ТО яких змінюється у відносних одиницях від 1,0 до 0,6. У цьому варіація умов усередині категорії не враховується.

Провідні світові автовиробники зазвичай пропонують прості методики коригування нормативів періодичності ТО. Наприклад, для вантажних автомобілів Мерседес, що виконують далекі поїздки, періодичність ТО становить 100 тис. км, для автомобілів, що працюють у важких умовах, норматив може бути знижений до 30 тис. км. У цьому незрозуміло, що розуміється під важкими умовами і наскільки у разі потрібно знизити норматив. Використовувати для коригування нормативу методику з Положення неможливо, оскільки у даному разі передбачається ширший інтервал зміни - від 1,0 до 0,3.

Таким чином, існує актуальна проблема оперативного коригування нормативів періодичності ТО автомобілів з урахуванням специфіки умов експлуатації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно до науково-дослідної тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету і є невід'ємною частиною досліджень пов'язаних з підвищенням якості обслуговування рухомого складу АТП.

Метою роботи є підвищення технічної готовності рухомого складу ТОВ «ВІНЛОГІК» шляхом оперативного визначення та коригування нормативів періодичності ТО з урахуванням необхідного рівня надійності при експлуатації у різних умовах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1 вдосконалити методику визначення впливу періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів в умовах попередження більшої частини відмов;

2 встановити закономірності впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО;

3 встановити закономірності впливу коефіцієнта варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобіля;

4 розробити методику практичного використання результатів досліджень та оцінити їх ефективність.

Об'єкт досліджень – процес формування ймовірності безвідмовної роботи рухомого складу ТОВ «ВІНЛОГІК» з урахуванням фактичних умов експлуатації.

Предмет досліджень – закономірності формування ймовірності безвідмовної роботи а рухомого складу ТОВ «ВІНЛОГІК» з урахуванням фактичних умов експлуатації.

Методи досліджень. Як загальна методологія досліджень обрано системний підхід. У основі методології теоретичних досліджень лежить логічний метод. Крім нього застосовується ряд приватних методів: аналіз та синтез, аксіоматичний та гіпотетичний методи, метод інтерпретації, кореляційно-регресійний аналіз, імітаційне моделювання, планування експерименту, активний імітаційний та пасивний натурний експерименти.

Новизна одержаних результатів:

- вдосконалено модель формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів шляхом урахування варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацювань на відмову;
- встановлено вплив середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО;
- встановлено вплив коефіцієнта варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобіля.

Практична значимість отриманих результатів. Практична значимість полягає у вдосконаленні методики оперативного визначення та коригування нормативів періодичності ТО залежно від фактичних умов експлуатації, використання якої дозволяє точніше визначати нормативи, а також знизити кількість відмов та втрати від простоїв автомобілів у поточному ремонті.

Ступінь достовірності результатів. Достовірність результатів забезпечена коректною побудовою математичних моделей, перевіркою їхньої адекватності досліджуваному процесу. Сформульовані в МКР наукові

положення, висновки та рекомендації ґрунтуються на теоретичних дослідженнях та підтвержені достатнім обсягом розрахункових даних, опрацьованих за коректними методиками.

Апробація роботи. Основні положення магістерської кваліфікаційної роботи було представлено на Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)» – 5 жовтня 2023 року – 20 травня 2024 року – Україна, Вінниця, ВНТУ.

Публікації. Антонюк О.П. Оцінка надійності автомобілів шляхом врахування варіації фактичної періодичності технічного обслуговування / О.П. Антонюк, О.В. Вовна, О.О. Вергелюк // Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)»: збірник доповідей. [Електронний ресурс]. – Вінниця: ВНТУ, 2023 – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/19165/16178> (дата звернення 28.11.2023)



1. АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДИКИ КОРИГУВАННЯ НОРМАТИВІВ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ

1.1. Актуальні напрямки вдосконалення технічної експлуатації автомобілів

Автомобільний транспорт – найважливіша підсистема транспортної системи країни.

Перевагами автомобільного транспорту є його мобільність, можливість доставки вантажів без навантаження. Крім переваг, автомобільному транспорту властивий і ряд недоліків. Найважливіший із них - висока собівартість перевезень.

Від витрат за перевезення істотно залежить ефективність роботи промислових підприємств, собівартість продукції обслуговуваних виробництв. Значною мірою собівартість автомобільних перевезень залежить від витрат на поточний ремонт (ПР) (рис. 1.1).

Потік відмов, потреба у технічному обслуговуванні та ремонті визначається ресурсами елементів автомобілів, напрацюваннями на відмову, які суттєво залежать від умов експлуатації.

Для управління ресурсами елементів автомобілів необхідні об'єктивні нормативи, які враховують умови експлуатації. Відомі методики коригування призначені для використання у постійних умовах експлуатації. Насправді це недосяжно.

Отже, необхідно удосконалити методики коригування для використання у разі змінних умов експлуатації. Отримані раніше результати не дозволяють вирішити зазначене завдання. Тому необхідним є проведення досліджень, метою яких є підвищення технічної готовності автомобілів шляхом визначення та коригування нормативів періодичності ТО з урахуванням необхідного рівня надійності під час експлуатації у різних умовах.

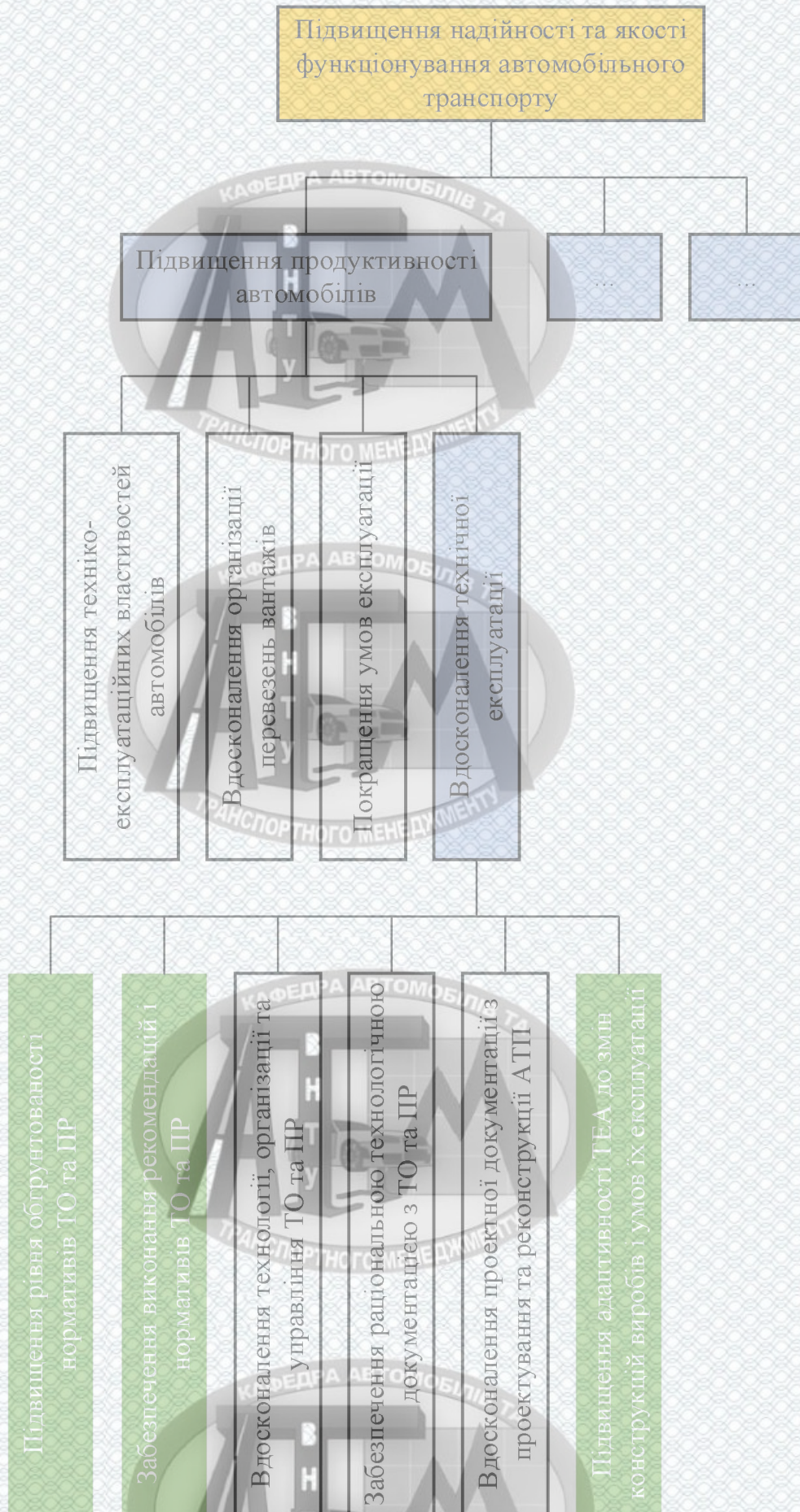


Рисунок 1.1. – Фрагмент дерева цілей транспортної системи

1.2. Надійність автомобілів та їх показники

Від надійності автомобіля залежить ряд його властивостей: безпека, ефективність, економічність та конкурентоспроможність. Недостатня надійність автомобілів веде до втрат трудових, матеріальних, сировинних та інших ресурсів.

Надійність - це властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування та ремонту, зберігання та.

Як вказується в [15], «Надійність - це збірний термін, що використовується для опису готовності до роботи та факторів, що впливають на неї... Термін «надійність» використовується тільки для загальних описів, а не як кількісний параметр».

На думку А.С. Проникова, надійність - це властивість виробу зберігати у часі свою працездатність. Надійність відображає властивість автомобілів зберігати необхідні якісні показники протягом усього періоду експлуатації. Надійність виробу одна із основних показників його якості [16].

Несвітський Я.І. стверджує, що надійність - це міра здатності автомобіля працювати без поломок та передчасного зношування деталей, порушення регулювань механізмів і систем, тобто працювати без зупинок з технічних несправностей [11].

На думку Ф. Байхельта та П. Франкена, важливими показниками надійності є такі.

1. Імовірність безвідмовної роботи – можливість того, що система пропрацює без відмов на заданому інтервалі часу.

2. Коефіцієнт технічної готовності - ймовірність того, що система знаходиться на даний момент у працездатному стані.

3. Середнє напрацювання до відмови системи - визначається як відношення сумарного напрацювання відновлюваного об'єкта до відмов, що відбулися за сумарне напрацювання:

4. Середнє напрацювання між відмовими.

5. Середня інтенсивність витрат, необхідних для підтримки працездатності системи.

Надійність є складною властивістю, що складається з 4-х властивостей: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та збереженність.

Безвідмовність - це властивість об'єкта безперервно зберігати працездатність протягом деякого часу або напрацювання. Для оцінки безвідмовності застосовують такі основні показники.

Імовірність безвідмовної роботи:

$$R(L) = \int_L^{\infty} f(L) \cdot dL \quad (1.1)$$

Імовірність безвідмовної роботи $R(L)$ визначається відношенням числа випадків безвідмовної роботи виробу за напрацювання L до загального числа випадків n :

$$R(L) = \frac{n - m(L)}{n} = 1 - \frac{m(L)}{n}, \quad (1.2)$$

де $m(L)$ - кількість виробів, що відмовили, до моменту напрацювання L

Відмова - подія, що полягає у порушенні працездатного стану. Імовірність відмови розраховується за формулами:

$$F(L) = 1 - R(L) = \frac{m(L)}{n}; \quad (1.3)$$

$$F(L) = \int_{-\infty}^L f(L) \cdot dL. \quad (1.4)$$

Середнє напрацювання до та між відмовами для n елементів [93]:

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i. \quad (1.5)$$

Інтенсивність відмов для виробів, що не відновлюються - умовна щільність ймовірності виникнення відмови невідновлюваного виробу, що визначається для даного моменту часу за умови, що відмови до цього моменту не було.

Ведуча функція потоку відмов $\Omega(L)$ - накопичене число перших та наступних відмов виробу до напрацювання L :

$$\Omega(L) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(L). \quad (1.6)$$

Параметр потоку відмов - це щільність ймовірності виникнення відмови відновлюваного виробу, що визначається для даного моменту часу або пробігу:

$$\omega(L) = \frac{d\Omega(L)}{dL} = \sum_{k=1}^{\infty} f_k(L) \quad (1.7)$$

де $f_k(L)$ - густина ймовірності виникнення k -ї відмови.

Параметр потоку відмов може бути оцінений на основі експериментальних даних наступним чином:

$$\omega(L) = \frac{m_2 - m_1}{n(L_2 - L_1)} \quad (1.8)$$

де m_1 , m_2 - сумарна кількість відмов n автомобілів відповідно до напрацювання L_1 і L_2 .

Довговічність - властивість об'єкта зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту.

До показників довговічності відносяться середній ресурс та середній термін служби, гамма-відсотковий ресурс та гамма-відсотковий термін служби, ймовірність досягнення граничного стану.

Гамма-відсотковий ресурс - це напрацювання, більше якого виріб пропрацює без відмови з ймовірністю $P = \gamma$. Зазвичай γ приймається рівною 0,8; 0,85; 0,9; 0,95.

При визначенні надійності ці показники розглядаються як для окремих деталей, так і для агрегатів і автомобілів загалом.

Ремонтопридатність - властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до підтримки та відновлення працездатного стану шляхом технічного обслуговування та ремонту.

Зберігаємість - властивість об'єкта зберігати в заданих межах значення параметрів, що характеризують здатність об'єкта виконувати необхідні функції, протягом та після зберігання та (або) транспортування.

На думку А.С. Пронікова, особливість проблеми надійності полягає у її зв'язку з усіма етапами проектування, виробництва та експлуатації автомобілів.

1) При проектуванні та розрахунку машини закладається її надійність. Вона залежить від конструкції автомобіля та його вузлів, застосовуваних матеріалів, методів захисту від шкідливих впливів, ремонтпридатності та інших конструктивних особливостей.

2) Під час виготовлення автомобіля забезпечується його надійність. Вона залежить від якості виготовлених деталей, методів контролю продукції, якості складання автомобілів та його вузлів, методів випробування готової продукції та інших показників технологічного процесу.

3) Під час експлуатації автомобілів реалізується його надійність. Показники безвідмовності та довговічності автомобіля залежать від методів та умов експлуатації, прийнятої системи ремонту та методів технічного обслуговування, режимів роботи та інших експлуатаційних факторів [6].

Характеристики надійності необхідні для організації ТО та ПР автомобілів, наприклад, визначення періодичності ТО, розрахунку потреби у запасних частинах.

1.3. Система забезпечення працездатності автомобілів

1.3.1. Призначення та основи системи ТО та ПР

Система технічного обслуговування та ремонту автомобілів - сукупність взаємозалежних засобів, нормативної документації та виконавців, необхідних для підтримки та відновлення працездатності [2].

У завдання даних досліджень не входить розгляд коштів та виконавців для ТО та ПР автомобілів, тому докладно розглянемо лише документацію, в якій викладено нормативну базу системи забезпечення працездатності.

В даний час «Положення ...» не є офіційним документом, оскільки ні країна, в якій воно розроблено, ні міністерство, яке його затвердило, не існують. Тим не менш, на багатьох підприємствах його використовують, оскільки, по-перше, для автомобілів старих моделей немає іншого документа, в якому було б викладено систему забезпечення працездатності, по-друге, не існує документа, в якому більш повно і всебічно регламентувався б процес забезпечення працездатності автомобілів.

Для всіх сучасних автомобілів розроблені сервісні книжки, в яких наводяться переліки операцій ТО та періодичність їх виконання.

На працездатність автомобіля впливає багато факторів. Особливості цих факторів та їх поєднань на різних етапах життєвого циклу автомобіля визначають методи забезпечення його надійності.

На основі аналізу робіт вітчизняних та зарубіжних авторів, були виявлені основні фактори, що впливають на працездатність автомобілів, а також методи забезпечення та підвищення їх надійності (табл. 1.1)

Працездатність автомобіля забезпечується двома способами - підтримкою та відновленням [19]. Розробка заходів щодо забезпечення надійності покладено в основу аналізу причин відмов автомобілів. Дослідження причинно-наслідкових зв'язків формування відмов, показників надійності та їх аналіз розглянуто в багатьох наукових працях. Основними причинами відмов є зношування, корозія, старіння матеріалів, навантаження, порушення встановлених режимів експлуатації [3].

Складовою проблемою надійності є оптимальна експлуатація. Теорію надійності та обслуговування розробляли багато вітчизняних та зарубіжних вчених: Ф. Байхельт, П. Франкен, Є.С. Кузнєцов, Ф.М. Авдонькін, В.М. Міхлін, В.М. Старов, Д.К. Ллойд та інші.

Основні поняття про систему ТО та ПР викладені у вітчизняних та зарубіжних стандартах.

Лудченко О.О. дає таке визначення системі технічного обслуговування та ремонту автомобілів: комплекс взаємопов'язаних положень та норм, що визначають організацію та порядок проведення робіт з ТО та ремонту автомобілів для заданих умов експлуатації з метою забезпечення показників якості, передбачених у нормативно-технічній документації [7].

Для того щоб використання автомобіля було рентабельним протягом усього періоду експлуатації, його необхідно регулярно піддавати комплексу технічних впливів, які залежно від призначення та характеру виконуваних робіт можна розділити на дві групи:

Таблиця 1.1 – Фактори, що впливають на працездатність автомобілів, та методи забезпечення та підвищення їх надійності

Етап життєвого циклу автомобіля	Чинники, що впливають на працездатність	Методи забезпечення надійності
Проектування	<ul style="list-style-type: none"> ✓ досконалість конструкції; ✓ ступінь застосування уніфікованих вузлів та деталей; ✓ використовувані матеріали та комплектуючі; ✓ обмеження на вартість, вагу, розміри та час проектування автомобіля 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ вибір оптимальної конструктивної схеми; ✓ оптимальний підбір матеріалів; ✓ захист елементів від шкідливих впливів
Виробництво	<ul style="list-style-type: none"> ✓ якість технологічного обладнання; ✓ засоби та способи вхідного контролю та дефектності в ході виробництва; ✓ стабільність властивостей матеріалів 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ забезпечення технологічної надійності ✓ устаткування; застосування прогресивних технологій обробки; ✓ організація контролю якості
Експлуатація	<ul style="list-style-type: none"> ✓ вплив довкілля; ✓ досконалість системи ТО та ПР; спосіб зберігання автомобілів; забезпеченість запасними частинами; ✓ рівень навантажень та впливів на елементи конструкції автомобіля 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ підвищення якості експлуатації та ремонту; ✓ вдосконалення системи ТО та ПР; впровадження та застосування діагностики

1) впливу, спрямовані на підтримку автомобіля у працездатному стані протягом якнайбільшого періоду експлуатації та підготовку його до роботи (система ТО);

2) дії, спрямовані на відновлення втраченої працездатності агрегатами, механізмами та деталями автомобіля (система Р).

Технічне обслуговування - комплекс операцій або операція з підтримки працездатності або справності виробу при використанні за призначенням, очікуванням, зберіганням та транспортуванням.

Технічне обслуговування призначене для підтримки рухомого складу у працездатному стані та належного зовнішнього вигляду; зменшення інтенсивності зношування деталей; попередження відмов та несправностей, і навіть виявлення з метою своєчасного усунення. ТО має забезпечувати безвідмовну роботу агрегатів, вузлів та систем рухомого складу в межах встановлених періодичностей за впливами, включеними до обов'язкового переліку операцій.

Основні завдання ТО та методи їх виконання, виділені О.С. Кузнецовим, представлені у табл. 1.2:

Таблиця 1.2 – Основні завдання ТО та методи їх виконання

Завдання ТО	Методи вирішення завдань
Попередження (профілактика) відмов та несправностей	Повернення системи до початкового або близького до нього технічного стану
Віддалення моменту досягнення системою граничного стану, тобто збільшення ресурсу	Скорочення інтенсивності зміни параметрів технічного стану виробу - застосування якісніших матеріалів, дотримання правил експлуатації, якісне обслуговування
Підтримка санітарно-гігієнічного стану та задовільного зовнішнього вигляду автомобіля, а також створення умов для ефективного проведення робіт ТО та ПР	Прибирання, миття, санітарна обробка, очищення, фарбування

Інший перелік завдань ТО наводить А.М. Шейнін:

- зниження швидкості зношування;
- забезпечення необхідного рівня ймовірності безвідмовної роботи у періоди між обслуговуваннями;
- ефективне використання палива, шин та інших експлуатаційних матеріалів.

Типовими роботами ТО є: контрольно-діагностичні, електротехнічні, кріпильні, регулювальні, заправні, мастильні, мийні, збиральні та ін.

Існує кілька видів ТО залежно від періодичності, переліку та трудомісткості виконуваних робіт. Їхня характеристика наведена в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Види ТО

Види ТО	Призначення	Види робіт	Періодичність
Щоденне обслуговування (ЕО)	Загальний контроль технічного стану автомобіля, спрямований на забезпечення безпеки руху, підтримання належного зовнішнього вигляду, заправлення паливом, олією та охолоджувальною рідиною, санітарна обробка кузова.	Контрольні, збирально-мийні, мастильні, заправні.	Виконується після роботи рухомого складу на лінії та перед виїздом його на лінію.
Перше технічне обслуговування (ТО-1) Друге технічне обслуговування (ТО-2)	Зниження інтенсивності зношування деталей, виявлення та попередження відмов та несправностей шляхом своєчасного виконання контрольно-діагностичних, мастильних, кріпильних, регулювальних робіт.	Контрольні, кріпильні, регулювальні, мастильні.	Виконуються через певні пробіги, що встановлюються залежно від умов експлуатації та типу рухомого складу.
Сезонне технічне обслуговування (СО)	Підготовка рухомого складу до експлуатації в холодну та теплу пору року.	Перевірка систем регулювання теплообміну та механізмів, від яких залежить нормальне функціонування автомобіля у конкретних кліматичних умовах.	Два рази на рік.

Критеріями ефективності профілактик є можливість безвідмовної роботи, коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання, ефективність використання, коефіцієнт ефективності профілактики, витрати на обслуговування, інтенсивність відмов, параметр потоку відмов.

1.3.2. Стратегії забезпечення працездатності рухомого складу

Під технічним напрямом (стратегією) розуміється довготривала ідейна орієнтація [4]. Стосовно автомобільного транспорту технічний напрям можна сформулювати наступним чином: необхідна така спрямованість планування, організації та управління технічними впливами, яка в певних умовах роботи та за заданого (розрахункового) рівня експлуатаційної надійності забезпечує мінімум трудових та матеріальних витрат на підтримку рухомого складу в технічно справному стані [21].

Існує три стратегії забезпечення працездатності автомобілів (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Стратегії забезпечення працездатності

Номер стратегії	Найменування стратегії	Спосіб реалізації
I	Підтримка заданого рівня працездатності (попередження відмов та несправностей)	ТО
II	Відновлення втраченої працездатності	Ремонт
III	Поєднання стратегії I та стратегії II	ТО и ремонт

Схема системи забезпечення надійності автомобілів представлена рис.

1.2.

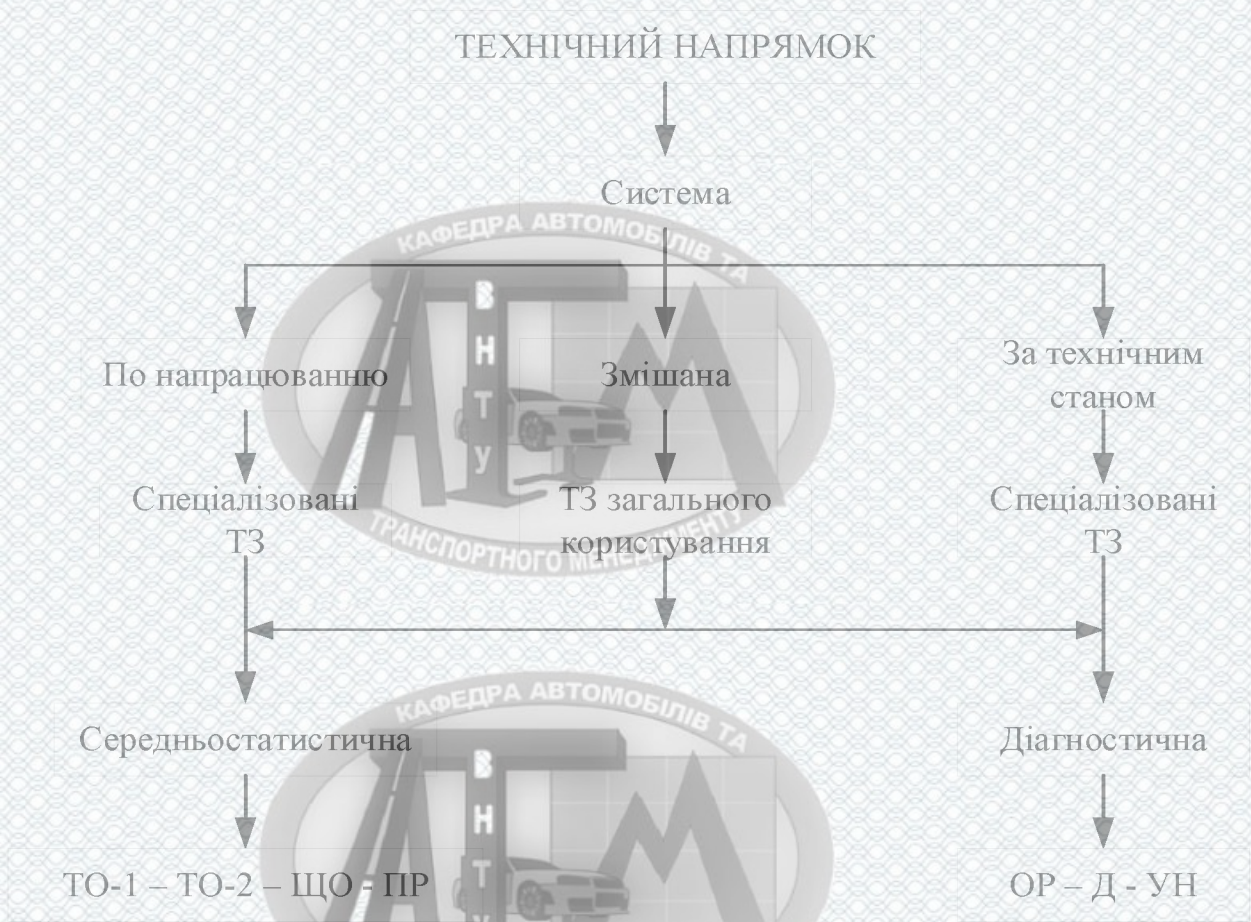


Рисунок 1.2. - Схема організації ТО та ПР автомобілів: ОР - обов'язкові роботи; Д - контрольно-діагностичні, УН - усунення виявлених несправностей

1.3.1. Тактики забезпечення працездатності

Система забезпечення надійності автомобілів (тактика) має на меті вироблення ефективних форм і методів розвитку та управління, спрямованих на вирішення основних завдань, сформульованих у технічному напрямку (стратегії).

Під час обслуговування автомобілів застосовуються дві тактики проведення профілактичних робіт, тобто доведення агрегату або системи до нормативного технічного стану: за напрацюванням та за технічним станом (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Тактики забезпечення працездатності

	ТО по напрацюванню	ТО по технічному стану
Опис	Всім виробам при досягненні призначеного напрацювання виконується встановлений обсяг профілактичних робіт, а параметри технічного стану або якості матеріалів доводяться до номінального (або близького до нього) значення.	При кожному ТО перевіряється технічний стан всіх виробів. Вироби, здатні за своїм технічним станом пропрацювати без відмови до наступного ТО, не обслуговуються. Якщо ж технічний стан виробів близький до граничного то, обслуговування виконується.
Переваги	Простота застосування, гарантія досягнення заданої ймовірності безвідмовної роботи.	Економічність, повніше використання ресурсу.
Недоліки	Неповне використання ресурсу; додаткові витрати.	Ретельний і дорогий контроль технічного стану всіх виробів кожного ТО.

Говорущенко Н.Я. пропонує систему обслуговування та ремонту автомобілів за технічним станом, що передбачає три види робіт: обов'язкові (ОР), контрольньо-діагностичні (Д), усунення виявлених несправностей (УН). Приймаючи сумарну трудомісткість робіт на 1000 км за 100%, можна розділити її за видами робіт наступним чином: 15-25% припаде на ОР, 8-12% - на Д та 65-75% на УН.

Застосування у «чистому вигляді» тактики ТО і ПР станом можливе лише за скорочення обсягів ОР шляхом удосконалення видів і методів діагностування, тобт. система ТО та ПР повинна включати лише два види робіт: Д та УН.

1.3.4. Нормативи системи забезпечення працездатності

Норматив - кількісний чи якісний показник, що використовується для упорядкування процесу прийняття та реалізації рішень. За призначенням розрізняють нормативи, що регламентують характеристики виробів, їх стан,

ресурсне забезпечення, технологічні вимоги. За рівнем нормативи поділяються на регіональні, міжгалузеві, галузеві, господарські.

Таблиця 1.6 - Види та призначення обов'язкових та контрольно-діагностичних робіт

Види робіт	Призначення
ОР-1	Виконання мастильних, кріпильних та шинних робіт.
ОР-2	
Д-1	Діагностика технічного стану систем та механізмів, що забезпечують безпеку руху.
Д-2	Діагностика технічного стану всіх агрегатів та систем автомобіля, уточнення переліку та обсягу робіт з ТО та ПР автомобілів.

На основі аналізу низки досліджень, нормативи також можна розділити на наступні групи:

- нормативи системи ТО та ПР;
- технологічні нормативи;
- діагностичні нормативи;
- нормативи виробничо-технічної бази;
- нормативи системи постачання та резервування;
- нормативи транспортного процесу.

Класифікація нормативів має умовний характер, оскільки деякі з них використовуються в декількох системах одночасно. Тому нормативи технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) - це єдина система показників, що взаємовпливають та взаємодоповнюють один одного та використовуються в процесі прийняття рішень при управлінні та організації ТЕА. Нормативи використовуються щодо рівня працездатності автомобілів і парку, плануванні обсягів робіт, визначенні необхідного числа виконавців, потреби у виробничій базі, в технологічних розрахунках.

Визначення нормативів проводиться на основі теоретичних передумов, аналітичних розрахунків та даних про надійність виробів, витрати матеріалів, тривалості та вартості проведення робіт ТО та ПР.

1.3.5. Методи визначення періодичності технічного обслуговування

Періодичність ТО - інтервал часу або напрацювання між даним видом технічного обслуговування та наступним таким же видом або іншим більшим складним [4]. На думку Є.С. Кузнецова і співавторів, періодичність ТО - нормативне напрацювання (в кілометрах пробігу або годинах роботи) між двома послідовно проведеними однорідними роботами або видами ТО.

Методи визначення періодичності ТО поділяються на найпростіші, аналітичні, що ґрунтуються на результатах спостережень та закономірностях ТЕА, імітаційні, засновані на моделюванні випадкових процесів.

До аналітичних належать такі методи:

- ✓ за допустимим рівнем безвідмовності;
- ✓ за допустимим значенням та закономірністю зміни параметра технічного стану автомобіля;
- ✓ техніко-економічний метод;
- ✓ економіко-імовірнісний метод.

Метод визначення періодичності ТО за допустимим рівнем безвідмовності ґрунтується на виборі такої періодичності, при якій ймовірність відмови елемента не перевищує заздалегідь заданої величини, яка називається ризиком. Допустима ймовірність безвідмовної роботи приймається для агрегатів і механізмів, що забезпечують безпеку руху, $R_d = 0,9...0,98$, для інших вузлів та агрегатів $R_d = 0,85...0,90$.

Метод визначення періодичності за допустимим значенням та закономірністю зміни параметра технічного стану використовується для об'єктів обслуговування, параметр технічного стану яких змінюється безперервно, монотонно, і ця зміна призводить до поступової відмови. Знаючи

закономірність зміни параметра з напрацювання та гранично допустиме його значення, можна оцінити момент настання відмови чи несправності. Оскільки інтенсивність зміни параметрів технічного стану - величина випадкова, яка залежить від багатьох чинників, то в даному методі враховується випадковий характер цієї закономірності.

Техніко-економічний метод ґрунтується на визначенні сумарних питомих витрат на ТО та ремонт. Оптимальна періодичність ТО відповідає мінімальним сумарним питомим витратам [9]. Недолік методу – низька чутливість витрат до зміни періодичності ТО. У багатьох випадках за зміни періодичності ТО у широких межах, витрати змінюються у межах похибки їх визначення.

Економіко-імовірнісний метод можна розглядати як модифікацію техніко-економічного методу. Він враховує як питомі витрати, так і випадкові чинники. Крім того, він дає можливість порівнювати різні стратегії та тактики забезпечення працездатності автомобілів.

Метод визначення періодичності ТО за допомогою імітаційного моделювання заснований на моделюванні напрацювань на відмову та напрацювання на випадок ТО, що дозволяє прискорити випробування, зменшити вартість експериментів, розглянути декілька можливих варіантів. Як вихідні дані служать фактичні напрацювання на відмову, а також і закони розподілу випадкових величин, що розглядаються.

