

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

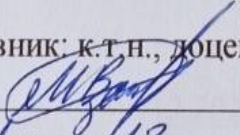
на тему:

«Методика прогнозування потреби в запасних частинах для станції
технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця
шляхом оптимізації їх кількості»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1АТ-23м
спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

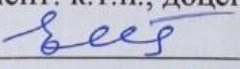
 Бойко В.О.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Митко М.В.

« 11 » 12 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. ГМ

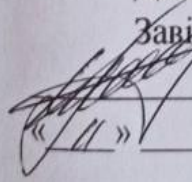
 Шиліна О.П.

« 11 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

 « 11 » 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 Нимбал С.В.

«09» 12 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бойку Владиславу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Методика прогнозування потреби в запасних частинах для станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця шляхом оптимізації їх кількості

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.

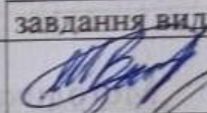
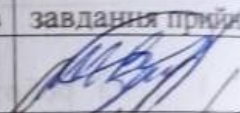
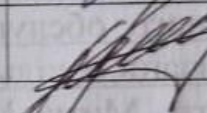
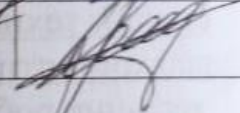
3. Вихідні дані до роботи: Провести аналіз рівня споживчої задоволеності запропонованими на ринку легковими автомобілями та їх кластеризація. Спрогнозувати динаміки продажів із урахуванням можливих змін в економічній кон'юнктурі. Отримати обробку і проведення аналізу інформації про динаміку інтенсивності експлуатації та показників експлуатаційної надійності. Сформулювати функції потоку відмов елементів для відібраних легкових автомобілів бренду BMW. Розробити методики прогнозування потреби і оптимізації кількості запасних частин для станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця.

4. Зміст текстової частини:

- 1 Аналіз діяльності станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis», місто Вінниця.
- 2 Розробка методики прогнозування та математичної моделі в запасних частинах легкових автомобілів.
- 3 Експериментальні дослідження.
- 4 Основні результати роботи методики прогнозування потреби і оптимізації кількості запасних частин.

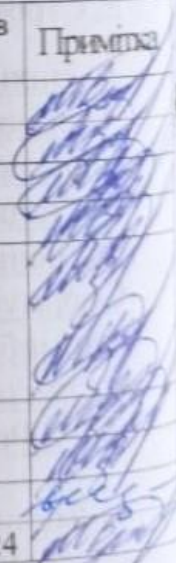
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
- 1-2 Тема, мета та завдання дослідження.
 - 3 Загальний вигляд заїзду до воріт та стоянки автомобілів на станцію технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця.
 - 4 Рейтинг надійності іноземних автомобілів складений американським приватним підприємством J.D. Power and Associates.
 - 5 На прикладі автомобіля Mazda 6, зображено затрати на обслуговування і ремонт.
 - 6-8 Слайди, які характеризують актуальність роботи, теоретичні положення, характеристику об'єкта досліджень (П'ять етапів впливів).
 - 9 Визначено математичну модель впливу кожної деталі на загальну працездатність автомобіля та розроблену методику виявлення у потребі елементів легкових автомобілів.
 - 10-13 Зображено проведення експериментальних досліджень, а також проаналізовані співвідношення їх із розглядуваними елементами легкових автомобілів.
 - 14-15 Проведено оцінку обсягу запасних частин дистриб'юторської системи, взаємодію з мережею дилерських СТО брендової марки BMW та зображено об'єм запасних частин дистриб'юторської системи (на рік) Mercedes.
 - 16 Висновки.

6. 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

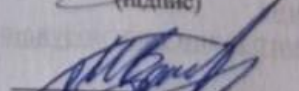
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	
4	Розв'язання поставлених задач	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)

Бойко В.О.

Керівник роботи


(підпис)

Митко М.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.13.017

Бойко В.О. Методика прогнозування потреби в запасних частинах для станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця шляхом оптимізації їх кількості. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – автомобільний транспорт, освітня програма - автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2024. 88 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 63 назв; рис.: 25; табл. 7.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено питання щодо методики прогнозування потреби в запасних частинах для станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця шляхом оптимізації їх кількості. У розділі 1 обґрунтовано доцільність діяльності станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця. В розділі 2 виконано розробку методики прогнозування та математичної моделі в запасних частинах легкових автомобілів. В розділі 3 проведено експериментальні дослідження. Розроблену методику виявлення елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів, математичну модель оптимізації потреби в елементах легкових автомобілів для забезпечення заданого рівня їхньої працездатності та методику прогнозування потреби в запасних частинах для дистриб'юторської системи та дилерської мережі СТО в районах їхньої ділової активності. В розділі 4 наведені оціночні показники відібраних елементів, та їх показників: середнє напруження на відмову, вартість запасних частин (елементів), питомі витрати на запасні частини. Проведено оцінку обсягу запасних частин дистриб'юторської системи, що взаємодіє із мережею дилерських СТО брендової марки BMW та СТО «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця.

Графічна частина складається з 16 плакатів із результатами моделювання.

Ключові слова: Запасні частини, елементи, легкові автомобілі, методика прогнозування, підприємства автосервісу, потреби, шлях оптимізації.

ABSTRACT

Boyko V.O. Methodology for forecasting the need for spare parts for the service station "SVC Point BMW Servis" in Vinnytsia by optimizing their quantity. Master's qualification work in the specialty 274 - road transport, educational program - road transport. Vinnytsia: VNTU, 2024. – 88 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 63 titles; fig.: 25; tabl. 7.

The master's qualification work develops a question regarding the methodology for forecasting the need for spare parts for the service station "SVC Point BMW Servis" in Vinnytsia by optimizing their quantity. Section 1 substantiates the feasibility of the service station "SVC Point BMW Servis" in Vinnytsia. In section 2, a forecasting methodology and mathematical model for spare parts for passenger cars were developed. Experimental research was conducted in section 3. A methodology for identifying elements that limit the performance of passenger cars, a mathematical model for optimizing the need for passenger car elements to ensure a given level of their performance, and a methodology for forecasting the need for spare parts for the distribution system and dealer network of service stations in the areas of their business activity were developed. Section 4 presents the estimated indicators of the selected elements and their indicators: mean time to failure, cost of spare parts (elements), specific costs for spare parts. An assessment of the volume of spare parts of the distribution system that interacts with the network of BMW brand dealer service stations and the SVC Point BMW Servis service station in Vinnytsia was carried out.

The graphic part consists of 16 posters with simulation results.

Keywords: Spare parts, elements, passenger cars, forecasting methodology, car service enterprises, needs, optimization path.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ «SVC POINT BMW SERVIS» МІСТО ВІННИЦЯ ...	7
1.1 Загальна характеристика та аналіз діяльності станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця	7
1.2 Організація забезпечення запасними частинами підприємств автосервісу	13
1.3 Методи визначення потреби підприємств автосервісу в запасних частинах	16
1.4 Стан сучасного парку легкових автомобілів	23
Висновки до розділу 1.....	26
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ ДЛЯ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ	28
2.1 Оцінка задоволеності споживачів та прогнозування продажу легкових автомобілів	28
2.2 Виявлення елементів, що лімітують працездатність легкових автомобілів	33
2.3 Розробка математичної моделі та методики прогнозування потреби в запасних частинах для забезпечення заданого рівня працездатності легкових автомобілів	40
Висновки до розділу 2	49
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	51
3.1 Основні методи проведення досліджень	51
3.2 Оцінка розподілу відмов елементів легкових автомобілів та витрат на їх придбання	56

3.3 Виявлення елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів	60
3.4 Визначення закономірностей розподілу відмов елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів	64
Висновки до розділу 3	72
РОЗДІЛ 4 ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ І ОПТИМІЗАЦІЇ КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН	73
4.1 Методика прогнозування потреби та оптимізації кількості запасних частин дилерської мережі станцій технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis»	73
4.2 Оцінка обсягу запасних частин дистриб'юторської системи, що взаємодіє з мережею дилерських СТО	78
Висновки до розділу 4	81
ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	83
ДОДАТОК А	88
ДОДАТОК Б	109

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час і в перспективі найважливішою з умов існування автомобільних сервісних систем (підприємств автосервісу, логістичних центрів просування запасних частин тощо) є постійна розробка заходів, спрямованих на збільшення ефективності їх функціонування, що вимагає наявності відповідних методів аналізу, оцінки та прогнозування їхньої поведінки в динамічних розвиваючихся системах автосервісного обслуговування клієнтів.

Необхідно відзначити наявність ряду проблем, характерних для ринку автосервісного обслуговування і функціонування систем управління запасами, до яких відносяться:

- ізолюваність підприємств і їхньої фінансової документації, що ускладнює збір і аналіз відповідної інформації, необхідної для вивчення принципів, що дозволяють виробити підходи до збільшення ефективності функціонування дилерської мережі СТО;
- відсутність дієвих методик, що дозволяють виробляти оцінку ефективності функціонування дилерської мережі СТО на основі кількісних і якісних показників і здійснювати прогнозування зміни потреби в запасних частинах на належному рівні;

Вищезгадані проблеми визначають потребу у формуванні принципів, методик, а також підходів і рекомендацій, спрямованих на підвищення ефективності роботи СТО з урахуванням часових факторів, поточного стану ринкової системи, що в свою чергу дозволить оперативно планувати потребу в запасних частинах з урахуванням їхнього просування в районах ділової активності дилерських мереж СТО, що взаємодіють з дистриб'юторськими системами.

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 підвищення ефективності функціонування дилерської мережі станцій технічного обслуговування в регіонах її діяльності на основі врахування економічної кон'юнктури, умов експлуатації та надійності легкових автомобілів.

Для досягнення цієї мети поставлено та вирішено такі основні завдання

1. Проведення аналізу рівня споживчої задоволеності пропонованими на ринку легковими автомобілями та їх кластеризація.
2. Прогнозування динаміки продажів з урахуванням можливих змін в економічній кон'юктурі.
3. Отримання, обробка і проведення аналізу інформації про динаміку інтенсивності експлуатації та показників експлуатаційної надійності.
4. Формуванням функції потоку відмов елементів для відібраних легкових автомобілів.
5. Розробка методики прогнозування потреби і оптимізації кількості запасних частин.
6. Оцінка ефективності її функціонування для вибраних елементів і легкових автомобілів з урахуванням динаміки просування на ринку.

Об'єкт дослідження – є станція технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця та підприємства автосервісу в Україні та сучасні методи підвищення якості та ефективності технічного сервісу легкових автомобілів.

Предмет дослідження – закономірності зміни потреби в запасних частинах при експлуатації легкових автомобілів в залежності від пробігу на гарантійному терміні.

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:

- Вирішення поставлених завдань на основі кореляційно-регресійного аналізу, аналізу часових рядів, теорії ймовірностей та математичної статистики, аналізу надійності технічних систем.

- У процесі збору, обробки та аналізу інформації про експлуатаційну надійність елементів легкових автомобілів у рамках цієї дисертаційної роботи забезпечено точність та достовірність отриманих результатів, що задовольняють вимогам ДСТУ України.

- Методика прогнозування та оптимізації потреби в елементах легкових автомобілів для забезпечення заданого рівня їх працездатності з урахуванням їх просування в районах ділової активності дилерських мереж СТО, що взаємодіють з дистриб'юторськими системами, а також для станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» міста Вінниці.

- Результати оцінки споживчої задоволеності та прогнозування просування легкових автомобілів на українському ринку так і регіонах, зокрема у місті Вінниці.

Наукова новизна одержаних результатів.

- полягає у розробці математичної моделі оптимізації потреби в елементах легкових автомобілів із урахуванням інтенсивності експлуатації та експлуатаційної надійності для забезпечення заданого рівня їхньої працездатності;

- розробці результативного показника значущості елементів Ri з позиції їх впливу на працездатність і затрати на відновлення.

Практична значимість отриманих результатів.

Використання основних результатів магістерської кваліфікаційної роботи є запропоновані в роботі теоретичні положення, методологічні підходи та моделі, які є науковою основою та одним із способів розробки заходів, для підвищення ефективності функціонування дилерської та дистриб'юторської мережі, спрямованої на покращення якості обслуговування власників легкових автомобілів.

Достовірність теоретичних положень магістерської роботи засвідчує використання теоретико-методологічних положень, розробці наукових та практичних методів, а також математичні моделі для формування принципів прогнозування, планування та оптимізації поставок запасних частин і матеріалів у заданих районах ділової активності дилерської мережі СТО для вибраних елементів і марок легкових автомобілів з урахуванням динаміки їхнього просування на ринку, прогнозованих тенденцій у зміні економічної кон'юнктури, інтенсивності експлуатації легкових автомобілів та рівня працездатності їхніх елементів.

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 СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ «SVC POINT BMW SERVIS» МІСТО ВІННИЦЯ

1.1 Загальна характеристика та аналіз діяльності станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця

1.1.1 Історія та характеристика станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця

На сьогодні в Україні за останні роки спостерігаються значні зміни в підходах до розвитку новітніх технологій, а також у суспільно-економічних умовах, які вимагають адаптації на всіх рівнях. Особливо ці зміни стали помітними після початку повномасштабного вторгнення в Україну, яке глибоко вплинуло на внутрішній розвиток нашої держави. Війна не тільки змінила економічну зупинку, а й переосмислила цінності, темпи розвитку та структуру народного господарства.

Сфера автосервісу не стала одним із цих змін. Через економічні труднощі та зростання вартості ресурсів багато підприємств, що надають послуги з обслуговування автомобілів, змушені переглядати свої стратегії та підходи. Одним із найбільших викликів стало підвищення ціни на послуги та запчастини, що вплинуло на поведінку споживачів і вимоги до якості обслуговування. Водночас, зростання цін стало стимулом для автосервісів впроваджувати новітні технології, модернізувати обладнання та підвищувати кваліфікацію персоналу, аби відповідати зростаючим вимогам ринку та забезпечити високий рівень обслуговування навіть за умов економічних труднощів. Інвестиції в новітні технології дозволяють значно підвищити ефективність роботи, скоротити час на виконання ремонтних робіт та зменшити ймовірність помилок при діагностиці автомобіля. Водночас, підвищення кваліфікації майстрів і механіків дозволяє не тільки підтримувати високий рівень компетенції, але й гарантувати точність

виконання складних технічних процедур, які є найбільшими для автосервісів, які працюють.

Станція технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» була заснована на початку 2020 року, із надання професійних послуг з ремонту та обслуговування автомобілів BMW, які потребують особливого підходу до високих технічних вимог до цього бренду. Спочатку свою діяльність підприємство орієнтує на забезпечення безпеки, надійності та довговічності автомобілів своїх клієнтів, використовуючи оригінальні запчастини та сучасне обладнання.

СТО «SVC Point BMW Servis» має команду кваліфікованих майстрів, які пройшли відповідну підготовку та сертифікацію, щоб працювати саме з автомобілями BMW. Станція оснащена сучасним діагностичним обладнанням, що дозволяє точно визначати проблеми та ефективно їх усувати. Використання передових технологій, таких як комп'ютерна система діагностики, автоматизована для перевірки електроніки та сучасні стенди для тестування двигунів і трансмісій, дозволяє швидко і точно виявляти несправності, найменші збої в роботі системи автомобіля. Це дає можливість не тільки заощаджувати час, а й знижувати ймовірність помилок при обслуговуванні, що є критично популярним для забезпечення безпеки.

Основними напрямками СТО «SVC Point BMW Servis» є:

1. Діагностика та ремонт двигунів і трансмісій

Станція проводить комплексну діагностику та ремонт двигунів (як бензинових, так і дизельних) і трансмісій автомобілів BMW. Це включає виявлення та усунення механічних, електронних та електричних несправностей у цих важливих системах. Високоточна діагностика дозволяє вчасно вирішити проблему і здійснити необхідний ремонт для забезпечення надійної роботи автомобіля.

2. Обслуговування систем кондиціонування та клімат-контролю

СТО спеціалізується на обслуговуванні систем кондиціонування та клімат-контролю. Це включає в себе заправку кондиціонерів, перевірку наявності витоків

холодоагенту, очищення та заміну фільтрів, а також перевірку ефективності роботи кліматичних систем, які допомагають підтримувати комфорт у салоні автомобіля протягом усього року.

3. Ремонт гальмівних систем та підвіски

Проводиться ремонт і обслуговування гальмівних систем (заміна колодок, дисків, гальмівних трубок), а також ремонт підвіски автомобілів. Це критично важливо для забезпечення безпеки руху, після справних гальмівних систем та підвіски забезпечується стабільність і маневреність автомобіля на дорозі.

4. Проведення технічних оглядів та регламентного обслуговування

СТО надає послуги з проведення технічних оглядів, що включають перевірку основних систем автомобіля на відповідність вимогам безпеки та екології. Регламентне обслуговування виконання робіт згідно з рекомендаціями виробника (заміна масел, фільтрів, свічок, перевірка рівнів рідини), що забезпечує оптимальну роботу автомобіля в умовах усього терміну експлуатації.

За ці напрямки відповідає СТО «SVC Point BMW Servis» та надає повний спектр послуг із обслуговування автомобілів BMW, забезпечуючи їх належний технічний стан і надійність.

Підприємство також надає консультаційні послуги для власників автомобілів BMW щодо правильного обслуговування з проведення технічних оглядів та регламентного обслуговування.

З моменту свого відкриття станція здобула репутацію надійного партнера серед власників BMW у місті Вінниця, надаючи послуги з високим рівнем обслуговування та ремонту транспортних засобів.

Повна назва підприємства: Станція технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis», а скорочена назва така: СТО «SVC Point BMW». Це скорочення зберігає основну частину назви та асоціації з брендом BMW, що є ключовим для позиціонування підприємства є його спеціалізація з обслуговування автомобілів преміум-класу, зокрема бренду «BMW». Це дозволяє створити чіткі уявлення про те, що компанія надає послуги високої якості для власників автомобілів цього бренду.

Станція технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця, знаходиться за адресою: Україна, 21000, Вінницька область, Вінницький район, місто Вінниця, вулиця Батозька, 2, Гаражний кооператив «Старт». Працює СТО з Пн-Пт 09:00 – 18:00 годин. Сб, Нд – Вихідні.

За своєю історичною діяльністю, це новостворене підприємство, яке згідно електронних даних carbook.ua [35, 36], де власником СТО є Сичевський Володимир Анатолійович, він і являється керівником СТО «SVC Point BMW». До контактної інформація належать – телефон: +38(068)900-19-01.

1.1.2 Аналіз функціонуючого станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця, його постів та ділянок із технічного обслуговування та поточного ремонту

Виробничі потужності станції технічного обслуговування автомобілів (СТОА) підприємства автосервісу СТО «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця, мають у своєму розпорядженні: адміністративно-побутовий корпус, в якому розміщено виробничі приміщення для проведення ремонтних робіт, як ТО і ПР автомобілів, а також допоміжні та складські приміщення.

Саме СТО «SVC Point BMW Servis» розташоване за адресою місто Вінниця, вул. Батозька, 2, Гаражний кооператив «Старт», яка має огорожену територію для стоянки автомобілів, які обслуговуються. Загальний вигляд виробничо-технічної бази та виробничі приміщення станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis», місто Вінниця, зображено на рисунках 1.1, 1.2, де виконуються роботи по ТО та ПР легкових автомобілів.

Сьогодні СТО «SVC Point BMW Servis» - це є брендова СТО із надання професійних послуг з ремонту та обслуговування автомобілів BMW, яка займається поточним ремонтом легкових автомобілів BMW. В середньому числом заїздів автомобілів на виконання обслуговування та ремонтів складає 6500 заїздів, що приблизно становить десь 3250 автомобілів на рік.

