

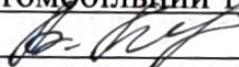
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

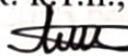
на тему:

**ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТА
ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА ТЕХНІЧНИЙ
СТАН РУХОМОГО СКЛАДУ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА» МІСТО ВІННИЦЯ**

Виконав: здобувач 2-го курсу, групи 1АТ-24м
спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма –
Автомобільний транспорт

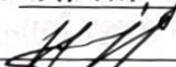
 Кононов В.А.

Керівник: к.т.н., доц. каф. АТМ

 Антонюк О.П.

« 05 » Грудня 2025 р.

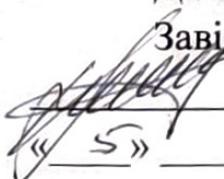
Опонент: к.т.н., доц. каф. ТАМ

 П'юнтькевич О.В.

« 05 » грудня 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

 к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 5 » 12 2025 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.

« 25 » 09 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Кононову Віталію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оцінювання впливу зміни кліматичних умов та інтенсивності експлуатації автомобілів на технічний стан рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА» місто Вінниця
керівник роботи Антонюк Олег Павлович, к.т.н., доцент,
затверджені наказом ВНТУ від «24» вересня 2025 року № 313.

2. Строк подання здобувачем роботи: 30.11.2025 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); структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; об'єктом дослідження є процес формування потоку відмов автомобілів в умовах дії кліматичних факторів та різної інтенсивності експлуатації; предмет дослідження – закономірності зміни технічного стану автомобілів та показників їх надійності під впливом кліматичних умов експлуатації та рівня інтенсивності використання рухомого складу; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст текстової частини:

1. Аналіз стану питання, мета та завдання дослідження.
2. Теоретичні дослідження впливу зміни кліматичних умов та інтенсивності експлуатації автомобілів на технічний стан рухомого складу.
3. Розрахунково - експериментальні дослідження впливу зміни кліматичних умов та інтенсивності експлуатації автомобілів на технічний стан рухомого складу.
4. Результати теоретичних та розрахунково-експериментальних досліджень.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
1.-3. Тема, мета та завдання дослідження.

4. Зв'язок показників роботи автомобільного транспорту та його підсистеми технічної експлуатації

5. Закономірності зміни напрацювання автомобілів

6. Вплив сезонних умов на потік відмов автомобілів

7. Відбір сезонних факторів, що впливають на потік відмов автомобілів.

8. Вплив потоку відмов на параметри виробничо-технічної бази.

9. Узагальнена схема загальної методики досліджень.

10. Схема формування потоку відмов та основні закономірності досліджуваної системи.

11. Математичні моделі, необхідні для визначення потоку відмов автомобілів.

12. Методика визначення кількості постів поточного ремонту.

13. Загальна характеристика ТОВ «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА».

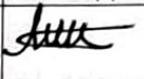
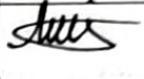
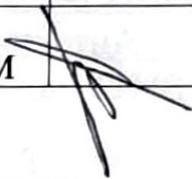
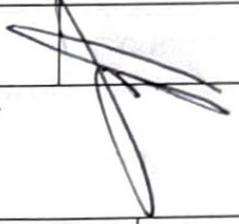
14. Результати визначення впливу температури повітря та частки днів з опадами на параметр потоку відмов.

15. Результати розрахунку коефіцієнта сезонної нерівномірності надходження автомобілів на пости поточного ремонту.

16. Оцінка ефективності результатів досліджень

17. 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., доцент кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Буренніков Ю.Ю., професор кафедри АТМ		

7. Дата видачі завдання « 25 » вересня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

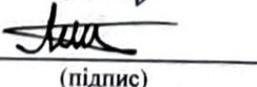
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	25.09-29.09.2025	всес.
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	30.09-20.10.2025	всес.
3	Обґрунтування методів досліджень	30.09-20.10.2025	всес.
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-10.11.2025	всес.
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	11.11-16.11.2025	всес.
6	Виконання розділу «Апробація методу та оцінка його економічної ефективності.»	17.11-24.11.2025	всес.
7	Нормоконтроль МКР	25.11-30.11.2025	всес.
8	Попередній захист МКР	01.12-04.12.2025	всес.
9	Рецензування МКР	05.12-09.12.2025	всес.
10	Захист МКР	10.12.25- 12.12.25	всес.

Здобувач


(підпис)

Кононов В.А.

Керівник роботи


(підпис)

Антонюк О.П.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.113

Кононов В.А. Оцінювання впливу зміни кліматичних умов та інтенсивності експлуатації автомобілів на технічний стан рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «Транс-легіон Україна» місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2025. 85 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис. 12; табл. 13.

У магістерській кваліфікаційній роботі розв'язано завдання встановлення закономірностей впливу сезонних факторів на формування потоку відмов автомобілів та удосконалення методики визначення кількості постів поточного ремонту (ПР). Визначено особливості потоку відмов, які характеризується інтенсивністю процесу та напрацюванням у одиницю часу. Встановлено основні сезонні фактори впливу на виникнення відмов агрегатів: температуру повітря, частку днів з опадами, коефіцієнт опору коченню та відносну вологість.

Вдосконалено математичні моделі впливу сезонних факторів на параметри потоку відмов автомобіля та його агрегатів: квадратичні залежності для двигуна і автомобіля в цілому, експоненційні – для інших агрегатів. Побудовано двофакторні моделі спільного впливу температури та частки днів з опадами.

Отримані результати використано для вдосконалення визначення кількості постів ПР шляхом введення коефіцієнта сезонної нерівномірності надходження автомобілів, який розглядається як добуток коефіцієнта чисельності парку та сезонної нерівномірності потоку відмов.

Розраховано значення цього коефіцієнта для рухомого складу ТОВ «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА», що підтверджує практичну ефективність запропонованої методики.

Графічна частина складається з 17 слайдів.

Ключові слова: потік відмов автомобілів; сезонні фактори; математичні моделі; поточний ремонт; коефіцієнт нерівномірності; інтенсивність відмов.

ABSTRACT

UDC 629.113

Kononov V.A. Assessment of the Impact of Changing Climatic Conditions and Vehicle Operating Intensity on the Technical Condition of the Rolling Stock of "Trans-Legion Ukraine" LLC, Vinnytsia. Master's Qualification Work, Specialty 274 – Automotive Transport. Vinnytsia: VNTU, 2024. 85 p. In Ukrainian. Bibliography: 28 sources; figures: 12; tables: 13.

The master's qualification work addresses the task of identifying the patterns of seasonal factors affecting the formation of vehicle failure flow and improving the methodology for determining the required number of current repair (CR) posts. The specific features of the failure flow - characterized by process intensity and operational time between failures-are determined. The main seasonal factors influencing the occurrence of aggregate failures are identified: air temperature, the proportion of days with precipitation, rolling resistance coefficient, and relative humidity.

Mathematical models describing the influence of seasonal factors on the parameters of the failure flow of vehicles and their aggregates have been improved, including quadratic dependencies for engines and vehicles as a whole and exponential dependencies for other aggregates. Two-factor models were developed to represent the combined influence of air temperature and the proportion of days with precipitation.

The obtained results were applied to improve the procedure for determining the number of CR posts by introducing the coefficient of seasonal unevenness of vehicle arrivals, considered as the product of the fleet-size coefficient and the seasonal unevenness of the failure flow.

The value of this coefficient was calculated for the rolling stock of "Trans-Legion Ukraine" LLC, confirming the practical effectiveness of the proposed methodology.

The graphical section includes 17 slides.

Keywords: vehicle failure flow; seasonal factors; mathematical models; current repair; unevenness coefficient; failure intensity.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1. Актуальні напрямки вдосконалення технічної експлуатації автомобілів.....	9
1.2. Закономірності формування потоку відмов.....	13
1.3. Вплив сезонних умов на потік відмов автомобілів.....	16
1.4. Закономірності зміни напрацювання автомобілів.....	19
1.5. Вплив потоку відмов на параметри виробничо-технічної бази.....	25
1.6. Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження.....	28
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН РУХОМОГО СКЛАДУ.....	30
2.1. Загальна методика проведення теоретичних досліджень.....	30
2.2. Математична модель формування потоку відмов автомобілів..	32
2.3. Математичні моделі закономірностей зміни умов експлуатації в часі.....	38
2.4. Умова значущості змін сезонних факторів.....	39
2.5. Математична модель закономірностей зміни інтенсивності експлуатації у часі.....	40
2.6. Математична модель приросту напрацювання у часі.....	41
2.7. Математична модель сезонних змін параметра потоку відмов.	42
2.8. Умова значущості сезонних змін параметра потоку відмов.....	42

2.9. Математичні моделі впливу сезонних умов на параметр потоку відмов.....	44
2.10. Модель формування потоку відмов з урахуванням сезонної варіації інтенсивності та умов експлуатації автомобілів.....	46
2.11. Висновки до розділу 2.....	47
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВО - ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН РУХОМОГО СКЛАДУ.....	48
3.1. Методика проведення розрахунково-експериментальних досліджень.....	48
3.1.1. Загальна методика експериментальних досліджень.....	48
3.1.2. Складання матриці плану експерименту.....	49
3.1.3. Загальна характеристика ТОВ «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА»	50
3.2. Методика оброблення результатів розрахунково-експериментальних досліджень.....	55
3.2.1. Моделювання законів розподілу.....	55
3.2.2. Методика гармонічного аналізу.....	57
3.2.3. Моделювання із застосуванням регресійних моделей.....	59
3.3. Результати розрахунково - експериментальних досліджень.....	60
3.3.1. Закономірності зміни сезонних факторів у часі.....	60
3.3.2. Оцінювання кореляційних взаємозв'язків кліматичних факторів.....	61
3.3.3. Закономірності зміни параметра потоку відмов у часі.....	64
3.3.4. Відбір сезонних факторів, що впливають на параметр потоку відмов автомобілів та їх елементів.....	65
3.3.5. Закономірності впливу сезонних факторів на параметр потоку відмов.....	65
3.4. Висновки до розділу 3.....	68

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	69
4.1. Основні напрями використання отриманих результатів.....	69
4.2. Методологічні питання використання результатів досліджень	69
4.3. Методика визначення кількості постів поточного ремонту.....	71
4.4. Розрахунок коефіцієнта сезонної нерівномірності надходження автомобілів на пости поточного ремонту.....	73
4.5. Оцінка ефективності результатів досліджень.....	74
4.6 Висновки до розділу 4.....	76
ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80
ДОДАТКИ.....	86
ДОДАТОК А. ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ.....	87
ДОДАТОК В. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ МКР.....	105

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні умови функціонування автотранспортної галузі України характеризуються значним зростанням інтенсивності використання автомобільного транспорту та суттєвими кліматичними змінами, які відбуваються на глобальному й регіональному рівнях. Підвищення середньорічних температур, збільшення кількості екстремальних погодних явищ, різкі коливання вологості, часті заморозки та перепади температури безпосередньо впливають на технічний стан автомобілів, прискорюють зношування агрегатів і систем, змінюють закономірності відмов та впливають на показники надійності рухомого складу.

Для автотранспортних підприємств, служб таксі, комерційних перевізників і великих транспортних компаній критично важливим стає врахування комплексного впливу кліматичних факторів та режимів експлуатації на працездатність автомобілів. Інтенсивні міські цикли руху, часті пуски та зупинки, перевантаження, робота в умовах високих температур, дорожніх реагентів чи пилових середовищ призводять до прискореного старіння деталей, збільшення частоти технічних обслуговувань і росту витрат на ремонт.

В умовах зростаючої конкуренції, підвищених вимог до безпеки дорожнього руху та необхідності забезпечення високого рівня технічної готовності рухомого складу, питання прогнозування технічного стану автомобілів з урахуванням кліматичних впливів та інтенсивності їх експлуатації набуває особливої актуальності. Раціональне планування ТО і ТР, оптимізація термінів експлуатації, коригування міжсервісних інтервалів та підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств неможливі без комплексного аналізу зазначених факторів.

Таким чином, дослідження впливу кліматичних умов і режимів навантаження на технічний стан рухомого складу є важливим науково-практичним завданням, вирішення якого дозволяє підвищити експлуатаційну надійність автомобілів, знизити витрати на утримання автопарку та забезпечити

стабільність транспортних процесів в умовах змін навколишнього середовища.

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 вантажних автомобільних перевезень.

Метою роботи є комплексне оцінювання впливу зміни кліматичних умов та інтенсивності експлуатації автомобілів на технічний стан рухомого складу, а також формування рекомендацій щодо підвищення ефективності режимів технічного обслуговування для продовження ресурсу автомобілів в умовах змін навколишнього середовища та сучасних експлуатаційних навантажень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати кліматичні тенденції та виявити їх вплив на умови експлуатації автомобільного транспорту в Україні;
- встановити залежності між кліматичними навантаженнями, інтенсивністю експлуатації та технічним станом автомобілів із застосуванням аналітичних та статистичних методів;
- вдосконалити методику прогнозування зміни технічного стану рухомого складу з урахуванням впливу температурних коливань та експлуатаційних навантажень;
- сформулювати практичні рекомендації щодо оптимізації режимів технічного обслуговування для забезпечення безвідмовної роботи автомобілів в умовах кліматичних змін.

Об'єкт дослідження – процес формування потоку відмов автомобілів в умовах дії кліматичних факторів та різної інтенсивності експлуатації.

Предмет дослідження - закономірності зміни технічного стану автомобілів та показників їх надійності під впливом кліматичних умов експлуатації та рівня інтенсивності використання рухомого складу.

Методи дослідження: аналіз і узагальнення наукових джерел - для вивчення теоретичних положень щодо впливу кліматичних факторів та

інтенсивності експлуатації на технічний стан автомобілів; статистичні методи обробки даних - для аналізу параметрів надійності та відмов рухомого складу в різних кліматичних умовах і при різних режимах експлуатації; методи технічної діагностики - для оцінювання фактичного стану вузлів та агрегатів автомобіля за умов змін навколишнього середовища; математичне моделювання - для прогнозування зміни показників технічного стану та ресурсу рухомого складу залежно від кліматичних і експлуатаційних факторів; методи порівняльного аналізу - для оцінки відмінностей у технічному стані автомобілів, що працюють у різних кліматичних зонах та з різною інтенсивністю навантажень.

Новизна одержаних результатів полягає наступному:

- встановлено закономірності формування потоку відмов автомобілів з урахуванням сезонної варіації інтенсивності та умов експлуатації;
- визначено сезонні фактори, що впливають на потік відмов автомобілів та їх елементів;
- встановлено закономірності впливу зазначених факторів на потік відмов і розроблено математичні моделі для їх опису.

Практична значимість отриманих результатів. Практична значущість полягає в розробленні методики коригування розрахункової кількості постів поточного ремонту з урахуванням сезонної варіації умов та інтенсивності експлуатації. Її застосування дозволяє зменшити простої автомобілів у очікуванні ремонту, що знижує втрати прибутку підприємства.

Достовірність теоретичних положень підтверджується тим, що:

- використано комплекс сучасних наукових методів аналізу, зокрема математичне моделювання, статистичну обробку експлуатаційних даних та кореляційно-регресійні методи, що забезпечує обґрунтованість отриманих закономірностей;
- теоретичні висновки узгоджуються з відомими науковими положеннями у сфері технічної експлуатації автомобільного транспорту та підтверджені результатами досліджень вітчизняних і міжнародних авторів;

- проведено зіставлення теоретичних результатів з фактичними даними експлуатації рухомого складу, отриманими на базі автотранспортних підприємств у реальних кліматичних умовах;

- застосовано перевірені нормативні документи та регламенти, що визначають правила технічного обслуговування, дію кліматичних факторів та показники надійності автомобілів;

- результати дослідження відтворювані, що підтверджується повторними розрахунками, перевіркою моделі на різних вибірках даних та отриманням стабільних закономірностей впливу кліматичних умов і інтенсивності експлуатації на технічний стан автомобілів.

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-2026) – 20 жовтня 2025 року – 26 червня 2025 року– Україна, Вінниця, ВНТУ.

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

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Актуальні напрямки вдосконалення технічної експлуатації автомобілів

Автомобільний транспорт є невід'ємною складовою транспортної системи держави. За даними джерела, станом на початок 2025 року загальний активний автомобільний парк України становить приблизно 12 мільйонів одиниць.

Переваги автомобільного транспорту визначаються його мобільністю та здатністю забезпечувати доставку вантажів і пасажирів «від дверей до дверей». Водночас автомобільному транспорту притаманні й певні недоліки. Одним із суттєвих недоліків є висока собівартість перевезень.

Від рівня витрат на перевезення значною мірою залежить ефективність роботи багатьох галузей економіки, а також собівартість продукції основного виробництва підприємств, що обслуговуються транспортом. Значною мірою собівартість автомобільних перевезень формується витратами на поточний ремонт (ПР) (рис. 1.1).

На рисунку 1.1 показано показники, що визначають внесок заходів, у приріст кінцевого результату, та собівартість перевезень і, відповідно, в ефективність функціонування автомобільного транспорту.

Розглядаючи дерево системи технічної експлуатації автомобілів, слід виокремити дві підсистеми першого рівня: (C_{03}^1) - «Виробнича база» та (C_{07}^1) - «Умови експлуатації».

Зазначені підсистеми у найбільшій мірі впливають на формування потоку відмов автомобілів (C_{07}^1) та на можливості щодо їх усунення (C_{03}^1) .

Із підсистем другого рівня, що входять до системи (C_{03}^1) , у контексті даного дослідження найбільш значущими є (рис. 1.2): (C_{031}^2) – «забезпеченість

виробничо-технічною базою»; (C_{032}^2) – «оптимізація потужності та структури бази»; (C_{033}^2) – «оптимізація пропускної спроможності засобів технічного обслуговування».

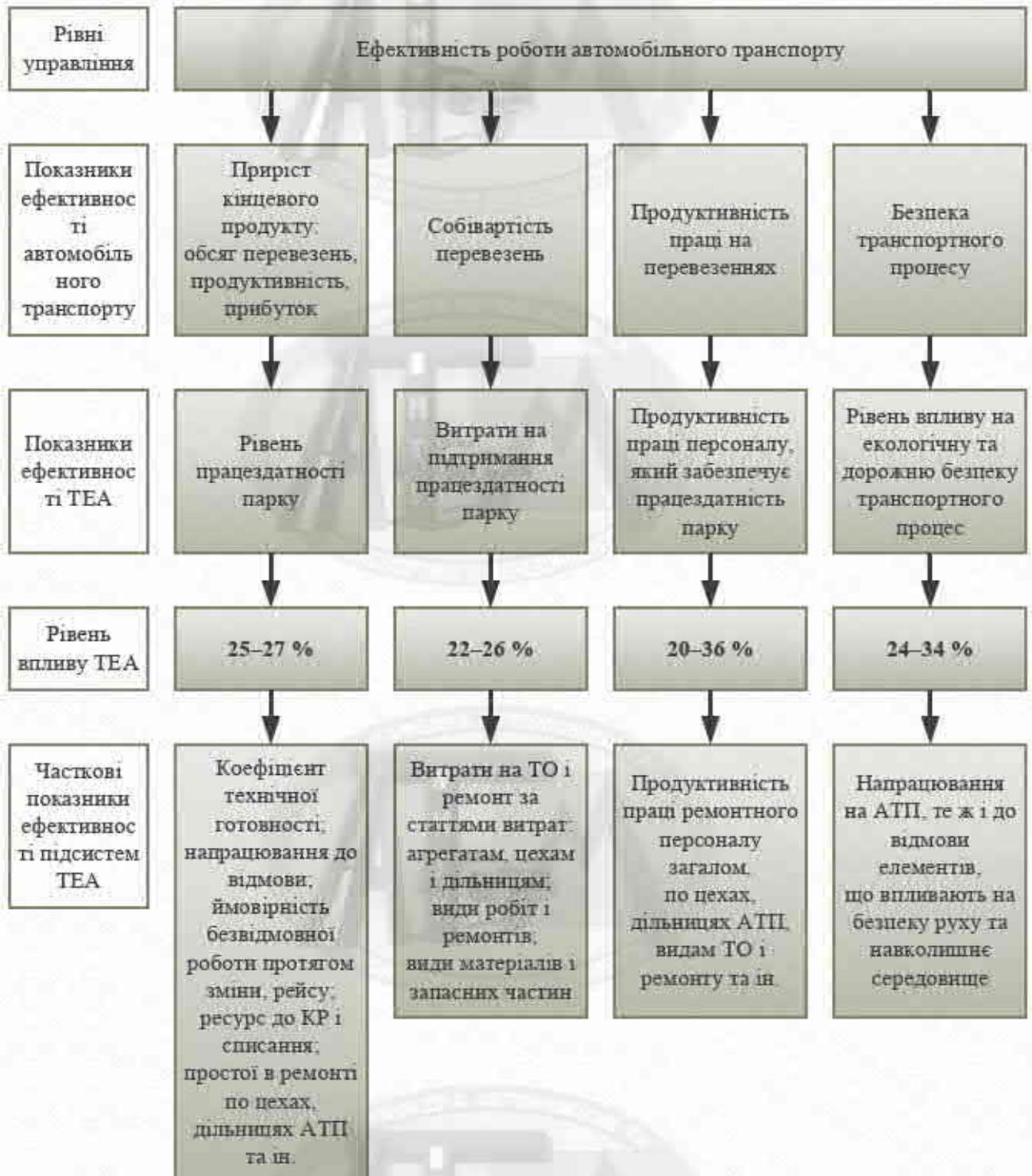


Рисунок 1.1 - Зв'язок показників роботи автомобільного транспорту та його підсистем технічної експлуатації