Недолік методу - при моделюванні використовується повна вибірка напрацювань на відмову, що практично не реалізується, оскільки частина відмов попереджається під час проведення профілактичних робіт. Тому доцільно використовувати підходи, які використовують методику обробки результатів незавершених випробувань, на момент припинення яких відмовляє лише частина автомобілів, інші залишаються працездатними.

Всі перераховані вище методи визначення періодичності технічного обслуговування мають суттєві обмеження.

По-перше, періодичність технічного обслуговування вважається в них постійною (тоді як фактична періодичність часто відрізняється від нормативної). На варіацію напрацювань до технічного обслуговування впливають такі чинники, як добовий пробіг та довжина рейсу.

По-друге, доцільно використовувати методи обробки цензурованих вибірок, оскільки за умов проведення ТО більшість відмов попереджається.

1.3.6 Методи формування системи технічного обслуговування та ремонту

Система ТО та ремонту побудована за певною структурою, що характеризується видами впливів та їх кількістю.

Проблема при побудові структури системи ТО полягає в тому, що при ТО виконується 8...10 видів робіт по 150...250 об'єктах обслуговування, кожен з яких має свою оптимальну (або раціональну) періодичність обслуговування. При виконанні робіт по кожному об'єкту відповідно до таких періодичностей втрати часу автомобіля на ТО будуть невиправдано високими, тому операції ТО необхідно групувати та встановлювати періодичність для кожної групи операцій. Це дозволяє знизити кількість заїздів автомобілів на ТО та зменшити втрати часу, пов'язані з ТО.

Слід зазначити, що при цьому неминуче відхилення періодичності ТО більшості об'єктів обслуговування від оптимальних значень. При визначенні періодичності ТО групи операцій застосовують такі методи:

- групування за стрижневими операціями ТО;
- техніко-економічний метод формування системи ТО;
- метод природного групування операцій.

Періодичність обслуговування автомобілів визначається як у одиницях напрацювання, так і в одиницях часу. Якщо через певний інтервал часу напрацювання не досягло нормативної періодичності, обслуговування

обов'язково проводиться. Наприклад, 5 тис. км. або 3 місяці, 10 тис. км. або 6 місяців, 25 тис. км. або 12 місяців і так далі.

Таким чином, використовується для вирішення практичних завдань ряд методів визначення періодичності ТО. Найбільшу увагу дослідники приділяють техніко-економічному методу або його модифікації – економіко-імовірнісному методу. Але їх використання пов'язане з низкою проблем. Зокрема, при їх реалізації необхідно встановити залежність витрат на ТО і витрат на ремонт від періодичності ТО, щоб знайти мінімум сумарних витрат. Оцінюючи витрат за ремонт необхідно знати залежність кількості відмов від напрацювання, а вирішується це завдання не завжди коректно. Крім того, у ряді випадків цей метод малочутливий: при зміні періодичності ТО у широкому діапазоні зміна сумарних витрат на ТО та ПР не виходить за рамки похибки.

1.4. Коригування нормативів

Нормативи ТО та ремонту, встановлені вітчизняними та зарубіжними нормативними документами, а також викладені в сервісних книжках автомобілів, належать до певних умов експлуатації, які називаються еталонними.

Зокрема, у «Положенні ...» за еталонні умови прийнято роботу базових моделей автомобілів, які мають пробіг з початку експлуатації в межах 50...75% від норми пробігу до капітального ремонту, в умовах експлуатації 1-ї категорії та в помітному кліматичному районі з помітною агресивністю довкілля.

При роботі в інших умовах експлуатації змінюється безвідмовність та довговічність автомобілів, а також витрата трудових та матеріальних ресурсів на ТО та ПР. Тож нормативи коригуються.

Існує два види коригування: ресурсне та оперативне.

При ресурсному нормативі коригуються залежно від зміни рівня надійності автомобілів, що працюють у різних умовах експлуатації. У різних

методиках коригування враховуються різні поєднання факторів, що враховуються. Найбільш повна та системна методика коригування нормативів викладена у «Положенні...». У ньому враховується категорія умов експлуатації, модифікація рухомого складу та особливості організації його роботи, природно-кліматичні умови, пробіг автомобіля з початку експлуатації, рівень концентрації рухомого складу в АТП, а також його різномарочність.

Оперативне коригування здійснюється шляхом зміни складу операцій ТО з урахуванням конструкції, умов роботи автомобіля та особливостей даного АТП. Для такого коригування необхідна система обліку відмов, витрат на ТО та ПР, даних про технічний стан автомобілів. Перелік операцій ТО змінюється з урахуванням результатів, одержаних техніко-економічним методом.

Провідні світові автовиробники зазвичай пропонують прості методики коригування нормативів періодичності ТО. Наприклад, для магістральних вантажівок Mercedes періодичність ТО становить 100 тис. км, а для автомобілів, що працюють «на коротких плечах» – 60 тис. км, у важких умовах – 30 тис. км. Для автомобілів-самоскидів MAN періодичність ТО становить 40 тис. км, а магістральних тягачів – 50 тис. км.

Існуючі методики коригування періодичності ТО мають низку недоліків.

1. Недостатньо диференційований облік факторів умов експлуатації; наприклад, у «Положенні...» все різноманіття умов експлуатації зводиться до п'яти категорій, а варіація умов усередині категорії не враховується.

2. Змінний характер умов експлуатації враховується у цих методиках недостатньо, водночас важко знайти автомобіль, що експлуатується у постійних умовах; наприклад, немає автомобілів, що експлуатуються виключно у першій категорії умов експлуатації.

3. Недостатній облік варіації умов експлуатації частково зумовлений тим, що ряд факторів важко оцінити кількісно; наприклад, наявність причепа (два варіанти: «з причепом»; «без причепа»), умови руху (три варіанти: «у

місті»; «у передмісті»; «за містом»), дорожні умови (асфальтобетон, щебінь, ґрунт); такі чинники можна назвати якісними.

4. У основі низки методик коригування нормативів періодичності ТО лежать недостатньо коректні підходи. Зокрема, щодо значень коефіцієнта K_3 використовувалися дані про ресурси основних агрегатів, і значення коефіцієнта розраховувалися як відношення ресурсу в даних умовах до ресурсу в базових умовах або зворотне відношення інтенсивностей зношування. Отримане значення коефіцієнта можна коректно використовувати для коригування нормативів ресурсів агрегатів, а при коригуванні нормативу періодичності ТО не забезпечується така сама точність. Це зумовлено тим, що періодичність ТО визначається не з математичного очікування напрацювань на відмову, а за відсотковим напрацюванням. При зміні умов експлуатації змінюються як параметри, а й закон розподілу напрацювань на відмову.

5. У нормативних документах, зокрема у «Положенні...» термін «Оперативне коригування нормативів» має вузький зміст та передбачає зміну переліку операцій ТО. Крім зміни переліку операцій існує низка інших завдань, які необхідно вирішувати оперативно: визначення періодичності ТО для автомобілів нових моделей у специфічних умовах експлуатації, коригування періодичності ТО автомобілів після їхньої модернізації, наприклад, комплектування двигуном іншої моделі.

1.5. Варіація добових пробігів автомобілів та фактичної періодичності ТО

Фактична періодичність ТО часто відрізняється від нормативної. При цьому змінюється ймовірність безвідомної роботи автомобілів та коефіцієнт технічної готовності. Одна з причин варіації напрацювань до ТО – зміна добових пробігів автомобілів.

Кузнецов Є.С. наводить дані про добові пробіги, розподілені за нормальним законом з коефіцієнтом варіації 0,2...0,5.

На добовий пробіг впливає багато факторів. Насамперед, це умови руху, що визначають швидкість автомобіля. Крім того, на думку Несвітського Я.І, коливання добових пробігів автомобілів залежить від майстерності керування. Щетіна В.А. та співавтори відзначають, що річний пробіг зі збільшенням віку автомобіля зменшується. Це пов'язане зі зниженням рівня надійності та збільшенням простоїв, пов'язаних з усуненням відмов.

Таким чином, інтенсивність експлуатації автомобілів не стала, її зміна призводять до коливань фактичної періодичності ТО.

Непостійність інтенсивності експлуатації не дозволяє поставити автомобіль на технічне обслуговування у точній відповідності до нормативної періодичності.

Так Карташов В.П. зазначає, що уникнути "недопробігу" або "перепробігу" автомобіля до чергового ТО практично неможливо. За даними Барашкова І.В. та співавторів не більше 20% ТО виконується в межах нормативної періодичності.

Кузнецов Є.С. зазначає, що фактична періодичність ТО є сумою змінних пробігів, що є випадковими величинами. Крім того, варіювання фактичної періодичності ТО визначається способом планування моменту проведення обслуговування, а також співвідношенням нормативної періодичності ТО та змінного пробігу.

На думку Колесника П.А. календарне планування ТО не дозволяє врахувати випадкові простої у ремонті та варіацію добових пробігів, що веде до суттєвих відхилень від нормативу фактичної періодичності обслуговування.

Ще одна причина відхилення періодичності ТО від нормативу - неможливість або небажаність відриву автомобіля від роботи, пов'язаного з особливостями технології виробництва, що обслуговується.

Таким чином, реалізована періодичність ТО варіює у широкому інтервалі та суттєво відрізняється від нормативу. Варіація фактичної періодичності ТО визначається шляхом планування постановки автомобілів на обслуговування, зміною добових пробігів автомобілів, співвідношення нормативної періодичності ТО і добового пробігу. Розподіл фактичної періодичності ТО підпорядковується нормальним законом.

1.6. Висновки до розділу 1

На основі виконаного аналізу наукових праць сформульовано такі висновки.

Надійність автомобіля та його елементів суттєво залежить від умов експлуатації. Для обліку цього впливу розроблено та використовуються різні методики коригування нормативів технічної експлуатації. Але змінний характер умов експлуатації враховується у цих методиках недостатньо. У той же час важко врахувати все різноманіття умов.

На інтенсивність процесів зміни технічного стану автомобілів впливає велика кількість факторів. Деякі їх враховується у системі коригування періодичності ТО. Але значення коригуючих коефіцієнтів дискретні і не повною мірою враховують вплив умов експлуатації. Тому в ряді випадків встановлена періодичність ТО не забезпечує задану ймовірність безвідмовної роботи.

У більшості випадків фактична періодичність ТО суттєво відрізняється від нормативної, що обумовлено неможливістю приступити до виконання ТО точно в момент досягнення відповідного напрацювання, якщо цей момент настає не після закінчення робочого дня або рейсу та прибуття до місця виконання ТО.

У ряді випадків встановлюються граничні значення нормативної періодичності ТО, але методика визначення конкретних значень для певних умов не наводиться. Тому скоригувати періодичність ТО задля досягнення

заданої ймовірності безвідмовної роботи неможливо. У виконаних раніше дослідженнях ця проблема вирішується по-різному, але з тими чи іншими припущеннями, причому у більшості випадків використовуються некоректні підходи.

Раніше встановлено, що зі збільшенням періодичності ТО можливість безвідмовної роботи знижується. Знаючи закон розподілу напрацювань на відмову i , задаючись періодичністю ТО, можна визначити можливість безвідмовної роботи. Але на практиці фактична періодичність ТО значно відрізняється від нормативної. І тому незрозуміло, як впливає відхилення напрацювання до ТО від нормативу періодичності на надійність автомобілів.

Раніше розроблено ряд методів визначення періодичності ТО, але всі вони мають ті чи інші недоліки. По-перше, періодичність технічного обслуговування вважається в них постійною (тоді як фактична періодичність часто відрізняється від нормативної). На варіацію напрацювань до технічного обслуговування впливають такі чинники, як добовий пробіг та довжина рейсу. По-друге, в умовах проведення ТО більша частина відмов попереджається, тому, по суті, можна отримати тільки цензуровану вибірку напрацювань на відмову, а багато дослідників використовують для обробки даних стандартні методики.



2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФАКТИЧНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА ПЕРІОДИЧНІСТЬ ЇХ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

2.1. Загальна методика теоретичних досліджень

Як основу загальної методики досліджень обрано системний підхід. Системний підхід - напрямок методології наукового пізнання, в основі якого лежить розгляд об'єктів як системи.

Спочатку визначається об'єкт досліджень, обґрунтовується актуальність та визначається мета досліджень.

У першому етапі досліджень проводиться аналіз стану питання (рис. 2.1). На його основі уточнюються формулювання мети, і навіть визначаються завдання досліджень.

Для вирішення цих завдань та досягнення сформульованої мети виконуються теоретичні та експериментальні дослідження.

При проведенні теоретичних досліджень застосовується низка різних методів. У основі методології теоретичних досліджень лежить логічний метод.

Задля реалізації системного підходу виконується декомпозиція досліджуваної системи. При цьому застосовуються методи аналізу та синтезу.

Виявлення загальних закономірностей процесів формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів, декомпозиція системи, що вивчається, дозволяє використовувати дедуктивний метод для дослідження часткових залежностей.

Теоретичною основою розробки практичних методів є концепція визначення та коригування нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів, розроблена у другому розділі.

Методом інтерпретації загальна концепція формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів трансформується на приватні концепції: концепцію формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО (і використанням зрізаних вибірок

напрацювань на відмову), концепцію формування періодичності ТО з урахуванням довжини рейсу (добового пробігу).

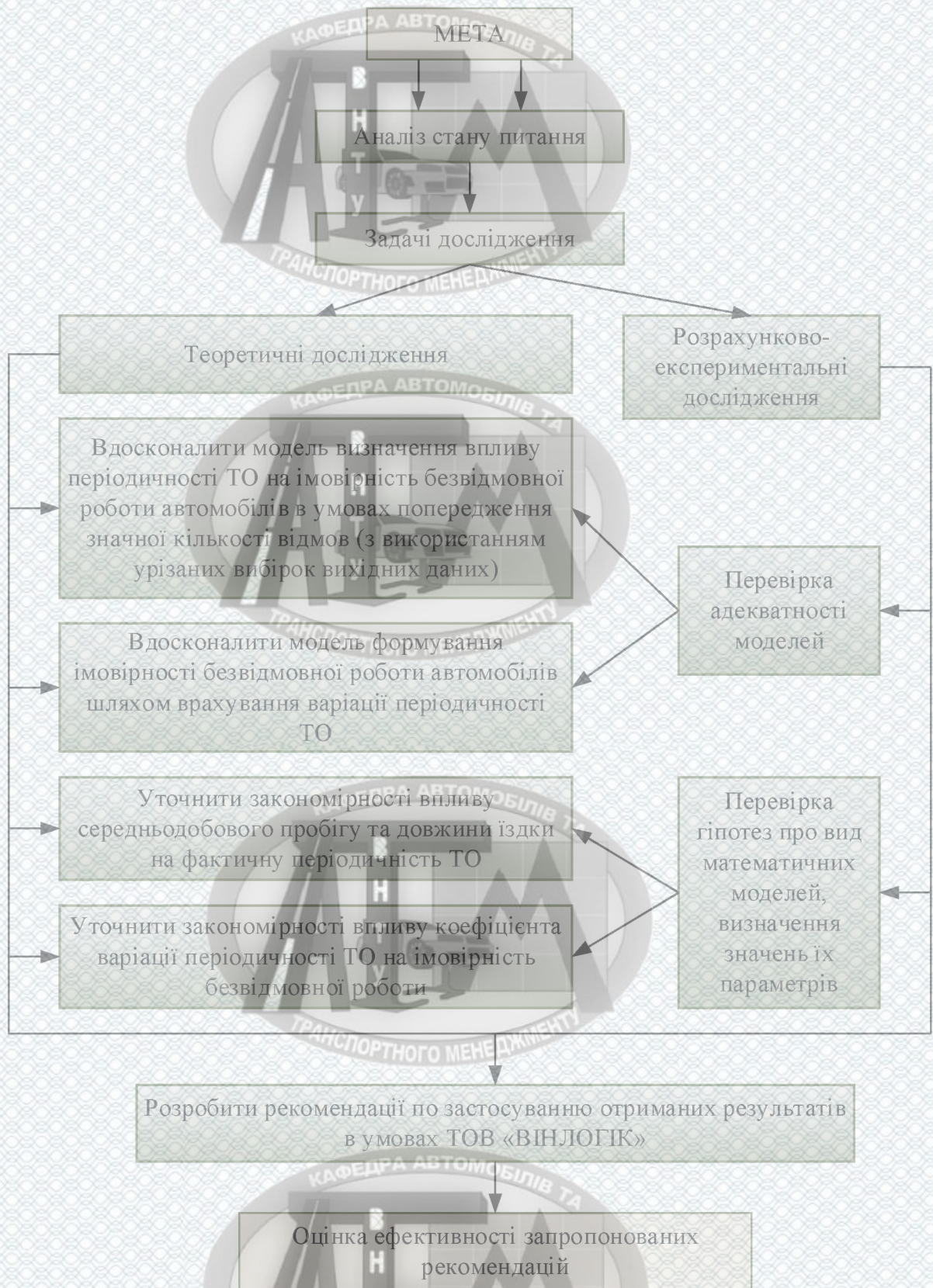


Рисунок 2.1 - Укрупнена схема загальної методики досліджень

Для вирішення першого завдання - розробки моделі впливу періодичності ТО на ймовірність безвідмовної роботи автомобілів в умовах запобігання більшій частині відмов (з використанням усічених вибірок вихідних даних) розробляються гіпотези про вид моделей впливу напрацювання на ймовірність відмови. Перевірка гіпотез складає основу імітаційних експериментів.

Друге завдання – розробити модель формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО (і використанням усічених вибірок напрацювань на відмову) – вирішується шляхом розробки імітаційної моделі аналізованого процесу. Розв'язання задачі передбачає розгляд перетинів розподілів двох випадкових величин – напрацювання на відмову та періодичності ТО, тому аналітичними моделями процес описати неможливо. Єдиний спосіб отримання результату – використання імітаційної моделі. Моделювання передбачає структурування системи, що вивчається, знаходження закономірностей взаємодії елементів, розробку реалізації моделі в цілому, перевірку її адекватності.

При вирішенні завдань 2 та 3 необхідно розробити імітаційні моделі. У цих моделях потрібно генерувати випадкові числа, розподілені за різними законами, у тому числі і за непараметричними. Відомі методи генерування зазвичай вузько спеціалізовані на одному із законів розподілу і не дозволяють працювати з усіченими вибірками. Тому прийнято рішення розробити метод генерування випадкових чисел, розподілених за будь-яким заданим законом, а також без постулювання закону, як повних, так і усічених вибірок.

Для вирішення третього завдання – встановити закономірності впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО – розроблено імітаційну модель.

Розв'язання третьої та четвертої задач передбачає розробку математичних моделей аналізованих закономірностей. При цьому використовується гіпотетичний підхід, тобто спочатку висуваються гіпотези

про вид моделей, потім на основі експериментів ці гіпотези перевіряються, а при необхідності коригуються.

Для практичного використання результатів досліджень розробляється методологія визначення та коригування періодичності ТО та приватні методики. Для оцінки досягнення мети дослідження оцінено ефективність використання одержаних результатів.

2.2. Обґрунтування мети досліджень та формування цільової функції

Формулювання мети та розробка цільової функції – важливі етапи досліджень.

Отже, запланований результат дисертаційних досліджень – підвищення ефективності функціонування транспортної системи, а також зниження пов'язаних із цим витрат ресурсів та втрат. Слово «мінімізація» стосовно ресурсів використовувати недостатньо коректно, оскільки, припустимо, мінімізація витрати запасних частин може призвести до збільшення часу простою автомобілів у ремонті.

Як зазначає М.С. Захаров, «...ефективність оцінюється співвідношенням корисного результату та витрат на його отримання. Тому підвищення ефективності досягається реалізацією двох підцілей: збільшенням корисного результату та (або) зниженням витрат» [9]. Відповідно як мета досліджень можна вибрати як першу, так і другу підціль.

У дереві цілей транспортної системи, складеному Кузнецовим Є.С. [9], немає підцілі, пов'язаної зі зниженням витрат. Ймовірно, цю підціль враховано у пункті «Удосконалення технічної експлуатації», оскільки за визначенням Кузнецова Є.С. та співавторів [9] до функцій технічної експлуатації входить «... підтримка парку автомобілів у справному стані при раціональних витратах трудових та матеріальних ресурсів».

Технічна експлуатація автомобілів та проведення технічного обслуговування, належать до процесів, які необхідні для виконання ключових

завдань: транспортування вантажів і пасажирів, що забезпечують. На рис. 2.2 наведено дерево цілей, що ілюструє зв'язок ефективності технічної експлуатації з коригуванням нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів.

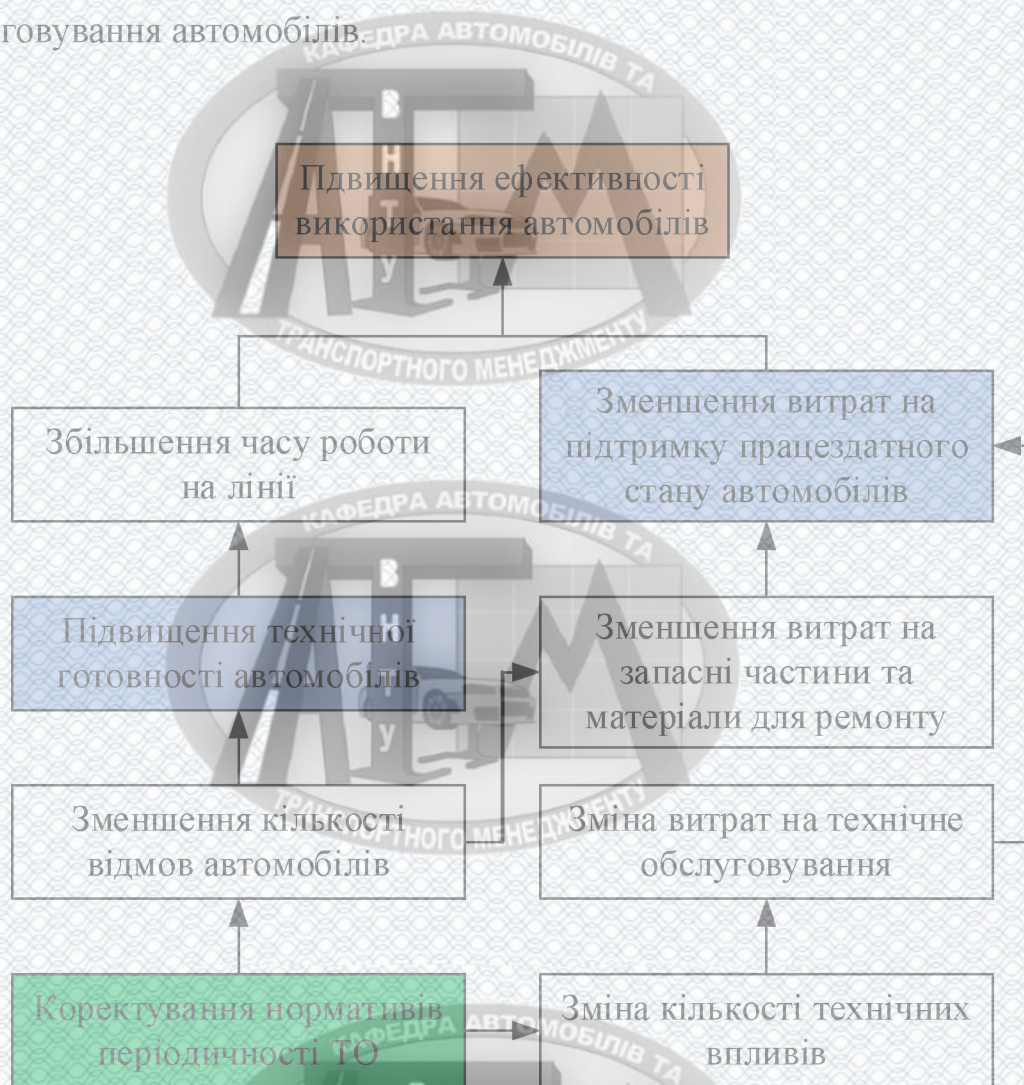


Рисунок 2.2. Дерево цілей при визначенні та коригуванні нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів

Розглянемо кожен із трьох можливих варіантів вибору мети досліджень.

При першому варіанті ціль визначається як підвищення ефективності використання автомобілів. При цьому як критерій ефективності функціонування необхідно вибрати витрати на забезпечення працездатності, що віднесені до пробігу або обсягу виконаної автомобілями роботи. Очевидно, що у цьому випадку дослідження необхідно проводити з використанням техніко-економічного методу визначення періодичності ТО [8]. Розглянемо

межі застосування цього методу і, відповідно, доцільність вибору позначеної мети.

Під час розрахунку питомі сумарні витрати $Z_{\text{сум}}$ визначимо з наступної суми питомих витрат на ТО $Z_{\text{ТО}}$ та на ПР $Z_{\text{ТР}}$:

$$Z_{\text{сум}} = Z_{\text{ТО}} + Z_{\text{ТР}}; \quad (2.1)$$

$$Z_{\text{ТО}} = \frac{C_{\text{ТО}} + P_{\text{ТО}}}{L_{\text{ТО}}}; \quad (2.2)$$

$$Z_{\text{ТР}} = \frac{(C_{\text{ТР}} + P_{\text{ТР}})F(L_{\text{ТО}})}{L_{\text{ТО}}} \quad (2.3)$$

де $C_{\text{ТО}}$ – вартість виконання операцій ТО;

$P_{\text{ТО}}$ – втрати прибутку, пов'язані з виконанням ТО;

$C_{\text{ТР}}$ – вартість виконання операцій ТР;

$P_{\text{ТР}}$ – втрати прибутку, пов'язані з виконанням ТР;

$F(L_{\text{ТО}})$ – ймовірність відмови до напрацювання $L_{\text{ТО}}$.

Розглянемо асимптотику функції $Z_{\text{сум}} = f(L_{\text{ТО}})$. Припустимо, що:

$$\frac{(C_{\text{ТР}} + P_{\text{ТР}})}{(C_{\text{ТО}} + P_{\text{ТО}})} < 1,0 \quad (2.4)$$

На перший погляд, така ситуація, коли вартість профілактики вище вартості відновлення, нереальна, але глибший аналіз дозволяє припустити такий випадок. Прикладом може бути операція із заміни ременя приводу генератора та (або) вентилятора. Припустимо, середнє напрацювання на відмову ременя становить 25000км, а коефіцієнт варіації 0,35. Тоді задля забезпечення ймовірності безвідмовної роботи 95% необхідно проводити профілактичну заміну приблизно 12000км. Враховуючи, що операція із заміни

відносно проста, не вимагає технологічного обладнання та спеціального інструменту, можна створити запас ременів, і за потребою замінювати їх після відмови силами водія.

Висунемо гіпотезу у тому, що функція $Z_{\text{сум}} = f(L_{\text{ТО}})$ у даному випадку буде монотонна (рис. 2.3), тобто матиме мінімум, і досягти поставленої мети буде неможливо.

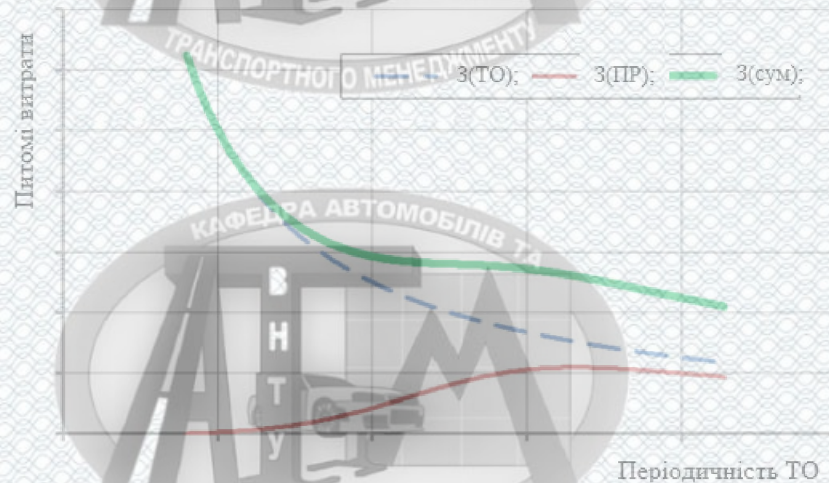


Рисунок 2.3 – Залежність питомих витрат на ТО та ПР від

періодичності ТО при $\frac{(C_{\text{ТР}} + П_{\text{ТР}})}{(C_{\text{ТО}} + П_{\text{ТО}})} < 1,0$

Розглянемо другий типовий випадок, коли $\frac{(C_{\text{ТР}} + П_{\text{ТР}})}{(C_{\text{ТО}} + П_{\text{ТО}})} = 1,0$. Висунемо гіпотезу у тому, що функція $Z_{\text{сум}} = f(L_{\text{ТО}})$ в цьому випадку монотонна (рис. 2.4) і має досить велику ділянку з постійним значенням $Z_{\text{сум}}$, тобто не буде чутливою до зміни $L_{\text{ТО}}$.

У третьому випадку $\frac{(C_{\text{ТР}} + П_{\text{ТР}})}{(C_{\text{ТО}} + П_{\text{ТО}})}$ значно більше 1,0. Висунемо гіпотезу у тому, що функція $Z_{\text{сум}} = f(L_{\text{ТО}})$ у даному разі буде немонотонна (рис.2.5) і

має досить яскраво виражений мінімум $Z_{\text{сум}}$, чутливість до зміни $L_{\text{ТО}}$ буде високою.

У четвертому випадку $\frac{(C_{\text{ТР}} + П_{\text{ТР}})}{(C_{\text{ТО}} + П_{\text{ТО}})}$ неістотно більше 1,0. Висунемо гіпотезу у тому, що функція $Z_{\text{сум}} = f(L_{\text{ТО}})$ у цьому випадку буде немонотонна (рис. 2.6) і мати слабо виражений мінімум $Z_{\text{сум}}$, чутливість до зміни $L_{\text{ТО}}$ буде низькою.

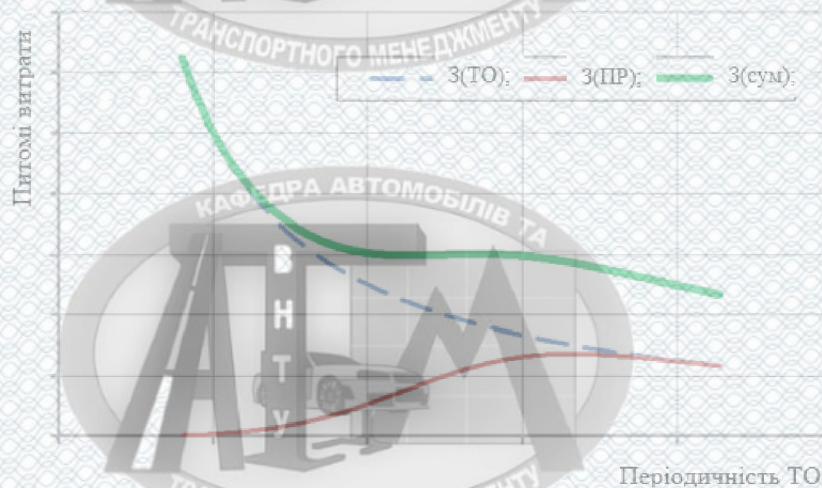


Рисунок 2.4. Залежність питомих витрат на ТО та ПР від періодичності

$$\text{ТО при } \frac{(C_{\text{ТР}} + П_{\text{ТР}})}{(C_{\text{ТО}} + П_{\text{ТО}})} = 1,0$$

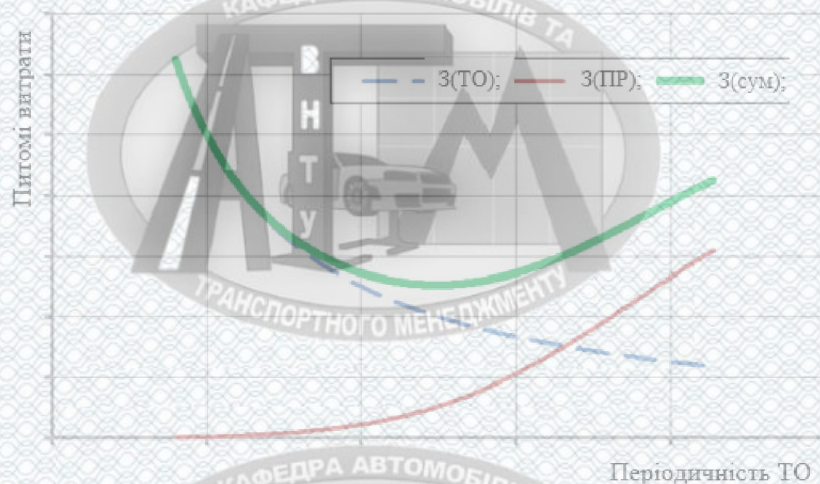


Рисунок 2.5 - Залежність питомих витрат на ТО та ПР від періодичності ТО при $\frac{(C_{\text{ТР}} + П_{\text{ТР}})}{(C_{\text{ТО}} + П_{\text{ТО}})} > 1,0$ (суттєво більше 1,0)

Таким чином, у трьох випадках із чотирьох розглянутих випадків мета «Підвищення ефективності використання автомобілів» недосяжна або не має чіткої локалізації. Єдиний випадок однозначного досягнення зазначеної мети, тобто коли залежність питомих витрат на ТО та ПР від періодичності ТО має чітко виражений мінімум, - щодо витрат на ПР і витрат на ТО істотно більше одиниці.