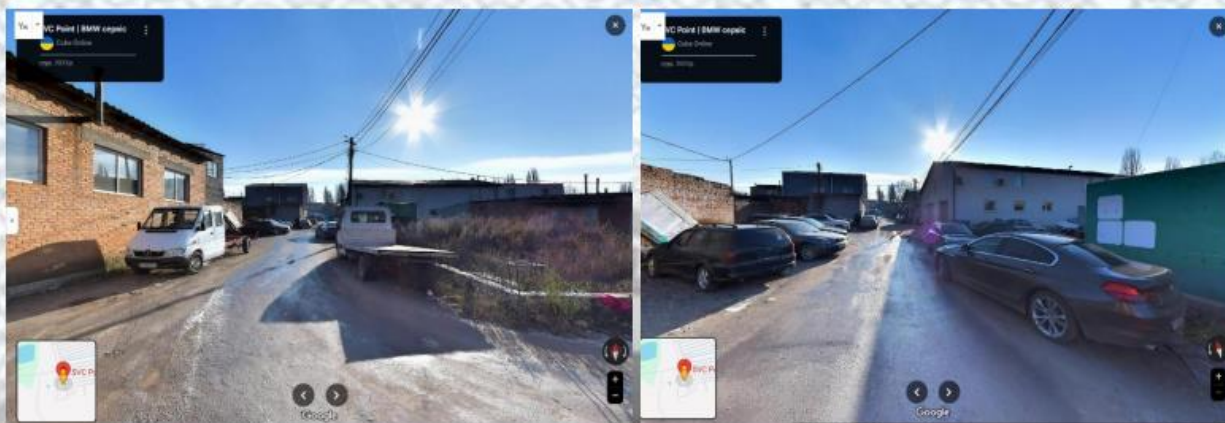


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд заїзду та стоянки автомобілів до станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця

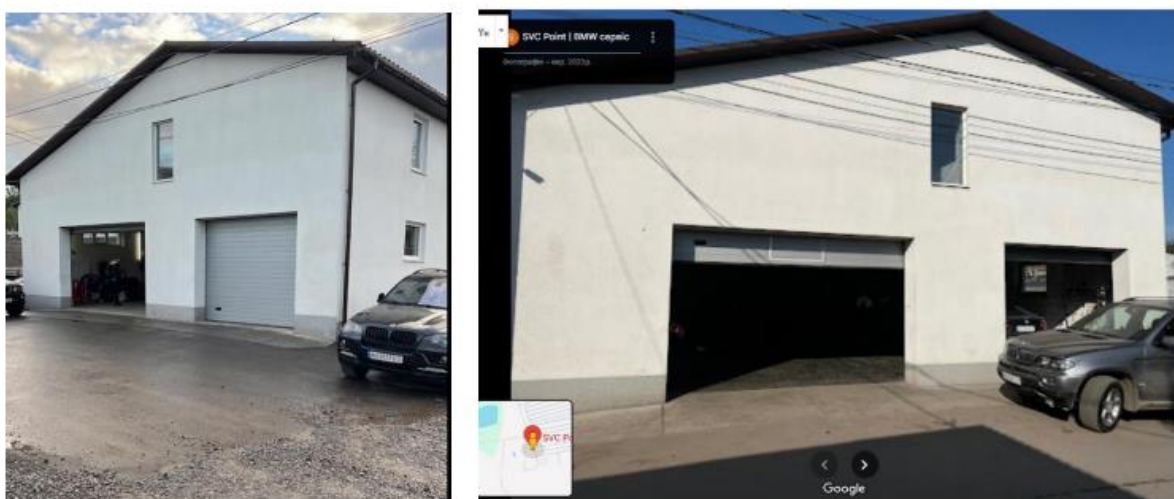


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд заїзду воріт виробничого приміщення автомобілів СТО «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця

Для проведення ТО та ПР автомобілів на СТО «SVC Point BMW Servis» у виробничих підрозділах, які охоплюють загальний спектр комплексних робіт для технічного обслуговування та ремонту рухомого складу, застосовуються:

- зони технічного обслуговування та поточного ремонту, які розміщуються у виробничому корпусі, що обладнані тупиковими та проїзними постами із оглядовими канавами та електропідіймачами для автомобілів. Складається із двох зон ТО і ПР, де розташовано оглядова канава, що зображено на рис. 1.3 та 1.4.

- ділянки для виконання агрегатних та слюсарно – механічних робіт, які об'єднані в одному виробничому приміщенні будівлі для свого функціонального призначення.



Рисунок 1.3 – Приміщення виробничих постів зони ТО та ПР для легкових автомобілів **СТО «SVC Point BMW Servis»**



Рисунок 1.4 – Виробниче приміщення дільниці для виконання агрегатних та слюсарно – механічних робіт на **СТО «SVC Point BMW Servis»**

Темою магістерської кваліфікаційної роботи: «Методика прогнозування потреби в запасних частинах для станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця шляхом оптимізації їх кількості».

Прогнозування потреби в запасних частинах для станції технічного обслуговування – це є основними причинами актуальності даної теми є:

1. Збільшення кількості автомобілів закордонного виробництва в Україні.
2. Зростання обсягів імпорту автомобілів BMW та інших закордонних марок створює підвищений попит на професійне технічне обслуговування та ремонт. Це, своєю чергою, потребує якісного забезпечення запасними частинами.
3. Сезонне коливання попиту на запасні частини.
4. Попит на певні деталі значно зростає у зв'язку із підготовкою автомобілів до зимового або літнього сезону. Це вимагає точного прогнозування для забезпечення тимчасового постачання компонентів, які охоплюють усі аспекти обслуговування автомобілів і включають матеріали та запасні частини, які впливають на їх технічний стан.

1.2 Організація забезпечення запасними частинами підприємств автосервісу

Організація забезпечення запасними частинами підприємств автосервісу – це складний процес, який вимагає злагодженої роботи багатьох елементів, від виробників запчастин до кінцевого споживача. В Україні ця система має свої особливості, пов'язані із різноманітністю автомобілів на ринку, рівнем розвитку інфраструктури та економічними умовами.

Головним завданням будь-якої сучасної дилерської мережі є створення таких умов та обслуговування для клієнта, які б повністю задовольнили його потреби. Такі цільові орієнтири сприяють формуванню позитивного іміджу торгової марки і, як наслідок, призводять до зростання обсягів продажів.

Для досягнення поставлених цілей дилерам необхідно вирішувати основне завдання – надання сервісних послуг (післяпродажне обслуговування). Післяпродажне обслуговування є одним з основних критеріїв задоволеності клієнта дилерською мережею, що вимагає наявності якісної та ефективної системи постачання автодеталей.

Організація роботи дилерської мережі підприємств автосервісу як в Україні, так і за кордоном побудована за єдиним принципом. Центральний склад виробника автомобілів зберігає до 85% усіх необхідних запчастин для обслуговування автомобілів у своєму регіоні. Далі, виробник організовує мережу менших регіональних складів. Асортимент товарів на цих складах залежить від кількості автомобілів у регіоні і достатній для безперебійної роботи дилерів протягом кількох місяців.

Принцип роботи такої системи наступний. Коли клієнт звертається до автосервісу, спочатку перевіряється наявність потрібної деталі на місці. Якщо її немає, то замовлення передається на регіональний склад. Якщо і там деталі немає, то замовлення надходить на центральний склад виробника. Завдяки сучасним технологіям, можна в реальному часі відстежувати наявність запчастин на регіональних складах. Замовлення на запчастини поділяються на термінові (для автомобілів, що ремонтуються) та нетермінові (для поповнення запасів).

Якщо потрібної деталі немає ні на центральному, ні на регіональному складі, її можуть спеціально виготовити. Важливою умовою є використання

оригінальних запчастин, тобто таких, що вироблені офіційним постачальником або самим виробником автомобілів. Це гарантує високу якість та сумісність деталей.

Таким чином, централізована система постачання запчастин дозволяє:

- Оптимізувати витрати: зменшити витрати на зберігання запасів;
- Швидко доставляти запчастини: скоротити терміни очікування клієнтів;
- Забезпечити високу якість: використовувати оригінальні запчастини;
- Покращити обслуговування: завдяки сучасним технологіям.

Незважаючи на ряд суттєвих переваг, система постачання запасних частин для автосервісів має свої недоліки:

- Тривалі терміни доставки: В окремих випадках, коли деталь доводиться замовляти з центрального складу виробника, клієнт може чекати на неї до 5 тижнів.
- Висока конкуренція: На ринку запчастин зростає конкуренція з боку виробників неоригінальних деталей, які часто пропонують нижчі ціни.
- Залежність від даних про автопарк: Ефективність системи залежить від точності даних про кількість автомобілів певної марки та моделі в регіоні.
- Обмежена цінова політика: Дилери часто мають обмежені можливості для маневру цінами на запчастини.
- Залежність від централізованої системи: Дилери обмежені в можливості самостійно закуповувати запчастини у інших постачальників.

Підходи до вирішення питання забезпечення автомобільного ринку запасними частинами розглядалися у багатьох дослідженнях на прикладі вітчизняного та зарубіжного досвіду.

Сучасна система забезпечення легкових автомобілів запасними частинами зазнала значних змін за останнє десятиліття – сформувалася багатоканальна взаємодія учасників автомобільного ринку. Сталося значне зміцнення дилерських мереж підприємств-виробників, що відображено на рисунку 1.1.

В результаті утворення низки незалежних (сторонніх) підприємств з обслуговування легкових автомобілів у офіційних дилерів з'явилася значна

конкуренція. Сторонні підприємства з обслуговування легкових автомобілів або ж незалежні підприємства обслуговування – це приватні СТО та майстерні. Забезпечення запасними частинами таких підприємств відбувається шляхом закупівель через офіційних постачальників, дилерські мережі, незалежні магазини, різноманітні ринки, а також продавців б/у (потриманих) запасних частин. Висока конкуренція незалежних СТО зумовлена особливостями ціноутворення на їхні послуги. Часто вартість робіт може бути до 2-2,5 разів нижчою за ціни на проведення аналогічних робіт в умовах дилерських центрів.



Рисунок 1.5 – Структура ринку запасних частин в Україні

Серед учасників ринку автомобільних компонентів слід виділити незалежних субпідрядників, які є самостійними фірмами, що виробляють комплектуючі для заводів-виробників. Незалежні постачальники здійснюють постачання запасних частин безпосередньо через дилерські мережі, а також різні оптові компанії та незалежні магазини запасних частин. Як зазначалося раніше, основними конкурентами автомобільних дилерів є виробники аналогів (імітаторів) та продавці вживаних запасних частин, знятих з виведених з

експлуатації легкових автомобілів. В сучасних умовах існуючі агентські фірми ведуть свою діяльність за допомогою електронних ресурсів (інтернет-магазинів), на яких зібрані каталоги виробників запасних частин та їхніх аналогів. Також варто зазначити, що ці сайти оснащені пошуком відповідних оригінальним запасним частинам аналогів та замінників. Таким чином, для клієнта організовано сервіс з можливістю самостійного замовлення запасних частин, які часто супроводжуються послугами доставки.

Такий підхід дозволяє агентським фірмам складати серйозну конкуренцію дилерським мережам та виходити на лідируючі позиції в умовах ринку автомобільних запчастин.

1.3 Методи визначення потреби підприємств автосервісу в запасних частинах

В результаті аналізу сучасного стану методик визначення потреби в запасних частинах можна сказати, що на підприємствах дилерських мереж існує безліч методик.

На практиці часто використовується метод визначення потреби в запасних частинах, заснований на статистиці витрат за попередній звітний період з урахуванням середнього пробігу рухомого складу на передбачуваний період або ж на основі заводських норм витрати запасних частин на 100 автомобілів, що експлуатуються, за рік. Окрім визначення потреби необхідних запасних частин такі норми можуть використовуватися для оптимізації роботи виробничих підрозділів автосервісів та дилерських мереж.

Часто, при визначенні потреби в запчастинах і матеріалах для автотранспортних підприємств використовується нормативний метод планування виробництва, заснований на урахуванні нормативних показників витрати запасних частин. При визначенні потреби в запасних частинах використовуються формули та залежності, розглянемо деякі з них. Часто використовується метод теорії відновлення, який дозволяє визначити кількість замін елементів і деталей автомобіля на будь-якому пробігу від 0 до L:

$$N = \frac{(L_{ам} - L_{нов}) \cdot 100 \cdot n}{t_{ам} \cdot R_{з.ч.}} + 100 \cdot X_a \cdot \frac{\delta \sqrt{L_{ам}}}{t_{ам} \sqrt{R_{з.ч.}^3}} \quad (1.1)$$

де: N – нормативний показник витрати запасних частин, виражений в шт/100 автомобілів за рік;

$L_{ам}$ – пробіг автомобіля за амортизаційний період, тис. км;

$L_{нов}$ – термін служби нової деталі, вузла автомобіля до першої заміни, тис. км;

$t_{ам}$ – термін служби автомобіля за нормами амортизаційних відрахувань, рік;

X_a – квантиль нормального розподілу ресурсів початкового елемента;

δ – середнє квадратичне відхилення ресурсу деталі, тис. км;

$R_{з.ч.}$ – середній термін служби запасних частин між замінами, тис. км.

Показник $R_{з.ч.}$ визначає верхню межу довірчої границі та враховує середній термін служби деталей, вузлів та агрегатів транспортного засобу між двома замінами (першою і другою, другою і третьою тощо).

Далі, з урахуванням використання нормативу, пропонується визначити річну потребу в запасних частинах (Q):

$$Q = \frac{a \cdot P \cdot N}{100}, \quad (1.2)$$

де: a – поправочний коефіцієнт, який може приймати значення від 0,9-1,0 (залежить від умов експлуатації легкових автомобілів);

P – парк автомобілів, шт.

Розглянемо запропоновану такі методики для визначення потреби в запасних частинах для АТП та сервісів.

Один із запропонованих підходів, передбачає розрахунок норми витрати запасних частин (N) за ресурсами деталей:

$$N = \frac{(L_{ам} - L_{нов}) \cdot 100 \cdot n}{L_{рем} \cdot t_{ам}} \quad (1.3)$$

де: $L_{ам}$ – пробіг автомобіля за амортизаційний період, тис. км.;

$L_{нов}$ – термін служби нової деталі, вузла або вузла автомобіля до першої заміни, тис. км;

$L_{рем}$ – середній термін служби деталей між замінами, тис. км.;

n – кількість деталей, вузлів одного найменування на автомобілях;

$t_{ам}$ – термін служби автомобіля за нормами амортизаційних відрахувань, рік.

Можливо також застосування підходу, що враховує обсяг ремонтних робіт на основі річного пробігу транспортного засобу, який дозволяє визначити нормативне значення витрати запасних частин, що припадає на 100 легкових автомобілів (N):

$$N = \frac{(M_z - M_k) \cdot 100 \cdot L_p}{L_{заг}} \quad (1.4)$$

де: M_e – фактична витрата деталей на АТП, шт;

M_k – фактична витрата деталей в умовах ремонтної зони, шт;

L_p – річний (нормативний) пробіг автомобіля, тис. км;

$L_{заг}$ – сумарний пробіг парку автомобілів на АТП, тис. км.

Найбільш актуальні принципи прогнозування рівня потреби СТО в запасних частинах мають такий вигляд:

1. Дотримання балансу кількості запасних частин на підприємстві шляхом уточнення нормативних значень витрат, обсягу запасів, а також оптимальне планування кількості підлягаючих ремонту деталей.

2. Приведення у повну відповідність розрахункових даних на етапі планування, конкретизація умов експлуатації легкових автомобілів, рівня узагальнення запасних частин, показника надійності та кореляція нормативних значень витрати з усією розглядуваною системою показників.

Основоположним фактором досягнення оптимального значення достовірності при прогнозуванні та плануванні потреби автосервісних підприємств у запасних частинах легкових автомобілів є наявність раціональної нормативної бази запасних частин, яка підлягає своєчасному (періодичному)

оновленню та відображає зміни внаслідок впливу зовнішніх факторів.

Також, ще одним немаловажним критерієм є чітко спланована програма ТО і ПР ремонтного підприємства, оскільки на ній базується потреба в запасних частинах на весь період передбачуваного прогнозування.

Розглянемо роботи де розроблені три рівні прогнозування потреби [2] підприємств АТП і СТО в запасних частинах для легкових автомобілів.

Перший рівень прогнозування застосовується на етапі проектування та доведення конструкції при проектуванні нової моделі автомобіля. Другий рівень застосовується при проведенні випробувань дослідних зразків автомобіля (дослідної партії). Третій рівень проектування застосовується в процесі експлуатації серійної партії автомобілів.

Важливим фактором є і те, що авторами запропонована методика поділу всієї номенклатури наявних запасних частин та агрегатів на три групи: А, В, С, відповідно. Цей метод широко відомий і досі застосовується на практиці при управлінні потребою в запасних частинах мереж СТО та підприємств АТП.

Суть цього поділу всієї номенклатури запасних частин полягає в наступному:

- **група А** представляє із себе деталі, вузли та агрегати, що мають високий попит на даному пункті обслуговування та ремонту. Залежно від підприємства доля таких запасних частин із загальної номенклатури становить від 10% до 20%. Передбачається, що цей перелік деталей найчастіше виходить з ладу і вимагає постійної наявності на складі СТО легкових автомобілів. Ця група деталей дозволяє усувати більшу частину виникаючих несправностей, а вартість цих деталей може досягати до 75-85% від загальної вартості всієї номенклатури запасних частин, що споживаються підприємством автомобільного сервісу;

- до **групи В** включені деталі, вузли та агрегати середнього попиту. До неї віднесено близько 30% від загальної номенклатури запасних частин (вартість цієї частини запасних частин не перевищує 30% від загальної вартості всієї номенклатури запасних частин, що споживаються підприємством);

- до **групи С** відносяться виключно деталі, що мають рідкий попит (більше 60% від загальної номенклатури запасних частин). Зазвичай вартість деталей, вузлів або агрегатів, віднесених до цієї групи, не перевищує 7% від загальної вартості всього асортименту запасних частин, що споживається автосервісним бізнесом або дилерською мережею.

Розподіл запасних частин по групах базується переважно на показниках статистики їхнього витрачання за попередній звітний період. Також обов'язково враховуються такі показники, як: поточний показник попиту на кожну номенклатуру та характер її руху в умовах існуючої системи. Основний акцент досліджень, що проводяться, робиться на частину номенклатури запасних частин, віднесених до групи А, найбільш поширеної в умовах підприємств обслуговування та ремонту легкових автомобілів.

Визначаємо потребу в запасних запчастинах автосервісу наступним чином. Необхідна кількість запасних частин визначається для кожного окремого типу транспортного засобу залежно від його віку. Потім планована кількість транспортних засобів, очікуваних до відвідування сервісного центру, множиться на плановану кількість необхідних для виконання технічного обслуговування кількість запасних частин. Таким чином, для визначення рівня потреби підприємства автомобільного сервісу повинен бути визначений виходячи зі структури парку транспортних засобів, а саме їх кількості та віку, в т.ч. об'єму запасних частин, що споживаються підприємством в ході ведення виробничої діяльності, а також при проведенні робіт ТО і ПР. Таким чином, автор статті передбачає, що для коректного планування потреби в запасних частинах підприємств автосервісу необхідно спочатку визначити фактичну і нормативну питому потребу для даного підприємства.

В такому разі нормативним значенням питомої потреби в запасних частинах підприємства автомобільного сервісу прийнято вважати відношення нормативного значення числа запасних частин ($Q_{\text{норм}}$), прийнятих відповідно до номенклатурних норм ($A_{\text{норм}}$) до певної кількості легкових автомобілів (наприклад, на 100 од.), що знаходяться в сфері впливу підприємства автосервісу.

Під фактичною ж питомою потребою розуміють відношення витрачених запчастин на проведення фактичного ремонту ($Q_{i\phi}$) (визначається на основі наявних заказ-нарядів за даний період) до фактичної кількості обслужених легкових автомобілів ($A_{i\phi}$):

$$K_{i\text{нор}} = \frac{Q_{i\text{нор}}}{A_{i\text{нор}}}, K_{i\phi} = \frac{Q_{i\phi}}{A_{i\phi}} \quad (1.5)$$

Коефіцієнт використання відображає залежність між фактичною та питомою потребою в запасних частинах автосервісного підприємства або підприємства дилерської мережі СТО:

$$\eta = \frac{K_{i\phi}}{K_{i\text{нор}}} \quad (1.6)$$

Ця залежність має певні обмеження, оскільки з одного боку показник, найбільш наближений до 1, означає, що кількість запасних частин, що мають на підприємстві автосервісу, забезпечує наднормативність запасів (η_n), а з іншого боку за таких умов зростає ризик виникнення дефіциту запасних частин (η_d), що призведе до зменшення кількості обслуговуваних автомобілів внаслідок відсутності необхідного набору компонентів:

$$\eta_n \leq \eta \leq \eta_d \quad (1.7)$$

Таким чином, для визначення потреби в запасних частинах для підприємства автосервісу, виникає необхідність визначення значень коефіцієнтів (η_n), (η_d), а також планової величини коефіцієнта використання запасних частин ($\eta_{\text{п}}$). В результаті визначення планової величини коефіцієнта використання запасних частин визначається планова потреба в номенклатурі запасних частин:

$$K_{\text{п}} = K_{\text{нор}} \cdot \eta_{\text{п}} \quad (1.8)$$

В даному випадку використана відома в математичній статистиці залежність, що дозволяє визначити генеральну характеристику. Вона базується на

вибірковій характеристиці з використанням квантиля нормального розподілу U_a , що відповідає вибраній довірчій ймовірності для даного виразу α :

$$Q_a = \sum_{i=1}^m A_{in} \cdot K_{in} + U_a \sqrt{\sum_{i=1}^m A_{in} \cdot K_{in}} \quad (1.9)$$

де A_{in} – плановане значення чисельності легкових автомобілів різного вікового складу;

K_{in} – плановане значення питомої потреби в запасних частинах для легкових автомобілів того ж вікового інтервалу.

