

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Вдосконалення методики управління резервами запасних частин для
пасажирських транспортних засобів комунального підприємства
«Вінницька транспортна компанія» місто Вінниця»

Виконав: студент 2-го курсу, групи ІАТ-23м
спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма –
Автомобільний транспорт

Зинка Р.В.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ

Митко М.В.
« 11 » 12 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. ГМ

Шиліна О.П.
« 12 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 12 » 12 2024 р.

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

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – 27 – Транспорт

Спеціальність 274 – «Автомобільний транспорт»

Освітньо-професійна програма – «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувача кафедри АТМ
к.т.н., доцент Нимбзі С.В.

«18» 230 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Зинці Роману Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вдосконалення методики управління резервами запасних частин для пасажирських транспортних засобів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія», місто Вінниця
керівник роботи Митко Микола Васильович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

2. Строк подання студентом роботи: 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Провести аналіз перевезень, що виконуються різними видами транспорту, якісний та кількісний аналіз автотранспортних засобів та визначити основні витрати при експлуатації автобусів у місті Вінниця та його регіоні. Визначити основні системи, вузли та агрегати, пасажирських автотранспортних засобів, що підривають надійність їх експлуатації в умовах міста Вінниця та регіоні. Провести системний статистичний аналіз заміни деталей, вузлів та агрегатів автобусів, із метою отримання ймовірнісних характеристик виконаних заміни запасних частин, що дозволяють прогнозувати кількість запасних частин, що зберігаються в АТП. Вдосконалити математичну модель, управління резервами запасних частин, що дозволяє визначити необхідну та достатню кількість запасних частин, що забезпечують виконання робіт з технічного обслуговування (ТО) та ремонту транспортних засобів для забезпечення необхідного рівня пасажирських перевезень. Запропонувати методику управління резервами запасних частин для пасажирських автобусів, із урахуванням випадково змінної потреби в деталях і вузлах, з метою підвищення ефективності використання парку рухомого складу АТП. Науково-обґрунтувати стратегії управління резервами запасних частин на рівні АТП, автотранспортної галузі, регіону та оцінити їх ефективність.

4. Зміст текстової частини:

- 1 Аналіз діяльності комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія», місто Вінниця.
- 2 Теоретичні дослідження методики управління резервами запасних частин для підприємств автомобільного транспорту.
- 3 Експериментальні дослідження методики управління резервами запасних частин

4 Результати досліджень вдосконалення методики управління резервами запасних частин пасажирських транспортних засобів.

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

1-2 Тема, мета та завдання дослідження.

3 Загальний вигляд КП «Вінницька транспортна компанія», місто Вінниця.

4 Аналіз динаміки імпорту топ самих популярних марок автомобілів за 2024 рік.

5 Аналіз ринку мастильних матеріалів в Україні та динаміка імпорту нафтопродуктів Україну у 2021 – 2024 рр. тис. тон.

6-8 Слайди, які характеризують актуальність роботи, теоретичні положення, характеристику об'єкта досліджень (Аналізу методів визначення потреби в запасних частинах).

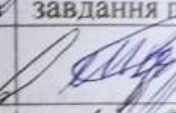
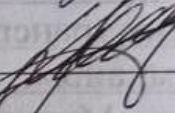
9-12 Математична модель для оцінки ефективності забезпечення автотранспорту галузі запасними частинами, які розглядаються, як три основні варіанти або їх стратегії.

13-14 Експериментальні дослідження та статистичні дослідження надійності автомобілів, що експлуатуються комунальним підприємством «Вінницька транспортна компанія».

15-16 Визначено обчислення кількості випадків тривалих ремонтів на один автомобіль за рік $N_{\text{ав}}$, середньої тривалості одного вимушеного простою в очікуванні запасних частин $t_{\text{п}}$ та

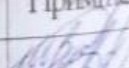
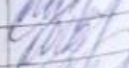
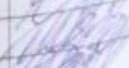
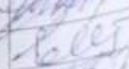
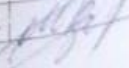
17 Висновки.

б. Консультанти розділів проекту (роботи)

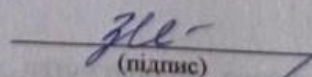
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Митко М.В., к.т.н., доцент кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Цимбал С.В., к.т.н., доц. завідувач кафедри АТМ		

7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

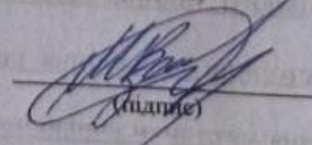
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	18.11-01.12.2024	
7	Нормоконтроль МКР	02.12-06.12.2024	
8	Попередній захист МКР	09.12-11.12.2024	
9	Рецензування МКР	12.12-16.12.2024	
10	Захист МКР	17.12.2024- 20.12.2024	

Студент


(підпис)

Зинка Р.В.

Керівник роботи


(підпис)

Митко М.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.13.017

Зинка Р.В. Вдосконалення методики управління резервами запасних частин для пасажирських транспортних засобів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія», місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – автомобільний транспорт, освітня програма – автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2024. – 93 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 40 назв; рис.: 32; табл. 8.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено питання щодо вдосконалення методики управління резервами запасних частин для пасажирських транспортних засобів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія», місто Вінниця. У розділі 1 обґрунтовано доцільність діяльності комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія», місто Вінниця. В розділі 2 виконано теоретичні дослідження методики управління резервами запасних частин для підприємств автомобільного транспорту. В розділі 3 виконано експериментальні дослідження методики управління резервами запасних частин. В розділі 4 наведені результати досліджень вдосконалення методики управління резервами запасних частин для пасажирських транспортних засобів.

Графічна частина складається з 17 плакатів із результатами моделювання.

Ключові слова: Витрати на експлуатацію, запасні частини, математична модель, управління резервами, періодичність та обсяги доставки, час очікування на ремонт, формування заявки.

ABSTRACT

Zynka R.V. Improving the methodology for managing spare parts reserves for passenger vehicles of the municipal enterprise “Vinnytsia Transport Company”, Vinnytsia city. Master's qualification work in the specialty 274 – road transport, educational program – road transport. Vinnytsia: VNTU, 2024. – 93 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 40 titles; fig.: 32; tabl. 8.

The master's qualification work develops the issue of improving the methodology for managing spare parts reserves for passenger vehicles of the municipal enterprise "Vinnytsia Transport Company", Vinnytsia city. Section 1 substantiates the feasibility of the activities of the municipal enterprise "Vinnytsia Transport Company", Vinnytsia city. Section 2 performs theoretical research on the methodology for managing spare parts reserves for road transport enterprises. Section 3 performs experimental research on the methodology for managing spare parts reserves. Section 4 presents the results of research on improving the methodology for managing spare parts reserves for passenger vehicles.

The graphic part consists of 17 posters with simulation results.

Keywords: Operating costs, spare parts, mathematical model, reserve management, delivery frequency and volumes, waiting time for repairs, application generation.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ», МІСТО ВІННИЦЯ	8
1.1 Загальна характеристика та аналіз діяльності комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» місто Вінниця	8
1.2 Особливості експлуатації транспортних засобів, які виконують пасажирські перевезення у місті Вінниця	16
1.3 Фактори, які впливають на роботоздатність транспортних засобів, які експлуатуються у місті Вінниця	22
1.4 Критерії і методи визначення ефективності і експлуатації рухомого складу муніципального автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія» місто Вінниця	24
Висновки до розділу 1	34
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ РЕЗЕРВАМИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	35
2.1 Системний аналіз методів визначення резервів запасних частин на підприємствах автомобільного транспорту	35
2.2 Методичні підходи щодо забезпечення запасними частинами пасажирських транспортних засобів, що експлуатуються у місті Вінниця..	41
2.3 Формування цільової функції управління резервами запасних частин для пасажирських транспортних засобів	43
2.4 Математична модель управління резервами запасних частин пасажирських транспортних засобів	54
Висновки до розділу 2	64

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ РЕЗЕРВАМИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН	65
3.1 Визначення критеріїв необхідності зберігання запасних частин ...	65
3.2 Статистичні дослідження надійності автобусів, що експлуатуються комунальним підприємством «Вінницька транспортна компанія»	66
Висновки до розділу 3	74
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ РЕЗЕРВАМИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	76
4.1 Аналіз даних про час тривалих простоїв в очікуванні закінчення ремонту	76
4.2 Аналіз основних характеристик розробленої моделі за зібраними статистичними даними	78
4.3 Порівняльна ефективність використання різних стратегій забезпечення запасними частинами	82
Висновки до розділу 4	85
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88
ДОДАТОК А	93
ДОДАТОК Б	115

ВСТУП

Актуальність теми. Економічний розвиток України характеризується зростанням автопарку, де виникає необхідність забезпечення безперервної та надійної роботи пасажирського транспорту, який є елементом інфраструктури міста Вінниці. В умовах швидко змінюваного ринкового середовища та зростаючих вимог до якості та ефективності транспортних перевезень одним із ключових аспектів є своєчасне і ефективне забезпечення рухомого складу.

Управління резервами запасних частин є важливою складовою системою логістики та обслуговування комунальних підприємств, зокрема таких, як «Вінницька транспортна компанія». Неефективне управління запасами може призвести до затримок у ремонті транспортних засобів, зниження їх надійності та збільшення експлуатаційних витрат, що в свою чергу негативно.

Актуальність вдосконалення методики управління резервами запасних частин для підприємств комунального транспорту, таких як «Вінницька транспортна компанія», обумовлена забезпечення оптимізації процесів забезпечення запасними частинами із урахуванням специфіки міських перевезень. Розробка ефективної методики дозволить скоротити витрати на закупівлю запасних частин, скоротити час на їх доставку та забезпечити безперервну роботу транспортних засобів, що має важливе значення для забезпечення належного рівня транспорту.

Це дослідження є ефективним для вдосконалення процесів управління запасами в умовах міського транспорту та забезпечення економічної ефективності роботи комунальних підприємств. Доцільність опрацювання цих питань визначили вибір теми, формулювання мети, постановку завдань та основні напрями дослідження.

Викладене вище підтверджує, що тема магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження, що актуальне та спрямоване на вирішення науково-практичного завдання, що має важливе народногосподарське значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дані дослідження за темою магістерської роботи належать до основних напрямів наукових досліджень кафедри "Автомобілі та транспортний менеджмент" Вінницького національного технічного університету.

Мета і завдання дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є на основі теоретичних та експериментальних досліджень, розробити методику управління резервами запасних частин для рухомого складу автомобільного транспорту, яке спрямоване на зниження експлуатаційних витрат під час виконання пасажирських перевезень.

Для досягнення цієї мети поставлено та вирішено такі основні завдання:

1. Провести аналіз перевезень, що виконуються різними видами транспорту, якісний та кількісний аналіз автотранспортних засобів та визначити основні витрати при експлуатації автобусів у місті Вінниця та його регіоні;
2. Визначити основні системи, вузли та агрегати, пасажирських автотранспортних засобів, що лімітують надійність їх експлуатації в умовах міста Вінниця та регіоні;
3. Провести системний статистичний аналіз заміन деталей, вузлів та агрегатів автобусів, із метою отримання ймовірнісних характеристик виконаних замінів запасних частин, що дозволяють прогнозувати кількість запасних частин, що зберігаються в АТП;
4. Вдосконалити математичну модель, управління резервами запасних частин, що дозволяє визначити необхідну та достатню кількість запасних частин, що забезпечують виконання робіт з технічного обслуговування (ТО) та ремонту транспортних засобів для забезпечення необхідного рівня пасажирських перевезень;
5. Запропонувати методику управління резервами запасних частин для пасажирських автобусів, із урахуванням випадково змінної потреби в деталях і вузлах, з метою підвищення ефективності використання парку рухомого складу АТП;

6. Науково обґрунтувати стратегії управління резервами запасних частин на рівні АТП, автотранспортної галузі, регіону та оцінити їх ефективність.

Об'єкт дослідження – є процес підтримки працездатності транспортних засобів, які виконують пасажирські перевезення комунальним підприємством «Вінницька транспортна компанія» в місті Вінниці та Вінницькій міській об'єднаній територіальній громаді.

Предмет дослідження – це закономірності формування потреб у запасних частинах за випадкових ситуацій виходу із ладу вузлів та агрегатів пасажирських автобусів.

Методи дослідження. Відповідно до мети та завдань, як інструменти дослідження були використані основні положення системного аналізу, методи експертної оцінки, розстановки пріоритетів та методи економічного та статистичного аналізу прогнозування. Це і передбачає в магістерській кваліфікаційній роботі найбільш значних результатів досліджень та виконання таких основних етапів:

– Методичний підхід до управління резервами запасних частин автобусів, що виконують пасажирські перевезення, на основі системного аналізу «довгих ремонтів» та фактичних закупівель вузлів, агрегатів та деталей згідно зі статистичними даними комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» міста Вінниці;

– Наукове обґрунтування стратегій забезпечення запасними частинами пасажирських транспортних засобів, що експлуатуються у Вінницькій області та місті Вінниці;

– Математична модель управління резервами запасних частин для автобусів, що виконують пасажирські перевезення в умовах Вінницького регіону, що дозволяє визначати необхідну та достатню кількість запасних частин для забезпечення необхідного рівня перевезень.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вдосконалено методику управління резервами запасних частин для автотранспортних засобів, засновану на системному аналізі даних про закупівлю

запасних частин, термінів формування заявки, доставки, часу простою в очікуванні ремонту та часу заміни, кількості додаткових автобусів, що дозволяє скоротити експлуатаційні витрати на пасажирські перевезення, що виконуються в місті Вінниця за умови забезпечення необхідного випуску автобусів на лінію.

2. Запропоновано та науково-обґрунтовано основні стратегії забезпечення запасними частинами пасажирських автотранспортних засобів, що дозволяють скоротити експлуатаційні витрати, зумовлені неефективним управлінням резервами запасними частинами на рівні АТП, та галузі в цілому.

3. Вдосконалено розроблену математичну модель управління резервами запасних частин для автобусів, що виконують пасажирські перевезення в умовах Вінницького регіону, що дозволяє визначати необхідну та достатню кількість запасних частин для забезпечення необхідного рівня перевезень.

4. Введено поняття коефіцієнта «надлишкового резервування», яке визначає частку автобусів, що додатково купуються при неефективному управлінні резервами запасних частин.

Практична значимість отриманих результатів.

Основні результати магістерської кваліфікаційної роботи мають практичне значення, дають можливість використовувати вдосконалену математичну модель для визначення необхідного та достатнього резерву частин транспортних засобів, що забезпечують регулярні пасажирські перевезення, як у місті Вінниці, так і в межах Вінницької міської об'єднаної територіальної громади.

Ця модель дозволяє оптимізувати процес управління запасами, що сприяє зниженню експлуатаційних витрат та забезпеченню безперебійності.

Достовірність теоретичних положень магістерської роботи підтверджується використанням теоретико-методологічних підходів, розробкою наукових і практичних методів, а також вдосконаленням математичної моделі для створення нового підходу до управління резервами запасних частин для пасажирських транспортних засобів. Цей підхід враховує обмеження даних щодо надійності основних вузлів та агрегатів автобусів, які експлуатуються як у місті Вінниці, так і в межах Вінницької міської об'єднаної територіальної громади.

Враховуючи економічні, транспортно-дорожні та екологічні аспекти, пропозиції щодо постановки завдань наукового дослідження та наукових передумов, які сприяють забезпеченню відповідності існуючого підприємства та окремим елементам вимогам науково-технічного прогресу, мають важливе значення для розвитку комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень магістерської кваліфікаційної роботи доповідались та обговорювались на Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)» 15 жовтня 2024 року – 15 червня 2025 року, Вінниця, ВНТУ.

Публікації. В. О. Бойко, Р.В. Зинка, М. В. Митко. Оптимізація цільової функції управління резервами запасних частин для підприємств автомобільного транспорту. Матеріали Міжнародна науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)». Вінниця, ВНТУ. 2024 URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/view/22837> [6].

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ», МІСТО ВІННИЦЯ

1.1 Загальна характеристика та аналіз діяльності комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» місто Вінниця

1.1.1 Історія та характеристика комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» місто Вінниця

Сьогодні суспільно – економічні умови в Україні стрімко змінили підходи до розвитку в світі та різних сферах новітніх технологій. На даний час війна в Україні змінила підґрунтя та розвиток нашої держави, а також відбулося переосмислення цінностей та темпів розвитку народного господарства держави. На сьогодні Вінниччина займає велике провідне місце у виконанні функцій, по перевезенню пасажирів і вантажів, а також у змішаних перевезеннях. Для сучасного автомобільного транспорту головним завданням є – це забезпечення його справного технічного стану.

Тому перед комунальним підприємством «Вінницька транспортна компанія», сьогодні стоїть не легкий шлях, для організації та виконання своїх функцій, які покладені на нього в цілому.

Саме комунальне підприємство "Вінницька транспортна компанія" було засновано згідно історичних даних, ще в 1913 році, що і є початком заснування транспортної мережі у місті Вінниця та створенням соціально-обслуговуючого підприємства для містян по їх перевезенню. Згідно історії сайту міста Вінниця, це було «Вінницьке міське електропідприємство», керівником якого був Гофштейн Борис Степанович. Початком даного підприємства є Вінницьке трамвайне управління, де з 7 вересня 1913 року, вулицями міста розпочали курсувати перші сім двохосьові вагони «MAN» німецького виробництва. Що були придбані на

Нюрнберзькому заводі та були розраховані дані вагони на 18 сидячих і 14 стоячих місць для пасажирів.

Наступним видом транспорту – це був автобус, історія якого розпочалася трішки пізніше в місті Вінниці, у 20-х, роках минулого століття. Як відомо із історичних джерел, місто Вінниця розпочало активно розбудовуватися, а можливості для розбудови нових гілок трамвайної колії не знайшли. Тому було прийняте рішення для закупівлі автобусів та відкриття пасажирських маршрутів. У 30-х роках ХХ сторіччя було організовано більш регулярний автобусний рух та створено автобусний парк, який загалом розпочав перевезення містян досить жваво різними напрямками, що стали пасажирськими маршрутами. Транспортні засоби в свою чергу підпорядковуються трамвайному депо, які вже мало місто Вінниця, і на його базі створюється "Трамвайно-автобусне господарство".

Починаючи із 60-х років на міських та приміських маршрутах почали з'являтися автобуси львівського автобусного заводу ЛАЗ – 695Е (Львів). Ці автобуси були більше пристосовані для приміського режиму роботи, але як у багатьох містах, в тому числі, так і у місті Вінниця, вони працювали як міські.

Історія Вінницького автобуса у роки планової економіки різних його часів зазнала багатьох факторів, та реструктуризацій, що і призвело до відновлення муніципального автобусного парку в 2010 році. У 2013 році в районі Сабарів відкривається нове автобусне депо, базою якого стає комунальне підприємство «Вінницьке трамвайно-тролейбусне управління», яке згодом перейменоване у комунальне підприємство «Вінницьку транспортну компанію», скороченою назвою КП «ВТК».

Так, як місто Вінниця розбудовувалося, а трамвайний та автобусний транспорт не справлявся із вирішення задач по перевезенню пасажирів по місті Вінниця, то багатьом стало зрозумілим, що потрібно будівництво тролейбусних ліній. Тому на базі управління «Трамвайний трест» було висловлено думку про розширення підприємства та з'явилися плани для утворення тролейбусної лінії, так як в місті запрацювали ряд стратегічно важливих підприємств – це ламповий завод, ГПЗ, та інші заводи міста, де працювали тисячі людей. Вони потребували

додаткових пасажирських перевезень, для доставки їх на роботу з роботи, або в інших соціально-обслуговуючих цілях.

1.1.2 Аналіз функціонуючого рухомого складу та маршрутів транспортних засобів КП «Вінницька транспортна компанія»

Як було попередньо сказано для створення КП "Вінницька транспортна компанія" першочергово було застосовано базу комунального підприємства «Вінницьке трамвайно-тролейбусне управління». Яке згодом було і перейменовано у комунальне підприємство «Вінницьку транспортну компанію».

На сьогодні комунальне підприємство "Вінницька транспортна компанія" у місті Вінниця виконує основну роль перевізника муніципального транспорту, який надає послуги по міських перевезеннях у місті. Це є його основною діяльністю напрямку по перевезенню пасажирів на маршрутах місті Вінниця та його приміських маршрутах.

Саме підприємство відповідно до даних реєстру було створено рішенням Вінницької міської ради від 28.10.1993 року та зареєстроване. Адреса юридичної особи організації комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія" розташовується за адресою: Україна, 21036, Вінницька обл., місто Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, буд. 29. Також підприємство КП "Вінницька транспортна компанія" має свій статут підприємства та є господарюючим суб'єктом, де власником цього підприємства є об'єднана Вінницька територіальна громада, а дії особи виконує Вінницька міська рада. Також відомо, що із статуту комунального підприємства, його основною діяльністю виду КП "Вінницька транспортна компанія" – це надання послуг із перевезення містян – пасажирів, до якого належить наземний транспорт міського та приміського сполучення (автобуси та маршрутні таксі), а також електротранспорт, до якого відносять тролейбуси та трамваї.

Повною назвою підприємства є – комунальне підприємство "Вінницька транспортна компанія", скорочена назва – КП "ВТК". Назва англійською –

MUNICIPAL ENTERPRISE VINNYTSIA TRANSPORT COMPANY (ME VTC).

Уповноваженою особою юридичної особи комунальне підприємство "ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ" є Нечаєв Олександр Валентинович, Король Сергій Іванович, Юнаш Катерина Андріївна. Розмір статутного капіталу, як відомо із реєстру, що є відкритими даними аналітичної онлайн – системи «YouControl» для підприємств України становить – 763 203 265,00 грн., частка якого складає – 100.00 %.

Комунальне підприємство "Вінницька транспортна компанія" – це мережа громадського транспорту, яка об'єднує в собі підприємства трьох різновидів транспорту таких, як: 1) трамвай, 2) тролейбус, а також 3) автобус та маршрутне таксі. Кожен із даних видів різновиду транспорту, утворюють свої окремі відокремлені підрозділи та мають своїх управлінців (керівників або начальників) по даних підрозділах. Тобто трамвайному депо підпорядковуються – трамваї, які мають свого начальника, тролейбусному депо належать – тролейбуси, які мають свого ж начальника. А муніципальному автобусному парку в розпорядження належить – автобусний парк, про який описано вище, та який знаходиться на базі нового автобусного депо у КП «ВТК» на районі Сабарів, де також є призначеним начальник муніципального автобусного парку.

Темою магістерської кваліфікаційної роботи: «Вдосконалення методики управління резервами запасних частин для пасажирських транспортних засобів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» місто Вінниця. Вирахуванням основних теоретичних та експериментальних досліджень при управлінні резервами запасних частин для рухомого складу автомобільного транспорту, яке спрямоване на зниження експлуатаційних витрат під час виконання пасажирських перевезень в умовах експлуатації автобусів середнього та великого класу. Тому для розгляду автобусів середнього та великого класу будемо апелювати до автобусного парку (депо), який є в структурі КП «Вінницька транспортна компанія».

Метою роботи є – це на основі теоретичних та експериментальних досліджень, розробити методику управління резервами запасних частин для

рухомого складу автомобільного транспорту, яке спрямоване на зниження експлуатаційних витрат під час виконання пасажирських перевезень.

Автобусний парк КП «Вінницька транспортна компанія», який має ще назву «Муніципальний автобусний парк» знаходиться за адресою: м. Вінниця, вул. Сабарівське шосе, 19. Згідно із сайту компанії, у місті Вінниця, нараховується 30 маршрутів по міських та приміських маршрутах, для перевезення пасажирів.

Потрібно відмітити, що від створення автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія», кожного року підприємство поступово, змінювало та оновлювало рухомий склад та його матеріально технічну базу. Підприємством у 2015 році було проведено будівельно – ремонтні роботи приміщення виробничо-технічної бази та ті, які відносяться до неї. Закуплено більш сучасніше обладнання для технічного та поточного обслуговування автобусів, а також шиномонтажне ремонтне обладнання. Загальний вигляд обладнання, яке використовується в приміщенні виробничо-технічної бази підприємства автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія», а саме підіймачі, що використовуються для робіт по ТО та ПР зображено на рисунку 1.1 та шиномонтажне ремонтне обладнання на рисунку 1.2. А також рухомий склад, що виконує перевезення пасажирів, зображено на рисунках 1.3 – 1.7.



Рисунок 1.1 – Підійомник для автобусів, що виконують роботи по ТО та ПР



Рисунок 1.2 – Шиномонтажний стенд для ремонту коліс автобусів



Рисунок 1.3 – Рухомий склад автобусів великого класу марки Богдан А701 автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»



Рисунок 1.4 – Рухомий склад автобусів великого класу марки ЛАЗ – А183 автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»



Рисунок 1.5 – Рухомий склад автобусів середнього класу марки Богдан А092 автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»



Рисунок 1.6 – Рухомий склад автобусів середнього класу марки Богдан «Ataman» A093.12 автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»

Станом на сьогодні рухомий склад «Муніципального автобусного парку» у КП «ВТК» міста Вінниці складається із 80 великих автобусів марки «ЛАЗ – A183», «Богдан A701», «Otocar Kent C CNG» та 12 автобусів середньої місткості Богдан «Ataman» A093.12, а також 1 електробус. У вересні місяці 2021 року у Вінниці, а саме 8 вересня презентовані 10 нових турецьких автобусів «Otocar Kent C CNG», що зображено на рисунку 1.7. Автобуси за технічною характеристикою мають позначення, де остання аббревіатура означає, що транспортні засоби працюють на компресованому (стислому) природньому газі. В автобусах передбачено 29 сидячих, 59 стоячих місць, місце для пасажирів в інвалідному візку. Салони оснащені системою кондиціонування, яка взимку може працювати на обігрів.



Рисунок 1.7 – Рухомий склад автобусів великого класу марки «Otocar Kent C CNG» автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»

Автобуси курсують на 20-ти автобусних маршрутах у місті Вінниця та працюють переважно у районах приватної забудови для підвезення пасажирів до електротранспорту та центру міста. На підприємстві нараховує 14 автобусних маршрутів (49 автобусів на рейсах) в звичайному режимі руху та 31 автобусних маршрути в режимі маршрутного таксі (252 маршрутних таксі на рейсах – це перевізники, які уклали додаткові договори із КП "Вінницька транспортна компанія").

На території «Муніципального автобусного парку» КП «ВТК» розташовані: адміністративно-господарський корпус, відкрита площадка для зберігання автобусів, контрольно-пропускний пункт (КПП). На КПП – пункт, де виконується передрейсовий контроль технічного огляду автобусів та стану здоров'я водів.

«Муніципальний автобусний парк» має досконалу матеріально виробничо-технічну базу, що складається із зони технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) автобусів в кількості 8-ти постів з ТО та ПР. Зона ТО і ПР об'єднує навколо себе ділянку для виконання певних робіт з ТО і ПР у вузлів та агрегатів. Обладнано зону щоденного обслуговування з автоматизованою мийкою, агрегатною ділянкою, слюсарно-механічною, зварювально-жерстяницькою та шиномонтажно-вулканізаційною ділянці. Ще на підприємстві знаходиться спеціалізовано малярна ділянка та ін.

Для надання послуг пасажирських перевезень автотранспортне підприємство, має відповідний рухомий склад та надає тільки сучасно комфортабельний транспорт Євро-класу із професійними досвідченими водіями. Завдяки тому, що компанія має в наявності різновиди автобусів різної місткості, підприємство може забезпечити логістику міста для будь-якого запиту на додаткові групові транспортні обслуговування пасажирів. Автобуси різних класів (для міського) за їх призначенням та види сучасних марок автобусів повинні забезпечувати, відповідно вказану конструктивну місткість перевезення кількості пасажирів із необхідним їм комфортом та безпекою перевезення під час руху на маршрутах міста.

Основними завданнями «Муніципальний автобусний парк» КП "ВТК" є:

- організація та здійснення пасажирських перевезень, які повинні відповідати автобусним маршрутам місті Вінниці, що підписані згідно договорів із «Prozorro» та укладені між перевізниками;
- своєчасне технічне обслуговування та поточний ремонт автобусів, їх зберігання, а також тих, які їм належать і іншим юридичним та фізичним особам;
- матеріально – технічна доставка та постачання запасними частинами, їх агрегатами та експлуатаційними матеріалами, які відносяться до автобусного парку (ДЕПО).
- планування діяльності комунального підприємства та його обліком, а також керуванням діяльністю виробничо – господарських частин.
- дотримуватися виплат по заробітній платі працівникам та організацій їхньої праці в підприємстві.