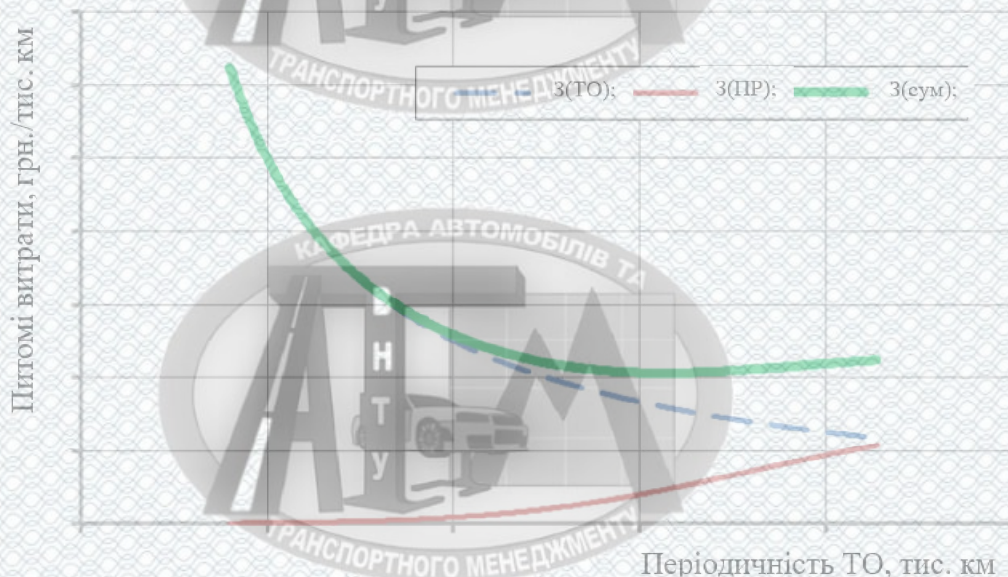


Рисунок 2.6 - Залежність питомих витрат на ТО та ПР від періодичності ТО

$$\text{при } \frac{(C_{TP} + P_{TP})}{(C_{TO} + P_{TO})} > 1,0 \text{ (трохи більше 1,0)}$$

Далі розглянемо систему підцелей із правої частини дерева систем (рис. 2.2). Три локальні цілі - зменшення витрат на технічне обслуговування; зменшення кількості обслуговувань; зменшення витрат на запасні частини та матеріали для ремонту, зарплату виконавцям - спрямовані на досягнення головної мети цієї частини дерева - зменшення витрат на підтримання працездатності автомобілів. Очевидно, що зниження витрат без підвищення або хоча б фіксації на постійному рівні технічної готовності ефективності використання автомобілів не можливо. Тобто ці цілі повинні реалізуватися

тільки в поєднанні з цілями лівої частини дерева і не можуть бути обрані в якості мети досліджень.

Розглянемо підцілі лівої частини дерева цілей. Усі вони спрямовані на збільшення часу роботи автомобілів на лінії та пов'язані з кількістю відмов. Але кількість відмов у практиці роботи підприємств не регламентується. У зв'язку з цим найбільш привабливим з погляду актуальності для практики, можливості обліку та аналізу за минулі періоди є коефіцієнт технічної готовності (КТГ):

$$\alpha_T = \frac{D_E}{D_E + D_P} \quad (2.5)$$

де D_E – число днів експлуатації;

D_P - число днів простою в ТО та ПР.

Представимо кількість днів простою в ТО і ПР за цикл до чергового ТО цього виду наступним чином:

$$D_P = D_{TO} \cdot N_{TO} + D_{TP}^{(n)} \cdot F(L_{TO}) \quad (2.6)$$

де D_{TO} – час простою в одному ТО;

N_{TO} - кількість ТО за цикл (у даному випадку $N_{TO} = 1$);

$D_{TP}^{(n)}$ - Потенційний час простою в ПР при реалізації відновлювальної стратегії (в розрахунку на одну відмову);

$F(L_{TO})$ - ймовірність відмови за аналізований цикл.

Тоді

$$\alpha_T = \frac{D_E}{D_E + D_{TO} + D_{TP}^{(n)} \cdot F(L_{TO})} \quad (2.7)$$

Проведемо аналіз асимптотики залежності $\alpha_T = f(L_{TO})$. У ній D_{TO} та $D_{TR}^{(II)}$ – постійні величини. Число днів експлуатації за цикл залежить від інтенсивності експлуатації L та періодичності ТО:



$$D_E = \frac{L_{TO}}{L} \quad (2.8)$$

При $L_{TO} \rightarrow 0$ кількість днів експлуатації в циклі $D_E \rightarrow 0$, імовірність відмови $F(L_{TO}) \rightarrow 0$. У цьому випадку чисельник в (2.1) близький до нуля, а в знаменнику тільки один доданок - D_{TO} - істотно відрізняється від нуля. Тому в даному випадку $\alpha_T \rightarrow 0$.

Зі збільшенням L_{TO} чисельник D_E , а також два складові знаменника - D_E та $D_{TR} \cdot F(L_{TO})$ - збільшуються. При значеннях L_{TO} , істотно менших від середнього напрацювання на відмову, значення $F(L_{TO})$ близькі до нуля, а D_{TO} не змінюється, і його величина істотно менше D_E , тому $\alpha_T \rightarrow 1$, але може досягти значення 1,0 тільки при $D_{TO} = 0$, що можливе лише при проведенні ТО в міжзмінний час без відволікання автомобіля від роботи на лінії.

Далі при наближенні значень L_{TO} до середнього напрацювання на відмову значення $F(L_{TO})$ прагнуть до 0,5. Оскільки D_{TR} значно більше D_{TO} , можна припустити, що зміна α_T буде визначатися в основному доданком знаменника $D_{TR}^{(II)} \cdot F(L_{TO})$.

При $L_{TO} \rightarrow \infty$ ймовірність відмови $F(L_{TO}) \rightarrow 1,0$, тому α_T буде знижуватися, тобто



$$\alpha_T \rightarrow \frac{D_E}{D_E + D_{TO} + D_{TR}^{(II)}} \quad (2.9)$$

Таким чином, залежність $\alpha_T = f(L_{TO})$ має максимум (рис. 2.7), що дозволяє проводити оптимізацію періодичності ТО по максимуму коефіцієнта технічної готовності.

Проведемо аналіз механізму формування максимуму коефіцієнта технічної готовності. Для цього розглянемо дві залежності.

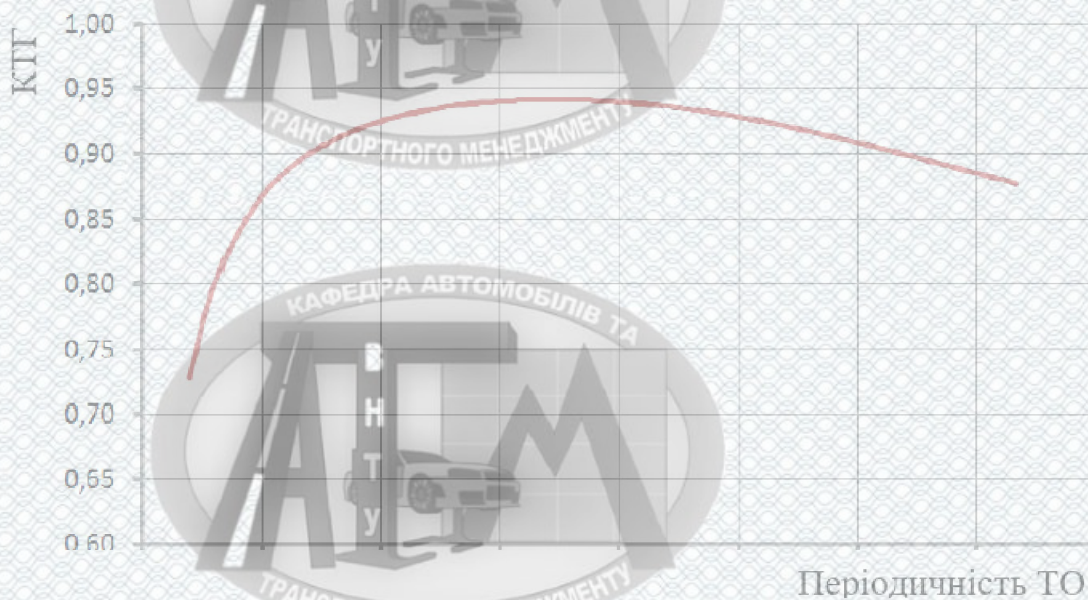


Рисунок 2.7 - Гіпотеза про вид залежності коефіцієнта технічної готовності від періодичності ТО

Перша з них $\frac{D_{TO}}{D_{Ц}} = f(L_{TO})$ характеризує відносний час простою автомобіля в ТО за період між двома послідовними обслуговуваннями. За тривалість циклу $D_{Ц}$ приймемо проміжок часу між двома послідовними однорідними ТО.

Якщо прийняти $D_{TO} = const$ і врахувати, що $D_{Ц}$ має прямий лінійний зв'язок з L_{TO} , то очевидно, що залежність $\frac{D_{TO}}{D_{Ц}} = f(L_{TO})$ матиме вигляд

гіперболи з асимптотою $\frac{D_{TO}}{D_{Ц}} = 0$ (рис. 2.8).

Друга з аналізованих залежностей $\frac{D_{TP}}{D_{Ц}} = F(L_{TO})$ де $D_{TP} = D_{TP}^{(n)} F(L_{TO})$

характеризує відносний час простою автомобіля в поточному ремонті за цикл і формується як зміною $D_{Ц}$ по L_{TO} , так і $F(L_{TO})$. Зв'язок між $D_{Ц}$ і L_{TO} -

гіперболічний, а зв'язок між $F(L_{TO})$ і L_{TO} описується інтегралом

$F(L_{TO}) = \int_0^{L_{TO}} f(L_{TO}) dL_{TO}$. В області малих значень L_{TO} відношення $\frac{1}{D_{Ц}}$ прагне

до нескінченності, але при цьому $F(L_{TO})$ близька до нуля, тому аналізована

залежність цієї ділянки проходить біля осі абсцис. У міру збільшення L_{TO}

величина $F(L_{TO})$ зростає, тому крива розглянутої залежності повинна бути на

ділянці від $L_{TO} = 0$ до $L_{TO} = \bar{L}$ близька до експоненти (рис. 2.8).

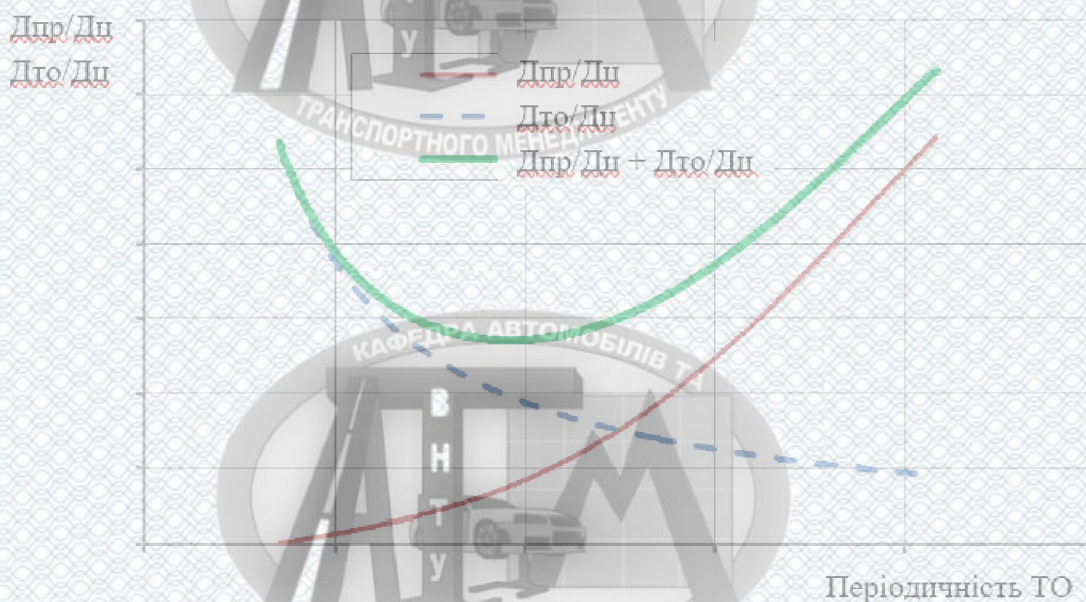


Рисунок 2.8 - Гіпотеза про вид залежності відносних простоїв у ТО та ПР від періодичності ТО

Проведені міркування дозволяють висунути гіпотезу про те, що залежність суми відносних простоїв у ТО та ПР від періодичності ТО має немонотонний характер з мінімумом, що відповідає максимальному значенню

коефіцієнта технічної готовності (рис. 2.8). У зв'язку з цим мета, пов'язана з підвищенням чи максимізацією коефіцієнта технічної готовності, може бути поставлена та досягнута шляхом оптимізації періодичності ТО. При цьому не зрозуміло, як отримане оптимальне значення L_{TO} співвідноситиметься з аналогічними результатами, отриманими з використанням техніко-економічного методу.

У той самий час є наочний зв'язок отриманих результатів з ймовірністю безвідмовної роботи (формула 2.1), тому їх можна порівняти з результатами визначення $L_{TO} = 0$ за допустимим рівнем безвідмовності. Враховуючи, що фактичні простої в ТО і ТР варіюють у широких межах, необхідно на основі імітаційних експериментів оцінити чутливість запропонованого методу визначення нормативу $L_{TO} = 0$ до зміни змінних, що входять до формули (2.1). Крім того, необхідно врахувати вплив на $F(L_{TO})$ умов експлуатації, які визначають інтенсивність зміни технічного стану та величину напрацювань на відмову.

Таким чином, метою роботи є підвищення технічної готовності автомобілів шляхом оперативного визначення та коригування нормативів періодичності ТО з урахуванням необхідного рівня надійності при експлуатації різних умов.

Далі визначимо цільову функцію. Як критерій ефективності функціонування системи, що вивчається, на основі вище викладеного можна вибрати ймовірність безвідмовної роботи D ; чи коефіцієнт технічної готовності. У цільовій функції мають бути відображені впливаючі на критерій ефективності «... фактори X , керуючи якими досягають мети, а також напрямок руху до мети». Головним фактором, що використовується для досягнення мети, у цих дослідженнях виступає норматив періодичності ТО. Враховуючи, що він залежить від ряду факторів умов експлуатації X , запишемо в загальному вигляді:

$$R_d - R_i = f(L_{TO}(X)) \rightarrow \min; \quad (2.10)$$

$$\alpha_T = \frac{D_E}{D_E + D_{TO} + D_{TP}^{(П)} \cdot F(L_{TO})} \rightarrow \max; \quad (2.11)$$

Таким чином, розглянуто два критерії ефективності системи, що вивчається: КТГ і ймовірність безвідмовної роботи.

З одного боку, КТГ є показником оцінки роботи технічної служби підприємства, його значення фіксуються, плануються, аналізуються. Виходячи з запланованих обсягів перевезень та КТГ визначають чисельність парку та проектують АТП. Але на КТГ впливає багато факторів, які значною мірою залежать від ПТБ, організації та управління виробництвом та інших, тому КТГ менш чутливий до зміни того, ніж.

Крім того, існують різні стратегії функціонування АТП: 1 – отримання максимального прибутку; 2 – безперерйне забезпечення основного виробництва. У першому випадку – критерій ефективності – мінімум питомих витрат, у другому – максимум КТГ.

2.3. Концепція визначення та коригування нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів

Найважливішою умовою ефективної роботи автомобілів є забезпечення їхньої надійності. Як вказується в «Положенні...» [12], «... ефективність роботи автомобільного транспорту базується на надійності рухомого складу, що забезпечується в процесі його виробництва, експлуатації та ремонту:

- досконалістю конструкції та якістю виготовлення;
- своєчасним та якісним виконанням технічного обслуговування та ремонту».

Досконалістю конструкції та якістю виготовлення можна керувати, вибираючи на основі порівняльної оцінки рухомий склад певного виробника.

Друге ж із зазначених напрямів підвищення ефективності реалізувати, на перший погляд, простіше, виконуючи рекомендації виробника щодо ТО та ремонту автомобілів. Аналіз дозволяє виявити такі проблеми:

1. На інтенсивність процесів зміни технічного стану автомобілів впливає велика кількість факторів. Деякі з них враховується у системі коригування періодичності ТО. Але значення коригуючих коефіцієнтів дискретні і повною мірою враховують вплив умов експлуатації. Тому в ряді випадків встановлена періодичність ТО не забезпечує задану ймовірність безвідмовної роботи.

2. У більшості випадків фактична періодичність ТО суттєво відрізняється від нормативної, що зумовлено неможливістю приступити до виконання ТО точно в момент досягнення відповідного напрацювання, якщо цей момент настає не після закінчення робочого дня або рейсу та прибуття до місця виконання ТО.

3. У ряді випадків встановлюються граничні значення нормативної періодичності ТО, але методика визначення конкретних значень певних умов не наводиться. Тому скоригувати періодичність ТО задля досягнення заданої ймовірності безвідмовної роботи неможливо. У виконаних раніше дослідженнях ця проблема вирішується по-різному, але з тими чи іншими припущеннями, причому у більшості випадків використовуються некоректні підходи.

Таким чином, позначено три взаємозалежні проблеми, для вирішення яких необхідний системний підхід. За його реалізації необхідно сформулювати систему поглядів на процес формування напрацювань на відмову в умовах проведення ТО, тобто визначити концептуальний підхід.

В якості методологічної основи теоретичних досліджень обрано аксіоматичний метод, при якому в основу наукової теорії кладуться деякі вихідні положення - аксіоми, а з них логічним шляхом за допомогою доказів виводяться всі інші твердження.

Проведений аналіз дозволив сформулювати такі аксіоми.

1. Можливість безвідмовної роботи автомобілів залежить від періодичності ТО.

2. Фактична періодичність ТО в більшості випадків не може бути реалізована на рівні нормативної, вона або більша, або менша за неї.

3. В умовах проведення планово-попереджувальних операцій ТО неможливо отримати повну вибірку напрацювань на відмову елементів автомобілів, що розглядаються.

4. При обробці усічених вибірок напрацювань на відмову з малою часткою елементів, що відмовили, неможливо встановити закон розподілу.

Зі сформульованих аксіом випливають такі наслідки.

1. Для моделювання ймовірності безвідмовної роботи у період між послідовними ТО необхідно використовувати непараметричні методи.

2. Під час визначення періодичності ТО необхідно враховувати варіацію її реалізованих фактичних значень.

Для побудови теоретичних основ визначення та коригування нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів в експлуатації необхідно розв'язати низку завдань, зазначених у вступі даної роботи.

Як було зазначено вище, є проблема коригування нормативів періодичності ТО з урахуванням специфіки умов експлуатації. Її рішення відомими методами не дає задовільного результату. Необхідне системне вирішення зазначеної проблеми.

У зв'язку з цим на першому етапі досліджень, спрямованих на вирішення зазначеної проблеми, визначено структуру системи, що вивчається (рис. 2.9). Входом до системи є умови та інтенсивність експлуатації.

Умови експлуатації визначають інтенсивність зміни технічного стану автомобілів та моменти досягнення граничних станів, формують потенційні напрацювання на відмову. Для попередження відмов проводиться ТО з періодичністю, визначеною виходячи із заданої ймовірності безвідмовної роботи та скоригованої з урахуванням фактичних умов. Але фактична періодичність у більшості випадків відрізняється від нормативної та

формується інтенсивністю експлуатації, яка залежить від ряду факторів: середня відстань перевезення, середній добовий пробіг, середній час у вбранні, а також від їхньої варіації.

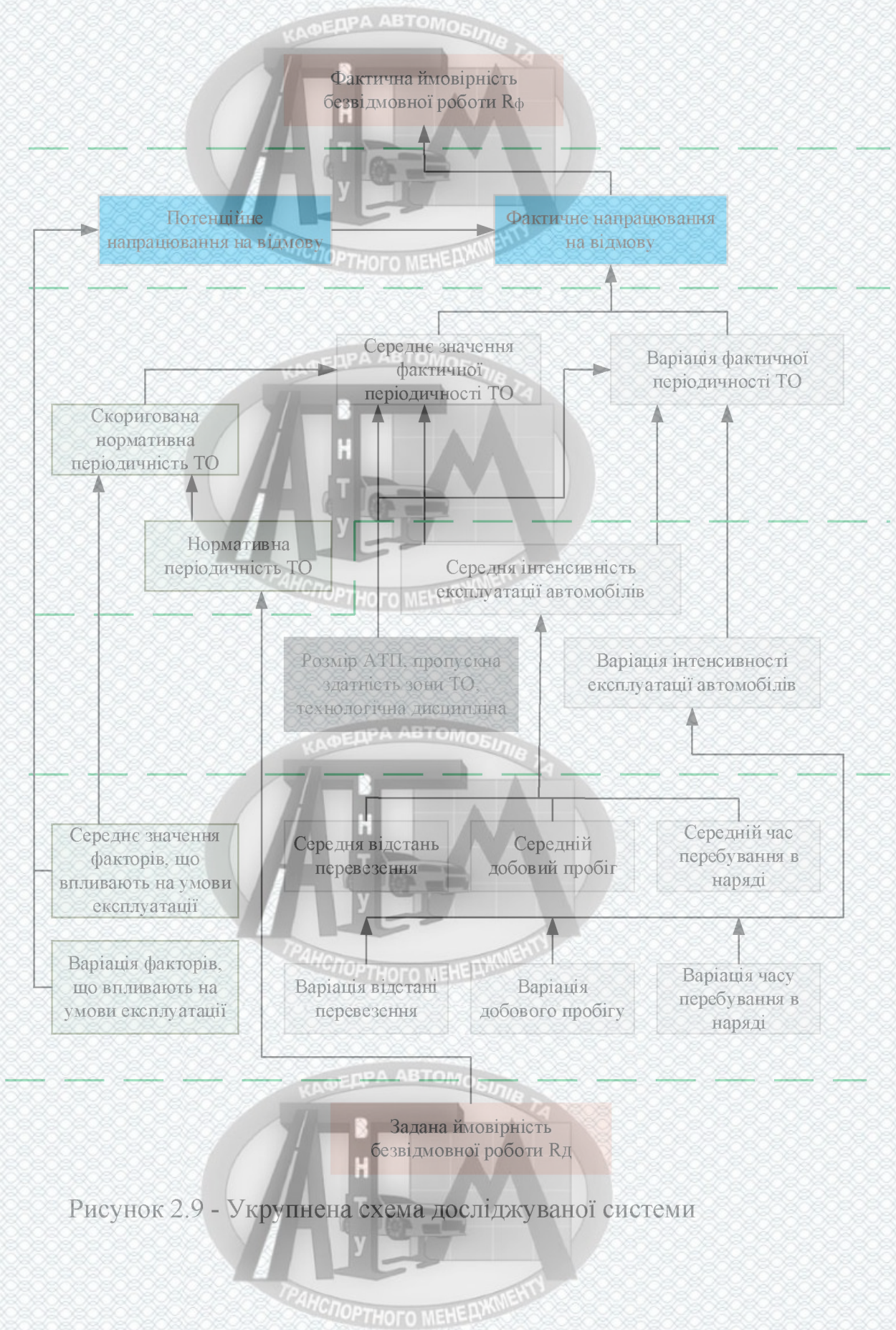


Рисунок 2.9 - Укрупнена схема досліджуваної системи

Поєднання потенційного потоку відмов та потоку відновлення, забезпеченого системою ТО та ПР, формують фактичні напрацювання на відмову та відповідну ймовірність безвідмовної роботи.

Ідентифікація системи за основними ознаками показала таке:

- ✓ за походженням – штучна система;
- ✓ за становищем у ієрархії - підсистема системи забезпечення працездатності;
- ✓ у зв'язках із оточенням - відкрита, оскільки має зв'язки із оточенням через умови експлуатації;
- ✓ щодо зміни стану - динамічна, оскільки її стан змінюється у часі;
- ✓ за характером функціонування - стохастична, оскільки можна лише з певною ймовірністю припускати можливі варіанти функціонування;
- ✓ за типом елементів – з абстрактними об'єктами;
- ✓ за характером залежності виходів - секвентивна, оскільки вихід (ймовірність безвідмовної роботи) залежить від входів (інтенсивність та умови експлуатації) та від низки внутрішніх факторів, таких як технологічна дисципліна, кваліфікація персоналу тощо;
- ✓ за ступенем складності структури – складна система.

Наведена структура є основою для створення імітаційної моделі, що дозволяє виконувати визначення та коригування нормативів періодичності технічного обслуговування з урахуванням фактичних умов та інтенсивності експлуатації автомобілів, а також оцінювати потік відмов. На цій основі можна планувати потребу в запасних частинах та матеріалах, постах обслуговування та ремонту.

Далі необхідно ідентифікувати елементи системи, що вивчається. Їх опис наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Опис елементів системи, що вивчається

Найменування елемента	Опис	Позначення
1	2	3
Фактична можливість безвідмовної роботи	Імовірність безвідмовної роботи – ймовірність того, що автомобіль не відмовить у межах заданого напрацювання. Визначається ставленням кількості автомобілів, що не відмовили, до загальної кількості цих автомобілів. Інтервал варіювання – від 0 до 1	R_{ϕ}
Фактичні напрацювання на відмову	Безліч значень напрацювання на відмову, що реалізуються в даних умовах експлуатації та під час проведення планово-попереджувальних технічних впливів	L_{ϕ}
Потенційні напрацювання на відмову	Безліч значень напрацювання на відмову, які б реалізувалася в даних умовах експлуатації за відсутності планово-попереджувальних технічних впливів	L_{Π}
Коригована нормативна періодичність ТО	Періодичність ТО, скоригована з урахуванням умов експлуатації автомобілів	$L_{ТО}$
Нормативна періодичність ТО	Періодичність ТО, призначена виробником	$L_{ТО}^{(H)}$
Задана імовірність безвідмовної роботи	Можливість безвідмовної роботи, прийнята під час встановлення нормативної періодичності ТО	$R_{д}$
Середні значення показників факторів умов експлуатації	Середні за аналізований період значення показників факторів умов експлуатації, наприклад, середньорічні	\bar{X}
Варіація показників факторів умов експлуатації	Коефіцієнт варіації показників факторів умов експлуатації, закон розподілу значення показників факторів умов експлуатації	V_x $f(X)$

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Розмір АТП	Середньооблікова кількість автомобілів у парку	A_C
Пропускна спроможність зони ТО	Пропускна спроможність зони ТО, розрахована за нормативами	$T_{3_{TO}}^{(H)}$
Технологічна дисципліна	Відносне відхилення фактичного обсягу робіт ТО від нормативного	$\frac{T_{TO}^{(\Phi)} - T_{TO}^{(H)}}{T_{TO}^{(H)}}$
Середнє значення фактичної періодичності ТО	Середнє значення фактичної періодичності ТО по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	$\bar{L}_{TO}^{(\Phi)}$
Варіація фактичної періодичності ТО	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичної періодичності ТО	$V_{L_{TO}}$ $f(L_{TO})$
Середня інтенсивність експлуатації	Середнє значення інтенсивності експлуатації по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{l}
Варіація інтенсивності експлуатації автомобілів	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичної інтенсивності експлуатації автомобілів	V_l $f(l)$
Середня відстань перевезення	Середнє значення відстані перевезення по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{l}_H
Середній добовий пробіг (напрацювання)	Середнє значення добового пробігу (напрацювання) по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{l}_C
Середній час у вбранні	Середнє значення часу в наряді по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{t}_H
Варіація відстані перевезення	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичної відстані перевезення	V_{l_H} $f(l_H)$
Варіація добового пробігу	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичного добового пробігу	V_{l_C} $f(l_C)$
Варіація часу у вбранні	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичного часу у вбранні	V_{t_H} $f(t_H)$

2.4 Модель впливу періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів в умовах попередження більшої частини відмов

Заданий рівень працездатності автомобілів повинна забезпечувати система технічного обслуговування та ремонту, але в нормативах періодичності та трудомісткості технічних впливів неможливо врахувати все різноманіття умов експлуатації. Один із шляхів вирішення проблеми – оперативне коригування нормативів з урахуванням специфіки умов експлуатації на основі фактичних даних про відмови.

У першому етапі вирішення проблеми коригування нормативів для конкретних умов роботи автомобілів проведено аналіз методів визначення періодичності ТО. Раніше розроблені та використовуються для вирішення практичних завдань ряд методів. Найбільша увага приділяється методу визначення періодичності ТО за допустимим рівнем безвідмовності, а також техніко-економічному або його модифікації - економіко-ймовірним методом.

Аналіз результатів, отриманих з допомогою техніко-економічних методів, показав таке. При їх реалізації необхідно встановити залежність витрат на ТО та витрат на ремонт від періодичності ТО, щоб знайти мінімум сумарних витрат. Оцінюючи витрати за ремонт необхідно знати залежність кількості відмов від напрацювання. Тобто необхідно вирішити те саме завдання, яке вирішується у методі визначення періодичності ТО за допустимим рівнем безвідмовності. Причому вирішується це завдання як завжди не коректно. Тому одержані результати не дають однозначного рішення.

Щоб визначити періодичність технічного обслуговування, що забезпечує задану ймовірність безвідмовної роботи з використанням методу за допустимим рівнем безвідмовності, необхідно знати вид і параметри закону розподілу напрацювань на відмову. Отримання зазначеної інформації можливе лише за наявності репрезентативної вибірки напрацювань. Але за умов, коли проводяться планово-попереджувальні операції ТО, тобто

більшість відмов попереджається, можливе отримання лише зрізаної вибірки. Точність визначення параметрів розподілу напрацювань на відмову з використанням відомих методів обробки незавершених випробувань при малій частці елементів, що відмовили, недостатня для визначення та коригування нормативів. Наприклад, при прискорених випробуваннях ресор підвіски вантажного автомобіля частина листів, що відмовили, склала 10,1%, а помилка визначення середнього ресурсу - 44,9 %.

Крім того, якщо розглядається періодичність ТО не окремого об'єкта обслуговування, а групова періодичність, що актуальніше на практиці, необхідно вивчати композицію розподілів напрацювань на відмову різних елементів автомобіля, що описуються різними законами.

Отже, коригування нормативів періодичності ТО з урахуванням відомих методів оцінки параметрів розподілу напрацювань відмови не дає досить точного результату. Враховуючи, що в цьому випадку немає необхідності визначати параметри розподілу, а достатньо встановити зв'язок між періодичністю ТО та ймовірністю відмови можна використовувати непараметричні методи оцінювання інтегральної функції розподілу.

Сформулюємо вимоги до моделі:

- ✓ адекватність експериментальним значенням ймовірності відмови (безвідмовної роботи);
- ✓ достатня для практичного використання точність у діапазоні напрацювань, що відповідають необхідному рівню безвідмовності, що пред'являється до системи ТО та ПР;
- ✓ відсутність грубих невідповідностей фізичного змісту.

При реалізації такого підходу прийнято такі обмеження:

- розглядаються напрацювання після ТО в інтервалі $0 \dots L_{ТО}$;
- відбираються реалізовані відмови лише у закінчених циклах напрацювання до ТО;
- вирішується задача інтерполяції всередині інтервалу $0 \dots L_{ТО}$,

- завдання екстраполяції результату на напрацювання понад L_{TO} не розглядається.

Завдання формалізоване наступним чином:

- в інтервалі напрацювань від $L=0$ до $L=L_{TO}$ відмовили m з N елементів;
- напрацювання на відмову позначені L_1, L_2, \dots, L_m ;
- ймовірність відмови в розглянутому інтервалі напрацювань становить

$$F(L_{TO}) = \frac{m}{N};$$

- фактична ймовірність відмови більше від допустимої ймовірності безвідмовної роботи, передбаченої системою ТО: $F(L_{TO}) \triangleright F_\delta$;
- потрібно визначити значення L_{TO} , у якому $F(L_{TO}) = F_\delta$.

Для вирішення поставленої задачі визначимо ймовірність відмови в точках L_1, L_2, \dots, L_m інтервалу, що розглядається:

$$F(L_1) = \frac{1}{N}; \quad (2.12)$$

$$F(L_2) = \frac{2}{N}; \quad (2.13)$$

$$F(L_m) = \frac{m}{N}; \quad (2.14)$$

У загальному вигляді $F(L_i) = \frac{i}{N}$; де $i = 1 \dots m$.

Далі розглянемо m значень L_i і $F(L_i)$. Вони відбивають вплив напрацювання на можливість відмови. Апроксимуємо ці значення рівнянням регресії. По отриманому рівнянню визначимо значення L_{TO} , у якому

$$F(L_{TO}) = F_\delta$$

Ключовий момент у вирішенні цього завдання - вибір виду рівняння регресії, що адекватно апроксимує вихідні дані.