Тут також встановлена залежність між пропускною здатністю одного поста обслуговування легкових автомобілів, віком (пробігом) рухомого складу та витратою запасних частин на підприємстві автосервісу (АТП, СТО) з урахуванням їх виробничої потужності. Таким чином, сумарна потреба в запасних частинах, вузлах та агрегатах конкретного регіону (Q_p) j -ї номенклатури, приймаючи до уваги умову, що потреба буде визначатися на базі головної СТО регіону, буде мати наступний вигляд:

$$Q_p = Q \left(1 + \frac{\sum_{n=0}^k n_p}{\sum_{n=0}^m n_r} \right) \quad (1.10)$$

де n – кількість робочих постів на кожній СТО;

$\sum n_p$ – сумарна кількість робочих постів у регіоні;

$\sum n_r$ – сумарна кількість робочих постів на головній СТО.

Серед великої кількості різних методик визначення потреби запасних частин для підприємств автомобільного сервісу найбільш оптимальним є методичний підхід, заснований на поточному ринковому попиті на запасні частини. Основною умовою проведення розрахунків, згідно з цією методикою, є абсолютна достовірність вхідних даних про рівень попиту та характер функціонування системи.

Попит на ринку може мати як незначні, так і досить критичні коливання, пов'язані з впливом зовнішніх факторів, які намагаються компенсувати наявністю певних резервів на складах запасних частин, вузлів та агрегатів. Але, на жаль,

наявність таких запасів, а тим більше, їх значна кількість може призводити до виникнення, так званих «мертвих запасів», які негативно впливають на економіку підприємства. Таким чином, сучасне положення методик визначення потреби в запасних частинах для мережі дилерських СТО вимагає створення високоточної методики, що дозволяє враховувати вплив усього різноманіття зовнішніх факторів та ступінь впливу кожного з них.

1.4 Стан сучасного парку легкових автомобілів

Потреба в запчастинах АТП або СТО на основі їхніх виробничих потужностей може бути визначена відповідно до виразу (1.9), згідно з дослідженнями [2]. Варто зазначити, що представлена в даному дослідженні залежність потреби в запасних частинах представлена як A_n (кількість автомобілів), для яких планується проведення ремонтних робіт, і для визначення їхньої чисельності не існує ніякої методики. Існує можливість прогнозування на основі статистичних даних, що охоплюють кілька попередніх років роботи конкретного підприємства і сформованої тенденції до підвищення числа обслуговуваних автомобілів.

В даному дослідженні також приведена залежність генеральної характеристики Q від структури парку легкових автомобілів з її розподілом за віковим показником і пробігом. Слід зазначити, що такий розподіл не є актуальним на даний момент внаслідок значних змін у структурі парку легкових автомобілів. Вплив на розподіл показує безліч факторів, в тому числі і період базового випуску транспортного засобу. При формуванні оптимального підходу до визначення потреби в запасних частинах легкових автомобілів потрібно враховувати рік випуску транспортного засобу, його технічний стан, а також найменш значущий фактор – пробіг. Можна сказати, що вік легкових автомобілів є показником готовності клієнта до вкладень. Однак, завод-виробник (виробник) спочатку регламентує інтервали проведення ремонтних робіт і робіт з ТО. З розвитком автомобільної індустрії відбувся і ріст показника середньорічного

пробігу легкових автомобілів. В попередніх даному дослідженні роботах цей показник приймався рівним 15 тис. км. Згідно з сучасними статистичними даними середньорічний пробіг становить близько 20 тис. км і навіть перевищує дане значення в деяких випадках. Во увагу слід також слід прийняти той факт, що більша частина власників автомобілів не може підтвердити істинне значення пробігу їхнього транспортного засобу з моменту початку експлуатації.

З підвищенням віку транспортного засобу і при збільшенні пробігу з моменту експлуатації значно збільшується витрата запасних частин, а також піддається змінам і номенклатура витрачуваних деталей. На рисунку 1.3 продемонстровано обсяг витрат на проведення робіт з ТО і ремонту для автомобіля Mazda 6 із обслуговуванням у офіційного дилера. Розмір загальних накопичених витрат власника марки Mazda на проведення робіт з планового ТО і поточного ремонту досягає близько 65 тис. грн. до пробігу 100 тис. км. Таким чином витрати по перелічених видах робіт складають більше 15% від початкової вартості нового автомобіля. Витрати на придбання запасних частин складають близько 7-8% від вартості автомобіля. В ході експлуатації проводилися ремонтні роботи, не регламентовані гарантійним терміном заводу-виробника (100 тис. км. пробігу або 3 роки) по заміні різних витратних запасних частин (колодки гальмівні, щітки склоочисника, лампи освітлення). Сумарні витрати власника на вищеперелічені деталі і роботи по їх заміні, в т. ч. ТО склали близько 5%. Затрати на ТО і ремонт автомобіля Mazda 6 представлені на рисунку 1.6.

Часто багато підприємств автосервісу отримують основний дохід за рахунок продажу запасних частин, таких як шини, аксесуари, масла і т.д., що як правило супроводжується наявністю у підприємства власного магазину запасних частин. Таким чином доходи від надання послуг з ТО і ремонту легкових автомобілів можуть бути менше доходів від реалізації запасних частин в 2-3 рази.

Висока конкуренція автомобільних брендів дозволила значно збільшити показник надійності легкових автомобілів. На рисунку 1.7 представлений рейтинг надійності іноземних автомобілів в 2021 р., складений американським приватним підприємством J.D. Power and Associates, що проводить незалежні дослідження



Рисунок 1.6 – Затрати на обслуговування і ремонт автомобіля Mazda 6

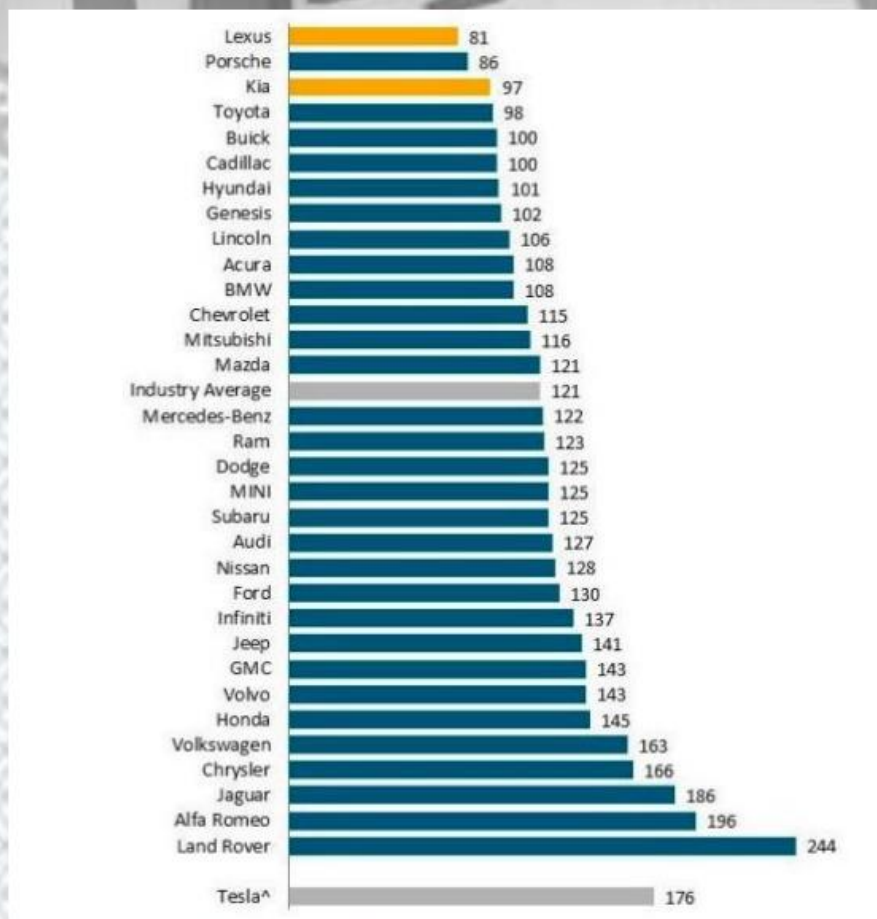


Рисунок 1.7 – Рейтинг надійності автомобілів в 2021 році

задоволеності клієнтів, оцінку якості продукції, а також вивчає поведінку покупців для різних галузей промисловості. Серед споживачів цей рейтинг позиціонується, як один з найбільш авторитетних. Як показує практика, показник надійності тієї чи іншої марки і моделі легкових автомобілів визначається на основі статистики, отриманої в ході моніторингу параметра потоку відмов транспортних засобів з моменту початку експлуатації [18, 19]. В рейтингу надійності J.D. Power and Associates [37] основний акцент при оцінці даного параметра робиться на кількість дефектів, виявлених на 100 автомобілів розглядуваної моделі. На основі опитування більше 30 000 американських власників трирічних автомобілів був складений рейтинг, що відображає середню кількість дефектів, що припадає на 100 автомобілів кожної марки. В 2021 році найвищим показником надійності відзначилися два японські автомобільні бренди Toyota і Lexus, німецький виробник Porsche, а також корейський виробник KIA, що є основною причиною росту їхніх продажів і популярності на різних ринках.

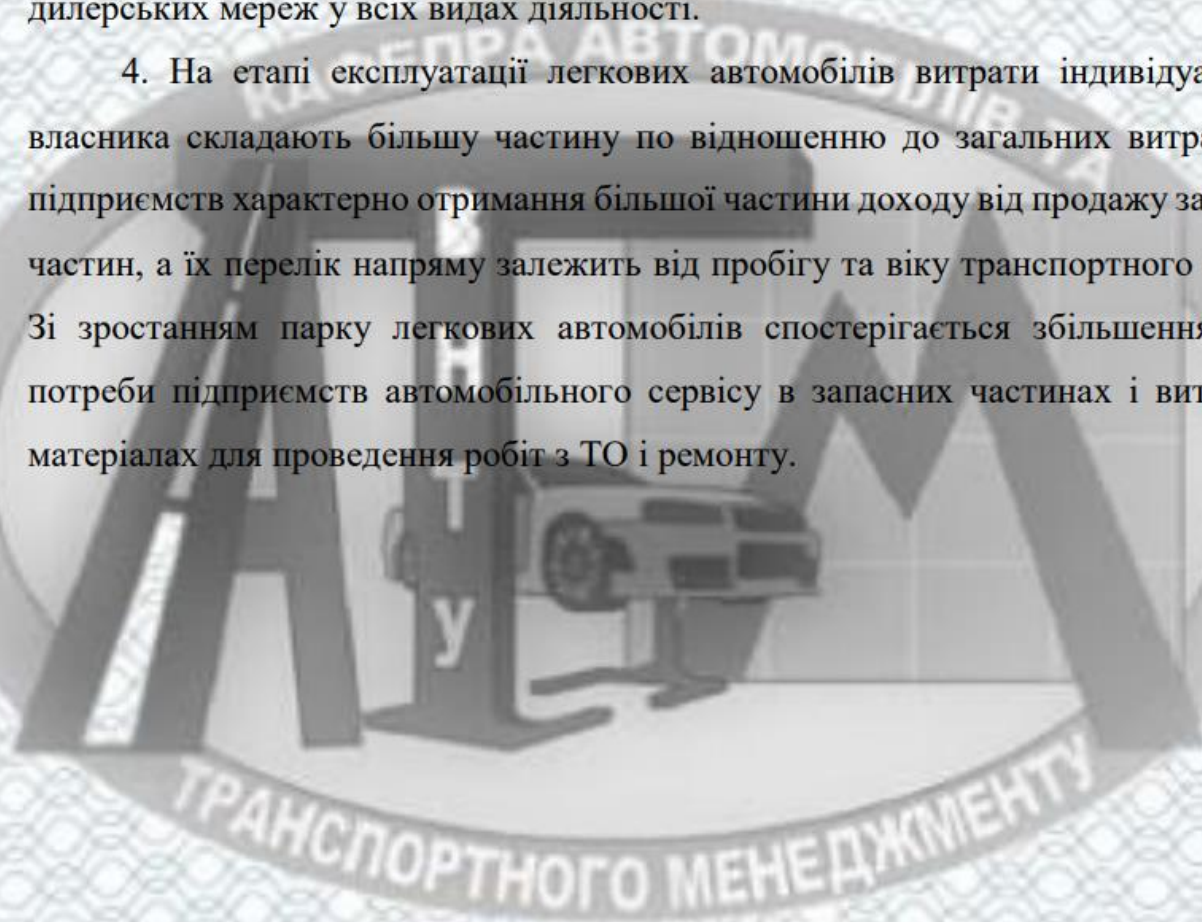
Висновки до розділу 1

На основі аналізу стану сучасного ринку легкових автомобілів, запасних частин, а також наукових робіт можна зробити такі висновки:

1. Деякі з наведених досліджень призначені для вирішення проблеми визначення потреби підприємств автомобільного сервісу в запасних частинах. В їх основі закладено облік різних факторів, включаючи індивідуальні фактори та фактори, що впливають на задоволення потреби в запасних частинах.
2. Постійні зміни структури парку легкових автомобілів, а також економічних умов формують необхідність створення нового підходу до визначення потреби в запасних частинах для оперативного впливу на показник ефективності роботи автосервісних підприємств. Сучасні умови роботи СТО та підприємств автосервісу вимагають визначення додаткових факторів, що впливають на потребу в запасних частинах, а також їх раціональної класифікації та виявлення кореляції між даними факторами.

3. Внаслідок високої конкуренції серед підприємств по обслуговуванню легкових автомобілів виявлено суттєві недоліки сучасної системи матеріально-технічного забезпечення, які сприяють зниженню конкурентоспроможності дилерських мереж у всіх видах діяльності.

4. На етапі експлуатації легкових автомобілів витрати індивідуального власника складають більшу частину по відношенню до загальних витрат. Для підприємств характерно отримання більшої частини доходу від продажу запасних частин, а їх перелік напряму залежить від пробігу та віку транспортного засобу. Зі зростанням парку легкових автомобілів спостерігається збільшення рівня потреби підприємств автомобільного сервісу в запасних частинах і витратних матеріалах для проведення робіт з ТО і ремонту.



РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ ДЛЯ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

2.1 Оцінка задоволеності споживачів та прогнозування продажу легкових автомобілів

Щомісяця в середньому у 2023 році відбувалось 5 тис. [38] перших реєстрацій нових легковиків в Україні. Впродовж року це число помітно змінювалося — від 3,2 тис. до 6 тис., і ще раз зазначимо, що поки в офіційних дилерів присутній дефіцит автомобілів, незалежні встигають задовольняти попит іншими варіантами, включно з імпортом авто для інших ринків. Ймовірно, якщо «офіціали» не проявлять більшої гнучкості та кмітливості, ми продовжимо фіксувати збільшення частки релокованих з Китаю автомобілів, та зростання активності незалежних дилерів [39].

Згідно з представленою структурою дослідження, на першому етапі було проведено аналіз вподобань автовласників щодо легкових автомобілів на ринку, з метою визначення марок, які мають найвищий рівень задоволеності. Для цього було використано статистичну інформацію з «Рейтингу автомобільних брендів за індексом задоволеності автомобілем ТОП-30» згідно рейтингу опублікованого на сайті J.D. Power [37]. Аналіз даних свідчить про загалом високий рівень задоволеності автовласників пропонованими на ринку легковими автомобілями (див. рисунок 2.1).

Для оцінки рівня задоволеності автомобілями використовувалися такі критерії: загальна задоволеність, якість збірки, стійкість до корозії, шумоізоляція, дизайн інтер'єру та екстер'єру, динамічні характеристики, плавність ходу, керованість, кліренс, ергономіка салону, ефективність системи клімат-контролю, місткість салону та багажника, витрати палива, вартість обслуговування та ремонту.

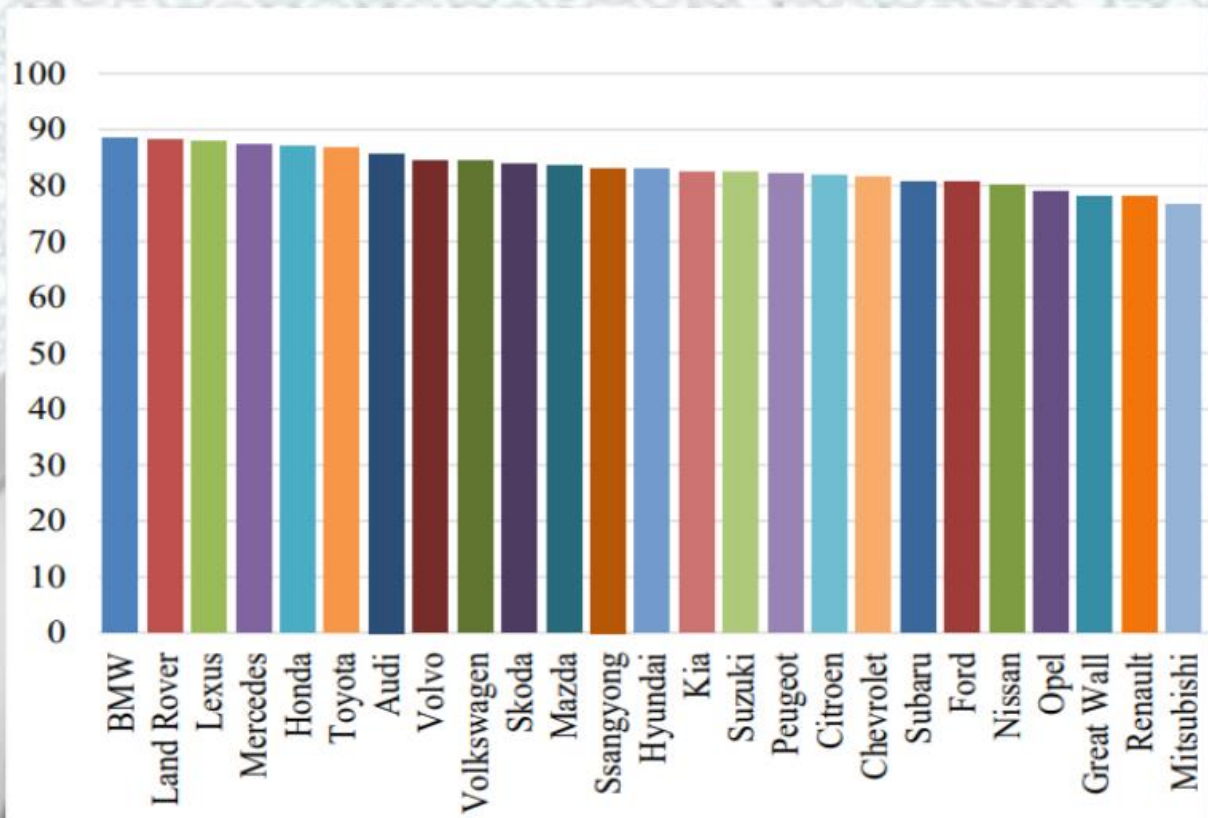


Рисунок 2.1 – Рівень задоволеності легковими автотранспортними засобами (легковими автомобілями) згідно статистичних даних [37, 38, 39]

Обробка зібраних даних дозволила:

- Оцінити рівень задоволеності та визначити його коливання в заданих межах.
- Виявити закономірності розподілу рівня задоволеності.
- Визначити лідерів серед виробників легкових автомобілів.

Визначається закономірність розподілу рівня задоволеності легковими автомобілями, яка описується диференціальною функцією нормального розподілу $f(u)$.

$$f(u) = \frac{1}{\sigma(u)\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(u_i - u)^2}{2\sigma^2(u)}} \quad (2.1)$$

де u – Індекс задоволеності легкових автомобілів.

Для оцінки рівня задоволеності автомобілями використовувалися такі критерії: загальна задоволеність, якість збірки, стійкість до корозії, шумоізоляція, дизайн інтер'єру та екстер'єру, динамічні характеристики, плавність ходу, керуваність, кліренс, ергономіка салону, ефективність системи клімат-контролю, місткість салону та багажника, витрати палива, вартість обслуговування та ремонту.

Обробка статистичних даних, що базувалася на відомих положеннях математичної статистики та теорії ймовірностей (див. джерела [2, 3, 7, 9, 13, 15, 28, 31, 34]), дозволила отримати такі результати.

Оцінка рівня задоволеності: Було визначено середній рівень задоволеності автомобілями ($\bar{U} = 81,213$) та його коливання.

Розподіл марок за рівнем задоволеності: Марки автомобілів було розподілено за рівнем задоволеності. Зокрема, до групи з найвищим рівнем задоволеності (в межах одного стандартного відхилення від середнього) увійшли Chevrolet, Citroen, Peugeot, Suzuki, Kia, Hyundai, Ssangyong, Mazda, Skoda, Volkswagen, Volvo та Audi. До ще ширшого діапазону задоволеності (в межах двох стандартних відхилень від середнього) потрапили також Toyota, Honda, Mercedes, Lexus, Land Rover та BMW.