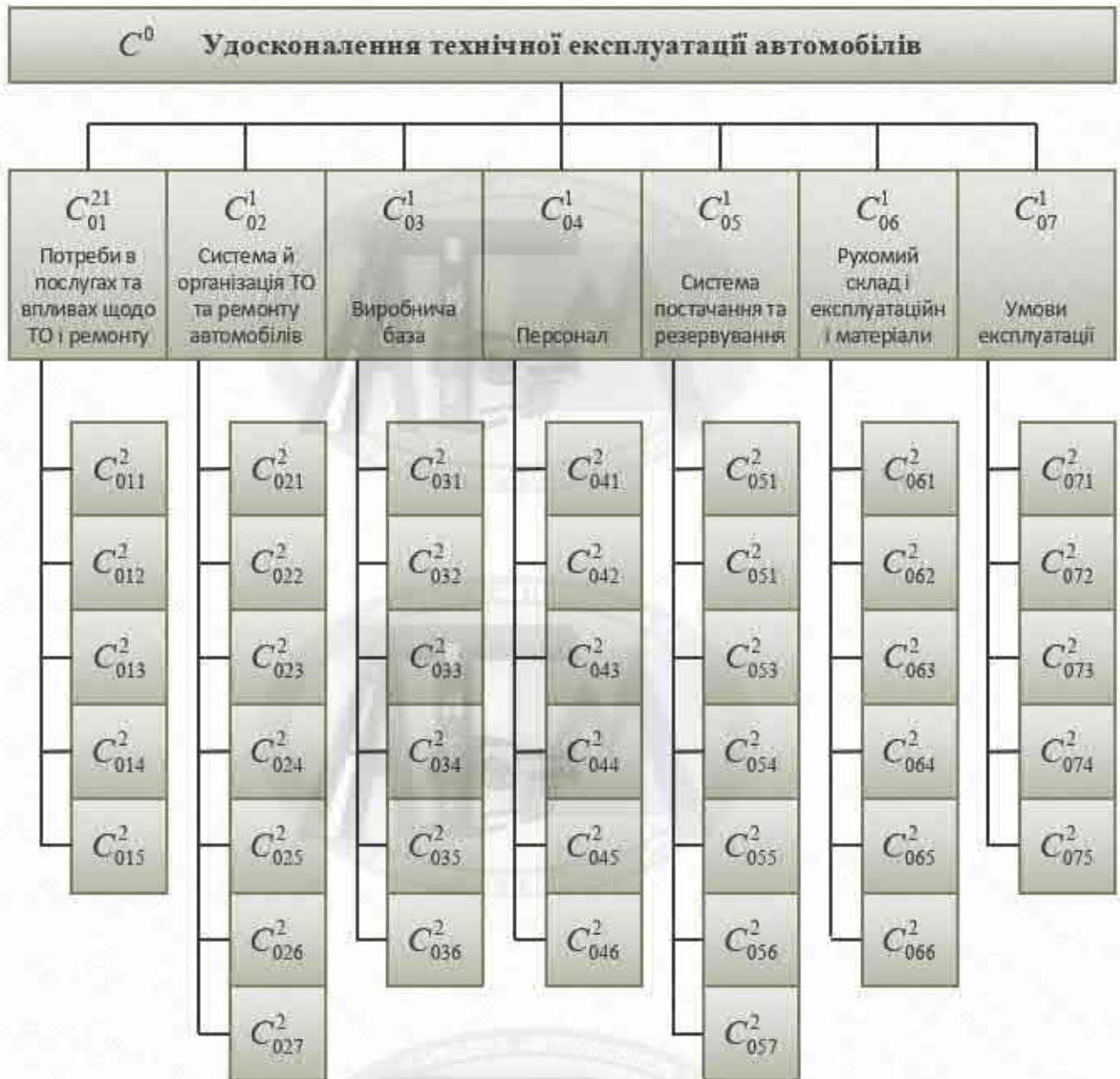


Рисунок 1.2 – Схема вищого, першого та другого рівнів дерева систем технічної експлуатації.

Крім того, істотний інтерес становлять підсистеми групи (C^1_{07}) (рис. 1.2): (C^2_{071}) – «урахування природно-кліматичних умов»; (C^2_{072}) – «урахування дорожніх умов»; (C^2_{073}) – «урахування транспортних умов та інтенсивності використання виробів», оскільки умови експлуатації визначають інтенсивність формування потоку відмов.

Під час аналізу проблем забезпечення працездатності автомобілів виокремлюють у структурі транспортної системи підсистему «Автомобілі – умови експлуатації» (А–УЕ). Зазначається, що під час функціонування цієї підсистеми виникає реакція R , спрямована назовні відносно системи (рис. 1.3). Для забезпечення ефективної роботи транспортної системи необхідно компенсувати цю реакцію, тобто здійснювати відновлення підсистеми А–УЕ.



Рисунок 1.3 – Підсистема «Автомобілі – умови експлуатації» у транспортній системі.

Далі зазначається, що за відсутності компенсації або її недостатнього рівня система деградує та переходить у стан відмови. У цьому контексті під «недостатнім рівнем відновлення» слід розуміти недостатню потужність виробничо-технічної бази, що виявляється у браку виробничих площ, постів поточного ремонту та кваліфікованих ремонтних робітників.

Водночас надмірне відновлення призводить до підвищення витрат і, відповідно, зростання собівартості транспортної роботи. Під «надмірним відновленням» слід розуміти зайві площі, пости тощо. Для того щоб компенсуючий вплив відповідав реакції системи, необхідно знати закономірність її зміни у часі $R = f(T)$.

Існуючі методики розрахунку та нормативні документи не враховують низки суттєвих факторів, а отже, не дозволяють визначити зазначену закономірність з достатньою точністю. Зокрема, не враховується вплив сезонних

умов на формування потоку відмов. Крім того, планування технічних впливів та потреби у матеріальних і трудових ресурсах пов'язується переважно не з календарним часом, а з напрацюванням. При переході до календарного планування зазвичай приймається припущення $dL / dT = const$.

Це зумовлено тим, що багато фахівців ототожнюють поняття часу та напрацювання, оскільки вони мають спільні властивості. Проте доведено, що не всі властивості часу й напрацювання є тотожними, а умова $dL / dT = const$ принципово невиконувана, тобто $dL / dT = var$. Таким чином, закономірності, які лежать в основі існуючих методик проектування виробничо-технічної бази, недостатньо адекватно описують реальні процеси, а самі методики є недостатньо точними.

Тому метою даної роботи є встановлення закономірностей формування потоку вимог на поточний ремонт автомобілів з урахуванням впливу сезонної варіації інтенсивності та умов експлуатації, а також удосконалення методики технологічного розрахунку автотранспортних підприємств на цій основі.

1.2 Закономірності формування потоку відмов

Закономірність - це об'єктивно існуючий, повторюваний і суттєвий зв'язок між явищами. Закономірності поділяють на функціональні (детерміновані) та випадкові (ймовірнісні, стохастичні). Для функціональних закономірностей характерний жорсткий зв'язок між значенням аргументу X і значенням функції Y . Стохастичні закономірності мають місце тоді, коли залежна змінна визначається не лише незалежною змінною, а й низкою випадкових факторів. У цьому разі кожному значенню Y відповідає множина значень X із певним математичним сподіванням і дисперсією.

Існує кілька визначень поняття «відмова». Відмова автомобіля - це така зміна його технічного стану, що призводить до неможливості розпочати транспортний процес або до припинення вже розпочатого транспортного процесу. Інше визначення тлумачить відмову як подію, що полягає у порушенні

працездатності. У більш точному формулюванні відмова - це подія, що полягає у втраті працездатності.

У науковій літературі не подано визначення терміна «потік відмов», тоді як розглядаються лише його характеристики - параметр потоку відмов та ведуча функція потоку. Спираючись на загальне визначення потоку подій, потік відмов можна визначити як послідовність відмов, що виникають одна за одною у певні моменти часу.

Незважаючи на відсутність визначення потоку відмов у літературі з технічної експлуатації автомобілів, питання закономірностей його формування досліджено достатньо ґрунтовно. Потік відмов характеризується закономірностями третього виду - закономірностями процесу відновлення. Вони описують зміну показників, що характеризують виникнення та усунення відмов, залежно від напрацювання.

При аналізі цих закономірностей передбачається, що:

- напрацювання до відмов є випадковими величинами й описуються функцією $f(L)$;
- напрацювання до відмов для різних автомобілів є незалежними;
- під час ремонту немає значення, який саме автомобіль відмовив або якою за рахунком є відмова.

Серед показників, що описують закономірності потоку відмов, розглядають середню напрацювання до i -ої відмови. У джерелах аргумент позначають символом «X», однак фактично мова йде про напрацювання, тому його позначено літерою «L».

Середнє напрацювання до k -ої відмови:

$$\bar{L}_k = \bar{L}_1 + \bar{L}_{1,2} + \dots + \bar{L}_{k-1,k} \quad (1.1)$$

де \bar{L}_1 - середня напрацювання до першої відмови.

Середнє напрацювання між $(k-1)$ -ю та k -ю відмовами для n автомобілів визначається за формулою (1.2).

$$\bar{L}_{K-1,k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{K-1,k} \quad (1.2)$$

Коефіцієнт повноти відновлення ресурсу характеризує можливість зменшення ресурсу після ремонту (1.3).

$$\eta = \frac{\bar{L}_{k-1,k}}{\bar{L}_1} \quad (1.3)$$

Ведуча функція потоку відмов (функція відновлення) визначає накопичену кількість перших та наступних відмов виробу при напрацюванні L (1.4).

$$\Omega(L) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(L) \quad (1.4)$$

Параметр потоку відмов - це густина ймовірності виникнення відмови відновлюваного виробу, що визначається для певного моменту часу або пробігу

$$\omega(L) = \frac{d\Omega(L)}{dL} = \sum_{k=1}^{\infty} f_k(L) \quad (1.5)$$

Параметр потоку відмов може бути оцінений на основі експериментальних даних таким чином (1.6),

$$\omega(L) = \frac{m_2 - m_1}{n(L_2 - L_1)}, \quad (1.6)$$

де m_1 , m_2 - сумарна кількість відмов p автомобілів відповідно при напрацюванні L_1 та L_2 .

У загальному випадку параметр потоку відмов не є сталим у часі. Виділяють три основні варіанти його поведінки:

- повне відновлення ресурсу;
- неповне, але сталість відновлення після першої відмови;
- послідовне зниження повноти відновлення ресурсу.

Раніше застосовувані підходи ґрунтуються на припущенні стаціонарності процесу надходження відмов. Потік подій вважають стаціонарним, якщо ймовірність появи певної кількості подій на інтервалі часу сталої довжини залежить лише від його довжини та не залежить від положення на осі часу. Стаціонарність потоку означає його однорідність у часі.

На практиці спостерігається суттєва варіація потоку відмов, що зумовлена сезонними змінами температури повітря та інтенсивності експлуатації автомобілів. Тому формування відмов не є стаціонарним процесом, а отже, не може бути описано аналітичними методами прогнозування. У таких випадках доцільним є використання імітаційного моделювання.

Закономірності третього виду дають змогу коректно вирішувати задачі планування технічного обслуговування та ремонту, а також матеріально-технічного забезпечення лише за умов сталої інтенсивності та стабільних умов експлуатації. Якщо ж умови або інтенсивність експлуатації змінюються, необхідно використовувати закономірності зміни потоку відмов автомобілів у часі.

1.3 Вплив сезонних умов на потік відмов автомобілів

Перед аналізом результатів виконаних досліджень необхідно з'ясувати, що саме розуміється під терміном «сезонні умови».

Сезон (франц. *saison*, від лат. *satio* - сівба; час сівби) - це:

- пора року (весна, літо, осінь, зима);
- частина року, що характеризується певними природними явищами (наприклад, сезон дощів) або традиційно використовується для виконання

окремих робіт (наприклад, сезон збирання врожаю), занять чи відпочинку (наприклад, мисливський сезон, лікувальний сезон тощо);

До сезонних умов належать фактори, що періодично змінюються протягом року. Насамперед це температура повітря (рис. 1.4). Окрім неї, змінюються дорожні умови (рис. 1.6), вологість, сонячна радіація, запиленість, сила та напрямок вітру.

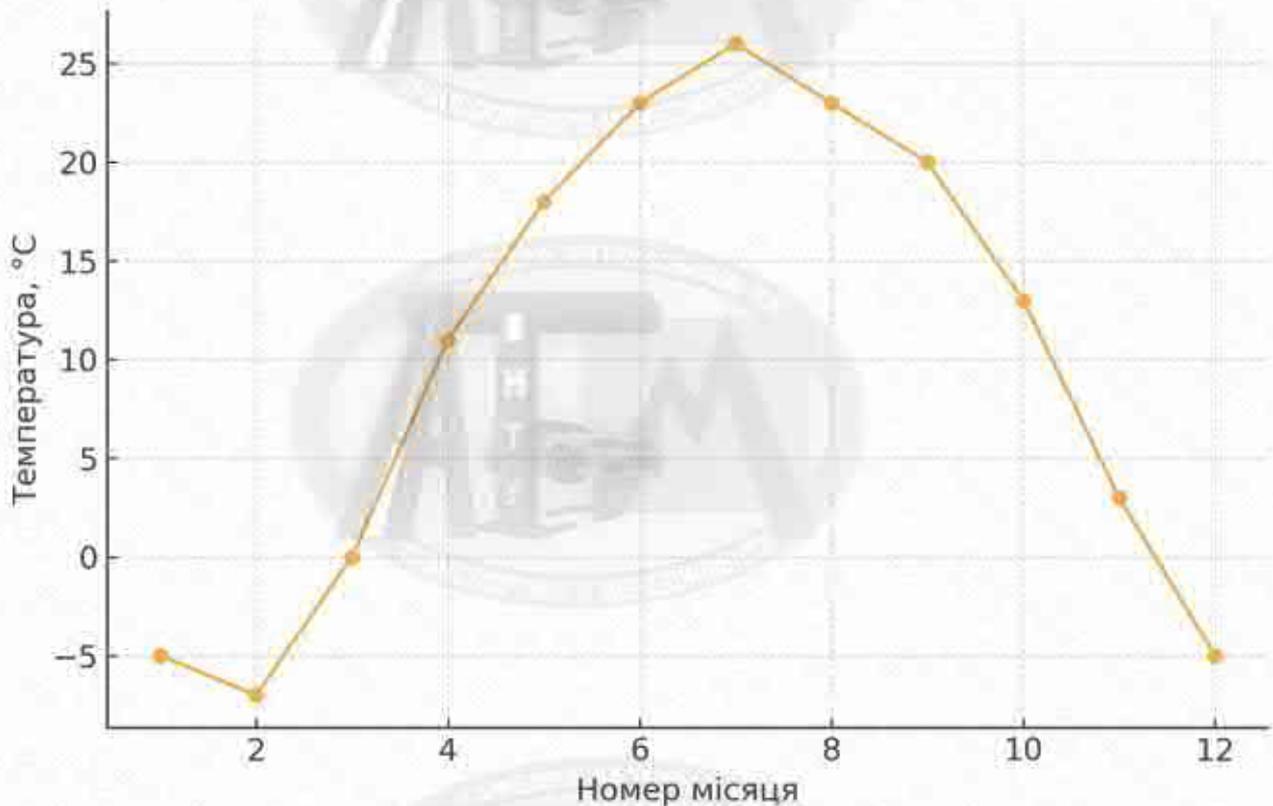


Рисунок 1.4 – Зміна середньомісячної температури повітря протягом року

Сезонні кліматичні коливання є одним із ключових факторів, що визначають інтенсивність зміни технічного стану автомобілів та формують потік відмов у процесі експлуатації. Річний температурний цикл, рівень вологості, опади, дорожньо-кліматичні умови та перепади температур спричиняють нерівномірність навантаження на системи та агрегати автомобіля, що проявляється у характерних сезонних закономірностях виникнення відмов.

У зимовий період спостерігається підвищення потоку відмов, що зумовлено дією таких факторів:

- низькі температури, які погіршують пускові властивості двигуна, збільшують внутрішні механічні втрати та спричиняють зменшення ємності акумуляторних батарей;
- загусання мастильних матеріалів, що при недостатньому контролі призводить до підвищеного зносу пар тертя;
- корозійна дія реагентів та вологи, яка активізує руйнування елементів гальмівної та вихлопної систем;
- підвищене навантаження на ходову частину, спричинене ожеледицею, сніговими валами, нерівностями дорожнього покриття.

У цей період найбільш характерними відмовами є: збої в роботі акумуляторів і системи пуску, пошкодження шин і дисків, відмови елементів підвіски, збільшення кількості випадків механічних пошкоджень кузова та елементів ходової частини.

У літній період спостерігається інший характер впливу кліматичних умов:

- високі температури збільшують ризик перегріву двигуна та трансмісії, спричиняють прискорене старіння гумотехнічних виробів і погіршення властивостей охолоджувальних рідин;
- підвищений рівень запиленості повітря викликає прискорене забруднення фільтрів, радіаторів та повітроводів;
- висока інтенсивність сонячного випромінювання збільшує швидкість деградації лакофарбових покриттів, пластикових елементів та елементів салону.

У цей період найбільш поширеними є: перегрів систем охолодження, зменшення ресурсу шин, відмови компресорів кондиціонування, порушення роботи електронних блоків через перегрів.

У міжсезоння (осінь–весна) кількість відмов також зростає через:

- значні коливання температур, що сприяють утворенню конденсату в паливних системах та електрообладнанні;
- збільшення вологості, що прискорює корозійні процеси;

- різке збільшення навантаження на підвіску та рульове керування через погіршення стану дорожнього покриття.

Аналітичні дослідження демонструють, що у періоди різких погодних змін (весняні та осінні піки) потік відмов може зростати на 15–25%, а у зимовий період - на 30–40% залежно від інтенсивності експлуатації та технічного стану рухомого складу.

Таким чином, сезонні кліматичні умови мають безпосередній системний вплив на інтенсивність і структуру потоку відмов автомобілів, що вимагає коригування періодичності та обсягу технічного обслуговування, адаптації режимів експлуатації та впровадження сезонних регламентів контролю технічного стану.

Також встановлено вплив сезону експлуатації на трудомісткість поточного ремонту (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Сезонні зміни обсягу поточного ремонту

Вид поточного ремонту	Поправочні коефіцієнти до обсягу поточного ремонту		
	Зима	Літо	Осінь і весна
Заміна ресор	0,65–0,8	1,0	2,5–3,0
Заміна шпильок півосей і дисків коліс	0,6–0,7	1,0	1,35–1,75
Ремонт і регулювання зчеплення	2,0–2,5	1,0	1,0–1,1

1.4 Закономірності зміни напрацювання автомобілів

Напрацювання автомобіля є одним із ключових інтегральних показників, що характеризує інтенсивність його використання та визначає рівень зношування агрегатів, систем і вузлів протягом усього періоду експлуатації. Зміна напрацювання має виражені закономірності, які формуються під впливом умов експлуатації, технічного стану рухомого складу, типу виконуваних

транспортних робіт та організації виробничого процесу на автотранспортному підприємстві.

1. Лінійна закономірність зростання напрацювання при стабільній інтенсивності експлуатації.

У більшості випадків при рівномірній роботі автомобілів на маршрутах за фіксованим графіком спостерігається лінійне збільшення напрацювання. Щоденні та середньомісячні пробіги залишаються відносно сталими, що забезпечує прогнозоване наростання загального пробігу.

Загальна залежність може бути описана рівнянням:

$$L(t)=L_c \cdot t \quad (1.7)$$

де $L(t)$ – накопичене напрацювання за період часу t ;

L_c – середньодобовий або середньомісячний пробіг.

2. Сезонні коливання темпів напрацювання.

Практика експлуатації свідчить про наявність сезонного характеру зміни напрацювання:

- зимовий період - зниження середньодобових пробігів на 5–15 % через погіршення дорожніх умов, збільшення часу простоїв, зниження швидкості руху;
- літній період - підвищення напрацювання на 5–12 % завдяки сприятливим дорожнім і кліматичним умовам;
- весна–осінь - нестабільні значення, пов'язані з інтенсивністю опадів, зміною стану дорожнього покриття та зростанням кількості ремонтів.

3. Залежність напрацювання від технічного стану автомобіля

У міру старіння автомобіля спостерігається тенденція зниження фактичного пробігу через:

- збільшення частки часу простою у T_0 і T_P ;
- зростання частоти відмов і сходів з лінії;
- обмеження навантажень через зниження надійності.

Починаючи з пробігів понад 200–250 тис. км, для більшості моделей фіксується помітна зміна структури експлуатаційних витрат, що безпосередньо впливає на інтенсивність напрацювання.

4. Вплив режимів роботи підприємства на напрацювання.

На підприємствах із жорстким графіком руху та високою регулярністю виходу техніки напрацювання формується відповідно до:

- кількості маршрутних рейсів,
- тривалості зміни,
- інтервалів руху,
- коефіцієнта випуску.