Попередній аналіз графічного виду аналізованої залежності в інтервалі $0 \dots L_{TO}$, її асимптотики, а також ймовірної структури моделі для m пар значень L_i і $F(L_i)$ дозволив припустити, що в якості моделі можна використовувати експоненту або поліном:

$$F(L) = A_0 \cdot e^{A_1 L} \quad (2.15)$$

$$F(L) = A_0 + A_1 \cdot L + A_2 \cdot L^2 \quad (2.16)$$

де A_0, A_1, A_2 – емпіричні коефіцієнти.

Достоїнство таких моделей полягає у можливості отримання в загальному вигляді першої похідної, яка є диференціальною функцією розподілу, наприклад, для експоненційної моделі.

При використанні експоненти виду $F(L) = A_0 \cdot e^{A_1 L}$; періодичність ТО можна визначити за моделлю:

$$L_{TO} = \left(\ln(1 - R_d) - \ln(A_0) \right) / A_1 \quad (2.17)$$

2.5. Модель формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацювань на відмову

Насправді фактична періодичність ТО істотно відрізняється від нормативної. І тут відомі методики визначення періодичності ТО використовувати не можна.

Теоретично, пошук розв'язання задачі визначення ймовірності безвідмовної роботи у вказаному випадку зводиться до розгляду перетину

множин реалізацій напрацювань на відмову L та періодичності ТО L_{TO} . Для цього необхідно мати дві відповідні вибірки. Порівнюючи попарно значення L і L_{TO} , можна визначити кількість випадків, коли $L > L_{TO}$ і, відповідно, відмова не настає, а також протилежних випадків, коли $L < L_{TO}$ і відмова настає до проведення ТО. Отримані результати дозволяють оцінити можливість безвідмовної роботи.

Для реалізації такого підходу було розроблено імітаційну модель. Її алгоритм наведено на рис. 2.10.

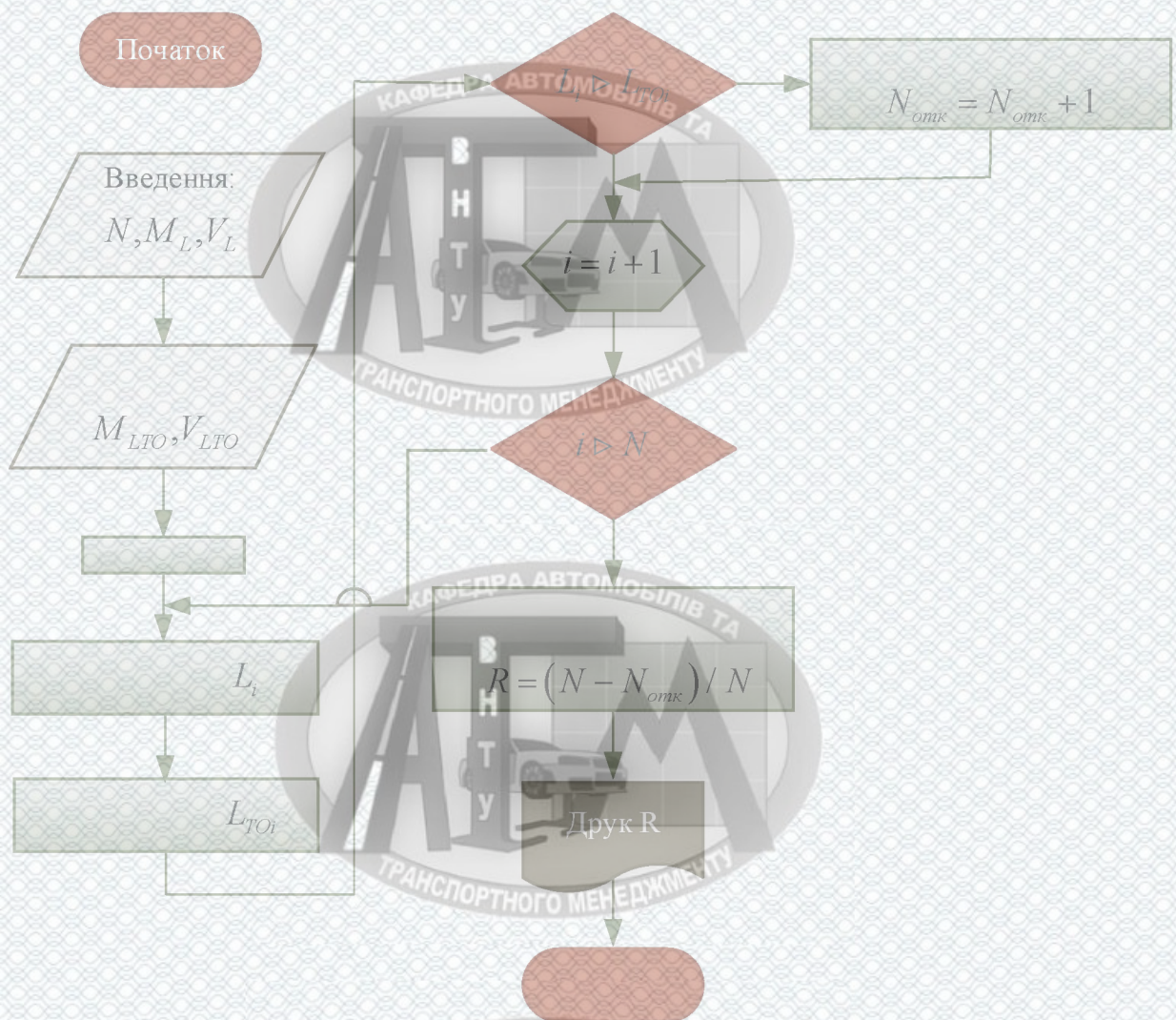


Рисунок 2.10 - Алгоритм розрахунку ймовірності безвідмовної роботи

Суть її роботи полягає у наступному. Спочатку вводяться вихідні дані: кількість автомобілів N , середнє напрацювання на відмову M_L та коефіцієнт варіації напрацювань на відмову V_L . Потім вводяться середня періодичність ТО $M_{L_{TO}}$ та коефіцієнт варіації періодичностей ТО $V_{L_{TO}}$. Крім того, обираються закони розподілу напрацювань на відмову та періодичності ТО.

Далі генеруються пари значень напрацювання на відмову та періодичності ТО.

Згенеровані пари значень напрацювання на відмову та періодичності ТО порівнюються. Якщо напрацювання на відмову більше від періодичності ТО, то номер лічильника циклів і збільшується на одиницю, і розрахунки тривають до виконання N циклів, що відповідають кількості автомобілів.

Якщо ж напрацювання на відмову не більше за періодичність ТО, то фіксується відмова, і розрахунки тривають.

Після досягнення N циклів розрахунків визначається ймовірність безвідмовної роботи, що записується в таблицю, і розрахунки припиняються.

Для збору статистики розрахунки за наведеним алгоритмом проводяться D раз, потім отримана вибірка обробляється, розраховуються статистичні характеристики і підбирається закон розподілу. Це дозволяє оцінити як середнє значення ймовірності безвідмовної роботи, а й побудувати нею довірчий інтервал.

2.6 Модель закономірності впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО

На фактичну періодичність ТО автомобілів впливає багато факторів. Якщо прийняти як обмеження, що обслуговування проводиться після закінчення роботи на лінії або після закінчення рейсу, то фактична періодичність ТО складається з ділих проміжків напрацювання за зміну (рейс). Тому фактична періодичність ТО у такому разі в основному залежить від

пробігу автомобіля за зміну (добу) або довжину рейсу, якщо вона перевищує добовий пробіг.

При розгляді закономірності впливу середньодобового пробігу та відстані перевезення на фактичну періодичність ТО як вихідні принципи прийняті аксіоми 1 і 2 з концепції визначення та коригування нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів (розділ 2.3), а також сформульовані такі приватні аксіоми:

- 1 - фактична періодичність ТО є сумою випадкових значень довжини рейсу в період між двома послідовними обслуговуваннями;
- 2 - якщо довжина рейсу менше добового пробігу, то фактична періодичність ТО є сума випадкових значень добових пробігів;
- 3 - якщо довжина рейсу (добовий пробіг) - випадкова величина, то й періодичність ТО теж випадкова величина.

Можливі два підходи до вивчення аналізованої: 1 - досліджувана система не структурується, а представляється у вигляді «чорної скриньки», потім фактична періодичність ТО пов'язується з довжиною рейсу (добовим пробігом) емпіричними моделями; 2 – досліджувана система структурується, потім на основі цієї структури створюється модель системи в цілому; враховуючи, що вивчається стохастичний процес, доцільно використовувати імітаційну модель.

Перевагу слід віддати другому підходу, оскільки він дозволяє отримати результат у мінливих умовах.

На основі викладених вище аксіом та аналізу системи формування фактичної періодичності ТО вдосконалено імітаційну модель, алгоритм якої представлений на рис. 2.11. Моделювання за цим алгоритмом здійснюється в наступному порядку.

1. Спочатку вводяться значення математичного очікування добового пробігу (M_{L_c} , км), коефіцієнта варіації добового пробігу (V_{L_c}), норматива періодичності ТО ($L_{TO}^{(H)}$, км), допустимого відхилення періодичності ТО (dL_{TO} ,

км), часу моделювання (T_m , дні), а також кількість автомобілів (A) та номер закону розподілу добового пробігу (Z_L).

2. Далі генерується початковий стан напрацювання після останнього ТО ($L_{\Sigma i}$, км). Номер дня (j), а також номер автомобіля (i) прирівнюються до одиниці. Після цього генерується значення довжини рейсу (L_{pi}) та добового пробігу (L_C).

3. Далі порівнюються значення довжини рейсу та добового пробігу. Якщо довжина рейсу більша за добовий пробіг, то з довжини рейсу віднімається значення добового пробігу.

4. Номер автомобіля збільшується на одиницю. Перевіряється, чи більший за номер автомобіля кількість автомобілів.

Якщо ні, то перевіряється, чи довжина рейсу дорівнює нулю. Якщо так, то генерується значення довжини рейсу, і всі дії повторюються. Якщо ні, то генерується добовий пробіг і всі дії повторюються.

Якщо номер автомобіля більший за кількість автомобілів, то номер дня збільшується на одиницю, і перевіряється, чи більше номер дня часу моделювання. У разі, коли задається кількість реалізацій N_{realiz} , то перевіряється досягнення кількості реалізованих ТО N_{realiz} . Якщо $N_{TO} \geq N_{realiz}$ або якщо досягнуто кінець циклу моделювання, значення фактичних періодичностей ТО виводяться на друк. Робота програми завершується. Якщо ні, то номер автомобіля збільшується на одиницю, і всі дії повторюються.

5. Якщо довжина рейсу менша за добовий пробіг, то до значення напрацювання після останньої відмови додається значення добового пробігу.

6. Далі порівнюються значення напрацювання після останнього ТО та норматив періодичності ТО. Якщо напрацювання після останнього ТО більше або дорівнює значенню нормативу періодичності ТО, перевіряється, чи більше значення напрацювання після останнього ТО, ніж сума значень нормативу періодичності ТО та допустимого відхилення періодичності ТО. Якщо так, то

фактична періодичність ТО дорівнює різниці значень напрацювання після останнього ТО і добового пробігу, значимість напрацювання після останнього ТО дорівнює значенню добового пробігу, а значення напрацювання після останнього ТО за попередній день дорівнює нулю. Якщо ні, то значення фактичної періодичності ТО дорівнює значенню напрацювання після останнього ТО, і це напрацювання дорівнює нулю. В обох випадках довжина рейсу дорівнює нулю, записується значення фактичної періодичності ТО та виконуються дії з пункту 4.

7. Якщо напрацювання після останнього ТО менше значення нормативу періодичності ТО, виконуються дії з пункту 4.

Наступний етап теоретичних досліджень полягає у розробці гіпотез про вид закономірності впливу добового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО. Фактична періодичність ТО характеризується середнім значенням та коефіцієнтом варіації. Добовий пробіг розглядається у тому випадку, коли він перевищує або дорівнює довжині рейсу. В іншому випадку він не має значення і розглядається довжина рейсу. Для характеристики довжини рейсу (добового пробігу) також використовують середнє значення і коефіцієнт варіації. Таким чином, необхідно розглянути чотири залежності.

Гіпотеза 1. Середня фактична періодичність ТО пов'язана із середньою довжиною рейсу прямою лінійною залежністю (рис. 2.11) та описується моделлю:

$$\overline{L_{TO}^{(\phi)}} = a_0 + a_1 \cdot L_p \quad (2.18)$$

де a_0 , a_1 – емпіричні коефіцієнти.

Таке припущення ґрунтується на тому, що зі збільшенням довжини рейсу відмінність суми її реалізацій від нормативної періодичності ТО збільшуватиметься.

Гіпотеза 2. Середня фактична періодичність ПЗ пов'язана з коефіцієнтом варіації довжини рейсу прямою лінійною залежністю. При цьому сила впливу визначається середньою довжиною рейсу: що більше L_p , то сильніший вплив (рис. 2.12). Ця залежність описується моделлю:

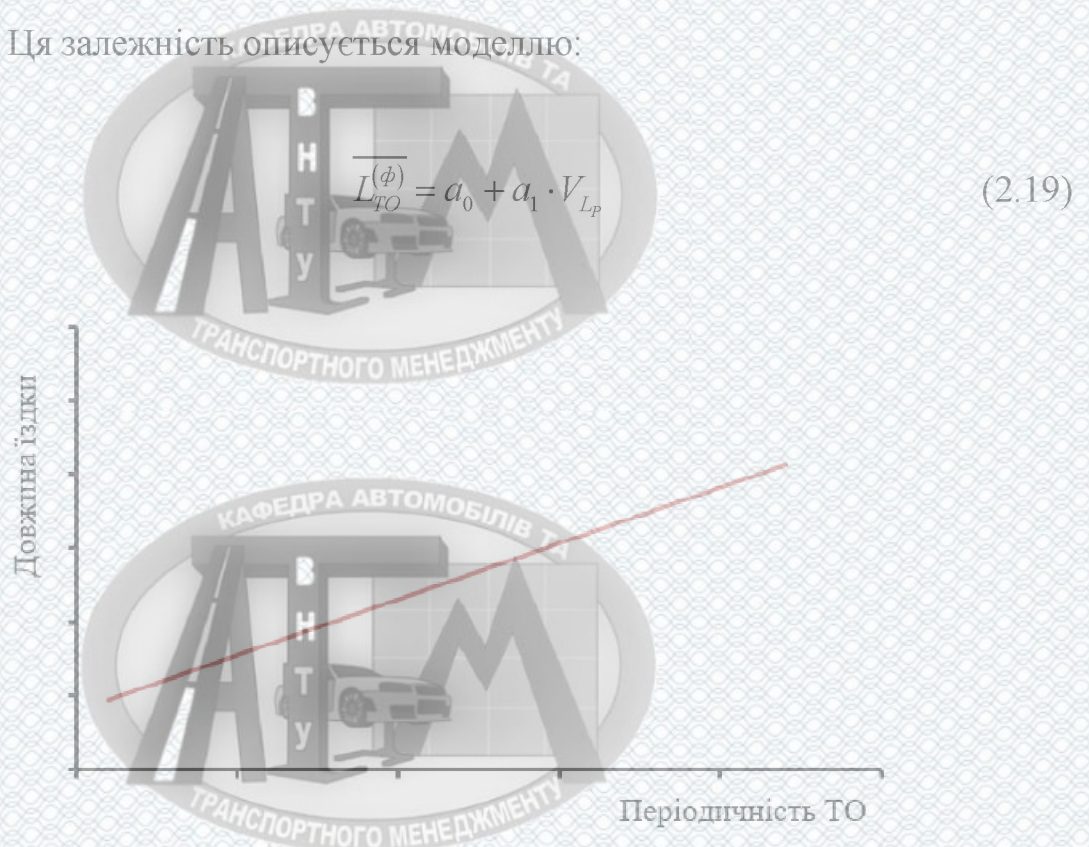


Рисунок 2.11. Гіпотеза про вплив середньої довжини рейсу на середню фактичну періодичність ТО

Теоретично, інтервал варіювання періодичності ТО становить

$$L_{TO}^{(H)} - \Delta L_{TO} \dots L_{TO}^{(H)} + L_p^{(\max)} \quad (2.20)$$

Зі збільшенням коефіцієнта варіації довжини рейсу збільшується максимальна довжина рейсу $L_p^{(\max)}$ та, відповідно, середня фактична періодичність ТО. При більшій довжині рейсу $L_p^{(\max)}$ має більше значення, тому збільшення довжини рейсу веде до більшого впливу коефіцієнта варіації довжини рейсу на періодичність ТО.

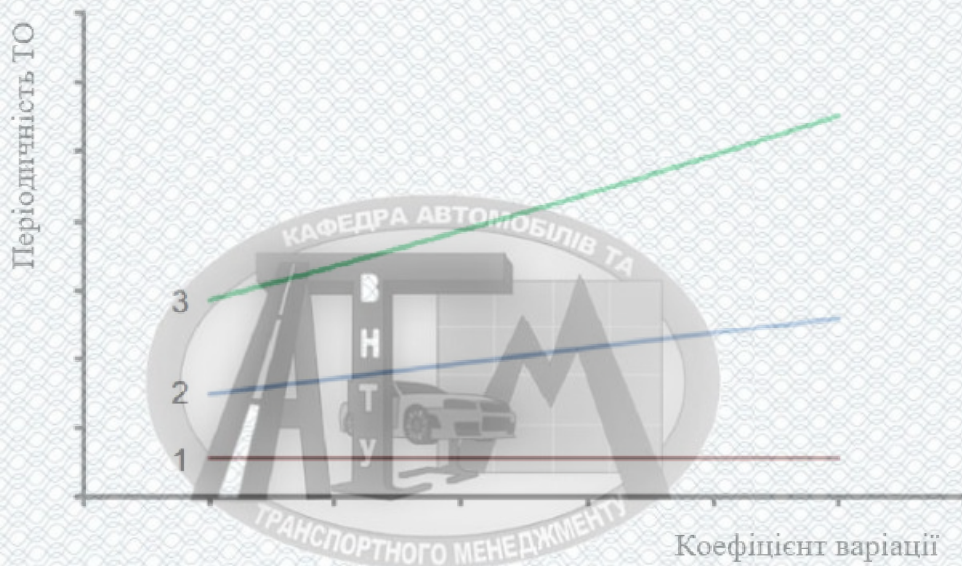


Рисунок 2.12 - Гіпотеза про вплив коефіцієнта варіації довжини рейсу на середню фактичну періодичність ТО для різних значень L_p : 1 – малі значення; 2 – середні значення; 3 - великі значення

На основі однофакторних моделей скомпонована двофакторна:

$$\bar{L}_{TO}^{(\Phi)} = A_0 + A_1 \cdot L_p + A_2 \cdot V_{L_p} + A_3 \cdot L_p \cdot V_{L_p}, \quad (2.21)$$

де A_0, A_1, A_2, A_3 – емпіричні коефіцієнти.

Оскільки відповідно до гіпотези, представленої на рис. 2.14 сила впливу коефіцієнта варіації довжини рейсу на середню фактичну періодичністю ТО для різних значень L_p різна, то простий адитивної моделі на головних ефектах недостатньо для опису аналізованої залежності. Тому модель введено змішаний ефект $L_p \cdot V_{L_p}$.

Гіпотеза 3. Коефіцієнт варіації періодичності ТО пов'язаний із середньою довжиною рейсу в зоні малої його варіації прямою лінійною залежністю та описується моделлю:

$$V_{L_{TO}} = a_0 + a_1 \cdot L_p \quad (2.22)$$

a_0, a_1 – емпіричні коефіцієнти.

У зоні великих значень коефіцієнта варіації довжини рейсу залежність стає нелінійною та описується моделлю:

$$V_{L_{TO}} = a_0 + a_1 \cdot L_p + a_2 \cdot L_p^2 \quad (2.23)$$

де a_0, a_1, a_2 – емпіричні коефіцієнти.

Як показано вище, зі збільшенням середньої довжини рейсу збільшується максимальна довжина рейсу $L_p^{(\max)}$, і це призводить до збільшення коефіцієнта варіації періодичності ТО.

Гіпотеза 4. Коефіцієнт варіації періодичності ТО пов'язані з коефіцієнтом варіації довжини рейсу лінійної залежністю. Сила впливу визначається середньою довжиною рейсу (рис. 2.13): чим більше L_p , то сильніший вплив V_{L_p} , причому у сфері малих (лінія 1) і середніх (лінія 2) значень \bar{L}_p ця залежність пряма, а зоні великих (лінія 3) - зворотна. Розглянута залежність описується моделлю:

$$V_{L_{TO}} = a_0 + a_1 \cdot V_{L_p} \quad (2.24)$$

При малих значеннях довжини рейсу коефіцієнт варіації V_{L_p} неспроможний надати помітного впливу як у середнє значення фактичної періодичності ТО, і на коефіцієнт її варіації. При підвищенні середньої довжини рейсу інтервал варіювання значно збільшується, й у умовах істотно впливає коефіцієнт варіації фактичної періодичності ТО. При значеннях довжини рейсу близько 70% від нормативної періодичності ТО і можливі лише два варіанти фактичної періодичності ТО: $L_{TO}^{(\Phi)} = L_p$ або $L_{TO}^{(\Phi)} = 2L_p$. У обох

випадках відхилення від нормативної періодичності становитиме близько 30 %. При цьому зміна L_p у будь-який бік призведе до зменшення цього відхилення та зниження коефіцієнта варіації періодичності ТО.

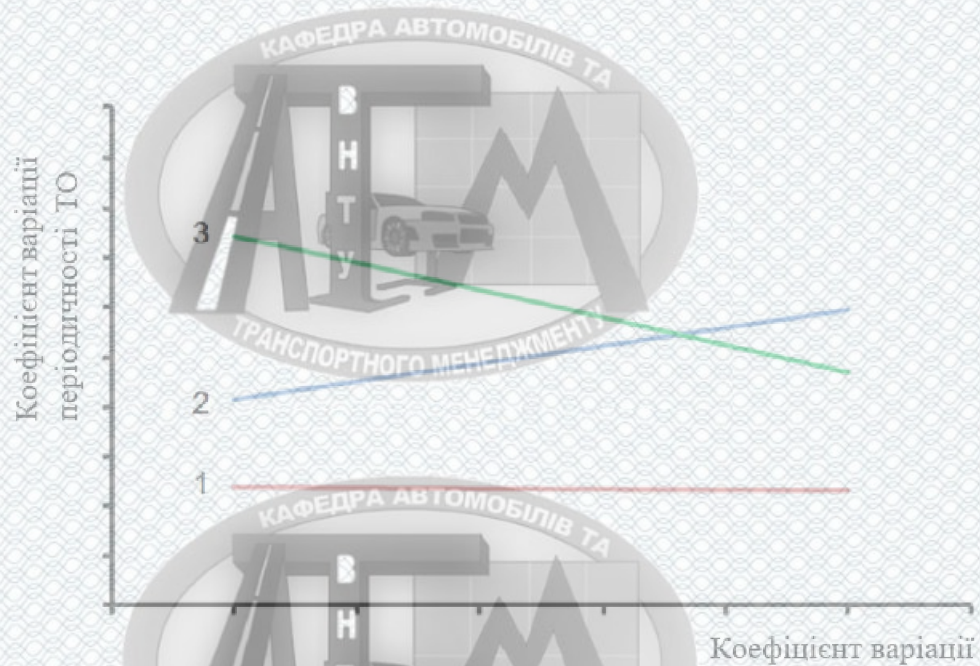


Рисунок 2.13 - Гіпотеза про вплив коефіцієнта варіації довжини рейсу на коефіцієнт варіації періодичності ТО для різних значень $\overline{L_p}$: 1 – малі значення; 2 – середні значення; 3 - великі значення

Для побудови двофакторної моделі залежності коефіцієнта варіації періодичності ТО від довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу перемножимо однофакторні моделі:

$$V_{L_{TO}} = a_0 b_0 + a_1 b_0 L_p + a_2 b_0 L_p^2 + a_0 b_1 V_{L_p} + a_1 b_1 V_{L_p} + a_2 b_1 L_p^2 V_{L_p} \quad (2.25)$$

Позначимо добутки коефіцієнтів моделі новими символами:

$$A_0 = a_0 b_0; \quad A_1 = a_1 b_0; \quad A_2 = a_2 b_0; \quad A_3 = a_0 b_1; \quad A_4 = a_1 b_1; \quad A_5 = a_2 b_1. \quad (2.26)$$

Отримаємо:

$$V_{L_{TO}} = A_0 + A_1 L_p + A_2 L_p^2 + A_3 V_{L_p} + A_4 V_{L_p} + A_5 L_p^2 V_{L_p} \quad (2.27)$$

де $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ – емпіричні коефіцієнти.

Гіпотези про вид математичних моделей перевіряються з урахуванням імітаційного експерименту розділ 3.

2.7 Висновки до розділу 2

1. Сформульовано концепцію визначення та коригування нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів.

2. Ідентифіковано структуру системи, що вивчається, яка може бути основою для створення імітаційної моделі, що дозволяє виконувати визначення та коригування нормативів періодичності технічного обслуговування з урахуванням фактичних умов та інтенсивності експлуатації автомобілів, а також оцінювати потік відмов.

3. Висунуто гіпотези про вид моделі впливу періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів в умовах попередження більшої частини відмов. Попередній аналіз графічного виду розглянутої залежності, її асимптотики, а також ймовірної структури моделі дозволив припустити, що для цієї мети можна використовувати експоненту або поліном. Для перевірки цієї гіпотези та вибору найкращої з перерахованих моделей необхідно провести експериментальні дослідження.

4. Показано, що для процесу формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО в умовах запобігання частині відмов необхідно використовувати імітаційну модель. Розроблено її структуру та алгоритм.

6. Висунуто гіпотези про вид моделі закономірності впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО, а також моделі закономірності впливу коефіцієнта варіації періодичності ТО на ймовірність безвідмовної роботи автомобіля.

3. РОЗРАХУНКОВО - ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ ТОВ «ВІНЛОГІК» НА ПЕРІОДИЧНІСТЬ ЇХ ЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

3.1. Загальна методика розрахунково - експериментальних досліджень

Мета розрахунково-експериментальних досліджень - перевірка гіпотез, висунутих в аналітичних дослідженнях, а також визначення чисельних значень параметрів математичних моделей. У розділі 2, присвяченому аналітичним дослідженням, висунуто низку гіпотез.

Перша група завдань досліджень спрямована на перевірки гіпотез щодо дослідження цільової функції:

1) гіпотези про асимптотику зміни сумарних витрат залежно від періодичності ТО під час використання техніко-економічного методу.

Друга група завдань досліджень спрямована на перевірку гіпотез про вигляд таких моделей:

2.1) модель впливу періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів в умовах попередження більшої частини відмов;

2.2) модель формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацювань на відмову;

2.3) модель закономірності впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО;

2.4) модель закономірності впливу коефіцієнта варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобіля.

Аналіз, спрямований на порівняння результатів розрахунків та теоретичних досліджень, дозволить оцінити адекватність розроблених моделей, а також обґрунтувати рішення про прийняття чи неприйняття гіпотез.

Третя група завдань – оцінити чисельні значення параметрів розроблених математичних моделей.

Крім того, у розділі 2 запропоновано метод генерування випадкових чисел, розподілених за будь-яким заданим законом, а також без постулювання закону, як повних, так і усічених вибірок, який також потребує перевірки.

Для отримання розрахункових даних проводять активні чи пасивні експерименти. При активному дослідник керує рівнем незалежних змінних (чинників). Якщо ж такої можливості немає, проводиться пасивний експеримент. З іншого боку, розрізняють натурні експерименти, коли вивчають безпосередньо об'єкт досліджень, і навіть експерименти на моделях, зокрема, на імітаційних моделях. У імітаційній моделі поведінка об'єкта дослідження описується набором алгоритмів, які зазвичай реалізують як програми.

Для вирішення низки поставлених завдань необхідно зібрати статистичні дані про напрацювання на відмову, інтенсивність експлуатації автомобілів, добові пробіги, відстані перевезення, часу в наряді.

З огляду на можливість отримання повного спектру необхідних статистичних даних їх збір проводився в умовах ТОВ «ВІНЛОГІК»

3.2 Результати визначення цільової функції в умовах ТОВ «ВІНЛОГІК»

У розділі 2 розглянуто асимптотику функції $Z_{\text{сум.}} = f(LT_0)$. Висунуто припущення про вид цієї залежності у чотирьох випадках, що відрізняються

значенням відношення $\left(\frac{C_{\text{ПР}} + \Pi_{\text{ПР}}}{C_{\text{ТО}} + \Pi_{\text{ТО}}} \right)$

Перевірка гіпотез здійснювалася з урахуванням імітаційного експерименту. Імітаційна модель реалізована у Microsoft Excel

Програма включає такі процедури.

1. Введення вихідних даних:

$C_{\text{ТО}}$ - вартість виконання операцій ТО, тис. грн.;

C_{TP} – вартість виконання операцій ремонту, тис. грн.;

L_{CP} - середнє напрацювання на відмову, тис. км;

V_L – коефіцієнт варіації напрацювання на відмову;

I – інтенсивність експлуатації, км/день;

d_{TO} - простой в ТО з розрахунку на одне обслуговування, дні/од.;

d_{TP} - простой в TP для одного випадку ремонту, дні/од.

2. Введення параметрів циклу моделювання:

L_1, L_2 - початок та кінець інтервалу моделювання;

dL - збільшення напрацювання у циклі моделювання;

dC - похибка визначення сумарних витрат на ТО та TP.

3. У циклі від L_1 до L_2 з кроком dL генерується значення щільності ймовірності відмови за заданим законом розподілу.

4. Розраховуються ймовірності відмови та безвідмовної роботи, а також тривалості простоїв у TP та ТО, тривалість циклу до ТО, коефіцієнт технічної готовності. Результати записуються до таблиці.

5. Розраховуються витрати на ТО, TP, сумарні витрати. Результати записуються в таблицю.

6. До поточного напрацювання додається dL - збільшення напрацювання в циклі. Перевіряється умова завершення циклу. Якщо умова не виконується, здійснюється повернення до початку циклу, і розрахунки повторюються.

7. Якщо умова завершення циклу виконується, цикл завершується, і залежність $Z_{\text{сум}} = f(L_{TO})$ досліджується на екстремум з метою визначення оптимальної періодичності ТО L_{TO} , що відповідає мінімальним питомим сумарним витратам на ТО та TP. Крім того, визначається довірчий інтервал dL_{TO} для L_{TO} , у якому питомі сумарні витрати на ТО та TP не відрізняються від мінімального значення більш ніж на dC (рис. 3.1).

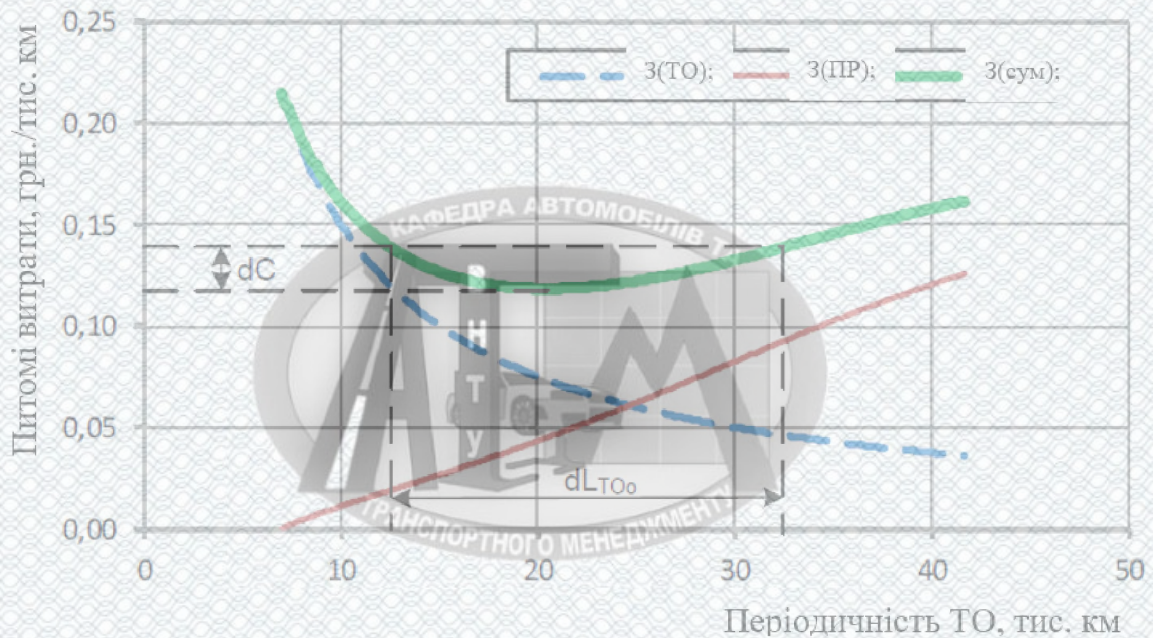


Рисунок 3.1 - Визначення довірчого інтервалу для оптимальної періодичності ТО

8. Результати моделювання виводяться на екран у вигляді таблиць та графіків.