Визначення толерантних меж: Було визначено діапазон задоволеності, який охоплює більшість марок автомобілів (від Lifan до Lexus) з заданою ймовірністю $\gamma = 0,9$.

Було проведено порівняння різних марок автомобілів за рівнем задоволеності. Наприклад, BMW, яка є конкурентом таких брендів як, Audi, Land Rover та інших, має високий рівень задоволеності і входить до групи лідерів.

Оцінка ймовірності: Була розрахована ймовірність того, що автомобіль певної марки належить до групи з найвищим рівнем задоволеності. Наприклад, для Audi ця ймовірність становить 79,6%.

Оскільки варіація індексу задоволеності становить $v(u) = 0,065$, ймовірність $F(U)$ належності до певної групи і визначається з умови:

$$F(U) = F(Z); \quad (2.2)$$

$$Z_i = (U_i - \bar{U}) / \sigma(U); \quad (2.3)$$

де $F(Z)$ – нормована функція розподілу;

Z_i – нормоване випадкове значення індексу задоволеності i -тої розглядуваної марки легкових автомобілів.

Наприклад, для легкових автомобілів BMW:

$$Z_{\text{Audi}} = (U_{\text{Audi}} - \bar{U}) / \sigma(U) = (85,7 - 81,213) / 5,42 = 0,828;$$

$$F(U_{\text{Audi}}) = F(Z_{\text{Audi}} = 0,828) = 0,796;$$

Таким чином, частка брендових марок легкових автомобілів BMW, Land Rover, Lexus, Honda, Mercedes, Toyota, Audi, Volvo у загальній сукупності ТОП-30, згідно з виразом, становить:

$$[F(U_{\text{max top}}) - F(U_{\text{mintop}})] \times 100\% = 0,19 \text{ (або 19\%)}. \quad (2.4)$$

На рисунку 2.2 відображено рейтинг задоволеності вищезгаданих брендових марок легкових автомобілів.

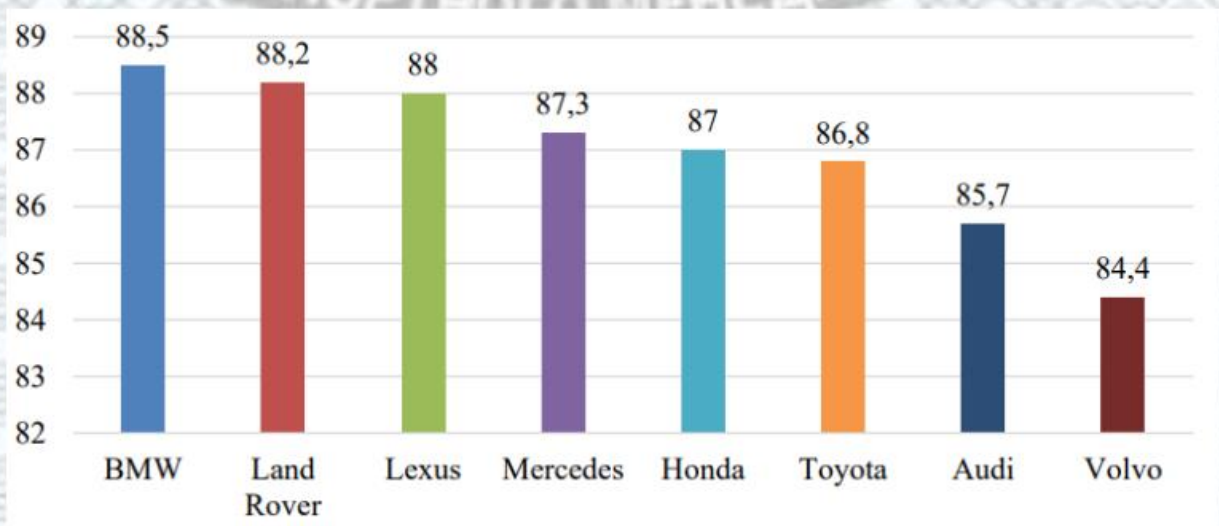


Рисунок 2.2 – Рейтинг задоволеності брендових марок легкових автомобілів

Отримані результати досліджень щодо визначення рейтингу задоволеності брендових легкових автомобілів дозволили цілеспрямовано підійти до аналізу динаміки обсягу продажів легкових транспортних засобів, що реалізуються на

території України, у ретроспективному періоді. В результаті чого з'явилася можливість створення моделей для конкретних легкових автомобілів та окремих марок з виділеного кластера (що найкраще задовольняють потреби споживачів транспортних засобів. Під час проведення аналізу та створення моделей здійснюється оцінка об'ємного показника продажів легкових автомобілів, а також ведеться його облік.

Це дослідження спрямоване на вирішення задач, пов'язаних зі створенням переліку основних вузлів та агрегатів легкових автомобілів марки BMW, які найчастіше виходять з ладу. Під час розгляду цих питань також враховуються фактори, пов'язані з інтенсивністю використання автомобілів, що дозволяє розробити алгоритм визначення потреби в запасних частинах та оптимізувати процеси обслуговування. Отримані дані необхідно розглядати в контексті змін кількості автомобілів у регіонах, де функціонують сервісні центри дилерів. Рисунок 2.3 ілюструє тенденцію зміни та прогноз обсягу продажів автомобілів BMW з 2012 по 2025 роки. Результати моделювання показують, що прогнози щодо зміни обсягу продажів автомобілів BMW відповідають циклам, які описують коливання економічної активності. Часовий проміжок між цими циклами та продажами автомобілів коливається від 2014 до 2025 року.

Проведені дослідження дозволяють детальніше вивчити такі питання:

- Визначення рівня поширення різних марок автомобілів, включаючи швидкість зміни кількості автомобілів у різних регіонах.
- Прогнозування частоти поломок та обсягів ремонтних робіт, що дозволить оптимізувати управління запасами запасних частин.

При прогнозуванні враховується інтенсивність використання автомобілів та їхня надійність. Важливо враховувати особливості роботи існуючих дилерських та дистриб'юторських мереж. Це дозволить оцінити потенціал їх розвитку.

На роботу дилерських та дистриб'юторських мереж впливають зовнішні фактори, такі як:

- Економічна ситуація.
- Структура ринку автомобільних послуг та рівень конкуренції.

- Державне регулювання бізнесу.

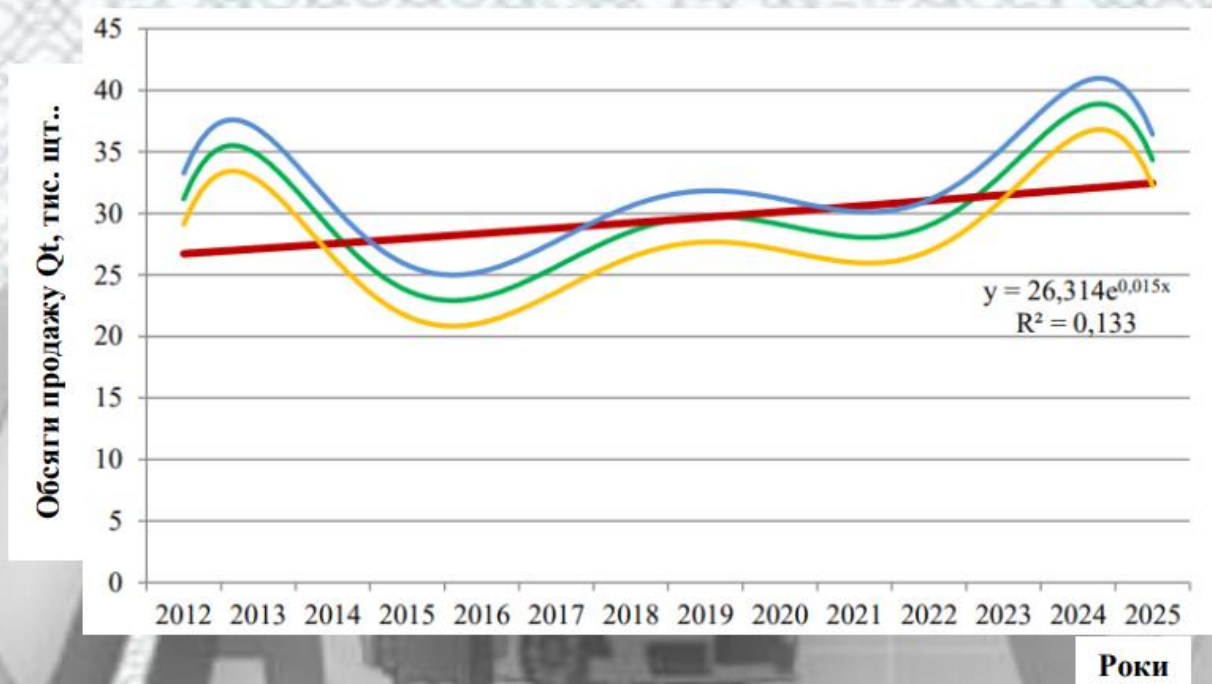


Рисунок 2.3 – Тенденція змін і прогноз об'єму продаж легкових автомобілів марки BMW з 2012 по 2025 роки

2.2 Виявлення елементів, що лімітують працездатність легкових автомобілів

Перелік елементів, вузлів та агрегатів легкових автомобілів, які найбільше впливають на їхню працездатність, формується з урахуванням таких критеріїв:

- типові поломки та їхня частота для кожної моделі.
- вплив цих поломок на загальну працездатність автомобіля.
- співвідношення вартості заміни деталі S та середнього пробігу до відмови L для даного типу несправностей легкових автомобілів.

Для отримання більш точних результатів було проведено дослідження мережі сервісних центрів BMW. Завдяки зібраним даним про несправності було визначено середній пробіг до поломки для кожної деталі та складено класифікацію несправностей.

Окрім методу послідовних переваг, у рамках цієї роботи була використана розроблена раніше методика визначення критичних елементів легкових автомобілів з точки зору їхньої надійності, але значно вдосконалена та доповнена в процесі виконання цієї роботи.

Для визначення впливу кожної деталі на загальну працездатність автомобіля було виділено п'ять етапів:

На першому етапі розв'язання задачі необхідно визначити ступінь впливу типової відмови Q_j на загальну працездатність легкових автомобілів. У рамках цього етапу було проаналізовано роботи [2, 25, 27, 34], в яких представлено необхідні дані про класифікацію, досвід обслуговування та експлуатації транспортних засобів, а також ремонт вузлів і агрегатів. Ступінь впливу типової відмови може відноситися до одного з трьох рівнів:

- Ступінь впливу Q_1 передбачає такий ступінь впливу елемента, при відмові якого неможлива експлуатація транспортного засобу, тобто він переходить у граничний або несправний стан;

- Ступінь впливу Q_2 передбачає такий ступінь впливу елемента, при відмові якого відбувається значне зниження техніко-експлуатаційних характеристик легкових автомобілів і виникає необхідність проведення ремонту, іншими словами, автомобіль набуває несправного стану;

- Ступінь впливу Q_3 передбачає такий ступінь впливу елемента, при відмові якого відбувається незначне відхилення техніко-експлуатаційних характеристик легкових автомобілів від еталонних значень, а усунення несправності не потребує проведення тривалого ремонту. Такий тип відмови можна віднести до незначних.

На другому етапі, після визначення ступеня впливу відмов за рівнями Q_j (Q_1 , Q_2 та Q_3) для кожного елемента E_i , проводиться бальна оцінка впливу відмови даного елемента на загальну працездатність транспортного засобу. Окрім того, на цьому етапі визначається сумарний вплив відмов елементів за кожним окремим рівнем Q_j . При цьому кожному значущому рівню відповідає більший бал відносно сукупності інших рівнів, тобто:

$$\left. \begin{aligned} \Omega_{ij} &> \sum_{k=j+1}^K \Omega_{i,k} \\ \Omega_{\Sigma i} &= \sum_{j=1}^m \Omega_{ij} \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

де: i – індекс елемента легкових автомобілів;

j – показник рівня впливу відмови елемента на загальну працездатність легкових автомобілів;

k – індекс порядкового номера розглядуваного елемента легкових автомобілів, $k = (\overline{1, K})$;

m – кількість рівнів впливу відмов елементів на працездатність легкових автомобілів;

n – загальна кількість елементів, що оцінюються з погляду вимог обмеження їхньої працездатності.

Таким чином, застосування умови (2.4) вимагає визначення впливу кожної відмови елемента на загальну працездатність легкових автомобілів залежно від обраної шкали оцінювання. Зазвичай, у такому випадку використовується 10-бальна або 100-бальна система оцінювання, але, насправді, для розв'язання цього завдання можна застосувати будь-яку зручну шкалу. В рамках цього етапу було обрано 10-бальну шкалу, оскільки вона має більшу наочність на відміну від 100-бальної системи, яка, в свою чергу, має більшу точність.

На цьому етапі також виникає питання обґрунтованості використання балів для оцінки впливу різних факторів на чутливість системи. Для цієї роботи, враховуючи 10-бальну шкалу оцінки впливу відмов кожного елемента $\{Ei\}$ на рівнях $Q1, Q2$ і $Q3$ при $j = (\overline{1, m})$, $m = 3$ оптимальною є така вимога до балів впливу елементів на працездатність легкових автомобілів:

$$\Omega_{i1} = 10;$$

$$\Omega_{i2} \cap \Omega_{i3} = \begin{cases} \Omega_{i2} = 8 & i \quad \Omega_{i3} = \text{або} \\ \Omega_{i2} = 7 & i \quad \Omega_{i3} = \text{або} \\ \Omega_{i2} = 6 & i \quad \Omega_{i3} = \text{або} \\ \Omega_{i2} = 5 & i \quad \Omega_{i3} = 4 \end{cases} \quad (2.5)$$

Тобто, найвищий бал (10) автоматично присвоюється першому рівню впливу (Q1). Балів Ω_{i2} і Ω_{i3} визначають за допомогою опитування групи експертів з автосервісу. Потім, використовуючи формулу (2.4), отримані оцінки упорядковують, що дозволяє здійснити сумування отриманих для кожного елемента E_i вагових оцінок Ω_{ij} з заданої множини $\{E_i\}_{i=1}^n$:

$$\Omega_{\Sigma i} = \sum_{j=1}^m \Omega_{ij} \quad (2.6)$$

За результатами сумування отриманих оцінок з'являється можливість упорядкування значення для кожного елемента шляхом визначення зайнятого ним місця, що дозволяє здійснити початкову оцінку найбільш критичних елементів з точки зору забезпечення загальної працездатності легкових автомобілів:

$$\lambda_{\Omega_i} = \begin{cases} \min \text{ для } \Omega_{\Sigma i} \Rightarrow \max \\ \max \text{ для } \Omega_{\Sigma i} \Rightarrow \min \end{cases} \quad (2.7)$$

Де у виразах (2.4) і (2.6) і (2.7):

j – є індекс рівня;

i – індекс елемента легкових автомобілів.

Остаточний вибір варіанту проведення аналізу впливу відмов елементів на працездатність легкових автомобілів визначається з умови:

$$C_i = (A_i^n + B_i^n) \Rightarrow \max \quad (2.8)$$

Таким чином, для комбінації вагових оцінок (10 – 7 – 2) $C_2 = (A_2^n + B_2^n) = 5,567$, а для комбінації (10 – 6 – 3) $C_3 = (A_3^n + B_3^n) = 5,81 > C_2 = 5,567$.

За результатами проведених досліджень в рамках аналізу чутливості результатів оцінок за рівнями можна зробити висновок про те, що найбільш оптимальною є комбінація (10 – 6 – 3), відповідно:

$\Omega_{i1} = 10$ – для першого рівня впливу (Q1);

$\Omega_{i2} = 6$ – для другого рівня впливу (Q2);

$\Omega_{i3} = 3$ – для третього рівня впливу (Q3);

де i визначається згідно з виразами (2.4 і 2.5) та позначає індекс елементу транспортного засобу, що підлягає експертній оцінці, а $j = (1, 3, 1)$ відображає індекс рівня впливу відмови елемента на загальну працездатність легкових автомобілів.

Таким чином, дана методика працює згідно з такою послідовністю вирішення задач. На основі вимоги виразу (2.4) для розглянутих рівнів впливу Q_j (Q_1 , Q_2 і Q_3) відмов елементів E_i транспортних засобів визначаються вагові оцінки їх впливу Ω_{ij} на загальну працездатність ТЗ шляхом проведення експертного опитування співробітників підприємства дилерської мережі СТО, які мають безпосереднє відношення до обслуговування та ремонту легкових автомобілів. Потім отримані вагові оцінки сумують $\Omega_{\Sigma i}$ за допомогою виразу (2.6) і упорядковують їх за рівнем впливу відмови окремого елемента на загальну працездатність легкових автомобілів згідно з умовою (2.7).

На третьому етапі постає завдання визначення статистичних показників зібраного масиву даних сумарних експертних оцінок. До цих статистичних даних відносяться середньоквадратичне відхилення $\sigma(\Omega_{\Sigma})$ та математичне сподівання $\overline{\Omega_{\Sigma}}$ для масиву $\{\Omega_{\Sigma i}\}, i = (\overline{1, n_Q})$, тобто:

$$\Omega_{\Sigma i} = \sum_{j=1}^m \Omega_{ij} \quad (2.9)$$

Потім формується масив для $\{K_i\}$ шляхом проведення нормування математичного очікування $\Omega_{\Sigma i}$ по середньоквадратичному відхиленню $\sigma(\Omega_{\Sigma})$:

$$K_i = \frac{\Omega_{\Sigma i}}{\sigma(\Omega_{\Sigma})} \quad (2.10)$$

На четвертому етапі необхідно визначити масив $\{S_i\}, i = (\overline{1, n_s})$ питомих затрат на придбання елементів транспортного засобу, які вийшли із ладу з метою підтримки його працездатності на 1000 км пробігу.

Далі, для масиву $\{S_{\Sigma i}\}, i = (\overline{1, n_s})$ необхідно обчислити статистичні характеристики середньоквадратичне відхилення $\sigma(S_{\Sigma})$ та математичного очікування $\bar{S}_{\Sigma}$ відповідно до формул (2.11) і (2.12):

$$\sigma(S_{\Sigma}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_s} (S_{\Sigma i} - \bar{S}_{\Sigma})^2}{n_s - 1}}, \quad (2.11)$$

$$S_{\Sigma i} = \sum_{j=1}^m S_{ij} \quad (2.12)$$

На даному етапі кількість елементів $n_Q = n_s$.

Наступним кроком є формування масиву $\{M_i\}$ шляхом нормування масиву питомих затрат $S_{\Sigma i}$ за середньоквадратичним відхиленням $\sigma(S_{\Sigma})$:

$$M_i = \frac{S_{\Sigma i}}{\sigma(S_{\Sigma})} \quad (2.13)$$

На п'ятому етапі необхідно відібрати з вихідного набору номенклатури елементів $\{E_i\} i=\overline{1, n}$ легкових автомобілів найбільш критичні та значущі з точки зору наслідків відмови і вартості придбання пошкодженого елемента. Для вирішення цього завдання необхідно провести попередню оцінку варіацій $v(K)$ і $v(M)$, відповідно:

$$v(K) = \sigma(K) / \bar{K}; v(M) = \sigma(M) / \bar{M}, \quad (2.14)$$

У випадку дотримання умови, за якої варіації $v(K)$ або $v(M) < 0,4$ для визначення критичних елементів, що забезпечують працездатність легкових автомобілів, застосовуються порогові значення нижніх довірчих границь K_y^H і M_y^H , що відповідають нормальному закону розподілу K_i або M_i . Якщо умова $v(K)$ або $v(M) < 0,4$ не дотримується, тобто $v(K)$ або $v(M) \geq 0,4$, то застосовується закон Гамма – розподілу. Найчастіше закон Гамма – розподілу застосовується в контексті поставок запасних частин, вузлів та агрегатів легкових автомобілів для дилерських мереж СТО в умовах підвищеної інтенсивності за певний період часу.

На фінальному етапі даних маніпуляцій стоїть завдання визначення елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів, і відповідають умовам:

$$R_i \geq \bar{R}_y^H, \quad (2.15)$$

$$n_R \leq \begin{cases} n_K = n_M \\ n_K \neq n_M \end{cases} \quad (2.16)$$

Дані умови відповідають вимогам визначення найбільш "критичних" елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів.

За результатами проведеного дослідження по вибору елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів, отримано графічне відображення результатів даного аналізу (рисунок 2.4).