На комерційних або вантажних перевезеннях напрацювання залежить від:

- обсягів замовлень,
- сезонної завантаженості ринку,
- специфіки логістичних операцій.

5. Нормативні закономірності зміни напрацювання.

Нормативні документи (ОНТП, методики оцінювання технічного стану) визначають характерні інтервали напрацювання для:

- проведення технічного обслуговування (ТО-1, ТО-2);
- виконання діагностичних робіт;
- досягнення пробігу до капітального ремонту;
- прогнозування залишкового ресурсу агрегатів.

Ці залежності дозволяють оцінити вплив напрацювання на надійність транспортного засобу та оптимізувати періодичність обслуговувань.

Закономірності зміни напрацювання автомобілів характеризуються поєднанням лінійно зростаючих залежностей та сезонних, техніко-експлуатаційних і організаційних факторів, які обумовлюють нерівномірність використання рухомого складу. Розуміння цих закономірностей дозволяє підвищити точність прогнозування ресурсу, оптимізувати планування ТО і ПР та зменшити ризики відмов у процесі експлуатації.

Швидкість приросту напрацювання у часі характеризується інтенсивністю

експлуатації. Аналіз проведених досліджень свідчить, що інтенсивність експлуатації залежить від багатьох чинників. У кінцевому підсумку вона визначається експлуатаційною швидкістю та тривалістю роботи автомобіля на лінії. Водночас експлуатаційна швидкість зумовлена швидкісними характеристиками рухомого складу та умовами експлуатації, а тривалість роботи на лінії визначається переважно потребою в перевезеннях і режимом роботи транспортних засобів.

Під час аналізу закономірностей зміни інтенсивності експлуатації можна виділити три основні складові:

- закономірності варіації інтенсивності експлуатації окремих автомобілів;
- закономірності зміни середніх річних пробігів автомобілів;
- закономірності сезонних змін інтенсивності експлуатації.

Варіація інтенсивності експлуатації окремих автомобілів пов'язана з тим, що змінні або добові пробіги є випадковими величинами, коефіцієнт їх варіації становить 0,2...0,5. Крім того, що розподіл змінних пробігів відповідає нормальному закону.

Середні річні пробіги автомобілів залежать від потенційних швидкісних характеристик транспортних засобів і чинників, що визначають рівень їх реалізації. Ці чинники можна поділити на дві групи: умови експлуатації та чинники, що визначають технічний стан автомобілів.

До умов експлуатації належать дорожні умови, умови руху, організаційно-технологічні фактори (методи організації вантажно-розвантажувальних робіт, вид вантажу тощо).

Факторами, що визначають технічний стан транспортних засобів, є вік автомобіля та його напрацювання з початку експлуатації. Відомо, що нові автомобілі експлуатуються інтенсивніше, ніж ті, що вже мають значний строк служби. Так, наприклад, встановлено, що «... зі збільшенням років служби річний пробіг автомобіля при інтенсивній експлуатації зменшується. Основною причиною цього є зниження надійності та збільшення простоїв, пов'язаних із кількістю відмов і несправностей...» [11]. Для описання залежності річних

пробігів автомобілів L_T від строку служби T запропоновано використовувати експоненціальне рівняння. Для автомобілів КамАЗ-5320 ця залежність має вигляд:

$$L_T = 78 \cdot \exp(-0,0484 \cdot T). \quad (1.8)$$

Науковці наводять такі дані щодо зміни середньорічного пробігу легкових автомобілів у США залежно від строку експлуатації, тис. км (% від початкового значення):

- 1-й рік експлуатації - 28,7 (100%);
- 2-й рік експлуатації - 25,2 (89%);
- 3-й рік експлуатації - 20,2 (71%);
- 4-й рік експлуатації - 17,9 (63%);
- 5-й рік експлуатації - 16,1 (56%);
- 6-й рік експлуатації - 14,7 (52%);
- 7-й рік експлуатації - 13,9 (49%);
- 8-й рік експлуатації - 11,6 (41%);
- 9-й рік експлуатації - 10,4 (36%);
- 10-й рік експлуатації - 8,0 (28%).

Сезонні зміни інтенсивності експлуатації пов'язані з рядом причин: зміною умов експлуатації, зміною потреби у перевезеннях тощо. Закономірності сезонних змін інтенсивності експлуатації встановлені багатьма авторами. Інтенсивність експлуатації легкових автомобілів індивідуального користування має сезонний характер зі спадом у зимовий період. Натомість автомобілі загального користування експлуатуються протягом року рівномірно.

Графік зміни інтенсивності експлуатації автомобілів протягом року наведено на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Інтенсивність експлуатації автомобілів (у відсотках від середньорічного пробігу)

Істотна частка автомобілів індивідуальних власників у зимовий період фактично не експлуатується (рис. 1.6). Одним із ключових показників, що характеризує інтенсивність експлуатації транспортних засобів приватних власників, є середньорічний пробіг.



Рисунок 1.6 – Зміна інтенсивності експлуатації автомобілів протягом року

1.5 Вплив потоку відмов на параметри виробничо-технічної бази

Потік відмов автомобілів є одним із ключових факторів, що формує навантаження на виробничо-технічну базу автотранспортного підприємства (АТП). Інтенсивність виникнення відмов визначає обсяг робіт технічного обслуговування та ремонту, потребу в матеріально-технічних ресурсах, кадровому забезпеченні та пропускній спроможності ремонтних підрозділів. Тому дослідження впливу потоку відмов на параметри ПТБ є критично важливим для стабільного функціонування парку та забезпечення нормативного рівня надійності рухомого складу.

Вплив потоку відмов на завантаження зон технічного обслуговування і ремонту. Збільшення кількості відмов призводить до:

- зростання трудомісткості ремонтних робіт;
- підвищення коефіцієнта завантаженості постів ПР;
- зменшення пропускнуої спроможності ВТБ, що може спричинити накопичення автомобілів у простої;
- збільшення часу перебування автомобіля в ремонті, що безпосередньо знижує коефіцієнт технічної готовності парку.

Статистичні спостереження свідчать, що при підвищенні потоку відмов на 10–15 % фактична потреба в ремонтних постах може зрости на 8–12 %, а трудомісткість робіт - на 12–20 %.

Вплив потоку відмов на потребу в ремонтному персоналі. Кількість відмов прямо пропорційно визначає:

- потребу в чисельності ремонтних робітників,
- необхідний фонд робочого часу,
- рівень спеціалізації та кваліфікації персоналу.

При збільшенні потоку відмов старіючого автомобільного парку може виникнути потреба:

- у введенні додаткових штатних одиниць,

- у посиленні спеціалізації персоналу (діагностика електронних систем, ремонт ДВЗ, трансмісії),
- у переході на багатозмінний режим роботи ВТБ у пікові сезони.

Формування потреби в запасних частинах і матеріалах. Потік відмов безпосередньо впливає на: обсяг складських запасів; частоту поповнення ресурсу запасних частин; номенклатуру деталей, що мають підвищений попит при старінні парку.

При недостатній забезпеченості запасними частинами: зростає тривалість простою автомобілів, збільшується непродуктивний час роботи ВТБ, знижується надійність експлуатації парку.

Пік відмов часто припадає на зимовий період, що накладає сезонні вимоги до логістики запасних частин.

Вплив потоку відмов на коефіцієнт технічної готовності (КТГ). Залежність КТГ від інтенсивності відмов є зворотно-пропорційною:

$$K_{IT} = \frac{T_{роб}}{T_{роб} + T_{пр}} \quad (1.9)$$

де $T_{пр}$ - сумарний час простою у ремонтах та ремонтнообслуговуванні.

Збільшення потоку відмов призводить до підвищення $T_{пр}$, що прямо зменшує КТГ та знижує регулярність перевезень.

Вплив на структуру та ефективність ВТБ. Інтенсивний потік відмов може вимагати: модернізації основних фондів ВТБ (оновлення підйомного обладнання, діагностичних станцій); зміни організації ремонтного процесу (впровадження потокових схем, розподіл за видами робіт); автоматизації діагностики для зменшення часу виявлення несправностей; розширення ремонтної площі для ліквідації "вузьких місць".

Підприємства з високим рівнем відмов змушені переходити до прогнозно-попереджувальних систем ТО та діагностики, що знижують пікові та аварійні навантаження на ВТБ.

Вплив на економічні показники підприємства. Потік відмов прямо впливає на: збільшення витрат на ТО і ПР; кількість невиконаних рейсів; рівень штрафних санкцій за невиконання графіка перевезень; зниження прибутковості перевезень.

Витрати в середньому зростають за рахунок: втрат лінійного часу - 25–45% від усіх непрямих затрат; збільшення витрат на ремонт - 15–30 %; підвищення витрат матеріалів і запасних частин - 20–40 %.

Потік відмов є комплексним фактором, що суттєво впливає на роботу виробничо-технічної бази АТП. Він визначає необхідний рівень пропускної спроможності ремонтних підрозділів, чисельність та кваліфікацію персоналу, структуру складського забезпечення, а також безпосередньо впливає на економічні результати діяльності підприємства. Своєчасний аналіз потоку відмов дозволяє формувати оптимальну стратегію технічного обслуговування, зменшувати простої та підвищувати надійність рухомого складу.

Розрахунок трудомісткості поточного ремонту (ПР) здійснюється на підставі нормативної питомої трудомісткості ПР, скоригованої з урахуванням умов експлуатації, «віку» рухомого складу, розміру автотранспортного підприємства та кількості технологічно сумісних груп автомобілів. При цьому слід зазначити, що враховуються лише середні значення факторів умов експлуатації; їхня варіативність, у тому числі сезонна, у розрахунок не включається.

Певною мірою нерівномірність надходження автомобілів на пости ПР враховується за допомогою коефіцієнта нерівномірності ϕ

$$X_{\text{ПР}} = \frac{T_{\text{ПРГ}}^{(\Pi)} \cdot \phi \cdot K_{\text{ПР}}}{D_{\text{роб.Г}} \cdot T_{\text{СМ}} \cdot \eta_{\text{П}} \cdot P_{\text{П}}}, \quad (1.10)$$

де $T_{\text{ПР}}^{(\Pi)}$ – річний обсяг робіт, що виконуються на постах ПР, люд.-год;

$K_{\text{ПР}}$ – коефіцієнт, який враховує частку обсягу робіт, виконуваних на постах ПР у найбільш завантажену зміну;

$D_{\text{роб.Г.}}$ – кількість робочих днів постів ПР протягом року, днів;

$T_{\text{СМ}}$ – тривалість робочої зміни, год;

$\eta_{\text{П}}$ – коефіцієнт використання робочого часу поста ПР;

$P_{\text{П}}$ – кількість працівників на посту.

Значення коефіцієнта нерівномірності, як правило, приймають у межах 1,2...1,5. Використання цього коефіцієнта призводить до збільшення розрахункової кількості постів ПР та скорочення часу очікування ремонту. Його величина безпосередньо пов'язана з розміром автотранспортного підприємства: зі збільшенням кількості автомобілів, що обслуговуються, застосовуються менші значення ϕ .

1.6 Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження

Проведений аналіз дозволив сформулювати такі висновки.

На потік відмов автомобілів впливає значна кількість факторів. У попередніх дослідженнях вивчено дію окремих чинників на параметр потоку відмов. Разом з тим вплив сезонних умов досліджений недостатньо.

До сезонних умов належать фактори, що змінюються протягом року: температура повітря, дорожні умови, вологість, сонячна радіація, швидкість і напрямок вітру.

Сезонні зміни умов експлуатації призводять до варіації кількості відмов у одиницю часу.

Встановлено закономірності впливу окремих факторів на надійність автомобілів. Зниження температури спричиняє зростання параметра потоку відмов автомобілів.

Потік відмов у зоні поточного ремонту є стохастичним процесом, який можна розглядати як систему масового обслуговування. У розрахунках використовують детермінований і стохастичний підходи.

Таким чином, сформульовано мету та завдання дослідження. **Метою роботи** є комплексне оцінювання впливу зміни кліматичних умов та інтенсивності експлуатації автомобілів на технічний стан рухомого складу, а також формування рекомендацій щодо підвищення ефективності режимів технічного обслуговування для продовження ресурсу автомобілів в умовах змін навколишнього середовища та сучасних експлуатаційних навантажень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- проаналізувати кліматичні тенденції та виявити їх вплив на умови експлуатації автомобільного транспорту в Україні;
- встановити залежності між кліматичними навантаженнями, інтенсивністю експлуатації та технічним станом автомобілів із застосуванням аналітичних та статистичних методів;
- вдосконалити методіку прогнозування зміни технічного стану рухомого складу з урахуванням впливу температурних коливань та експлуатаційних навантажень;
- сформулювати практичні рекомендації щодо оптимізації режимів технічного обслуговування для забезпечення безвідмовної роботи автомобілів в умовах кліматичних змін.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН РУХОМОГО СКЛАДУ

2.1. Загальна методика проведення теоретичних досліджень

Відповідно до поставленої у роботі мети необхідно встановити закономірності формування потоку вимог на виконання поточного ремонту автомобілів з урахуванням впливу сезонної варіації інтенсивності та умов їх експлуатації. На основі отриманих залежностей передбачається удосконалення методик технологічного розрахунку автотранспортних підприємств.

Об'єктом досліджень обрано процес формування потоку відмов автомобілів в умовах дії кліматичних факторів та різної інтенсивності експлуатації.

Для визначення завдань досліджень виконано аналіз наявних літературних джерел. Узагальнення отриманої інформації дало змогу сформулювати перелік основних завдань.

Для їх вирішення проведено теоретичні та експериментальні дослідження.

Методологічною основою теоретичної частини роботи обрано системний підхід. Тому на першому етапі формується схема досліджуваної системи, визначаються її вхідні та вихідні параметри. Далі система структурується, тобто визначаються елементи, що входять до її складу, після чого встановлюються взаємозв'язки між ними.

Важливим етапом побудови схеми системи є відбір факторів, що впливають на параметр потоку відмов. Для цього попередньо складається вихідний перелік сезонних чинників. Після цього вони оцінюються за ступенем сезонної варіації. Далі визначаються кореляційні зв'язки між чинниками та відбираються незалежні з них.



Рисунок 2.1 – Узагальнена схема загальної методики досліджень

Аналогічним чином здійснюється оцінювання значущості сезонних змін потоку відмов за окремими елементами автомобілів.

Для розроблення моделей впливу сезонних факторів на параметр потоку відмов застосовується емпіричний підхід. Спочатку формулюється гіпотеза щодо виду моделі, після чого на основі експериментальних даних перевіряється її адекватність та встановлюються числові значення параметрів моделі.

На основі отриманих моделей розробляється методика розрахунку кількості постів поточного ремонту з урахуванням сезонної варіації інтенсивності та умов експлуатації.

2.2. Математична модель формування потоку відмов автомобілів

У процесі аналізу стану питання було сформульовано визначення потоку відмов як послідовності відмов, що виникають одна за одною у певні моменти часу. Враховуючи, що на моменти досягнення граничних станів елементами технічної системи (ТС) впливає низка факторів, формування потоку відмов можна подати таким чином.

Формування потоку відмов – це сукупність процесів зміни факторів, які визначають інтенсивність досягнення граничних станів елементами ТС та обумовлюють варіацію інтервалів часу між сусідніми відмовами.

Для встановлення закономірностей формування потоку відмов необхідно застосовувати системний підхід. Відповідно до нього реалізуються такі етапи досліджень:

- визначення критерію ефективності функціонування досліджуваної системи;
- структуризація системи, тобто поділ її на окремі елементи;
- дослідження закономірностей взаємодії елементів;
- розроблення моделі системи;
- розроблення методів практичного використання отриманих результатів.

Залежно від виробничих завдань підприємства цільова функція може формуватися по-різному: у деяких випадках – це мінімізація експлуатаційних витрат, в інших – максимізація прибутку. Основною задачею технологічного транспорту є виконання заданого обсягу транспортної роботи у встановлений період часу.

У загальному випадку критерієм функціонування може бути мінімум витрат на експлуатацію рухомого складу.

$$C_{\Sigma} \rightarrow \min \quad (2.1)$$

Під час аналізу складових C_{Σ} можна виокремити елементи, залежні від процесу формування потоку відмов. Передусім це витрати на поточний ремонт автомобілів, а також витрати, пов'язані зі зберіганням, доставкою та підтриманням запасних частин.

Для технологічного транспорту головним є забезпечення безперебійної роботи, оскільки втрати від простоїв основного виробництва є значними.

У такому разі критерієм функціонування системи стає забезпечення надійності автомобілів на достатньому рівні для гарантованої роботи рухомого складу.

Автомобілі характеризуються властивостями, рівень реалізації яких істотно залежить від умов експлуатації, тому доцільно розглядати підсистему «Автомобілі – умови експлуатації» (А–УЕ).

Під час функціонування цієї підсистеми виникає реакція R, яку необхідно компенсувати. За недостатньої компенсації система переходить у стан відмови; за надмірної – зростає собівартість експлуатації транспортних засобів.



Рисунок 2.2 – Підсистема «Автомобілі – умови експлуатації» у транспортній системі

Для того щоб компенсувальний вплив відповідав реакції системи, необхідно встановити закономірність її зміни у часі T :

$$R = f(t). \quad (2.2)$$

Наявні методики розрахунку та нормативні документи не дають можливості визначити цю закономірність із достатньою точністю, оскільки планування потреби в постах поточного ремонту переважно пов'язується не з часом, а з напрацюванням. Під час переходу до календарного планування зазвичай приймають, що $\frac{dL}{dt} = const$

Багато фахівців та дослідників ототожнюють поняття часу та напрацювання, що пояснюється наявністю спільних властивостей (невідтворюваність і незворотність). Водночас їхні характеристики не є тотожними. Так, для часу властиві неперервність, необмеженість та об'єктивність, тоді як напрацювання цих властивостей не має.

Аналіз властивостей часу і напрацювання засвідчує, що умова $\frac{dL}{dt} = const$

у принципі нездійсненна, тобто $\frac{dL}{dt} = var$. Отже, закономірності зміни показників

якості та групової поведінки автомобілів у часі істотно відрізняються від закономірностей їх зміни за напрацюванням, причому різниця зростає зі збільшенням варіації L та T .

Закономірності зміни потоків подій у часі належать до закономірностей 6-го типу. До них відноситься й закономірність формування потоку відмов автомобілів.

Для моделювання закономірності формування потоку відмов можна застосувати два підходи.

Перший підхід: Система «кількість відмов – час» структуризується, після чого на основі локальних моделей взаємодії елементів формується модель системи загалом. Модель може мати аналітичний або імітаційний вигляд.

Другий підхід: Система не розбивається на елементи та подається як «чорна скринька»: вхідним параметром є час, вихідним - кількість відмов. Потім вхід і вихід зв'язуються емпіричними моделями.

Недоліком другого підходу є обмежена сфера застосування. Перший підхід є більш інформативним і дозволяє отримувати результати у змінних умовах.

Закономірності зміни напрацювання та умов експлуатації в часі складаються з трендової, періодичної та випадкової складових. Враховуючи це, можна припустити наявність відповідних складових і в закономірності формування потоку відмов.

Відповідно до концепції формування якості автомобілів у процесі експлуатації, узагальнений показник якості містить три частини: постійну (трендову), періодичну та випадкову. Аналогічно можна подати концептуальну модель формування потоку відмов (рис. 2.3).

Тоді потік відмов можна подати у такому вигляді:

$$\Omega = \Omega_c + \Omega_T + \Omega_p \quad (2.3)$$

де Ω_c - стала (постійна) складова;

Ω_T - періодична складова;

Ω_p - випадкова складова.



Рисунок 2.3 – Схема формування потоку відмов

Відповідно до наведеної схеми та з урахуванням зазначеного виразу можна зробити висновок, що для розроблення моделі досліджуваної системи загалом необхідно отримати моделі таких закономірностей:

- зміни умов експлуатації у часі;
- зміни інтенсивності експлуатації автомобілів у часі;
- приросту напрацювання у часі;
- впливу напрацювання на параметр потоку відмов;
- впливу умов експлуатації на параметр потоку відмов;
- зміни потоку відмов у часі.

Подальші теоретичні дослідження передбачають висунення гіпотез щодо вигляду математичних моделей зазначених закономірностей. Перевірка цих гіпотез на основі експериментальних даних наведена у розділі 3.

Для локалізації досліджуваної системи необхідно визначити перелік сезонних факторів, що істотно впливають на потік відмов, тобто вирішити другу задачу дослідження.