3.3. Перевірка адекватності моделі формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацювань на відмову

У розділі 2 розроблено імітаційну модель формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацювань на відмову. Для перевірки її адекватності проведено порівняльні експериментальні дослідження. Спочатку отримані дані про фактичні напрацювання на відмову в циклах до чергового ТО, а також дані про фактичні періодичності ТО у ТОВ «ВІНЛОГІК».

На основі даних про напрацювання на відмову визначено чисельні значення параметрів експоненційної моделі залежності ймовірності відмови

від напрацювання. Потім виконана статистична обробка даних про фактичні періодичності ТО.

В результаті встановлено наступне:

1. Найкращу апроксимацію емпіричних розподілів фактичних періодичностей ТО забезпечує логарифмічно нормальний закон (рис. 3.2). Перевірка за критерієм Пірсона показала, що ймовірність відповідності теоретичного розподілу емпіричного становить від 0,90 до 0,98.

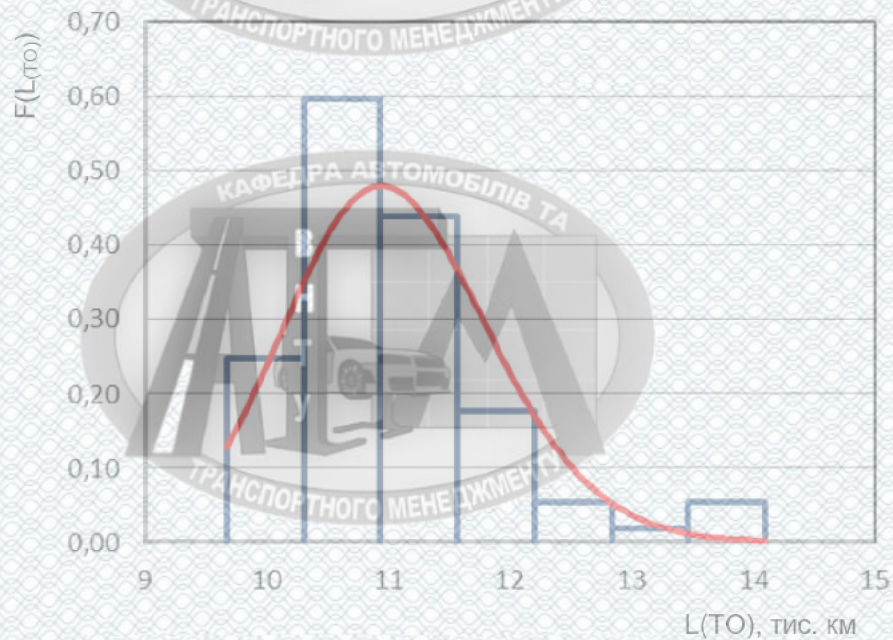


Рисунок 3.2. Розподіл фактичних періодичностей технічного обслуговування автомобілів DAF-XF105 ТОВ «ВІНЛОГІК»

Далі на імітаційній моделі формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО розраховані ймовірності безвідмовної роботи, що відповідають фактичним періодичностям ТО. Отримані значення порівнювалися з фактичними, результати порівняння наведено у табл. 3.1



Таблиця 3.1-Порівняння фактичних та розрахункових значень ймовірності безвідмовної роботи

№	Параметри розподілу фактичних періодичностей ТО		Фактична можливість безвідмовної роботи	Розрахункова можливість безвідмовної роботи	Різниця	Відносна різниця	Квадрат різниці
	M_x	V_x					
1	11,03	0,08	0,969	0,975	0,006	0,0062	0,00004
2	12,30	0,06	0,977	0,967	0,010	0,0103	0,00010
3	11,80	0,07	0,962	0,967	0,005	0,0052	0,00003
4	11,79	0,06	0,958	0,969	0,011	0,0114	0,00012
5	13,59	0,12	0,939	0,941	0,002	0,00021	0,00000
6	13,41	0,10	0,947	0,951	0,004	0,0042	0,00002
7	13,40	0,09	0,949	0,952	0,003	0,0032	0,00001
	Сума	-	6,701	6,722	0,042	0,0435	0,00031
	Середнє	-	0,957	0,960	0,006	0,607	0,00004

Оцінка адекватності імітаційної моделі експериментальним даним проводилася за критерієм Фішера. Дисперсійне відношення становить 3,41. З ймовірністю 0,90 це значення перевищує табличне, що дорівнює 3,05.

Середня помилка апроксимації склала 0,61%. Таким чином, розглянута модель адекватна експериментальним даним.

3.4 Оцінка факторів, які впливають на відхилення фактичної періодичності ТО від нормативного значення

Аналіз раніше виконаних досліджень дозволив сформулювати перелік факторів, що впливають на відхилення періодичності ТО від нормативного значення: середня довжина рейсу, технологічна дисципліна, розмір та структура підприємства, величина нормативу, пропускна спроможність зони ТО (кількість постів ТО, кількість змін роботи, кількість виконавців), використовуваний метод планування постановки автомобілів на ТО, специфіка виробництва, що обслуговується (варіація інтенсивності експлуатації; віддаленість місць роботи від місць обслуговування та ремонту, небажаність відриву автомобіля від роботи, пов'язана з особливостями технології виробництва, що обслуговується), забезпеченість матеріалами для

проведення ТО.

Експеримент з оцінки факторів полягає у проведенні апріорного - ранжування та визначенні їх вагомості за методикою, викладеною Кузнецовим Є.С. Для цього складено анкету, скомплектовано групу з десяти експертів, перевірено їх компетентність, проведено інструктаж. Експерти проранжували зазначені вище фактори. Результати опитування та їх обробки представлені у табл. 3.2 та на рис. 3.3.

Оцінка узгодженості думок експертів проводилася за допомогою коефіцієнта конкордації Кенделла:

$$W = \frac{12 \cdot 3672}{10^2(8^3 - 8)} = 0,874.$$

Значення коефіцієнта конкордації перевищує 0,5, що свідчить про наявність суттєвої схожості думок експертів. Перевірка на випадковість збігу думок експертів проводилася за критерієм Пірсона:

$$\chi^2 = 0,874 \cdot 10(8 - 1) = 61,2$$

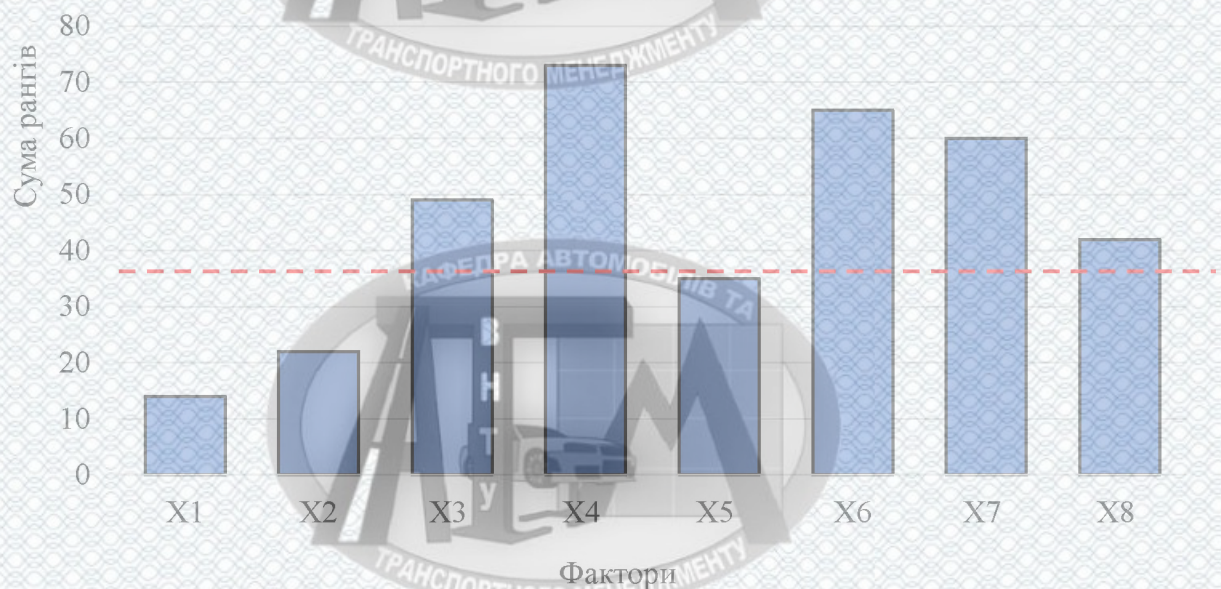
Оскільки значення χ^2 більше табличного для ймовірності 0,99 і числа ступенів свободи 7, що дорівнює 18,5, то узгодженість думок експертів не випадкова.

Аналіз отриманих результатів показав, що найбільший вплив на фактичну періодичність ТО мають такі фактори:

- X1 – середня довжина рейсу;
- X2 – технологічна дисципліна;
- X5 – пропускна здатність зони ТО.

Таблиця 3.2 – Результати апріорного ранжування факторів, що впливають на відхилення фактичної періодичності від нормативного значення.

Фактори	Сума рангів	Середній ранг	Приоритет	Вага фактора
X1 – середня довжина рейсу	14	1,40	1	0,22
X2 – технологічна дисципліна	22	2,20	2	0,19
X3 - розмір та структура підприємства	49	4,90	5	0,11
X4 – величина нормативу	73	7,30	8	0,03
X5 – пропускна здатність зони ТО	35	3,50	3	0,17
X6 - метод планування постановки автомобілів на ТО	65	6,50	7	0,06
X7 - специфіка виробництва, що обслуговується	60	6,00	6	0,08
X8 - забезпеченість матеріалами щодо ТО	42	4,20	4	0,14
СУМА	360	36,0	36	1,00



X1 – середня довжина рейсу; X2 – технологічна дисципліна; X3 - розмір та структура підприємства; X4 – величина нормативу; X5 – пропускна здатність зони ТО; X6 – метод планування постановки автомобілів на ТО; X7 - специфіка виробництва, що обслуговується; X8 - забезпеченість матеріалами щодо ТО

Рисунок 3.3 - Апріорна діаграма рангів факторів, що впливають на відхилення фактичної періодичності ТО від нормативного значення

Оскільки X_2 і X_5 - керовані чинники, то, впливаючи ними, можна нівелювати негативний впливом геть періодичність ТО. Середня довжина рейсу визначається типом АТП та рухомого складу. Наприклад, міські автобуси мають порівняно невеликі добові пробіги та довжини рейсів, а сідельні тягачі, які використовуються на міжміських перевезеннях, - суттєво великі. Керувати довжиною рейсу під час виконання певного транспортного завдання практично неможливо (можливо лише у деяких випадках у невеликих межах шляхом оптимізації маршруту руху). Тому цей чинник необхідно враховувати щодо і коригуванні нормативів періодичності ТО.

3.5 Перевірка адекватності імітаційної моделі впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО

Перевірка адекватності імітаційної моделі впливу середньодобового - пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО виконувалася шляхом порівняння фактичних періодичностей ТО, отриманих на ТОВ «ВІНЛОГІК» на основі пасивного експерименту, та розрахункових значень, отриманих для тих самих умов на імітаційній моделі.

Для забезпечення достатнього інтервалу варіювання довжини рейсу в експерименті використовувалися дані щодо автомобілів, що виконують місцеві перевезення, та автомобілів, що виконують міжміські перевезення. При цьому автомобілі підприємств використовуються в умовах експлуатації різних категорій). Для отримання відповідних результатів фактична періодичність ТО представлялася в частках від нормативної, а потім перераховувалася в періодичність для III категорії умов експлуатації.

Результати порівняння фактичних та розрахункових значень середнього значення та коефіцієнта варіації періодичності ТО при різних - середніх значеннях та коефіцієнтах варіації довжини рейсу представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Порівняння фактичних та розрахункових значень середньої періодичності ТО при різних середніх значеннях та коефіцієнтах варіації довжини рейсу

№ точки плану - експерименту	Середня фактична періодичність ТО	Середня довжина рейсу, км	Коефіцієнт варіації довжини рейсу	Середня розрахункова періодичність ТО	Різниця періодичності	Квадрат різниці	Відносна різниця	Квадрат відхилення від середнього
1	11,03	122	0,12	10,81	0,22	0,0484	0,0204	2,0860
2	12,30	1950	0,08	12,12	0,18	0,0324	0,0149	0,0304
3	11,80	1320	0,09	12,01	0,21	0,0441	0,0175	0,4547
4	11,79	1260	0,12	11,98	0,19	0,0361	0,0159	0,4682
5	13,59	3650	0,06	14,02	0,43	0,1849	0,0307	1,2448
6	13,41	2780	0,11	13,15	0,26	0,0676	0,0198	0,8756
7	13,40	4150	0,05	13,25	0,15	0,0225	0,0113	0,8569
Сума	87,32				1,64	0,436	0,1303	6,0166
Середнє	12,47				0,234	0,0623	0,0186	0,8595

Оцінка адекватності імітаційної моделі експериментальним даним при розрахунку значень середньої періодичності ТО проводилася за критерієм Фішера. Дисперсійне відношення становило 13,80. Імовірно 0,99 це значення перевищує табличний, що дорівнює 8,47.

Середня помилка апроксимації склала 1,86%.

Оцінка адекватності імітаційної моделі експериментальним даним при розрахунку коефіцієнта варіації періодичності ТО проводилася за критерієм Фішера. Дисперсійне відношення становило 8,35. З ймовірністю 0,95 це значення перевищує табличне, що дорівнює 4,28. Середня помилка, апроксимації склала 6,72%.

Таким чином, розглянута модель адекватна експериментальним даним.



3.6 Вплив середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО

Вплив середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО визначався шляхом проведення активного імітаційного експерименту.

Експеримент проводився за повним планом з варіацією довжини рейсу на 22 рівнях та коефіцієнта варіації довжини рейсу на 6 рівнях. Експеримент з вивчення впливу цих факторів на коефіцієнт варіації періодичності ТО проводився за аналогічним планом.

У кожній точці плану генерувалося 100 значень вивченої величини, що забезпечило відносну помилку не більше 5% з ймовірністю не менше 0,95.

Як вихідні дані в моделі використовується розподіл добових пробігів автомобілів. Аналіз фактичних даних, одержаних на ТОВ «ВІНЛОГІК», показав, що найкращу апроксимацію емпіричних розподілів забезпечує логарифмічно нормальний закон (рис. 3.4).

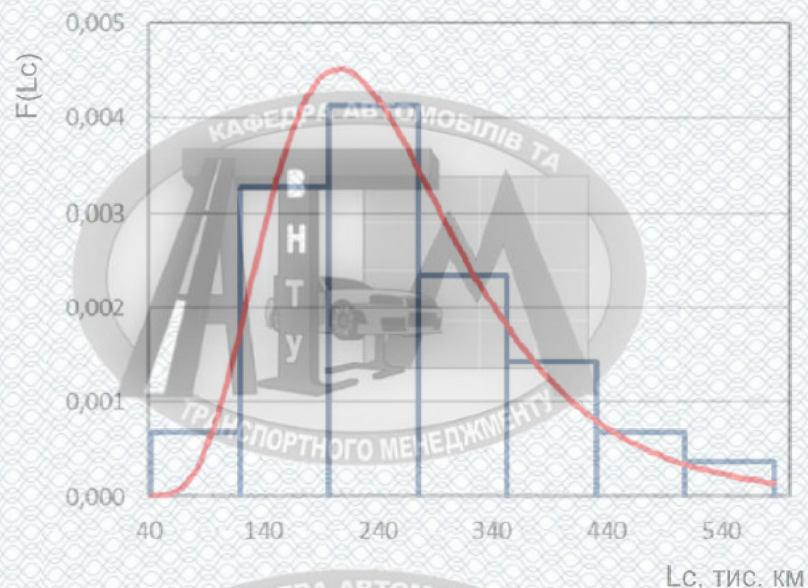


Рисунок 3.4 - Розподіл добових пробігів автомобілів

Гіпотеза 1 передбачає можливість використання лінійної моделі для закономірності впливу середньої довжини рейсу на середню фактичну

періодичністю ТО. Ця гіпотеза перевірялася за критерієм Фішера (табл. 3.4).

Результати аналізу статистичних характеристик моделі показали наступне:

1. Значення коефіцієнта парної кореляції становили 0,84...0,94 за рівня значимості 0,99.
2. Дисперсійне відношення Фішера для розглянутих випадків становило 3,32...8,45, що вище відповідних табличних значень з ймовірністю 0,95. 0,99.
3. Значення середньої помилки апроксимації складо 2,14...3,41.

Таблиця 3.4 – Чисельні значення параметрів та статистичні характеристики лінійної моделі впливу довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу на фактичну періодичність ТО

Параметри та статистичні характеристики	Значення для коефіцієнта варіації довжини рейсу					
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
a_0	11204	11141	10929	11188	11040	10859
a_1	0,40	0,45	0,56	0,39	0,51	0,63
r	0,84	0,91	0,94	0,93	0,91	0,91
r^2	0,70	0,83	0,88	0,87	0,83	0,82
tr	6,81	9,92	12,21	11,54	9,98	9,70
F	3,32	5,92	8,45	7,66	5,98	5,71
$\varepsilon, \%$	2,70	2,22	2,34	1,83	2,14	3,41
P_{tr}	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
P_F	0,95	0,95	0,95	0,90	0,95	0,99

Таким чином, отримані результати не суперечать аналізованій гіпотезі.

Аналогічно виконувалася перевірка гіпотези 2 про те, що середня фактична періодичність ТО пов'язана з коефіцієнтом варіації довжини рейсу прямою лінійною залежністю, при цьому сила впливу визначається середньою довжиною рейсу: що більше L_p , то сильніший вплив V_{L_p} .

Аналіз статистичних характеристик моделі показали наступне:

1. Значення коефіцієнта парної кореляції становили 0,83...0,94 за рівня

значимості 0,99.

2. Дисперсійне відношення Фішера для розглянутих випадків склало - 3,75...9,13, що вище за відповідні табличні значення з ймовірністю 0,99.

3. Значення середньої помилки апроксимації склало 4,71...8,78.

4. При збільшенні коефіцієнта варіації довжини рейсу вплив довжини рейсу на середню фактичну періодичність ТО посилюється. Для перевірки цього твердження побудовано залежність коефіцієнта рівняння регресії від коефіцієнта варіації періодичності ТО. З ймовірністю 0,95 кореляційне відношення для цієї залежності є значущим.

Таким чином, отримані результати не суперечать аналізованій гіпотезі.

Далі перевірено гіпотезу про вид двофакторної моделі впливу довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу на фактичну періодичність ТО.

Для цього визначено чисельні значення параметрів моделі та - розраховано її статистичні характеристики.

Модель має такий вигляд:

$$\overline{L_{TO}^{(\phi)}} = 1,03 + 0,71 \cdot L_p + 0,038 \cdot V_{L_p} + 0,37 \cdot L_p \cdot V_{L_p}$$

Її статистичні характеристики представлені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Статистичні характеристики моделі впливу довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу на періодичність ТО

Найменування статистичних показників	Чисельні значення
R	0,79
R^2	0,62
t_R	5,42
F	3,34
$\varepsilon, \%$	7,14
P_{t_R}	0,99
P_F	0,99

Далі виконувалася перевірка гіпотези про те, що коефіцієнт варіації

У зоні великих значень коефіцієнта варіації довжини рейсу залежність істотно нелінійна. У цьому випадку адекватною стає квадратична модель, що не суперечить другій частині цієї гіпотези.

Відповідно до гіпотези 4 коефіцієнт варіації періодичності ТО пов'язаний з коефіцієнтом варіації довжини рейсу лінійною залежністю, а сила впливу визначається середньою довжиною рейсу: чим більше L_p , тим сильніший вплив V_{L_p} , причому в області малих та середніх значень $\overline{L_p}$ ця залежність пряма, а в зоні великих – зворотна.

Отримані на імітаційній моделі результати не суперечать цій гіпотезі (рис. 3.5).

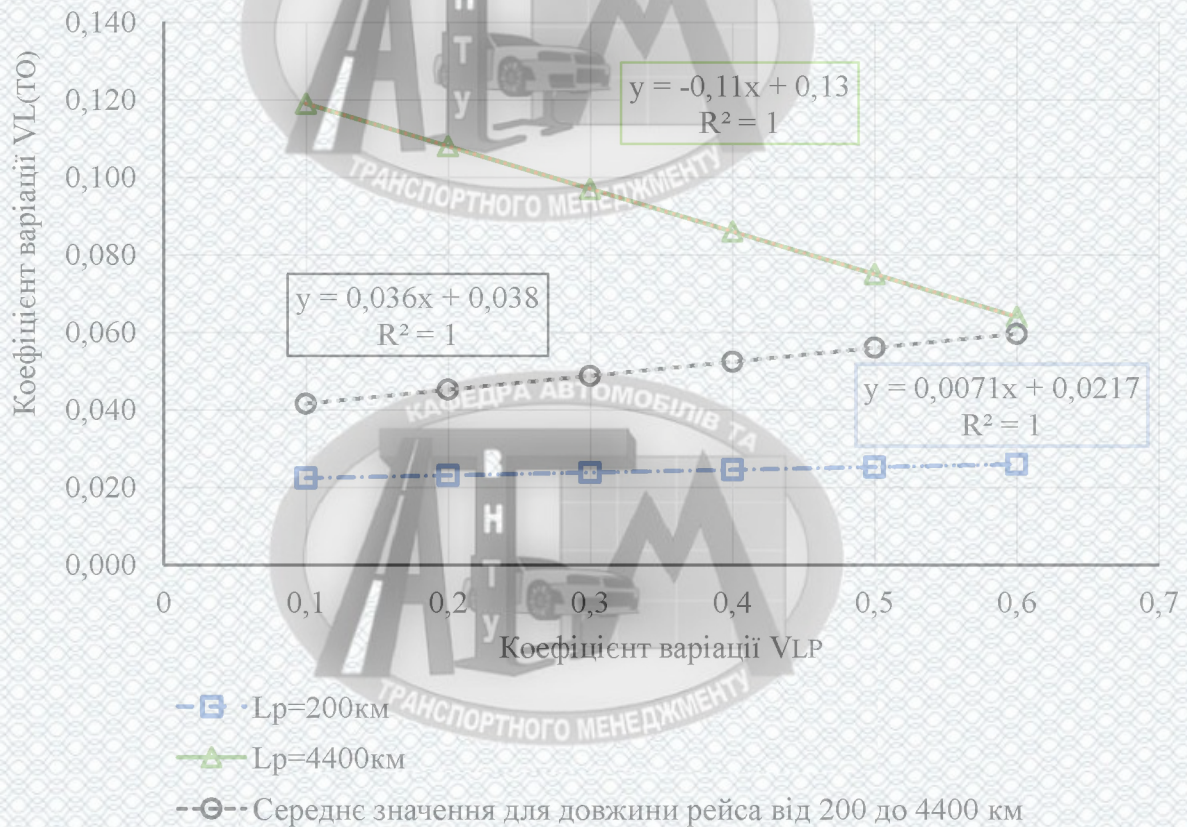


Рисунок 3.5 - Вплив коефіцієнта варіації довжини рейсу на коефіцієнт варіації періодичності ТО

Двофакторна модель залежності коефіцієнта варіації періодичності ТО

від довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу має вигляд:

$$V_{L_{TO}} = 0,013 + 0,22 \cdot L_P + 0,05 \cdot V_{L_P} + 0,34 \cdot L_P \cdot V_{L_P} + 0,008 \cdot L_P^2 - 1,23 \cdot L_P^2 \cdot V_{L_P}$$

Її статистичні характеристики наведено у табл. 3.12.

В останній моделі доданки $0,34 \cdot L_P \cdot V_{L_P}$ і $1,23 \cdot L_P^2 \cdot V_{L_P}$ представляють собою змішані ефекти. Їх використання дозволяє адекватно відобразити зміну залежності коефіцієнта варіації періодичності ТО від коефіцієнта варіації довжини рейсу за різних значень довжини рейсу.

Аналіз статистичних показників показує адекватність моделі експериментальним даним (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Статистичні характеристики моделі впливу довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу на коефіцієнт варіації періодичності ТО

Найменування статистичних показників	Чисельні значення
R	0,76
R^2	0,58
t_R	3,89
F	3,11
$\varepsilon, \%$	9,03
P_{t_R}	0,99
P_F	0,99

3.7 Вплив варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів

Перевірка гіпотези про вид математичної моделі впливу варіації періодичності ТО на ймовірність безвідмовної роботи автомобілів проводилася на основі імітаційного експерименту. Аналіз результатів, отриманих для різних значень середньої періодичності ТО, показав, що найкращу апроксимацію експериментальних даних (рис. 3.6) забезпечує

поліном третього ступеня наступного виду:

$$R(L_{TO}) = 0,9492 - 0,0906 \cdot V_{L_{TO}} + 0,2183 \cdot V_{L_{TO}}^2 - 0,5587 \cdot V_{L_{TO}}^3.$$

Перевірка за критерієм Фішера показала, що дисперсійне відношення Фішера перевищує табличне значення з ймовірністю 0,99. Середня помилка апроксимації не перевищує 2,1%.

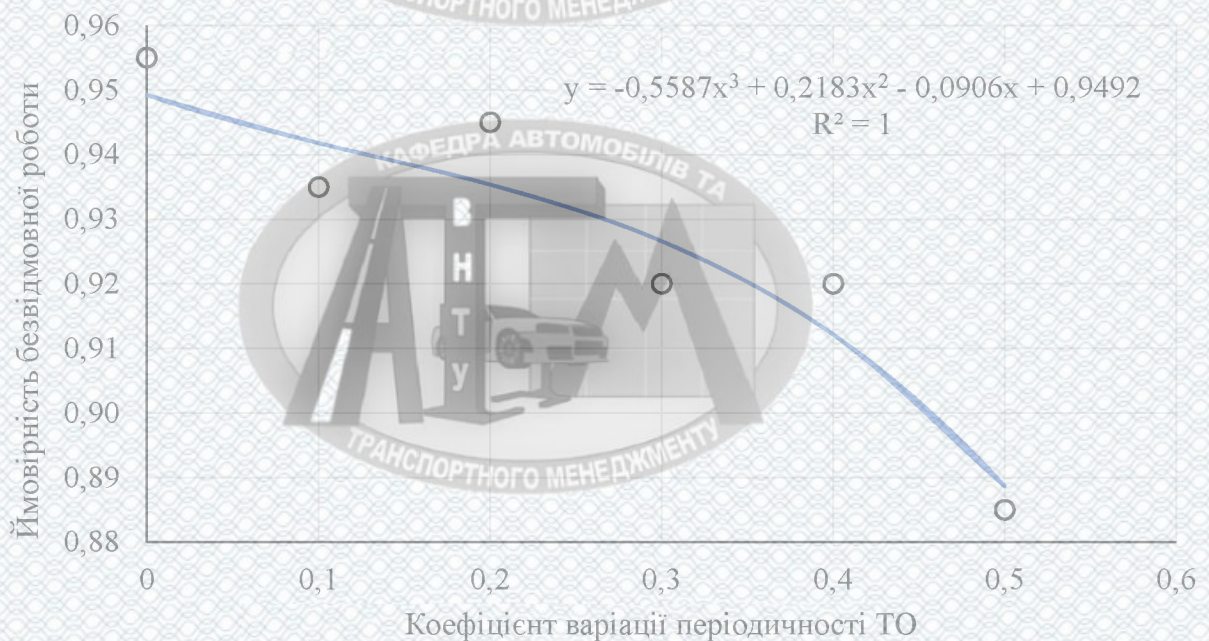


Рисунок 3.6 - Вплив коефіцієнта варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи

Отримана модель не дозволяє повною мірою судити про аналізовану - закономірність, оскільки зі змогою середнього значення фактичної періодичності ТО чисельні значення параметрів математичної моделі впливу варіації періодичності ТО на ймовірність безвідмовної роботи змінюються. Тому для більшої наочності на основі повного активного факторного імітаційного експерименту отримана двофакторна модель.

Її аналітичний вигляд представлений нижче:

$$R(L_{TO}) = 0,938 + 0,41 \cdot L_{TO} - 0,32 \cdot V_{L_{TO}} - 0,37 \cdot V_{L_{TO}}^2 + \\ + 0,085 \cdot V_{L_{TO}}^2 + 0,022 \cdot L_{TO}^3 - 0,83 \cdot V_{L_{TO}}^3$$

Перевірка за критерієм Фішера показала адекватність останньої моделі експериментальним даним з ймовірністю 0,99, середня помилка апроксимації склала 2,41%.

Таким чином, результати імітаційного експерименту не суперечать гіпотезі, висунутій у розділі 2.

3.8 Висновки до розділу 3

На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень - показано, що при визначенні та коригуванні нормативів періодичності ТО як цільову функцію доцільно вибирати мінімум різниці між заданою і реалізованою ймовірністю безвідмовної роботи. Встановлено межі застосування техніко-економічного методу поділу періодичності ТО.

Показано, що для визначення періодичності технічного обслуговування автомобілів у разі, коли немає повної репрезентативної вибірки напрацювань на відмову, можна апроксимувати залежність емпіричної ймовірності відмови від напрацювання експоненційною моделлю, і по ній розраховувати періодичність ТО, що забезпечує задану ймовірність безвідмовної роботи.

Доведено адекватність моделі формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацювань на відмову. Дисперсійне відношення Фішера становило 3,41. З ймовірністю 0,90 це значення перевищує табличне, що дорівнює 3,05. Середня помилка апроксимації склала 0,61%.

Оцінка адекватності імітаційної моделі впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО експериментальним

даним проводилася за критерієм Фішера. Дисперсійне відношення становило 8,35. З ймовірністю 0,95 це значення перевищує табличний, що дорівнює 4,28. Середня помилка апроксимації склала 6,72%.

Встановлено адекватність лінійної моделі для закономірності впливу середньої довжини рейсу на середню фактичну періодичність ТО.

Середня фактична періодичність ТО пов'язана з коефіцієнтом варіації довжини рейсу прямою лінійною залежністю, при цьому сила впливу визначається середньою довжиною рейсу: чим більше середнє значення довжини рейсу, тим сильніший вплив коефіцієнта її варіації.

Встановлено вид двофакторної моделі впливу довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу на фактичну періодичність ТО.

Встановлено, що коефіцієнт варіації періодичності ТО пов'язаний із середньою довжиною рейсу в зоні малої його варіації прямою лінійною залежністю, а в зоні великих значень коефіцієнта варіації довжини рейсу залежність стає нелінійною та описується квадратичною моделлю.

Встановлено, що коефіцієнт варіації періодичності ТО пов'язаний з коефіцієнтом варіації довжини рейсу лінійною залежністю, а сила впливу - визначається середньою довжиною рейсу: чим більша довжина рейсу, тим сильніший вплив коефіцієнта варіації, причому в області малих та середніх значень середньої довжини рейсу ця залежність пряма, а в зоні великих – зворотна.

Встановлено вигляд двофакторної моделі залежності коефіцієнта - варіації періодичності ТО від довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу.

Встановлено, що вплив варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів описується поліном третього ступеня. Перевірка за критерієм Фішера показала, що дисперсійне відношення Фішера перевищує табличні значення з ймовірністю 0,99. Середня помилка - апроксимації не перевищує 2,1%.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДИКИ КОРИГУВАННЯ НОРМАТИВІВ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ТОВ «ВІНЛОГІК»

4.1 Методологічні питання використання результатів досліджень

Система технічного обслуговування та ремонту повинна забезпечувати заданий рівень працездатності автомобілів. Як було показано вище, для забезпечення відповідності нормативів періодичності ТО необхідної надійності автомобілів необхідно їх коригування з урахуванням специфіки умов експлуатації на основі фактичних даних про відмови.

Відповідно до концептуальних положень, сформульованих у розділі 2, а також результатами теоретичних та експериментальних досліджень проблема визначення та коригування періодичності ТО вирішується з використанням вдосконалених моделей:

1 - Впливу періодичності ТО на ймовірність безвідмовної роботи автомобілів в умовах попередження більшої частини відмов (з використанням зрізаних вибірок вихідних даних).

2 - Формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО (і використанням усічених вибірок напрацювань на відмову).

У зв'язку з тим, що потенційні користувачі отриманих у даній роботі результатів мають різні рівні підготовки та оснащеності засобами обчислювальної техніки, необхідно розробити два варіанти для впровадження запропонованих методик.

Перший варіант призначений для підготовлених користувачів та передбачає використання розроблених продуктів для формування та коригування нормативів періодичності ТО.

Другий варіант розрахований на менш підготовлених користувачів і містить результати моделювання, представлені у вигляді таблиць для

визначення періодичності ТО на основі мінімальної необхідної інформації.

4.2 Коригування періодичності ТО під час експлуатації автомобілів у специфічних умовах

Для визначення необхідності коригування періодичності ТО необхідно оцінити фактичну ймовірність безвідмовної роботи R_{ϕ} і порівняти з заданою ймовірністю безвідмовної роботи R_d .

Розрахунок фактичної ймовірності безвідмовної роботи провадиться за формулою:

$$R_{\phi} = 1 - \frac{m(L_{TO}^{(\phi)})}{n}, \quad (4.1)$$

де $m(L_{TO}^{(\phi)})$ - кількість відмов у період між двома послідовними ТО;

n - кількість ТО, включаючи обслуговування після відмови.