Для проведення технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) автобусів середнього та великого класу на АТП у виробничих підрозділах, які охоплюють загальний спектр комплексних робіт у технічному обслуговуванні та ремонті рухомого складу:

- зони технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) розміщуються у виробничих корпусах, які обладнані тупиковими та проїзними постами із оглядовими канавами та підіймачами для автобусів.

1.2 Особливості експлуатації транспортних засобів, які виконують пасажирські перевезення у місті Вінниця

В сучасний час, не зважаючи на третій рік війни в нашій країні, велику частину приділяють муніципальному транспорту, який забезпечує перевезення пасажирів у містах країни. Тому безумовно розглядаючи різні види транспорту, які є в місті Вінниця, про них також потрібно сказати. Перевагами використання автомобільного транспорту, таких як перевезення від дверей до дверей, практична все сезонність, мобільність та інше визначають транспорт – це його затребуваність. Згідно статистичних даних станом [34] на 1 жовтня 2024 року в

Україні сталося 16 621 ДТП із травмованими, що на 11% більше, ніж за аналогічний період 2023 минулого року. У Вінницькій області зафіксовано 325 аварій. Водночас слід зазначити, що в Україні автомобільний парк [8] близько 14 млн. одиниць автомобілів, із яких становлять: вантажні автомобілі – 15,5%, автобуси – 2,6%, легкових автомобілі – 81,9 %. Відомо, що кожен приблизно вісімсот п'ятдесятий транспортний засіб потрапляє у ДТП.

Основною причиною аварій в Україні залишається перевищення швидкості та поганим станом дорожнього покриття – 39,9% всіх ДТП відбулося саме із цієї причини. Іншими значущими причинами є порушення правил маневрування (23%) і порушення правил проїзду перехресть (9,6%). Варто зазначити, що 80% ДТП відбувається в населених пунктах, і цього року в них зафіксовано зростання аварій на 13%. Але залишається ще велика кількість ДТП, які відбуваються через незадовільний технічний стан транспортних засобів і становить майже 7,6 % від загальної кількості ДТП (Таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Статистика кількості та причини ДТП в Україні та Вінницькій області

Причини	Кількість	%
Перевищення швидкості та поганий станом дорожнього покриття	6 632	39,9
Порушення правил маневрування	3 823	23,0
Порушення правил проїзду перехресть	2 161	13,0
Незадовільний технічний стан рухомих транспортних засобів	1 263	7,6
Інші причини	2 742	19,9
Всього	16 621	100

Автомобільний транспорт у місті Вінниця представлений автобусами, вантажними та легковими автомобілями, фургонами, джипами, мікроавтобусами та мотоциклами. Для покращення та підвищення пасажирських перевезень у місті Вінниці було закуплено різний рухомий склад транспортних засобів переважно

європейського та японського походження або виробництва.

Для експлуатації таких транспортних засобів Україна імпортує паливно-мастильні матеріали та запасні частини до них. Динаміка зміни числа колісних транспортних засобів та експлуатаційних матеріалів представлена на рисунках 1.8. – 1.10.

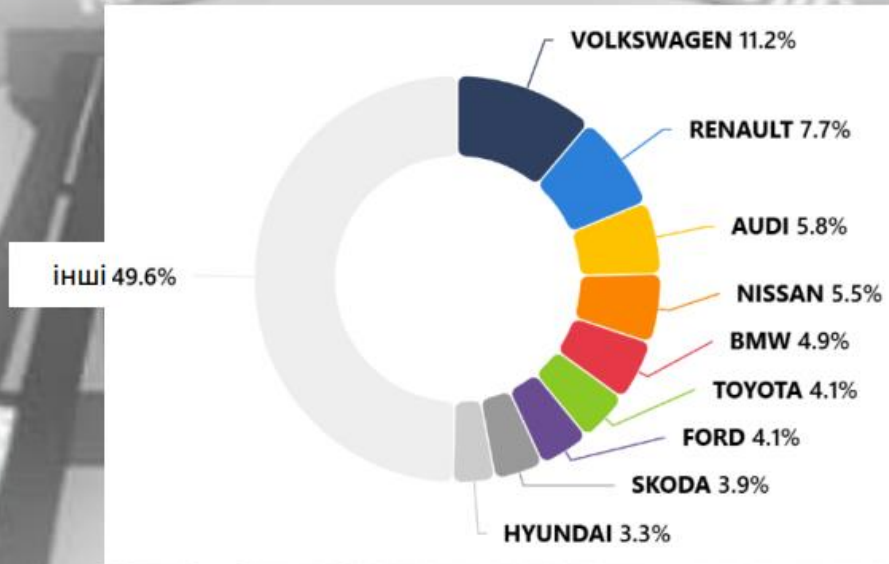


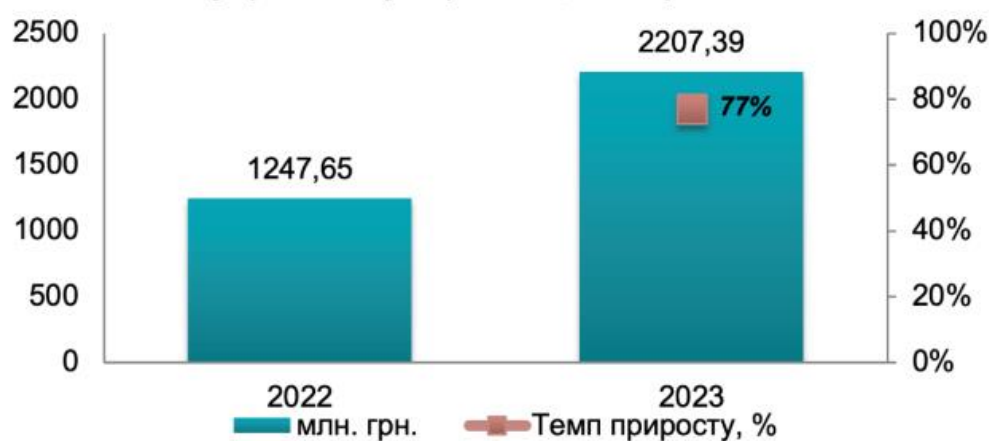
Рисунок 1.8 – Імпорт топ самих популярних марок автомобілів за січень – липень 2024 рік [35]

Таблиця 1.2 – Статистика ТОП самих популярних марок Т.З.

Марка Т.З	Кількість	%
VOLKSWAGEN25	25 498	11,2%
RENAULT17	17 479	7,7%
AUDI	13 173	5,8%
NISSAN	12 572	5,5%
BMW	11 109	4,9%
TOYOTA	9 364	4,1%
FORD	9 253	4,1%
SKODA	8 923	3,9%
HYUNDAI	7 635	3,3%
Інші Т.З.	113 313	49,6%
Всього	273 219	100

Бензинові авто залишаються найбільш затребуваними – це майже кожен другий ввезений цього року автомобіль. Дизельними були 27,5% авто, що ввозяться цього року. Незважаючи на те, що імпорт електрокарів виріс у 1,8 разів на рік, загалом на них припадає лише 13,1% нововвезених авто.

Динаміка державних закупівель мастильних матеріалів в Україні 2022-2023 рр., у грошовому вираженні, млн. грн.



Джерело: дані Prozorro, оцінка Pro-Consulting

Рисунок 1.9 – Аналіз ринку мастильних матеріалів в Україні [36]

У 2021-2024 рр., тис. т



Рисунок 1.10 – Динаміка імпорту нафтопродуктів в Україну у 2021 – 2024 рр. тис. тон. [37]

КП «Вінницька транспортна компанія» є основним перевізником пасажирів у місті Вінниця, а також у Вінницькій міській об'єднаній територіальній громаді, яку зображено на рисунку 1.11.

Основу його автобусного парку складають автобуси, які були випущені у 2013 по 2021 роки. Це автобуси марок: Богдан А092 (роки випуску 2010-2012), Богдан А70132 (роки випуску 2013-2014), ISUZU Ataman А092G6 (роки випуску 2016-2018). Так як дані автобуси є більш застарілими в КП «ВТК», і потребують більше ресурсу для ремонту Т.З, а також і використання запасних частин. Більшу основу автопарку складають дані транспортні засоби, тому і розглянемо їх для «Вдосконалення методики управління резервами запасних частин для пасажирських транспортних засобів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» місто Вінниця».

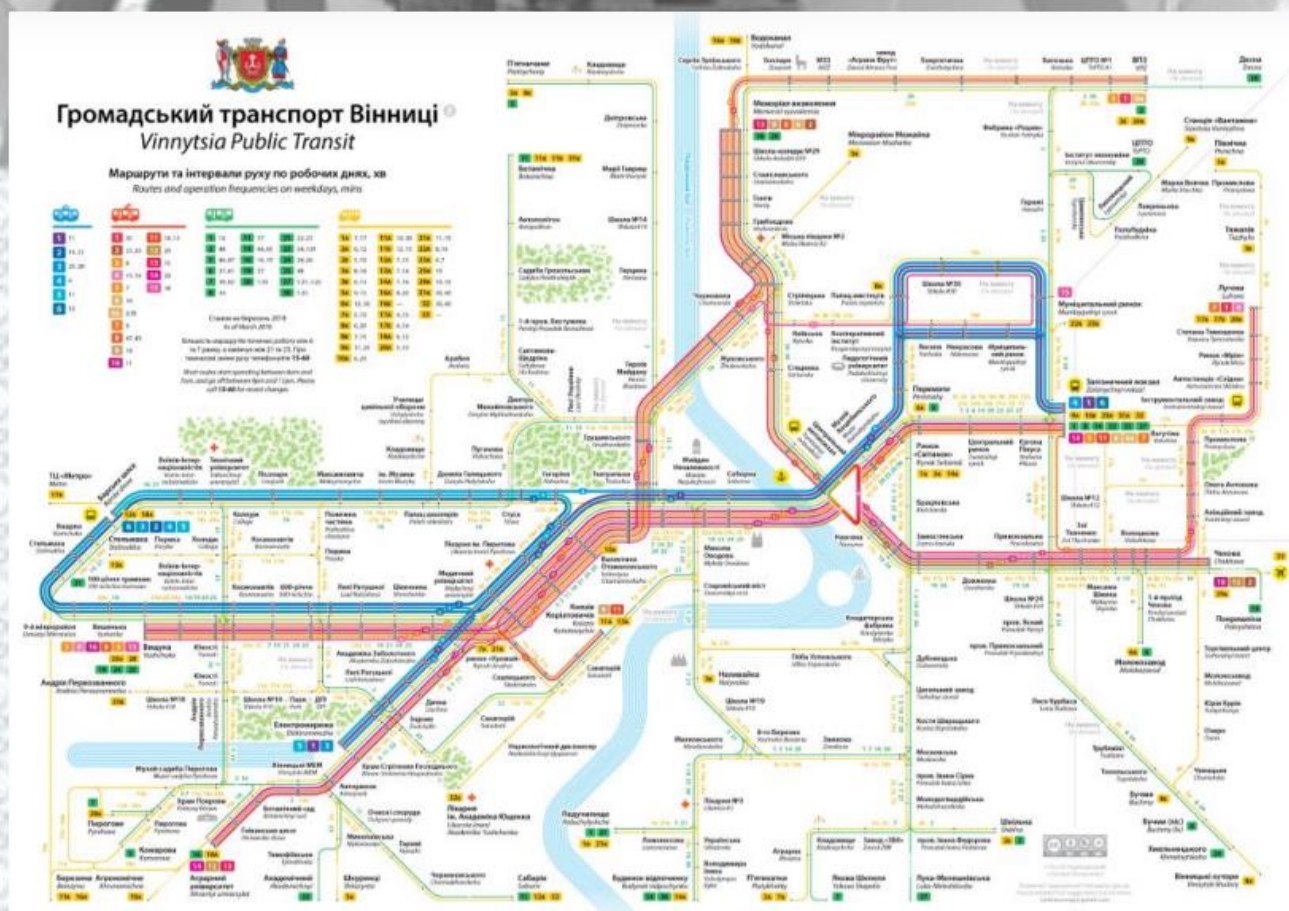


Рисунок 1.11 – Об'єднана маршрутна схема громадського транспорту міста Вінниця та міської об'єднаної територіальної громади

Структура управління у КП «Вінницька транспортна компанія», що включає на підприємстві «Муніципального автобусного парку» модель організаційної структури пасажирського муніципального транспорту:

- Технічне обслуговування автобусів;
- Поточний та капітальний ремонт автобусів та їх агрегатів.

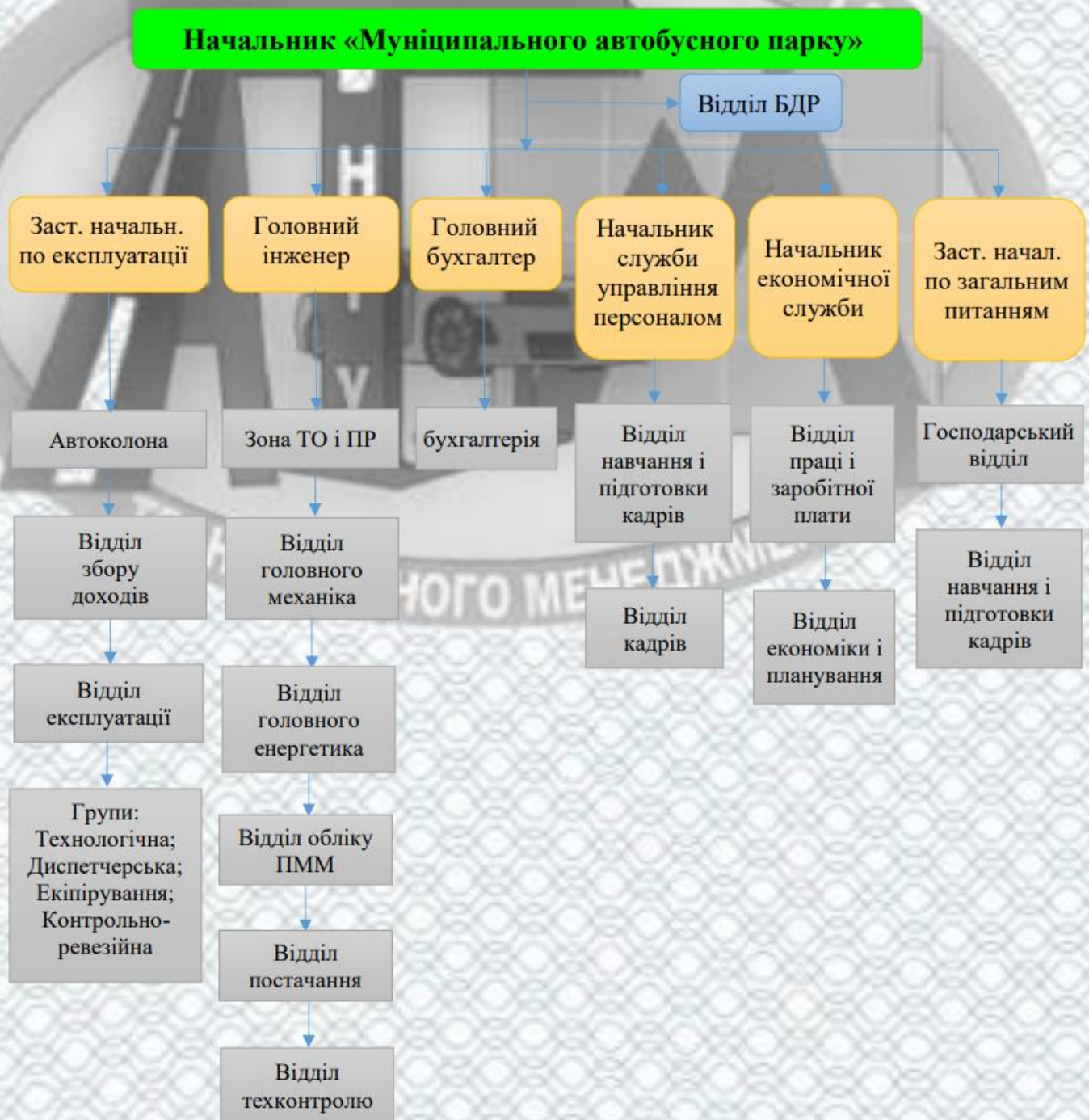


Рисунок 1.12 – Схема графічної моделі організаційної структури пасажирського «Муніципального автобусного парку»

Проведений аналіз показує, що основна закупівля автотранспорту для КП «ВТК», здійснювалась у період із 2013 років по 2024 рік, незважаючи на складності фінансування. Громадський транспорт для міста Вінниці відіграє важливу роль, а це говорить про оновлення сучасних пасажирських транспортних засобів, які призначенні для створення комфортних умов в місті та для перевезення містян.

Більша частина автобусів, які знаходяться на балансі КП «ВТК», є автобусами із експлуатаційним періодом, від 11 років і до 7 – 8 років вже експлуатації. Тому близько 60 – 75 % автобусів потребують збільшення витрат на обслуговування та ремонт транспортних засобів. Що призводить до зменшення ресурсу, як деталей, механізмів та їх агрегатів. Тому щоб підтримувати автобуси в належному стані потрібно звернути увагу на закупівлю запасних частин, а також вчасно збільшити час на технічне обслуговування та ремонт Т.З.

В зв'язку із цим доцільно розглянути, як може змінюватись роботоздатність стану транспортних засобів, які експлуатуються у місті Вінниця із плином часу, під дією ряду факторів – таких, як кліматичні умови, дорожні умови, якість технічного обслуговування, якість поточного ремонту та інше.

1.3 Фактори, які впливають на роботоздатність транспортних засобів, які експлуатуються у місті Вінниця

Вінницька міська об'єднана територіальна громада включає в себе – це Вінницю, яка поділена на кілька мікрорайонів, серед них це – мікрорайони: Вишенька, Слов'янка, Ближнє Замостя, Тяжилів та Поділля. А також громади: селище Десна, село Вінницькі Хутори, Великі Крушлинці, Гавришівка, Малі Крушлинці, Писарівка, Щітки, Стадниця.

Дані міста Вінниці, мають єдину транспортну інфраструктуру, що робить умови експлуатації в громаді подібними, отож загальні проблеми експлуатації пасажирських транспортних засобів, виконуються при перевезенні пасажирів автобусами. Підтримання роботоздатності технічного стану, яких знаходиться на

низькому рівні, враховуючи ситуацію в Україні сьогодні із нехваткою кадрів та ресурсів. Тому дане питання стає актуальним для створення організації ефективного технічного обслуговування автотранспортних засобів і забезпечення високої якості пасажирських перевезень. Особливо великою проблемою, виникає при експлуатації автобусів, це підвищення пасажиромісткості автобусів, що призводить до безконтрольної посадки пасажирів в салон автобуса у критичні моменти, або в часи пікового навантаження (зранку, в обід, ввечері) у визначені години.

В свою чергу це може призвести до перевищення допустимого навантаження на вісі транспортного засобу і призвести до руйнування дорожнього покриття. Незадовільний стан дорожнього покриття в Вінницькій міській об'єднаній територіальній громаді: збільшення вибоїн, каміння і нерівності дороги, призводить до зниження ресурсу підвіски, шин, гальмівної системи, амортизаторів. Особливо впливає також і велика кількість підйомів та спусків на ресурс Т.З., трансмісії та агрегатів, може зменшуватись ресурс двигуна.

Несвоєчасне проведення технічного обслуговування призводить до перепробігу моторного мастила, що в свою чергу визиває зниження ресурсу двигуна. При визначеній потребі підприємства і запасних частина необхідно враховувати дані фактори, а також по можливості покращувати їх умови експлуатації автобусів, а саме слідкувати за своєчасним та якісним проведенням технічного обслуговування, не допускати перенавантаження пасажиромісткості, покращувати та слідкувати за станом дорожнього покриття. В зв'язку із певною зміною кліматичних умов громади, це можливе підвищення високої температури і задимленості повітря, надавати перевагу у частішій заміні деяких запасних часин, що потрібно проводити частіше в порівнянні із його регламентом, який прописаний до робіт ТО або ПР. Даний факт може відрізнятися в потребах запасних частин, які надають виробники від фактичної до реально актуальної в місті Вінниця та інших регіонів України. Для ефективної роботи автотранспортного підприємства необхідно враховувати дані фактори і вносити коректування і прогнозування потреб в запасних частинах, її розхідних

матеріалах для кожної визначеної марки та моделі автобуса.

1.4 Критерії і методи визначення ефективності і експлуатації рухомого складу муніципального автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія» місто Вінниця

Ефективність експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту в багатьох випадках, визначається затратами на підтримання автотранспортних засобів у роботоздатному стані при виконанні заданого об'єму транспортної роботи. Значну долю в даних затратах становлять витрати на запасні частини, що обумовлюють необхідність проведення більше детального аналізу у питаннях управління резервами запасних частин.

По проблемам дослідження організації та управління запасами запасних частин і функціонування складського господарства було виконано досить велику кількість наукових досліджень, такими авторами як A. Bacchetti, N. Saccani [27], J. E. Boylan, A. A Syntetos [28], S. Mika, E. Pei [29], B. Kaya, O. Karabağ, M. M. Fadiloğlu [30], Q. Wang, C. Liu, M. Zheng, D Wang, E. Pan [31], Д. В. Голуб, В. В. Аулін, А. С. Замуренко, Р. П. Кічура, О. Ю Ювзенко., В. В Біліченко [12], О. П. Антонюк [2], О. П. Кравченко, Є. А. Верітельник [16], О. Бондаренко, Д. Дрючин, А. Гончаров, С. Булатов, Є. Феклін [32], В. П. Стрельников [33], О. І. Субочев, М. Г. Погорелов [24] та багато інших [14].

Свої роботи вони посвятили, як для визначення потреб у підприємстві в запасних частинах так і в збільшенні результативності при управлінні запасами під час технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Деякі роботи були виконані для оптимізації технології ремонту автомобільних вузлів і агрегатів, аналіз питань по визначенню потребу у запасних частинах для дизельних автомобілів.

Як показують дослідження, різних наукових робіт, є потреби у визначенні на основі реальних, фактичних потреб на запасні частини, із можливістю застосування розуміння на основі методів наукового прогнозування.

Існуючі методики визначення необхідного об'єму резерву запасних частин для підприємств можна розділити на слідкуючі групи:

- по визначеним нормам, що створюють середню кількість вибраних запасних частин на затверджену кількість автотранспортних засобів на рік, для певних видів станцій технічного обслуговування використовують дані методики визначення потреб у запасних частинах;

- по фактичному використанні із відповідною систематизацією. Ця методика дозволяє отримати більш точний результат про реальні потреби в автомобільних запасних частинах, де збір даних займає багато часу.

На основі аналізу робіт, які пов'язані із експлуатацією автотранспортних засобів були систематизовані фактори, які визначають потреби в запасних частинах і розхідних матеріалах, які можна подати у вигляді експлуатаційних, економічних, конструктивних, технологічних та організаційних груп причин (Рисунок 1.13).

Аналіз різних видів перевезень показує, що автомобільні перевезення залишаються одними із найдорожчих через високі експлуатаційні витрати. Особливо високою залишається вартість запасних частин, що у зв'язку із цим для відповідної можливості оцінки зниження експлуатаційних витрат доцільно уявити ці витрати у наступному вигляді:

$$C_{\text{зат. min}} = C_{\text{пал}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ТОіР}} + C_{\text{зап/част.}} + C_{\text{аморт.}} + C_{\text{шин}} \quad (1.1)$$

де: $C_{\text{пал}}$ – витрати на паливо, грн;

$C_{\text{ЗП}}$ – витрати на заробітну плату, грн;

$C_{\text{ТОіР}}$ – витрати на ТО і ремонт, грн;

$C_{\text{зап/част.}}$ – витрати на запасні частини та матеріали, грн;

$C_{\text{аморт}}$ – витрати на амортизацію основних фондів, грн;

$C_{\text{шин}}$ – витрати на шини, грн.

Значна частина витрат під час здійснення перевезень включає в себе технічне обслуговування, шини та запасні частини, при цьому виникає необхідність управління даними витратами, а також і витратами на запасні

частини. За результатами аналізу діяльності КП «Вінницька транспортна компанія» у місті Вінниця, було складено структуру для експлуатаційних затрат (таблиця 1.3).

Виходячи із великої своєї значущості, витрати на запасні частини вимагають постійного контролю та оптимізації. В даному випадку зростає необхідність проведення аналізу ефективності і оцінки політики управління запасами. Одним із критеріїв ефективності експлуатації рухомого складу є коефіцієнт технічної готовності, який визначається для кожного транспортного підприємства, на величину якого в значній степені впливає наявність та якість запасних частин і ефективність управління їх резервами.

Таблиця 1.3 – Структура затрат на експлуатацію автобусів за даними КП «Вінницька транспортна компанія» міста Вінниця

Стаття витрат	Доля від загальних витрат, %
Паливо – змащувальні матеріали	40,1
Запасні частини і розхідні матеріали	21,4
Фонд оплати праці	21,3
Заробітна плата на ТО і ремонт	6,9
Амортизаційні відрахування	6,3
Витрати на шини	4,0

Методика визначення коефіцієнта технічної готовності та нормативні дані визначено у Положенні про «Технічне обслуговування та ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту» : затв. наказом Міністерства транспорту України від 30.03.98 р. № 102, [22].

Для мінімізації простою рухомого складу автомобільного транспорту через відсутність необхідних запасних частин, необхідна як оптимізація складського зберігання, а й реалізація відповідної моделі поставки запасних частин на підприємства автомобільного транспорту. Так, існує кілька актуальних моделей, які застосовуються на автомобільному транспорті. Нижче наведено основні моделі, які можна застосувати в умовах КП «ВТК».

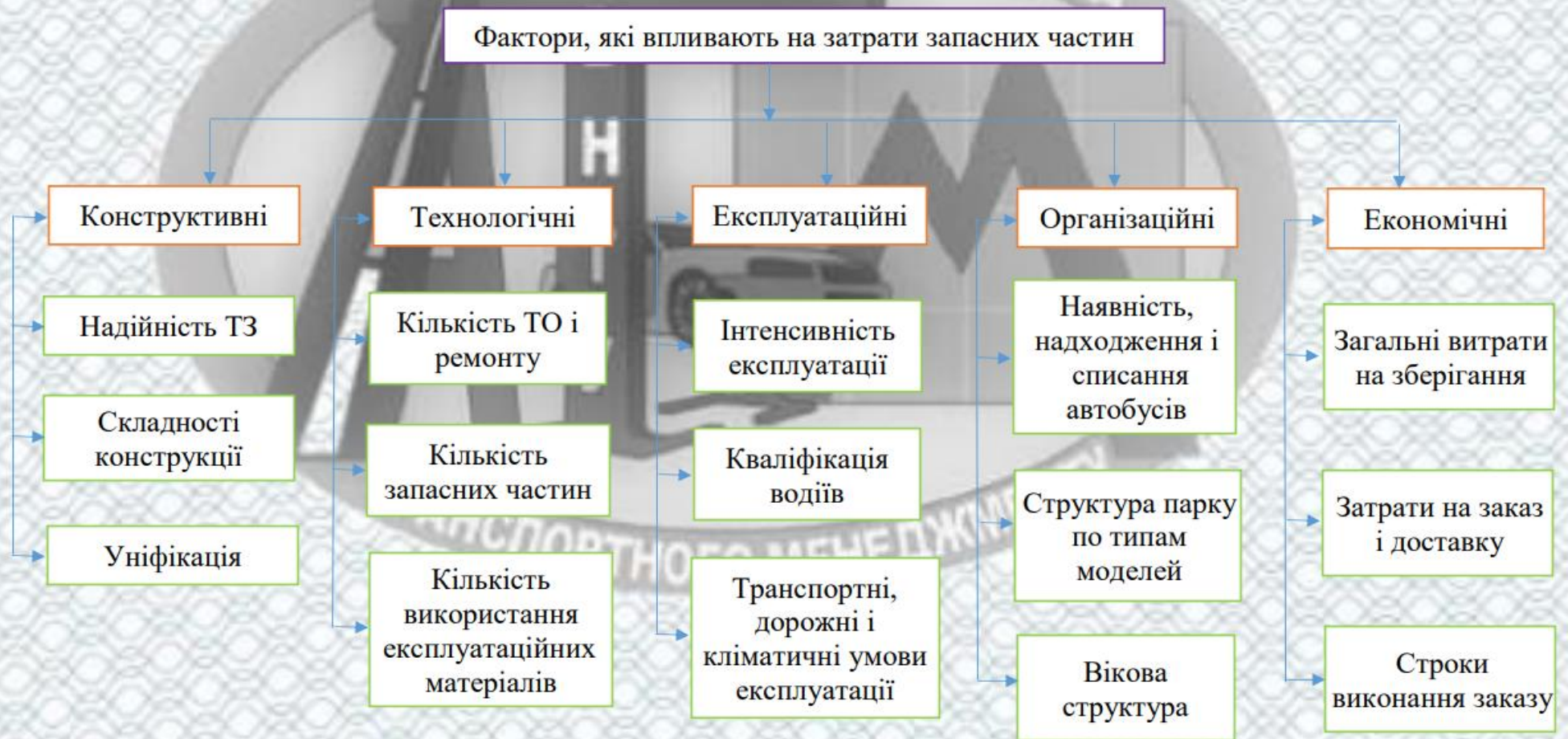


Рисунок 1.13 – Аналіз причин, які впливають на витрату запасних частин автомобілів

1.4.1 Спільні моделі показників поставки та заміни

Ці моделі мають справу із високими витратами на придбання, зберігання та постачання, а також з низькими показниками заміни. При низькій частоті заміни час поповнення набагато коротший, ніж інтервал між відмовами, який охоплює кілька місяців. Для компонента, що підлягає заміні, виникає питання часу розміщення замовлення, так як при пізньому розміщенні існує ризик нестачі, при занадто ранньому існує ризик втрат (збільшення вартості зберігання, моральне зношування, псування, крадіжка і. т. д.). Тому необхідно знайти компроміс між цими двома екстремальними ситуаціями. Для визначення даної проблеми Johansen запропонована основна модель, [2, 6, 14]. Потім розглядаються кілька сучасних моделей. Зокрема, вони враховують мінімальний ремонт, змінний час поповнення та збільшення витрат на мінімальний ремонт.