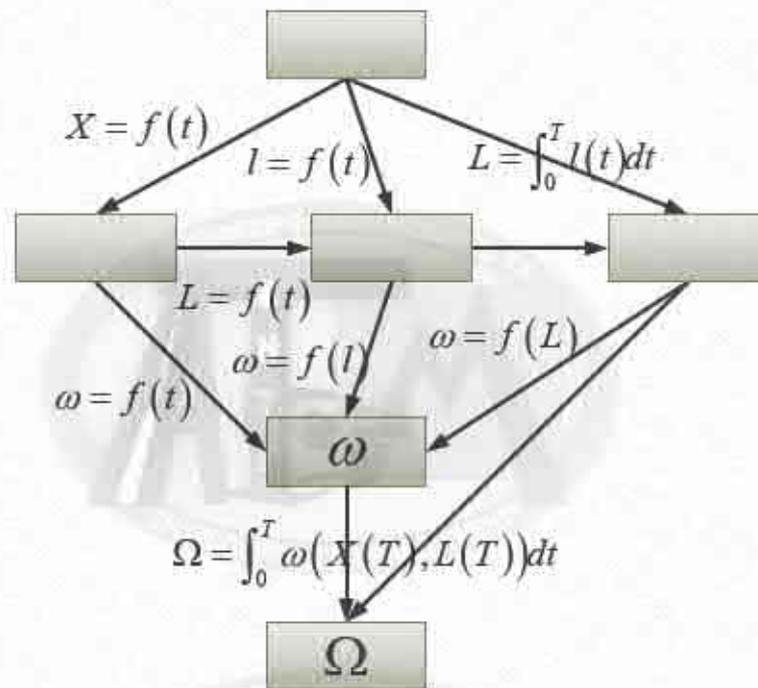


Рисунок 2.4 – Основні закономірності досліджуваної системи

На першому етапі було сформовано вихідний перелік сезонних факторів (табл. 2.1). Зазначені фактори згруповано у три категорії: кліматичні, дорожні та транспортні.

Таблиця 2.1 – Вихідний перелік факторів

Найменування фактора	Найменування показників фактора	Буквене позначення
Температура повітря	Середня місячна температура	t
Опади	Кількість днів з опадами за місяць	N
	Частка днів з опадами за місяць	D
	Середня кількість опадів за місяць	h
Швидкість вітру	Середня місячна швидкість вітру	V
Вологість повітря	Середня місячна відносна вологість	B
Сонячна радіація	Середня місячна інтегральна поверхнева густина потоку сумарного сонячного випромінювання	R
Стан дорожнього покриття	Коефіцієнт опору коченню	f
Швидкість руху	Середня технічна швидкість руху	V_i
Інтенсивність експлуатації	Середньодобовий пробіг	L

2.3. Математичні моделі закономірностей зміни умов експлуатації в часі

Будь-який показник, що змінюється в часі, являє собою динамічний ряд. Згідно з теорією рядів динаміки, кожен такий показник складається з трьох складових - сталої (трендової) X_C , періодичної X_T та випадкової X_P . Відповідно, у загальному вигляді:

$$X = X_C + X_T + X_P \quad (2.4)$$

Стала складова пов'язана з довготривалими змінами умов експлуатації, періодична - із сезонними змінами, а випадкова - зі стохастичністю процесу зміни умов експлуатації.

Після заміни періодичної складової гармонічною моделлю отримуємо:

$$X_i = X_C + \sum_{k=1}^g X_K \cdot \cos(m(kT_i - T_k)) + X_P \quad (2.5)$$

де k - номер гармоніки;

g - кількість гармонік;

A_{XK} - півамплітуда коливання k -тої гармоніки;

m - інтервал між T_i та T_{i+1} у градусах;

T_{0k} - початкова фаза коливання в градусах.

Стала складова дорівнює середньому значенню X за цикл, наприклад, за рік. Випадкова складова розподілена згідно з певним законом і має математичне сподівання нуль та середньоквадратичне відхилення σ_X .

Сезонним фактором вважають такий фактор, періодична компонента X_T якого істотно змінюється в часі. Із моделі отримуємо:

$$X_T = \sum_{k=1}^{\varepsilon} X_k \cdot \cos(m(kT_i - T_{0k})). \quad (2.6)$$

2.4. Умова значущості змін сезонних факторів

Оцінювання суттєвості впливу часу T на X_T здійснюється із застосуванням формальних статистичних методів. Найчастіше для цієї мети використовують статистику Стьюдента. Найбільш ефективним є її використання у випадку лінійного зв'язку між незалежною змінною та функцією відгуку. Тому наведену гармонічну модель перетворюють у лінійну шляхом заміни змінних.

$$X_T = \sum_{k=1}^{\varepsilon} X_k \cdot Z_k, \text{ де } Z_k = \cos(m(kT_i - T_{0k})). \quad (2.7)$$

Якщо вважати, що цикл сезонних коливань має періодичність 12 місяців, то умова значущості сезонних коливань зводиться до обґрунтування значущості коефіцієнта кореляції для лінійного однофакторного рівняння.

$$X_T = X_1 \cdot Z_1, \text{ де } Z_1 = \cos(30(T_1 - T_{01})). \quad (2.8)$$

Ця умова має вигляд:

$$\frac{\left| \frac{R_y}{Z_1} \right|}{\sqrt{1 - \left(\frac{R_y}{Z_1} \right)^2}} \sqrt{n-2} \geq t_p. \quad (2.9)$$

де t_p - табличне значення критерію Стьюдента для довірчої імовірності P та $n - 2$ ступенів свободи.

Якщо зміна фактора аналізується за середньомісячними значеннями, то $n=12$, а $\sqrt{n-2} \approx 3,16$, отже,

$$\frac{3,16 \left| \frac{R_x}{Z_1} \right|}{\sqrt{1 - \left(\frac{R_x}{Z_1} \right)^2}} \geq t_p. \quad (2.10)$$

Таким чином, отримано математичну умову значущості сезонних змін показників факторів умов експлуатації.

2.5. Математична модель закономірностей зміни інтенсивності експлуатації у часі

На основі досліджень встановлено, що для опису залежності інтенсивності експлуатації від часу доцільно використовувати гармонічний ряд:

$$L_i = L_C + \sum_{k=1}^g L_K \cos(m(k \cdot T_i - T_K)) + L_P, \quad (2.11)$$

де L_C - постійна складова інтенсивності експлуатації (середнє значення за цикл);

k - номер гармоніки;

g — кількість гармонік;

L_K - напівамплітуда коливання k -ї гармоніки;

m - інтервал між T_k і T_{k+1} (у градусах);

T_K - початкова фаза коливання (у місяцях);

L_P - випадкова складова.

Випадкова складова розподілена за нормальним (або іншим статистично обґрунтованим) законом із математичним сподіванням, рівним нулю, та середнім квадратичним відхиленням σ_p .

2.6. Математична модель приросту напрацювання у часі

Приріст напрацювання у часі являє собою процес, інтенсивність якого залежить від обсягу напрацювання автомобіля за одиницю часу, тобто від інтенсивності його експлуатації. Відповідно, у момент часу T напрацювання становитиме:

$$L = \int_0^T I(T) dT \quad (2.12)$$

де $I(t)$ — інтенсивність експлуатації автомобіля у момент часу t .

Таким чином, отримано шукану модель визначення приросту напрацювання у часі.

$$L_i = L_c + \sum_{k=1}^{\xi} L_k \cos(m(k \cdot T_i - T_k)) + L_p, \quad (2.13)$$

Зпишемо наступну формулу:

$$L = \int_0^T \left(L_c + \sum_{k=1}^{\xi} L_k \cos(m(k \cdot T_i - T_k)) + L_p \right), \quad (2.14)$$

Таким чином отримаємо математичну модель, що описує приріст напрацювання у часі.

2.7. Математична модель сезонних змін параметра потоку відмов

Беручи до уваги, що потік відмов може бути поданий у такому вигляді:

$$\Omega = \Omega_C + \Omega_T + \Omega_P, \quad (2.15)$$

де Ω_C - постійна (трендова) компонента;

Ω_T - періодична компонента;

Ω_P - випадкова компонента,

Отже, можна стверджувати, що аналогічні складові має і параметр потоку відмов:

$$\omega = \omega_C + \omega_T + \omega_P, \quad (2.16)$$

де ω_C - постійна складова параметра потоку відмов,

ω_T - періодична складова,

ω_P - випадкова складова.

Відповідно, враховуючи, що періодична компонента описується гармонічною моделлю, маємо підстави записати:

$$\omega_i = \omega_C + \sum_{k=1}^{\xi} \omega_K \cos(m(k \cdot T_i - T_K)) + \omega_P, \quad (2.17)$$

2.8. Умова значущості сезонних змін параметра потоку відмов

За аналогією з методикою оцінювання значущості сезонних змін факторів застосовується той самий підхід для визначення значущості сезонних змін параметра потоку відмов. Для цього відповідну модель лінеаризують шляхом заміни змінних:

$$\omega_T = \sum_{k=1}^g \omega_k \cdot Z_k, \text{ де } Z_k = \cos(m(kT_i - T_{0k})). \quad (2.18)$$

Якщо припустити, що цикл сезонних коливань має періодичність 12 місяців, тоді умову значущості сезонних коливань можна звести до обґрунтування значущості коефіцієнта кореляції для лінійного однофакторного рівняння:

$$\omega_T = \omega_1 \cdot Z_1, \text{ де } Z_1 = \cos(30(T_1 - T_{01})). \quad (2.19)$$

Ця умова має вигляд:

$$\frac{\left| \frac{r_{\omega}}{Z_1} \right|}{\sqrt{1 - \left(\frac{r_{\omega}}{Z_1} \right)^2}} \sqrt{n-2} \geq t_p. \quad (2.20)$$

де t_p - табличне значення критерію Стюдента для довірчої ймовірності P та $n-2$ ступенів свободи.

Якщо зміна фактора простежується за середньомісячними значеннями, то $n=12$, а $\sqrt{n-2} \approx 3,16$, отже, відповідно:

$$\frac{3,16 \left| \frac{r_{\omega}}{Z_1} \right|}{\sqrt{1 - \left(\frac{r_{\omega}}{Z_1} \right)^2}} \geq t_p. \quad (2.21)$$

Таким чином, отримано умову визначення значущості сезонних змін параметра потоку відмов автомобілів та їхніх елементів.

2.9. Математичні моделі впливу сезонних умов на параметр потоку відмов

Відповідно до класифікації, залежно від інтервалу зміни значення показника, фактори можуть належати до одного з трьох типів:

- тип 1: $(X_{\min}; \infty)$; окремий випадок: $(0; \infty)$;
- тип 2: $(0; X_{\max})$;
- тип 3: $(-\infty; +\infty)$.

На основі наведеної класифікації виконано типізацію сезонних факторів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Типізація сезонних факторів

Найменування фактора	Найменування показників фактора	Тип фактора
Температура повітря	Середня місячна температура	3
Опади	Кількість днів з опадами за місяць	2
	Частка днів з опадами за місяць	2
	Середня кількість опадів за місяць	1
Швидкість вітру	Середня місячна швидкість вітру	3
Вологість повітря	Середня місячна відносна вологість	2
Сонячна радіація	Середня місячна інтегральна поверхнева щільність потоку сумарного сонячного випромінювання	1
	Енергетична експозиція прямого сонячного випромінювання	1
Стан дорожнього покриття	Коефіцієнт опору коченню	1
Швидкість руху	Середня технічна швидкість руху	1
Інтенсивність експлуатації	Середній добовий пробіг	1

Вид закономірностей впливу умов експлуатації на зміну параметра потоку відмов залежить від типу факторів умов експлуатації. Узагальнення результатів попередніх досліджень, а також даних, отриманих у межах цієї роботи, дало

можливість систематизувати закономірності впливу сезонних факторів на параметр потоку відмов.

Для описання вказаних закономірностей можуть бути використані такі моделі: лінійна; степенева; експоненційна; квадратична.

Аналіз попередніх робіт свідчить, що одним із найсуттєвіших сезонних факторів є температура навколишнього повітря. Дослідження впливу низьких температур на інтенсивність зношування автомобілів, їх агрегатів, систем і механізмів показують, що інтенсивність зношування більшості агрегатів при пониженні температури зростає. Це пов'язано з погіршенням умов мащення через підвищення в'язкості мастила.

Отже, існує оптимальна температура, за якої показники надійності перебувають на найвищому рівні. Як при зниженні, так і при підвищенні температури відносно оптимального значення надійність погіршується.

Було висунуто гіпотезу, що залежність можна описати параболічною моделлю. Для інших факторів конкретна модель підбирається за результатами експериментальних досліджень.

У разі одночасної дії кількох факторів використовується адитивна багатофакторна модель.

Під час застосування адитивної моделі після визначення її загального вигляду постає питання щодо доцільності врахування у ній змішаних ефектів. На сьогодні серед фахівців у галузі математичної статистики відсутня єдина позиція щодо використання моделі лише на основних ефектах у випадку статистично значущих взаємодій. Також, існують різні, у тому числі діаметрально протилежні, погляди: 1) використання моделей виключно на головних ефектах; 2) застосування моделей, що обов'язково включають змішані ефекти.

Аналіз результатів попередніх досліджень свідчить, що у більшості випадків процеси зміни показників якості автомобілів та їх елементів можуть бути адекватно описані адитивними моделями на основних ефектах. Проте в окремих ситуаціях залежність може бути апроксимована з достатньою точністю й достовірністю лише моделлю зі змішаними ефектами. Таким чином, у кожному

конкретному випадку тип моделі необхідно обирати з урахуванням особливостей досліджуваного процесу, спираючись на аналіз отриманих після експерименту параметрів та статистичних характеристик моделі зі змішаними ефектами та моделі на головних ефектах.

Вирішення питання щодо використання моделі зі змішаними ефектами або без них за наявності статистично значущих взаємодій може бути зведене до пошуку компромісу між складністю моделі, точністю та ефективністю її оцінювання, а також простотою та наочністю інтерпретації її параметрів.

Відповідно до поданої методики, вибір остаточного виду моделі здійснюється після проведення та оброблення експерименту.

2.10. Модель формування потоку відмов з урахуванням сезонної варіації інтенсивності та умов експлуатації автомобілів

Відповідно до концептуального підходу, викладеного у розділі 2.2, модель потоку відмов має вигляд:

$$\Omega = \int_0^T \omega(X(T), L(T)) dT. \quad (2.22)$$

Моделювання зводиться до визначення числових рішень цього інтеграла для встановлених значень часу T .

Як зазначалося вище, існують два підходи до моделювання потоку відмов автомобілів: детермінований та стохастичний.

Стохастичний підхід дозволяє врахувати випадковий характер надходження відмов з урахуванням різних факторів, але потребує створення складної імітаційної моделі, яка рідко використовується на практиці.

Детермінований підхід є менш точним, але значно простішим. Він передбачає розрахунок параметрів потоку відмов на основі усереднених значень. Точність результатів залежить від довжини інтервалу усереднення параметрів.

У відомих методиках усереднення здійснюється за рік. Для підвищення точності приймемо період усереднення рівним одному місяцю, розглядаючи середньомісячні значення сезонних факторів та параметрів потоку відмов.

Розрахунок кількості відмов здійснюється за таким алгоритмом:

1. Визначення значень факторів за моделлю: $X = f(T)$.
2. Визначення інтенсивності експлуатації за моделлю: $L = f(T)$.
3. Визначення параметра потоку відмов за моделлю: $\omega = f(T)$.
4. Визначення напрацювання: $\Delta L = \int_0^T L(T) dT$.
5. Розрахунок кількості відмов: $\Omega = \omega \cdot \Delta L$.

Таким чином, стає можливою побудова часткових рішень на основі локальних моделей взаємодії системи.

Для практичного використання підходу необхідно експериментально перевірити гіпотези щодо форми математичних моделей та визначити числові значення їх параметрів.

Слід зазначити, що можливим є і стохастичний підхід, однак він потребує створення імітаційної моделі та програмного забезпечення. Розроблення такої моделі не входило до завдань даної роботи.

2.11. Висновки до розділу 2

У результаті проведених теоретичних досліджень сформульовано гіпотези щодо виду математичних моделей основних закономірностей процесу формування потоку відмов.

Запропоновані гіпотези про структуру математичних моделей потребують експериментальної перевірки з метою підтвердження їх адекватності та можливості подальшого практичного застосування.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН РУХОМОГО СКЛАДУ

3.1. Методика проведення розрахунково-експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень є перевірка гіпотез, сформульованих на етапі аналітичних досліджень, щодо значущих сезонних факторів, виду математичних моделей, а також визначення числових значень параметрів, що входять до їх складу.

У процесі виконання експериментальних досліджень розв'язувалися такі завдання:

1. Перевірити гіпотези щодо значущості сезонних змін факторів умов експлуатації.
2. Перевірити гіпотезу про наявність та значущість кореляційних зв'язків між сезонними факторами.
3. Перевірити гіпотезу щодо виду математичної моделі сезонних змін інтенсивності експлуатації автомобілів та визначити числові значення її параметрів.
4. Перевірити гіпотезу щодо виду математичних моделей сезонних змін факторів та визначити числові значення їх параметрів.
5. Перевірити гіпотезу про вид математичної моделі впливу сезонних факторів умов експлуатації на параметр потоку відмов автомобіля та його складових елементів.

3.1.1. Загальна методика експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводяться у три етапи. На першому

етапі здійснюється збирання статистичних даних щодо фактичних значень температури повітря, коефіцієнта опору коченню, кількості днів з опадами та інших факторів.

На другому етапі проводиться збирання даних про інтенсивність експлуатації автомобілів.

На третьому етапі фіксуються дані про відмови автомобілів, що виникли в процесі їх експлуатації.

3.1.2. Складання матриці плану експерименту

Під плануванням експерименту розуміють складання матриці плану експерименту та визначення необхідної кількості даних у кожній точці цієї матриці.

Завдання, що розв'язувалися, передбачали проведення пасивного експерименту. Планування експерименту полягало у визначенні кількості необхідних вимірювань.

За умови нормального розподілу випадкової величини кількість реалізацій розраховується за формулою:

$$n = \frac{v^2 \cdot t_\alpha^2}{\Delta^2} \quad (3.1)$$

де v – коефіцієнт варіації вимірюваної величини;

t_α^2 – статистика Стьюдента, що залежить від прийнятої довірчої імовірності α ;

Δ – відносна похибка.

Вибірку вважали репрезентативною, якщо при відносній похибці 0,10 та довірчій імовірності 0,90 кількість вимірювань була не меншою за розрахункове значення n .

У випадках, коли попередній аналіз показував суттєве відхилення розподілу від нормального, відносну похибку визначали за допомогою ймовірнісного калькулятора після вибору відповідного закону розподілу. Якщо при імовірності 0,90 похибка не перевищувала 0,10, така вибірка також вважалася репрезентативною.

Зміна температури повітря, інтенсивності експлуатації, коефіцієнта опору коченню, частки днів з опадами та інших факторів простежувалася за середньомісячними значеннями.

План експерименту наведено в таблиці 3.1. Обсяги вибірок у кожній точці плану визначалися виходячи з довірчої похибки 0,10 та довірчої імовірності 0,90.

Таблиця 3.1 – План експерименту

Номер точки плану	Місяць року	Інтенсивність експлуатації, км/міс.
1	Січень	$L_{11}, L_{12}, L_{13}, \dots, L_{1N}$
2	Лютий	$L_{21}, L_{22}, L_{23}, \dots, L_{2N}$
3	Березень	$L_{31}, L_{32}, L_{33}, \dots, L_{3N}$
...	...	
12	Грудень	$L_{12,1}, L_{12,2}, L_{12,3}, \dots, L_{12,N}$

3.1.3. Загальна характеристика ТОВ «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА»

Товариство з обмеженою відповідальністю «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА» – це автотранспортне підприємство, що здійснює діяльність у сфері вантажних автомобільних перевезень та супутніх сервісних послуг. Підприємство зареєстроване у місті Вінниця, код ЄДРПОУ 31679878, юридична адреса: м. Вінниця, вул. Довженка, 39. Дата державної реєстрації товариства – 05 березня 2002 року, що свідчить про тривалий досвід роботи на ринку транспортних послуг та сформовану клієнтську базу.

Виробничо-складська та сервісна інфраструктура розміщена за кількома адресами у межах міста, зокрема на вул. Черняхівського, 6 та Сабарівському шосе, 6, де розташовані адміністративні та сервісні приміщення, а також

майданчики для стоянки й обслуговування рухомого складу. Основними видами діяльності підприємства є міжнародні та міжміські автомобільні перевезення штучних і тарно-штучних вантажів, у тому числі комплектних, збірних та рефрижераторних, а також продаж вантажних автомобілів, автозапчастин та виконання зварювальних робіт.

ТОВ «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА» надає послуги перевезення вантажів як у межах України, так і за міжнародними напрямками, що потребує наявності сучасного рухомого складу, дотримання вимог Конвенції про договір міжнародного дорожнього перевезення вантажів (CMR), Європейської угоди щодо міжнародного дорожнього перевезення небезпечних вантажів (ADR) (за потреби), а також національного транспортного й митного законодавства. Підприємство забезпечує технічне обслуговування та ремонт власних і, за договором, сторонніх транспортних засобів, що дозволяє підтримувати високий рівень технічної готовності автопарку та знижувати витрати простою рухомого складу.

Організаційна структура товариства включає адміністративно-управлінський персонал, диспетчерську службу, транспортно-експлуатаційний підрозділ, ремонтно-сервісну дільницю та відділ зовнішньоекономічної діяльності, який відповідає за укладання контрактів і логістичний супровід міжнародних перевезень. Середня чисельність працівників становить близько 30 осіб, що дає змогу оперативно реагувати на запити клієнтів, забезпечувати гнучке планування перевезень та підтримувати необхідний рівень якості послуг.