Задана можливість безвідмовної роботи встановлюється лише на рівні від 0,85...0,98. У практиці роботи автотранспортних підприємств, як правило, не оцінюють ймовірність безвідмовної роботи і не ведуть статистику за цим показником. Оцінюють роботу технічної служби за коефіцієнтом технічної готовності, що пов'язаний з ймовірністю відмови. Тому для визначення R_d з урахуванням планового значення коефіцієнта технічної готовності можна скористатися такими співвідношеннями:

$$\alpha_T = \frac{A_E}{A_E + A_{TO} + A_{TP}} \quad (4.2)$$

З цього виразу отримаємо:

$$A_{TP} = A_E \left(\frac{1}{\alpha_T} - 1 \right) - A_{TO}. \quad (4.3)$$

Підставляючи останній вираз у формулу:

$$R_D = 1 - \frac{\frac{A_{TP}}{D_{TP}}}{A_E + \frac{A_{TP}}{D_{TP}}}, \quad (4.4)$$

отримаємо:

$$R_D = 1 - \frac{A_E \left(\frac{1}{\alpha_T} - 1 \right) - A_{TO}}{A_E + \frac{A_E \left(\frac{1}{\alpha_T} - 1 \right) - A_{TO}}{D_{TP}}}, \quad (4.5)$$

Далі відбираються відмови, що реалізувалися, в закінчених циклах напрацювання до ТО: L_1, L_2, \dots, L_m .

Визначаються ймовірності відмови в точках L_1, L_2, \dots, L_m розглянутого - інтервалу:

$$F(L_1) = \frac{1}{N}; \quad F(L_2) = \frac{2}{N}; \quad F(L_m) = \frac{m}{N}; \quad (4.6)$$

Потім m пар значень L_i і $F(L_i)$ апроксимуються рівнянням регресії

$$F(L_m) = A_0 \cdot e^{A_1 \cdot L}; \quad (4.7)$$

де A_0, A_1 - емпіричні коефіцієнти.

За отриманим рівнянням визначається значення L_{TO} , за якого $F(L_{TO}) = 1 - R_D$;

$$L_{TO} = \left(\ln(1 - R_D) - \ln(A_0) \right) / A_1. \quad (4.8)$$

4.2. Коригування нормативів з урахуванням варіації періодичності ТО

Використання отриманих результатів для оцінки фактичної ймовірності безвідмовної роботи та коригування на цій основі періодичності ТО можливе з використанням програмних продуктів, а також у спрощеному варіанті з використанням табличних даних.

Оцінка фактичної ймовірності безвідмовної роботи автомобілів, що працюють у специфічних умовах експлуатації, з урахуванням розподілу довжини рейсу проводиться у такому порядку:

1 - на основі фактичних даних розраховуються середня довжина рейсу та коефіцієнт варіації довжини рейсу;

2 - виходячи із середньої довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу, за номограмою рис. 4.1 визначається середня періодичність ТО;

3 - виходячи із середньої довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу, за номограмою рис. 4.2 визначається коефіцієнт варіації періодичності ТО;

4 - виходячи із середньої періодичності ТО та коефіцієнта варіації періодичності ТО, за номограмою рис. 4.3 визначається можливість безвідмовної роботи.

Отримане значення ймовірності безвідмовної роботи можна порівняти з фактичним і оцінити резерви підвищення надійності автомобілів. При цьому, перш за все, необхідно розглянути варіанти зниження відхилень від нормативної періодичності ТО за рахунок оптимізації довжини рейсів, а також зниження коефіцієнта варіації довжини рейсу, наприклад, закріпленням автомобілів за певними маршрутами.



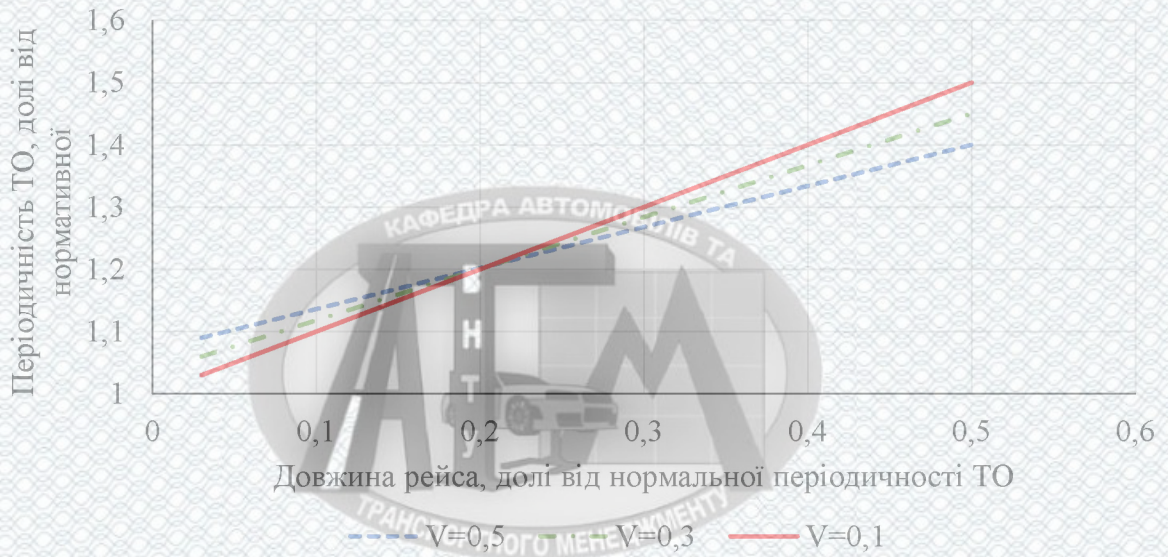


Рисунок - 4.1. Вплив середньої довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу на середню періодичність ТО

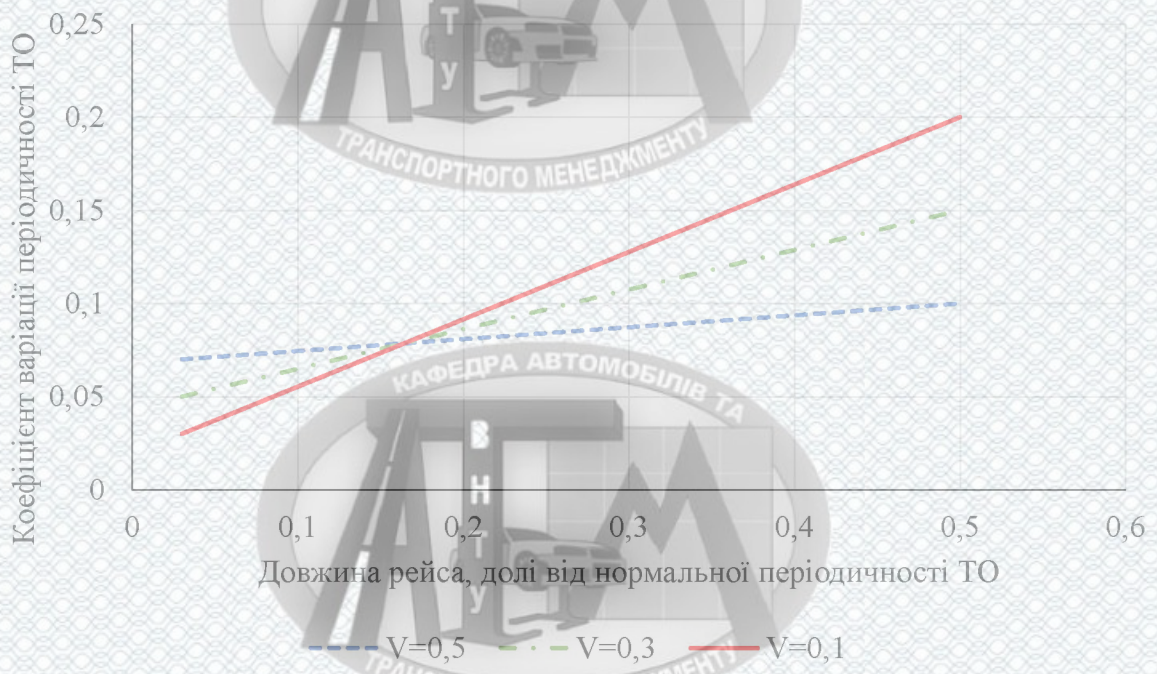


Рисунок 4.2 - Вплив середньої довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу на коефіцієнт варіації періодичності ТО



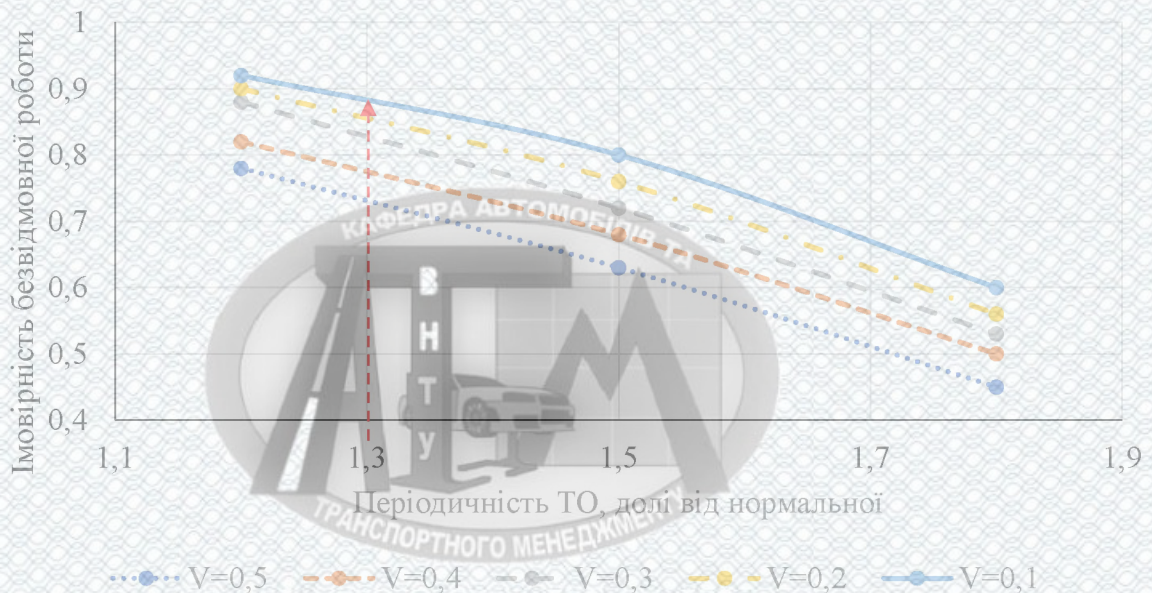


Рисунок 4.3 - Вплив середньої періодичності ТО та коефіцієнта варіації періодичності ТО на ймовірність безвідмовної роботи

4.3 Оцінка ефективності результатів досліджень

Оцінка ефективності результатів досліджень полягає у визначенні рівня реалізації мети відповідно до цільової функції. Як цільову функцію обрано мінімум різниці між заданою і реалізованою ймовірністю безвідмовної роботи.

Як приклад для розрахунку економічного ефекту від коригування - нормативів періодичності ТО обрані автомобілі DAF XF105, які використовуються у ТОВ «ВІНЛОГІК».

За рекомендацією заводу виробника для них встановлена періодичність ТО, що дорівнює 40 000 км. Але практика використання автомобілів у важких дорожніх умовах, що кількість відмов досить велика. Наприклад, коефіцієнт технічної готовності цих автомобілів становить лише 0,75. Тому слід розглянути можливість зниження нормативу періодичності ТО.

За формулами, наведеними в розділі 4.2, розраховано допустиму ймовірність безвідмовної роботи, при якій забезпечується коефіцієнт технічної готовності на рівні 0,92.

Вибір нормативів та оцінка ефекту від їхньої зміни проводилася на основі виконаних досліджень. Для оцінки ефективності технічної експлуатації автомобілів використовується коефіцієнт технічної готовності - (КТГ). На основі результатів досліджень встановлено, що для забезпечення КТГ=0,92 необхідно забезпечити ймовірність безвідмовної роботи 0,95 (за об'єктами обслуговування, включеними до переліку операцій ТО, що відповідає в даному випадку періодичності ТО 25 000 км.

На імітаційній моделі, описаній у розділі 3.2, виконано оцінку ефекту від зниження пробігу між ТО. Вихідні дані для моделювання отримані у ТОВ «ВІНЛОГІК».

На рис. 4.4 та 4.5 представлені результати обробки статистичних даних про простой та вартість ПР.

	A	B	C	D	E	F	G	H		J	K	L
	№ Інтервала	Початок інтервала	Кінець інтервала	Середина інтервала	n	n/N	X*n/N	(X-Xcp)	(X-Xcp) ² n / N	(X-Xcp) ² n / N	(X-Xcp) ² n / N	n/NX
1												
2	1	1	6,14	3,57	37	0,394	1,41	-5,799	13,24	-76,78	445,25	2,147
3	2	6,14	11,29	8,71	34	0,362	3,15	-0,657	0,16	-0,1	0,07	6,4771
4	3	11,29	16,43	13,86	11	0,117	1,62	4,486	2,36	10,57	47,41	3,8882
5	4	16,43	21,57	19	5	0,053	1,01	9,629	4,93	47,49	457,3	2,6916
6	5	21,57	26,71	24,14	3	0,032	0,77	14,772	6,96	102,88	1519,69	2,2223
7	6	26,71	31,86	29,29	1	0,011	0,31	19,915	4,22	84,02	1673,34	0,9582
8	7	31,86	37	34,43	3	1,1	1,1	25,058	20,04	502,13	12582,35	3,5663
9	СУМА				94		9,37		51,9	670,21	16725,4	21,9507
10							Mx= 9,37		Dx= 51,9		As= 1,79	
11							N= 94		Sx= 7,2		Ex= 3,21	
12								Vx= 0,77			альфа= 1,33	
13											бета= 21,95	

Рисунок 4.4 – Результати опрацювання статистичних даних для визначення часу простою автомобілів у ПР

Результати моделювання подано на рис. 4.6. Розрахунок ефекту від використання скоригованого нормативу проводився за такою формулою:

$$E = \left(Z_{\text{сум}}^{(1)} - Z_{\text{сум}}^{(2)} \right) \cdot L_{\Gamma} + \left(D_{\text{ТР}}^{(1)} - D_{\text{ТР}}^{(2)} \right) \cdot \Pi, \quad (4.9)$$

де $Z_{\text{сум}}^{(1)}$, $Z_{\text{сум}}^{(2)}$ - сумарні питомі витрати на ТО та Р до та після зміни нормативу;

$D_{TP}^{(1)}, D_{TP}^{(2)}$ - простой в TP до і після зміни нормативу, дні;

Π - втрати прибутку від простоїв у TP, грн./день.

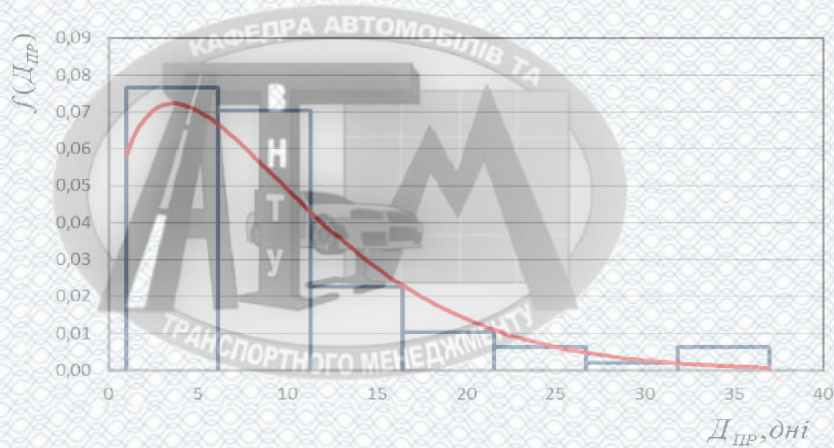


Рисунок 4.5 - Розподіл часу простою автомобілів у TP

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	№	Початок	Кінець	Середина	n	n/N	X*n/N	(X-X _{ср})	(X - X _{ср}) ² n / N	(X - X _{ср}) ³ n / N	(X - X _{ср}) ⁴ n / N	n/NX
1	Інтервала	інтервала	інтервала	інтервала								
2	1	2,2	28,46	15,33	47	0,573	8,79	-17,291	171,37	-2963,24	51238,16	15,9031
3	2	28,46	54,71	41,59	25	0,05	12,68	8,966	24,51	219,74	1970,12	28,5093
4	3	54,71	80,97	67,84	5	0,061	4,14	35,223	75,65	2664,62	93855,85	10,3462
5	4	80,97	107,23	94,1	3	0,037	3,44	61,48	138,29	8501,82	522693,11	0,2449
6	5	107,23	133,49	120,36	1	0,012	1,47	87,737	93,88	8236,42	722641,43	4,1581
7	6	133,49	159,74	146,61	0	0	0	113,994	0	0	0	0
8	7	159,74	186	172,87	1	0,012	2,11	140,252	239,88	33644,13	4718642,21	6,4615
9	СУМА				82		32,62		743,58	50303,5	6111040,88	74,6231
10							Mx= 32,62		Dx= 743,58		As= 2,48	
11							N= 82		Sx= 27,27		Ex= 8,05	
12									Vx= 0,84		альфа= 1,22	
13											бета= 74,62	

Рисунок 4.6 - Результати опрацювання статистичних даних для визначення фактичних витрат на ремонт автомобілів MAN TGA 40.410

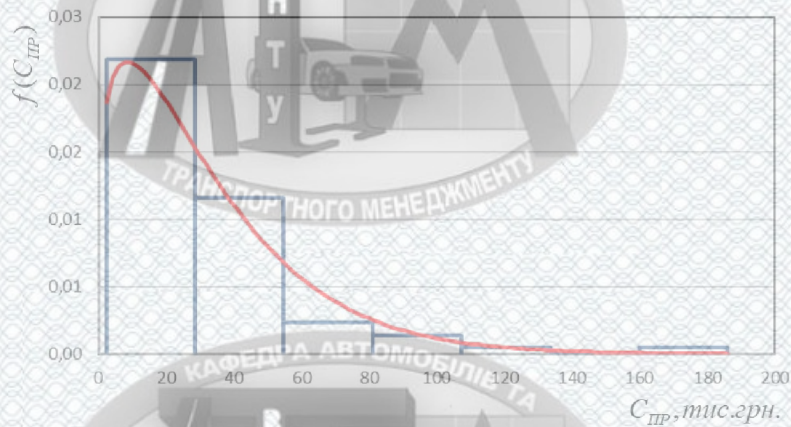


Рисунок 4.7 - Розподіл фактичних витрат на ремонт автомобілів MAN TGA 40.410

Розрахунки показали, що при зміні нормативу змінюються питомі витрати на ТО та ПР (табл. 4.1), відповідно сумарні витрати збільшаться на 5244 грн. на один автомобіль на рік, а втрати прибутку знизяться на 12368 грн. на один автомобіль на рік.

Таблиця 4.1 – Зміна питомих витрат ТО та ПР при зміні періодичності ТО

$L_{ТО}$, тис. км	$z_{ТО}$, грн./км	$z_{ПР}$, грн./км	$z_{сум}$, грн./км	$D_{ПР}/D_{Ц}$
40	3,1	1,43	4,6	0,65
25	5,0	0,72	5,7	0,33
Зміна	1,9	-0,71	1,2	-0,32

Таким чином, економічний ефект становить

$E = -5244 + 12368 = 7124$ (грн. на один автомобіль на рік), при цьому КТГ збільшується з 0,75 до 0,92.

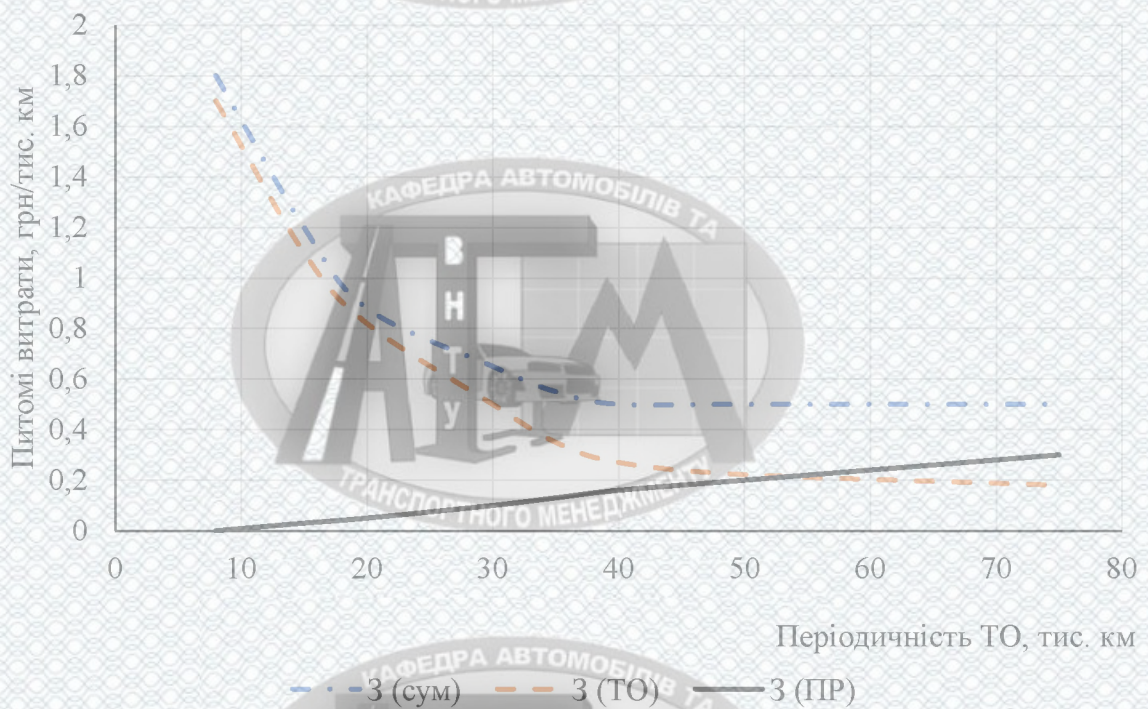


Рисунок 4.8 - Залежності питомих витрат від періодичності ТО та ПР

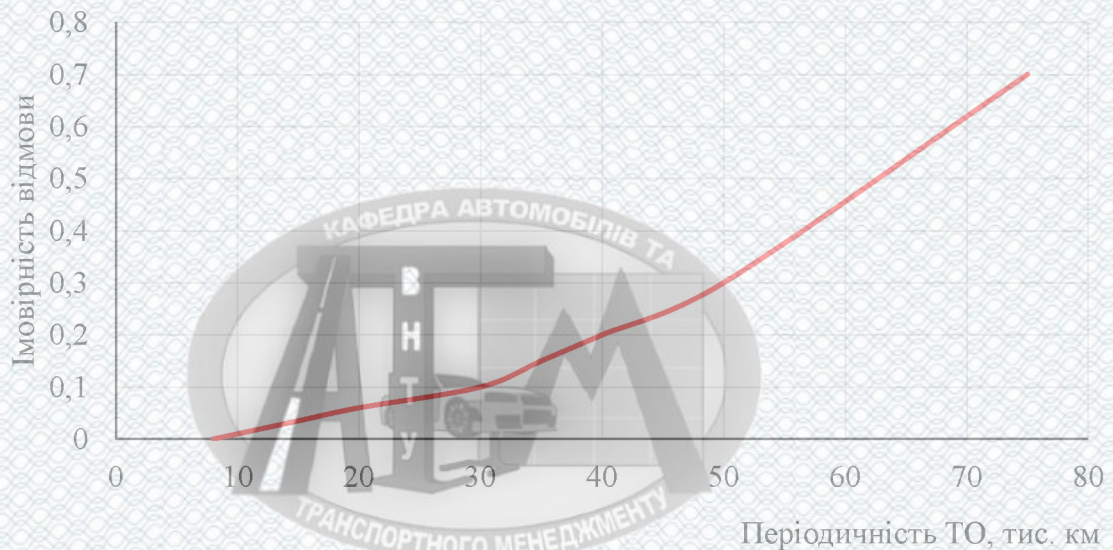


Рисунок 4.9 - Залежність імовірності виникнення відмов від періодичності

ТО та ПР

4.4. Висновки до розділу 4

Встановлено, що вплив варіації періодичності ТО на ймовірність безвідмовної роботи автомобілів описується поліномом третього ступеня. Перевірка за критерієм Фішера показала його адекватність із ймовірністю 0,99.

Вдосконалення методики практичного використання результатів досліджень, спрямовані на оперативне визначення та коригування нормативів періодичності ТО для специфічних умов експлуатації. Ефект від використання методики утворюється за рахунок точнішого визначення нормативів з урахуванням фактичних умов, зниження на цій основі кількості відмов, а також втрат від простоїв автомобілів у поточному ремонті.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Промислова безпека, яку вивчає охорона праці, відіграє велику роль для працюючих тому, що якраз вона контролює фізичний стан працівника, що не може не відобразитись на його житті, здоров'ї, а також продуктивності праці в тому числі і в сфері автомобільного транспорту.

Неналежний рівень охорони праці може викликати соціально-економічні проблеми працівників і членів їх сімей. Тому соціально-економічна важливість охорони праці полягає в наступному: підвищенні продуктивності праці, зростанні сукупного національного продукту, зменшенні витрат на оплату лікарняних і виплат компенсацій за шкідливі умови праці тощо.

В цьому розділі проводиться аналіз небезпечних, шкідливих [9] та уражаючих для працівника та навколишнього довкілля факторів, що виникають при проведенні покращення методики коригування нормативів періодичності технічного обслуговування рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ВІНЛОГІК». Тут розглядаються, в тому числі, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, технічні рішення з промислової безпеки при проведенні покращення методики коригування, безпека в надзвичайних ситуаціях.

В процесі покращення методики коригування даного процесу на працюючих впливають ті або інші небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп відповідно до [17].

Фізичні НШВФ: понижена або підвищена температура повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці, підвищений рівень статичної електрики, відсутність або недостатність природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони, відбита або пряма блискучість, підвищена яскравість світла.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: нервово-психічні перевантаження; розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці.

5.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

5.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Основні показники, які характеризують мікроклімат: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання.

Коли за технологічними вимогами, технічними і економічними причинами оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату.

Визначаємо для приміщення для проведення покращення методики коригування нормативів періодичності технічного обслуговування рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ВІНЛОГІК», категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іб.

Згідно із [19] допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні для теплового та холодного періодів року приведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормовані допустимі параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Іб	20-24	17-25	75	≤0,2
Теплий		21-28	19-30	60 при 27°С	0,1-0,3

Для опромінення менше 25% поверхні тіла працівника, допустима інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м².

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК) в повітрі робочої зони та підлягає систематичному контролю для запобігання можливості перевищення ГДК, значення яких для роботи з ЕОМ наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин [19]

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Агрегатний стан	Клас безпеки
Бензин	100	Пара	4
Озон	0,1	Пара	4
Оксиди азоту	5	Пара	2
Пил	4	Аерозоль	2

При роботі з ЕОМ джерелом забруднення повітря є також іонізація молекул речовин, що містяться в повітрі. Рівні позитивних та негативних іонів повинні відповідати [19] та приведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Кількість іонів в 1 см³ повітря приміщення при роботі на ЕОМ

Рівні	Мінімально необхідні	Оптимальні	Максимально допустимі
позитивний	400	1500-3000	50000
негативний	600	3000-5000	50000

З метою забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату та складу повітря робочої зони запропоновано такі заходи:

- 1) у приміщенні має бути встановлена система опалення для холодного і кондиціонування для теплої періодів року;
- 2) припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

5.1.2 Виробниче освітлення

З метою забезпечення гігієнічних раціональних умов на робочих місцях великі вимоги пред'являються до якісних та кількісних показників освітлення.

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, в якому проводиться робота з покращення методики коригування нормативів періодичності технічного обслуговування рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ВІНЛОГІК», згідно [19] визначаємо, що вони відповідають IV розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – середній та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт в.

Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості для штучного освітлення приведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення та мінімальні освітленості для штучного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО для бокового освітлення, %	
						комбіноване		загальне	Природного	Суміщеного
						всього	у т. ч. від загального			
Середньої точності	0,5-1	IV	в	середній	середній	400	200	200	1,5	0,9

Так як приміщення знаходиться у м. Вінниця (друга група забезпеченості природним світлом), а вікна розташовані за азимутом 315° , то для таких умов КПО визначатиметься за формулою [27]

$$e_N = e_H m_N [\%], \quad (5.1)$$

де e_H – табличне значення КПО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

За відомими значеннями отримаємо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N,c} = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4 (\%);$$

$$e_{N,s} = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8 (\%).$$

З метою забезпечення нормативних значень параметрів освітлення запропоновано такі заходи:

1) за недостатнього природного освітлення у світлу пору доби доповнення штучним за допомогою газорозрядних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;

2) використання загального штучного освітлення у темну пору доби.

5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при використанні пристроїв крім усього іншого обладнання використовується устаткування, робота якого супроводжується шумом та вібрацією, потрібно передбачити захист від шуму та вібрації.

Визначено, що приміщення, де відбувається робота з покращення методики коригування нормативів періодичності технічного обслуговування рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ВІНЛОГІК»

може мати робочі місця із шумом та вібрацією, що спричиняється рухомими елементами автомобіля.

З метою запобігання травмуванню працюючих від дії шуму він підпадає під нормування. Головним документом стосовно виробничого шуму, діючим на території України, є [27], у відповідності з яким нормовані рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні шуму на робочих місцях у промислових приміщеннях не повинні бути більшими ніж значення, які наведено у таблиці 5.5. Норми виробничих вібрацій наведено в таблиці 5.6 для локальної вібрації.

Таблиця 5.5 – Нормовані рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблиця 5.6 – Нормовані рівні вібрації [19]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц								Коректовані рівні віброприскорення, дБА
8	16	31,5	63	125	250	500	1000	
73	73	79	85	91	97	103	109	76

Для встановлення допустимих показників шуму та вібрації у приміщенні передбачено такі заходи: постійне змащування підшипників вентиляторів блоку живлення комп'ютера та кулерів мікропроцесора та відеоадаптера; передбачено використовувати в приміщенні штори із щільної тканини.

5.1.4 Виробничі випромінювання

Значення напруженості електромагнітного поля на робочих місцях з персональними комп'ютерами не повинні перевищувати граничнодопустимі, які складають 20 кВ/м.

Експозиційна доза рентгеновського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана до корпуса монітора при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв не повинні перевищувати $7,74 \cdot 10^{-12}$ Кл/кг, що відповідає потужності еквівалентної дози 0,1 мБер/год (100 мкР/год) згідно [19].

З метою гарантування захисту і досягнення нормованих рівнів випромінювань потрібно застосовувати приєкранні фільтри, локальні світлофільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

5.2 Технічні рішення щодо безпеки при проведенні покращення методики коригування

5.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Розташування робочих місць, забезпечених ЕОМ здійснюється у приміщеннях з одnobічним розташуванням вікон, які неодмінно мають бути оснащені сонцезахисним пристроями: жалюзіями та шторами [19].

У випадку розміщення робочих місць у приміщеннях з джерелами шкідливих та небезпечних виробничих чинників, вони зобов'язані розташовуватися в абсолютно відокремлених кабінетах з природним освітленням та організованою вентиляцією. Площа, на якій розташовується одне робоче місце для обслуговуючого персоналу, повинна становити не менше $6,0 \text{ м}^2$, об'єм – не менше ніж 20 м^3 , а висота – не менше 3,2 м.

Робочі місця з відеодисплейним терміналом повинні розміщатися на віддалі не менше як 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін – на віддалі 1 м,

між собою на відстані не менше як 1,5 м. У випадку розміщення робочих місць потрібно виключити можливість прямого засвічування екрану джерелом природного освітлення. Робоче місце доцільно розміщати так, щоб природне освітлення знаходилось збоку, переважно зліва.

Поверхня екрана має знаходитись на відстані 400-700 мм від очей працівника. Висота робочої поверхні столу під час виконання роботи сидячи повинна налаштовуватись в межах 680-800 мм. Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше ніж 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм та на рівні витягнутої ноги не менше ніж 650 мм.

Поверхня підлоги має бути гладкою, без вибоїн, не слизькою, зручною для вологого прибирання, мати антистатичні властивості. Не дозволяється застосовувати для оснащення інтер'єру полімери, які забруднюють повітря шкідливими хімічними речовинами та сполуками.

5.2.2 Електробезпека

Причинами ураження електричним струмом в цьому приміщенні можуть бути: робота під напругою при ремонтних роботах, несправність електрообладнання, випадковий дотик до струмоведучих частин чи металевих частин, які опинилися під напругою. Згідно [16] дане приміщення належить до приміщень із підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність значної (понад 75 %) вологості. Тому безпека використання електрообладнання має гарантуватись рядом заходів, що передбачають використання ізоляції струмовідних частин, захисного заземлення, захисних блокувань тощо [16].