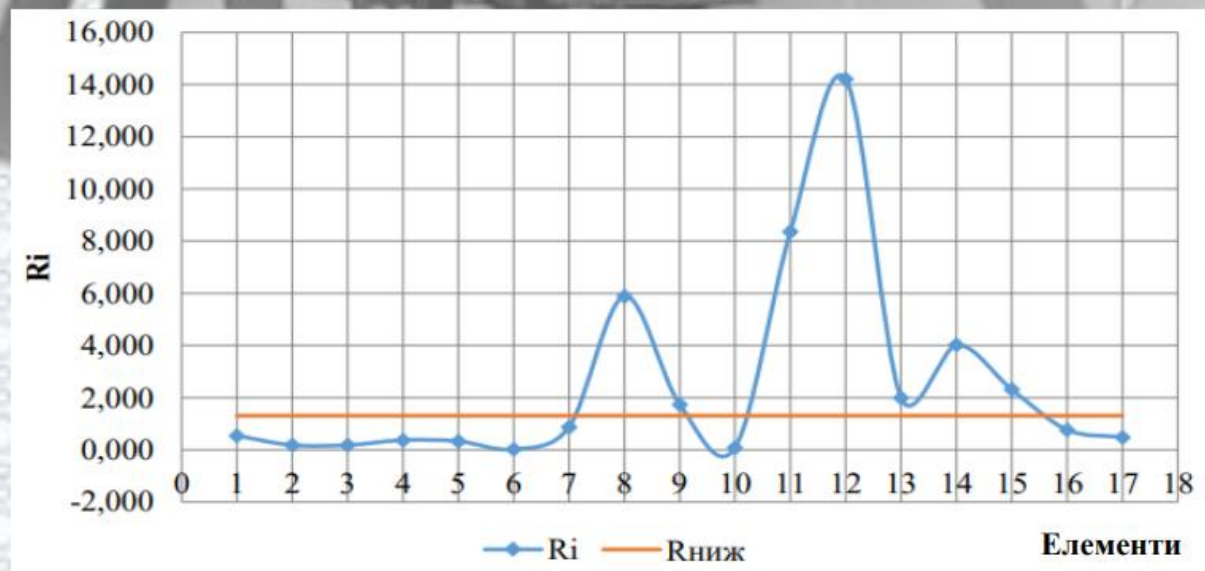


Рисунок 2.4 – Графічне зображення вибору елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів

На рисунку 2.4 R_i – значимість елементів $R_i \geq \bar{R}_y^H$ по впливу на працездатність легкових автомобілів;

$\bar{R}_y^H$ – нижня довірча границя. Найбільш "критичними" є елементи, що відповідають умові $R_i \geq \bar{R}_y^H$.

Таким чином, можна з упевненістю сказати, що дана методика дозволяє достовірно визначати елементи легкових автомобілів, що обмежують його працездатність, в результаті чого можлива реалізація прогнозування потреби в запасних частинах дилерських мереж СТО для забезпечення заданого рівня працездатності транспортного засобу і просування підприємства в розвинених промислових районах.

2.3 Розробка математичної моделі та методики прогнозування потреби в запасних частинах для забезпечення заданого рівня працездатності легкових автомобілів

Прогнозування динаміки збільшення легкових автомобілів (див. розділ 2.1), на основі обраної для проведення досліджень марки дозволяє провести повну оцінку потенційного потоку усунення відмов і несправностей, а також відновлення працездатності транспортних засобів. При прогнозуванні враховуються параметри експлуатаційної інтенсивності для транспортних засобів, а також показники, що характеризують їхню працездатність, що дозволяє визначати потребу дилерських СТО у вузлах, агрегатах і деталях, для нових або вже існуючих підприємств. Слід зазначити, що мають бути прийняті до розрахунку і фактори зовнішнього середовища, пов'язані переважно з економічним становищем, перспективністю зміни і потенціалом всієї системи постачання запасними частинами в реаліях ринку автосервісних послуг. Окрему увагу слід приділяти структурним особливостям споживчих послуг (в т. ч. їх якісним і кількісним характеристикам), направлених на відновлення і підтримку транспортних засобів в технічно справному (працездатному) стані з урахуванням складеної конкурентної ситуації і відповідно до законодавчих баз тощо. При прогнозуванні потреби в запасних частинах для мережі автосервісів важливо враховувати індивідуальні потреби кожного автомобіля. Це означає, що необхідно розрахувати оптимальну кількість запасних частин, необхідних для конкретного автомобіля, залежно від того, як часто він використовується та в яких

умовах експлуатується.

З цією метою на першому етапі необхідно відпрацювати моделі і методики оптимізації потреби в елементах легкових автомобілів для забезпечення заданого рівня їхньої працездатності з подальшим переходом на рішення задач другого етапу. Що передбачає розробку методики прогнозування потреби в частинах для легкових автомобілів з урахуванням їхнього просування в районах ділової активності.

Нижче ми проаналізуємо, як різні статистичні моделі можуть бути використані для прогнозування надійності автомобільних компонентів. Це дозволить нам розробити більш ефективні стратегії обслуговування автомобілів та оптимізувати запаси запчастин на автосервісах.

При цьому закономірності розподілу напрацювань на відмову аналізованих елементів досить добре (незалежно від значень коефіцієнта варіації наробітків на відмови) описуються розподілом Вейбулла – Гнеденка:

$$F(L) = 1 - e^{-L^\alpha/\beta} \quad (2.17)$$

де L – поточне значення напрацювання на відмову розглянутого елемента;

α – параметр форми для розподілу Вейбулла – Гнеденка;

β – середнє приведенє.

Параметри α (табульоване або значення, яке обчислюване аналітично) і β визначаються з наступних виразів:

$$\alpha = \varphi[V(L)] \quad (2.18)$$

$$\beta = \left(\frac{L}{b_\alpha}\right)^\alpha = a^\alpha \quad (2.19)$$

де a – параметр масштабу.

У виразі (2.19) присутнє значення гамма-функції Ейлера для $x=(1+1/\alpha)$, тобто:

$$b_\alpha = \Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right) = \Gamma(x) \quad (2.20)$$

Розподіл Вейбулла-Гнеденко, який добре описує напрацювання на відмову автомобільних деталей, можна пов'язати з іншими розподілами, зокрема гамма-розподілом. Гамма-розподіл широко використовується в теорії надійності для опису часу до відмов. Для оптимізації запасів запчастин для автомобілів доцільно використовувати гамма-розподіл, оскільки він добре описує як час до відмов деталей, так і інтенсивність звернень за ремонтом. У цьому розділі ми перетворимо параметри розподілу Вейбулла на параметри гамма-розподілу для подальшого використання в задачах оптимізації.

Для диференціальних функцій розподілу Вейбулла (2.21) та Гамма-розподілу (2.22) напрацювання елементів на відмови:

$$f(L) = \frac{\alpha}{\beta} L^{\alpha-1} * e^{-L^{\alpha}/\beta} F(L) = 1 - e^{-L^{\alpha}/\beta} \quad (2.21)$$

$$f(L) = \frac{\lambda^{\eta}}{\Gamma(\eta)} * L^{\eta-1} * e^{-\lambda L}, \quad (2.22)$$

де $\Gamma(\eta = \lambda * \bar{L} = \frac{\bar{L}^2}{\sigma^2(L)} f(L) = \frac{\lambda^{\eta}}{\Gamma(\eta)} * L^{\eta-1} * e^{-\lambda L})$ Гамма-функції Ейлера, відповідні параметри α (форми), a (масштабу), β (приведеного середнього) та $v_{\alpha} = \Gamma(1/\alpha + 1)$ (Гамма-функції Ейлера) для розподілу (2.21) відображені у вигляді (2.18 – 2.20), а для Гамма-розподілу (2.22) параметри масштабу $\lambda = \bar{L} / \sigma^2(L)$ та форми $\eta = \lambda * \bar{L} = \bar{L}^2 / \sigma^2(L)$ мають вигляд:

$$\lambda = \bar{L} / \sigma^2(L); \quad (2.23)$$

$$\eta = \lambda * \bar{L} = \bar{L}^2 / \sigma^2(L) \quad (2.24)$$

В рівняннях (2.23) та (2.24) $\sigma(u)(L)$ – оцінка математичного сподівання напрацювання на відмову елемента легкових автомобілів.

Для розглядуваних розподілів (Вейбулла та Гамма-розподілу) оцінки математичного сподівання напрацювань на відмови елементів легкових автомобілів $\bar{L} = b_{\alpha} * \beta^{1/\alpha}$, виражені через параметри $b_{\alpha} = \Gamma(1/\alpha + 1) = \Gamma(x)$, α , β та $\lambda = \bar{L} / \sigma^2(L)$, $\eta = \lambda * \bar{L} = \bar{L}^2 / \sigma^2(L)$ представлені у вигляді (2.25 та 2.26), тобто:

- для розподілу Вейбулла

$$\bar{L} = b\alpha * \beta^{1/\alpha} \quad (2.25)$$

- для Гамма-розподілу

$$\bar{L} = \eta / \lambda \quad (2.26)$$

Під час проведення досліджень у рамках теоретичної частини ми виходимо з припущення, що при відновленні працездатності легкових автомобілів марки BMW на гарантійному періоді експлуатації передбачається заміна відновлених елементів тільки на оригінальні комплектуючі. При виявленні та прогнозуванні потоків відмов розглядається простий процес відновлення – вимога рівності закономірності розподілів ймовірностей на перший та наступні відмови:

$$F(L_i) = F(L_{i+1}) = \dots = F(L_n), \quad F(L_n) = const, \quad (2.27)$$

Тоді, для головної функції потоку відмов елементів легкових автомобілів (з метою визначення кількості відмов на інтервалі пробігу L можна записати:

$$\Omega_n(L) = \sum_{n=1}^{\infty} [1 - \sum_{k=0}^n \frac{(\lambda L)^k}{k!} * \exp(-\lambda L)] , \quad (2.28)$$

де $\eta = n$ (приймає цілі значення).

У функції необхідно врахувати верхню межу сумування інтегральної функції розподілу $F(L)$ напрацювань на відмови. Маючи середній термін служби елемента T в роках (4 роки – гарантійний термін) та значення середніх річних пробігів автотранспортних засобів $\bar{L}_T$, можна попередньо визначити верхню межу сумування з умови:

$$N = \frac{\bar{L}_T * T}{\bar{L}} , \quad (2.29)$$

де $\bar{L}_\Gamma^*$ – математичне очікування річного пробігу легкових автомобілів, яке для подальшої оцінки діапазону нижніх та верхніх довірчих границь приймає значення:

$$\bar{L}_\Gamma^* = \begin{cases} \bar{L}_{\Gamma(\gamma)}^H \\ \bar{L}_\Gamma \\ \bar{L}_{\Gamma(\gamma)}^B \end{cases}, \quad (2.30)$$

де $\bar{L}_{\Gamma(\gamma)}^H$ – нижня довірна границя середнього річного пробігу для заданої довірчої ймовірності γ ;

$\bar{L}_\Gamma$ – оцінка (математичне сподівання) середньорічного пробігу;

$\bar{L}_{\Gamma(\gamma)}^B$ – верхня довірна границя середнього річного пробігу для заданої довірчої ймовірності γ .

Враховуючи вище наведені перетворення, для $\Omega_\eta(L)$ з виразу (2.28) можна остаточно записати:

$$\Omega_n(L) = \sum_{n=1}^N [1 - \sum_{k=0}^k \frac{(\lambda L)^k}{k!} * \exp(-\lambda L)] \quad (2.31)$$

Загальну витрату елементів можна записати у вигляді:

$$W_\alpha(L_i) = B_\alpha(L_i) + \frac{L_i}{\bar{L}_\alpha^H} \quad (2.32)$$

де $\frac{L_i}{\bar{L}_\alpha^H}$ – витрата елемента легкового автомобіля, встановленого виробником при виготовленні нового автомобіля і відпрацьованого до 1-ї відмови;

$\bar{L}_\alpha^H$ – нижня довірна межа напрацювання на відмову елемента для заданої довірчої ймовірності α , що визначається з виразу:

$$\bar{L}_\alpha^H = \bar{L} - u_\alpha * \frac{\sigma(L)}{\sqrt{n}} \quad (2.33)$$

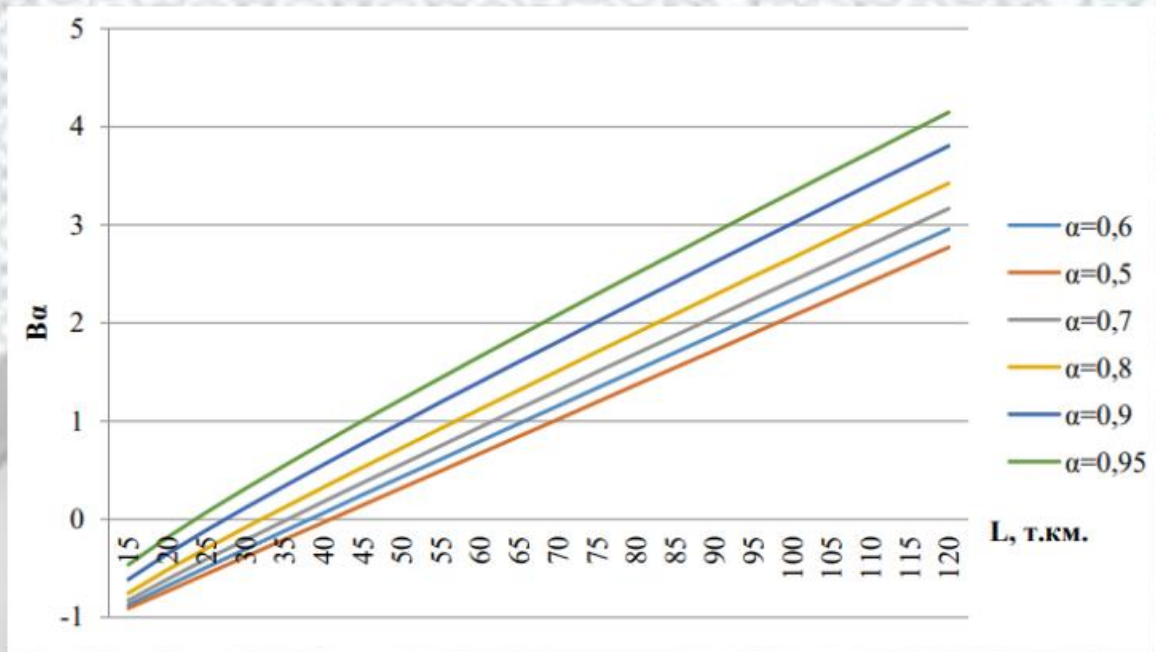


Рисунок 2.5 – Зміна $B_\alpha(L)$ залежно від зміни накопиченого пробігу L для різних значень заданої ймовірності відсутності простою α

У цьому виразі: $\bar{L}$ – середня напрацювання на відмову елемента легкового автомобіля (середній пробіг до першої поломки);

$\sigma(u)(L)$ – середнє квадратичне відхилення напрацювання на відмову елемента (характеризує розкид значень напрацювання на відмову);

n – кількість зафіксованих відмов розглядуваного елемента;

u_α – квантиль нормального розподілу (значення випадкової величини, яке відповідає заданій ймовірності α).

На рисунку 2.6 графічно показано, як змінюється загальна кількість необхідних запасних частин $W_\alpha(L_i)$ залежно від пробігу автомобіля L при різних значеннях заданої ймовірності, відсутності простою автомобіля α .

Норма витрат запасних частин та витрат на них для розглядуваних інтервалів пробігу $\Delta L = L_{i+1} - L_i$ із урахуванням заданих ймовірностей α відсутності простою транспортних засобів визначаються з виразів:

$$W_\alpha(\Delta L) = [B_\alpha(L_{i+1}) - B_\alpha(L_i)] + \left[\frac{L_{i+1} - L_i}{L_\alpha^H} \right], \quad (2.34)$$

$$S_{\alpha}(\Delta L) = \bar{S}_{3,ч.} * W_{\alpha}(\Delta L) = \bar{S}_{3,ч.} * \left\{ [B_{\alpha}(L_{i+1}) - B_{\alpha}(L_i)] + \left[\frac{L_{i+1} - L_i}{L_{\alpha}^H} \right] \right\} \quad (2.35)$$

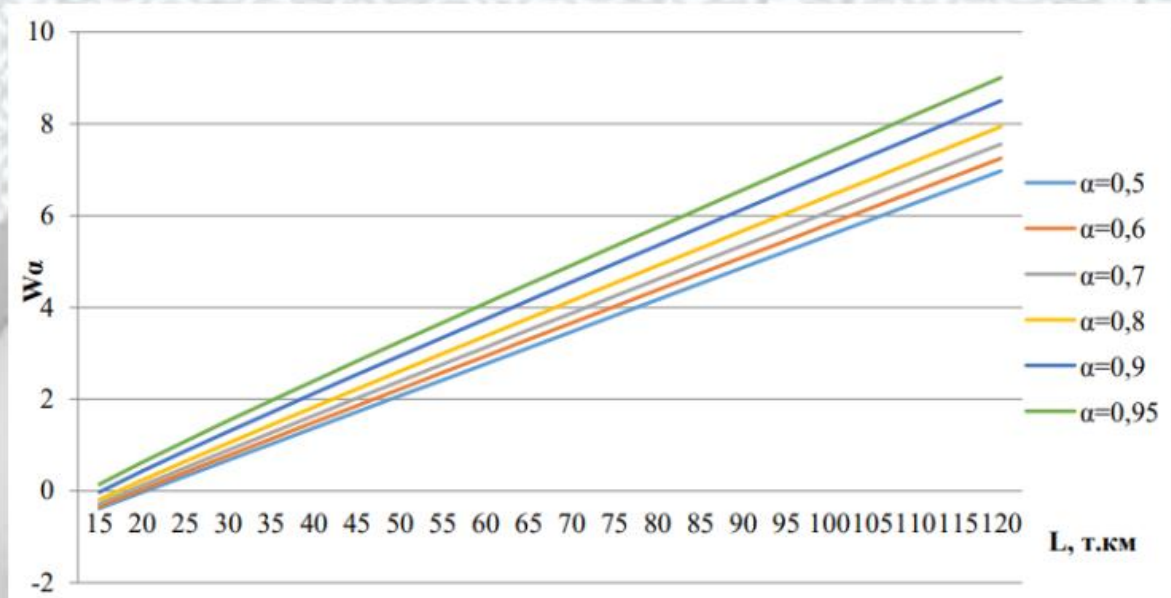


Рисунок 2.6 – Зміна загального витрачання запасних частин $W_{\alpha}(L_i)$ залежно від зміни накопиченого пробігу L для різних значень заданої ймовірності відсутності простою α легкових автомобілів

Розглядаючи використання легкових автомобілів приватним власником, можна оцінити потенційні втрати клієнта, а саме:

-потенційні втрати приватного власника на розглядуваному інтервалі пробігу $\Delta L = L_{i+1} - L_i$ для заданої ймовірності відсутності простою α можуть бути представлені у вигляді:

$$C_{\alpha \text{ ч. вл. }}(\Delta L) = [D_{\text{пр}} * P(D_{\text{пр}}) * \Omega_n(\Delta L)] * \frac{1}{\alpha}, \quad (2.36)$$

де $D_{\text{пр}}$ – середній час простою легкових автомобілів в ремонті (в днях);

$P(D_{\text{пр}})$ – втрати клієнта (приватного власника) протягом дня внаслідок простою легкових автомобілів в ремонті;

$\Omega_{\eta}(\Delta L)$ – значення ведучої функції потоку відмов розглядуваного елемента на інтервалі пробігу $\Delta L = L_{i+1} - L_i$ легкових автомобілів;

Загальні середні втрати для дистриб'ютора та приватного власника $\bar{S}_{\alpha \text{пр. вл.}}(\Delta L)$ або легкових автомобілів, що працюють в режимі таксі, та дистриб'ютора $\bar{S}_{\alpha \text{т}}(\Delta L)$ для заданої ймовірності відсутності простою α на розглядуваному інтервалі пробігу ΔL визначаються з виразів виду:

$$\bar{S}_{\alpha \text{ч. вл.}}(\Delta L) = [D_{\text{пр}} * P(D_{\text{пр}}) * \Omega_n(\Delta L)] * \frac{1}{\alpha} + \bar{S}_{\text{з.ч.}} * W_{\alpha}(\Delta L), \quad (2.37)$$

При збільшенні вимоги по ймовірності α відсутності простоїв через нестачу запасних частин та зростанні $D_{\text{пр}}$, $P(D_{\text{пр}})$, T_p загальні середні втрати $\bar{S}_{\alpha \text{пр. вл.}}(\Delta L)$ і $\bar{S}_{\alpha \text{т}}(\Delta L)$ будуть зростати. І навпаки, мінімальні складові втрат $\bar{S}_{\alpha \text{пр. вл.}}(\Delta L)$ і $\bar{S}_{\alpha \text{т}}(\Delta L)$ будуть досягатися при оптимальних значеннях заданої ймовірності відсутності простою α $D_{\text{пр}}$, $P(D_{\text{пр}})$, T_p (див. рисунок 2.7).