1.4.2 Базова модель без профілактичного обслуговування

Розглянемо деталь, яка працювала обов'язково протягом t одиниць часу. У який оптимальний час W * ($W > t$) необхідно розмістити замовлення, щоб отримати мінімальну загальну вартість операції, знаючи, що час виконання становить L одиниць часу, що за зберігання предмета стягується одинична вартість і що за кожен випадок нестачі стягується його вартість. Якщо товар замовлений у момент W , він отриманий у момент $W + L$, що зображено на рисунку 1.14.



Рисунок 1.14 – Схема циклу заміни і управління

Середня загальна вартість СТ (W) є сумою вартості зберігання CS (W), заміни та вартості нестачі CP (W) у разі поломки перед постачання запасної частини.

1.4.3 Вартість нестачі

Ймовірність нестачі дорівнює ймовірності відмови між t і $W + L$, знаючи, що компонент був справний у момент часу t .

Ця ймовірність визначається як ймовірність нестачі:

$$\int_t^{W+L} \frac{f(x)}{R(t)} dx. \quad (1.2)$$

Отже, вартість нестачі становить:

$$CP(W) = \pi \int_t^{W+L} \frac{f(x)}{R(t)} dx. \quad (1.3)$$

1.4.4 Вартість зберігання

Період зберігання починається із доставки заміни і продовжується доти, поки не відбудеться заміна запасної частини [2, 6, 14]. Вираз середнього часу зберігання визначається як:

$$\int_{W+L}^{\infty} \frac{R(x)}{R(t)} dx. \quad (1.4)$$

Отже, середня вартість зберігання становить:

$$CS(W) = h \int_{W+L}^{\infty} \frac{R(x)}{R(t)} dx. \quad (1.5)$$

Нарешті, вираз середньої загальної вартості СТ (W), якщо одиниця замовлена для моменту W, визначається як:

$$CT(W) = \pi \int_t^{W+L} \frac{f(x)}{R(t)} dx + h \int_{W+L}^{\infty} \frac{R(x)}{R(t)} dx. \quad (1.6)$$

Момент W^* , який мінімізує середню загальну вартість СТ (W), є рішенням рівняння:

$$\frac{dCT(W)}{dW} = 0 \text{ для } W = W^*,$$

що дозволяє визначити W :

$$r(W + L) = \frac{h}{\pi}. \quad (1.7)$$

Співвідношення (1.7) є узагальненням результату, який отриманого науковцями, які успішно його застосували для вирішення проблеми управління резервами запасних частин у портових спорудах.

1.4.5 Спільні моделі для комплекту деталей

Декілька періодичних стратегій заміни було запропоновано у дослідженій літературі. Найбільш відомими базовими стратегіями є стратегії із заміни блоків (BRP), за віком (ARP) та стратегії мінімального відновлення (MRP). Ці базові стратегії припускають, що запасні частини завжди доступні, коли необхідно зробити заміну. Насправді наявність запасних частин у необхідний час залежить від стану запасних частин. Таким чином, виникає необхідність у розробці стратегії технічного обслуговування, що враховує постачання запасних частин.

Byington і Wan розглядають систему, схильну до випадкових збоїв і яка систематично замінюється в заздалегідь визначені моменти часу $T, 2T, \dots, kT$ і при збої. Запасні частини контролюються відповідно до політики типу (R, S) , де R кратно T .

Мета полягає в тому, щоб визначити змінні T, R і S , які мінімізують суму витрат, понесених при виконанні дій із технічного обслуговування, і витрат, пов'язаних з управлінням резервами запасних частин. Пропонують розширити модель Acharya шляхом прийняття політики управління типами (R, s) та стратегії обслуговування блоків. Політика типу (R, S) прийнято керувати запасом запасних частин. Модель враховує ненульову та постійну затримку поповнення. Деякі

автори пропонують спільну модель, у якій мета полягає у тому, щоб визначити триплет (T, R, S) , який максимізує доступність системи за бюджетних обмежень. Прийнята стратегія технічного обслуговування є блоковою, тоді як управління резервами запасних частин здійснюється відповідно до політики (R, S) , де R кратно T .

У цілому запропоновані стратегії працюють відповідно до характеристик та наступних припущень:

- оптимізація здійснюється лише шляхом мінімізації витрат;
- час поповнення мізерно мало;
- час заміни чи ремонту незначно;
- моделі доступності не обробляються аналітично;
- політика контролю (R, S) є практично єдиною стратегією, що використовується.

Для того, щоб заповнити відсутність аналітичних моделей для наявності та пропусків, що спостерігаються вище, використовуючи переваги політики (s, Q) , автор пропонує нову спільну стратегію, яка спрямована на визначення контрольних точок та кількості для контролю Q , що максимізує доступність системи. Ця система замінюється при поломці, якщо на складі є запасні частини. У разі нестачі запчастин система залишається неактивною до отримання замовленої кількості. Профілактична заміна виконується щоразу під час оформлення замовлення. У стратегії враховується розподіл часу заміни при відключенні, постійний час поповнення τ , витрати дефіциту, пропорційні часу бездіяльності, і політика управління (s, Q) .

1.4.6 Спільна стратегія управління резервами запасних частин для забезпечення максимальної доступності

Для ремонтпридатної системи, схильної до випадкових збоїв, доступність в даному інтервалі виражає частку часу, протягом якого система знаходиться в робочому стані в цей інтервал часу. Крім того, цю доступність легко зв'язати із

виробництвом або надання послуг. Таким чином, виправдано розглядати доступність як мету, яка має бути оптимізована в умовах обмеженого бюджету. Насправді оперативний бюджет встановлюється відділом технічного обслуговування із метою забезпечення кращої доступності до устаткування.

Політика управління запасами, прийнята в цій моделі, пропонує впорядкувати кількість Q , коли запас досягає рівня s .

Запропонована стратегія передбачає:

- замінити несправність новими запасними частинами, якщо вони є;
- замовити запасні частини $Q + 1$ (з $Q > s$), як тільки буде досягнуто контрольної точки.

Додаткова частина використовуватиметься для профілактичної заміни, яка буде здійснюватися із доставкою запасних частин. Час поповнення t передбачається відомим та постійним, якщо при поповненні система залишається у спокої до моменту отримання запасних частин. Як тільки замовлення випущено, командам виробництва та обслуговування надсилається повідомлення, що попереджає їх про превентивну заміну, яка має бути виконана протягом t одиниць часу. Потім подаються команди для планування та організації профілактичної заміни операції.

Потреба в резервах запасних частин продиктована необхідністю забезпечити безперервність обслуговування ТЗ, схильних до випадкових відмов. Будь-який тривалий простий призводить до великих фінансових втрат. Тому мета проведених досліджень полягає в тому, щоб визначити стратегічний підхід до управління резервами запасних частин, представити моделі та інструменти підтримки прийняття рішень, які допоможуть визначити: номенклатуру запасних частин, що зберігаються на складі, кількість і асортимент запасних частин, що замовляються, і період замовлення. Пропонується кілька методів визначення вимог до запасних частин у випадках, коли відомі закони погіршення якості чи статистика їх заміни.

Моделювання представляється як діючий інструмент і особливо цікаво у тих випадках, коли процеси споживання та ремонту деталей є складними.

Також розглядається використання відновлених деталей та визначаються умови ефективності їх використання. Нарешті, вивчаються різні ініціативи щодо управління резервами запасних частин, які об'єднують використання нових інформаційних та комунікаційних технологій. Крім того, якщо деталей, необхідних для заміни компонентів, що вийшли з ладу, немає на складі, то ТЗ схильні до простою. Для усунення таких недоліків створюється незнижуваний запас запасних частин швидкої заміни несправних компонентів і забезпечення безперебійної роботи АТП.

Проте витрати на підтримку запасів запасних частин високі та можуть значно збільшити вартість перевезень. Важливо визначити компоненти, для яких запасні частини зберігатимуться на складі, та встановити правила та параметри їх управління, знаючи, що, з одного боку, дефіцит призводить до простоїв ТЗ, а з іншого боку, складський простір та бюджет обмежені.

Сьогодні, незважаючи на існування широкого спектру моделей, управління резервами запасних частин є серйозною проблемою для багатьох організацій, оскільки запасні частини мають відмінні риси, які відрізняють їх від інших продуктів. Їх споживання регулюється випадковим процесом, час їх постачання змінюється і найчастіше невідомо, де погіршення якості протягом часу, коли вони знаходяться на зберіганні. Через специфіку запасних частин більшість компаній отримують їх безпосередньо від виробників, які, як правило, встановлюють високу ціну та тривалі терміни очікування.

Аналіз літератури показав, що існують різні методики, що дозволяють керувати резервами запасних частин або дозволяють зберігати на складі оптимальну кількість запасних частин для різних типів АТП. Розрізняють дві політики управління запасами: безперервний моніторинг, відповідно до якого рівень запасів відомий, та періодичний контроль, який передбачає управління із заданою періодичністю R .

Висновки до розділу 1

1. Аналіз перевезень, що виконуються різними видами транспорту КП «Вінницька транспортна компанія», показав, що основним видом транспорту, який виконує пасажирські перевезення, перевага надається автомобільному транспорту.

2. Проведено кількісний та якісний аналіз транспортних засобів, що виконують пасажирські перевезення, – автобусів, що належать комунальному підприємству «Вінницька транспортна компанія» міста Вінниця.

3. Встановлено, що значну частку витрат на перевезення пасажирів у місті Вінниця становлять витрати на підтримку рухомого складу у справному стані, у тому числі витрати на запасні частини та матеріали, що становлять дуже значну частку – 17,6 %, що потребує відповідного управління резервами запасних частин та матеріалів на АТП .

4. Розглянуто основні показники ефективності роботи транспортного підприємства. Визначено, що основні показники, що використовуються, не враховують особливостей роботи автотранспортних підприємств у різних умовах експлуатації і не дозволяють оцінити вплив резервів запасних частин на ефективність використання рухомого складу.

5. Розглянуто основні моделі визначення номенклатури та кількості запасних частин, необхідних для підтримки необхідного рівня працездатності транспортних засобів.

6. Аналіз існуючих методик показав, що при формуванні резервів запасних частин підприємства, не завжди достовірно враховують вплив термінів доставки запасних частин на час простою автомобілів у ремонті.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ РЕЗЕРВАМИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

2.1 Системний аналіз методів визначення резервів запасних частин на підприємствах автомобільного транспорту

В даний час у різних джерелах описується кілька методів, понять та визначень, пов'язаних із встановленням необхідної кількості та номенклатури запасних частин, що резервуються на підприємстві для забезпечення його основних виробничих функцій, у даному випадку виконання транспортної роботи із відповідним рухомим складом. Для розуміння процесів визначення номенклатури та кількості резервованих запасних частин розглянемо базові поняття та визначення, що використовуються в цій галузі [2, 3, 5, 14].

Для транспортних засобів необхідний запас запасних частин на підприємстві, а його відсутність може призвести до виробничих труднощів, але якщо він занадто великий, це може спричиняє серйозні фінансові витрати.

Розглянемо деякі положення щодо специфіки керуючих впливів для формування запасів запасних частин для підприємства, які обумовлені їх обсягами та фінансовими можливостями для їх придбання та зберігання.

1. Економія від масштабу, це насамперед пов'язана із ідеєю від масштабу економії, як тільки кількість замовлень зменшується. Насправді, відзначається наявність вартості, викликані запуском замовлення, яка не залежить від замовленої кількості. Факт замовлення більшої кількості (яка буде зберігатися) дає можливість зменшити кількість замовлень і, звичайно, викликає зменшення затрат за рахунок розміщення замовлень.

Крім того, купуючи великі обсяги запасних частин, підприємство може скористатися оптовими знижками. Знижки можуть бути вигідними за порівняно із вартістю зберігання.

2. Усунення коливань попиту та подолання тривалих термінів поставки; можливість використовувати для протидії коливанням попиту клієнтів (може бути більше, ніж очікувалося) та подолання тривалих термінів доставки (можливі затримки). Таким чином, це дозволяє знизити ефект невизначеності.

3. Незалежність діяльності. Компанія має миттєво отримувати запчастини, яких вона потребує. З іншого боку, компанія купує ці запчастини у своїх постачальників протягом набагато тривалішого періоду часу. Наявність проміжних запасів на виробництві знижує ризики зупинки виробництва.

Характер попиту, постачання, динамічний характер запасу, і навіть політика зберігання можуть призвести до появи наступних чотирьох типів запасів:

- Запасу безпечного, де рівень резерву запасних частин, дозволяє підприємству уникнути наслідків відсутності на складі необхідних запчастин у разі нерегулярної доставки чи великого вжитку.

- Запас незнижуваний, це мінімальна кількість запасних частин, що має бути, принаймні, або дорівнювати кількості одиниць, яка буде спожита протягом періоду поставки, якщо попит є детермінований. Цей рівень запасу визначається із метою зниження ризику нестачі запчастин.

- Запас максимальний, це така кількість, яку не можна перевищувати, щоби уникати збільшення вартості зберігання, його річного попиту. Максимальний запас = замовлена кількість + резервний запас.

- середнє значення запасів відповідає середньому значенню між початковим запасом та кінцевим запасом при споживанні; а максимальний ділиться на 2. Середній запас = максимальний запас / 2.

Управління запасами є ключовою функцією підприємства. Його роль полягає у пошуку оптимальних обсягів зберігання, щоб забезпечити оптимальне постачання та своєчасно задовольнити потреби користувача у запасних частинах.

Управління резервами запасних частин – означає постійно забезпечувати можливість відповідати на запити користувачів про деталі, вузли та агрегати, що є на складі. Правильне управління запасами повинно відповідати цій вимозі у відповідних економічних умовах.

Насправді зустрічаються кілька різних ситуацій із проблемами управління запасами, і кожна вимагає спеціального аналізу. Моделі вирізняються такими аспектами:

– Структура зберігання, це коли підприємство отримує запасні частини від постачальника та доставляє його користувачам. Структура вважається багато ешелонною, якщо так званий проміжний склад отримує запасні частини від постачальника та передає його на інші підприємства для виконання відповідних робіт.

– Горизонт планування, це період, протягом якого контролюються кількості запасів. Цей горизонт може бути кінцевим чи нескінченним, детермінованим чи випадковим.

– Перегляд системи, тобто для керування системою менеджер повинен її перевіряти у певний час. Існує два типи огляду: системи безперервного огляду та системи періодичного огляду. У системах безперервної перевірки ми наводимо найвідоміші політики для контролю.

Політика (s, S) – ця політика характеризується параметрами управління, коли рівень запасу менший або дорівнює s , тоді команда негайно запускається.

Політика (S, S) – це особливий випадок політики (s, S) ($s = S$). Відповідно до цієї політики кожен запит на статті клієнтів призводить до запуску комісії.

Політика (s, nQ) – це дотримуючись цієї політики, коли рівень запасу x падає нижче за рівень s (точка замовлення), ініціюється замовлення з nQ позицій, де Q – кількість замовлення $base$ і n – найменше ціле число, що перевіряє: $x + nQ > s$.

Для систем періодичного перегляду під час управління системою використовуються еквівалентні політики:

Політика (R, S, S) – ця політика еквівалентна політиці (s, S) для систем безперервного перегляду. Система перевіряється для кожної одиниці часу R , і якщо кількість на складі менша або дорівнює s , замовляється достатня кількість товарів для досягнення рівня S .

Політика (R, S) – дотримуючись цієї політики система перевіряється кожні R одиниць часу і запускається команда для досягнення рівня S . Необхідно звертати увагу на те, щоб цей особливий випадок політики (R, s, S) , $s = S$.

Політика (R, s, nQ) – це еквівалент політики (s, nQ) для безперервного системного перегляду. Система перевіряється кожні R одиниць часу, і замовлення запускаються під час перевірки, якщо кількість на складі менша або дорівнює s .

– Термін постачання. Позначає момент запуску замовлення та його отримання. Час доставки можна вважати нульовим, фіксованим чи випадковим.

– Перерви. Надходить запит, і якщо рівень запасів дорівнює нулю, виникає дефіцит.

– Місткість. Кількість запчастин, яку менеджер може отримати після замовлення, може бути обмеженою або випадковою. Це може бути пов'язане із ємністю зберігання чи виробництвом.

– Витрати. Метою управління запасами є забезпечення доступності запасних частин протягом певного періоду за мінімізації понесених витрат. Запаси підтримують три типи витрат.

Компанія управляє кількома тисячами одиниць запасних частин, тому вона може дати всім однаковий пріоритет під управлінням. Отже, керівництво стає вибіркоким, тому прийняття класифікації неминуче.

Метод ABC полягає у розробці класифікації продуктів на основі їхнього вкладу в результати діяльності підприємства. Запаси поділяються на три категорії:

– Категорія А. 10% споживаних запасних частин, що становить 75% загальної вартості запасів.

– Категорія В. 40% споживаних запасних частин становлять 20% загальної вартості запасів.

– Категорія С. 50% запасних частин, що споживаються, становлять 5% від загальної вартості запасів.

Процес класифікації наступний.

1. Ранжування статей у порядку спаду використовуюваного критерію.

2. Розрахунок сукупного відсотка використаного критерію.
3. Визначення сукупних частот, виражених у відсотках кількості запасних частин.
4. Визначення трьох класів - А, В та С.

На малюнку 2.1 представлено криву класифікації запасних частин за методом ABC.

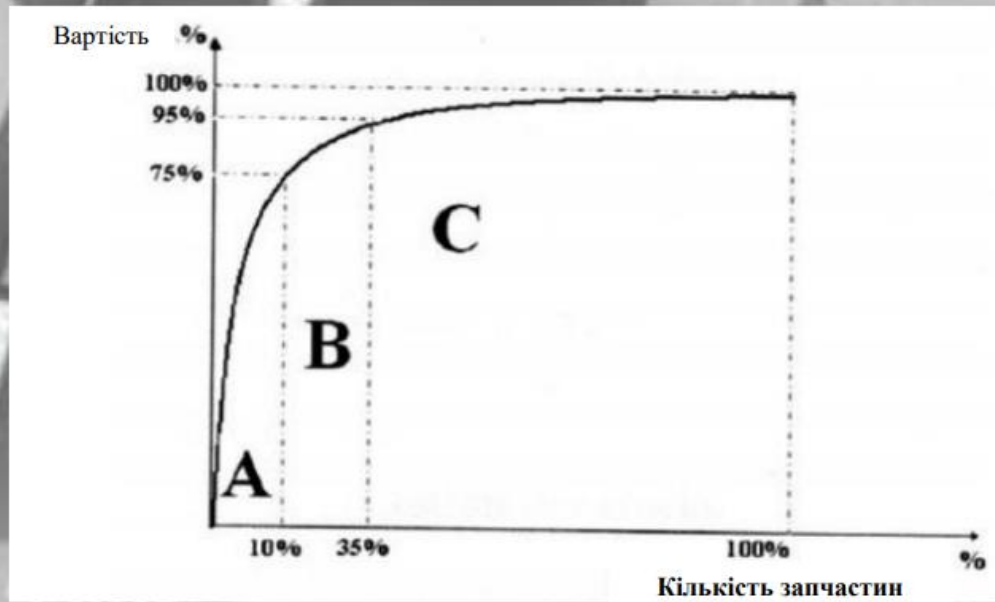


Рисунок 2.1 – Крива класифікації запасних частин методом ABC

Модель Вільсона [2, 14]. Або модель економічної кількості замовлення (EOQ: кількість економічного замовлення). Це одна з перших моделей, розроблених для управління запасами, але вона все ще широко використовується через свою простоту та стабільності рішень, що забезпечуються цим методом. У цій моделі передбачається, що:

- попит відомий та постійний у тимчасовому інтервалі управління;
- немає у наявності;
- час доставки не залежить від запиту, кількість замовлення є оцінним.

Стохастичні моделі. Для цих моделей елементи системи управління запасами достеменно невідомі, вони випадкові. Стохастичні моделі управління запаси більш реалістичні, оскільки вони враховують невизначене поведінка деяких параметрів.

Модель командної точки (Q, r). Принцип цієї моделі полягає в запуску замовлення, коли рівень доступних запасів знижується до теоретичного рівня, що називається контрольною точкою. Два параметри визначають цю систему:

- кількість замовлення Q ;
- контрольна точка нар.

Недоліком цієї системи є відсутність відомостей про стан і в цьому випадку підприємствам слід автоматизувати свої системи.

Модель періодичного замовлення (R, T). У цій системі замовлення розміщуються із регулярними інтервалами T , а контрольована кількість варіюється від одного замовлення до іншого. Фактично воно пристосовується до коливань попиту, оскільки представляє різницю між рівнем поповнення R та миттєвим запасом. Два параметри визначають цю модель:

- R – рівень поповнення;
- T – період (фіксований).

Розрахунки, що використовуються в системі (Q, r), можуть застосовуватись із наступної модифікацією – інвентаризаційна перевірка не є періодичною.

Для періоду перегляду T рівень поповнення R визначає рівень обслуговування, пропонованого системою.

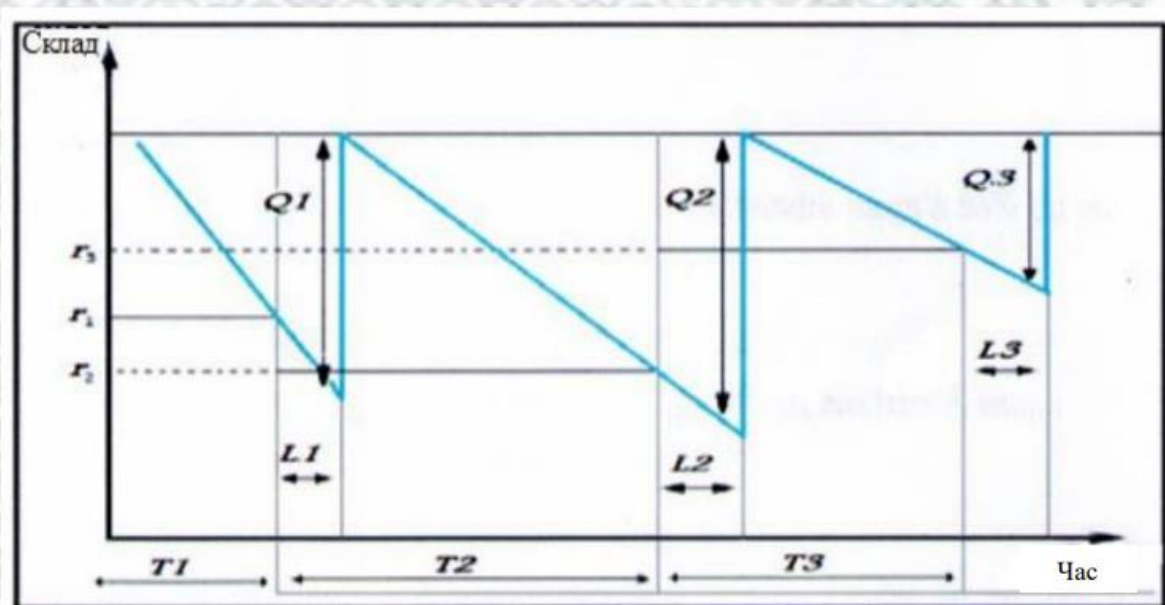


Рисунок 2.2 – Еволюція акцій у системі (R, T)

Щоб визначити R у системі (R, T) , використовується той самий метод, який використовується в моделі (Q, r) для обчислення r , за винятком того, що необхідно замінити густину функції попиту вчасно L на функцію густини пунктуального попиту вчасно $(T + L)$.

Таким чином, для визначення потреби автотранспортного підприємства в умовній запасній частині необхідно враховувати:

- рівень технічної експлуатації;
- надійність запасної частини;
- умови експлуатації.

Також істотну роль відіграє якість відновлення (при його проведенні) та інтенсивність експлуатації окремої запасної частини або вузла (агрегату).

2.2 Методичні підходи щодо забезпечення запасними частинами пасажирських транспортних засобів, що експлуатуються у місті Вінниці

Провівши описаний у попередній частині аналіз методів визначення потреб у запасних частинах, необхідно сформулювати методичний підхід до визначення потреби у запасних частинах для автотранспортних підприємств, що експлуатують пасажирські автобуси у місті Вінниці. Згідно аналізу статистики відмов запасних частин, отриманих від компанії КП «ВТК» встановлено, що основними причинами виходу із ладу автобусів є: відмови та несправності шасі (27,7%), трансмісії (22,2%), головки блоки циліндрів (16,6%), коробки передач (11,3%), а також потрапляння у ДТП (22,2%). Найчастіше відмови відбуваються через зношеність деталей або пов'язаних із нею компонентів. Враховуючи солідний вік рухомого складу, пов'язаний з тим, що в даний час у місті Вінниці відсутні нормативні документи щодо списання автобусів, а також нерегулярність технічного обслуговування, дуже багато запасних частин необхідно замінювати через їх знос.

Виходячи зі специфічних умов експлуатації рухомого складу умовах міста Вінниці, для визначення та прогнозування витрат запасних частин необхідно

враховувати як кліматичні умови, а й особливості маршрутів (гірські серпантини), досить часто перевищення вантажопідйомності, низька якість ТО, ремонту та ін.

Певне значення у прогнозуванні потреби та розрахунку ємності складів для резервів запасних частин відіграє відсутність локалізації їхнього виробництва в Україні. Більшість запасних частин надходить безпосередньо з країни-виробника (Європи та Азії). Тому, у випадку непередбаченої відмови важливого компонента, доводиться робити замовлення та чекати кілька місяців. Транспортний засіб весь цей час знаходиться в вимушеному просторі. Тому саме відсутність необхідного компонента є причиною тривалих ремонтів транспортних засобів не тільки на підприємстві КП «ВТК», а й на всіх підприємствах міста Вінниці, а також регіону Вінницької області.

Для визначення потреб такого автотранспортного підприємства у запасних частинах можна використовувати чотири основні методичні підходи, практично не схильних до змін через вищеописані умови експлуатації. Перший підхід ґрунтується на використанні результатів надійності систем у разі коли відомий закон деградації компонента.

Другий підхід використовує Марківське ланцюгове моделювання відмов та процесів ремонту для парку справних компонентів.

Третій підхід заснований на методах прогнозування та може використовуватись за наявності статистики замін.

Четвертий підхід – моделювання, яке призводить до добрих результатів, коли важко отримати математично прості моделі, які оброблятимуться першими двома згаданими підходами.