У своїй діяльності ТОВ «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА» орієнтується на вимоги чинного законодавства України в частині ліцензування автомобільних перевезень, охорони праці, екологічної безпеки та бухгалтерського обліку. Підприємство виступає важливим елементом регіональної транспортно-логістичної системи Вінницької області, забезпечуючи перевезення промислових і продовольчих вантажів, сприяючи розвитку зовнішньоекономічної діяльності та інтеграції місцевих виробників у загальноукраїнські й міжнародні логістичні ланцюги.

Компанія має профільні автомобільні засоби (вантажні, напівпричепи/тягачі), які виконують перевезення по Україні та за її межами, зокрема - тентованими кузовами та рефрижераторними модифікаціями.

Рухомий склад відповідає профільній діяльності за КВЕД 49.41 «Вантажний автомобільний транспорт».

Автомобілі експлуатуються в дозволеному режимі та надають послуги за договорами вітчизняних і міжнародних перевезень із дотриманням стандартів транспортування вантажів.

Технічна характеристика складу (типова)

Тип автомобілів: вантажні автомобілі-тягачі + напівпричепи (тент-напівпричеп) або рефрижератори.

Клас транспортних засобів: середній/важкий вантажний транспорт (категорії, що дозволяють міжнародні перевезення).

Кузовні модифікації: тентовані (для загального вантажу) і рефрижераторні (для швидкопсувних вантажів).

Орієнтовна кількість: інформація про кількість працівників (10-50 осіб) наведена для компанії; зазвичай це відповідає наявності автопарку від кількох десятків одиниць.

Стан техніки: рухомий склад експлуатується в рамках транспортної логістики; здійснюється технічне обслуговування та ремонт відповідно до вимог законодавства України (зокрема, Закон України «Про автомобільний транспорт», Правила перевезень вантажів автомобільним транспортом) і внутрішніх стандартів підприємства.

Експлуатаційні аспекти:

Транспортні засоби компанії застосовуються як для внутрішніх перевезень, так і для міжнародних маршрутів.

Рухомий склад обслуговується власною/залученою сервісною мережею, що дозволяє здійснювати ТО та виправлення (зокрема, для підтримки ефективності експлуатації і зниження простоїв).

Для оптимальної роботи автопарку враховується режим «на лінії», завантаження, технічного обслуговування та резерву, що дозволяє дотримуватись встановлених графіків перевезень.

Перспективи оновлення та модернізації

Компанія має потенціал для оновлення рухомого складу шляхом:

- включення новіших транспортних засобів із нижчим витратою пального та кращими екологічними показниками (відповідно до стандартів Євро 5/6);
- модернізації існуючих засобів (ремонт, оновлення агрегатів, впровадження систем моніторингу, telematics);
- впровадження моделі регулярного оновлення з метою підвищення рентабельності автопарку та зниження витрат на ТО і простої.

Тягачі (седельні вантажні автомобілі). Зазвичай використовуються марки:

- DAF XF / CF
- MAN TGX / TGS
- Volvo FH
- Scania R / G
- Renault Magnum / T-series

Функції: Виконання міжміських та міжнародних перевезень вантажів у складі автопоїздів з тентованими або ізотермічними/рефрижераторними напівпричепами.

Основні характеристики:

- повна маса автопоїзда: 35–40 т
- стандарт екологічності: Євро-5 або Євро-6
- двигуни 11–13 л, 400–480 к.с.

Напівпричепа тентовані (штори). Використовуються для перевезення:

- палетованих вантажів,
- непродовольчих товарів,
- обладнання, металоконструкцій.

Типи напівпричепів:

- тентовані (standard curtain-side)
- тентовані MEGA (підвищена внутрішня висота – до 3 м)

Рефрижераторні напівпричепи. Застосовуються для перевезення вантажів, що потребують температурного режиму:

- харчові продукти,
- молочна продукція,
- напівфабрикати,
- медикаменти.

Основні характеристики:

- підтримувана температура: $-20...+20$ °C
- тип холодильного обладнання: Carrier / Thermo King
- двотемпературні модифікації (за потреби)

Вантажні автомобілі середнього класу (2–10 т). Використовуються для локальних перевезень у межах регіону, доставки малих партій товарів, а також для сервісних потреб підприємства.

Типові моделі: Mercedes-Benz Sprinter, Renault Master, Iveco Daily, MAN TGL.

Експлуатаційні показники автопарку:

- Середній вік техніки: орієнтовно 5–10 років.
- Технічна готовність: 0,92–0,96 (внаслідок регулярного ТО та ремонту).
- Система технічного обслуговування: регламентоване ТО за пробігом + позапланові ремонти.
- Місце проведення ТО/ТР: власні сервісні площі підприємства та контрактні СТО у Вінниці.

Організація роботи рухомого складу:

- Транспорт працює у режимі міжнародних та міжміських рейсів.
- Ведеться моніторинг GPS та контроль параметрів роботи автопоїздів.
- Забезпечується оптимізація маршрутів та мінімізація порожніх пробігів.
- Рухомий склад ділиться на групи за призначенням:
 - міжнародні перевезення,

- внутрішні вантажні рейси,
- спеціалізовані рефрижераторні перевезення,
- допоміжний автотранспорт.

Рухомий склад ТОВ «Транс-Легіон Україна» характеризується універсальністю, адаптованістю до сучасних логістичних вимог та відповідністю міжнародним стандартам. Використання надійних європейських тягачів і напівпричепів забезпечує стабільність перевезень, високу технічну готовність і можливість виконання широкого спектра логістичних задач.

Дані про відмови виписувалися з журналу обліку поточного ремонту, який заповнює майстер зони поточного ремонту.

Для розрахунку параметра потоку відмов необхідно мати дані про місячний пробіг автомобілів. Інформація про інтенсивність експлуатації (пробіги автомобілів) отримана у відділі експлуатації. Облік пробігів здійснюється за допомогою ЕОМ. Дані вводяться до пам'яті ЕОМ під час оброблення шляхових листів. Для отримання інформації про пробіги дані можуть виводитися на екран або роздруковуватися на принтері.

Середній параметр потоку відмов за місяць визначається за формулою:

$$\omega = \frac{N_{\text{відмов}}}{L_{\text{заг}}} \quad (3.2)$$

де $N_{\text{відмов}}$ – кількість відмов за місяць;

$L_{\text{заг}}$ – загальний пробіг усіх автомобілів певної марки.

3.2. Методика оброблення результатів розрахунково-експериментальних досліджень

3.2.1. Моделювання законів розподілу

Для розв'язання завдань експериментальних досліджень необхідно

здійснити статистичне опрацювання вибірок. На основі отриманих результатів слід встановити емпіричні закони розподілу та перевірити гіпотези щодо виду законів розподілу.

Інтегральна функція розподілу $F(x)$ є математичною моделлю залежності між значеннями варійованої ознаки та відповідними ймовірностями. Вона використовується для апроксимації емпіричних розподілів.

Диференційна функція (закон) розподілу $f(x)$ є щільністю інтегральної функції розподілу.

Для побудови функції розподілу необхідно:

- отримати емпіричний розподіл шляхом групування та первинного статистичного опрацювання вибірки;
- на основі апріорної інформації або аналізу гістограми вибрати закон розподілу;
- обчислити параметри закону розподілу;
- перевірити відповідність теоретичного закону емпіричному.

Для отримання емпіричного розподілу визначають мінімальне та максимальне значення випадкової величини у вибірці. Далі встановлюють кількість інтервалів гістограми, що зазвичай становить 5...11. Після цього визначають межі інтервалів та кількість потраплянь реалізацій у кожен інтервал.

Відносна частота потрапляння визначається як відношення кількості реалізацій у певному інтервалі до обсягу вибірки. Для розрахунку емпіричної диференційної функції розподілу відносну частоту ділять на довжину інтервалу.

Для оцінювання відповідності емпіричного розподілу теоретичному використовується критерій Пірсона, який обчислюється за формулою:

$$\chi^2 = n \sum_{i=1}^N \frac{[f_{\text{емп}}^{(i)} - f_{\text{теор}}^{(i)}]^2}{f_{\text{теор}}^{(i)}} \cdot h_i \quad (3.3)$$

де n – загальна кількість спостережень;

$f_{\text{емп}}^{(i)}$ – емпіричне значення диференційної функції розподілу в i -му інтервалі;

$f_{\text{теор.}}^{(i)}$ – теоретичне значення функції розподілу в i -му інтервалі;

h_i – довжина інтервалу.

Значення χ^2 не повинно перевищувати табличне, визначене для заданої кількості ступенів вільності та довірчої імовірності. Обчислення проводилися за допомогою програмного комплексу «REGRESS 2.5».

3.2.2. Методика гармонічного аналізу

Для розв'язання завдань 3 і 4 експериментальних досліджень застосовувалася гармонічна модель такого виду:

$$Y_i = Y_0 + \sum_{k=1}^g A_{YK} \cos(m(k \cdot T_i - T_{0K})), \quad (3.4)$$

де Y_0 – середнє значення показника Y за цикл;

k – номер гармоніки;

g – кількість гармонік;

A_{YK} – півамплітуда коливання k -тої гармоніки;

m – інтервал між T_i та $T_i + 1$ у градусах;

T_{0K} – початкова фаза коливання в градусах.

Параметри гармонічної моделі розраховуються за формулами:

$$m = \frac{360}{n}; \quad (3.5)$$

$$Y_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i; \quad (3.6)$$

$$A_{YK} = \sqrt{a_K^2 + b_K^2}; \quad (3.7)$$

$$T_{0k} = \frac{b_k}{a_k}; \quad (3.8)$$

$$a_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i \cdot \cos(k \cdot m \cdot T_i)); \quad (3.9)$$

$$b_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i \cdot \sin(k \cdot m \cdot T_i)); \quad (3.10)$$

Рівняння хвилі $Y_{k_i} = A_{TK} \text{Cos}(m(kT_i - T_{0k}))$; називається k-тою гармонікою з амплітудою A_{TK} , початковою фазою T_{0k} та періодом.

Для оцінювання адекватності моделі експериментальним даним застосовуються критерій Фішера F та середня похибка апроксимації E.

Для усунення проблем, пов'язаних із прогнозуванням та визначенням довірчих інтервалів, гармонічна модель може бути перетворена у лінійну шляхом заміни змінних:

$$Y_i = Y_0 + \sum_{k=1}^s A_{TK} \cdot z_k; \quad \text{де } z_k = \text{Cos}(m(kT_i - T_{0k})); \quad (3.11)$$

Після цього стає можливим використання апарату кореляційно-регресійного аналізу, що полегшує розв'язання зазначених завдань.

Гармонічний аналіз сезонних змін факторів виконували у такій послідовності:

- результати експерименту подавали у графічній формі та попередньо оцінювали ступінь зміни фактора;
- дані апроксимували гармонічною моделлю;
- оцінювали внесок гармонік у зміну фактора;
- гармоніки лінеаризували для визначення значущості кожної з них.

3.2.3. Моделювання із застосуванням регресійних моделей

Під час розв'язання завдання 5 експериментальних досліджень застосовувався апарат кореляційно-регресійного аналізу.

Для встановлення впливу факторів умов експлуатації на параметр потоку відмов добирали рівняння регресії, обчислювали його параметри та статистичні характеристики.

Тіснота парних кореляційних зв'язків між факторами та функцією відгуку оцінювалася за величинами коефіцієнтів парної кореляції r .

Значущість коефіцієнтів кореляції перевірялася за критерієм Стюдента. Кореляційний зв'язок вважався статистично значущим, якщо виконувалася умова:

$$t = \frac{|r|}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2} \geq t_p, \quad (3.12)$$

де t_p - табличне значення критерію Стюдента для довірчої імовірності P та $n-2$ ступенів вільності.

Адекватність математичних моделей оцінювалася за критерієм Фішера та середньою похибкою апроксимації s . Модель вважалася адекватною, якщо виконувалася умова:

$$F = \frac{S_y^2}{S_{ост}^2} \geq F_p, \quad (3.13)$$

де F - дисперсійне відношення Фішера;

F_p — табличне значення критерію Фішера для довірчої імовірності P та $n-2$ ступенів вільності.

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - y_{pi}|}{y_i} \cdot 100\% \quad (3.14)$$

Модель приймалася як адекватна, якщо середня похибка апроксимації не перевищувала 12...15%.

Після цього оцінювався вплив факторів на функцію відгуку. Для цього розраховували коефіцієнти еластичності та коефіцієнти впливу.

Частковий коефіцієнт еластичності λ показує, на скільки відсотків зміниться значення результативної ознаки при зміні одного фактора на 1% за фіксованих значень інших факторів. Він визначається за формулою:

$$\lambda_j = a_j \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}} \quad (3.15)$$

де a_j - коефіцієнт регресійної моделі при j -му факторі;

\bar{x}_j, \bar{y} - середні значення j -го фактора та результативної ознаки відповідно.

Відносний вплив j -го фактора на результативну ознаку характеризується коефіцієнтом впливу β , який визначається за формулою:

$$\beta_j = a_j \frac{\sigma_{xj}}{\sigma_y} \quad (3.16)$$

3.3. Результати розрахунково - експериментальних досліджень

3.3.1. Закономірності зміни сезонних факторів у часі

Аналіз отриманих результатів показав таке:

1. Усі розглянуті фактори суттєво циклічно змінюються протягом року.
2. Зміна факторів у часі з достатньою точністю описується гармонічними моделями.

3. Найбільш значущою є перша гармоніка (з періодом 1 рік), значно меншим є внесок другої гармоніки (з періодом 1/2 року), вплив інших гармонік статистично незначущий.

Температура повітря, °C:

$$t = 2,1 + 15,5 \cos(30(T - 6,9)) \quad (3.17)$$

Частка днів з опадами:

$$D = 0,42 + 0,06 \cdot \cos(30(T - 10,1)) + 0,04 \cdot \cos(30(2T - 1,0)) \quad (3.18)$$

Відносна вологість повітря, %:

$$B = 63,9 + 13,9 \cos(30(T - 11,7)) + 2,2 \cos(30(2T - 2,2)) \quad (3.19)$$

Середня технічна швидкість автомобіля, км/год:

$$V_t = 34,6 + 3,4 \cdot \cos(30(T - 2,2)) \quad (3.20)$$

Середній добовий пробіг автомобіля, км:

$$L = 270 + 27,8 \cos(30(T - 2,4)) \quad (3.21)$$

3.3.2. Оцінювання кореляційних взаємозв'язків кліматичних факторів

На подальшому етапі була перевірена гіпотеза щодо наявності кореляційних зв'язків між кліматичними факторами. З цією метою побудовано матрицю кореляційних полів та складено кореляційну таблицю.

Оцінювання значущості коефіцієнтів парної кореляції за критерієм Стьюдента показало, що всі кліматичні фактори, крім частки днів з опадами, мають статистично значущий лінійний кореляційний зв'язок із температурою повітря.

Аналогічним чином було оцінено вплив температури повітря на експлуатаційні фактори – коефіцієнт опору коченню, середню технічну швидкість та середній добовий пробіг автомобілів.

Таблиця 3.2 – Матриця коефіцієнтів парної кореляції

	t	D	h	V	B	R	E
t	1.000	-0,105	0,929	-0,479	-0,803	0,908	0,871
D	-0,105	1.000	0,140	-0,459	0,550	-0,441	-0,421
h	0,929	0,140	1.000	-0,691	-0,609	0,759	0,710
V	-0,479	-0,559	-0,691	1.000	0,137	-0,309	-0,336
B	-0,803	0,550	-0,609	0,137	1.000	-0,967	-0,911
R	0,908	-0,441	0,759	-0,309	-0,967	1.000	0,944
E	0,871	-0,421	0,710	-0,336	-0,911	0,944	1.000

Таблиця 3.3 – Матриця t-статистик коефіцієнтів парної кореляції

	t	D	h	V	B	R	E
t	100,0	0,3	7,9	1,7	4,3	6,9	5,6
D	0,3	100,0	0,4	1,6	2,1	1,6	1,5
h	7,9	0,4	100,0	3,0	2,4	3,7	3,2
V	1,7	2,1	3,0	100,0	0,4	1,0	1,1
B	4,3	2,1	2,4	0,4	100,0	11,9	7,0
R	6,9	1,6	3,7	1,0	11,9	100,0	9,1
E	5,6	1,5	3,2	1,1	7,0	9,1	100,0

Таблиця 3.4 – Матриця імовірностей значущості коефіцієнтів парної кореляції

	t	D	h	V	B	R	E
t	0,99	0,00	0,99	0,80	0,99	0,99	0,99
D	0,00	0,99	0,00	0,80	0,90	0,80	0,80
h	0,99	0,00	0,99	0,98	0,95	0,99	0,99
V	0,80	0,90	0,98	0,99	0,00	0,00	0,00
B	0,99	0,90	0,95	0,00	0,99	0,99	0,99
R	0,99	0,80	0,99	0,00	0,99	0,99	0,90
E	0,99	0,80	0,99	0,00	0,99	0,99	0,99

Таблиця 3.5 – Матриця коефіцієнтів парної кореляції температури повітря та експлуатаційних факторів

	f	V _t	L
t	0,406	-0,712	-0,658
f	1,0	-0,392	-0,450
V _t	-0,392	1,0	0,970
L	-0,450	0,970	1,0

Таблиця 3.6 – Матриця t-статистик коефіцієнтів парної кореляції

	f	V _T	L
t	1,4	3,2	2,8
f	100,0	1,3	1,6
V _T	1,3	100,0	12,5
L	1,6	12,5	100,0

Таблиця 3.7 – Матриця імовірностей значущості коефіцієнтів парної кореляції

	f	V _T	L
t	0,80	0,99	0,98
f	0,99	0,00	0,80
V _T	0,00	0,99	0,99
L	0,80	0,99	0,99

Аналіз отриманих результатів підтвердив, що всі зазначені експлуатаційні фактори мають статистично значущий лінійний кореляційний зв'язок із температурою повітря.

Таблиця 3.8 – Матриця коефіцієнтів кореляції параметра потоку відмов елементів автомобіля та кліматичних факторів

	t	D	h	V	B	R	E	f	V _t	L
ω _{дв}	-0,61	0,51	-0,47	0,27	0,83	-0,81	-0,82	-0,05	0,39	0,24
ω _{КП}	-0,22	0,52	-0,11	-0,18	0,40	-0,34	-0,51	0,12	0,08	0,02
ω _{ру}	0,39	0,44	0,38	-0,42	-0,19	0,24	0,21	0,71	-0,23	-0,18
ω _{ВМ}	-0,56	0,21	-0,58	0,57	0,67	-0,75	-0,73	0,09	0,09	-0,00
ω _{ЦР}	-0,39	0,34	-0,41	0,46	0,68	-0,66	-0,65	0,31	-0,05	-0,16
ω _{звт}	-0,58	0,51	-0,53	0,39	0,80	-0,83	-0,85	0,20	0,16	0,05

3.3.3. Закономірності зміни параметра потоку відмов у часі

На наступному етапі за аналогічною методикою було оцінено зміну потоку відмов автомобілів у цілому та їх окремих елементів протягом року. Доведено, що для всіх основних агрегатів і систем автомобіля сезонна зміна параметра потоку відмов є суттєвою.

Зміна параметра потоку відмов двигунів автомобілів у часі:

$$\omega_{дв} = 0,054 + 0,030 \cos(30(T - 11,3)) + 0,011 \cos(30(2T - 11,8)). \quad (3.22)$$

Зміна параметра потоку відмов коробок передач автомобілів:

$$\omega_{КП} = 0,020 + 0,010 \cos(30(T - 9,0)) + 0,015 \cos(30(4T - 11,9)) \quad (3.23)$$

Зміна параметра потоку відмов рульового керування автомобілів:

$$\omega_{ру} = 0,041 + 0,015 \cdot \cos(30(T - 7,5)) + 0,020 \cos(30(5T - 6,8)) \quad (3.24)$$

Зміна параметра потоку інших відмов автомобілів:

$$\omega_{И} = 0,031 + 0,019 \cos(30(T - 10,9)) + 0,017 \cos(30(2T - 10,1)) \quad (3.25)$$

Зміна параметра потоку відмов автомобілів загалом:

$$\omega_{авт} = 0,234 + 0,108 \cos(30(T - 11,4)) + 0,083 \cos(30(2T - 10,1)) \quad (3.26)$$

3.3.4. Вибір сезонних факторів, що впливають на параметр потоку відмов автомобілів та їх елементів

На черговому етапі досліджень було проведено оцінювання ступеня впливу сезонних факторів на параметри потоку відмов автомобіля та його окремих елементів. Аналіз значущості коефіцієнтів кореляції за критерієм Стьюдента, а також урахування кореляційних взаємозв'язків між факторами дали змогу визначити перелік факторів, які необхідно включати до математичних моделей формування потоку відмов.

Установлено, що:

- для двигуна істотний вплив мають температура повітря та частка днів з опадами;
- для коробки передач значущим фактором виступає лише частка днів з опадами;
- для рульового керування - коефіцієнт опору коченню;
- для інших відмов ключовим фактором є відносна вологість повітря;
- для автомобіля загалом, так само як і для двигуна, суттєвими є температура повітря і частка днів з опадами.

3.3.5. Закономірності впливу сезонних факторів на параметр потоку відмов

На наступному етапі дослідження були встановлені закономірності впливу сезонних факторів на параметр потоку відмов та розроблені відповідні математичні моделі. Висунуті під час теоретичного аналізу гіпотези підтвердилися частково. Передбачалося, що вплив температури повітря може бути описаний квадратичною моделлю. Аналіз експериментальних даних показав, що для двигуна та автомобіля загалом така модель є адекватною. Водночас для роздавальної коробки та ведучих мостів найкращу апроксимацію забезпечує експоненційна модель.