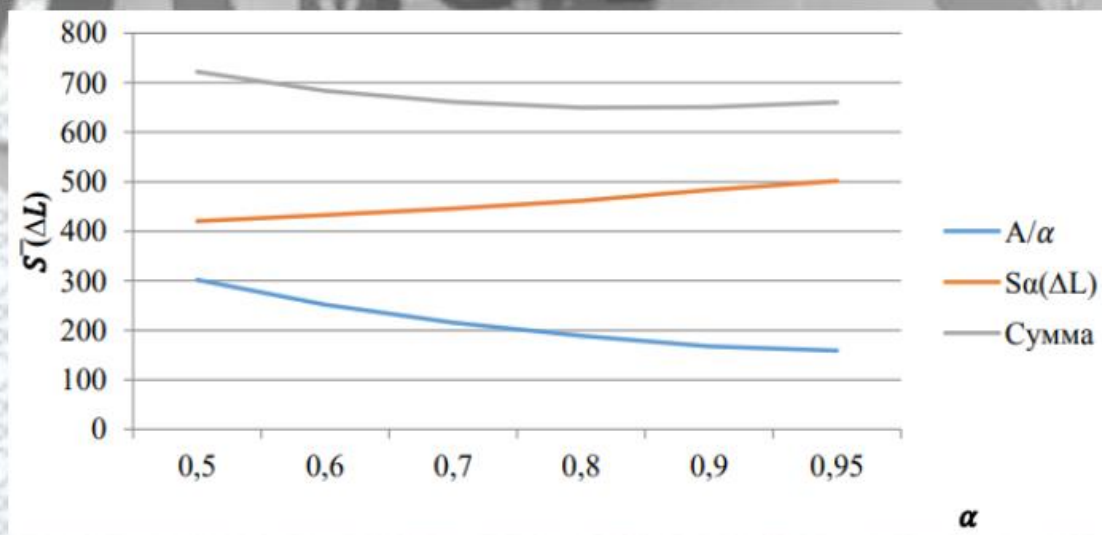


Рисунок 2.7 – Приклад зміни загальних втрат $\bar{S}_{\alpha \text{пр. вл.}}(\Delta L)$ залежно від середнього часу простою легкових автомобілів в ремонті $D_{\text{пр}}$, і заданої ймовірності α

Запропонована модель дозволяє розробити методику прогнозування потреби в запчастинах для легкових автомобілів з урахуванням їхнього поширення в промислово розвинених районах.

Для приватних власників легкових автомобілів, за заданих вхідних параметрів, що відображають середній час простою автомобіля в ремонті та

пов'язані з цим збитки (або ж середній час роботи автомобіля в режимі таксі, час простою в ремонті та втрати прибутку через відсутність запчастин), визначаються оптимальні значення ймовірності відсутності простоїв. Це дозволяє мінімізувати загальні середні втрати як для дистриб'ютора, так і для власника автомобіля.

Розв'язання цієї оптимізаційної задачі дає змогу, для заданого пробігу автомобіля ΔL , визначити оптимальну кількість запасних частин на один автомобіль.

$$W_{\alpha}(\Delta L) = [B_{\alpha}(L_{i+1}) - B_{\alpha}(L_i)] + \left[\frac{L_{i+1} - L_i}{L_{\alpha}^H} \right] \quad (2.38)$$

Враховуючи, що замовлення на запчастини, як правило, здійснюються щомісяця, таким пробігом може бути місячний пробіг L мес.

Використовуючи модель динаміки продажу автомобілів BMW та її прогноз, а також долю автомобілів, що експлуатуються в ділових районах, можна визначити потенційну потребу дистриб'юторської мережі в запчастинах для заданого періоду. Ця потреба може бути розрахована для середнього, оптимістичного та песимістичного сценаріїв.

$Q(t)$, $Q_{t(\text{верх})}$ та $Q_{t(\text{ниж})}$ загалом визначаються на основі використання полінома n -го степеня, відповідно для тренду, верхньої та нижньої довірчих меж:

$$Q_t = a_0 + a_1 * t + \dots + a_i * t^i + \dots + a_n * t^n, \quad (2.39)$$

де $a_0, a_1, \dots, a_i, \dots, a_n$ – коефіцієнти рівняння регресії;

t – приведені поточні значення року на розглядуваному часовому проміжку, що дорівнює $t = T - T_0$;

T – змінні значення поточних років з 2015 по 2025;

T_0 – рік прив'язки до початку координат (2014 рік).

З розділу 2.2. аналітичний опис прогнозу зміни обсягу продажів у вигляді тренду $Q(t) = f(t)$ та його верхньої $Q_{t(\text{верх})}$ і нижньої $Q_{t(\text{ниж})}$ довірчих меж має вигляд:

- для тренду:

$$Q_{t(\text{сер})} = -6,3815 + 66,984t - 37,457t^2 + 9,0181t^3 - 1,0638t^4 + 0,0607t^5 - 0,0013t^6 \quad (2.40)$$

- для верхньої (оптимістичної) довірчої межі:

$$Q_{t(\text{верх})} = -4,3013 + 66,984t - 37,457t^2 + 9,0181t^3 - 1,0638t^4 + 0,0607t^5 - 0,0013t^6 \quad (2.41)$$

- для нижньої (песимістичної) довірчої межі:

$$Q_{t(\text{ниж})} = -8,4617 + 66,984t - 37,457t^2 + 9,0181t^3 - 1,0638t^4 + 0,0607t^5 - 0,0013t^6 \quad (2.42)$$

На основі розроблених математичних моделей ми оцінимо, скільки запасних частин потрібно автосервісам. Для цього проаналізуємо дані про використання автомобілів та їхній розподіл за географічними зонами. Результати дослідження допоможуть оптимізувати логістику постачання запчастин.

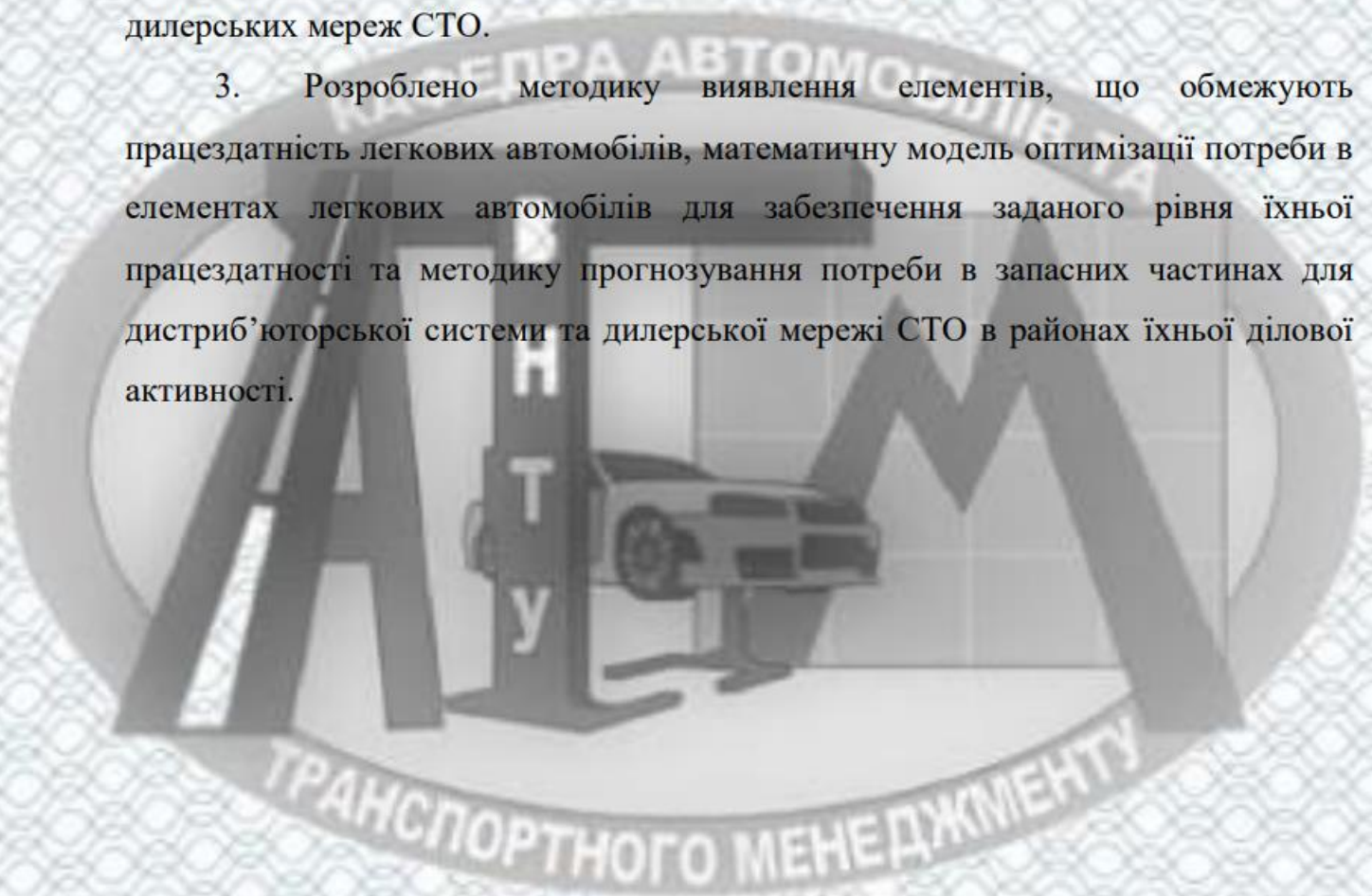
Висновки до розділу 2

За результатами проведених досліджень виділено основні висновки:

1. Визначено основні принципові теоретичні та методичні підходи, які безпосередньо впливають на процес вирішення задач, спрямованих на прогнозування потреби в запасних частинах для легкових автомобілів з урахуванням їхнього просування на ринку промислових районів і функціонування дистриб'юторських систем постачання запасних частин на сервісні підприємства дилерської мережі СТО.
2. Встановлено, що вирішення задач прогнозування потреби в запасних частинах сервісними підприємствами дилерської мережі СТО має передбачати проведення низки послідовних досліджень, які включають оцінку споживчої задоволеності та прогнозування просування легкового транспорту на ринок

України, виявлення елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів та вирішення питань забезпечення заданого рівня працездатності легкового транспорту при прогнозуванні потреби запасних частин для дилерських мереж СТО.

3. Розроблено методику виявлення елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів, математичну модель оптимізації потреби в елементах легкових автомобілів для забезпечення заданого рівня їхньої працездатності та методику прогнозування потреби в запасних частинах для дистриб'юторської системи та дилерської мережі СТО в районах їхньої ділової активності.



РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Основні методи проведення досліджень

Процес експлуатації легкових автомобілів та його ефективність тісно пов'язані з комплексним підходом до виконання різного роду заходів матеріально-технічного забезпечення, зокрема, з плануванням обсягу поставок та менеджментом, починаючи від ланцюжка дистриб'юторської мережі і закінчуючи дилерською мережею СТО.

Опираючись на досвід вітчизняного автомобільного ринку легкових автомобілів зарубіжного виробництва, а також темпи його зростання, можна простежити характерну для нього рису – обмеженість номенклатури деталей, вузлів та агрегатів (запасних частин), які є найбільш споживаними в частині загального обсягу витрачених запасних частин (включаючи елементи легкових автомобілів на гарантійному пробігу транспортних засобів). Своєчасне вжиття заходів щодо забезпечення необхідного рівня працездатності автотранспортних засобів може бути засноване на підході до оптимізації організації постачання та планування обсягу потреби і поставок запасних частин в умовах СТО в рамках розглядуваної дилерської мережі. У зв'язку з цим в рамках експериментальних досліджень передбачається формування структури та змісту необхідної інформації, визначення методів її обробки та використання для вирішення задач прогнозування потреби в елементах легкових автомобілів з урахуванням їхнього просування в районі ділової активності функціонування системи управління запасами.

Рішення даного завдання передбачає необхідність наявності експериментальної складової досліджень, спрямованої на:

- застосування статистичного підходу при отриманні статистичних характеристик надійності елементів легкових автомобілів в процесі експлуатації (включаючи математичне сподівання, середньоквадратичне відхилення

напрацювання на відмову елемента), абсолютних і відносних витрат на запасні частини при відновленні їхньої працездатності;

- визначення закономірностей розподілу відмов елементів (запасних частин) та формування ведучих функцій потоків відмов;
- виявлення рівня впливу відмов елементів легкових автомобілів на рівень їхньої працездатності;
- виділення номенклатури елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів.

Загальна блок-схема (рисунок 1.1) демонструє етапи експериментальних досліджень, а також їхню пряму кореляцію з теоретичною складовою та практичним застосуванням ряду отриманих в ході даної дисертаційної роботи результатів.

Перелік даних, використаних у даній роботі, сформований внаслідок проведення експерименту, заснованого на відстеженні обслуговування та ремонту автомобілів сімейства BMW на дилерських центрах м. Вінниця, що експлуатуються на гарантійному пробігу (120 тис. км, 4 роки експлуатації).

Автомобілі, що обслуговуються на дилерських центрах, експлуатувалися в умовах заміського та інтенсивного міського руху.

В ході експерименту було розглянуто 1000 автомобілів бренду BMW таких модельних серій як: BMW 1, BMW 3, BMW 5, BMW X3.

Структура елементів легкових автомобілів BMW та їхнє позначення, що підлягають оцінці експлуатаційної надійності, представлені в таблиці 3.1. Номенклатура компонентів АТЗ (BMW) формувалася на основі аналізу умов та інтенсивності експлуатації зазначених автомобілів, а також несправностей та потоку відмов при використанні інформаційної бази.

Відмови та несправності були класифіковані на основі основних положень [18, 19, 20, 21, 23, 27], з метою проведення якісної оцінки надійності вузлів та агрегатів легкових автомобілів.

Класифікаційні ознаки, з урахуванням специфіки відмов і несправностей, а також їхні приклади відображені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Структура та позначення елементів і систем легкових автомобілів BMW

№ п/п	Найменування елементів легкових автомобілів	Індекс елементів, Еі
1	Підшипник маточини	Е ₁
2	Мастиловідтискач (пропуски газополум'я)	Е ₂
3	Клапан регулювання на впускному розподільчому валові (порушення)	Е ₃
4	Водяний насос із термостатом	Е ₄
5	Клапан турбіни	Е ₅
6	Датчик тиску холодоагенту в радіаторі	Е ₆
7	Компресор кондиціонера	Е ₇
8	Рульова рейка	Е ₈
9	Рульовий вал (заклинювання)	Е ₉
10	Опорні підшипники	Е ₁₀
11	Мехатроніка КПП	Е ₁₁
12	Зчеплення КПП	Е ₁₂
13	Стартер	Е ₁₃
14	Ланцюг ГРМ	Е ₁₄
15	Насос ПНВТ	Е ₁₅
16	Насос муфти	Е ₁₆
17	Клапан охолоджуючої рідини	Е ₁₇

За методологією, експериментальні дослідження, орієнтовані на отримання вихідної інформації та оцінок, виконані з урахуванням реальної виробничої ситуації.

Прийнято розподіл отриманих в ході спостереження даних за організаційним і локальним ознаками з урахуванням досвіду та кваліфікації персоналу СТО (інженерів-діагностів). В даній роботі наведені приклади регулярного контролю технічного стану легкових автомобілів, що враховують напрацювання вузлів і агрегатів, реальних умов експлуатації, а також обсягів проведених технічних робіт, в т.ч. всього переліку виявлених і зареєстрованих відмов і несправностей.

З точки зору режиму і умов ряд проведених випробувань належить до класу випробувань, що не підлягають фіксації режиму роботи. Випробування, при розподілі за урахуванням рекомендацій носять наступний характер:

- інформаційний, тобто відомості спрямовані на велику кількість споживачів (в т. ч. клієнтів і співробітників СТО);

- рекомендаційний, який містить в собі певні пропозиції, спрямовані на адресу заводу-виробника, або ж споживачів. Таким чином, визначається перелік елементів легкових автомобілів, що обмежують працездатність, виявляються причини виникнення відмов і несправностей. Також формуються рекомендації щодо строків і специфікації робіт по підтриманню справного технічного стану транспортного засобу.

Таблиця 3.2 – Класифікація відмов і несправностей

Класифікаційна ознака	Види
1	2
1. Вплив на роботоздатність:	1.1. Відмова елемента, якій викликає відмову автомобіля
	1.2. Відмова елемента, який не викликає відмови автомобіля (несправність автомобіля)
2. За джерелом та причин виникнення відмов автомобіля:	2.1. Конструктивні (недоліки конструкції)
	2.2. Виробничі (недосконалість або порушення технології виготовлення)
	2.3. Експлуатаційні (порушення правил) технічної експлуатації, кваліфікація персоналу)
	2.4. Деградаційні, обумовлені природними процесами старіння
3. За характером зміни параметра технічного стану:	3.1. Поступові відмови – плавні та монотонні зміни технічного стану
	3.2. Раптові відмови – стрибкоподібні непрогнозовані зміни технічного стану
4. За значимістю впливу на працездатність:	4.1. Аварійна відмова – відмова елемента (елементів), що викликав дорожньо-транспортне пригода чи загорання транспортного кошти
	4.2. Критична відмова – відмова, що впливає на зниження дорожньої та екологічної безпеки, що призводить до припинення транспортного процесу та вимагає для нього усунення заміни базових деталей
	4.3. Істотна лінійна відмова – викликана погіршенням техніко – експлуатаційних властивостей, що призводить до припинення та (або) порушення розпочатого транспортного процесу

Продовження таблиці 3.2

1	2
	4.4. Не суттєва відмова – інші відхилення технічного стану від вимог нормативно – технічної документації не порушують транспортний процес

В процесі проведення експлуатаційних випробувань та отримання оціночних показників надійності (середніх напрацювань і середньоквадратичних відхилень напрацювань на відмови) елементів легкових автомобілів (BMW) проводилося їх розподілення за класами відновлюваності (тобто чи можливо усунути відмову або несправність без заміни деталі, вузла або агрегата чи потрібна повна заміна). Визначення порядку проведення випробувань, кількості об'єктів, а також виділення критеріїв припинення випробувань здійснювалося виходячи з повноти обсягу вихідних даних. В ході випробувань також можна відзначити період гарантійного пробігу, який супроводжувався передчасним припиненням експерименту внаслідок заміни того чи іншого елемента легкових автомобілів до настання критичної точки відмови (наявного критичного пробігу), внаслідок проведення передчасних робіт з усунення недоліку, що мало негативний вплив на статистичну вибірку, наприклад:

- переозначення (скорочення) тривалості випробувань;
- різні часові періоди початку або (і) закінчення проведення випробувань;
- вплив організаційних факторів на припинення випробувань деяких легкових автомобілів.

Основною умовою при використанні поточного підходу до збору та аналізу інформації про несправності та відмови в числі вузлів або агрегатів легкових автомобілів, є постійний контроль дотримання умов відповідності показника рівня довірчої ймовірності не нижче $\gamma = 0,9$. Водночас, величина граничної відносної похибки не повинна перевищувати значення $\delta = 0,1$.

Обробка статистичної інформації про експлуатаційну надійність та формування закономірностей ймовірностей виникнення відмов, отримання залежностей зміни значень провідних функцій потоків відмов, а також виявлення

закономірностей зміни витрат від напрацювання елементів на відмови (в тому числі й питомих витрат) та зв'язок абсолютних і питомих витрат по розглядуваних елементах, базувалися на використанні відомих положень теорії ймовірностей і математичної статистики та кореляційно-регресійного аналізу.

В основу відображених в ході даної роботи сукупностей вузлів, деталей і агрегатів легкових автомобілів закладені методики оцінки факторів з використанням «вагового» критерію і вибору послідовних переваг, викладені в роботах [18, 19, 21, 23, 27]. Також слід зазначити проведення класифікації несправностей і відмов в ході проведення якісної оцінки параметрів надійності і довговічності розглядуваної групи елементів легкових автомобілів.

3.2 Оцінка розподілу відмов елементів легкових автомобілів та витрат на їх придбання

Під час проведення експериментальних досліджень зі збору статистичної інформації про експлуатаційну надійність відібраних елементів було отримано такі оцінюючі показники: середнє напрацювання на відмову, $\bar{L}_i$, вартість запасних частин (елементів) S_i , питомі витрати на запасні частини (елементи), $S_{\text{пит}}$ (див. таблицю 3.3).