Через логістичні проблеми та досить високу вартість імпортованих запчастин, на підприємствах міста Вінниці існує велика частка відновлених запасних частин. Через не завжди прийнятну якість відновлення, ресурс таких деталей значно менше, ніж нових. Проте, при раптовій відмові важливого компонента та ризику тривалого простою транспортного засобу в ремонті, такі деталі найчастіше встановлюються на автобус, що вийшов з ладу. Відновлення деталей, відповідальних за безпеку руху практикується навіть частіше, ніж «донорський

ремонт», коли із неексплуатованого автобуса знімається запасна частина, необхідна для ремонту іншого автобуса. Через наявність відновлених запасних частин, термін служби неможливо передбачити, і це вкрай актуальна проблема раптових відмов даних деталей, а також забезпечення потреб у таких деталях.

Оцінка потреб у компонентах, які можна відремонтувати та повторно ввести в експлуатацію: «проблема ремонтника»

Дана проблема стосується парку із N незалежних і ідентично розподілених елементів, кожен із яких має частоту відмов $X(t)$ і частоту ремонту $u(t)$. Запас компонентів планується, виходячи із поточкових ліній, що складаються з паралельних каналів, що забезпечує несправне відновлення елементів. Процес закінчується, як тільки загальна кількість елементів вийшло з ладу. Слід звернути увагу, що позначення «елемент» є загальним і може застосовуватися до обладнання, частини обладнання, модуля або компонента (запасної частини).

2.3 Формування цільової функції управління резервами запасних частин для пасажирських транспортних засобів

В ході роботи виконано аналіз стану системи забезпечення автотранспортних підприємств (автобусних) міста Вінниці запасними частинами для проведення ремонтів рухомого складу із метою підтримки його працездатного стану, де спочатку було обрано стандартний шлях збору інформації про надійність елементів автобуса – це вузлів, агрегатів, деталей у цифровому поданні, що забезпечує достатню точність оцінки таких параметрів, як середнє напрацювання на відмову, оцінка середньоквадратичного відхилення, коефіцієнта варіації, достовірний підбір законів розподілу ймовірностей пробігу до відмови і. т. д.

Однак, на жаль, в даний час в умовах міста Вінниці не по всіх зібраних та включених до таблиці для проведення аналізу випадків можна бути впевненими

у базовому параметрі – пробігу із моменту попередньої відмови, як і в повному сумарному пробігу автобуса. Частина випадків допускає проведення контролю накопиченого пробігу непрямыми обчисленнями пробігу за виконаною роботою, обов'язковою до виконання кількості рейсів, особливо для автобусів, що виконують міжміські перевезення та мають малу кількість виконаних рейсів із великими плечима їздки. Але багато автобусів дають свідомо неправильні показання накопиченого пробігу по спідометрам, що очікувано призводить до суттєвого спотворення розрахунків, оцінок параметрів надійності та ін.

У той же час для оцінки обсягів необхідних потоків запасних частин для парку автобусів, що експлуатуються як в окремому підприємстві КП «ВТК», так і в регіонах та в цілому по країні, а також (надалі) для оптимізації та впорядкування процесу постачання вузлів, агрегатів, запасних частин може бути обраний інший шлях.

Протягом багатьох років робота існуючого в місті Вінниці парку автобусів підтримувалася за допомогою закупівлі та постачання запасних частин як великими, так і переважно дрібними окремими підприємствами різної форми власності. Істотною проблемою, що виникає при цьому, виявляється той факт, що закуповувати дуже дорогі елементи – агрегати, вузли, такі як двигун, коробка передач, елементи заднього моста тощо, які до того ж нечасто потрібні навіть в автопідприємствах середнього і великого розміру, виявляється нераціонально, тому повною мірою працює фактор «заморожування коштів», знижуючи окупність та підвищуючи ризик того, що дрібний постачальник не зможе реалізувати на внутрішньому ринку країни агрегат протягом тривалого часу, порівнянного із часом існування відповідної моделі автобуса. У зв'язку з цим, для певної частки запасних частин створюється дефіцит, який дозволяється тільки пряму закупівлю необхідного агрегату на фірмі-виробнику, або в іншому, далеко розташованому від міста, регіональному складі запасних частин для відповідного бренду, що призводить до принципово великих витрат як на індивідуальну доставку, так і втрат часу, що веде до простого автобуса в очікуванні ремонту та не виконання транспортної роботи.

Для окремого підприємства завдання організації складського зберігання всієї номенклатури запасних частин та агрегатів із достатнім резервуванням, яке може забезпечити виключення простоїв в очікуванні запасних частин для будь-яких навіть дуже рідко потрібних, і дорогих елементів, це – досить складно і нерационально. Однак, якщо виходити із мети вирішення цієї проблеми на обласному рівні, створення місцевого регіонального складу запасних частин та агрегатів для певних категорій автобусів можливе не тільки для забезпечення потреб у місті Вінниця, а також можливо і міст регіону Вінницької області.

Це дозволить досягти зниження витрат на підтримку працездатності рухомого складу як за рахунок зменшення витрат на індивідуальні, екстрені замовлення перевезень окремих агрегатів, а також рахунок зниження закупівель «як запасних і резервних частин» для автобусів, які вимушено купуються для системи роботи автотранспортних підприємств. Потрібно це для того, щоб закрити роботу автотранспортних підприємств, яка не виконується автобусами, які простоюють у очікуванні ремонту за відсутності (критичних) запасних частин.



Рисунок 2.3 – Розподіл часток ремонту автобусів (більше одного місяця) за системами автобуса Богдан А092

Щоб оцінити, наскільки вірні твердження про втрати часу в очікуванні на ремонт автобусів, для них було проведено системний аналіз. На рисунках 2.3 та 2.4 представлені гістограми для автобуса Богдан А092, де тривалості простоїв, що розглядаються в цьому аналізі, свідомо не відповідають межам часу на виконання ремонту транспортних засобів, які і проводиться за наявності всіх необхідних запасних частин. Попередній аналіз показує, що лише за рахунок ліквідації тривалих простоїв у ремонті витрати на придбання нових транспортних засобів можуть скоротитися на кілька відсотків.

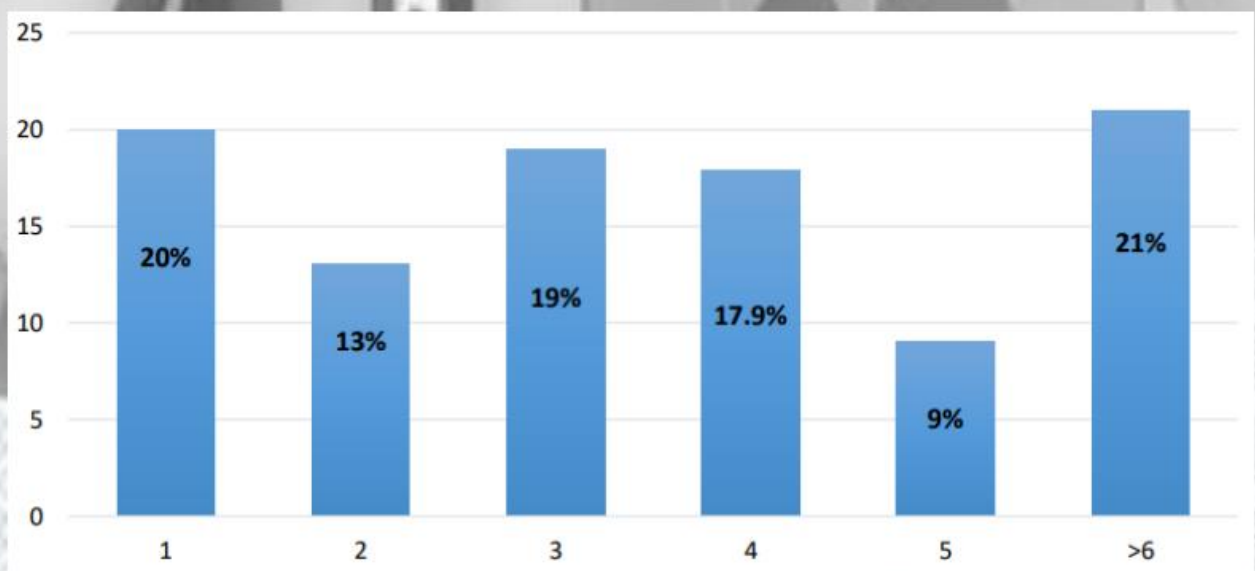


Рисунок 2.4 – Розподіл випадків за часом очікування на ремонт у місяцях для автобуса Богдан А092

Крім того, практика, що склалася, що призводить до виникнення тривалих простоїв в очікуванні ремонту, наводить (у зв'язку з дефіцитом окремих вузлів, агрегатів) до виникнення додаткових фінансових втрат, що утворюються під час роботи автобуса із елементами, що досягли гранично допустимого стану, але не надходять у ремонт за відсутності необхідних запасних частин та продовження роботи на лінії до сходу із лінії, що спричиняє збільшення витрати палива, підвищення ймовірності лінійних відмов, ДТП, збільшення екологічного навантаження на довкілля тощо.

Таким чином, визначивши за результатами системного аналізу причини, викликають тривалі та надтривалі простої автобусів у ремонті, та спектр запасних частин, вузлів, агрегатів, що викликають ці простої, а також знаючи відповідно до звітних даних потоки запасних частин і нових автобусів, що закуповуються для потреб міста Вінниця, можна визначити в вартісному та абсолютному вираженні, яке необхідно для збільшення закупівлі та централізованого постачання запчастин для покриття існуючого дефіциту за умови створення регіонального складу запасних частин із визначенням раціональних термінів (періодичностей) поповнення та допустимих незнижуваних рівнів запасу деталей.

Розглянемо загалом фінансові складові, що входять до цільової функції, необхідну для оцінки різних рішень, які можуть бути запропоновано для оптимізації ресурсної підтримки сфери технічної експлуатації транспортних засобів. У цільову функцію потрібно включити ті складові, які реагують на ті чи інші керуючі дії:

- на структуру автопарку;
- технічний стан транспортних засобів;
- зміни, які відбуваються в управлінні для забезпечення запасними частинами готівкового парку підприємства.

При цьому буде раціонально вважати лише зміни відповідних врахованих витрат, витрат стосовно пропонованого вище централізованого рішення. У цьому випадку цільова функція може бути виражена в наступному вигляді:

$$C_{\Sigma} = C_{\text{експ.}} + C_{\text{зап./част.}} + C_{\text{Т.З.}} \quad (2.1)$$

де $C_{\text{експ.}}$ – надлишкові експлуатаційні витрати, які можуть бути представлені як:

$$C_{\text{експ.}} = C_{\text{пал.}} + C_{\text{шин}} + C_P + C_{\text{Відм.Л}} \quad (2.2)$$

де $C_{\text{пал.}}$ – надлишкові витрати на паливо, що витрачається для виконання основної завдання, покладеного на АТП – перевезення пасажирів або вантажів (в

аналізованому випадку) у необхідному обсязі, що визначається керівництвом (міста, регіону і. т. д.);

$C_{шин}$ – надлишкові витрати на шини, що витрачаються на тому ж пробігові;

$C_{зап/част}$ – надлишкові витрати на запасні частини – придбання, доставка зберігання тощо;

$C_{Т.З.}$ – додаткові витрати на придбання транспортних засобів у кількості, яка доповнює їх для необхідного виконання даної роботи в рамках запропонованого рішення щодо управління резервами запасних частин;

C_P – надлишкові витрати на проведення і організацію ремонту транспортних засобів;

$C_{Відм.Л}$ – надлишкові витрати, які пов'язані із ліквідацією транспортних засобів на лінії.

При цьому всі фінансові складові беруться (для коректної нормалізації) у питомому вигляді, тобто витрати, наведені до одиниці пробігу одного транспортного засобу, причому у кожному додатково розглянутий варіант організації управління запасами буде логічним брати не абсолютне значення тієї чи іншої складової, як уже сказано вище, а різницю із базовим значенням.

Для оцінки ефективності забезпечення автотransпортної галузі запасними частинами розглядаються три основні варіанти або їх стратегії:

1) Кожне підприємство веде своє складське господарство самостійно:

а) підприємство веде складське господарство, але при цьому кожен транспортний засіб, який вимагає заміни дефіцитного вузла, агрегату, відсутнього на складі в момент відмови, чекає на доставку нового вузла, замовленого та доставленого саме для нього;

б) підприємство веде складське господарство (базовий варіант) – за відсутності необхідного вузла на складі та можливості зняття його із іншого транспортного засобу, який довго чекає на доставку іншого агрегату, вузол/агрегат переставляють, тим самим перекладаючи на очікуючий транспортний засіб і свій термін очікування запасної частини.

2) Кожне підприємство веде своє складське господарство самостійно, забезпечуючи незнижуваний рівень запасних частин на своєму складі так, щоб простої в очікуванні проведення ремонту за відсутності запасних частин не перевищували допустимих меж, що задаються виходячи із середнього ремонту.

3) Організується централізована база акумулювання та зберігання для транспортних засобів запасних частин, що створена із метою оперативного постачання на окремі автотранспортні підприємства протягом допустимих меж часу.

Розглянемо структуру основних складових цільової функції – $C_{зан/част}$ і C_a .

Як показав аналіз такого фактору, як надмірний простій у ремонті через відсутність запасних частин, що виникає через існуючу систему доставки великих, дорогих елементів, таких як двигун, коробка передач, задній міст та деякі інші, при надмірній наявності відповідних запасних частин у прийнятній близькості від автотранспортного підприємства або на складі самого підприємства, частка часу простою автобусів у ремонті протягом усього терміну експлуатації зменшиться, а разом із цим зменшиться і потреба у списковому складі. Урахування цього факту дозволяє отримати вираз для питомого (на один автобус на рік експлуатації) значення C_a :

$$C_a = Z_a \cdot k_{dr} \quad (2.3)$$

де Z_a – вартість одного автобуса;

k_{dr} – коефіцієнт надмірного резервування.

$$k_{dr} = t_{II} \cdot N_a \quad (2.4)$$

де t_{II} – час простою автобуса в ремонті;

N_a – кількість випадків тривалих ремонтів на один автобус за рік.

$$N_a = N_F / Y_a \quad (2.5)$$

де Y_a – середній термін служби автомобіля до списання;

N_F – кількість випадків тривалих ремонтів на один автомобіль за весь час його експлуатації.

Залежність кількості автобусів, що простоюють у тривалому очікуванні постачання запасної частини, а також середньої тривалості очікування запасної частини від реалізованої стратегії буде розглянута далі.

Витрати, пов'язані з придбанням, доставкою і зберіганням необхідного обсягу запасних частин, транспортуванням автобуса до ремонтної зони автотранспортного підприємства з місця поломки, а також ймовірність дорожньо-транспортних пригод, що вимагають усунення їхніх наслідків, враховуються у складових цільової функції $C_{\text{пал}}, C_{\text{шин}}, C_P, C_{\text{Відм.Л}}$. Усе це також враховується з підвищенням параметра потоку відмов за тими автобусами, які продовжують експлуатуватися у такому стані. Усунення або зменшення частки автобусів, що перебувають у тривалому очікуванні ремонту, змінить психологічний настрій персоналу і зменшить частку автобусів, які експлуатуються за межами допустимого технічного стану. (Вираз для узагальненої складової цільової функції, яка включає згадані вище складові, а саме $C_{\text{експ.}}$, буде наведено далі).

Витрати, пов'язані з організацією та веденням складського господарства і забезпеченням необхідної номенклатури запасних частин, включають кілька складових.

По-перше, це витрати на самі запасні частини. При різних схемах забезпечення і резервування запасних частин потреба у загальному обсязі принципово не змінюється за умови, що експлуатація автобусів здійснюється для виконання майже фіксованого (у межах певного періоду часу) обсягу робіт, який визначається потребами у перевезенні пасажирів у регіоні обслуговування і задається на муніципальному рівні. Слід також враховувати, що через розуміння водіями (а також механіками та інженерним персоналом підприємства) поточної ситуації, у якій під час формування заявки на ремонт автобус може потрапити у режим тривалого очікування ремонту, велика ймовірність того, що до певного

рівня перевищення допустимих значень параметрів, які визначають технічний стан автобуса, його не буде виведено з експлуатації. Це не тільки підвищить питомі витрати на паливо, мастила, шини, але й збільшить ймовірність відмови на маршруті, що вимагатиме примусової доставки автобуса на ремонт до автотранспортного підприємства з місця поломки, а також ймовірність дорожньо-транспортних пригод із необхідністю усунення їхніх наслідків. Ці фактори враховуються у складових цільової функції $C_{\text{пал}}, C_{\text{шин}}, C_P, C_{\text{відм.Л}}$. Також враховується підвищення параметра потоку відмов для тих автобусів, які продовжують експлуатуватися в такому технічному стані.

Для досягнення цієї мети необхідно інвестувати кошти у зберігання запасних частин на підприємстві або на централізованій базі. Для кожного типу запасних частин, що спричиняють тривалий ремонт, встановлюється контрольний рівень запасу S_i . Його підтримують для уникнення тривалого очікування деталей у разі надходження кількох заявок протягом часу T_i (час доставки після замовлення). Після використання однієї деталі одразу формується нове замовлення, навіть якщо запас ще є. Це забезпечує, щоб нова деталь прибула вчасно, до вичерпання запасу. Цей підхід враховується в розрахунках для стратегій 1 і 2.

Витрати на зберігання обчислюються як сума вартості деталей із коефіцієнтом пропорційності за одиницю часу, приведена до одного автобуса. Також враховуються втрати від «замороженого» капіталу, які обчислюються на основі вартості деталей і річного коефіцієнта накопичення або банківського кредиту за час експлуатації моделі автобуса. Запасні вузли поступово встановлюються на автобуси, проте кошти, витрачені на формування надлишкового резерву, могли бути використані ефективніше, наприклад, у вигляді відсотків від інвестицій. Цей підхід враховується в розрахунках для стратегій 2 і 3. Ймовірність невикористання запасів враховується через поділ їх вартості на середній термін служби моделі автобуса. Після завершення цього терміну вузли можуть бути лише утилізовані або продані зі значним дисконтом.

На централізованій базі складський резерв більший, ніж на окремому підприємстві, а замовлення деталей виконується періодично, оптимізуючи витрати. Оптові закупівлі на такій базі також знижують вартість деталей.

Далі розглянемо витрати за стратегією 2 для підтримання працездатності автобусів. Додаткові витрати, пов'язані зі зберіганням усього необхідного обсягу запасних частин на складі автотранспортного підприємства, включають:

$$C_{sp} = \frac{(\sum_{i=1}^{N_p} S_i * Z_i * (k_{s_i} + ((1 + k_d)^{Y_m} - 1) \cdot Y_m^{-1}))}{A_c}, \quad (2.6)$$

де N_p – кількість типів вузлів і агрегатів, що обмежують працездатність і призводять до тривалих простоїв у ремонті через зазначені вище причини;

S_i – незнижуваний рівень запасів i -го типу запасної частини, вузла чи агрегату, тобто кількість відповідних деталей, що зберігаються на складі, не повинна бути меншою за цю величину;

Z_i – вартість однієї одиниці запасної частини i -го типу;

k_{s_i} – коефіцієнт пропорційності – співвідношення між вартістю річного зберігання однієї одиниці запасної частини i -го типу і вартістю самої деталі (зазвичай це середнє значення для всієї номенклатури складу);

k_d – коефіцієнт накопичення втрат (дисконтування), що використовується у формулі (2.6). Він враховує оцінку того, що під час експлуатації автобусів термін використання може бути раціональним, і залишкова вартість, а також ринкова вартість деталей, значно не зміниться;

Y_m – середній термін служби моделі автобуса;

A_c – загальна кількість автобусів на підприємстві.

Кількість S_i визначаються відповідно до описаних вище алгоритмів моделі s, S.

Додаткові витрати, які формуються при реалізації стратегії 1 (як 1а, так і 1б), виникають, як уже зазначалося, через експлуатацію автобусів у ситуаціях, коли окремі деталі досягають стану нижче гранично допустимого. Це спричинено

небажанням водіїв залишати транспорт у ремонті через тривалий простій в очікуванні запасних частин.

Оцінка цих втрат (також на один експлуатований автобус на рік) проводиться за формулою:

$$C_{u1} = C_{\text{експ}} \cdot k_D \cdot t_D \cdot N_a \quad (2.7)$$

де C_{u1} – додаткові витрати, спричинені людським фактором, а саме впливом ситуації з організацією ремонту водієм;

$C_{\text{експ}}$ – середні експлуатаційні витрати на один автобус за рік експлуатації;

k_D – середній коефіцієнт додаткового перевищення експлуатаційних витрат при експлуатації автобуса в нерозумному стані окремих вузлів або агрегатів;

t_D – середній час (у роках) експлуатації автобуса в нерозумному стані до моменту відмови або виходу з лінії, коли автобус неминуче переходить у стан простою в очікуванні ремонту.

Необхідні для розрахунку параметри визначаються на основі звітних даних підприємства та відповідно до проведених раніше досліджень.

Крім того, при реалізації стратегії 1б (використання автобуса, що тривалий час очікує доставки запасних частин, як "живий склад" для вилучення деталей, необхідних для ремонту інших автобусів у разі відсутності відповідної запасної частини на складі) формуються додаткові витрати. Вони виникають через те, що підмінні деталі, вилучені з автобуса, що очікує ремонту, не є новими (як це було б у випадку, якби інший несправний автобус дочекався постачання нового необхідного вузла за замовленням). У результаті експлуатаційні витрати такого "додатково несправного" автобуса також дещо зростають.

Оцінка цих втрат (також на один експлуатований автобус на рік) проводиться за формулою:

$$C_{u2} = C_{\text{експ}} \cdot k_{D2} \cdot t_{D2} \cdot N_a \cdot k_{dn}, \quad (2.8)$$

де C_{u2} – додаткові витрати, спричинені експлуатацією автобуса з "штучним старінням" окремих вузлів;

$C_{\text{експ}}$ – середні експлуатаційні витрати на один автобус за рік експлуатації;

$k_{\text{д2}}$ – середній коефіцієнт додаткового перевищення експлуатаційних витрат при експлуатації автобуса з "штучним старінням" окремих вузлів;

$t_{\text{д2}}$ – середній час (у роках) експлуатації автобуса в такому нерозумному стані до моменту відмови заміненого вузла або до відмови "донорського" вузла;

N_a – кількість випадків тривалих ремонтів на один автобус за рік;

$k_{\text{дн}}$ – "коефіцієнт донорства", що представляє собою середню частку випадків, коли з автобуса, що простоє в очікуванні запасної частини, знімають вузол або деталь для ремонту іншого автобуса.

Протягом усього періоду спостережень були зафіксовані тривалі та надмірно тривалі простої, спричинені необхідністю заміни редукторів заднього моста, коробки передач, пневмогідропідсилювача зчеплення тощо. У системі електрообладнання аналогічні проблеми виникали при заміні стартерів, генераторів тощо. Паралельно проводився аналіз показників надійності окремих елементів автобуса в тих випадках, коли достовірність зібраних даних не викликала сумнівів.

2.4 Математична модель управління резервами запасних частин пасажирських транспортних засобів

Для розуміння поведінки параметрів $t_{\text{п}}$, N_a , $k_{\text{дн}}$, розглянемо формування тривалості перебування автобуса в ремонті при реалізації стратегій 1а та 1б.

У разі реалізації стратегії 1а кожен автобус (у момент, коли подальша експлуатація на маршруті вже неможлива навіть за умов підвищених експлуатаційних витрат) за наявності необхідних запасних частин або можливості їх швидкого виготовлення чи відновлення на місці, відразу надходить у ремонтну зону. У цьому випадку проводиться ремонт із відновленням або заміною вузлів, агрегатів, деталей. У разі відсутності необхідних запасних частин автобус потрапляє в зону очікування ремонту та чекає, поки необхідний вузол чи агрегат буде доставлений.

Запасні частини замовляються під конкретний автобус, що очікує ремонту. Час очікування залежить від кількох етапів, включаючи ухвалення рішень, оформлення заявок, проведення закупівель і доставки деталей. Аналіз показує, що час очікування має значну варіативність і може описуватися розподілом Вейбулла – Гнеденко або нормальним розподілом.

Стратегія 1б (використання частин з інших автобусів) скорочує час очікування для одних автобусів, але збільшує його для інших. Ця стратегія має як недоліки (зношення "донорських" автобусів), так і переваги (зменшення загального часу простою парку). Для оцінки ефективності потрібен аналіз часових проміжків і витрат на відновлення.

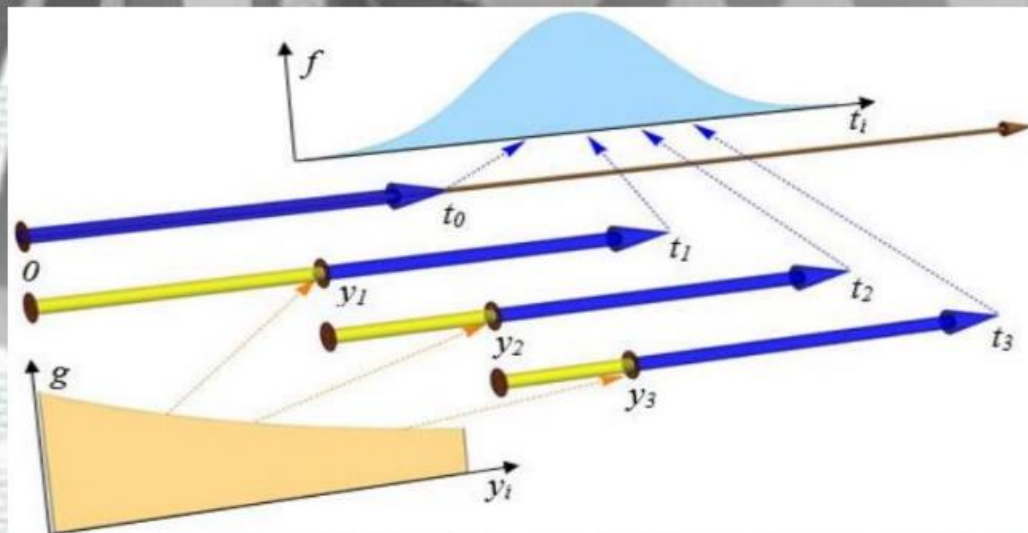


Рисунок 2.5 – Формування повного часу простою в очікуванні завершення ремонту автобуса, що став «донором» запасної частини

Прийmemo за точку 0 момент часу, коли сталося подія № 1 – відмова автобуса, для якого потрібна запасна частина, відсутня на складі підприємства. При цьому інших автобусів, які простоюють в очікуванні запасних частин, немає.

Позначимо через t_0 час, що минув із моменту 0, необхідний для доставки потрібної запасної частини на підприємство та завершення ремонту. Тривалість t_0 нестабільна й може набувати різних значень, підпорядкованих певному закону розподілу ймовірностей (ЗРЙ). Щільність розподілу ймовірностей для значення t_0 позначимо як $f(..)$.

Протягом інтервалу $0, t_0$ може статися ще одна або кілька подібних подій, тобто відмов автобусів, для усунення яких потрібні запасні частини, що також відсутні на складі. Оскільки не в кожному такому випадку буде здійснюватися заміна вузла шляхом демонтажу цього вузла з автобуса, що простоює в очікуванні іншої запасної частини, для побудови моделі розглядатимемо лише випадки, в яких відбувалися заміни за описаним принципом. Інтенсивність потоку потреб у такого роду замінах позначимо через w . Оскільки події, спричинені несправностями на різних автобусах, можна вважати незалежними (або мало залежними) як одна від одної, так і від всієї передісторії відмов на підприємстві, то сформований потік відмов можна прийняти як найпростіший (з урахуванням відсутності одночасного виникнення двох і більше відмов) із параметром потоку відмов w . Тоді кількість відмов, що може статися за час $0, t_0$ відповідно до закону розподілу ймовірностей Пуассона, матиме ймовірність:

$$P(k) = \frac{(w \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{-wt} \quad (2.9)$$

Відповідно, ймовірність того, що не відбудеться жодної події формула:

$$P(0) = e^{-wt}, \quad (2.10)$$

Ймовірність того, що за проміжок часу $0, t_0$ відбудеться хоча б одна подія формула:

$$P(k > 0) = 1 - e^{-wt}. \quad (2.11)$$

Після перестановки вузла із автобуса, який відмовив першим, на другий відмовлений автобус, перший автобус буде чекати не лише ту запасну частину, яка була замовлена першою, але й другу замовлену запасну частину. Час очікування другої запасної частини із моменту y до моменту t_1 демонструє (узагальнено) той самий закон розподілу ймовірностей, що й час очікування від 0 до t_0 .