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Відповідно до [16] приміщення, в якому проводиться робота з покращення методики коригування нормативів періодичності технічного обслуговування рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ВІНЛОГІК», відноситься до категорії пожежної небезпеки А, що характеризується наявністю легкозаймистих рідин з температурою спалаху не більше 28 °С, які використовуються при проведенні покращення методики коригування. Це приміщення відноситься до 1-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [12]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перего-родки				Плити, прогони	Балки, ферми
1	REI 150 M0	REI 75 M0	E 30 M0	EI 30 M0	R 150 M0	R 60 M0	REI 60 M0	RE 30 M0	R 30 M0

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см.

В таблиці 5.8 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд. З метою попередження поширенню пожежі з одної споруди на іншу між ними влаштовують протипожежні розриви, що залежать від ступеня вогнестійкості будівлі.

Визначення видів та кількості первинних засобів пожежегасіння виконується з врахуванням властивостей фізико-хімічних та пожежонебезпечних горючих речовин, їхньої взаємодії з вогнегасними речовинами, а також розмірів і площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків та установок.

Таблиця 5.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [19]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, для щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Протипожежні розриви, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , для числа поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	A	1	40	25	15	45	9	9	12	6	н.о.	н.о.	н.о.

Примітка: н.о. – не обмежується

Вибираємо, що приміщення, де проводиться робота з покращення методики коригування, має бути оснащено двома вогнегасниками, пожежним щитом, а також ємністю з піском [14].

5.4 Висновки до розділу

Під час написання даного розділу було розглянуто такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки при проведенні покращення методики коригування нормативів періодичності технічного обслуговування рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ВІНЛОГІК», безпека в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

1. На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень вирішено завдання щодо підвищення надійності автомобілів шляхом оперативного визначення та коригування періодичності технічного обслуговування при експлуатації в різних умовах.

2. Показано, що при визначенні та коригуванні нормативів періодичності ТО як цільову функцію доцільно вибрати мінімум різниці між заданою та реалізованою ймовірністю безвідмовної роботи. Встановлено межі застосування техніко-економічного методу визначення періодичності ТО.

3. Встановлено, що для визначення періодичності технічного обслуговування автомобілів у разі, коли немає повної репрезентативної вибірки напрацювань на відмову, можна апроксимувати залежність емпіричної ймовірності відмови від напрацювання експоненційною моделлю, і по ній розраховувати періодичність ТО, що забезпечує задану ймовірність безвідмовної роботи.

4. Розроблено імітаційну модель формування ймовірності без відмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацювань на відмову. Перевірка за критерієм Фішера показала її адекватність із ймовірністю не нижче 0,90.

5. Розроблено імітаційну модель впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО. Перевірка за критерієм Фішера показала її адекватність із ймовірністю не нижче 0,95. Встановлено вид двофакторної моделі впливу довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу на фактичну періодичність ТО. Встановлено вигляд двофакторної моделі залежності коефіцієнта варіації періодичності ТО від довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу.

6. Встановлено, що вплив варіації періодичності ТО на ймовірність безвідмовної роботи автомобілів описується поліномом третього

ступеня. Перевірка за критерієм Фішера показала його адекватність із ймовірністю 0,99.

7. Вдосконалення методики практичного використання результатів досліджень, спрямовані на оперативне визначення та коригування нормативів періодичності ТО для специфічних умов експлуатації. Ефект від використання методики утворюється за рахунок точнішого визначення нормативів з урахуванням фактичних умов, зниження на цій основі кількості відмов, а також втрат від простоїв автомобілів у поточному ремонті.



СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрусенко С. І. Дослідження впливу параметрів АВС-системи постачання запчастин на роботу підприємства автосервісу / С. І. Андрусенко, О. С. Бугайчук // Вісник Національного транспортного університету. – 2010. – № 21(2). – С. 3-8. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_21\(2\)_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_21(2)_3).
2. Біліченко В. В. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 274 - «Автомобільний транспорт»: навч. пос. / В. В. Біліченко, А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 65 с.
3. Біліченко, В. В. Виробничі системи на транспорті: стратегії розвитку [Текст]: монографія / В. В. Біліченко; ВНТУ. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 268 с.
4. Березюк О. В. Охорона праці. Підсумкова державна атестація спеціалістів, магістрів в галузях електроніки, радіотехніки, радіоелектронних апаратів та зв'язку : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 104 с.
5. Бугайчук О С Поліпшення діяльності підприємств автосервісу на основі оптимізації виробничих процесів: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.10 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту / Олександр Сергійович Бугайчук – Київ, 2010. – 22 с.
6. Буренніков Ю. А. У Рухомий склад автомобільного транспорту [Текст]: робочі процеси та елементи розрахунку: навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, А. А. Кашканов, В. М. Ребедайло ; ВНТУ. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 267 с.
7. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною: НАПБ Б.03.002-2007. Київ: ДЕРЖПОЖБЕЗПЕКИ МНС УКРАЇНИ, 2007.

8. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.
9. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
10. ДБНВ.2.5-67:2013, Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.
11. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
12. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
13. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/vie>.
14. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. URL: https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf.
15. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
16. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.
17. Закон України «Про автомобільний транспорт» із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 23 лютого 2006 року №3492-IV.
18. Закон України «Про охорону праці», №235-IV, 22.11.2002.
19. Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» № 1809-III від. 08.06. 2000 року.
20. Заюков, І. В. Охорона праці в галузі управління та адміністрування [Текст]: навчальний посібник / І. В. Заюков, О. В. Кобилянський, С. С. Пугач; ВНТУ. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 91 с.

21. Кобилянський, О. В. Охорона праці. Підсумкова державна атестація бакалаврів [Текст]: навчальний посібник / О. В. Кобилянський, І. В. Заюков; ВНТУ. – Вінниця ВНТУ, 2013. – 74 с.
22. Концепція розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2020 року. Міністерство транспорту України. Проект // Авто. – 2001. №14 – 15. С. 14 – 18.
23. Кукурудзяк Ю. Ю. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту: навч. пос. / Ю. Ю. Кукурудзяк, О. В. Рудь, Л. В. Кукурудзяк. – Вінниця: ПП «Едельвейс і К», 2010. – 336 с.
24. Лудченко, О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів [Текст]: технологія: підручник / О. А. Лудченко; МОН України. – К.: Вища школа, 2007. – 527 с.
25. Несвітський К.Я. Деякі аспекти вивчення впливу віку автомобіля на потреби у ремонтних діях / К.Я.Несвітський, Р.А.Кудін // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів – Київ. – 2001. – №12. – С. 93–96.
26. Нефедов Н.А. Моделювання результируючих показників різних стратегій управління запасами / Н.А. Нефедов, А.В. Захарцев. // Вісник ХНАДУ. – 2010. – №50. – С. 128–131.
27. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах / Канарчук В.С., Лудченко О.А., Барилевич Л.П. та ін. –К.: Логос, 1996. – 348 с.
28. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. – К.; «Основа». 2011. – 551 с.
29. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту, затверджене наказом Міністерства транспорту України. 1998р., №102.
30. Правила охорони праці на автомобільному транспорті. Наказ МНС України від. 09.07.2012 року № 964. Держгірпромнагляд, 2012.-110 с.

31. Правила охорони праці на автомобільному транспорті: ДНАОП 0.00-1.28-97. К.: Держнагляд охорони праці, 1997.
32. Про внесення змін до Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту: Постанова КМУ від 07 лютого 2018 р. №181. Інформаційний портал <http://zakon1.rada.gov.ua/>
33. Редзюк А.М. Штанов В.Ф. Сучасний стан і перспективи розвитку автотранспорту. //Автошляховик України. – 1998. –№ 1. – С.2-7.
34. Редзюк Анатолій Михайлович. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: монографія / А.М. Редзюк. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2005. – 400 с.
35. Сахно Є.Ю. Менеджмент сервісу: теорія та практика: Навч. посіб./ Є.Ю. Сахно, М.С. Дорош, А.В. Ребенюк. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 328 с.
36. Тенішев В.Є., Кравченко О.П., Верительник Є.А. Система прогнозування потреби запасних частин автомобілів-тягачів на основі гібридних нейронних мереж за допомогою статистичних даних / Матеріали III Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Інженерна механіка та транспорт» (ЕМТ-2013), 21-23 листопада 2013, м. Львів. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – С. 38 – 41.
37. Chang, P.L. Inventory Model for Spare Parts Involving Equipment Criticality / P.L. Chang, Y.C. Chou, M.G. Huang // International Journal of Production Economics. – 2005. – No. 97/1, pp. 66-74.
38. Cornak, S. Selected methods of vehicles maintenance in operation stage // Machines. Technologies. Materials. – Issue 2-3. – Scientific-Technical Union of Mechanical Engineering, Bulgaria, 2007, pp. 14-16.
39. Jingfei, Yang M. Sc. Power system short-term load forecasting: Thesis for Ph.d degree. / Yang Jingfei M. Sc. // Germany, Darmstadt, Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universitat, 2006. – 139 p.



Додаток А
(обов'язковий)



ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДИКИ КОРИГУВАННЯ НОРМАТИВІВ
ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО
СКЛАДУ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ВІНЛОГІК» МІСТО ВІННИЦЯ ШЛЯХОМ УРАХУВАННЯ ФАКТИЧНИХ
УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ





**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



ВОВНА ОЛЕКСАНДР ВІТАЛІЙОВИЧ

ІЛЮСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ -
НА ТЕМУ:

**ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДИКИ КОРИГУВАННЯ НОРМАТИВІВ ПЕРІОДИЧНОСТІ
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІНЛОГІК» МІСТО ВІННИЦЯ ШЛЯХОМ
УРАХУВАННЯ ФАКТИЧНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ**

Спеціальність 274 – Автомобільний транспорт

Керівник:

к.т.н., ст. викл. АТМ

Анτωνюк Олег Павлович

Вінниця ВНТУ 2023

Мета і задачі дослідження

Мета роботи - є підвищення технічної готовності рухомого складу ТОВ «ВІНЛОГІК» шляхом оперативного визначення та коригування нормативів періодичності ТО з урахуванням необхідного рівня надійності при експлуатації у різних умовах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. вдосконалити методику визначення впливу періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів в умовах попередження більшої частини відмов;
- 2 встановити закономірності впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО;
- 3 встановити закономірності впливу коефіцієнта варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобіля;
- 4 розробити методику практичного використання результатів досліджень та оцінити їх ефективність.

Об'єкт досліджень – процес формування ймовірності безвідмовної роботи рухомого складу ТОВ «ВІНЛОГІК» з урахуванням фактичних умов експлуатації.

Предмет досліджень – закономірності формування ймовірності безвідмовної роботи рухомого складу ТОВ «ВІНЛОГІК» з урахуванням фактичних умов експлуатації.

Новизна одержаних результатів:

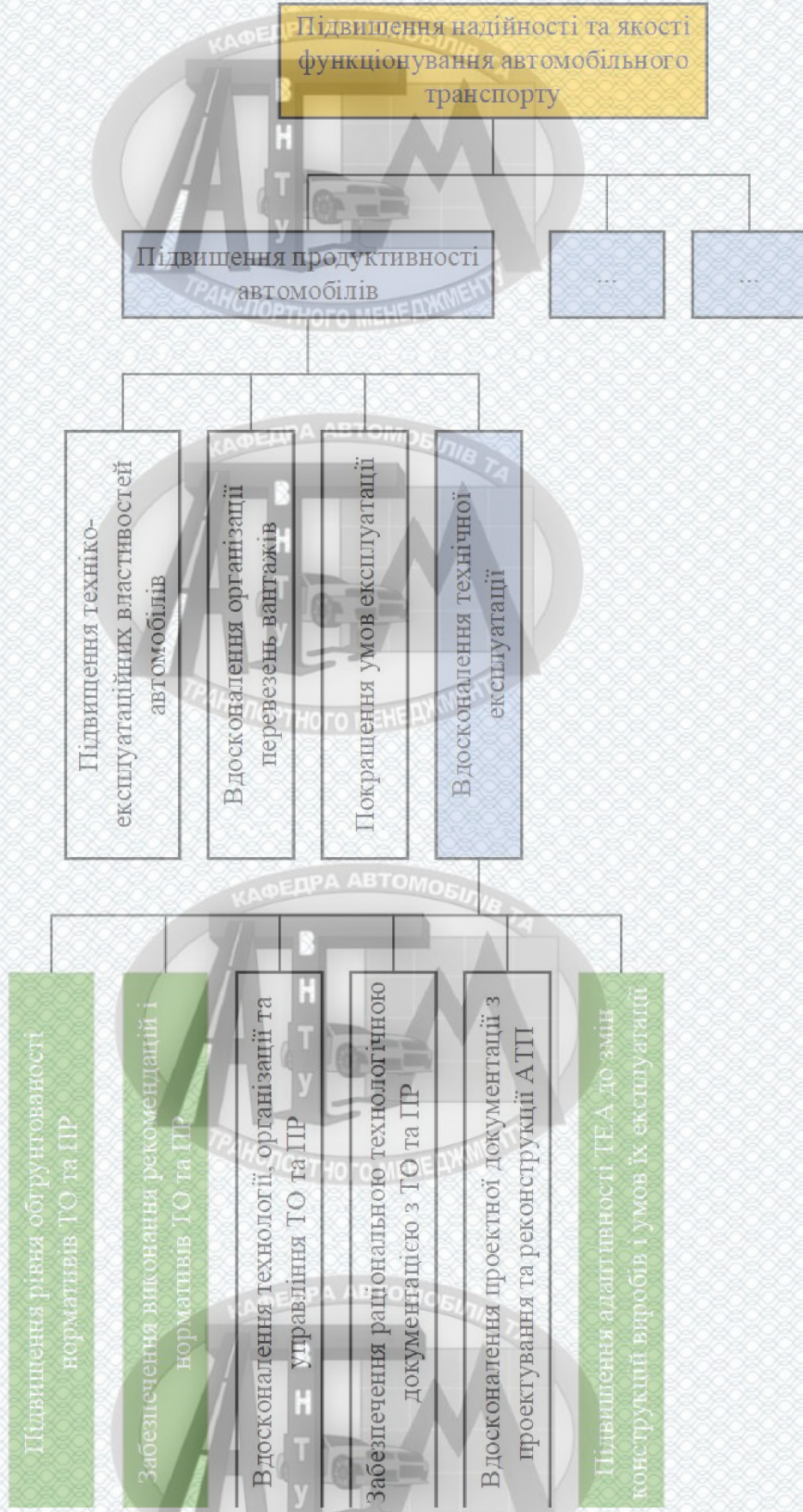
- вдосконалено модель формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів шляхом урахування варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацьовань на відмову;
- встановлено вплив середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО;
- встановлено вплив коефіцієнта варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобіля.

Практична значимість отриманих результатів. Практична значимість полягає у вдосконаленні методики оперативного визначення та коригування нормативів періодичності ТО залежно від фактичних умов експлуатації, використання якої дозволяє точніше визначати нормативи, а також знизити кількість відмов та втрати від простоїв автомобілів у поточному ремонті.

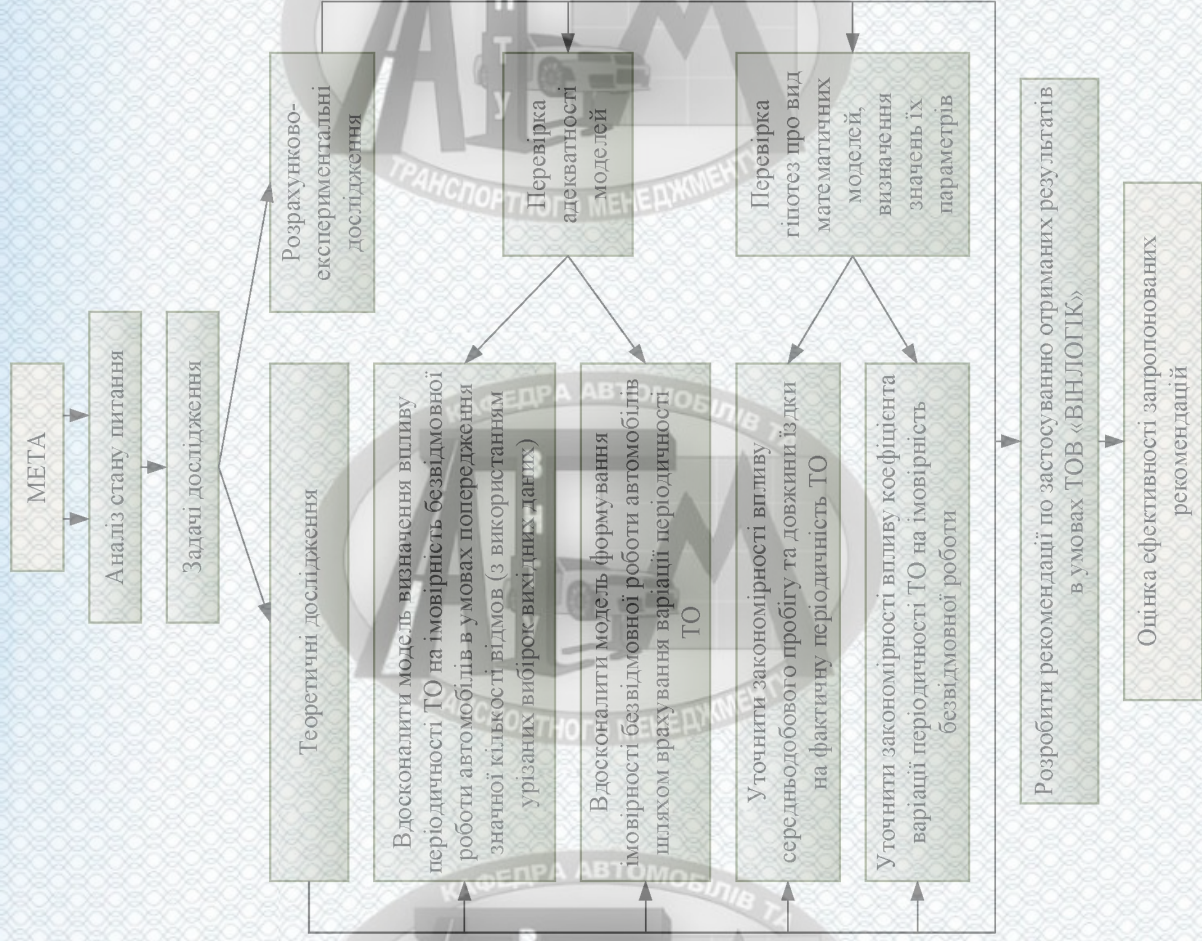
Публікації. Антонюк О.П. Оцінка надійності автомобілів шляхом врахування варіації фактичної періодичності технічного обслуговування / О.П. Антонюк, О.В. Вовна, О.О. Вергелюк // Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)»: збірник доповідей. [Електронний ресурс]. – Вінниця: ВНТУ, 2023 – Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/19165/16178> (дата звернення 28.11.2023)

Фрагмент дерева цілей транспортної системи



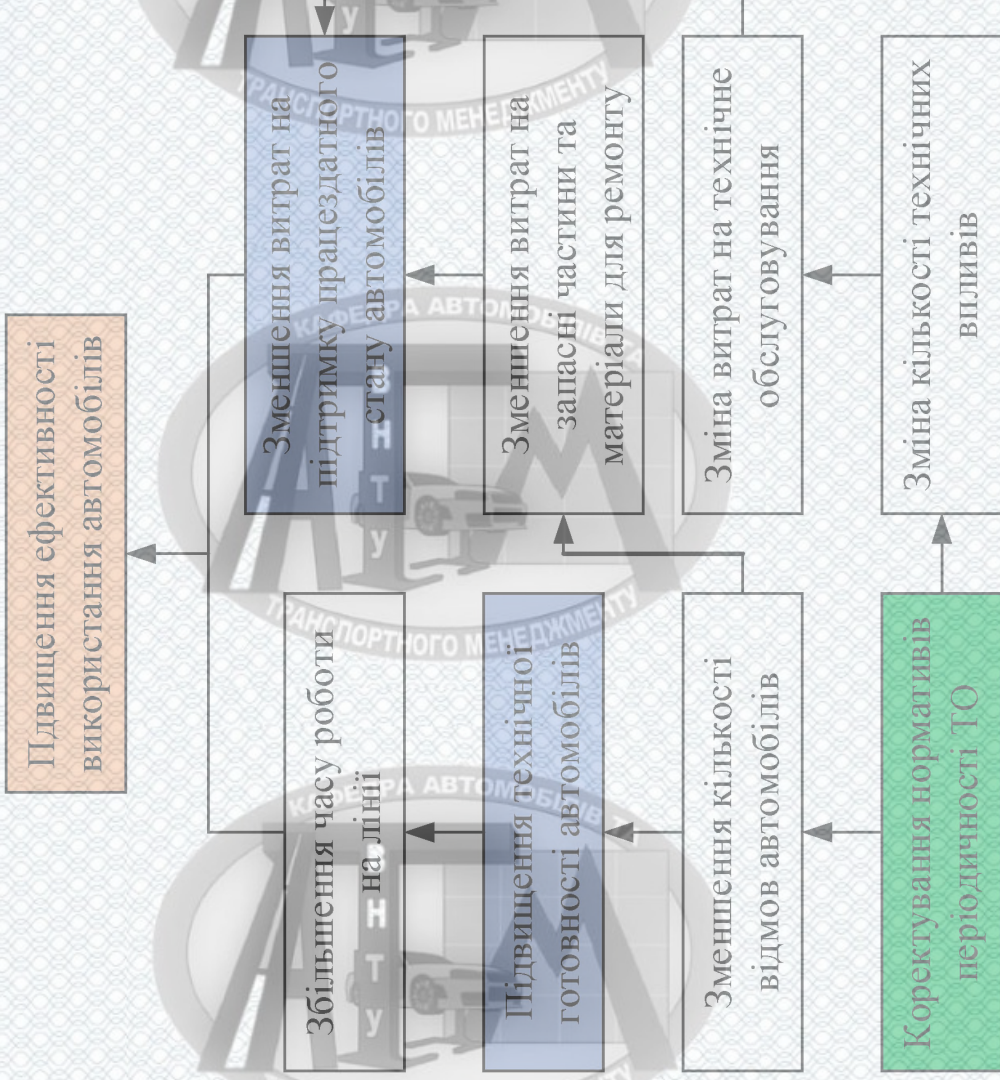
Укрупнена схема загальної методики досліджень



Оцінка ефективності запропонованих рекомендацій

Дерево цілей при визначенні та коригуванні нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів

Дерево цілей, що ілюструє зв'язок ефективності технічної експлуатації з коригуванням нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів.



Під час розрахунку питомі сумарні витрати $Z_{\text{сум}}$ визначимо з наступної суми питомих витрат на ТО $Z_{\text{ТО}}$ та на ПР $Z_{\text{ПР}}$:

$$Z_{\text{сум}} = Z_{\text{ТО}} + Z_{\text{ПР}}; \quad (2.1)$$

$$Z_{\text{ТО}} = \frac{C_{\text{ТО}} + P_{\text{ТО}}}{L_{\text{ТО}}}; \quad (2.2)$$

$$Z_{\text{ПР}} = \frac{(C_{\text{ПР}} + P_{\text{ПР}}) F(L_{\text{ТО}})}{L_{\text{ТО}}}; \quad (2.3)$$

де $C_{\text{ТО}}$ – вартість виконання операцій ТО;

$P_{\text{ТО}}$ – втрати прибутку, пов'язані з виконанням ТО;

$C_{\text{ПР}}$ – вартість виконання операцій ПР;

$P_{\text{ПР}}$ – втрати прибутку, пов'язані з виконанням ПР;

$F(L_{\text{ТО}})$ – ймовірність відмови до напрацювання $L_{\text{ТО}}$.

Концепція визначення та коригування нормативів періодичності технічного обслуговування автомобілів

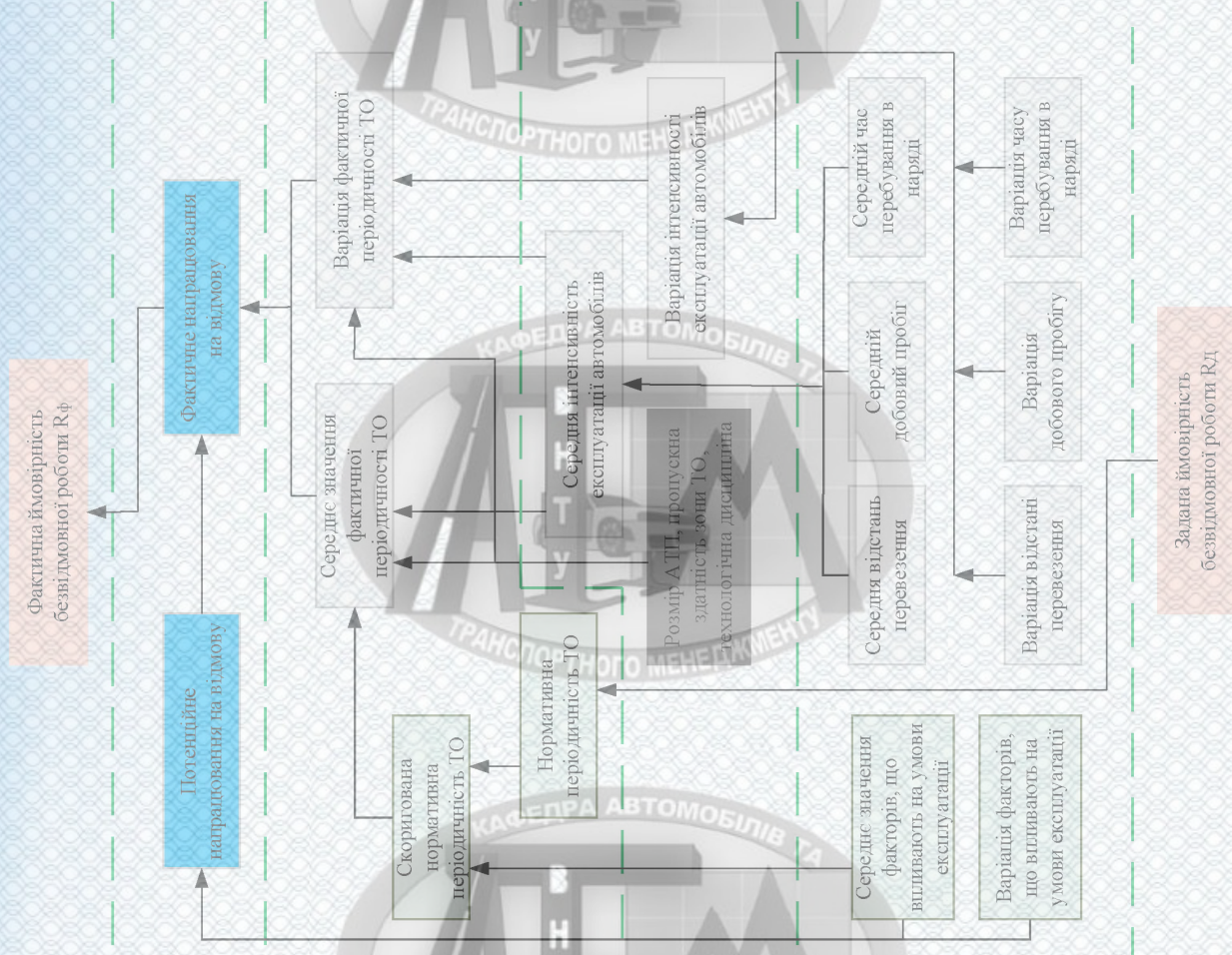


Схема досліджуваної системи

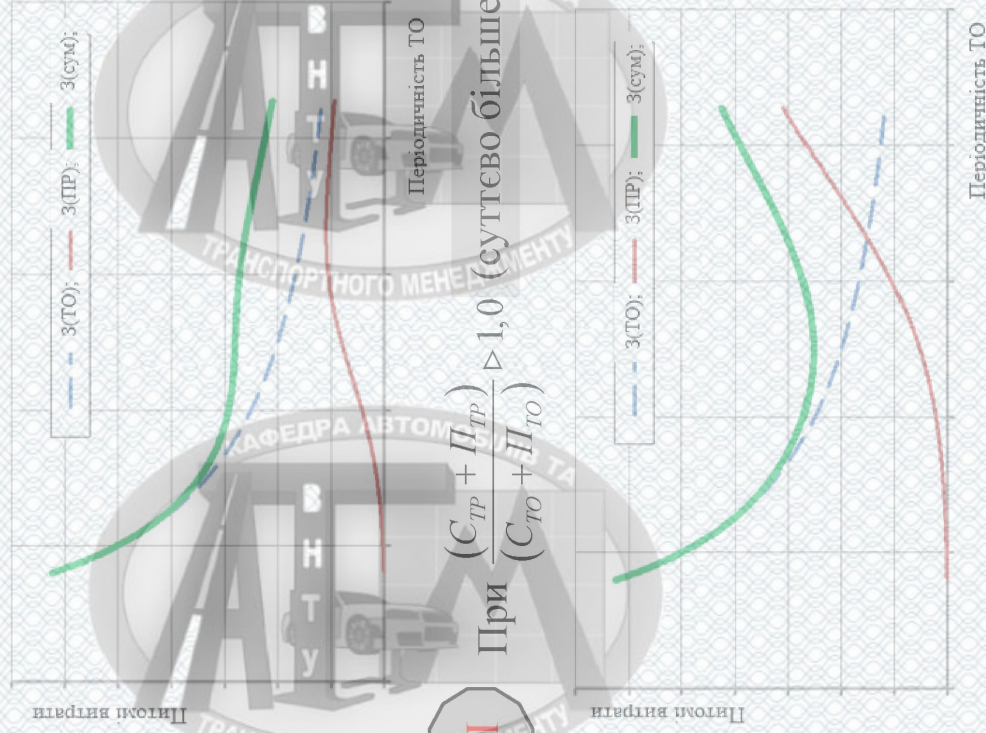
Опис елементів концепції визначення та коригування нормативів періодичності ТО

1	2	3
Розмір АТП	Середньооблікова кількість автомобілів у парку	A_c
Пропускна спроможність зони ТО	Пропускна спроможність зони ТО, розрахована за нормативами	$T_{zo}^{(H)}$
Технологічна дисципліна	Відносне відхилення фактичного обсягу робіт ТО від нормативного	$\frac{T_{TO}^{(\phi)} - T_{TO}^{(H)}}{T_{TO}^{(H)}}$
Середнє значення фактичної періодичності ТО	Середнє значення фактичної періодичності ТО по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	$\overline{T_{TO}^{(\phi)}}$
Варіація фактичної періодичності ТО	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичної періодичності ТО	$V_{T_{TO}} f(T_{TO})$
Середня інтенсивність експлуатації	Середнє значення інтенсивності експлуатації по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{l}
Варіація інтенсивності експлуатації автомобілів	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичної інтенсивності експлуатації автомобілів	$V_l f(l)$
Середня відстань перевезення	Середнє значення відстані перевезення по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{l}_H
Середній добовий пробіг (напряцювання)	Середнє значення добового пробігу (напряцювання) по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{l}_c
Середній час у вбранні	Середнє значення часу в наряді по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{t}_H
Варіація відстані перевезення	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичної відстані перевезення	$V_{l_H} f(l_H)$
Варіація добового пробігу	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичного добового пробігу	$V_{l_c} f(l_c)$
Варіація часу у вбранні	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичного часу у вбранні	$V_{t_H} f(t_H)$