Таблиця 3.3 – Оціночні показники відібраних елементів

№ п/п	Найменування елементів легкових автомобілів	Індекс елементів, E_i	Середня напрацювання на відмову з відмовили ТЗ, $\bar{L}_i$, 1000 км	Вартість З.Ч. (E_i), S_i , у.о.	Питомі витрати на З.Ч. (E_i), $S_{\text{пит}}$, у.о./1000 км
1	2	3	4	5	6
1	Підшипник маточини	E_1	50,8	250	4,921
2	Масловідділювач (перепустки займання)	E_2	60,3	100	1,658

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
3	Клапан регулювання на впускному розподільчому валу (руйнування)	E ₃	79,9	50	0,626
4	Водяний насос із термостатом	E ₄	44,15	150	3,398
5	Клапан турбіни	E ₅	71,55	100	1,398
6	Датчик тиску холодоагенту в радіаторі	E ₆	72,2	30	0,416
7	Компресор кондиціонера	E ₇	76	400	5,263
8	Рульова рейка	E ₈	100	2000	20,000
9	Рульовий вал (заклинювання)	E ₉	28,55	300	10,508
10	Опорні підшипники	E ₁₀	63,8	100	1,567
11	Мехатроніка КПП	E ₁₁	63,3	1800	28,436
12	Зчеплення КПП	E ₁₂	23,35	950	40,685
13	Стартер	E ₁₃	60	650	10,833
14	Ланцюг ГРМ	E ₁₄	95	1300	13,684
15	Насос ПНВТ	E ₁₅	45	630	14,000
16	Насос муфти	E ₁₆	75,15	350	4,657
17	Клапан охолоджуючої рідини	E ₁₇	61,75	180	2,915

При подальшій обробці отриманих оцінювальних характеристик було проведено аналіз співвідношень їх з розглядуваними елементами легкових автомобілів, а також отримано ряд залежностей між показниками, що відображено на рисунках 3.1 – 3.6.

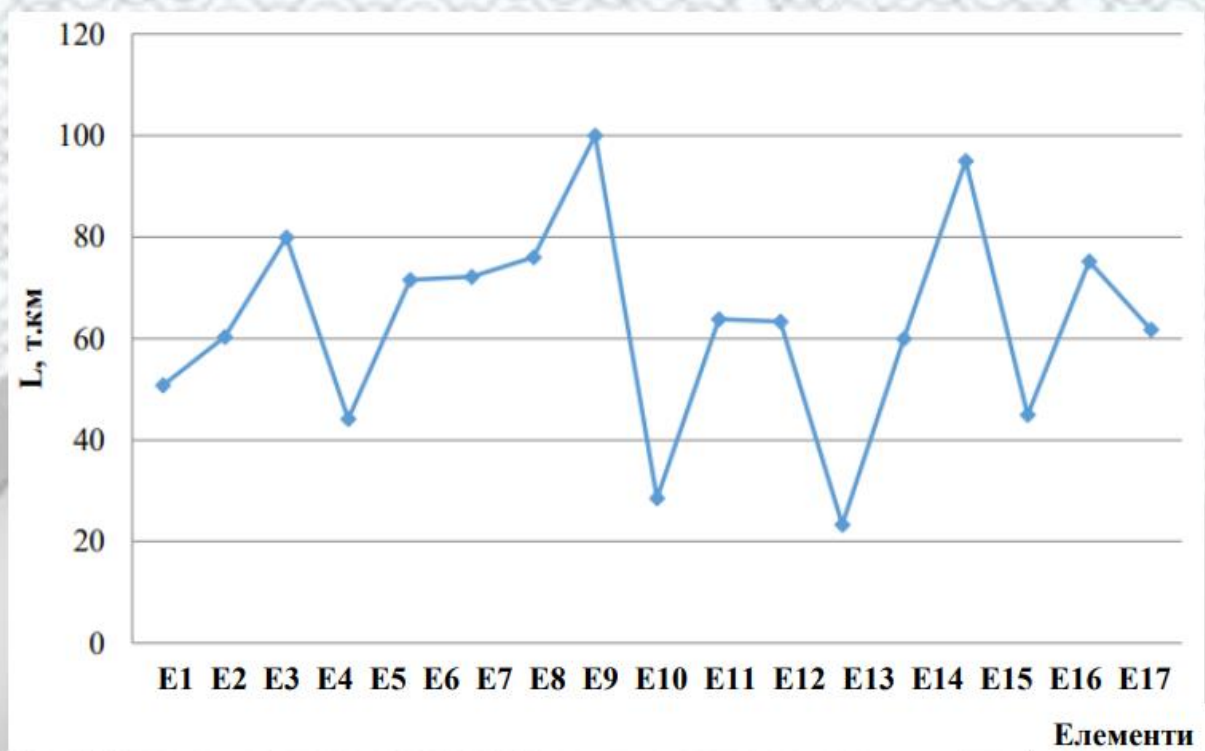


Рисунок 3.1 – Напрацювання елементів легкових автомобілів на відмову

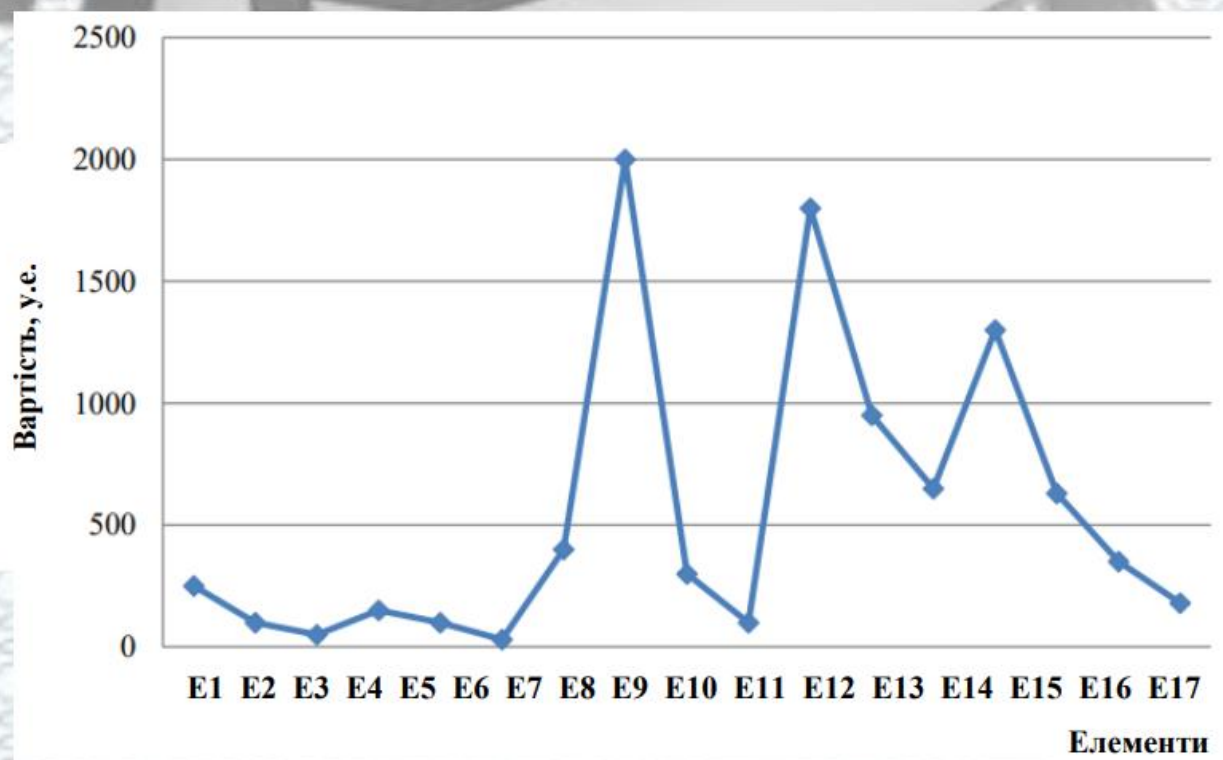


Рисунок 3.2 – Вартість відібраних елементів (ЗЧ)

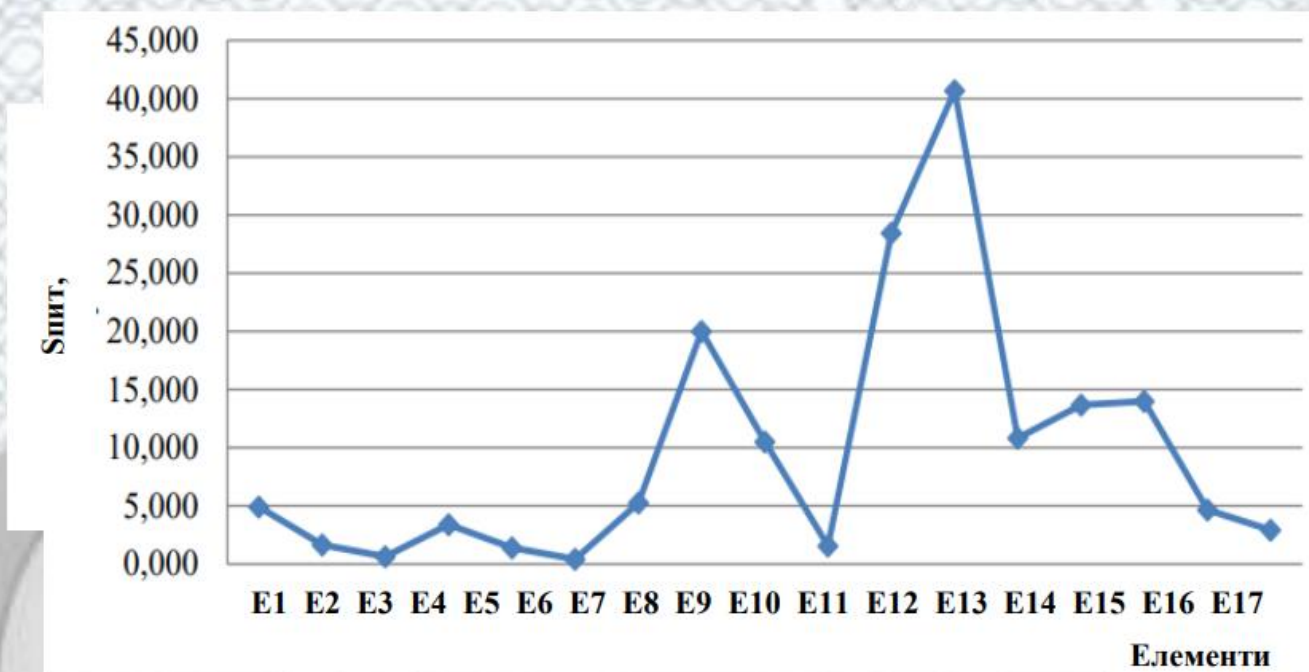


Рисунок 3.3 – Питомі витрати замісних елементів (ЗЧ) на 1000 км

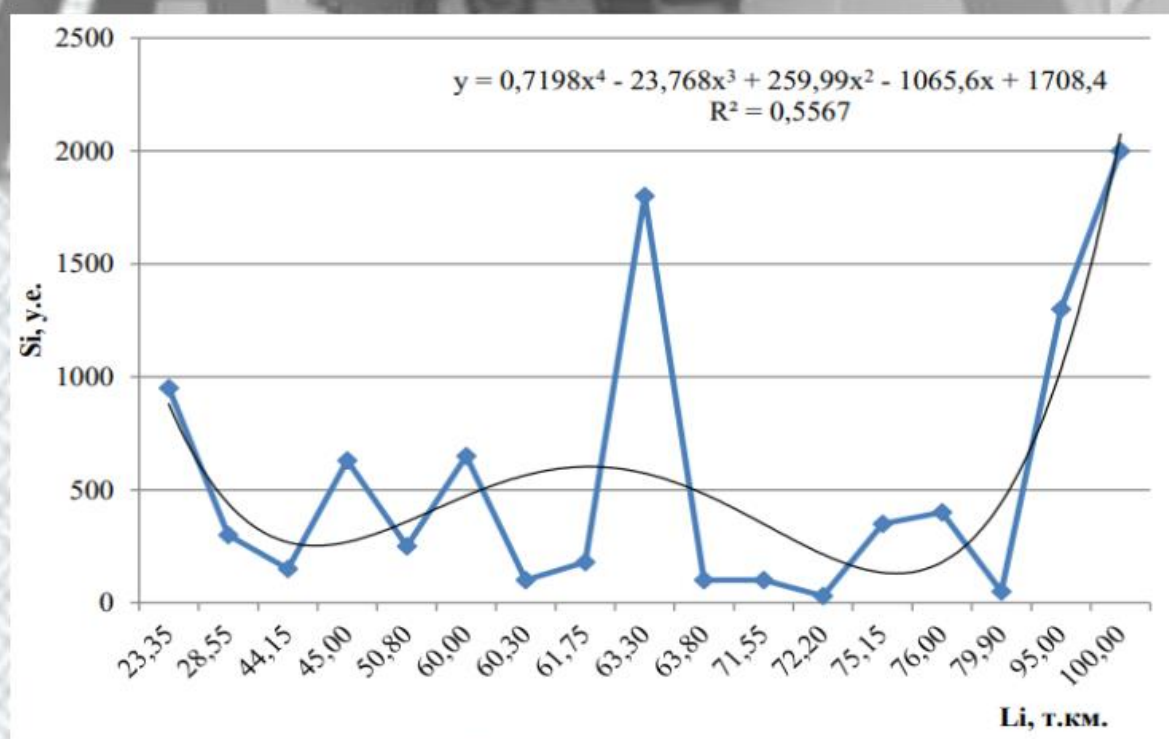


Рисунок 3.4 – Залежність абсолютних витрат на запасні частини від напрацювання на відмову

Із отриманих залежностей можна зробити висновок про те, що однозначне рішення, ґрунтуючись тільки на витратах, приймати недостатньо коректно, тому необхідно виявити елементи, що обмежують надійність для вирішення задач, визначених у даній роботі.

3.3 Виявлення елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів

Згідно з розробленою математичною моделлю (розділ 2.3) вирішено завдання виявлення елементів, що обмежують працездатність. Для подальшого розгляду та вирішення поставлених задач, пов'язаних з оптимізацією та прогнозуванням потреби в елементах легкових автомобілів з урахуванням їхнього просування в районі промислової активності функціонування дистриб'юторських систем постачання запасних частин в дилерську мережу СТО. Сукупність елементів, представлена нижче, в таблиці 3.4, була визначена з впливу на працездатність легкових автомобілів.

Таблиця 3.4 – Характеристики елементів, що впливають на працездатність легкових автомобілів

№ п/п	Найменування елемента	Позначення елемента	Рівні впливу на працездатність Q_i / оціночний показник Ω_{ij}			Сумарне значення оцінки $\Omega_{\Sigma i}$	Ціна запасної частини С, у.е.	Середнє напрацювання на відмову ℓ , т.км.	Питомі витрати на запчастини Si
			Q_1 $\Omega_{i1} = 10$	Q_2 $\Omega_{i2} = 6$	Q_3 $\Omega_{i3} = 3$				
1.	Підшипник маточини	E ₁		+		6	250	50,8	4,921
2.	Масловідділювач (перепустки займання)	E ₂		+		6	100	60,3	1,658
3.	Клапан регулю- вання на впуск- ному розподілі валу (руйнування)	E ₃		+		16	50	79,9	0,626
4.	Водяний насос із термостатом	E ₄		+		6	150	44,1	3,398

Продовження таблиці 3.4

№ п/п	Найменування елемента	Позначення елемента	Рівні впливу на працездатність Q_j / оціночний показник Ω_{ij}			Сумарне значення оцінки $\Omega_{\Sigma i}$	Ціна запасної частини C , у.е.	Середнє напруження на відмову ℓ , т.км.	Питомі витрати на запчастини S_i
			Q_1	Q_2	Q_3				
			$\Omega_{i1} = 10$	$\Omega_{i2} = 6$	$\Omega_{i3} = 3$				
5.	Клапан турбіни	E_5	+		+	13	100	71,5	1,398
6.	Датчик тиску холодоагенту в радіаторі	E_6			+	3	30	72,2	0,416
7.	Компресор кондиціонера	E_7		+	+	9	400	76	5,263
8.	Рульова рейка	E_8	+	+		16	2000	100	20,000
9.	Рульовий вал (заклинювання)	E_9		+	+	9	300	28,5	10,508
10.	Опорні підшипники	E_{10}			+	3	100	63,8	1,567
11.	Мехатроніка КПП	E_{11}	+	+		16	1800	63,3	28,436
12.	Зчеплення КПП	E_{12}	+	+	+	19	950	23,3	40,685
13.	Стартер	E_{13}	+			10	650	60	10,833
14.	Ланцюг ГРМ	E_{14}	+	+		16	1300	95	13,684
15.	Насос ПНВТ	E_{15}		+	+	9	630	45	14,000
16.	Насос муфти	E_{16}		+	+	9	350	75,1	4,657
17.	Клапан охолоджуючої рідини	E_{17}		+	+	9	180	61,7	2,915

Після проведених розрахунків були визначені найважливіші елементи з точки зору їхнього впливу на працездатність легкових автомобілів. Значення, що перевищують нижню границю інтегральної результуючої ознаки R_y^H , потрапляють в категорію запасних частин, які мають високе значення для працездатного стану транспортного засобу в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Виявлення елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів

№ п/п	Найменування елемента	Позначення елемента	Нормування значення бальних оцінок	Нормування масиву питомих витрат	Значимість (Інтегральна) елементів	Нижній кордон результуючого ознаки	Елементи, лімітують працездатність
			K_i	M_i	R_i	R_y^H	E_i
1.	Підшипник маточини	E_1	1,225	0,443	0,643	1,310	
2.	Масловідділювач (перепустки займання)	E_2	1,225	0,149	0,183		
3.	Клапан регулю- вання на впуск- ному розподілі валу (руйнування)	E_3	3,268	0,056	0,184		
4.	Водяний насос із термостатом	E_4	1,225	0,306	0,375		
5.	Клапан турбіни	E_5	2,655	0,126	0,334		
6.	Датчик тиску холодоагенту в радіаторі	E_6	0,613	0,037	0,023		
7.	Компресор кондиціонера	E_7	1,838	0,474	0,871		
8.	Рульова рейка	E_8	3,268	1,800	5,882		E_8
9.	Рульовий вал (заклинювання)	E_9	1,838	0,946	1,738		E_9
10.	Опорні підшипники	E_{10}	0,613	0,141	0,086		
11.	Мехатроніка КПП	E_{11}	3,268	2,559	8,363		E_{11}
12.	Зчеплення КПП	E_{12}	3,881	3,661	14,209		E_{12}

Продовження таблиці 3.5

№ п/п	Найменування елемента	Позначення елемента	Нормування значення бальних оцінок	Нормування масиву питомих витрат	Значимість (Інтегральна) елементів	Нижній кордон результуючого ознаки	Елементи, лімітують працездатність
			K_i	M_i	R_i	R_y^H	E_i
13.	Стартер	E_{13}	2,042	0,975	1,991	1,310	E_{13}
14.	Ланцюг ГРМ	E_{14}	3,268	1,232	4,025		E_{14}
15.	Насос ПНВТ	E_{15}	1,838	1,260	2,316		E_{15}
16.	Насос муфти	E_{16}	1,838	0,419	0,770		
17.	Клапан охолоджуючої рідини	E_{17}	1,838	0,262	0,482		

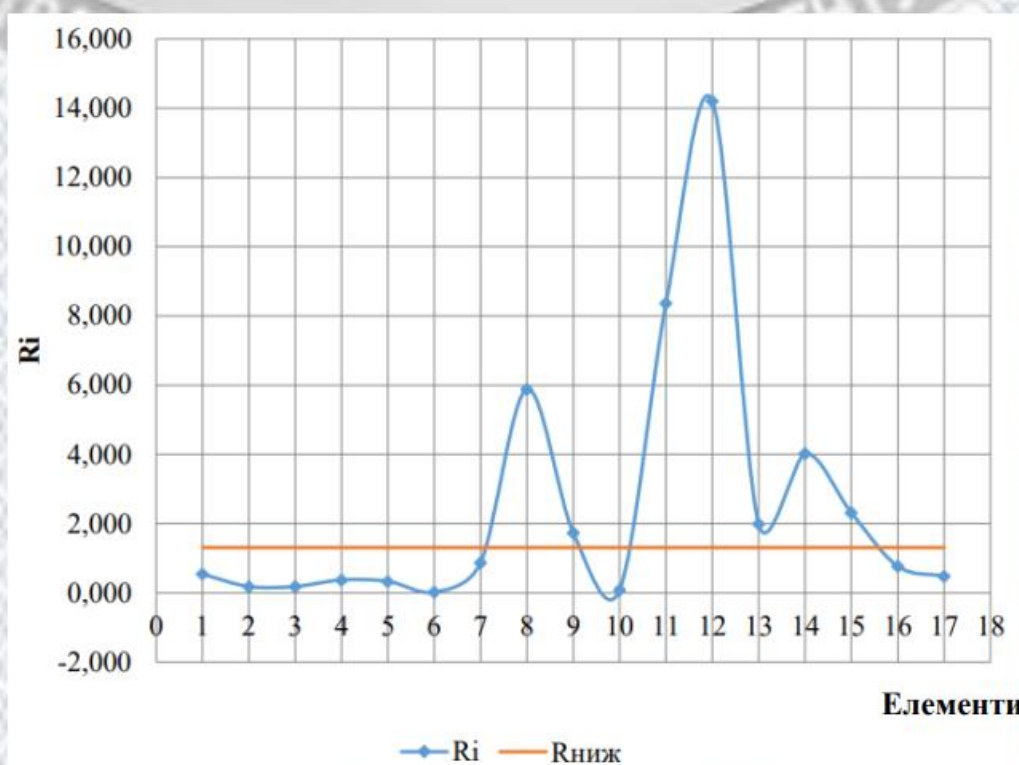


Рисунок 3.5 – Відібрані елементи, які обмежують працездатність легкових автомобілів

За результатами розрахунків були виявлені елементи, що обмежують працездатність легкових автомобілів такі як: рульова рейка (E8), рульовий вал (E9), мехатронік КПП (E11), зчеплення КПП (E12), стартер (E13), ланцюг ГРМ (E14), насос ПНВТ (E15). Із графіка 3.10 видно, що значення критерію R_i цих елементів знаходиться вище знайденої нижньої довірчої границі критерію R_y^H .