Прийmemo для цього закону розподілу ймовірностей (ЗРЙ) загальноприйняті позначення:

Функція безвідмовності:

$$R(x) = \int_x^{\infty} f(x)dx, \quad (2.12)$$

Функція відмов:

$$F(x) = 1 - R(x), \quad (2.13)$$

де $f(x)$ – щільність розподілу ймовірностей для випадкової величини, x – час очікування доставки необхідної запасної частини.

Позначимо також через $g(y)$ щільність розподілу ймовірності виникнення події № 2 – наступної відмови автобуса (другого), для усунення якої відсутня необхідна запасна частина на складі, і приймається рішення про зняття відповідної деталі з першого автобуса, що чекає запасної частини через час y після того, як перший автобус став в очікування запасної частини. Позначимо також:

$$G(t) = \int_0^t g(y)dy, \quad (2.14)$$

де $G(t)$ – ймовірність того, що на проміжку часу t відбудеться подія, описувана функцією $g(x)$.

При подальшому аналізі різних елементів, що враховуються під час інтегрування функцій для різних значень t_0 , важливіше не сама щільність розподілу ймовірностей $g(y) / G(t_0)$ на відрізку $0, t_0$, а ймовірність виникнення події № 2 $g(y)dy$ в точці y на нескінченно малому інтервалі dy . Ця величина не залежить від значення t_0 , принаймні в межах розглянутого інтервалу $0, t_0$. Під час інтегрування за різними значеннями t_0 елемент y входить до інтегралу з певною вагою, яка визначається тим, як часто цей елемент потрапляє в межі відрізка $0, t_0$. Тобто, чим більше значення y , тим менший цей коефіцієнт. Врешті – решт, цей коефіцієнт визначається функцією безвідмовності, що формується від відомої функції $f(t_0)$ і виражається таким чином:

$$\int_y^{\infty} f(t_0) \cdot dt_0 = R(y). \quad (2.15)$$

Таким чином, ймовірність тривалості очікування першого автобуса від моменту 0 до моменту z доставки другої замовленої деталі (при одній «додатковій» відмові) буде виражатися:

$$\rho_2(z)dz = dz \cdot \int g(y) \cdot R(y) \cdot f(z-y) \cdot dy. \quad (2.16)$$

Оскільки $R(y)$ враховує ймовірність того, що друга відмова все ж таки відбудеться при певному в межах $0, t_0$ – час очікування деталі по першому замовленню, спричиненому відмовою першого автобуса, і ця ймовірність не дорівнює 1, то для отримання саме щільності розподілу ймовірностей для значень z при умові попадання другої (додаткової) відмови в межах першого очікування $0, t_0$ – потрібно поділити $\rho_2(z)$ поділити на ваговий (нормуючий) інтеграл, що задає цю ймовірність. У результаті ми отримаємо шукану щільність розподілу ймовірностей:

$$\rho(z) = \frac{\int_0^{\infty} g(y) \cdot R(y) \cdot f(z-y) \cdot dy}{\int_0^{\infty} g(y) \cdot R(y) \cdot dy}. \quad (2.17)$$

Остаточний час очікування першого автобуса до завершення ремонту залежить також від того, чи буде значення z більше або менше за t_0 . Можливі варіанти ілюструються положеннями тимчасових інтервалів $0, t_0$ і y, z представленими на рисунку 2.6.

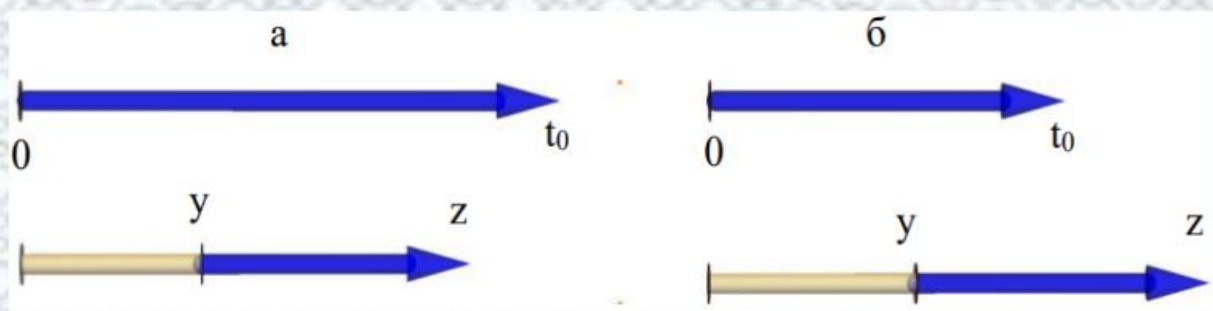


Рисунок 2.6 – Схеми можливого взаємного розташування інтервалів часу очікування доставки першої та другої деталей.

У випадку (Рисунок 2.7 – а) появи і «спрацьовування» події № 2 (відмова другого автобуса із подальшим зняттям необхідної запасної частини з першого, автобуса, що «простоює»), це не вплине на час простою першого автобуса. Також загальний час простою в очікуванні запасної частини для обох автобусів залишиться тим самим – t_0 . Проте, порівняно з початковою стратегією, де кожен автобус чекає свою запасну частину незалежно, ми отримаємо значну економію часу – тривалий простій другого автобуса буде обнулено. У другому випадку (Рисунок 2.7 – б) очікування для другого автобуса також обнулиться, але простій першого автобуса збільшиться. Для отримання коректної функції впливу другої «агресивної» відмови необхідно врахувати ймовірності відповідних подій.

Для цього в попередніх виразах (2.17) при виконанні інтеграції для кожного з'єднання (t_0, y, z) необхідно отримати ймовірність того, що відбудеться подія «б» (Рисунок 2.7 – б): $z > t_0$, і вже скоригований елемент сумується під знаком інтеграла. Тепер уже щільність розподілу ймовірностей $\varphi(z)$ для випадків, які будуть вносити зміни в підсумкову щільність розподілу ймовірностей на момент часу z . Далі проводиться підсумовування двох щільностей розподілу ймовірностей для тривалості очікування деталей першого автобуса – $f(z)$ і розглядається функція $\varphi(z)$. При цьому проводиться оцінка ймовірностей того, що момент y не потрапляє в інтервал $0, t_0$ (використовується вихідна функція $f(z)$), і так, як $0 < y < t_0$ (використовується функція $\varphi(z)$). Вірогідність, того що виконується остання умова, рівна:

$$\xi = \int_0^{\infty} G(t_0) \cdot f(t_0) \cdot dt_0. \quad (2.18)$$

Вірогідність випадку (Рисунок 2.7 – б) визначається як $0 \leq y \leq t_0$, і тим що $t_0 < z$. Вірогідність $P(y \leq t_0)$ вже врахована у виразі для $\rho(z)$ через функцію $R(y)$ під інтегралом. Ймовірність $P(t_0 < z)$ визначається тим, що щільність розподілу ймовірностей для $t_0 - f(t_0)$, і при заданому z шукаємо ймовірність, яка рівна:

$$\int_0^z f(y) dy = 1 - \int_z^{\infty} f(y) dy = 1 - R(z). \quad (2.19)$$

У відповідності з цим щільність розподілу ймовірностей для моменту завершення очікування надходження другої деталі за умови, що заявка на іншу деталь з'являється до доставки першої деталі ($y \leq t_0$), а доставка другої – після доставки першої деталі ($t_0 < z$), буде:

$$\varphi(z) = (1 - R(z)) \cdot \frac{\int_0^{\infty} g(y) \cdot R(y) \cdot f(z - y) \cdot dy}{\left(\int_0^{\infty} g(y) \cdot R(y) \cdot dy \right) \cdot K_{norm}}, \quad (2.20)$$

де K_{norm} – коефіцієнт нормування $\int_0^{\infty} \varphi(z) \cdot dz = 1$.

Для отримання підсумкової щільності розподілу ймовірностей очікування доставки остаточної деталі (першої або другої), після якої перший автобус буде остаточно відремонтований і повернений в експлуатацію на лінію.

При цьому величина ξ буде характеризувати кількість випадків, що входить до підсумкової функції щільності розподілу ймовірностей через «накладені» відмови.

$$\Psi(z) = f(z) \cdot (1 - \xi) + (1 - R(z)) \cdot \rho(z). \quad (2.21)$$

Проведемо оцінку введених величин. Розглянемо кількість проявів вторинних відмов-заявок за найбільш ймовірною схемою їх можливого виникнення (Рисунок 2.7).

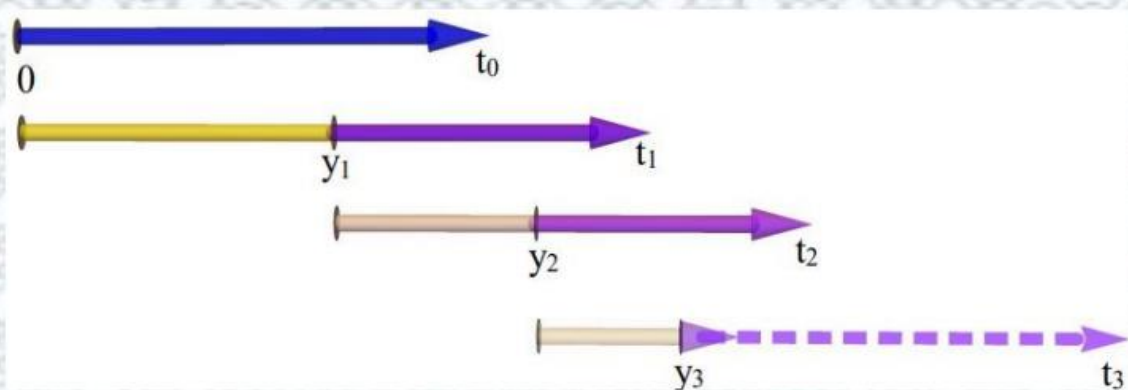


Рисунок 2.7 – Схема ймовірного внутрішнього розташування інтервалів часу від виникнення очікування до доставки 0-ї, 1-ї, 2-ї, 3-ї і. т. д. деталей

Для зручності та уніфікації в даній схемі використано індексовані однойменні величини для змінних, які мають один зміст.

Спочатку розглянемо формування кількості випадкових подій у загальний час до і після першого кроку, тобто знайдемо середню кількість випадків, що потрапляють в інтервали $0, t_0$ і в $0, t_1$.

Середня кількість подій-відмов, що потрапляють в інтервал $0, t_0$ дорівнює λt_0 . З урахуванням того, що t_0 розподілена за ЗРЙ із диференціальною функцією $f(x)$, середня кількість повідомлень, які досягають стартового інтервалу $0, t_0$ дорівнюватиме:

$$M_{t_0} = \int_0^{\infty} \lambda \cdot t_0 \cdot f(t_0) dt_0 = \lambda \cdot T_f, \quad (2.22)$$

де M_{t_0} – середня кількість випадків, що потрапляють у стартовий інтервал $0, t_0$;

T_f – математичне очікування ЗРЙ з диференціальною функцією $f(x)$.

Для знаходження аналогічної величини для наступного інтервалу $0, t_1$:

$$M_{t_1} = \int_0^{\infty} \lambda \cdot t_1 \cdot \Psi(t_1) dt_1 = \lambda \cdot T_f (1 - \xi) + \lambda \int (1 - R(t_1)) \cdot \rho(t_1) \cdot t_1 dt_1 = \lambda \cdot T_f + \\ + \lambda \left(\int \rho(t_1) \cdot (1 - R(t_1)) \cdot t_1 dt_1 - \xi \cdot T_f \right) = \lambda \cdot T_f + \lambda \cdot M_a = \lambda \cdot T_f \cdot (1 + r_1) \quad (2.23)$$

де $\lambda \cdot M_a$ – додаткова кількість відмов, викликаних «підключенням» до нульового першого інтервалу;

r_1 – збільшення кількості відмов при об'єднанні наступного інтервалу.

Ця величина, де $\lambda \cdot M_a$ позитивна, але менша за M_{t_0} .

З урахуванням збільшення кількості «приєднаних» інтервалів, величина додаткового внеску на кожному кроці буде експоненційно зменшуватися (з урахуванням ймовірності того, що таке приєднання відбувається) у вигляді:

$$M_{a_i} = M_{a_{i-1}} \cdot r_1, \quad (2.24)$$

Розглянемо збільшення середнього часу очікування закінчення ремонту при допущенні появи все нових додаткових відмов. Математичне очікування для довжини нульового інтервалу рівне T_f .

$$T_l = T_f \cdot (1 - \xi) + \xi \cdot \tau = T_f \cdot (1 + \theta) \quad (2.25)$$

При подальшому збільшенні інтервалів, у зв'язку з однотипністю перетворення та пропорційним зменшенням ймовірності ξ , можна представити збільшення у вигляді додаткових елементів $T_f \cdot \theta$, що зменшуються, з урахуванням можливостей необмеженої кількості донорських замін від першого автобуса математичне очікування тривалості ремонту T_S буде:

$$T_S = T_f \cdot \left(1 + \frac{\theta}{1 - \theta}\right) = T_f \cdot \left(\frac{1}{1 - \theta}\right). \quad (2.26)$$

Відповідно буде зменшуватися і величина M_{a_1} , тому для повної оцінки кількості запасних частин на один автобус, що у простої M_S , отримаємо значення:

$$M_S = M_{t_0} \cdot \left(\frac{1}{1 - r_1}\right). \quad (2.27)$$

І так тепер можна оцінити стан втрат від простою автобусів і від експлуатації автобусів на лінії з встановленими не новими агрегатами.

При реалізації стратегії 1а на кожен автобус з відмовою приходить одна деталь очікування і T_f час простою / очікування, при цьому сума часу простою на один автобус в рік дорівнює:

$$T_{num1_a} = T_f \cdot N_a, \quad (2.28)$$

де N_a – питома кількість відмов даного типу, що приходить на один автобус на рік.

Кількість працюючих автобусів на лінії з деталями, агрегатами, знятими з автобусів, що перебувають у простої, очікуючи на ремонт, в даній стратегії буде дорівнювати 0.

Для стратегії 1б сумарний час очікування:

$$T_{num1_b} = \frac{N_a \cdot 1 \cdot T_f}{(1 + M_s) \cdot (1 - \theta)} = \frac{N_a \cdot (1 - r_1) \cdot T_f}{(1 + M_{t_0} - r_1) \cdot (1 - \theta)} = \frac{N_a \cdot (1 - r_1) \cdot T_f}{(1 + \lambda \cdot T_f - r_1) \cdot (1 - \theta)} \quad (2.29)$$

Питома доля роботи на лінії в неекономній комплектації деталями з автобуса, що перебуває у простої:

$$K_{num1_b} = T_{num1_b} \cdot \frac{k_{повт} \cdot \bar{t}_{від} \cdot \lambda \cdot (1 - \theta)}{T_C \cdot (1 - r_1)}, \quad (2.30)$$

де: $\bar{t}_{від}$ – середній час напрацювання на відмову певного типу окремо по тих системах, які були замінені на автобусі;

T_C – середній термін служби автобуса;

$k_{повт}$ – коефіцієнт, що задає середню кількість подібних ситуацій, протягом терміну служби автобуса, за умови, що перший випадок розглядається на даний час.

Таким чином, при порівнянні двох стратегій 1а і 1б ми бачимо, що при зменшенні витрат в одному секторі (менший загальний час простою) у стратегії 1б відбувається збільшення витрат в інших секторах (експлуатаційні втрати на лінії).

Розрахунок усіх витрат, які враховуються в цільових функціях, проводиться після збору статистичних даних про напрацювання на відмову по системах автобусів з урахуванням різних експлуатованих моделей рухомого складу, про тривалі прості автобусів в очікуванні необхідних запасних частин, вузлів і агрегатів, про ймовірність включення малих періодів простою автобусів при наявності критичних відмов у більшому періоді простою, про ймовірність використання автобуса, що на простої як донора для інших автобусів.

Висновки до розділу 2

1. Проведено системний аналіз та сформовано основні методичні підходи до визначення потреби у запасних частинах, виявлено, що визначають мінімальну та достатню їх кількість.

2. Сформовано цільову функцію управління, резервами, що включає експлуатаційні витрати, зумовлені неефективним забезпеченням транспортного підприємства запасними частинами.

3. Запропоновано стратегію управління резервами запасних частин на рівні АТП, галузі, регіону.

4. Розроблено математичну модель оцінки ефективності реалізації запропонованих стратегій управління резервами запасних частин для автобусів, що виконують пасажирські перевезення в умовах тропічного клімату, що включає час формування заявки, час доставки запасних частин, періодичність та обсяг доставки, час очікування ремонту, надмірну частку автобусів, що дозволяє визначати необхідне та достатню кількість запасних частин для забезпечення необхідного рівня перевезень.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ РЕЗЕРВАМИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН

3.1 Визначення критеріїв необхідності зберігання запасних частин

Для експериментальних досліджень були визначені критерії або правила вибірки автобусів: однаковий вік, пробіг, технічний стан, час простою в ремонтній зоні, місце складання, наприклад, в Україні та (запчастини) Європа. Автобуси після дорожньо-транспортних пригод, які мали малий пробіг або зазнали значного ремонту, в експерименті участі не брали.

З наявних автобусів було відібрано 50 од. рухомого складу, що працюють на постійних маршрутах міста Вінниці та територіальної громади. За цими критеріями було сформовано 3 групи автобусів по 8 од., 8 од. та 34 од. автобусів більшого класу [2, 3, 5, 14].

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики автобусів

Показники	Богдан А092	Богдан А70132	ISUZU «Ataman» А092G6
Потужність двигуна, к.с.	175	264	130
Паливний бак, л	90	200	360 м ³ (метан)
Маса автобуса, кг	8300	18500	8870
Трансмісія	5 ступінчаста	6 ступінчаста	6 ступінчаста
Шини, безкамерна	215/75 R17,5	275/70R22,5	215/75 R17,5
Кількість місць для пасажирів	43	106	42
Стартер, В/кВт	24/4,5	24/6,0	24/3,0
Генератор, В/А	24/40	24/40-60	24/40
Середнє число відказів на один автобус, од.	29,5	28,5	31,8
Середній пробіг з початку експлуатації, км	3 091	4 164	4 203
Середній пробіг, км	330 318	264 386	208 768
Середній пробіг до першої відмови, км	23 024	25 0527	35 931

Методика дослідження передбачала вивчення умов експлуатації та маршрутів, на яких працювали виділені групи автобусів. Умови, в яких працюють автобуси, мали бути співставні.

Обов'язково враховувався людський фактор як постійна величина. Було опрацьовано статистичні дані щодо груп автобусів у частині відмов агрегатів, вузлів, деталей. Досліджувалася кваліфікація ремонтного персоналу, від якого залежав час простою (короткий або тривалий). У дослідженні брав участь стабільний робочий колектив. За період досліджень і збору статистичних даних ніхто з механіків не звільнився, нових працівників не приймали.

Для експериментів були відібрані певні вузли та агрегати, проаналізовано статистичні дані – заявки на заміну деталей, вузлів, агрегатів, що вийшли з ладу. Зі сукупності заявок були відібрані всі заявки на запчастини високої та низької вартості, а заявки на найбільш часто замінювані запчастини (наприклад, гальмівні колодки мають невелику вартість, але часто замінюють через певні проміжки часу).

Аналізовані причини простоїв. Наприклад, заміна деяких деталей, вузлів може відбуватися протягом 1-2 днів. Заміна складних агрегатів вимагає тривалого часу – їх може не бути на складі, їх або ремонтують на місці, або замовляють. Значний відсоток (80%) випадків простоїв припадає на шасі, що виходить з ладу через низьку якість дорожнього покриття. Також часті є тривалі простої через ремонт двигунів і коробок передач через відсутність їх на складі та дорога вартість даних деталей.

3.2 Статистичні дослідження надійності автобусів, що експлуатуються комунальним підприємством «Вінницька транспортна компанія»

3.2.1 Розподіл часток тривалих ремонтів

При проведенні ремонту частини автобусів перебуває у простої через відсутність необхідної запасної частини. Тривалі простої збільшують

експлуатаційні витрати. Згідно зі статистичними даними, отриманими на підприємстві КП «Вінницька транспортна компанія», найбільш довготривало простоювали автобуси ISUZU Ataman A092G6 (36 днів) і Богдан A092 (23 дні), а також Богдан A70132 – це 18 днів (Рисунок 3.1).

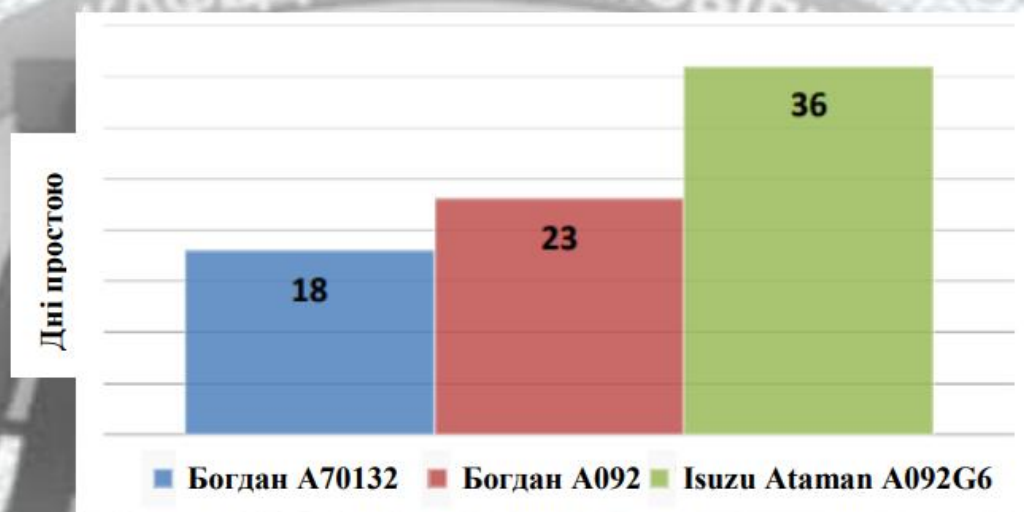


Рисунок 3.1 – Розподіл частки тривалих ремонтів (понад один місяць) за моделями автобусів

Автобуси ISUZU Ataman A092G6 найчастіше виходять з ладу через несправності двигуна (27%), ходової частини (25%), трансмісії (17%) та кузова (14%). Найменше простоїв спричиняють несправності рульового управління (Рисунок 3.2).

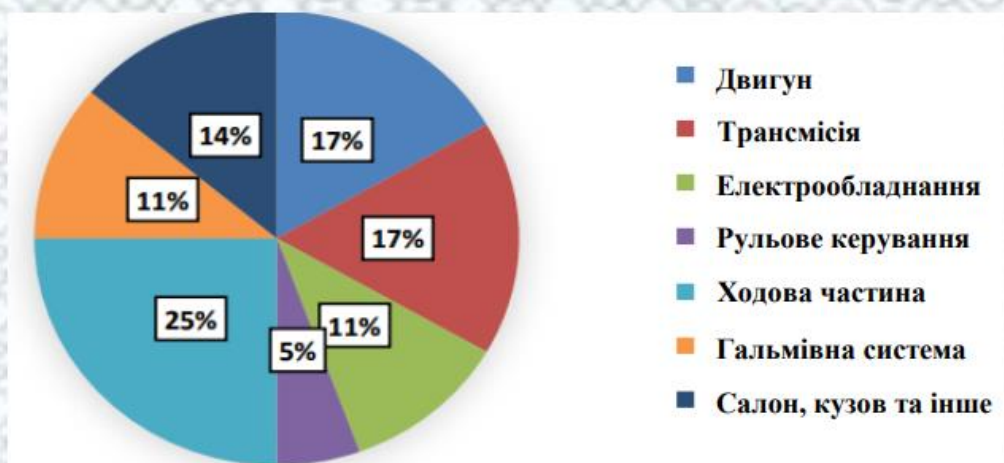


Рисунок 3.2 – Розподіл частки тривалих ремонтів (понад один місяць) за системами автобусів ISUZU Ataman A092G6

Автобуси Богдан А092 найчастіше мають тривалі простої через несправності ходової частини (35%) та двигуна (30%). Несправності рульового управління не призводять до тривалих простоїв (Рисунок 3.3).

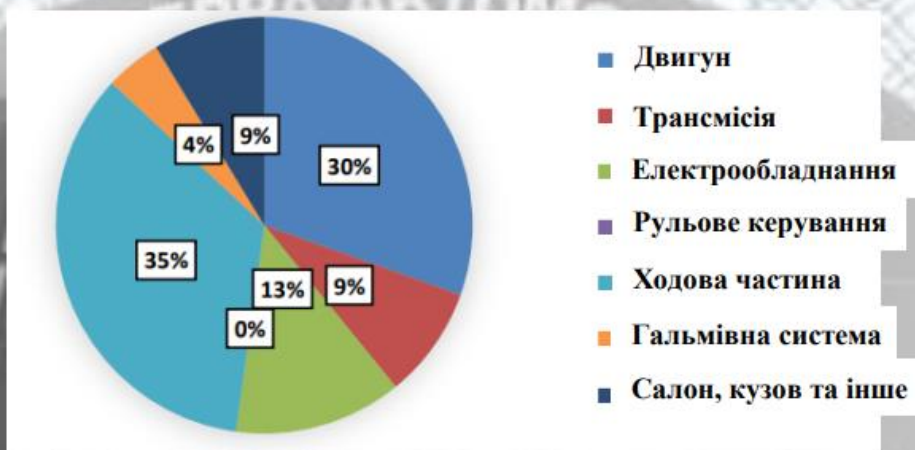


Рисунок 3.3 – Розподіл частки тривалих ремонтів (понад один місяць) за системами автобусів Богдан А092

Автобуси Богдан А70132 найчастіше мають тривалі простої через несправності ходової частини (22%), гальмівної системи (17%), трансмісії (17%) та електрообладнання (17%). Меншою мірою простої спричиняють поломки кузова, рульового управління та двигуна (Рисунок 3.4).

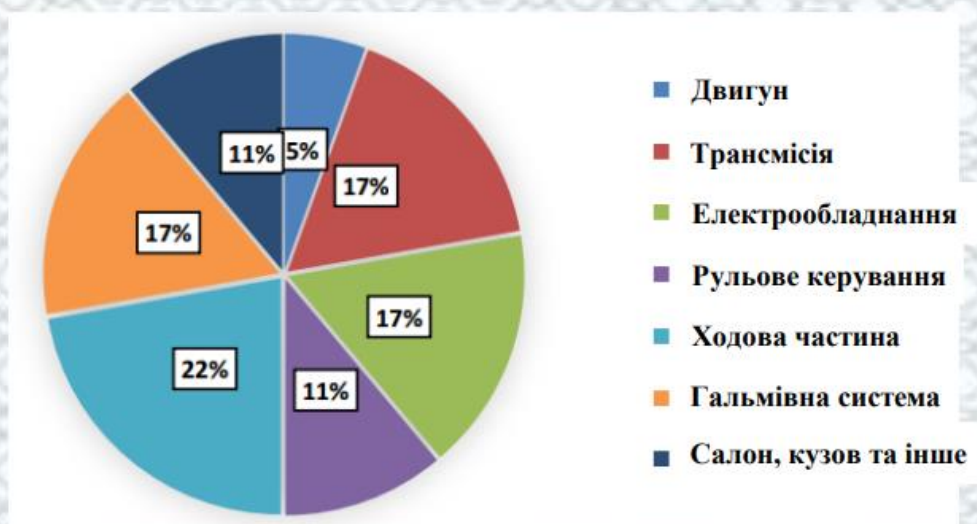


Рисунок 3.4 – Розподіл частки тривалих ремонтів (понад один місяць) за системами автобусів Богдан А70132

Аналізуючи загальну кількість тривалих ремонтів, можна зробити висновок, що найбільша частка несправностей, які призвели до тривалого ремонту, спостерігається у автобусів ISUZU Ataman A092G6. Практично така ж частка несправностей припадає на автобуси Богдан A092 (Рисунок 3.5).