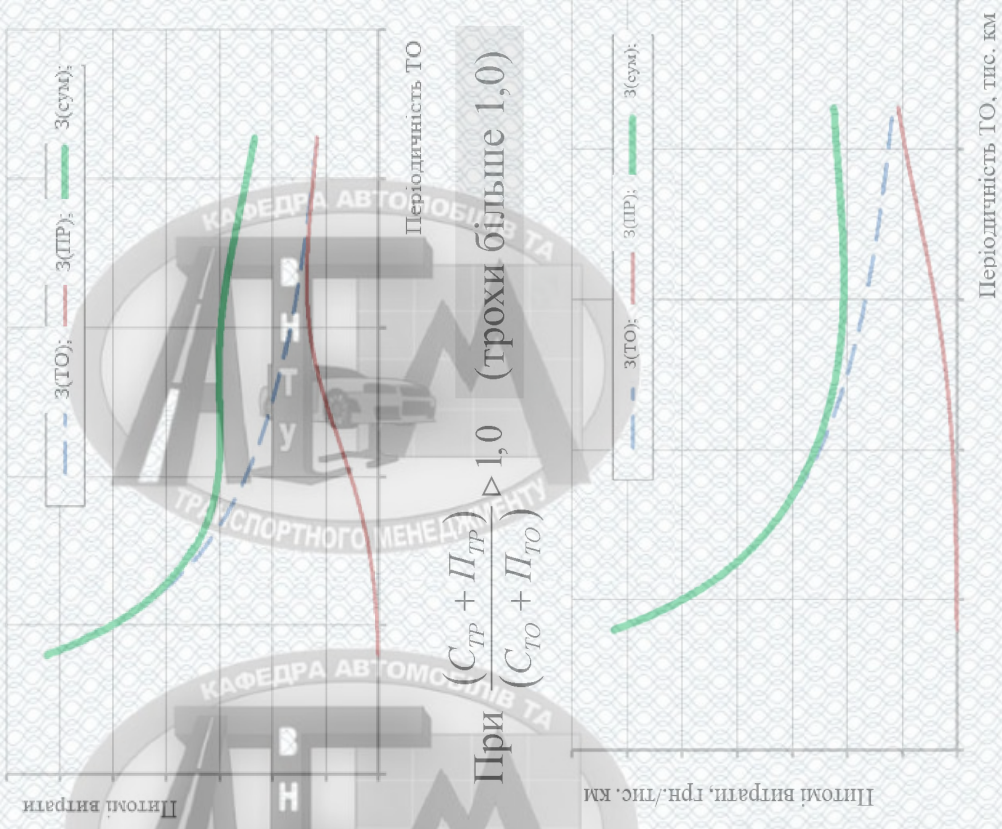
1	2	3
Розмір АТП	Середньооблікова кількість автомобілів у парку	A_c
Пропускна спроможність зони ТО	Пропускна спроможність зони ТО, розрахована за нормативами	$T_{zo}^{(H)}$
Технологічна дисципліна	Відносне відхилення фактичного обсягу робіт ТО від нормативного	$\frac{T_{TO}^{(\phi)} - T_{TO}^{(H)}}{T_{TO}^{(H)}}$
Середнє значення фактичної періодичності ТО	Середнє значення фактичної періодичності ТО по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	$\overline{T_{TO}^{(\phi)}}$
Варіація фактичної періодичності ТО	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичної періодичності ТО	$V_{T_{TO}} f(T_{TO})$
Середня інтенсивність експлуатації	Середнє значення інтенсивності експлуатації по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{l}
Варіація інтенсивності експлуатації автомобілів	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичної інтенсивності експлуатації автомобілів	$V_l f(l)$
Середня відстань перевезення	Середнє значення відстані перевезення по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{l}_H
Середній добовий пробіг (напряцювання)	Середнє значення добового пробігу (напряцювання) по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{l}_c
Середній час у вбранні	Середнє значення часу в наряді по всіх автомобілях даної марки та моделі за аналізований період	\bar{t}_H
Варіація відстані перевезення	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичної відстані перевезення	$V_{l_H} f(l_H)$
Варіація добового пробігу	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичного добового пробігу	$V_{l_c} f(l_c)$
Варіація часу у вбранні	Коефіцієнт варіації та закон розподілу фактичного часу у вбранні	$V_{t_H} f(t_H)$

Залежності питомих витрат на ТО та ПР від періодичності ТО

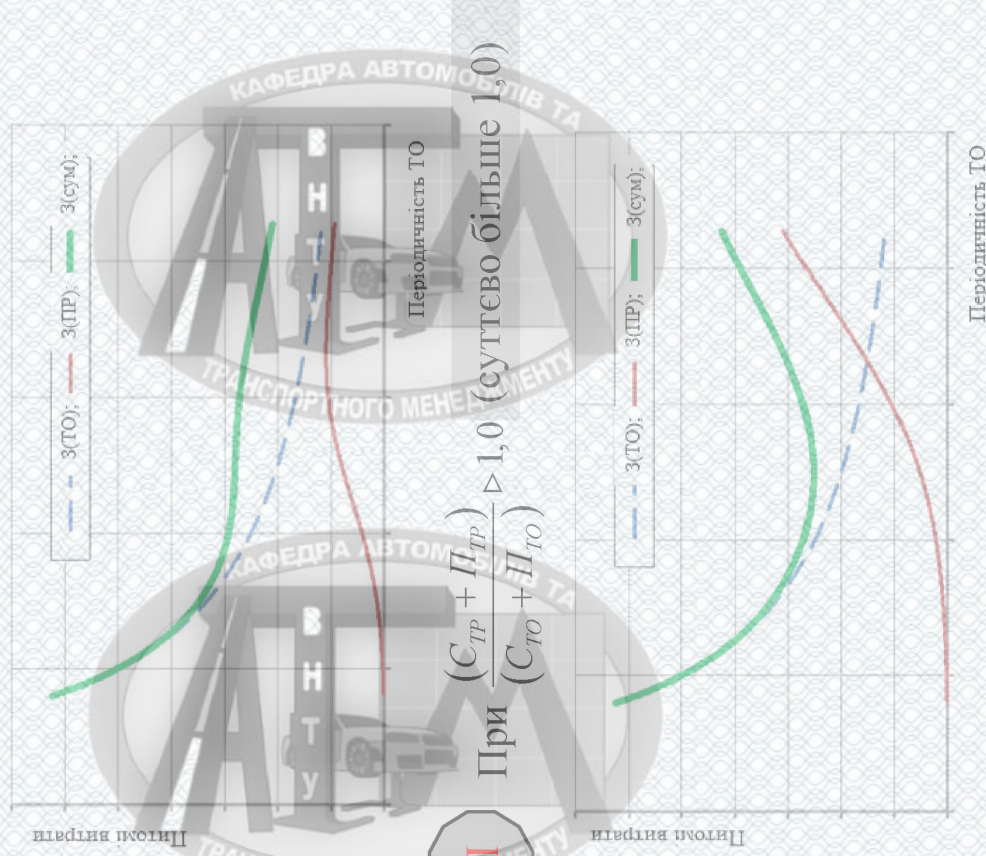
I При $\frac{(C_{TP} + P_{TP})}{(C_{TO} + P_{TO})} < 1,0$



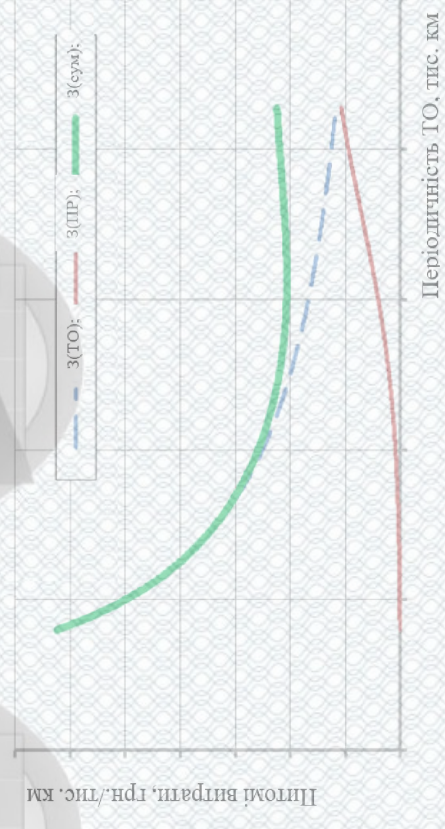
II При $\frac{(C_{TP} + P_{TP})}{(C_{TO} + P_{TO})} = 1,0$



III При $\frac{(C_{TP} + P_{TP})}{(C_{TO} + P_{TO})} > 1,0$ (суттєво більше 1,0)



IV При $\frac{(C_{TP} + P_{TP})}{(C_{TO} + P_{TO})} > 1,0$ (трохи більше 1,0)



Вдосконалена модель визначення впливу періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів в умовах попередження більшої частини відмов

На основі аналізу раніше виконаних досліджень і опрацювання ряду гіпотез щодо зміни витрат на ТО і поточний ремонт (ТНР), а також ймовірності безвідмовної роботи та коефіцієнта технічної готовності при зміні періодичності ТО формовано припущення, що при визначенні та коригуванні нормативів періодичності ТО в якості цільової функції доцільно вибрати мінімум різниці між заданою і реалізованою ймовірністю безвідказної роботи:

$$R_d - R_t = f(L_{TO}(X)) \rightarrow \min;$$

$$\alpha_T = \frac{D_E}{D_E + D_{TO} + D_{TP}^{(n)} \cdot F(L_{TO})} \rightarrow \max;$$

Для реалізації теоретичного підходу щодо вирішення завдання визначення періодичності ТО в умовах попередження більшої частини відмов розраховуються ймовірності відмови в точках L_1, L_2, \dots, L_m на інтервалі напрацювання $0 \dots LTO$:

$$F(L_1) = \frac{1}{N}; \quad F(L_2) = \frac{2}{N}; \quad F(L_m) = \frac{m}{N}; \quad F(L_N) = \frac{i}{N};$$

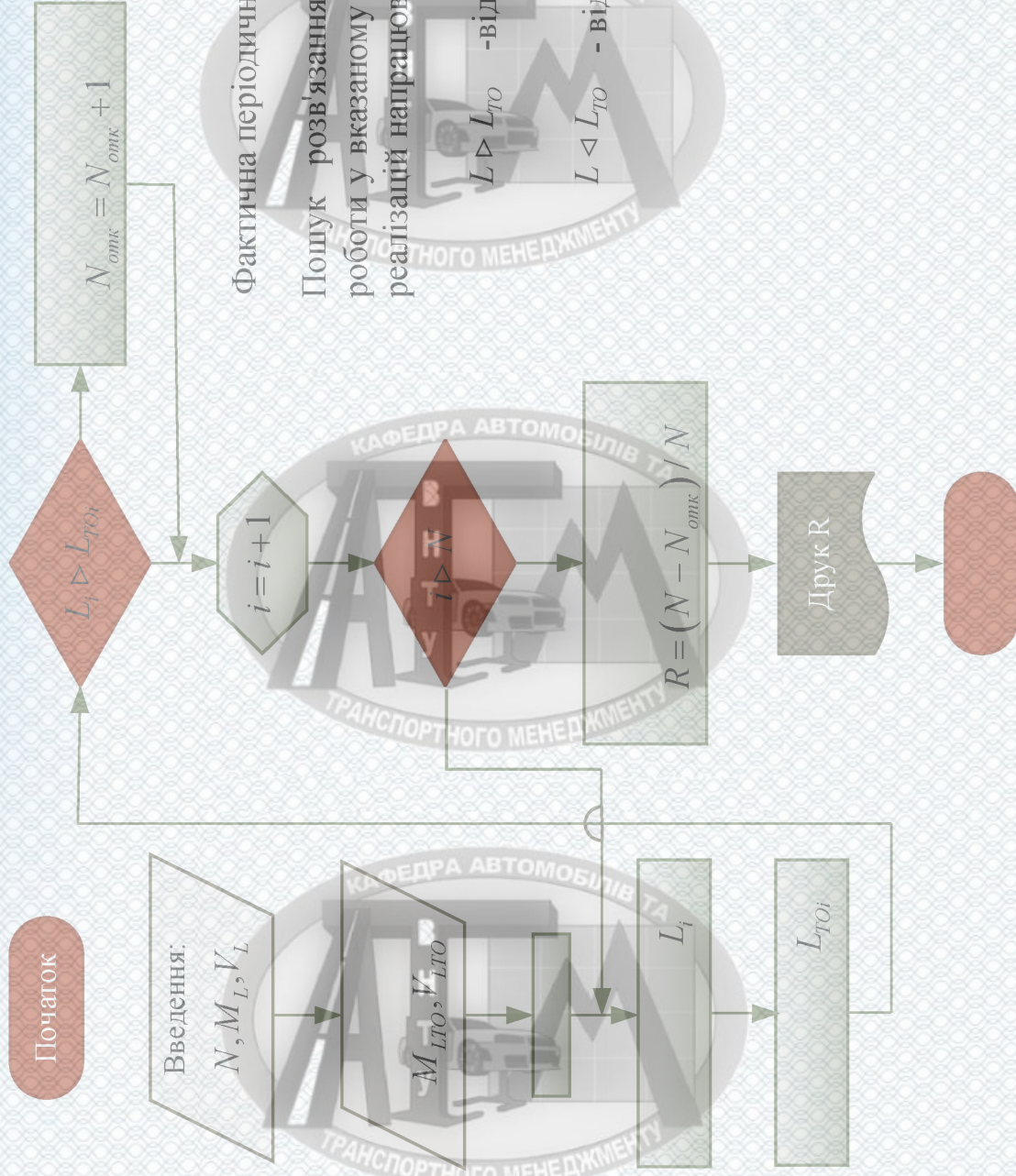
Періодичність ТО можна визначити за моделлю:

$$L_{TO} = (Ln(1 - R_d) - Ln(A_0)) / A_1.$$

R_d - можливість безвідмовної роботи, прийнята під час встановлення нормативної періодичності ТО

A_0 A_1 - емпіричні коефіцієнти

Алгоритм розрахунку ймовірності безвідмовної роботи



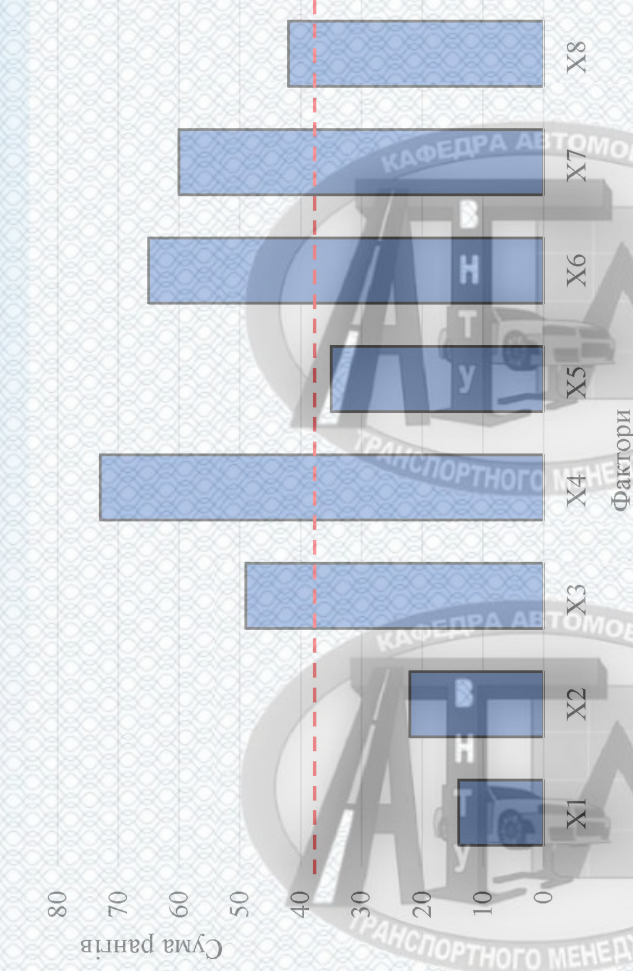
Фактична періодичність ТО істотно відрізняється від нормативної.

Пошук розв'язання задачі визначення ймовірності безвідмовної роботи у вказаному випадку зводиться до розгляду перетину множин реалізації напрацювань на відмову

$L \triangleright L_{\text{ТО}}$ - відповідно, відмова не настає

$L \triangleleft L_{\text{ТО}}$ - відмова настає до проведення ТО

Оцінка факторів, які впливають на відхилення фактичної періодичності ТО від нормативного значення



X1 – середня довжина рейсу; X2 – технологічна дисципліна; X3 – розмір та структура підприємства; X4 – величина нормативу; X5 – пропускна здатність зони ТО; X6 – метод планування постановки автомобілів на ТО; X7 – специфіка виробництва, що обслуговується; X8 – забезпеченість матеріалами щодо ТО

Рисунок 1 - Априорна діаграма рангів факторів, що впливають на відхилення фактичної періодичності ТО від нормативного значення

Таблиця 1– Результати априорного ранжування факторів, що впливають на відхилення фактичної періодичності від нормативного значення.

Фактори	Сума рангів	Середній ранг	Пріоритет	Вага фактора
X1 – середня довжина рейсу	14	1,40	1	0,22
X2 – технологічна дисципліна	22	2,20	2	0,19
X3 – розмір та структура підприємства	49	4,90	5	0,11
X4 – величина нормативу	73	7,30	8	0,03
X5 – пропускна здатність зони ТО	35	3,50	3	0,17
X6 – метод планування постановки автомобілів на ТО	65	6,50	7	0,06
X7 – специфіка виробництва, що обслуговується	60	6,00	6	0,08
X8 – забезпеченість матеріалами щодо ТО	42	4,20	4	0,14
СУМА	360	36,0	36	1,00

Результати визначення впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО

Двофакторна модель залежності коефіцієнта варіації періодичності ТО від довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу має вигляд:

$$V_{L_{TO}} = 0,013 + 0,22 \cdot L_p + 0,05 \cdot V_{L_p} + 0,34 \cdot L_p \cdot V_{L_p} + 0,008 \cdot L_p^2 \cdot V_{L_p} - 1,23 \cdot L_p^2 \cdot V_{L_p}^2 \cdot V_{L_p}$$

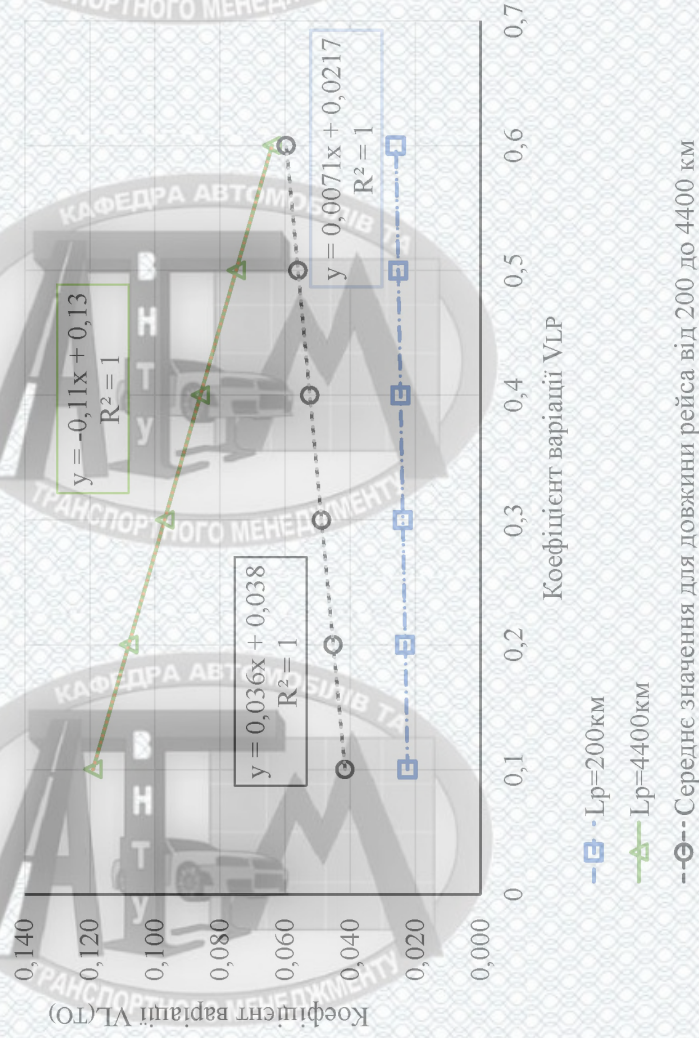


Рисунок 1- Вплив коефіцієнта варіації довжини рейсу коефіцієнт варіації періодичності ТО

Результати визначення впливу варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи автомобілів

Аналіз результатів, отриманих для різних значень середньої періодичності ТО, показав, що найкращу апроксимацію експериментальних даних (рис. 3.6) забезпечує поліном третього ступеня наступного виду:

$$R(L_{TO}) = 0,9492 - 0,0906 \cdot V_{L_{TO}} + 0,2183 \cdot V_{L_{TO}}^2 - 0,5587 \cdot V_{L_{TO}}^3$$

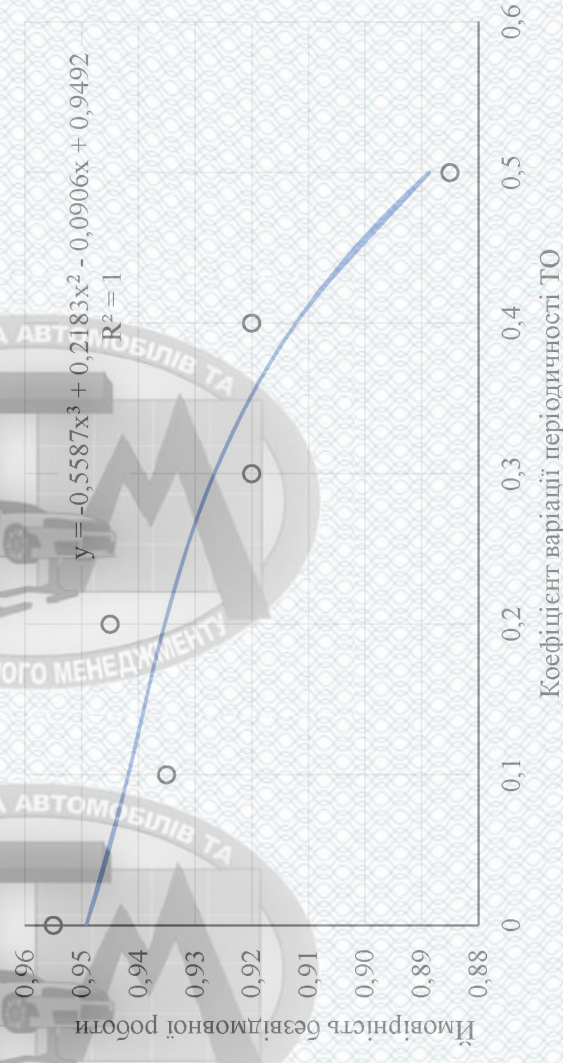


Рисунок 2 - Вплив коефіцієнта варіації періодичності ТО на можливість безвідмовної роботи

Коригування нормативів з урахуванням варіації періодичності ТО

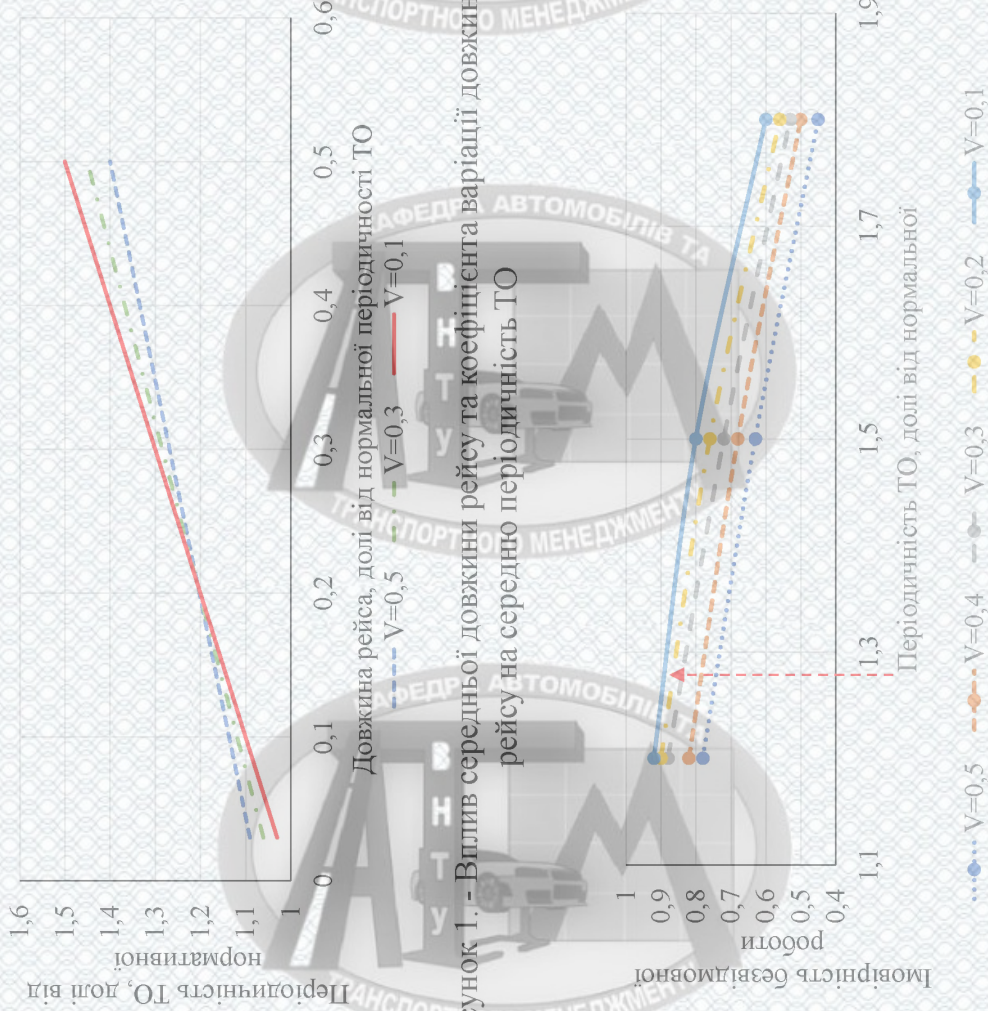


Рисунок 1 - Вплив середньої довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу на середню періодичність ТО

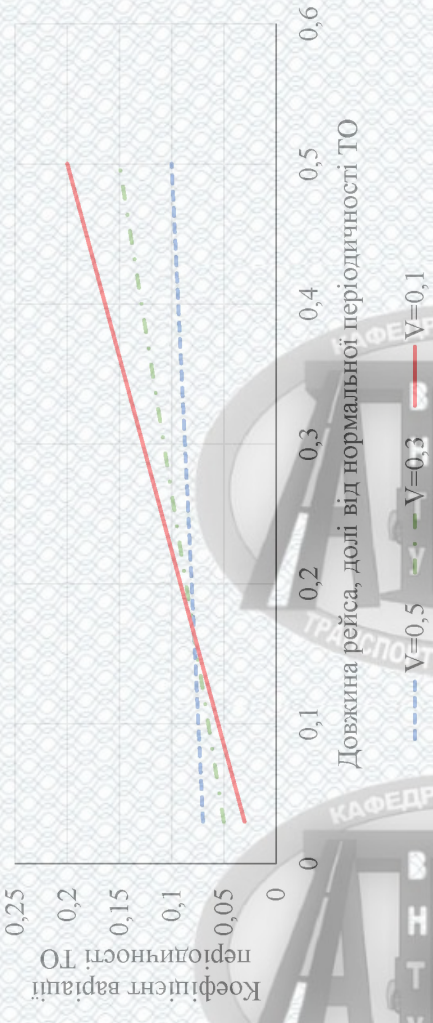


Рисунок 2 - Вплив середньої довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу на коефіцієнт варіації періодичності ТО

Оцінка фактичної ймовірності безвідмовної роботи автомобілів, що працюють у специфічних умовах експлуатації, з урахуванням розподілу довжини рейсу проводиться у такому порядку:

1. - на основі фактичних даних розраховуються середня довжина рейсу та коефіцієнт варіації довжини рейсу;
2. - виходячи із середньої довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу, за номограмою рис. 4.1 визначається середня періодичність ТО;
3. виходячи із середньої довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу, за номограмою рис. 4.2 визначається коефіцієнт варіації періодичності ТО;
4. - виходячи із середньої періодичності ТО та коефіцієнта варіації періодичності ТО, за номограмою рис. 4.3 визначається можливість безвідмовної роботи.

Рисунок 3 - Вплив середньої періодичності ТО та коефіцієнта варіації періодичності ТО на ймовірність безвідмовної роботи

Оцінка ефективності результатів досліджень

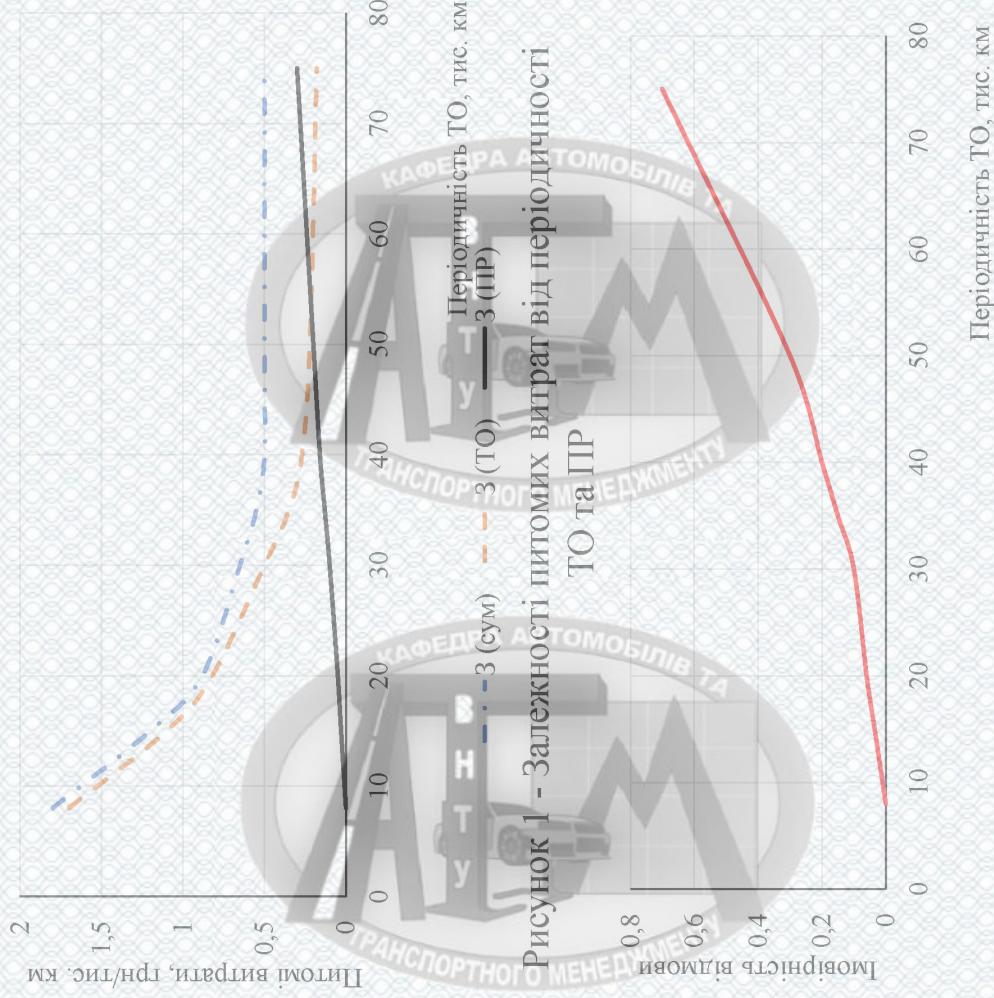


Рисунок 1 - Залежності питомих витрат від періодичності ТО та ПР

Таблиця 1 – Зміна питомих витрат ТО та ПР при зміні періодичності ТО

$L_{ТО}$, тис. км	$Z_{ТО}$, грн./км	$Z_{ТР}$, грн./км	$Z_{сум}$, грн./км	$D_{ТР}/D_{Д}$
40	3,1	1,43	4,6	0,65
25	5,0	0,72	5,7	0,33
Зміна	1,9	-0,71	1,2	-0,32

Розрахунки показали, що при зміні нормативу змінюються питомі витрати на ТО та ПР (табл. 4.1), відповідно сумарні витрати збільшаються на 5244 грн. на один автомобіль на рік, а втрати прибутку знизяться на 12368 грн. на один автомобіль на рік.

Таким чином, економічний ефект становить:

$$E = -5244 + 12368 = 7124$$

(грн. на один автомобіль на рік),

При цьому КТГ збільшується з 0,75 до 0,92.

Рисунок 2 - Залежність імовірності виникнення відмов від періодичності ТО та ПР

ВИСНОВКИ

1. На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень вирішено завдання щодо підвищення надійності автомобілів шляхом оперативного визначення та коригування періодичності технічного обслуговування при експлуатації в різних умовах.
2. Показано, що при визначенні та коригуванні нормативів періодичності ТО як цільову функцію доцільно вибирати мінімум різниці між заданою та реалізованою ймовірністю безвідмовної роботи. Встановлено межі застосування техніко-економічного методу визначення періодичності ТО.
3. Встановлено, що для визначення періодичності технічного обслуговування автомобілів у разі, коли немає повної репрезентативної вибірки напрацювань на відмову, можна апроксимувати залежність емпіричної ймовірності відмови від напрацювання експоненційною моделлю, і по ній розраховувати періодичність ТО, що забезпечує задану ймовірність безвідмовної роботи.
4. Вдосконалено імітаційну модель формування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів з урахуванням варіації періодичності ТО та використанням усічених вибірок напрацювань на відмову. Перевірка за критерієм Фішера показала її адекватність із ймовірністю не нижче 0,90.
5. Вдосконалено імітаційну модель впливу середньодобового пробігу та довжини рейсу на фактичну періодичність ТО. Перевірка за критерієм Фішера показала її адекватність із ймовірністю не нижче 0,95. Встановлено від двофакторної моделі впливу довжини рейсу та коефіцієнта варіації довжини рейсу на фактичну періодичність ТО.
6. Вдосконалена методики використання результатів досліджень, спрямовані на оперативне визначення та коригування нормативів періодичності ТО для різних умов експлуатації. Ефект від використання методики утворюється за рахунок точнішого визначення нормативів з урахуванням фактичних умов, зниження на цій основі кількості відмов, а також втрат від простоїв автомобілів у поточному ремонті.

Додаток Б

Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи
на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Покращення методики коригування нормативів періодичності технічного обслуговування рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ВІНЛОГІК» місто Вінниця шляхом урахування фактичних умов експлуатації автомобілів

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

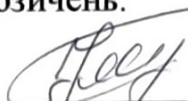
Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 94 % Схожість 6 %

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)

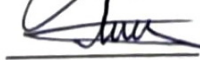
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Вовна О.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Антонюк О.П.
(прізвище, ініціали)