Вплив відносної вологості повітря на параметр потоку інших відмов, а також вплив коефіцієнта опору коченню на параметр потоку відмов рульового керування також адекватно описуються експоненційними моделями.

Для двигуна та автомобіля в цілому встановлено, що на параметр потоку відмов одночасно впливають два фактори: температура повітря і частка днів з опадами. Це поєднане двофакторне впливання моделюється за допомогою відповідної регресійної залежності.

Вплив коефіцієнта опору коченню на параметр потоку відмов рульового керування:

$$\omega_{py} = 0,011 \cdot e^{31 \cdot f} \left(\frac{1}{1000} \text{ км} \right) \quad (3.27)$$

Частковий вигляд двофакторних моделей для двигуна та автомобіля загалом:

$$\omega_{дв.} = 0,014 + 0,00015(t - 7,1)^2 + 0,0011 \cdot e^{6,1D} \left(\frac{1}{1000} \text{ км} \right) \quad (3.28)$$

$$\omega_{авт.} = 0,042 + 0,00032(t - 5,0)^2 + 0,0018 \cdot e^{7,6D} \left(\frac{1}{1000} \text{ км} \right) \quad (3.29)$$

Таким чином, у результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень успішно вирішено перші три науково-дослідні завдання.

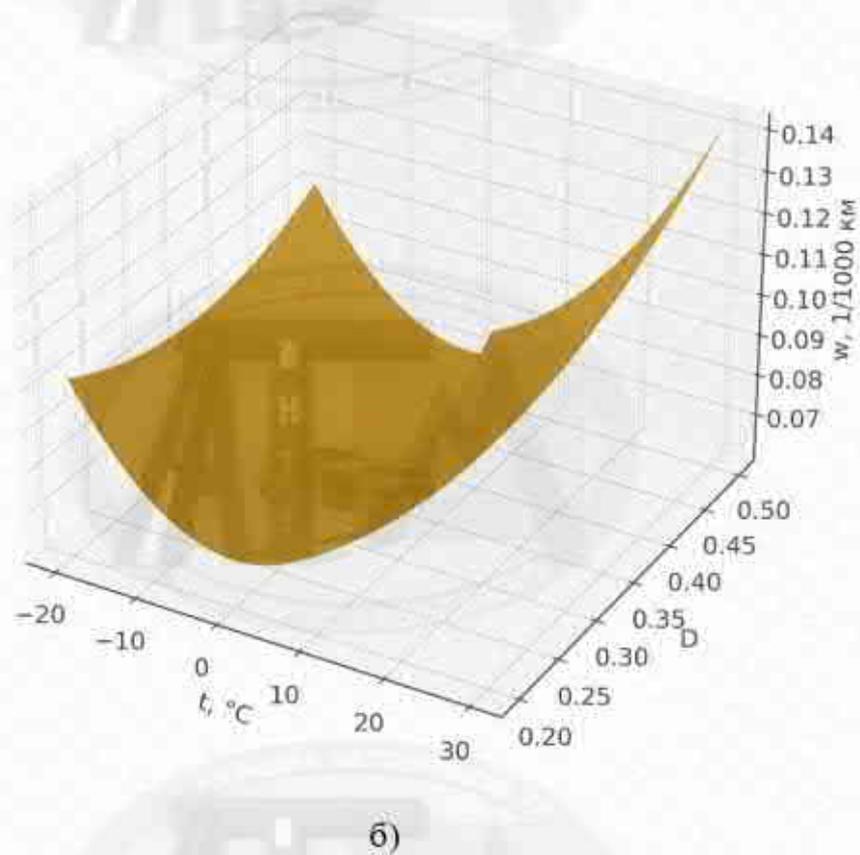
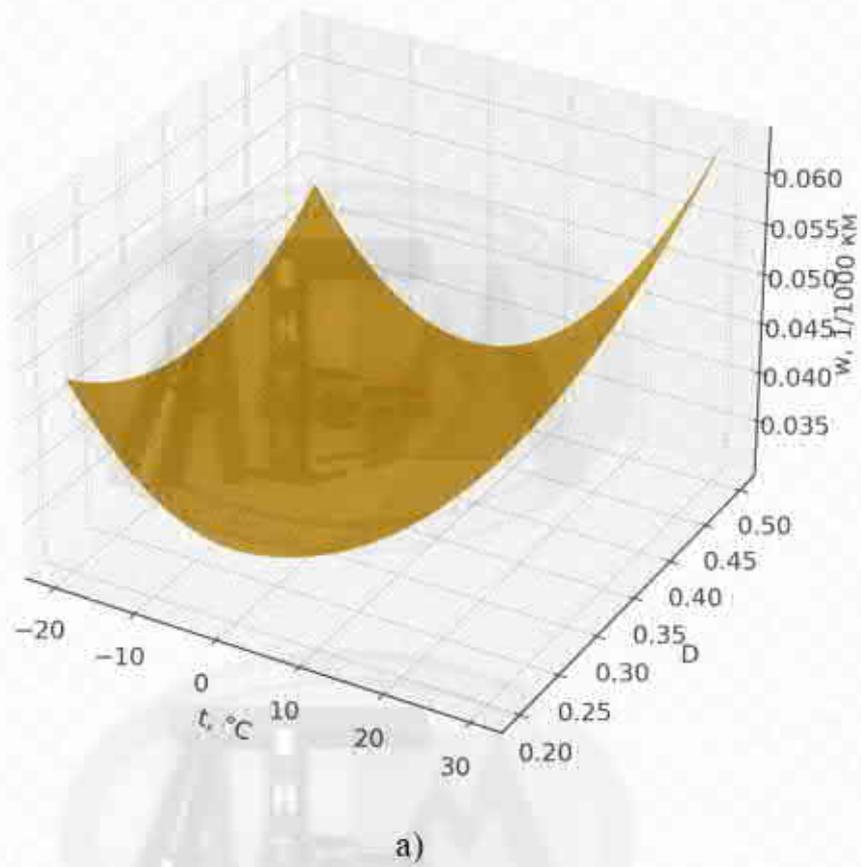


Рисунок 3.1 - Вплив температури повітря та частки днів з опадами на параметр потоку відмов двигунів (а) та автомобілів (б).

3.4. Висновки до розділу 3

Таким чином, результати експериментальних досліджень підтвердили висунуті у розділі 2 гіпотези щодо виду математичних моделей. Крім того, на основі експериментальних даних визначено числові значення параметрів зазначених моделей.



РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Основні напрями використання отриманих результатів

На основі виконаних досліджень отримано такі результати:

- встановлено закономірності формування потоку відмов автомобілів з урахуванням сезонної варіації інтенсивності та умов експлуатації;
- визначено сезонні фактори, що впливають на потік відмов автомобілів та їх окремих елементів;
- встановлено закономірності впливу зазначених факторів на параметр потоку відмов і вдосконалено математичні моделі для їх опису.

Отримані результати дають можливість розробити методику коригування розрахункової кількості постів технічного обслуговування та поточного ремонту (ТО та ПР) з урахуванням сезонних змін умов та інтенсивності експлуатації. Використання такої методики забезпечує зменшення простоїв автомобілів у черзі на ремонт, що, у свою чергу, сприяє зниженню втрат прибутку автотранспортного підприємства.

Закономірності впливу сезонних факторів на параметр потоку відмов елементів автомобілів дають змогу більш точно планувати потребу в оборотних агрегатах, що підвищує ефективність організації технічного обслуговування та ремонту.

4.2. Методологічні питання використання результатів досліджень

Процес усунення відмов у зоні ТО та ПР є стохастичним процесом. Функціонування зони ТО та ПР може бути подане у вигляді системи масового обслуговування (СМО). У такому разі потік відмов виступає як вхідний потік СМО (рис. 4.1).



Рисунок 4.1. - Зона технічного ремонту автомобілів як система масового обслуговування

Під час розрахунку параметрів вхідного потоку та визначення необхідної кількості постів ПР застосовують два підходи - детермінований і стохастичний.

У детермінованому підході розрахунки виконуються на основі усереднених значень основних факторів, що впливають на формування потоку відмов. Для забезпечення необхідної продуктивності зони ПР базова кількість постів коригується за допомогою певних коефіцієнтів. Зокрема, нестационарність потоку відмов враховується коефіцієнтом нерівномірності надходження автомобілів у зону ПР. У відомих методиках цей коефіцієнт пов'язується лише з чисельністю автомобільного парку і не враховує сезонної нерівномірності.

Отримані в роботі закономірності дозволяють застосовувати обидва підходи до моделювання потоку відмов.

Стохастичний підхід передбачає створення складної імітаційної моделі, яка практично не використовується у виробничих умовах, хоча й дозволяє урахувати випадковість процесу надходження відмов під дією різних факторів.

Менш точним, але значно простішим у застосуванні є детермінований підхід. Він базується на розрахунку характеристик потоку відмов за усередненими значеннями факторів. Точність результатів залежить від тривалості інтервалу часу, протягом якого здійснюється усереднення факторів і, відповідно, параметрів потоку.

У розділі 2 показано, що загальна кількість відмов описується залежністю:

$$\Omega = \Omega_C + \Omega_T + \Omega_P. \quad (4.1)$$

де Ω_C - постійна (базова) компонента;

Ω_T - періодична компонента;

Ω_P - випадкова компонента.

У межах цієї роботи прийнято припущення, що потрібна кількість постів ГР змінюється пропорційно інтенсивності потоку відмов. Під час визначення середньої кількості постів Ω_C використовується відома методика. Далі кількість постів коригується з урахуванням сезонної нерівномірності потоку відмов Ω_T . Випадкова компонента Ω_P ураховується за допомогою коефіцієнта нерівномірності, що залежить від кількості автомобілів у парку.

4.3. Методика визначення кількості постів поточного ремонту

Кількість постів поточного ремонту (ГР) визначається за формулою:

$$X_{ГР} = \frac{T_{ГР}^{(П)} \cdot \varphi \cdot K_{ГР}}{D_{роб.з.} \cdot T_{ем} \cdot \eta_n \cdot P_{П}} \quad (4.2)$$

де $T_{\text{ПР.Р}}^{(\Pi)}$ – річний обсяг робіт, що виконуються на постах поточного ремонту, люд.-год;

φ – коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів на пости ТР;

$K_{\text{ПР}}$ – коефіцієнт, що враховує частку обсягу робіт, виконуваних на постах ТР у найбільш завантажену зміну;

$D_{\text{роб.з.}}$ – кількість робочих днів постів ПР у році, днів;

$T_{\text{см}}$ – тривалість робочої зміни, год;

η_n – коефіцієнт використання робочого часу поста ТР;

$P_{\text{П}}$ – кількість робітників на посту.

Відповідно до концепції, викладеної в розділі 2, подамо сталу компоненту кількості постів ПР у такому вигляді:

$$X_{\text{ПРС}} = \frac{T_{\text{ПР.Р}}^{(\Pi)} \cdot K_{\text{ПР}}}{D_{\text{роб.з.}} \cdot T_{\text{см}} \cdot \eta_n \cdot P_{\text{П}}} \quad (4.3)$$

Для урахування нерівномірності потоку відмов, з урахуванням двох основних причин цієї нерівномірності, представимо коефіцієнт нерівномірності як добуток двох коефіцієнтів:

$$\varphi = \varphi' \cdot \varphi'' \quad (4.4)$$

де φ' – коефіцієнт, що залежить від кількості автомобілів у парку ($\varphi' = 1, 2 \dots 1, 5$);

де φ'' – коефіцієнт, що враховує сезонну нерівномірність потоку відмов.

Для практичного застосування такої методики необхідно визначити числові значення коефіцієнта φ'' .

4.4. Розрахунок коефіцієнта сезонної нерівномірності надходження автомобілів на пости поточного ремонту

Проведені дослідження показали, що сезонна нерівномірність потоку відмов безпосередньо пов'язана з варіацією інтенсивності та умов експлуатації. Тому необхідно визначити значення коефіцієнта φ'' для типових випадків зміни протягом року інтенсивності експлуатації, температури повітря та частки днів з опадами.

Таблиця 4.1 – Розрахунок коефіцієнта сезонної нерівномірності надходження автомобілів на пости поточного ремонту

Місяць	t, °C	D	l _i , тис. км/міс.	$\omega=f(t,D)$	$\Delta L=l \cdot \Delta T$	$\Omega_i=\omega \cdot \Delta L$	$\varphi'' = \frac{\Omega_i}{\Omega_{cp}}$
Січень	-14	0,45	3,89	0,109	3,89	0,422	1,42
Лютий	-12	0,35	3,51	0,077	3,51	0,270	0,91
Березень	-4	0,39	4,29	0,079	4,29	0,341	1,14
Квітень	3	0,29	3,87	0,058	3,87	0,226	0,76
Травень	10	0,35	2,53	0,069	2,53	0,173	0,58
Червень	16	0,41	2,6	0,086	2,6	0,225	0,76
Липень	18	0,49	2,65	0,122	2,65	0,323	1,09
Серпень	15	0,4	2,75	0,083	2,75	0,228	0,76
Вересень	9	0,44	3,22	0,094	3,22	0,301	1,01
Жовтень	1	0,45	3,24	0,098	3,24	0,316	1,06
Листопад	-6	0,44	2,57	0,097	2,57	0,249	0,84
Грудень	-11	0,54	3,13	0,159	3,13	0,498	1,67
Разом					38,25	3,573	
Середнє				0,094	3,18	0,298	1,00

Характерними є закономірності для автотранспортних підприємств:

- загального призначення;
- що виконують сільськогосподарські перевезення;

Виходячи зі значень факторів сезонних умов та інтенсивності експлуатації, за детермінованою моделлю формування потоку відмов, наведеною у розділі 2 розраховано значення коефіцієнта сезонної нерівномірності φ'' . Приклад розрахунку наведено в табл. 4.1.

4.5. Оцінка ефективності результатів досліджень

У даній роботі встановлено закономірність зміни потоку відмов автомобілів залежно від пори року. Для практичної реалізації отриманих результатів розраховано коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів у зону поточного ремонту, за допомогою якого збільшується розрахункова кількість постів поточного ремонту (ПР) з метою усунення простоїв автомобілів під час очікування відновлювальних робіт.

Чинна методика розрахунку передбачає використання коефіцієнта нерівномірності в межах від 1,2 до 1,5.

Для рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА», фактичні та розрахункові значення цього коефіцієнта суттєво перевищують значення 1,5 та досягають 1,9. Це пояснюється тим, що період максимальної інтенсивності експлуатації припадає на час низьких температур навколишнього середовища, а обидва ці фактори значно збільшують потік відмов. Тобто для таких підприємств у зимові місяці виникають додаткові простої автомобілів в очікуванні ремонту.

Практичне застосування отриманих результатів дозволить збільшити розрахункову кількість постів ПР. Під час створення нових АТП або реконструкції діючих підприємств. Кількість постів поточного ремонту для умов рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА» доцільно збільшити приблизно на 25 % відносно кількості, визначеної за чинною методикою. Капітальні вкладення при цьому зростають, однак вони компенсуються за рахунок скорочення простоїв рухомого складу через очікування ремонту.

Тривалість простою при усуненні одного відмовлення коливається від 24 до 288 годин. Середній час відновлення одного відмовлення становить 156 годин. Однією з причин таких значних простоїв є недостатня кількість постів ПР. У зимові місяці в середньому виникає близько 30 відмов автомобілів. Загальний простій за місяць становить: $156 \times 30 = 4680 \text{ год}$.

Таблиця 4.2 – Розрахункове значення коефіцієнта нерівномірності

Місяць	Значення коефіцієнта ϕ		Різниця	Різниця, %
	(до впровадження)	(після впровадження)		
Січень	1,5	1,65	-0,15	10
Лютий	1,5	1,58	-0,08	5
Березень	1,5	1,13	0,37	
Квітень	1,5	1,02	0,48	
Травень	1,5	0,97	0,53	
Червень	1,5	0,63	0,87	
Липень	1,5	0,77	0,73	
Серпень	1,5	0,47	1,03	
Вересень	1,5	0,26	1,24	
Жовтень	1,5	0,88	0,62	
Листопад	1,5	1,61	-0,11	7
Грудень	1,5	1,82	-0,32	21

У разі збільшення кількості постів відповідно до запропонованих рекомендацій тривалість простоїв зменшується на величину ΔT . При цьому прибуток збільшується на величину:

$$d\Pi = dT \cdot \Pi_{\text{год}} \quad (4.5)$$

де $\Pi_{\text{год}}$ – погодинний прибуток.

Зі збільшенням кількості постів ПР на 25 % можна істотно зменшити час простою техніки в очікуванні ремонту. Обґрунтуванням необхідності такого збільшення слугує розрахунок потреби у кількості постів із використанням коефіцієнтів нерівномірності надходження автомобілів у зону ПР до та після впровадження методики. Розрахунки показали, що зона ПР має бути розширена на три пости. Для цього необхідно визначити витрати на їх установлення та порівняти їх із додатковим прибутком, отриманим завдяки зменшенню простоїв рухомого складу.

Порівняння витрат на збільшення кількості постів ПР із прибутком від скорочення непродуктивних простоїв демонструє, що розширення ремонтної зони є економічно доцільним. Для наведеного прикладу строк окупності становить 0,51 року, тобто приблизно 6 місяців.

4.6 Висновки до розділу 4

У межах даного розділу було узагальнено результати дослідження та визначено практичні підходи до їх впровадження в діяльність автотранспортного підприємства. Встановлено, що застосування отриманих аналітичних залежностей та методичних рішень забезпечує можливість підвищення ефективності процесів технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів у умовах виробничої зони АТП.

Проведений аналіз основних напрямів використання результатів дослідження показав, що розроблені положення можуть бути застосовані при нормуванні трудомісткості операцій, плануванні завантаження виробничих постів, визначенні оптимальної структури ремонтної зони та раціональному розподілі транспортних засобів за видами обслуговування. Це дозволяє зменшити нерівномірність надходження автомобілів на ТО та ПР, скоротити простої, а також підвищити пропускну спроможність ремонтних постів.

Розглянуті методологічні питання підтвердили доцільність застосування системного підходу до оцінювання впливу експлуатаційних і кліматичних факторів на інтенсивність надходження автомобілів на поточний ремонт. Методичні положення, сформовані у роботі, забезпечують можливість уніфікованого використання отриманих показників на різних виробничих дільницях автотранспортного підприємства та створюють основу для подальшої автоматизації планових розрахунків.

Запропонована методика визначення необхідної кількості постів поточного ремонту дала змогу встановити раціональні параметри виробничої зони з урахуванням фактичного технічного стану автомобільного парку, сезонної

нерівномірності надходження та трудомісткості ремонтних операцій. Її застосування забезпечує збалансованість між виробничими можливостями підприємства та реальним обсягом ремонтних робіт.

Розрахунок коефіцієнта сезонної нерівномірності надходження автомобілів підтвердив наявність суттєвих коливань інтенсивності звернень у різні періоди року. Визначені значення коефіцієнта дозволяють коригувати планові графіки технічного обслуговування, формувати резерви виробничої потужності та своєчасно прогнозувати пікові навантаження на ремонтні пости.

Оцінювання ефективності впровадження результатів дослідження показало, що використання запропонованих методичних рішень забезпечує зниження непродуктивних простоїв автомобілів, підвищення використання робочого часу персоналу, раціоналізацію завантаження постів ІР та покращення показників технічної готовності парку. У комплексі це сприяє підвищенню рівня надійності автотранспортних засобів і загальної ефективності діяльності підприємства.

Таким чином, результати виконаних досліджень мають практичну значущість та можуть бути рекомендовані до впровадження у виробничо-технічну практику автотранспортних підприємств з метою удосконалення організації поточного ремонту та оптимізації технічного обслуговування автомобільного парку.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень вирішено важливе завдання, що полягає у встановленні закономірностей впливу сезонних умов на формування потоку відмов автомобілів та вдосконаленні на цій основі методики коригування розрахункової кількості постів поточного ремонту (ПР).

1. Визначено закономірності формування потоку відмов автомобілів. Потік відмов характеризується параметром потоку, який характеризує інтенсивність процесу, а також напрацюванням у одиницю часу.

2. Встановлено перелік факторів, які необхідно враховувати під час моделювання потоку відмов. Зокрема:

- для двигуна: температура повітря та частка днів з опадами;
- для коробки передач: частка днів з опадами;
- для рульового керування: коефіцієнт опору коченню;
- для інших відмов: відносна вологість повітря;
- для автомобіля в цілому: температура повітря та частка днів з опадами (аналогічно двигуну).

3. Установлено закономірності та математичні моделі впливу сезонних факторів на потік відмов автомобілів і їх складових агрегатів. Зокрема: – для двигуна та автомобіля в цілому вплив температури на параметр потоку відмов описується квадратичною функцією; – вплив відносної вологості повітря на параметр потоку інших відмов, а також вплив коефіцієнта опору коченню на параметр потоку відмов рульового керування описуються експоненційними залежностями; – визначено вигляд двофакторних моделей для описання спільного впливу температури повітря та частки днів з опадами на параметр потоку відмов двигунів та автомобілів у цілому.