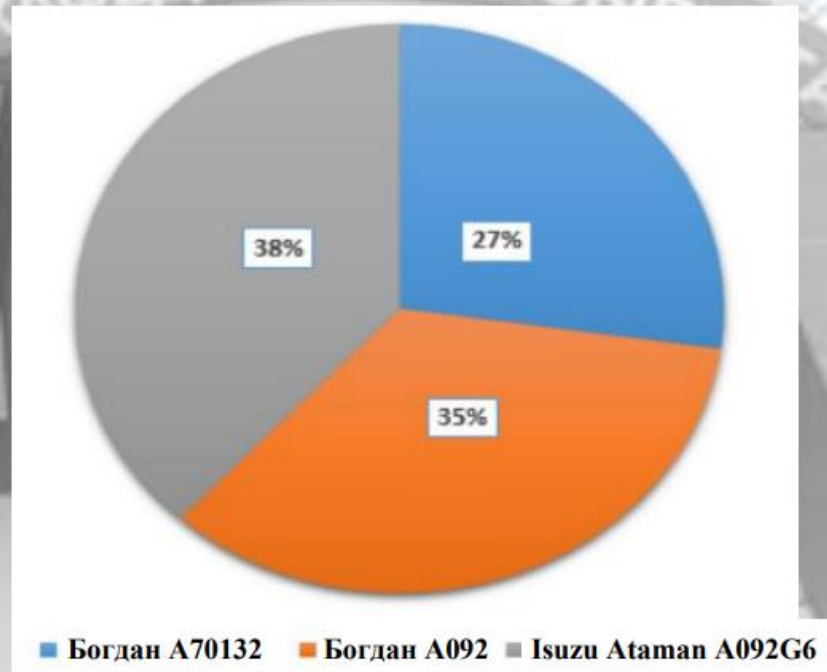


Рисунок 3.5 – Розподіл тривалих ремонтів за моделями автобусів відносно загальної кількості автобусів

Аналіз даних про тривалі ремонти автобусів на підприємстві КП «ВТК» виявив, що найбільша кількість простоїв припадає на моделі ISUZU Ataman A092G6. Основними причинами простою є несправності ходової частини, двигуна та трансмісії. Відсутність необхідних запасних частин на складі і складність ремонтних робіт посилюють ситуацію.

3.2.2 Дослідження відмов автобусів Богдан A092

Найбільш характерними замінами на пробігу були: заміна або ремонт турбокомпресора, спідометра та тахометра, форсунок, заміна паливного бака, датчиків, кабелів, генератора, стартера, стабілізатора поперечної стійки,

центрального болта, амортизатора, панелі приладів, гальмівних механізмів, рульових тяг, колодок циліндрів, акумуляторної батареї, коробки передач, блоку керування двигуном, бокового скла, дзеркала.

У системі двигуна проводили заміни форсунок, гофри глушника, прокладок випускного колектору, корінних та шатунних вкладишів, термостата та радіатора (у системі охолодження), датчика тиску мастила. Проводився також капремонт двигуна – приварювання паливного бака, паливопроводів, ремонт вихлопних труб, колектору вихлопної труби, ременів, кришки бака, водяного насоса, вентилятора, опори двигуна, картера двигуна. Після проведення аналізу розподілу замін деталей двигуна автобусів по пробігу можна відзначити пікову кількість появ відмов на пробігу 115,5 – 145,5 тис. км.

Протягом усього періоду спостережень було виконано заміни редукторів заднього мосту, коробки передач, заднього мосту, пневмогідропідсилювача зчеплення, зірочки, опорного підшипника, диска зчеплення, вижимного підшипника, кришки коробки передач, дроту управління швидкістю, приводного валу, кульки управління швидкістю, поперечини кардана, опори кардана, муфти зчеплення, гвинта масляної пробки коробки передач.

У системі електричного та електронного обладнання було проведено заміни: акумуляторних батарей, датчиків, кабелю, ролика натягувача ремня генератора, підшипника генератора, ремня генератора. Було відремонтовано одометр, спідометр та тахометр, двигун склоочисника, стартер, панель приладів, клаксон, контактор, клеми АКБ.

Потік відмов елементів рульового управління – рульова колонка, наконечники поздовжньої тяги, елементи гідропідсилювача, насоси гідропідсилювача, шліци рульового управління, вал рульовий. Середній пробіг до першої відмови рульового управління за цей період склав 149 634 км. Було виконано 19 замін деталей за весь період.

У ходовій частині заміни зазнавали підвіски, колісні гайки, колісний циліндр, головна рама, пружина, гвинт піввісі, підшипник маточини, центральний болт, шпилька, амортизатор.

Несприятливі впливи на гальмівну систему призвели до виходу з ладу та заміни головного циліндра, гальмівних колодок, датчиків зносу колодок, барабанів гальмівних механізмів пружин гальмівних колодок, гальмівного барабана, клапана обмеження тиску, задніх коліс, гальмівної чашки, ручного гальма, гальмівних повітряних шлангів, чашки головного циліндра та масляного проводу гальмівної системи.

У салоні, кузові було виконано заміни бічного скла, сидінь водія та пасажирів, переднього та лобового скла, дзеркала заднього виду, освітлення, що забезпечило комфорт водію та пасажирів.

3.2.3 Дослідження відмов автобусів Богдан А70132

Виходячи з поставлених завдань, було проведено статистичний аналіз надійності пасажирських транспортних засобів, які експлуатуються комунальним підприємством «Вінницька транспортна компанія» м. Вінниці.

Обстеженню підлягали автобуси марки Богдан А70132 – 2014 року випуску. В ході досліджень було встановлено, що найчастішими замінами деталей автобусів на пробігу від 4 до 320 тисяч кілометрів є заміни: генератора, стартера, стабілізатора поперечної стійкості, амортизатора, панелі приладів, гальмівних механізмів, рульових тяг, гальмівних дисків, колодок і циліндрів, акумуляторної батареї, коробки передач, блоку управління двигуном, лобового, бічного, заднього скла.

Серед несправностей систем двигуна виділено несправності системи подачі палива, проводилися заміни прокладок випускного колектору, термостата і радіатора, датчика тиску масла двигуна, паливного бака, випускного колектору, випускної труби, глушника, кришки бака, водяного насоса, вентилятора, опори двигуна, картера двигуна, паливного насоса високого тиску (ПНВТ).

Перші 51 тис. км пробігу потребували однієї заміни редукторів заднього мосту, коробки перемикачів передач, заднього мосту. За весь час спостережень виконано заміни редукторів заднього мосту, коробки перемикачів передач,

заднього мосту, пневмо-гідропідсилювача зчеплення, зірочки, опорного підшипника, диска зчеплення, вижимного підшипника, проводу управління дросельною заслінкою, приводного валу, опори кардана, муфти зчеплення.

В системі електричного обладнання також виконано заміни акумуляторних батарей, датчиків, кабелів. Також значна частка ремонтів припадає на ремонт одометра, спідометра та тахометра, двигуна склоочисника, стартера, панелі приладів, звукового сигналу, контактора, клем АКБ.

Потік відмов елементів рульового управління (35 замін деталей за весь період) включає такі основні деталі, як: рульовий вал, наконечники поздовжньої тяги (35,4%), рульові тяги, елементи гідропідсилювача, сальники, шланги. Також мінялися насоси гідропідсилювача, шарові шарніри рулевих тяг, рульовий вал, гайка наконечника рульової тяги, наконечник поперечної тяги. До замін ходової частини відносяться підвіски, клапани і датчики, тяга і колісні гайки, колісний циліндр, головна рама (43,8%), пружина, гвинт піввісі, підшипник ступиці, центральний болт (25,7%), шпилька, амортизатор (20%).

При проведенню аналізу розподілу замін деталей механізмів гальмівного барабана задніх коліс, гальмівної чашки, ручного гальма, гальмівних повітряних шлангів, чашки головного циліндра, головного циліндра і трубопроводу гальмівної системи. В салоні і кузові також було виконано заміни скла, пасажирських і водійських сидінь, лобового скла, дзеркала заднього виду, освітлення. Досліджено заміни елементів трансмісії автобусів Богдан А70132 на пробігу від 0 до 264 тис. км. Всього за цей період проведено 88 замін елементів рульового управління. Перша несправність виникла на пробігу 51 тис. км.

Розрахунок довірчої ймовірності відмов здійснювався за формулою:

$$P_i = W_i / N. \quad (3.1)$$

Розрахунок інтенсивності потоку відмов здійснювався за формулою:

$$\lambda(l) = n(l) / N \cdot \Delta l. \quad (3.2)$$

де $n(l)$ – кількість відмовлених деталей в інтервалі пробігу, од.;

N – загальна кількість відмов в інтервалі, од.;

Δl – інтервал пробігу, км.

Так, несправності у вузлах трансмісії часто призводять до заміни редукторів заднього мосту, коробки перемикачів передач, заднього мосту, пневмогідропідсилювача зчеплення, зірочки, опорного підшипника, диска зчеплення, вижимного підшипника, проводу управління дросельною заслінкою, приводного валу, опори кардана, муфти зчеплення.

3.2.4 Дослідження відмов автобусів ISUZU Ataman A092G6

Аналіз потоку відмов автобусів ISUZU Ataman A092G6 показав, що були виконані заміни форсунок, ремня ГРМ, приводного ремня, датчиків, кабелю, генератора, акумуляторної батареї, ремонт спідометра і тахометра, стартера, рульових тяг, амортизаторів, гальмівних колодок, гальмівних дисків, колодок циліндрів, коробок передач, диска зчеплення.

Що стосується несправностей систем двигуна, то проводилися заміни форсунок, прокладок випускного колектору, корінних і шатунних вкладишів, термостата і радіатора (в системі охолодження), датчика тиску масла. Проводився ремонт двигуна, до якого відносилася, ремонт вихлопних труб, колектора вихлопної труби, ременів, водяного насоса, вентилятора, опори двигуна, картера двигуна.

Проведено аналіз розподілу заміни деталей трансмісії, редукторів заднього мосту, коробки перемикачів передач, коробки передач, заднього мосту, пневмогідропідсилювача зчеплення, зірочки, опорного підшипника, диска зчеплення, вижимного підшипника, кришки коробки передач, проводу управління швидкістю, приводного валу, кульки управління швидкістю, поперечини кардана, опори кардана, муфти зчеплення, гвинта масляної пробки коробки передач.

В системі електрообладнання були виконані заміни акумуляторних батарей, датчиків, кабелю, а також ремонт спідометра і тахометра, двигуна склоочисника, стартера, панелі приладів, одометра, клаксона, контактора, клем АКБ.

Відмови елементів рульового управління потребували заміни рульового валу, наконечників поздовжньої тяги, рулевих тяг, насосів гідропідсилювача, вала рульового, гайки наконечника рульової тяги. Щодо ходової частини були проведені заміни пневмокомпресора підвіски, клапанів і датчиків, колісних гайок, колісного циліндра, головної рами, пружини, гвинта піввісі, підшипника маточини, центрального болта, шпильки, амортизатора, а також ремонт радіальної тяги.

Відмови гальмівної системи потребували заміни гальмівних колодок, датчиків зносу колодок, пружин гальмівних колодок, клапана обмеження тиску, барабанів гальмівних механізмів задніх коліс, гальмівного барабана, гальмівної чашки, ручного гальма, гальмівних повітряних шлангів, чашки головного циліндра, головного циліндра і маслопроводу гальмівної системи.

В салоні, кузові були виконані заміни бічного скла, водійського і пасажирських сидінь, лобового і бокового скла, дзеркала заднього виду, освітлення, що забезпечило комфорт водію і пасажирам.

Висновки до розділу 3

1. Зібрано статистичні дані для визначення ймовірності потреб у деталях, вузлах та агрегатах у певні періоди експлуатації транспортних засобів, що виконують пасажирські перевезення, що дозволяє визначити необхідну кількість і номенклатуру запасних частин.

2. Представлено результати проведеного системного статистичного аналізу надійності пасажирських транспортних засобів, що експлуатуються державною транспортною компанією.

3. Зібрано дані про усунення відмов і несправностей по вузлах, агрегатах, механізмах і системах контрольних груп автобусів Богдан А092 і

Богдан А70132, а також ISUZU Ataman A092G6.

В результаті проведених експериментальних досліджень виявлено основні вузли і агрегати, що лімітують надійність і призводять до «довгих ремонтів» (до 8 місяців). Автобуси Богдан А70132 тривалий час простоюють на ремонті через ходову частину (22%), гальмівну систему (17%), трансмісію (17%) і електрообладнання (17%). На автобусах Богдан А092 частіше за все виникають простої при відмовах ходової частини (35%) і двигуна (30%). В автобусах ISUZU Ataman A092G6 відмови трапляються частіше за все у двигуна (27%), ходової частини (25%), трансмісії (17%) і кузова (14%).



РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ РЕЗЕРВАМИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

4.1 Аналіз даних про час тривалих простоїв в очікуванні закінчення ремонту

Як уже було описано в розділі 3, збір необхідних даних проводився за різними напрямками. Так, при можливості достовірного підтвердження накопиченого пробігу для кожного окремого автобуса при зборі інформації про проведення ремонту, викликаного відмовою тієї чи іншої системи, яка щойно відбулася, визначалися значення середніх напрацювань на відмову по цих системах, а також інші характеристики законів розподілу ймовірностей пробігу до відмови, необхідні для виконання розрахунків відповідно до алгоритмів і формул, наведених у розділі 2.

Параметри, що описують процеси, які виникають при реалізації тієї чи іншої стратегії організації забезпечення автотранспортної галузі запасними частинами, агрегатами тощо або залежні від реалізованої стратегії управління, в основному прив'язуються до календарного, поточного часу. Так, за календарними датами проводився аналіз перетину проміжків часу перебування автобусів в очікуванні доставки необхідних запасних частин або в ремонті для різних автобусів.

Аналіз проводився з метою знаходження підтвердження існування процесів, описаних у розділі 2 при реалізації стратегій 1а і 1б, при яких вже простоявши у тривалому очікуванні на поступлення запасної частини автобус стає «донором» для іншого, що надійшов у ремонт автобуса. Здійснювався аналіз шляхом виявлення повного включення коротких інтервалів часу перебування в ремонті, викликаного відмовою по вузлах, в інших випадках, що викликають тривалий або надтривалий простій, в інтервал часу простою в ремонті іншого

автобуса, який може характеризуватися як тривалий або надтривалий. При цьому враховувалася (при її наявності) інформація про те, звідки були взяті запчастини при проведенні ремонту автобуса, а також про дати поставки в автотранспортне підприємство замовлених особливих (одиничні замовлення) вузлів, агрегатів і запасних частин.

Розраховувалися такі параметри, як середня кількість тривалих і надтривалих простоїв, які повністю поглинули простої в ремонті одного або кількох інших автобусів, інтервали часу яких можуть бути оцінені як допустимі, а також доля таких допустимих за часом простоїв, викликаних відмовами («критичних» в описаному вище сенсі) вузлів, які повністю увійшли в тривалий простій якогось іншого автобуса. При проведенні подальшого аналізу проводився не тільки облік записів (при їх наявності) про переміщення деталей, але й розташування малих інтервалів всередині великих.

Частина вихідних даних, за якими проводився цей аналіз, наведена на рисунку 4.1. У таблиці 4.1 були зібрані всі випадки ремонтів автобусів з контрольної групи (окремо за кожною з моделей), які проводилися з причини, пов'язаної з виходом з ладу елемента – вузла, агрегату, запасної частини, які вище були названі «критичними» (в тому сенсі, що ремонт автобуса з допомогою відновлення працездатності цього вузла може бути проведений, якщо вузол може бути відновлений на агрегатній дільниці АТП, але при відсутності вузлів такого типу на складі підприємства ремонт автобуса шляхом заміни вузла новим, взятим зі складу, не може бути проведений, що викликає або необхідність замовлення вузла, очікування його доставки або зняття з іншого автобуса, вже очікуючого іншу деталь).

Для розрахунку даних кожного випадку враховувались деталі, несправність яких викликала зняття автобуса з експлуатації і потребу в проведенні ремонту. Враховувались і розрахунки додаткового аналізу, одним із результатів якого є розрахунок для випадків, що мають допустимо коротку тривалість ремонту, кількості тих зафіксованих довгих і наддовгих ремонтів, які за датами проведення/очікування ремонту є занадто об'ємними для розглядуваного

випадку, тобто повністю включають в свій період діапазон дат цього розглядуваного випадку. Ця величина потрібна для того, щоб при розрахунку необхідних коефіцієнтів не проводити помилкового багаторазового обліку одного і того ж випадку. Другим результатом є розрахунок для випадків довгих і наддовгих ремонтів кількості випадків, що мають коротку тривалість ремонту і повністю включених в розглядуваний випадок з довгим ремонтом. Цей розрахунок потрібен для того, щоб оцінити кількість довгих ремонтів, протягом яких не відбувалося «донорства», тобто ні на який інший автобус не проводилася перестановка запасних частин з автобуса, що перебуває довго у простої, а також середню кількість перципієнтів, що припадають на донорський автобус.

Аналіз проводився окремо за кожною з включених в спостережувану групу моделей автобусів.

4.2 Аналіз основних характеристик розробленої моделі за зібраними статистичними даними

В ході аналізу зібраних статистичних даних для визначення значень параметрів і значень, згаданих у розділі 2, необхідно було провести обчислення кількості випадків тривалих ремонтів на один автобус на рік N_a , середньої тривалості одного вимушеного простою в очікуванні запасних частин t_n та ін.

Величина N_a визначалася із доступної на підприємстві інформації по групі спостережуваних автобусів:

$$N_a = N_{\Sigma} / (A_i \cdot Y_n), \quad (4.1)$$

де Y_n – термін спостереження за групою автобусів;

A_i – кількість автобусів у контрольній групі;

N_{Σ} – кількість зафіксованих випадків тривалого очікування ремонту.

Із зібраних статистичних даних, що охоплюють історію експлуатації 50 автобусів 3-х моделей протягом 9 років, по автобусах Богдан А092 показники N_a

і t_n виявилися рівними відповідно 0,310 і 0,323 тільки по надтривалих простоях (більше місяця), що дає не менше ніж 10%-й надлишок простою рухомого складу, необхідного для виконання роботи по перевезенню пасажирів, обумовлений тільки неоперативною доставкою запасних частин.

По двох інших розглянутих моделях цей показник дещо нижче. Однак цей розрахунок був проведений за даними, зібраними в умовах функціонування підприємства за стратегією 1б. При цьому, як було показано в розділі 2, при виконанні «чистої» стратегії 1а, як величина N_a , так і величина t_n будуть іншими, причому N_a буде більше, а величина t_n (визначена при стратегії 1б як середнє значення по простоях до закінчення ремонту, визначеним у вибірці як тривалий простій) буде менше. Коефіцієнти корегування кількості і середньої тривалості тривалих простоїв по стратегії 1б до стратегії 1а, виведені в (2.2), визначалися із зібраних даних, а саме по аналізу відміток про використання при проведенні ремонту автобуса, що вимагав заміни вузлів, деталей, відсутніх на складі, деталей з уже очікуючих ремонту автобусів, при включенні часу цих нетривалих ремонтів в ті календарні терміни, коли автобус-донор простоював в очікуванні тієї деталі, із-за відсутності якої на складі і неможливості проведення відновлення деталі (вузла) потрібно було запустити процедуру замовлення і доставки деталі під даний конкретний автобус.

Звертаючи увагу на велике охоплення даних по різних системах, моделях, приводяться тільки результати розрахунків відповідно до складових цільової функції, описаних у розділі 2.

Результати узагальненого аналізу таблиці випадків ремонтів, викликаних відмовами «критичних» вузлів і деталей (частково представленої на рисунку 4.1), представлені в таблиці 4.1.

Отримані в ході аналізу і представлені в таблиці 4.1 дані використовувалися далі в проведенні обчислень за формулами, наведеними вище в розділі 2.

Для зручності їх оцінки ці дані представлені в графічному вигляді на рисунках 4.1 – 4.6.

Таблиця 4.1 – Результати узагальненого аналізу випадків ремонтів, викликаних відмовами «критичних» вузлів і деталей

Модель	Богдан А092	Богдан А70132	ISUZU Ataman А092G6
Параметри	1	2	3
Частка тривалих та надтривалих ремонтів, що не призводять до ефекту «донорства»	59%	50%	60%
Середня кількість випадків донорства, що припадає на один тривалий або надтривалий простій	0,63	0,72	0,68
Середній час напрацювання автобуса на один тривалий простій у ремонті, міс.	36,3	27,1	30,5
Середній час напрацювання на одну відмову, яка могла б викликати тривалий простій, міс	21,6	15,2	19,1
Коефіцієнт необхідного надмірного резервування	5,52%	7,04%	6,55%
Частка всіх відмов (які могли б викликати тривалий простій), які усувалися без тривалих простоїв або перестановки деталей із «донорського» автобуса	22,8%	7,7%	13%

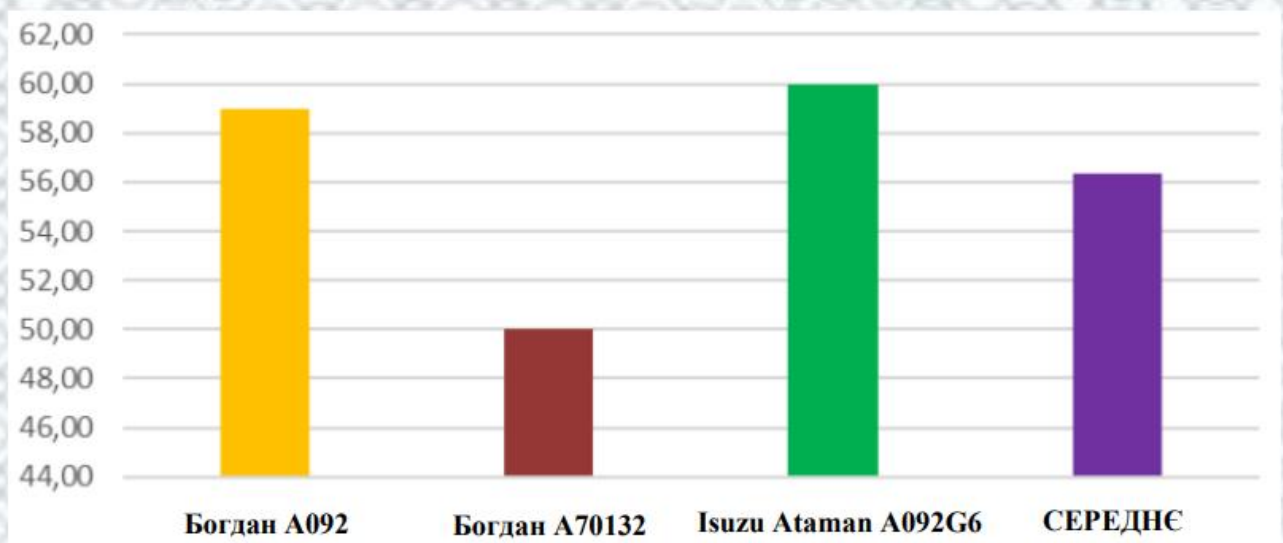


Рисунок 4.1 – Частка тривалих та надтривалих ремонтів, що не призводять до ефекту «донорства», %

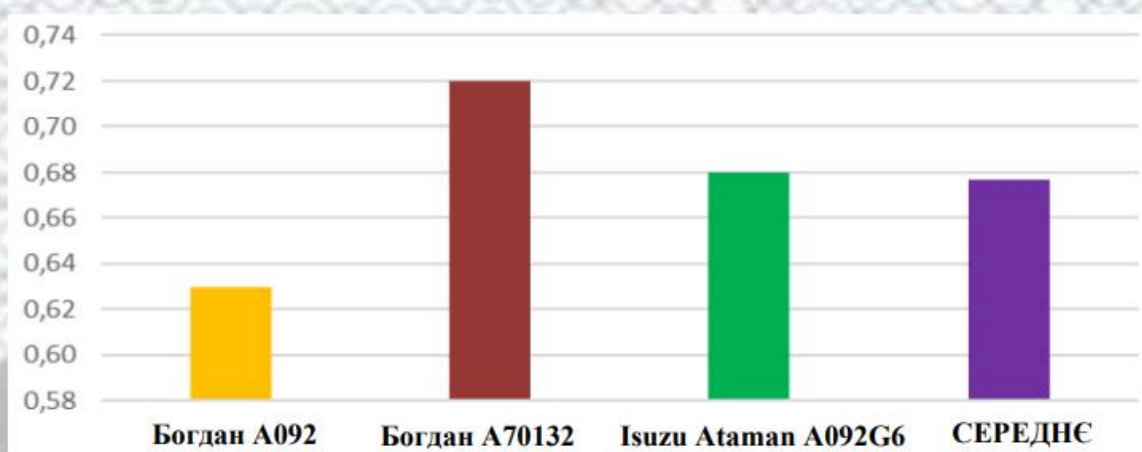


Рисунок 4.2 – Середня кількість випадків донорства, що припадає на один тривалий або надтривалий простій

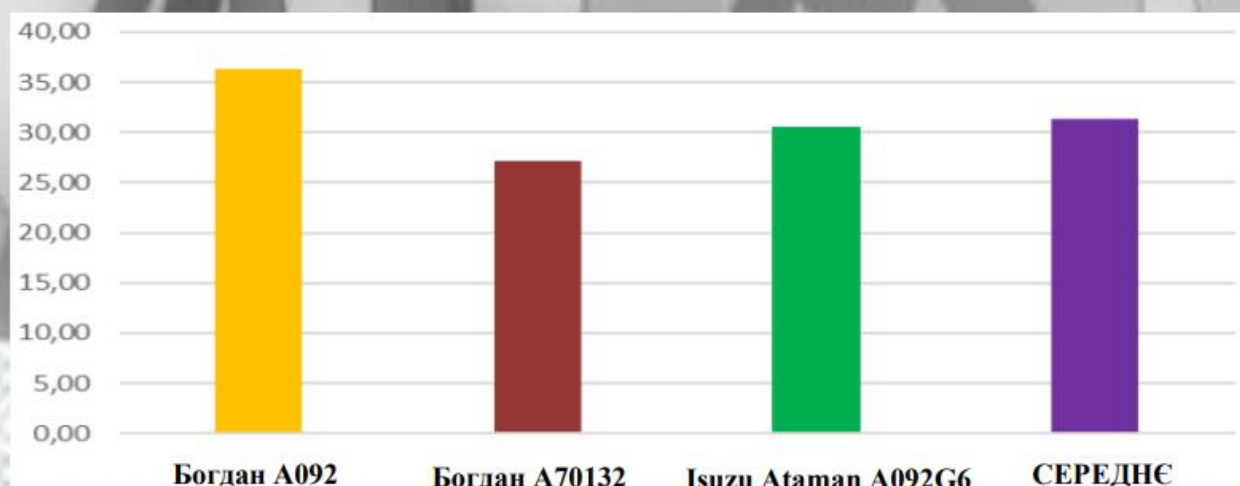


Рисунок 4.3 – Середній час напрацювання на один тривалий простій у ремонті, міс

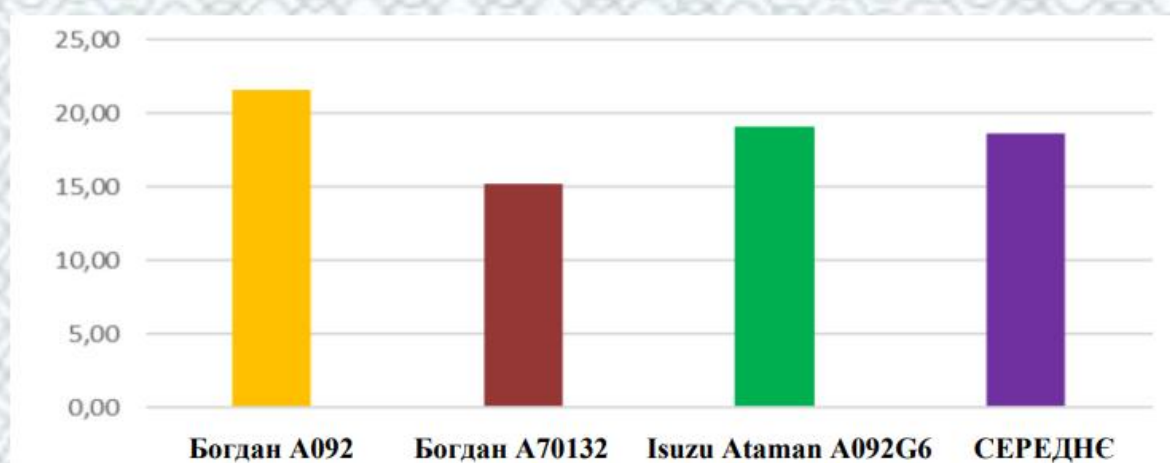


Рисунок 4.4 – Середній час напрацювання на одну відмову, яка могла б спричинити тривалий простій, міс

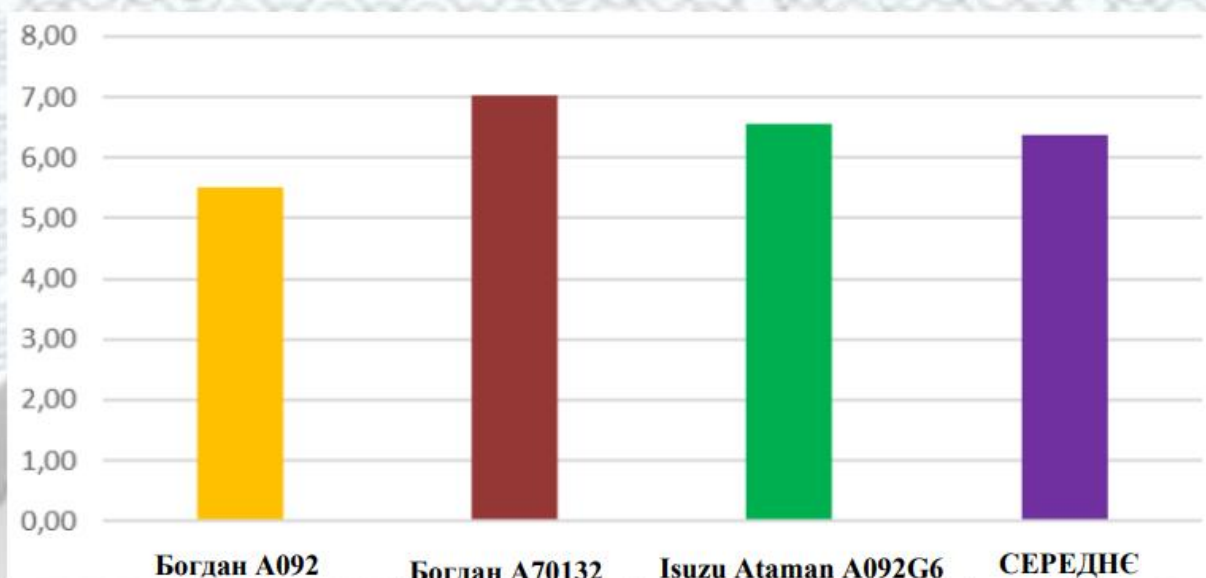


Рисунок 4.5 – Коефіцієнт необхідного надлишкового резервування, %.

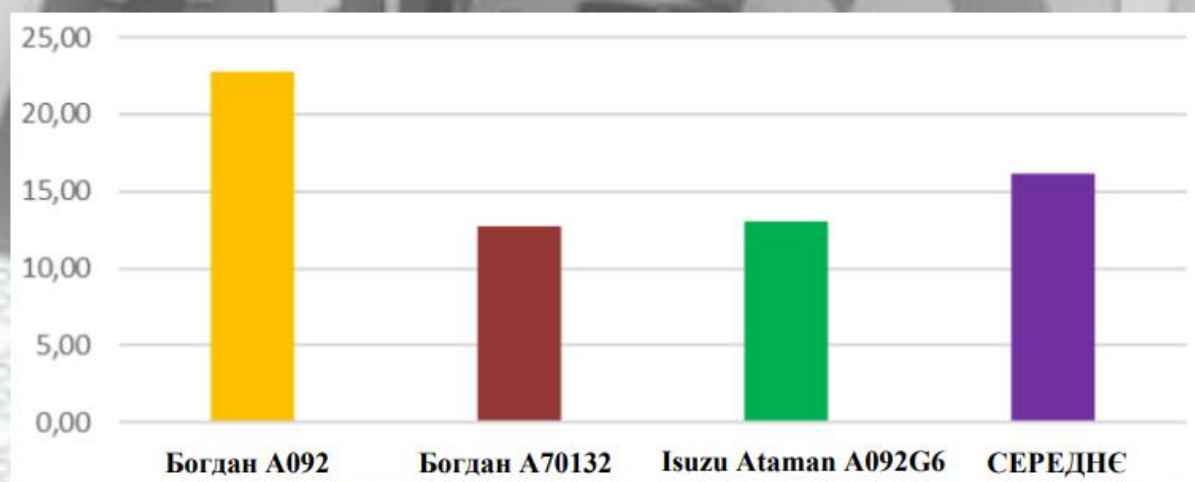


Рисунок 4.6 – Частка всіх відмов (які могли б спричинити тривалий простій), що усувалися без тривалих простоїв або перестановки деталей з «донорського» автобуса, %

4.3 Порівняльна ефективність використання різних стратегій забезпечення запасними частинами

Відповідно до отриманих розрахункових характеристик була проведена оцінка коефіцієнтів, необхідних для розрахунку величин, позначених в розділі 2, так само, як і складових цільової функції для всіх розглянутих стратегій. Коефіцієнти представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку базових коефіцієнтів моделі

Параметр	Богдан A092	Богдан A70132	ISUZU Ataman A092G6
r_1	0,51	0,55	0,53
θ	0,11	0,14	0,11
N_a при стратегії 1б	0,34	0,44	0,38
N_a при стратегії 1а	0,488	0,713	0,551
T_f , стратегії 1а	0,15	0,146	0,16
T_s , стратегії 1б	0,17	0,17	0,18
k_{dn}	0,4346	0,62	0,45

Результати розрахунків складових цільової функції представлені в узагальненій таблиці 4.3. Тут усі величини наведені в відносних (відносно базових величин – повних експлуатаційних витрат, за вирахуванням заробітної плати водіїв, на рік на один автобус, вартості автобуса, повної вартості комплекту «критичних» запасних деталей) значеннях.

В рамках факторів і складових витрат, врахованих у даній роботі, значення складових C_{u1} , C_{u2} , $C_{експ}$, C_a , що входять до цільової функції, приймаються незначними внаслідок майже повної ліквідації умов їх виникнення. Навпаки, значущою стає величина C_{sp} , відповідно до проведених розрахунків рівна 0,56% для стратегії 2 і 0,4% для стратегії 3 (з урахуванням зберігання не тільки незмінного рівня запасу деталей і агрегатів). Величина $C_{з/ч}$ в умовах стратегії 2 залишається такою ж, що і при стратегіях 1а, 1б, внаслідок того, що технологія екстреного замовлення і доставки запасних частин, вузлів, агрегатів для цієї стратегії залишається такою ж, що і при стратегіях 1а, 1б.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку базових коефіцієнтів моделі за стратегіями 1а, 1б

Стратегія	Параметр	Богдан А092	Богдан А70132	ISUZU Ataman А092G6	Середній показник
1а	C_{sp}	0	0	0	
	C_{u1}	0,29%	0,42%	0,33%	$0,1 \cdot 0,06 \cdot N_a$
	C_{u2-0}	0	0	0	
	$C_{експ}$	0,29%	0,42%	0,33%	
	C_a	7,3%	10,4%	8,8%	
	$C_{зан/час}$	14,6%	21,4%	16,5%	
1б	C_{sp}	0	0	0	
	C_{u1}	0,2%	0,26%	0,23%	N_a
	C_{u2-0}	0,8%	1,04%	0,8%	$0,03 \cdot k_{dn} \cdot N_a \cdot t_{д2}$
	$C_{експ}$	1%	1,3%	1,03%	
	C_a	5,8%	7,5%	6,8%	
	$C_{зан/час}$	10,2%	13,2%	11,4%	

В середньому за проведеними розрахунками і враховуючи співвідношення річних експлуатаційних витрат на один автобус, вартість автотранспортних засобів, запасних частин та їх доставки, отримані загальні значення із розрахунку вартості автобуса для всіх чотирьох розглянутих стратегій (Таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Питомі значення витрат на вартість автобуса для всіх чотирьох розглянутих стратегій

Стратегія			
1а	1б	2	3
15,4%	11,2%	4,26%	0,5%

Висновки до розділу 4

1. На основі проведеного аналізу зібраних даних та розрахунку результуючих витрат встановлено, що застосовувані зараз стратегії підтримки ресурсного забезпечення запасними частинами на даному комунальному підприємстві «Вінницька транспортна компанія» економічно не вигідні.

2. При переході на стратегію 2 маємо позитивний досвід, якщо виходити із щорічних питомих витрат на один працюючий автобус при забезпеченні виконання необхідної транспортної роботи, буде помітний, однак при урахуванні необхідних витрат на створення додаткової складської структури на кожному підприємстві, що експлуатує пасажирський рухомий склад, строки окупності необхідних капіталовкладень виявляються досить великими.

3. Встановлено, що найбільш перспективна стратегія 3, яка вимагає досить великих капіталовкладень, однак при суттєвій економії в формуючих витратах по всьому муніципальному парку КП «ВТК» строки окупності очікуються цілком прийнятними із урахуванням того, що відстані доставки деталей з такої організованої централізованої бази зберігання запасних частин і агрегатів до автотранспортних підприємств міста Вінниці, також як і до більшої частини території Вінницької області, у багато разів менші ніж доставки деталей від виробника, що практикуються в даний час.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що 67% всіх перевезень в Україні здійснюється автомобільним транспортом, однак витрати на їх виконання дуже значні і дотуються державою. Суттєву частку витрат на автобуси, що виконують пасажирські перевезення, складають витрати на підтримання транспортних засобів у робочому стані, в тому числі витрати на запасні частини – 27% від експлуатаційних витрат, що вимагає відповідного управління резервами запасних частин.

2. В результаті проведених експериментальних досліджень виявлені основні вузли і агрегати, що лімітують надійність і призводять до «довгих ремонтів» (до 8 міс.); автобуси Богдан А70123 довго простояють на ремонті через ходову частину (22%), гальмівну систему (17%), трансмісію (17%) і електрообладнання (17%); у автобусів Богдан А092 частіше за все простої виникають при відмовах ходової частини (35%) і двигуна (30%), в автобусах ISUZU Ataman А092G6 заміни або ремонту частіше вимагають двигуни (27%), ходова частина (25%), трансмісія (17%) і кузов (14%).

3. Отримані ймовірні характеристики замін запасних частин, що дозволяють прогнозувати кількість запасних частин в АТП, що потрібно зберігати. Введено і обґрунтовано поняття коефіцієнта «надлишкового резервування», що визначає (задає) долю додатково придбаних автобусів при неефективному управлінні резервами запасних частин.

4. Запропонована вдосконалена математична модель управління резервами запасних частин для автобусів, що виконують пасажирські перевезення, що включає час формування заявки, час доставки запасних частин, періодичність і обсяг доставки, час очікування ремонту, надлишкову долю автобусів, що дозволяє визначати необхідну і достатню кількість запасних частин для забезпечення належно рівня перевезень.

5. Розроблена методика управління резервами запасних частин для забезпечення працездатного стану рухомого складу автомобільного транспорту,

що дозволяє знизити експлуатаційні витрати при виконанні пасажирських перевезень автобусами.

6. Запропоновані і науково-обґрунтовані основні стратегії управління запасними частинами автотранспортної галузі, що дозволяють скоротити експлуатаційні витрати, зумовлені неефективним управлінням резервами запасних частин на рівні АТП, на 7% і галузі в цілому – на 10,7%



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрусенко С.І., Бугайчук О.С. Моделювання бізнес-процесів підприємства автосервісу: монографія. – К.: Кафедра, 2014. – 328 с.
2. Антонюк О. П. Покращення процесу забезпечення запасними частинами рухомого складу автотранспортного підприємства [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / Олег Павлович Антонюк ; Державний університет «Житомирська політехніка». – Житомир, 2021. – 245 с.
3. Бідняк, М. Н., Біліченко, В. В. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика: монографія. Вінниця, 2006. — 176 с.
4. Біліченко В.В. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту: навч. посібник / В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 182 с.
5. Біліченко В. В. Стратегії технічного розвитку автотранспортних підприємств [Електронний ресурс] : монографія / В. В. Біліченко, Є. В. Смирнов. – Електронні текстові дані (1 файл (PDF) : 7,57 Мбайт). – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 144 с. – Режим доступу: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/534>. (6,5/3,3 авт. арк.).
6. Бойко В. О., Зинка Р.В., Митко М. В. Оптимізація цільової функції управління резервами запасних частин для підприємств автомобільного транспорту. Матеріали Міжнародна науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)». Вінниця, ВНТУ. 2024 URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/19540>.
7. Вовк Ю.Я., Вовк І.П. Основи теорії транспортних процесів і систем. Навчальний посібник (курс лекцій). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 104 с.
8. Волков В. П., Мармут І. А., Волкова Т. В., Кушель В. П., Віштак І. В. Особливості створення освітньої програми для другого рівня здобувачів

спеціальності «Автомобільний транспорт». Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2024. № 4. С. 163-169.

9. Вітлінський В.В. Економіко-математичні методи та моделі: оптимізація : навч. посібник [Електронний ресурс] / Вітлінський В. В., Терещенко Т. О., Савіна С. С. — К. : КНЕУ, 2016. — 303 с.

10. Дмитрієв І.А. Економіка підприємств автомобільного транспорту: навчальний посібник для самостійної роботи та поточного контролю знань студентів закладів вищої освіти / І.А. Дмитрієв, О.С. Іванілов, І.Ю. Шевченко., І.М. Кирчата – Х.: ФОП Бровін О.В., 2018. – 308 с.

11. Забезпечення та підвищення надійності й ефективності процесу автомобільних вантажних перевезень побудовою дерева відмов структурних елементів транспортної системи / Голуб Д. В. та ін. Вісник машинобудування та транспорту. 2023. № 2(18). С. 46–55. URL: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-46-55>.

12. ДСТУ 4100:2014. Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. Чинний від 2014-12-29. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. - 106 с.

13. Кашканов, А. А. Безпека дорожнього руху : навчальний посібник / А. А. Кашканов, О. Г. Грисюк, І. І. Гуменюк. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 90 с.

14. Кашканов, А.А. Методи обґрунтування запасів запасних частин у системі управління транспортним процесом. [Текст] / А.А. Кашканов, М.Л. Москалюк // Вісник машинобудування та транспорту. - 2024. - №1(19). С. 68-74. – DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-68-74>.

15. Канарчук В. Є. , Полянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин: підручник / — Київ: Либідь, 2003. — 424 с.

16. Кравченко О. П., Верітельник Є. А. Щодо визначення критерію необхідності зберігання запасних частин на складі автотранспортного підприємства. Вісник Донецької академії автомобільного транспорту, 2014. № 2–3. С. 19–26.

17. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.
18. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.
19. Митко М. В. Підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Митко Микола Васильович. – К., 2019. – 20 с.
20. Митко М. В. Підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Митко Микола Васильович. – К., 2019. – 251 с.
21. Про дорожній рух : Закон України від 30 червня 1993 р. № 3353-ХІІ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3353-12/ed20040316#Text> (дата звернення: 12.10.2024).
22. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с.
23. Савін Ю.Х. Методика визначення доцільності створення виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту транспортних засобів / Ю.Х. Савін, М.В. Митко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – № 2 (6). – С. 130-138.
24. Субочев О. І., Завалій Т. А., Погорелов М. Г. Удосконалення забезпечення запасними частинами сервісних підприємств. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2019. Вип. 1(32).С. 58–67.
25. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посібник / За ред. С.І. Андрусенка. – К.: Каравела, 2009. – 368 с.
26. Форнальчик Є.Ю., Качмар Р.Я., Основи технічного сервісу транспортних засобів. Львів: Львівська політехніка, 2017. – 324 с.
27. Bacchetti A., Saccani N. Spare parts classification and demand forecasting for stock control: Investigating the gap between research and practice. Omega. Volume

40, Issue 6, December 2012, Pages 722–737. URL: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.06.008>.

28. John E. Boylan, Aris A. Syntetos. Spare parts management: a review of forecasting research and extensions, IMA. Journal of Management Mathematics, Volume 21, Issue 3, July 2010, Pages 227–237. URL: <https://doi.org/10.1093/imaman/dpp016>.

29. Mika S., Pei E. Additive manufacturing processes and materials for spare parts. J Mech Sci Technol 37, 5979–5990 (2023). URL: <https://doi.org/10.1007/s12206-023-1034-0>.

30. Kaya B., Karabağ O., Fadiloğlu M. M. Maintenance Decision and Spare Part Selection for Multi-component System. In: Durakbasa, N.M., Gençylmaz, M.G. (eds) Industrial Engineering in the Industry 4.0 Era. ISPR 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-53991-6_34.

31. Integrated Planning of Multiple Spare Parts Inventory, Warranty, and Service Engineers for a Service-Oriented Manufacturer / Wang Q. et al. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. 2024. P. 1–14. URL: <https://doi.org/10.1109/TASE.2024.3354422>.

32. Improving the Efficiency of Vehicle Operation by Defining the Organizational and Methodological Parameters of the Spare Parts Incoming Inspection System / Bondarenko E. et. al. In: Guda, A. (eds) Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. NN 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 509. Springer, Cham. Industrial Engineering in the Industry. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-11058-0_110.

33. Strelnikov V. P., Strelnikov P. V. Defining the nomenclature of the spare parts sets and calculating the number of single sets of spare parts. Mathematical machines and systems. 2022. N 2. C. 83–90. URL: <https://doi.org/10.34121/1028-9763-2022-2-83-90>.

34. suspilne.media/vinnytsia/ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://suspilne.media/vinnytsia/859197-325-avarij-z->

pocatku-roku-aki-najposirenisi-pricini-dtp-na-vinniccini/ (дата звернення 02.10.2024).

35. opendatabot.ua/analytics [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://opendatabot.ua/analytics/import-cars-2024-7> (дат. звернен. 10.10.2024).

36. pro-consulting.ua/ua/pressroom [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/rynok-smazochnyh-materialov-v-ukraine-issledovanie-pro-consulting> (дата звернення 10.10.2024).

37. <https://zn.ua/ukr/energetics/tochka.html> [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://zn.ua/ukr/energetics/tochka-opori-jak-pratsjuje-rinok-palnoho-u-2024-rotsi.html> (дата звернення 12.10.2024).

Додаток А

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

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

до магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт»

**ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ РЕЗЕРВАМИ
ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ
КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА
КОМПАНІЯ» МІСТО ВІННИЦЯ**

Розробив студент гр. ІАТ-23м

Керівник роботи: к.т.н., доцент



Зинка Р.В.

Митко М.В.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

Мета дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є на основі теоретичних та експериментальних досліджень, розробити методику управління резервами запасних частин для рухомого складу автомобільного транспорту, яке спрямоване на зниження експлуатаційних витрат під час виконання пасажирських перевезень.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз перевезень, що виконуються різними видами транспорту, якісний та кількісний аналіз автотранспортних засобів та визначити основні витрати при експлуатації автобусів у місті Вінниця та його регіоні;
2. Визначити основні системи, вузли та агрегати, пасажирських автотранспортних засобів, що лімітують надійність їх експлуатації в умовах міста Вінниця та регіоні;
3. Провести системний статистичний аналіз замін деталей, вузлів та агрегатів автобусів, із метою отримання ймовірнісних характеристик виконаних замін запасних частин, що дозволяють прогнозувати кількість запасних частин, що зберігаються в АТП;
4. Вдосконалити математичну модель, управління резервами запасних частин, що дозволяє визначити необхідну та достатню кількість запасних частин, що забезпечують виконання робіт з технічного обслуговування (ТО) та ремонту транспортних засобів для забезпечення необхідного рівня пасажирських перевезень;
5. Запропонувати методику управління резервами запасних частин для пасажирських автобусів, із урахуванням випадково змінної потреби в деталях і вузлах, з метою підвищення ефективності використання парку рухомого складу АТП;
6. Науково обґрунтувати стратегії управління резервами запасних частин на рівні АТП, автотранспортної галузі, регіону та оцінити їх ефективність.

Об'єкт дослідження – є процес підтримки працездатності транспортних засобів, які виконують пасажирські перевезення комунальним підприємством «Вінницька транспортна компанія» в місті Вінниці та Вінницькій міській об'єднаній територіальній громаді.

Предмет дослідження – це закономірності формування потреб у запасних частинах за випадкових ситуацій виходу із ладу вузлів та агрегатів пасажирських автобусів.



Автобуси великого класу марки Богдан А70132 та автобуси великого класу марки ЛАЗ – А183



Автобуси середнього класу марки Богдан «Ataman» А093.12



Автобуси середнього класу марки Богдан А092



Автобуси великого класу марки «Otocar Kent C CNG»

Рисунок А.1 – Рухомий склад автобусів великого та середнього класу автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»

Автомобільний транспорт у місті Вінниця представлений автобусами, вантажними та легковими автомобілями, фургонями, джипами, мікроавтобусами та мотоциклами.

Для експлуатації таких транспортних засобів Україна імпортує паливно-мастильні матеріали та запасні частини до них. Динаміка зміни числа колісних транспортних засобів та експлуатаційних матеріалів представлена на рис. А.2. – А.4.

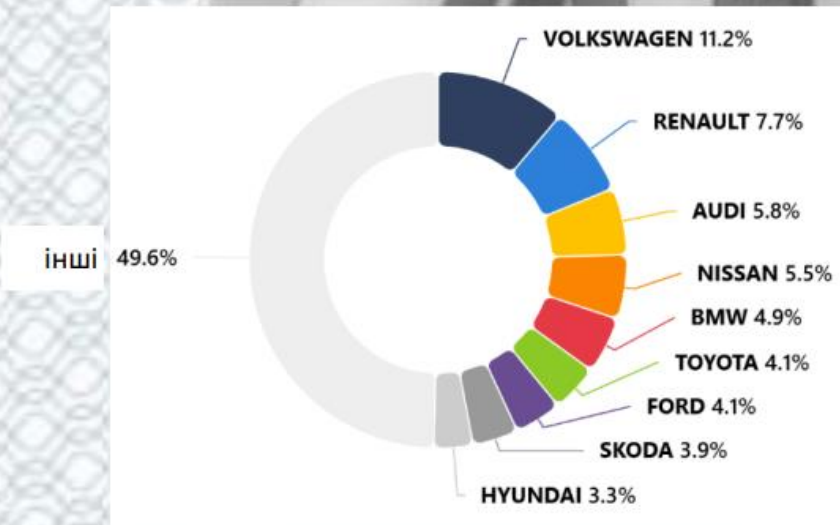


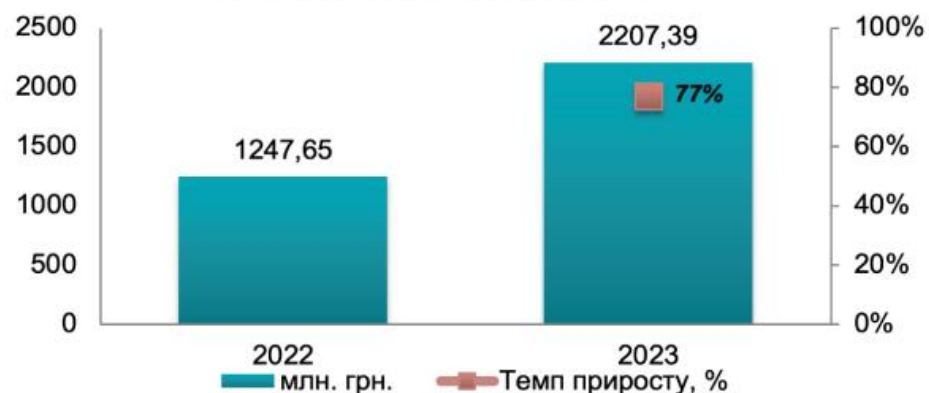
Рисунок А.2 – Імпорт топ самих популярних марок автомобілів за січень – липень 2024 рік

Таблиця А.1 – Статистика ТОП самих популярних марок Т.З.

Марка Т.З	Кількість	%
VOLKSWAGEN25	25 498	11,2%
RENAULT17	17 479	7,7%
AUDI	13 173	5,8%
NISSAN	12 572	5,5%
BMW	11 109	4,9%
TOYOTA	9 364	4,1%
FORD	9 253	4,1%
SKODA	8 923	3,9%
HYUNDAI	7 635	3,3%
Інші Т.З.	113 313	49,6%
Всього	273 219	100

Бензинові авто залишаються найбільш затребуваними – це майже кожен другий ввезений цього року автомобіль. Дизельними були 27,5% авто, що ввозяться цього року. Незважаючи на те, що імпорт електрокарів виріс у 1,8 разів на рік, загалом на них припадає лише 13,1% нововвезених авто.

Динаміка державних закупівель мастильних матеріалів в Україні 2022-2023 рр., у грошовому вираженні, млн. грн.



Джерело: дані Prozorro, оцінка Pro-Consulting

Рисунок А.3 – Аналіз ринку мастильних матеріалів в Україні

У 2021-2024 рр., тис. т



Рисунок А.4 – Динаміка імпорту нафтопродуктів в Україну у 2021 – 2024 рр. тис. тон.

КП «Вінницька транспортна компанія» є основним перевізником пасажирів у місті Вінниця, а також у Вінницькій міській об'єднаній територіальній громаді, яку зображено на рисунку А.5.

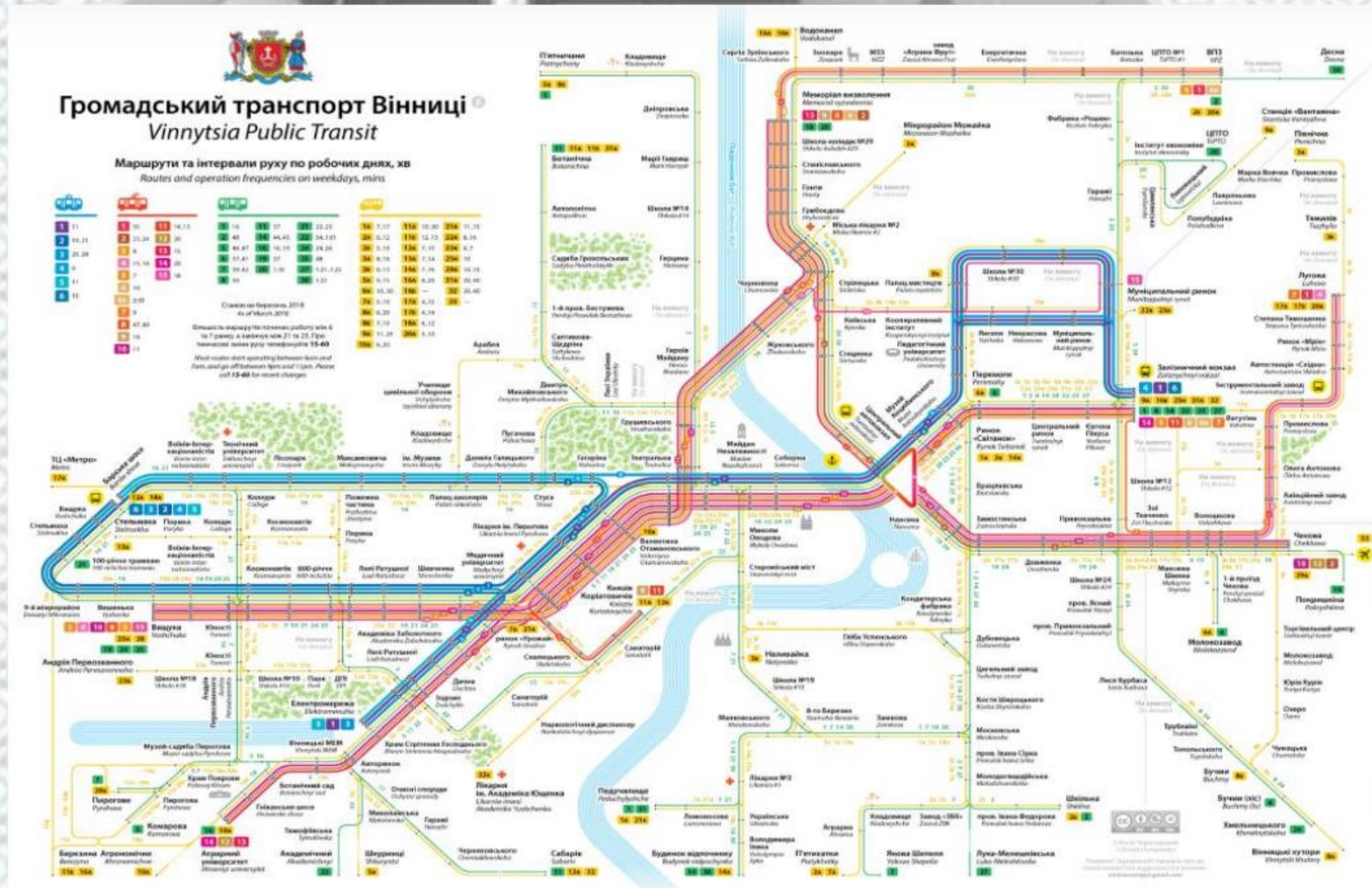


Рисунок А.5 – Об'єднана маршрутна схема громадського транспорту міста Вінниці та територіальної громади

Основу його автобусного парку складають автобуси, які були випущені у 2013 по 2021 роки. Це автобуси марок: Богдан А092 (роки випуску 2010-2012), Богдан А70132 (роки випуску 2013-2014), ISUZU Ataman А092G6 (роки випуску 2016-2018). Так як дані автобуси є більш застарілими в КП «ВТК», і потребують більше ресурсу для ремонту Т.З, а також і використання запасних частин. Більшу основу автопарку складають дані транспортні засоби, тому і розглянемо їх для «Вдосконалення методики управління резервами запасних частин для пасажирських транспортних засобів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» місто Вінниця».