4. Отримані результати запропоновано використовувати під час визначення кількості постів поточного ремонту. Пропонується розглядати коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів як добуток двох

складових: – коефіцієнта, що залежить від чисельності парку; – коефіцієнта, який враховує сезонну нерівномірність потоку відмов.

5. Розраховано значення коефіцієнта сезонної нерівномірності надходження автомобілів на пости ПР для рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА»



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антонюк О. П., Кононов В.А. Аналіз впливу потоку відмов автомобілів на параметри виробничо-технічної бази підприємства. // Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2026)», Вінниця, 2025 - ВНТУ. – 4 с.

1. Андрусенко С. І. До формування критерію оптимізації системи постачання запчастин в підприємствах автосервісу / С. І. Андрусенко, О. С. Бугайчук // Вісник Національного транспортного університету. – 2011. – № 23. - С. 72 – 78. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2011_23_13.

2. 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).

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).

3. Андрусенко С. І. Дослідження впливу постачання запчастин на роботу виробничої системи підприємства автосервісу / С. І. Андрусенко, О. Є. Січко, О. С. Бугайчук // Вісник Національного транспортного університету. – 2010. – № 20. – С. 187–192. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_20_33.

2. Антонюк О.П. Багатокритеріальна оцінка якості перевезень пасажирів з використанням психофізіологічної шкали бажаності / О.П. Антонюк, Ю.В. Мельничук // Тези XV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» 24-26 жовтня 2022 року. – Житомир: Житомирська політехніка, 2022. – С. 7–9.

4. Антонюк О. П. Аналіз методів визначення номенклатурних груп

запасних частин / Олег Павлович Антонюк. // Вісник СевНТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2013. – №142. – С. 181–183. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsntum_2013_142_49

3. Бабій, М.В. Обґрунтування раціональної тривалості робочого часу водія при виконанні транспортних операцій [Текст]: Вісник ХНТУСГ / М.В. Бабій, А.Й. Матвіїшин, А.В.Бабій. – Харків: Вип. № 169, 2016. – 236 с.

4. Базар Є. М. Особливості розрахунку кількості впливів технічного обслуговування рухомого складу для сучасних АТП. [Електронний ресурс] / Житомирська політехніка. – Електрон. дані. – Житомир, [2022]. – Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/12/13.pdf>. Назва з екрана. – Дата перегляду 12.11.2023.

5. Бережна, Н.Г. Моделювання динамічних процесів в логістичних системах вантажоперевезень.[Текст]: навчальний посібник / Н.Г. Бережна. – ХНТУСГ, 2017. – 76 с.

6. 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.

5. Біліченко В. В. Обґрунтування критеріїв оцінки ефективності вибору запасних частин, що зберігаються на складі АТП для підтримки в справному стані його рухомого складу / В. В. Біліченко, О. П. Антонюк. // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2016. – №2(77). – С. 56–61. Режим доступу: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/80421/76197>

6. Біліченко В.В. Особливості застосування методу АВС для забезпечення запасними частинами рухомого складу автотранспортного підприємства / В. В. Біліченко, С. В. Цимбал, О. П. Антонюк // Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» 21-23 жовтня, 2019 р.: збірник наукових праць / Міністерство освіти та науки України, Вінницький

національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця, ВНТУ, 2019р. – С. 16-21.

7. Біліченко В.В. Характеристика концепції щодо впровадження раціонального забезпечення регіонального вантажного АТП запасними частинами / В.В. Біліченко, В.А. Макаров, Т.В. Макарова, О.П. Антонюк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки – 2018 – № 2(82). – С. 21–24.

8. Біліченко В.В. Визначення впливу інтенсивності експлуатації рухомого складу АТП на потребу у запасних частинах / В.В.Біліченко, О.П.Антонюк // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-а Міжн. наук.-практ. конф., м. Вінниця, 23-25 жовтня 2017 р.: тези доповіді. – Вінниця, 2017. С. 27–30.

7. Біліченко, В. В. Виробничі системи на транспорті: стратегії розвитку [Текст]: монографія / В. В. Біліченко; ВНТУ. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 268 с.

8. Біліченко, В. В. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 274 - «Автомобільний транспорт» [Текст]: навчальний посібник / В. В. Біліченко, А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 65 с.

9. 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.

10. Буренніков Ю. А. 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.

11. Буткявічус Й. П. Практичні рекомендації щодо удосконалення організації планування та управління місцевими пасажирськими перевезеннями / Й. П. Буткявічус, В. П. Старовойда // Вісник Національного транспортного університету. – 2003. – №8. – С. 135–137.

12. Вдовиченко В.О. Ефективність функціонування міської пасажирської транспортної системи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. На-ук : спец. 05.22.01 / Вдовиченко В.О. – Київ, НТУ, 2004. – 19 с.

13. Гапчак, Т. Г., Ризики в логістичних процесах [Електронний ресурс] / Вінницький Національний аграрний університет – Електрон. дані. – Режим доступу: <http://repository.vsau.org/getfile.php/4188.pdf> – Назва з екрана. – Дата перегляду 22.11.23.

14. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Організація автобусних перевезень в містах: Навч. посібник. – К.: УТУ, 1998. – 196с.

9. Кравченко О. П. Фактори що впливають на формування номенклатури та кількість запасних частин на підприємствах автомобільного транспорту / О. П. Кравченко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2015.– №2(4). –

С. 60– 66. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt_2015_2_10.

10. Кравченко О. П. Аналіз експлуатаційної надійності ДВЗ автомобілів-тягачів Mercedes-benz 1844 Actros LS / О. П. Кравченко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – №1(5). – С. 83–87. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt_2016_1_18.

11. Кравченко О. П. Визначення необхідності зберігання запасних частин на складі автотранспортного підприємства / О. П. Кравченко, Є. А. Верітельник // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2015. – №2(219). – С. 86–90.

12. Кравченко О. П. Скорочення часу простою автомобілів в ремонті шляхом оптимізації складу запасних частин на вантажних автотранспортних підприємствах / О.П. Кравченко, Є.А.Верітельник // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". Луцьк, 2014. Випуск №46– С. 301–306.

15. Кукурудзяк, Ю. Ю. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту [Текст] : навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, О. В. Рудь, Л. В. Кукурудзяк. – Вінниця: ПП «Едельвейс і К»,

2010.–336 с.

13. Литвишко Л. О. Організація постачання запасними частинами об'єктів автотранспортних систем / Л. О. Литвишко // Вісник Національного транспортного університету. – 2010. – № 21(1). – С. 376 – 378. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_21\(1\)_95](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_21(1)_95).

14. Литвишко Л. О. Основні підходи до формування політики управління запасами / Л. О. Литвишко // Вісник Національного транспортного університету. – 2011. – № 24(1). – С. 355 – 359. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2011_24\(1\)_87](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2011_24(1)_87).

15. Литвишко Л. О. Управління товарними запасами підприємства в ринкових умовах / Л. О. Литвишко, І. І. Кельман // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. – 2013. – №21. –

С. 158 – 161. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pveazp_2013_21_25.

16. Литвишко Л. О. Управління формуванням та розподілом запасних частин для транспортних засобів: дис. канд. ек. наук: 08.00.04 /

Литвишко Лілія Олександрівна – Київ, 2013. – 181 с.

16. Луб'яний П. В. Ефективність пасажирської маршрутної мережі міст: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / Луб'яний П.В. – Харків, ХНАДУ, 2005. – 20 с.

17. Лукінський, В.С. Логістика автомобільного транспорту [Текст]: навч. допомога/ В.С. Лукінський, В.І. Бережний, Є.В. Бережна. та ін. – Харків: Фінанси та статистика, 2014. – 368 с.

18. Маруніч В.С., Шморгун Л.Г. та ін. Організація та управління пасажирськими перевезеннями: підручник/ за ред. доц. В.С. Маруніч, проф. Л.Г. Шморгуна – К.: Міленіум, 2017. – 528 с.

19. Маяк М.М., Крейсман Е.А./ До раціонального вибору моделей автобусів при комплектуванні рухомого складу автотранспортних підприємств. // Вісник ЦНЦ ТАУ. – 2000. -№ 3. –С.80-82

20. Методика розподілу рухомого складу по маршрутам міського пасажирського транспорту. / Босняк М.Г., Коцюк О.Я. Укр. трансп. унів.-т., К.:

1996. – 14 с. Рук. –Деп. в ГНТБ України 11.11.96, № 2205.

21. Оперативне управління автобусними перевезеннями в м. Кривий Ріг. / Є. Ю. Білокобила, К. М. Ціцельський, М. Г. Босняк, Е. А. Крейсман // Автошляховик України. – 1998. – №3. – С.5.

22. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах / Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Барилевич Л.П. та ін. –К.: Логос, 1996. – 348 с.

23. Петровська С.І. Необхідність підвищення якості обслуговування пасажирів на міському пасажирському транспорті / С.І. Петровська // Вісник Національного транспортного університету. – 2003. – №8. – С. 230–234.

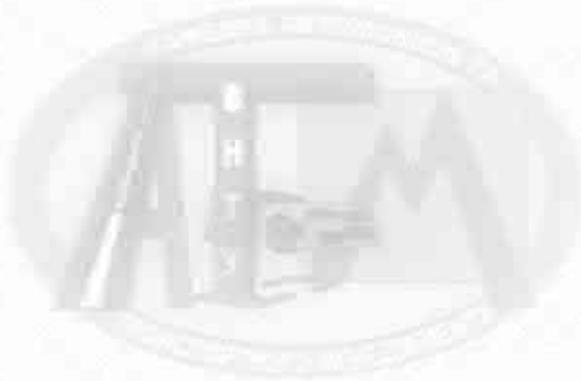
24. Про внесення змін до Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту : Постанова КМУ від 07 лютого 2018 р. № 181. Інформацій-ний портал <http://zakon1.rada.gov.ua/>

25. Редзюк, А.М. Сучасний стан і перспективи розвитку автотранспорту. [Текст] / А.М. Редзюк, В.Ф. Штанов. – Харків: Автошляховик України. – 2008. – № 1. – 27 с.

26. 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.

27. Скоробогатов Б.В. Актуалізація прогнозування попиту населення міс-та на пасажирські перевезення / Б.В. Скоробогатов, В.С. Маруніч, І. І. Франчук, І.І. Вакарчук // Вісник Національного транспортного університету. – 2003. – №8. – С. 127–134.

28. Poliakov A. Identification of improvement ways of estimation method for nomenclature and quantity of spare parts / A. Poliakov, O. Antonyuk, V. Ratsyborynskiy // Tehnomus. New technologies and products in machine manufacturing technologies. Journal. – 2013. – No. 20. – P. 34– 39. Режим доступу: http://www.fim.usv.ro/conf_1/tehnomusjournal/pagini/journal2013/files/4.pdf



Додаток А
(обов'язковий)



ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТА
ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН
РУХОМОГО СКЛАДУ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА» МІСТО ВІННИЦЯ





МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



КОНОНОВ ВІТАЛІЙ АНДРІЙОВИЧ

ІЛЮСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ТЕМУ:

**ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТА
ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА ТЕХНІЧНИЙ
СТАН РУХОМОГО СКЛАДУ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА» МІСТО ВІННИЦЯ**

Спеціальність 274 – Автомобільний транспорт

Керівник:

к.т.н., доц. каф. АТМ
Антонюк Олег Павлович

Вінниця ВНТУ 2025



МЕТА

Комплексне оцінювання впливу зміни кліматичних умов та інтенсивності експлуатації автомобілів на технічний стан рухомого складу, а також формування рекомендацій щодо підвищення ефективності режимів технічного обслуговування для продовження ресурсу автомобілів в умовах змін навколишнього середовища та сучасних експлуатаційних навантажень.

ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ

Аналіз кліматичних тенденцій:



- ✓ Дослідження змін температурних трендів;
- ✓ Оцінка впливу кліматичних змін на експлуатаційні умови

Встановлення взаємозв'язків



між кліматичними навантаженнями, інтенсивністю експлуатації та технічним станом автомобілів із застосуванням аналітичних та статистичних методів

Удосконалення методики прогнозування зміни технічного стану рухомого складу:



- ✓ Прогноз зміни технічного стану рухомого складу з урахуванням впливу температурних коливань та експлуатаційних навантажень;

Формування практичних рекомендацій:



- ✓ оптимізація режимів технічного обслуговування для забезпечення безвідмовної роботи автомобілів в умовах кліматичних змін.

Об'єкт дослідження

процес формування потоку відмов автомобілів в умовах дії кліматичних факторів та різної інтенсивності експлуатації.

Предмет дослідження

закономірності зміни технічного стану автомобілів та показників їх надійності під впливом кліматичних умов експлуатації та рівня інтенсивності використання рухомого складу.

Новизна одержаних результатів полягає наступному:

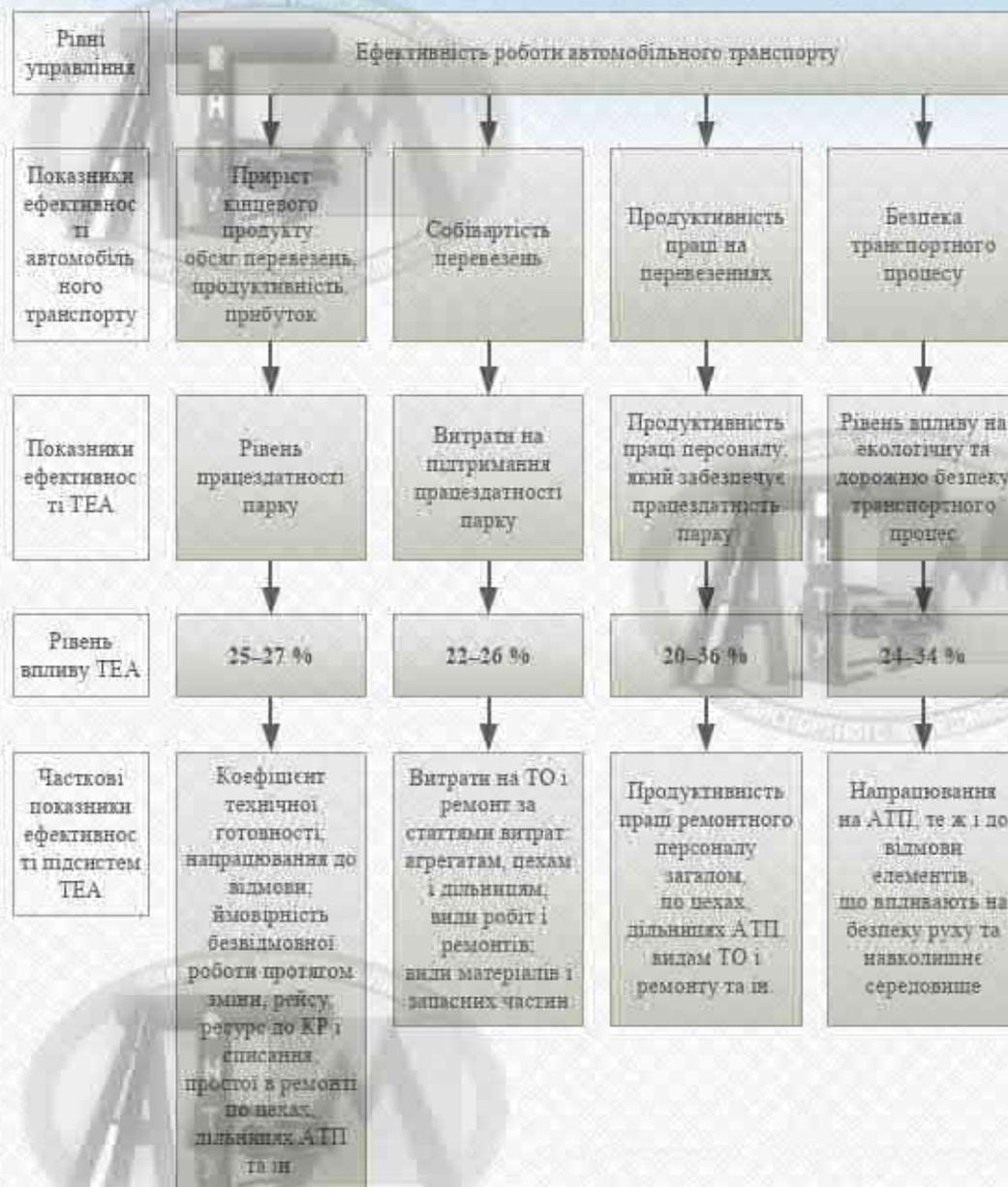
- встановлено закономірності формування потоку відмов автомобілів з урахуванням сезонної варіації інтенсивності та умов експлуатації;
- визначено сезонні фактори, що впливають на потік відмов автомобілів та їх елементів;
- встановлено закономірності впливу зазначених факторів на потік відмов і розроблено математичні моделі для їх опису.

Практична значимість отриманих результатів

Практична значимість полягає в розробленні методики коригування розрахункової кількості постів поточного ремонту з урахуванням сезонної варіації умов та інтенсивності експлуатації. Її застосування дозволяє зменшити простой автомобілів у очікуванні ремонту, що знижує втрати прибутку підприємства.

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-2026) – 20 жовтня 2025 року – 26 червня 2025 року – Україна, Вінниця, ВНТУ.



Зв'язок показників роботи автомобільного транспорту та його підсистем технічної експлуатації

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ НАПРАЦЮВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

1. Лінійне зростання напрацювання

За стабільної інтенсивності експлуатації напрацювання збільшується **лінійно**.

- регулярні маршрути → сталі
- добові та місячні пробіги;
- прогнозоване наростання загального пробігу.



2. Сезонні коливання напрацювання

Залежність від дорожньо-кліматичних умов:

 Зима: $-1...-15^{\circ}\text{C}$.

 Літо: $+15...+30^{\circ}\text{C}$.

 Весна-осінь: нестабільність



3. Вплив організації роботи підприємства

 напрацювання залежить від:

- кількості рейсів;
- тривалості зміни;
- інтервалів руху;
- коефіцієнта випуску.



4. Вплив технічного стану

У міру старіння автомобіля напрацювання знижується:

- збільшення частки часу простою в ТО та ремонті;
- підвищення частоти відмов;
- обмеження навантажень через зниження надійності.



5. Нормативні закономірності

Визначають інтервали напрацювання:

- ТО-1, ТО-2;
- діагностування;
- прогнозування залишкового ресурсу агрегатів.



6. Сезонні зміни інтенсивності експлуатації

◇ Варіація пробігів окремих автомобілів

◇ Середні річні пробіги залежать від:

- умов експлуатації;
- технічного стану.

☑ Зі зростанням строку служби – річний пробіг експоненційно зменшується



Висновок. Розуміння цих залежностей дозволяє точніше прогнозувати ресурс, оптимізувати планування ТО і ремонтів, зменшити імовірність відмов у процесі експлуатації.

ВПЛИВ СЕЗОННИХ УМОВ НА ПОТІК ВІДМОВ АВТОМОБІЛІВ

Що таке сезонні умови?

Фактори, що періодично змінюються протягом року:

- температура повітря
- дорожні умови
- вологість і опади
- сонячна радіація
- запиленість
- сила та напрямок вітру



МІЖСЕЗОННЯ – ПЕРІОДИ РІЗКИХ ЗМІН (+15-25%)

Причини:

- часті перепади температур → конденсат у системах
- висока вологість → корозія
- погіршення стану доріг → навантаження на підвіску

Характерні відмови:

- корозійні пошкодження
- прискорений знос підвіски



ЗИМОВИЙ СЕЗОН – НАИБІЛЬШИЙ ПІК ВІДМОВ (+30-40%)

Причини:

- низькі температури → погіршення пускових властивостей
- загусання мастил → зростання зносу
- корозійна дія вологи та реагентів
- погані дорожні умови → удари, пошкодження ходової

Найпоширеніші відмови:

- акумулятори та система запуску,
- пошкодження шин і дисків,
- несправності підвіски,
- механічні пошкодження кузова та ходової частини,

Висновок

Сезонні умови мають системний вплив на технічний стан автомобілів і потребують:



ЛІТНІЙ СЕЗОН – ТЕПЛІ ТА ПИЛОВІ ВІДМОВИ (+10-20%)

Причини:

- перегрів двигуна і трансмісії
- старіння гумотехнічних виробів
- підвищена запиленість → забруднення радіаторів і фільтрів
- інтенсивна сонячна радіація → деградація ЛФП та пластиків

Типові відмови:

- перегрів систем охолодження
- зменшення ресурсу шин
- відмови компресорів кондиціонерів збої електронних блоків через нагрів



+80-40% +15-25% +10-20%

- адаптації режимів експлуатації
- коригування періодичності ТО
- підвищення уваги до найвразливіших систем у різні пори року.

Відбір сезонних факторів, що впливають на потік відмов автомобілів

1 Ключові фактори формування потоку відмов



кореляційний аналіз →
відбір статистично
значущих сезонних
параметрів;

- застосовано критерій Стьюдента;
- враховано взаємні кореляції між факторами.

3 Загальний висновок

Температура, вологість, опади та коефіцієнт опору коченню - основні сезонні фактори, що необхідно включати до математичних моделей прогнозування відмов автомобілів.