По проблемам дослідження організації та управління запасами запасних частин і функціонування складського господарства було виконано досить велику кількість наукових досліджень, такими авторами як: Д. В. Голуб, В. В. Аулін, А. С. Замуренко, Р. П. Кічура, О. Ю. Ювзенко., В. В. Біліченко; О. П. Антонюк; О. П. Кравченко, Є. А. Верітельник; О. Бондаренко, Д. Дрючин, А. Гончаров, С. Булатов, Є. Феклін; В. П. Стрельников; О. І. Субочев, М. Г. Погорелов; та багато інших.

Існуючі методики визначення необхідного об'єму резерву запасних частин для підприємств можна розділити на слідуючі групи:

– по визначеним нормам, що створюють середню кількість вибраних запасних частин на затверджену кількість автотранспортних засобів на рік, для певних видів станцій технічного обслуговування використовують дані методики визначення потреб у запасних частинах;

– по фактичному використанні із відповідною систематизацією. Ця методика дозволяє отримати більш точний результат про реальні потреби в автомобільних запасних частинах, де збір даних займає багато часу.

Аналіз різних видів перевезень показує, що автомобільні перевезення залишаються одними із найдорожчих через високі експлуатаційні витрати. Особливо високою залишається вартість запасних частин, що у зв'язку із цим для відповідної можливості оцінки зниження експлуатаційних витрат доцільно уявити ці витрати у наступному вигляді:

$$C_{\text{зат. min}} = C_{\text{пал}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ТОіР}} + C_{\text{зап/част.}} + C_{\text{аморт.}} + C_{\text{шин}} \quad (\text{A.1})$$

де: $C_{\text{пал}}$ – витрати на паливо, грн;

$C_{\text{ЗП}}$ – витрати на заробітну плату, грн;

$C_{\text{ТОіР}}$ – витрати на ТО і ремонт, грн;

$C_{\text{зап/част.}}$ – витрати на запасні частини та матеріали, грн;

$C_{\text{аморт}}$ – витрати на амортизацію основних фондів, грн;

$C_{\text{шин}}$ – витрати на шини, грн.

Після аналізу методів визначення потреби в запасних частинах, описаних раніше, розроблено підхід для автотранспортних підприємств Вінниці, що обслуговують пасажирські автобуси. Дані КП «ВТК» свідчать, що основні причини несправностей автобусів пов'язані з шасі (27,7%), трансмісією (22,2%), головним блоком циліндрів (16,6%), коробкою передач (11,3%). і ДТП (22,2%). Більшість відмов відбувається через зношеність деталей. Враховуючи значний вік транспорту, знижуючи норму списання автобусів і нерегулярність обслуговування, потреба в запасних частинах значно зростає.

Організація складського зберігання в усій номенклатурі запасних частин для окремого підприємства з достатнім резервуванням є складською та нерациональною. Протест на обласному рівні створення регіонального складу для певних категорій автобусів може забезпечити потреби як міста Вінниця, так і інших міст регіону Вінницької області.

Це дозволить зменшити витрати на підтримку рухомого рахунку за зменшення витрат на позачергове замовлення, а також знизити потребу в запасних частинах, які купуються "про запас". Такий підхід спрямований на мінімізацію простоїв автобусів через пошкодження критичних деталей і забезпечення безперебійної роботи автотранспортних підприємств.



Рисунок А.6 – Розподіл часток ремонту автобусів (більше одного місяця) за системами автобуса Богдан А092

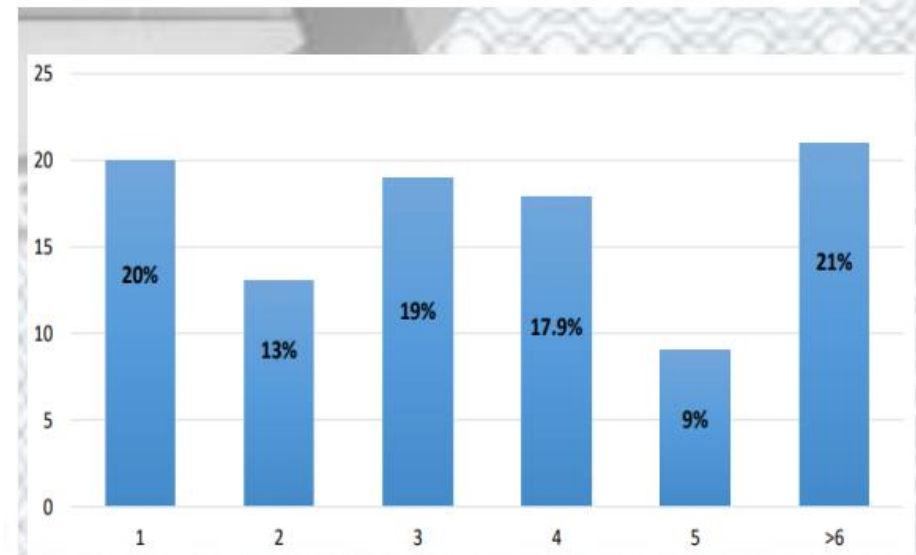


Рисунок А.7 – Розподіл випадків за часом очікування на ремонт у місяцях для автобуса Богдан А092

Розглянуто загалом фінансові складові, які входять до цільової функції, яку необхідну для оцінки різних рішень, які можуть бути запропоновано для оптимізації ресурсної підтримки сфери технічної експлуатації транспортних засобів.

У цільову функцію потрібно включити ті складові, які реагують на ті чи інші керуючі дії:

- на структуру автопарку;
- технічний стан транспортних засобів;
- зміни, які відбуваються в управлінні для забезпечення запасними частинами готівкового парку підприємства.

При цьому буде раціонально вважати лише зміни відповідних врахованих витрат, витрат стосовно пропонуваного вище централізованого рішення.

У цьому випадку цільова функція може бути зображена в наступному вигляді:

$$C_{\Sigma} = C_{\text{експ.}} + C_{\text{зап/част.}} + C_{\text{Т.З.}} \quad (\text{A.2})$$

де $C_{\text{експ.}}$ – надлишкові експлуатаційні витрати, які можуть бути представлені як:

$$C_{\text{експ.}} = C_{\text{пал.}} + C_{\text{шин}} + C_{\text{р}} + C_{\text{Відм..Л}} \quad (\text{A.3})$$

де $C_{\text{пал.}}$ – надлишкові витрати на паливо, що витрачається для виконання основної завдання, покладеного на АТП – перевезення пасажирів або вантажів (в аналізованому випадку) у необхідному обсязі, що визначається керівництвом (міста, регіону і. т. д.);

$C_{\text{шин}}$ – надлишкові витрати на шини, що витрачаються на тому ж пробігові;

$C_{\text{зап/част.}}$ – надлишкові витрати на запасні частини – придбання, доставка зберігання тощо;

$C_{\text{Т.З.}}$ – додаткові витрати на придбання транспортних засобів у кількості, яка доповнює їх для необхідного виконання даної роботи в рамках запропонованого рішення щодо управління резервами запасних частин;

$C_{\text{р}}$ – надлишкові витрати на проведення і організацію ремонту транспортних засобів;

$C_{\text{Відм..Л}}$ – надлишкові витрати, які пов'язані із ліквідацією транспортних засобів на лінії.

Для оцінки ефективності забезпечення автотранспортної галузі запасними частинами розглядаються три основні варіанти або їх стратегії:

1) Кожне підприємство веде своє складське господарство самостійно:

а) підприємство веде складське господарство, але при цьому кожен транспортний засіб, який вимагає заміни дефіцитного вузла, агрегату, відсутнього на складі в момент відмови, чекає на доставку нового вузла, замовленого та доставленого саме для нього;

б) підприємство веде складське господарство (базовий варіант) – за відсутності необхідного вузла на складі та можливості зняття його із іншого транспортного засобу, який довго чекає на доставку іншого агрегату, вузол/агрегат переставляють, тим самим перекладаючи на очікуючий транспортний засіб і свій термін очікування запасної частини.

2) Кожне підприємство веде своє складське господарство самостійно, забезпечуючи незнижуваний рівень запасних частин на своєму складі так, щоб простой в очікуванні проведення ремонту за відсутності запасних частин не перевищували допустимих меж, що задаються виходячи із середнього ремонту.

3) Організується централізована база акумулювання та зберігання для транспортних засобів запасних частин, що створена із метою оперативного постачання на окремі автотранспортні підприємства протягом допустимих меж часу.

Також розглянуто витрати за стратегією 2 для підтримання працездатності автобусів. Додаткові витрати, пов'язані зі зберіганням усього необхідного обсягу запасних частин на складі автотранспортного підприємства, включають:

$$C_{sp} = \frac{(\sum_{i=1}^{N_p} S_i * Z_i * (k_{s_i} + ((1 + k_d)^{Y_m} - 1) \cdot Y_m^{-1}))}{A_c}, \quad (A.4)$$

де N_p – кількість типів вузлів і агрегатів, що обмежують працездатність і призводять до тривалих простоїв у ремонті через зазначені вище причини;

S_i – незнижуваний рівень запасів i -го типу запасної частини, вузла чи агрегату, тобто кількість відповідних деталей, що зберігаються на складі, не повинна бути меншою за цю величину;

Z_i – вартість однієї одиниці запасної частини i -го типу;

k_{s_i} – коефіцієнт пропорційності – співвідношення між вартістю річного зберігання однієї одиниці запасної частини i -го типу і вартістю самої деталі (зазвичай це середнє значення для всієї номенклатури складу);

k_d – коефіцієнт накопичення втрат (дисконтування), що використовується у формулі (A.4). Він враховує оцінку того, що під час експлуатації автобусів термін використання може бути раціональним, і залишкова вартість, а також ринкова вартість деталей, значно не зміниться; Y_m – середній термін служби моделі автобуса; A_c – загальна кількість автобусів на підприємстві.

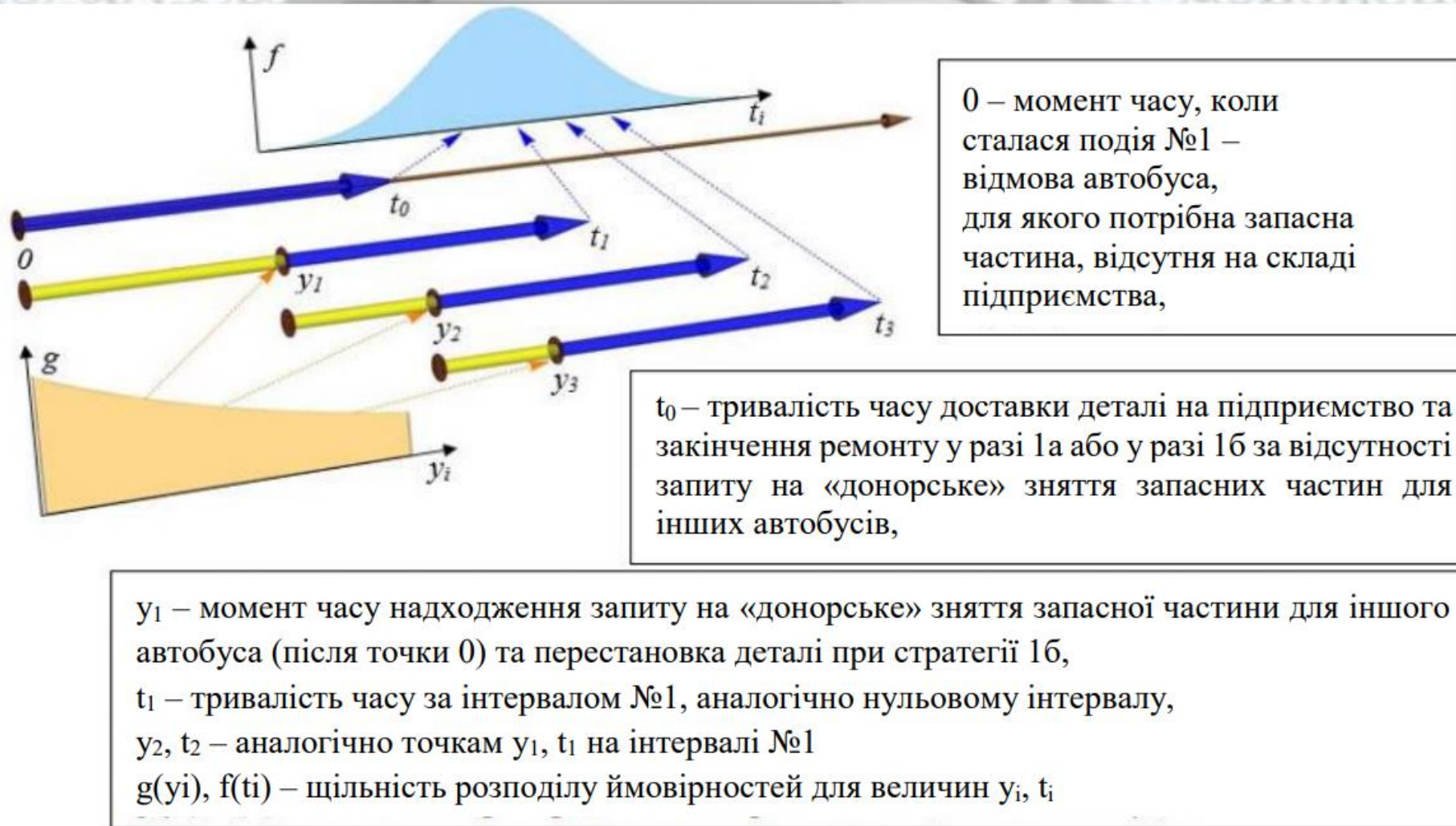


Рисунок А.8 – Формування повного часу простою в очікуванні закінчення ремонту автобуса, що потрапив у категорію «донора» запасної частини

При реалізації стратегії 1а на кожен автобус з відмовою приходить одна деталь очікування і T_f час простою / очікування, при цьому сума часу простою на один автобус в рік дорівнює:

$$T_{num1_a} = T_f \cdot N_a, \quad (A.5)$$

де N_a – питома кількість відмов даного типу, що приходить на один автобус на рік.

Кількість працюючих автобусів на лінії з деталями, агрегатами, знятими з автобусів, що перебувають у простої, очікуючи на ремонт, в даній стратегії буде дорівнювати 0.

Для стратегії 1б сумарний час очікування:

$$T_{num1_b} = \frac{N_a \cdot 1 \cdot T_f}{(1 + M_s) \cdot (1 - \theta)} = \frac{N_a \cdot (1 - r_1) \cdot T_f}{(1 + M_{t_0} - r_1) \cdot (1 - \theta)} = \frac{N_a \cdot (1 - r_1) \cdot T_f}{(1 + \lambda \cdot T_f - r_1) \cdot (1 - \theta)} \quad (A.6)$$

Питома доля роботи на лінії в неекономній комплектації деталями з автобуса, що перебуває у простої:

$$K_{num1_b} = T_{num1_b} \cdot \frac{k_{новт} \cdot \bar{t}_{від}}{T_c} \cdot \frac{\lambda \cdot (1 - \theta)}{(1 - r_1)}, \quad (A.7)$$

де: $\bar{t}_{від}$ – середній час напрацювання на відмову певного типу окремо по тих системах, які були замінені на автобусі;

T_c – середній термін служби автобуса;

$k_{новт}$ – коефіцієнт, що задає середню кількість подібних ситуацій, протягом терміну служби автобуса, за умови, що перший випадок розглядається на даний час.

Таким чином, при порівнянні двох стратегій 1а і 1б ми бачимо, що при зменшенні витрат в одному секторі (менший загальний час простою) у стратегії 1б відбувається збільшення витрат в інших секторах (експлуатаційні втрати на лінії).

Розрахунок усіх витрат, які враховуються в цільових функціях, проводиться після збору статистичних даних про напрацювання на відмову по системах автобусів з урахуванням різних експлуатованих моделей рухомого складу, про тривалі прості автобусів в очікуванні необхідних запасних частин, вузлів і агрегатів, про ймовірність включення малих періодів простою автобусів при наявності критичних відмов у більшому періоді простою, про ймовірність використання автобуса, що на простої як донора для інших автобусів.

Для експериментальних досліджень були визначені критерії або правила вибірки автобусів: однаковий вік, пробіг, технічний стан, час простою в ремонтній зоні, місце складання, наприклад, в Україна та (запчастини) Європа.

З наявних автобусів було відібрано 50 од. рухомого складу, що працюють на постійних маршрутах міста Вінниці та територіальної громади. За цими критеріями було сформовано 3 групи автобусів по 8 од., 8 од. та 34 од. автобусів більшого класу.

Таблиця А.2 – Технічні характеристики автобусів

Показники	Богдан А092	Богдан А70132	ISUZU «Ataman» А092G6
Потужність двигуна, к.с.	175	264	130
Паливний бак, л	90	200	360 м ³ (метан)
Маса автобуса, кг	8300	18500	8870
Трансмсія	5 ступінчаста	6 ступінчаста	6 ступінчаста
Шини, безкамерна	215/75 R17,5	275/70R22,5	215/75 R17,5
Кількість місць для пасажирів	43	106	42
Стартер, В/кВт	24/4,5	24/6,0	24/3,0
Генератор, В/А	24/40	24/40-60	24/40
Середнє число відказів на один автобус, од.	29,5	28,5	31,8
Середній пробіг з початку експлуатації, км	3 091	4 164	4 203
Середній пробіг, км	330 318	264 386	208 768
Середній пробіг до першої відмови, км	23 024	25 0527	35 931

Методика дослідження передбачала вивчення умов експлуатації та маршрутів, на яких працювали виділені групи автобусів. Умови, в яких працюють автобуси, мали бути співставні.

Статистичні дослідження надійності автобусів, що експлуатуються комунальним підприємством «Вінницька транспортна компанія»

При проведенні ремонту частини автобусів перебуває у простої через відсутність необхідної запасної частини. Тривалі простої збільшують експлуатаційні витрати. Згідно зі статистичними даними, отриманими на підприємстві КП «Вінницька транспортна компанія», найбільш довготривало простоювали автобуси ISUZU Ataman A092G6 (36 днів) і Богдан A092 (23 дні), а також Богдан A70132 – це 18 днів (Рисунок 3.1).

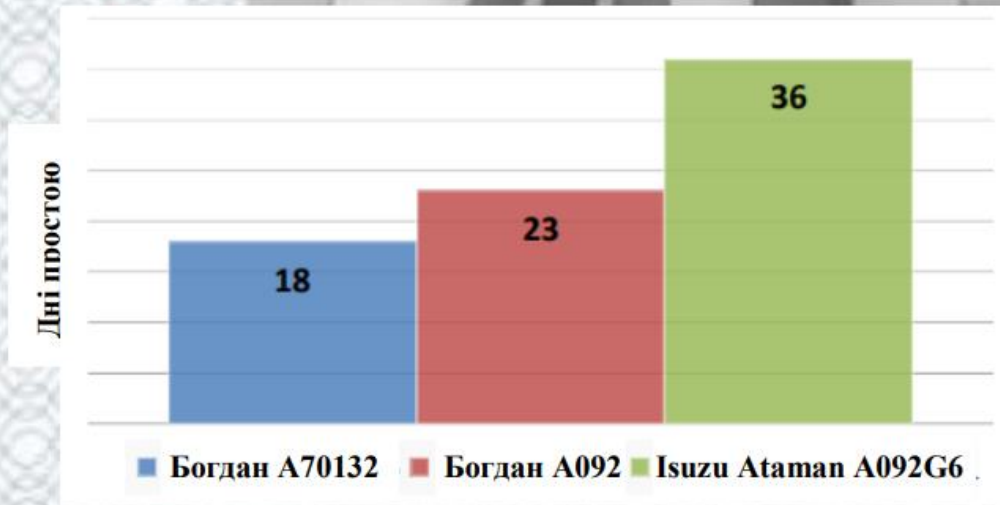


Рисунок А.9 – Розподіл частки тривалих ремонтів (понад один місяць) за моделями автобусів

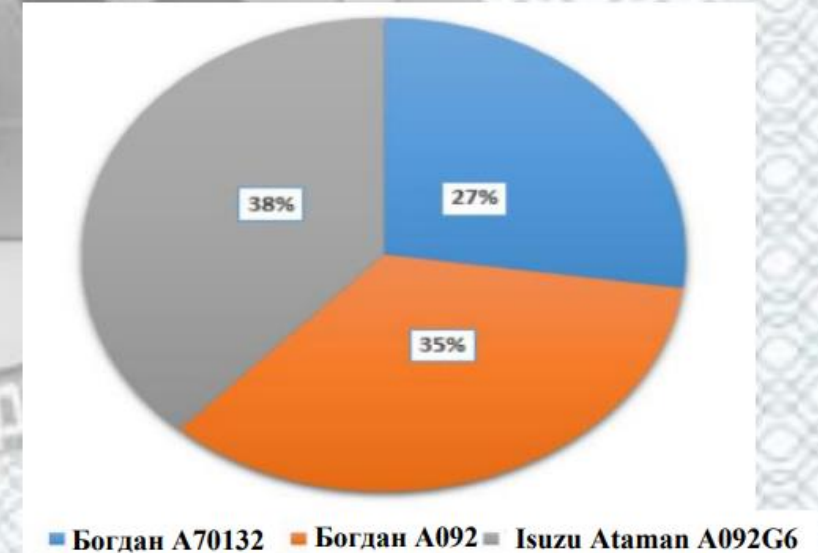


Рисунок А.10 – Розподіл тривалих ремонтів за моделями автобусів відносно загальної кількості автобусів

Аналізуючи загальну кількість тривалих ремонтів, можна зробити висновок, що найбільша частка несправностей, які призвели до тривалого ремонту, спостерігається у автобусів ISUZU Ataman A092G6. Практично така ж частка несправностей припадає на автобуси Богдан A092 (Рисунок А.10).

В ході аналізу зібраних статистичних даних для визначення значень параметрів і значень, згаданих у розділі 2, необхідно було провести обчислення кількості випадків тривалих ремонтів на один автобус на рік N_a , середньої тривалості одного вимушеного простою в очікуванні запасних частин t_n та ін.

Величина N_a визначалася із доступної на підприємстві інформації по групі спостережуваних автобусів:

$$N_a = N_{\Sigma} / (A_i \cdot Y_n), \quad (\text{A.8})$$

де Y_n – термін спостереження за групою автобусів;

A_i – кількість автобусів у контрольній групі;

N_{Σ} – кількість зафіксованих випадків тривалого очікування ремонту.

Відповідно до отриманих розрахункових характеристик була проведена оцінка коефіцієнтів, необхідних для розрахунку величин, позначених в розділі 2, так само, як і складових цільової функції для всіх розглянутих стратегій. Коефіцієнти представлені в таблиці А.3.

Таблиця А.3 – Результати розрахунку базових коефіцієнтів моделі

Параметр	Богдан А092	Богдан А70132	ISUZU Ataman А092G6
r_l	0,51	0,55	0,53
θ	0,11	0,14	0,11
N_a при стратегії 1б	0,34	0,44	0,38
N_a при стратегії 1а	0,488	0,713	0,551
T_f , стратегії 1а	0,15	0,146	0,16
T_s , стратегії 1б	0,17	0,17	0,18
k_{dn}	0,4346	0,62	0,45

Результати розрахунків складових цільової функції представлені в узагальненій таблиці А.4. Тут усі величини наведені в відносних (відносно базових величин – повних експлуатаційних витрат, за вирахуванням заробітної плати водіїв, на рік на один автобус, вартості автобуса, повної вартості комплекту «критичних» запасних деталей) значеннях.

Таблиця А.4 – Результати розрахунку базових коефіцієнтів моделі за стратегіями 1а, 1б

Стратегія	Параметр	<i>Богдан А092</i>	<i>Богдан А70132</i>	<i>ISUZU Ataman А092G6</i>	Середній показник
1а	C_{sp}	0	0	0	
	C_{u1}	0,29%	0,42%	0,33%	$0,1 \cdot 0,06 \cdot N_a$
	C_{u2-0}	0	0	0	
	$C_{експ}$	0,29%	0,42%	0,33%	
	C_a	7,3%	10,4%	8,8%	
	$C_{зап/час}$	14,6%	21,4%	16,5%	
1б	C_{sp}	0	0	0	
	C_{u1}	0,2%	0,26%	0,23%	N_a
	C_{u2-0}	0,8%	1,04%	0,8%	$0,03 \cdot k_{dn} \cdot N_a \cdot t_{д2}$
	$C_{експ}$	1%	1,3%	1,03%	
	C_a	5,8%	7,5%	6,8%	
	$C_{зап/час}$	10,2%	13,2%	11,4%	

В середньому за проведеними розрахунками і враховуючи співвідношення річних експлуатаційних витрат на один автобус, вартість автотранспортних засобів, запасних частин та їх доставки, отримані загальні значення із розрахунку вартості автобуса для всіх чотирьох розглянутих стратегій (Таблиця А.5).

Таблиця А.5 – Питомі значення витрат на вартість автобуса для всіх чотирьох розглянутих стратегій

Стратегія			
1а	1б	2	3
15,4%	11,2%	4,26%	0,5%

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що 67% всіх перевезень в Україні здійснюється автомобільним транспортом, однак витрати на їх виконання дуже значні і дотуються державою. Суттєву частку витрат на автобуси, що виконують пасажирські перевезення, складають витрати на підтримання транспортних засобів у робочому стані, в тому числі витрати на запасні частини – 27% від експлуатаційних витрат, що вимагає відповідного управління резервами запасних частин.
2. В результаті проведених експериментальних досліджень виявлені основні вузли і агрегати, що лімітують надійність і призводять до «довгих ремонтів» (до 8 міс.); автобуси Богдан А70123 довго простояють на ремонті через ходову частину (22%), гальмівну систему (17%), трансмісію (17%) і електрообладнання (17%); у автобусів Богдан А092 частіше за все простої виникають при відмовах ходової частини (35%) і двигуна (30%), в автобусах ISUZU Ataman А092G6 заміни або ремонту частіше вимагають двигуни (27%), ходова частина (25%), трансмісія (17%) і кузов (14%).
3. Отримані ймовірні характеристики заміни запасних частин, що дозволяють прогнозувати кількість запасних частин в АТП, що потрібно зберігати. Введено і обґрунтовано поняття коефіцієнта «надлишкового резервування», що визначає (задає) долю додатково придбаних автобусів при неефективному управлінні резервами запасних частин.
4. Запропонована вдосконалена математична модель управління резервами запасних частин для автобусів, що виконують пасажирські перевезення, що включає час формування заявки, час доставки запасних частин, періодичність і обсяг доставки, час очікування ремонту, надлишкову долю автобусів, що дозволяє визначати необхідну і достатню кількість запасних частин для забезпечення належно рівня перевезень.
5. Розроблена методика управління резервами запасних частин для забезпечення працездатного стану рухомого складу автомобільного транспорту, що дозволяє знизити експлуатаційні витрати при виконанні пасажирських перевезень автобусами.
6. Запропоновані і науково-обґрунтовані основні стратегії управління запасними частинами автотранспортної галузі, що дозволяють скоротити експлуатаційні витрати, зумовлені неефективним управлінням резервами запасних частин на рівні АТП, на 7% і галузі в цілому – на 10,7%.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Вдосконалення методики управління резервами запасних частин для пасажирських транспортних засобів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» місто Вінниця

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 98 % Схожість 2%

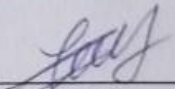
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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

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

Особа, відповідальна за перевірку

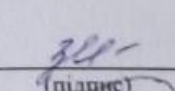

(підпис)

Цимбал О.В.

(прізвище, ініціали)

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

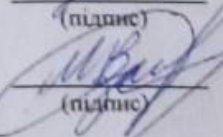
Автор роботи


(підпис)

Зинка Р.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Митко М.В.

(прізвище, ініціали)