2 Вплив сезонних факторів на окремі агрегати

Двигун

- Температура повітря
- Частка днів з опадами



Рульове керування

- Коефіцієнт опору коченню



Коробка передач

- Частка днів з опадами



Інші відмови

- Відносна вологість повітря



Автомобіль загалом

- Температура повітря
- Частка днів з опадами

ВПЛИВ ПОТОКУ ВІДМОВ НА ПАРАМЕТРИ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ

1 Потік відмов як фактор навантаження на ВТБ



Потік відмов визначає:

- обсяг робіт ТО і ПР;
- потребу в матеріалах та запасних частинах;
- чисельність і кваліфікацію персоналу;

пропускну спроможність зон ремонту

3 Формування потреби в запасних частинах

Потік відмов впливає на

- рівень складських запасів;
- частоту поповнення;
- номенклатуру деталей.

Недостатнє забезпечення →

- ↑ простоїв;
- ↑ непродуктивного часу ВТБ;
- ↓ надійності рухомого складу

➤ Пік відмов — зимовий період, потребує корекції логістики запасів.



2 Вплив на потребу в персоналі

Потік відмов формує

- необхідну чисельність ремонтних робітників;
- потребу в додаткових змінах;
- вимоги до кваліфікації та спеціалізації.

При старінні парку →

- необхідність додаткових штатних одиниць;
- перехід на 2–3-змінну роботу;
- поглиблена спеціалізація (ДВЗ, трансмісія, електроніка).

Загальний висновок

Потік відмов

- визначає параметри, структуру та пропускну здатність ВТБ;
- формує потребу в персоналі та запасних частинах;
- впливає на КТГ та економічні результати;
- потребує системного моніторингу для оптимізації ТО і ПР

4 Вплив на економічні показники

Потік відмов → зростання:



- витрат на ТО і ПР;
- часу простою (25–45% непрямих втрат);
- витрат на ремонт (+15–30%);
- витрат на матеріали і запчастини (+20–40%)

5 Вплив на структуру та ефективність ВТБ



Підвищений потік відмов може вимагати:

- модернізації обладнання ВТБ;
- потокових схем та зональності;
- автоматизації діагностики;
- розширення ремонтних площ

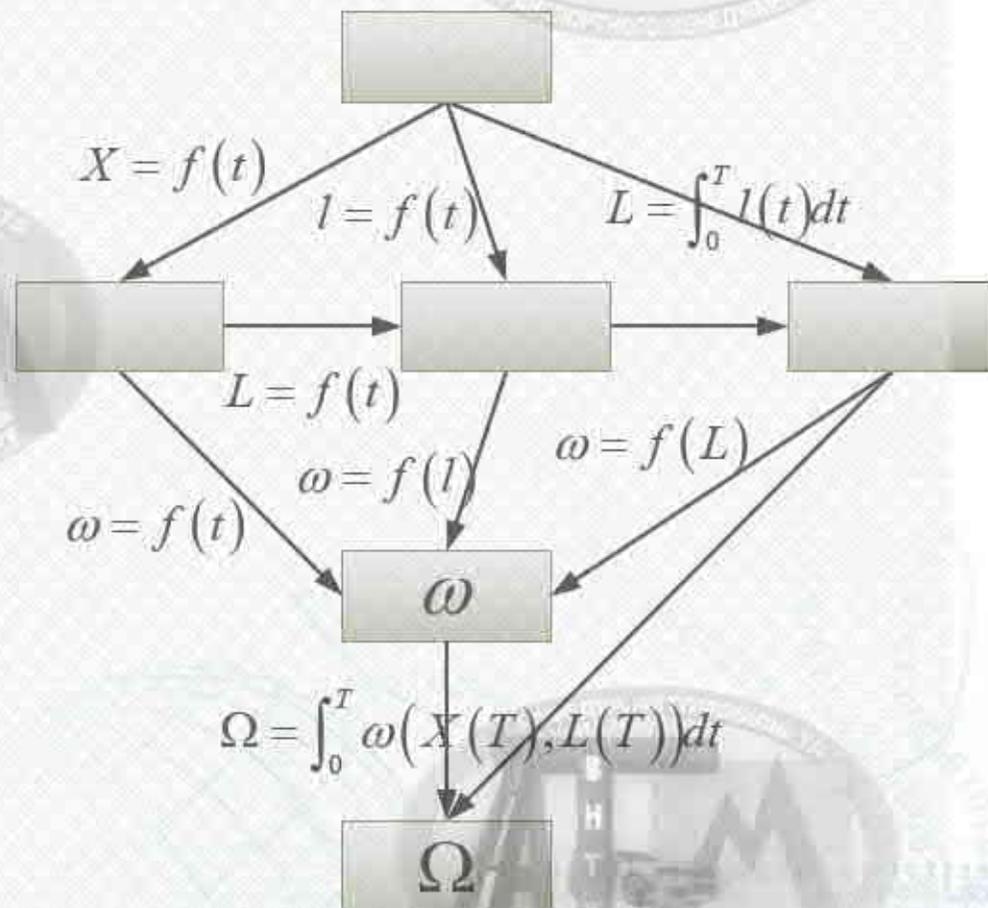


Узагальнена схема загальної методики досліджень

Схема формування потоку відмов



Основні закономірності досліджуваної системи



Математичні моделі, необхідні для визначення потоку відмов автомобілів

Відповідно до наведеної схеми для розроблення моделі досліджуваної системи загалом необхідно отримати моделі таких закономірностей:

Математичні моделі закономірностей зміни умов експлуатації в часі

$$X_t = X_c + \sum_{k=1}^g X_k \cdot \cos(m(kT_1 - T_k)) + X_p,$$

де k - номер гармоніки;

g - кількість гармонік;

A_{Xk} - рівнамплітуда коливання k -тої гармоніки;

m - інтервал між T_1 та T_{k+1} у градусах;

T_{0k} - початкова фаза коливання в градусах.

Математична модель закономірностей зміни інтенсивності експлуатації у часі

$$L_t = L_c + \sum_{k=1}^g L_k \cos(m(kT_1 - T_k)) + L_p,$$

де L_c - постійна складова інтенсивності експлуатації (середнє значення за цикл);

k - номер гармоніки;

g - кількість гармонік;

L_k - напівамплітуда коливання k -ї гармоніки;

m - інтервал між T_k і T_{k+1} (у градусах);

T_k - початкова фаза коливання (у місяцях);

L_p - випадкова складова

Математична модель сезонних змін параметра потоку відмов

$$\omega_t = \omega_c + \sum_{k=1}^g \omega_k \cos(m(kT_1 - T_k)) + \omega_p,$$

де ω_c - постійна складова параметра потоку відмов;

ω_k - періодична складова;

ω_p - випадкова складова.

Методика визначення кількості постів поточного ремонту

Кількість постів поточного ремонту (ПР) визначається за формулою:

$$X_{\text{ПР}} = \frac{T_{\text{ПРР}}^{(\Pi)} \cdot \varphi \cdot K_{\text{ПР}}}{D_{\text{роб.з.}} \cdot T_{\text{зм.}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot P_{\text{п}}}$$

де $T_{\text{ПРР}}^{(\Pi)}$ – річний обсяг робіт, що виконуються на постах поточного ремонту, люд.-год;

φ – коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів на пости ПР;

$K_{\text{ПР}}$ – коефіцієнт, що враховує частку обсягу робіт, виконуваних на постах ПР у найбільш завантажену зміну;

$D_{\text{роб.з.}}$ – кількість робочих днів постів ПР у році, днів;

$T_{\text{зм.}}$ – тривалість робочої зміни, год;

$\eta_{\text{п}}$ – коефіцієнт використання робочого часу поста ПР;

$P_{\text{п}}$ – кількість робітників на посту.

Відповідно до концепції, викладеної в розділі 2, подамо сталу компоненту кількості постів ПР у такому вигляді:

$$X_{\text{ПРС}} = \frac{T_{\text{ПРР}}^{(\Pi)} \cdot K_{\text{ПР}}}{D_{\text{роб.з.}} \cdot T_{\text{зм.}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot P_{\text{п}}}$$

Для урахування нерівномірності потоку відмов, з урахуванням двох основних причин цієї нерівномірності, представимо коефіцієнт нерівномірності як добуток двох коефіцієнтів:

$$\varphi = \varphi' \cdot \varphi''$$

де φ' – коефіцієнт, що залежить від кількості автомобілів у парку ($\varphi' = 1.2 \dots 1.5$);

де φ'' – коефіцієнт, що враховує сезонну нерівномірність потоку відмов.

Загальна характеристика ТОВ «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА»

Загальна інформація

- Автотранспортне підприємство, що здійснює діяльність у сфері вантажних автомобільних перевезень та супутніх сервісних послуг.
- Підприємство зареєстроване у місті Вінниця, код ЄДРПОУ 31679878,
- Юридична адреса: м. Вінниця, вул. Довженка, 39.
- Дата державної реєстрації товариства – 05 березня 2002 року.

Напрями діяльності

- Перевезення вантажів як у межах України, так і за міжнародними напрямками.
- Підприємство забезпечує технічне обслуговування та ремонт власних і, за договором, сторонніх транспортних засобів.

Автопарк

- Тягачі (седельні вантажні автомобілі). Зазвичай використовуються марки: DAF XF / CF; MAN TGX / TGS; Volvo FH; Scania R / G; Renault Magnum / T-series.
- Напівричепи вантажні та рефрижераторні

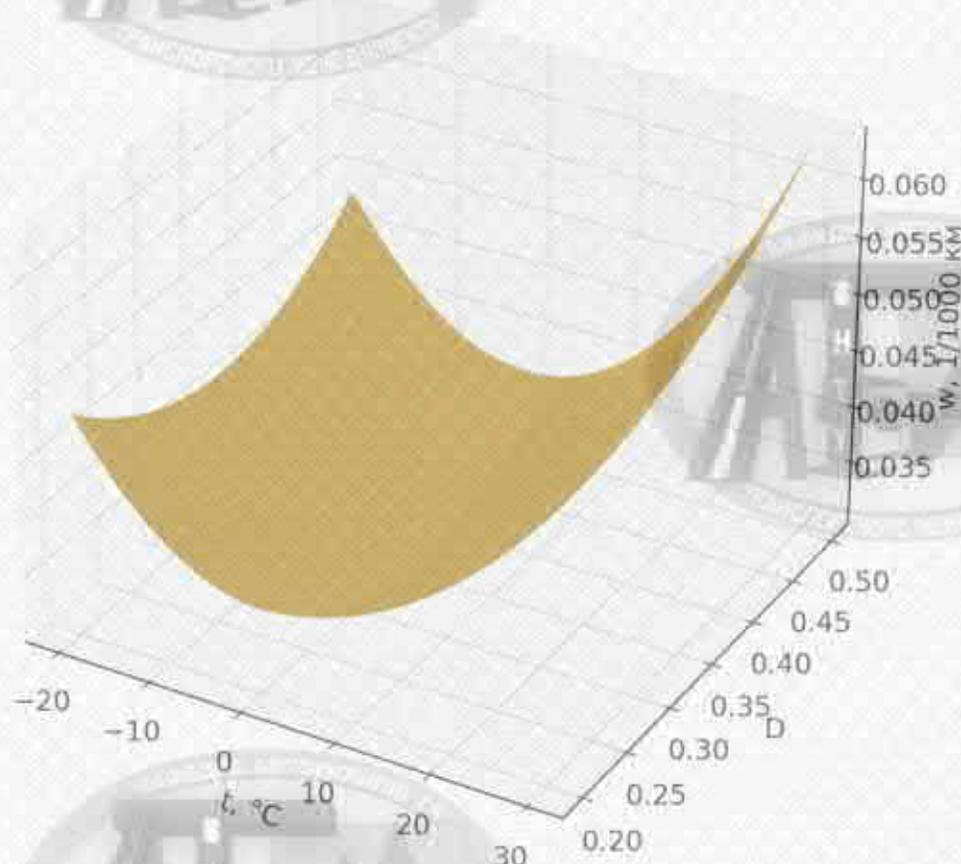
Експлуатаційні показники автопарку

- Середній вік техніки: орієнтовно 5–10 років.
- Технічна готовність: 0,92–0,96 (внаслідок регулярного ТО та ремонту).
- Система технічного обслуговування: регламентоване ТО за пробігом + позапланові ремонти.
- Місце проведення ТО/ТР: власні сервісні площі підприємства та контрактні СТО у Вінниці.

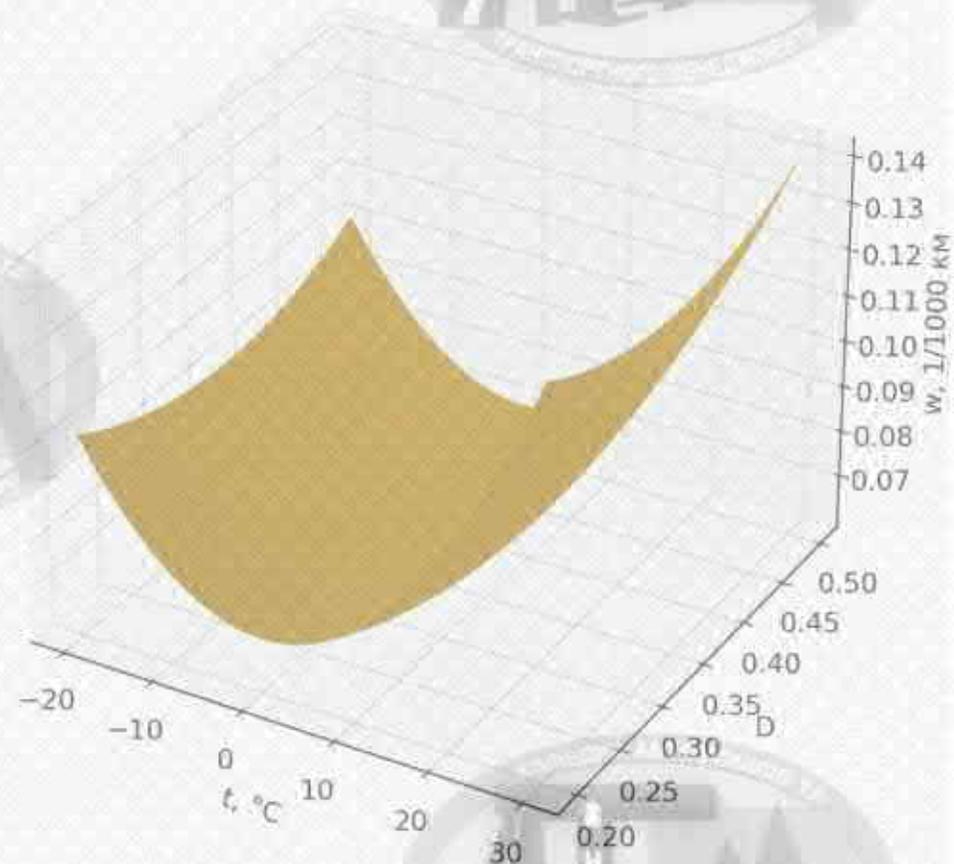
Рухомий склад ділиться на групи

- міжнародні перевезення,
- внутрішні вантажні рейси,
- спеціалізовані рефрижераторні перевезення,

Результати визначення впливу температури повітря та частки днів з опадами на параметр потоку відмов



А) двигунів



Б) Автомобілів

Результати розрахунку коефіцієнта сезонної нерівномірності надходження автомобілів на пости поточного ремонту

Місяць	t, °C	D	h, тис. км/міс.	$\omega=f(t,D)$	$\Delta L=l \cdot \Delta T$	$\Omega_i=\omega \cdot \Delta L$	$\varphi'' = \Omega_i/\Omega_{cp}$
Січень	-14	0,45	3,89	0,109	3,89	0,422	1,42
Лютий	-12	0,35	3,51	0,077	3,51	0,270	0,91
Березень	-4	0,39	4,29	0,079	4,29	0,341	1,14
Квітень	3	0,29	3,87	0,058	3,87	0,226	0,76
Травень	10	0,35	2,53	0,069	2,53	0,173	0,58
Червень	16	0,41	2,6	0,086	2,6	0,225	0,76
Липень	18	0,49	2,65	0,122	2,65	0,323	1,09
Серпень	15	0,4	2,75	0,083	2,75	0,228	0,76
Вересень	9	0,44	3,22	0,094	3,22	0,301	1,01
Жовтень	1	0,45	3,24	0,098	3,24	0,316	1,06
Листопад	-6	0,44	2,57	0,097	2,57	0,249	0,84
Грудень	-11	0,54	3,13	0,159	3,13	0,498	1,67
Разом					38,25	3,573	
Середнє				0,094	3,18	0,298	1,00

Оцінка ефективності результатів досліджень

1. Закономірності зміни потоку відмов

- ✓ Встановлено залежність інтенсивності потоку відмов автомобілів від пори року.
- ✓ У зимовий період низькі температури та підвищена інтенсивність експлуатації значно збільшують кількість відмов та тривалість простоїв.

2. Коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів у зону ПР

- ✓ За чинною методикою $\phi = 1,2-1,5$.
- ✓ Для ТОВ «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА» фактичні значення досягають 1,9, що істотно перевищує норматив.
- ✓ Причина: зимовий пік відмов → накопичення автомобілів в очікуванні ремонту → зниження ефективності ПР.

3. Практичний ефект від застосування запропонованого методу

- ✓ Рекомендовано збільшити кількість постів ПР на $\approx 25\%$.
- ✓ Це дозволяє:
 - скоротити простої в очікуванні ремонту;
 - підвищити технічну готовність рухомого складу;
 - зменшити ризик невиконання рейсів.

4. Час простою та вплив на експлуатацію

- ✓ Тривалість усунення однієї відмови: 24 - 288 год, середнє значення - 156 год.
- ✓ У зимові місяці виникає ~ 30 відмов, що призводить до значних втрат часу.
- ✓ Основна причина довготривалих простоїв - недостатня кількість постів ПР.

5. Аналіз коефіцієнта ϕ до та після впровадження методу

- ✓ У більшості місяців ϕ після впровадження $< 1,5$, тобто система працює рівномірніше.
- ✓ Найбільше покращення: Вересень (-1,24), Серпень (-1,03), Червень (-0,87).
- ✓ Погіршення у зимові місяці - підтвердження сезонного характеру відмов.

6. Економічна ефективність

- ✓ Збільшення кількості постів ПР → зменшення простоїв на величину ΔT .
- ✓ Додатковий прибуток підприємства пропорційний погодинному прибутку P .
- ✓ Розрахунки показали: зона ПР має бути розширена на три пости.
- ✓ Строк окупності — 0,51 року (≈ 6 місяців).

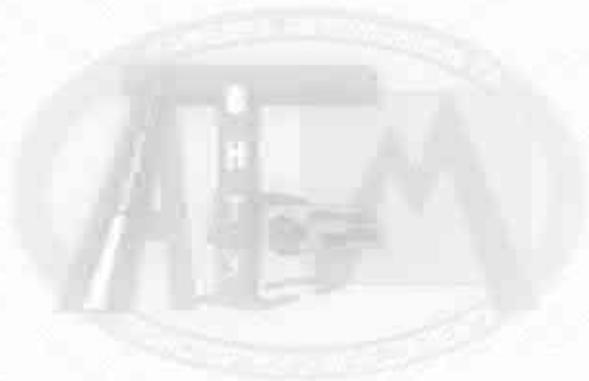
Загальний висновок

Модернізація ПР - економічно доцільна та швидкоокупна.

ВИСНОВКИ

1. На основі проведених досліджень вирішено важливе завдання, що полягає у встановленні закономірностей впливу сезонних умов на формування потоку відмов автомобілів та вдосконаленні на цій основі методики коригування розрахункової кількості постів поточного ремонту (ПР).
2. **Визначено закономірності формування потоку відмов автомобілів.** Потік відмов характеризується параметром потоку, який характеризує інтенсивність процесу, а також напрацюванням у одиницю часу.
3. Встановлено перелік факторів, які необхідно враховувати під час моделювання потоку відмов. Зокрема:
 - для двигуна: температура повітря та частка днів з опадами;
 - для коробки передач: частка днів з опадами;
 - для рульового керування: коефіцієнт опору коченню;
 - для інших відмов: відносна вологість повітря;
 - для автомобіля в цілому: температура повітря та частка днів з опадами (аналогічно двигуну).
4. Отримані результати запропоновано використовувати під час визначення кількості постів поточного ремонту. Пропонується розглядати коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів як добуток двох складових: – коефіцієнта, що залежить від чисельності парку; – коефіцієнта, який враховує сезонну нерівномірність потоку відмов.
5. **Розраховано значення коефіцієнта сезонної нерівномірності надходження автомобілів на пости ПР для рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА»**

ДОДАТОК Б.



ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Оцінювання впливу зміни кліматичних умов та інтенсивності експлуатації автомобілів на технічний стан рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю «ТРАНС-ЛЕГІОН УКРАЇНА» місто Вінниця

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 21,2 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Цимбал С.В., завідувач кафедри АТМ
(прізвище, ініціали, посада)

Кужель В.П., доцент кафедри АТМ
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)


(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

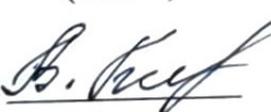

(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 
(підпис)

Антонюк О.П., доцент кафедри АТМ
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач 
(підпис)

Кононов В.А.
(прізвище, ініціали)