3.4 Визначення закономірностей розподілу відмов елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів

Для продовження дослідження були визначені основні закономірності розподілів відмов елементів (запчастин), що обмежують працездатність легкових автомобілів. У таблиці 3.6. відображені результати проведеної оцінки вузлів і агрегатів автомобілів марки BMW за показником працездатності з розподілом за відмовами і несправностями.

Таблиця 3.6 – Результати проведеної оцінки вузлів і агрегатів автомобілів марки BMW за показником працездатності з розподілом за відмовами і несправностями

№ п/п	Найменування елемента	Позначення елемента	Показники надійності		
			Середня напрацювання; ℓ , т.км.	Коефіцієнт варіації $v(l)$	Гамма відсоткова напрацювання $l\gamma$, т. км. для $\gamma = 0,9$
1	Підшипник маточини	E ₁	50,8	0,292	31,77/ 3,18
2	Масловідділювач (перепустки займання)	E ₂	60,3	0,100	52,52/ -
3	Клапан регулюван- ня на впускному розподілі валу (руйнування)	E ₃	79,9	0,163	63,20

Продовження таблиці 3.6

№ п/п	Найменування елемента	Позначення елемента	Показники надійності		
			Середня напрацювання; ℓ , т.км.	Коефіцієнт варіації $v(\ell)$	Гамма відсоткова напрацювання $l\gamma$, т. км. для $\gamma = 0,9$
4	Водяний насос із термостатом	E_4	44,15	0,211	32,22 / 9,91
5	Клапан турбіни	E_5	71,55	0,290	44,95
6	Датчик тиску холодоагенту в радіаторі	E_6	72,2	0,197	53,92 / 0,77
7	Компресор кондиціонера	E_7	76	0,126	63,69/ -
8	Рульова рейка	E_8	100	0,123	84,17/ -
9	Рульовий вал (заклинювання)	E_9	28,55	0,368	15,08/ -
10	Опорні підшипники	E_{10}	63,8	0,192	48,09/ -
11	Мехатроніка КПП	E_{11}	63,3	0,155	50,70/ -
12	Зчеплення КПП	E_{12}	23,35	0,330	13,49
13	Стартер	E_{13}	60	0,142	49,04/ -
14	Ланцюг ГРМ	E_{14}	95	0,122	80,12/ -
15	Насос ПНВТ	E_{15}	45	0,216	32,53/ -
16	Насос муфти	E_{16}	75,15	0,172	58,56/ -
17	Клапан охолоджуючої рідини	E_{17}	61,75	0,161	48,99/ -

Графіки диференціальних функцій розподілу напрацювання до відмови для вибраних елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів, можна спостерігати на рисунках 3.6-3.12.

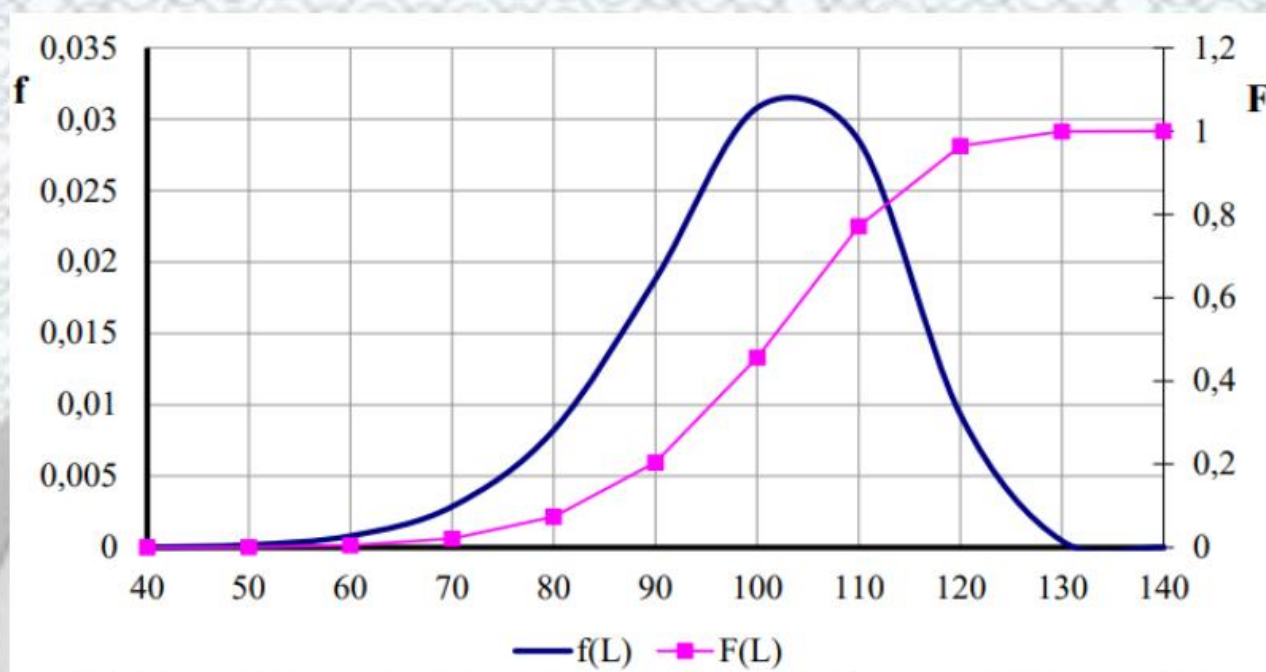


Рисунок 3.6 – Графік розподілу напрацювання до відмови для 8-го елемента

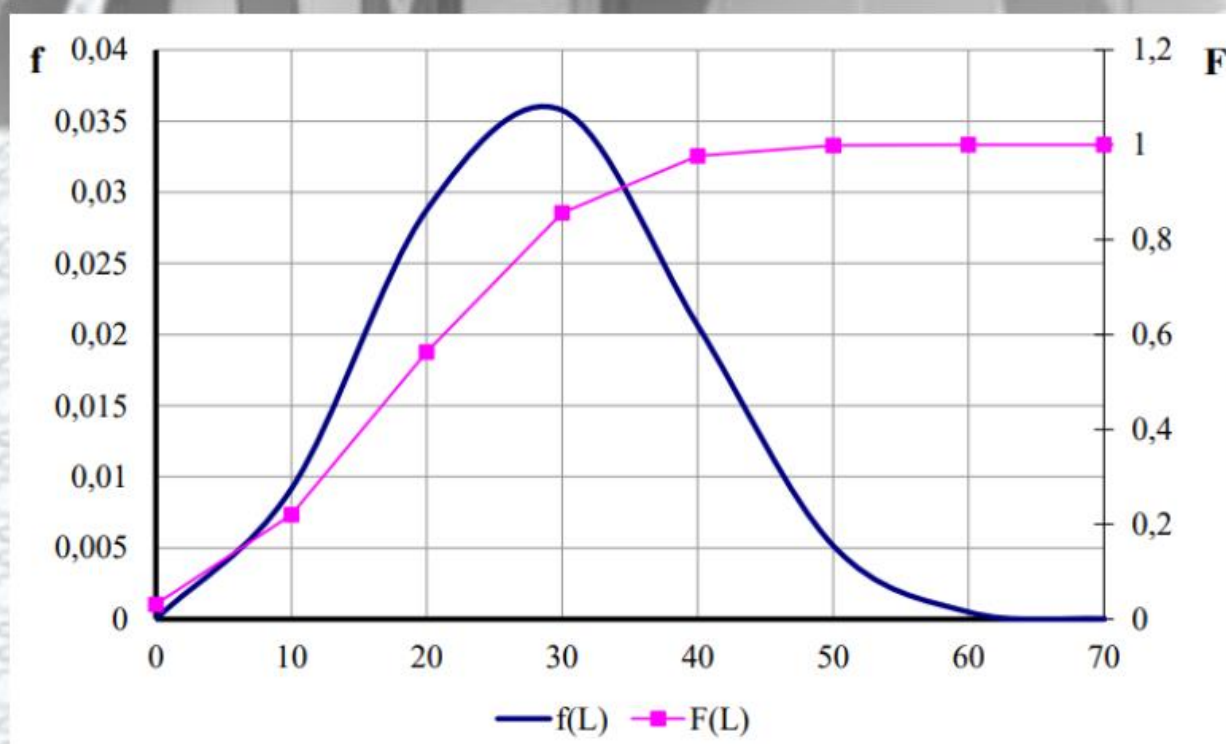


Рисунок 3.7 – Графік розподілу напрацювання до відмови для 9-го елемента

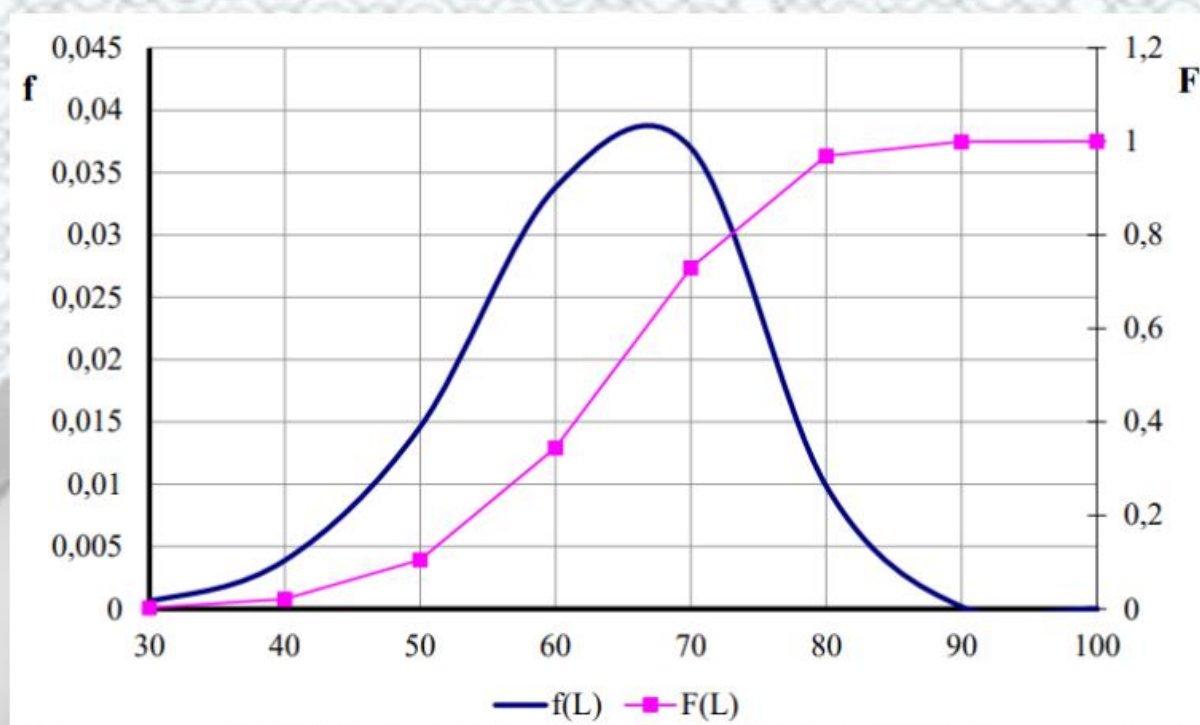


Рисунок 3.8 – Графік розподілу напрацювання до відмови для 11-го елемента

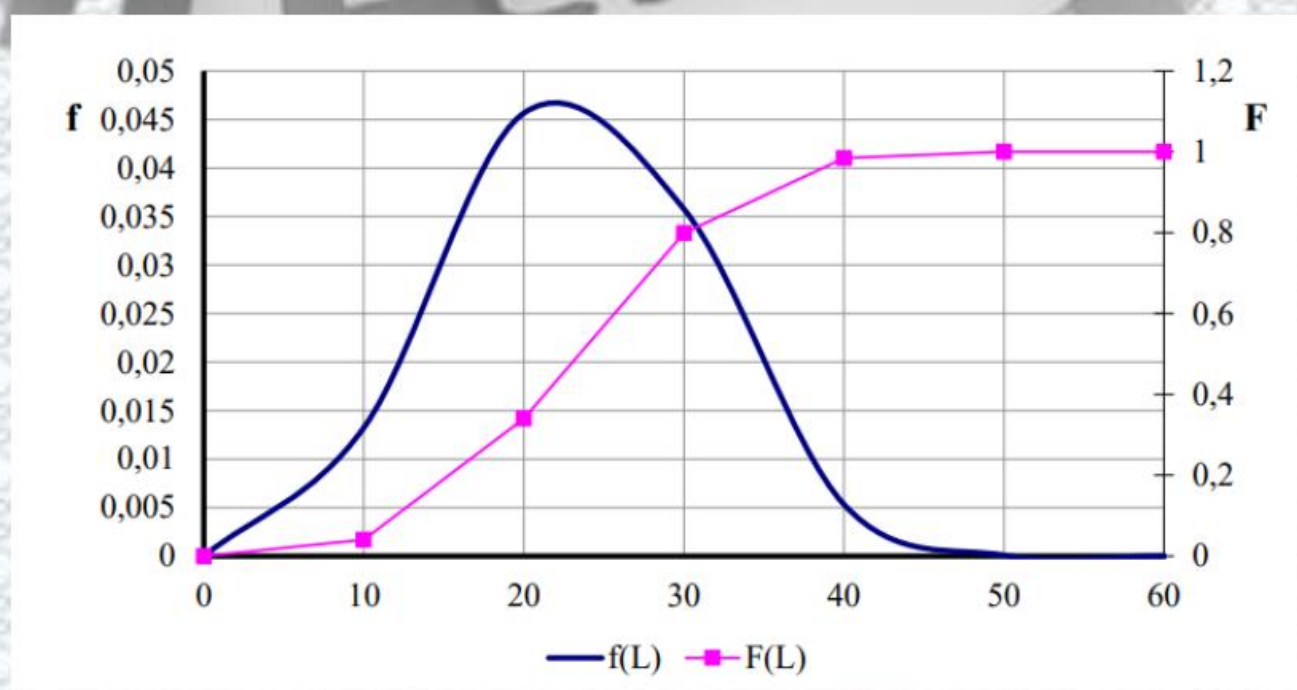


Рисунок 3.9 – Графік розподілу напрацювання до відмови для 12-го елемента

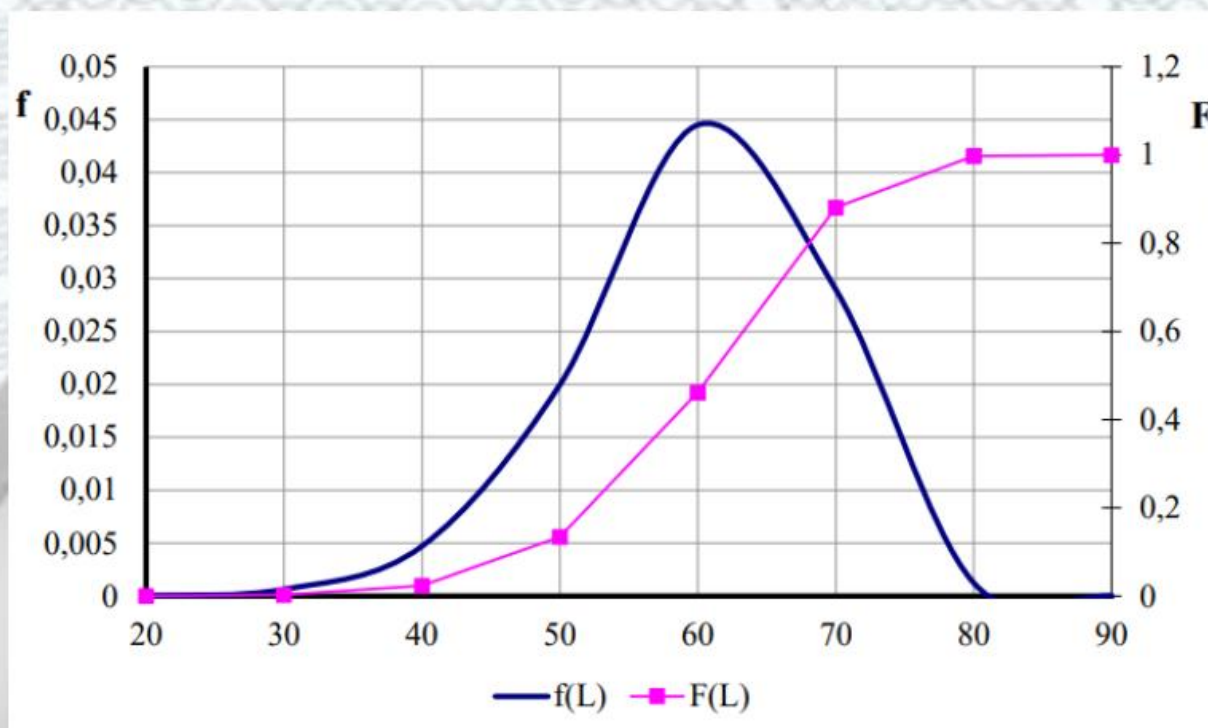


Рисунок 3.10 – Графік розподілу напрацювання до відмови для 13-го елемента

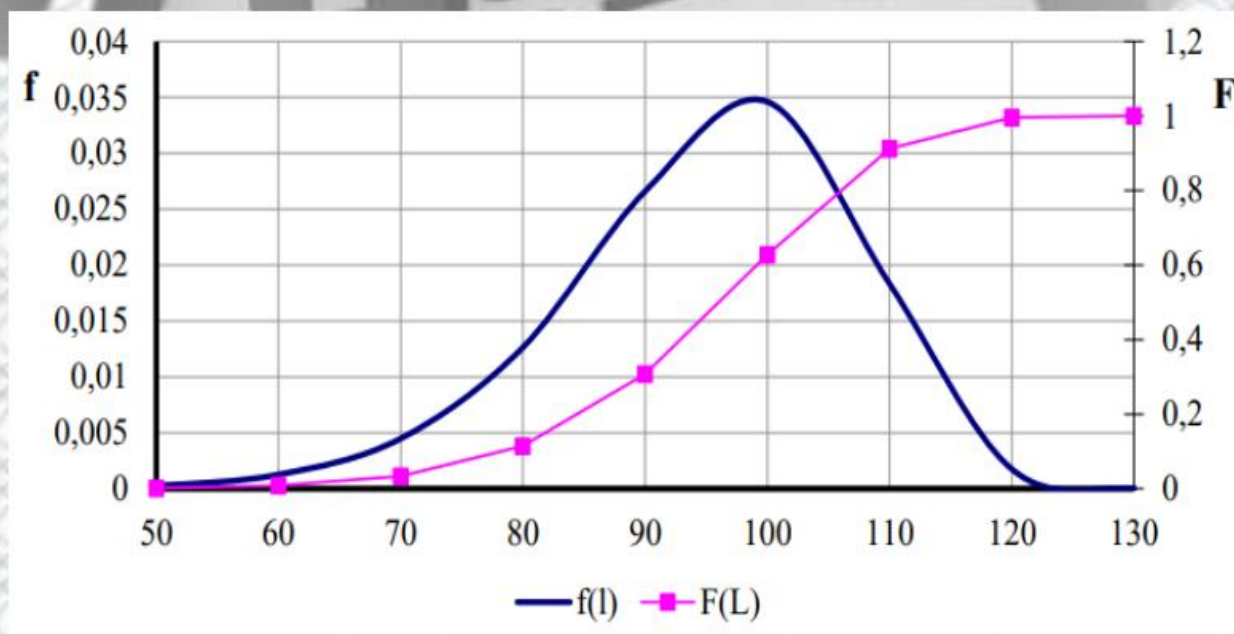


Рисунок 3.11 – Графік розподілу напрацювання до відмови для 14-го елемента

Отримані результати (графіки) були використані для створення моделі, яка дозволяє оптимізувати роботу мережі автосервісів в ділових районах (див. розділ 3.4).

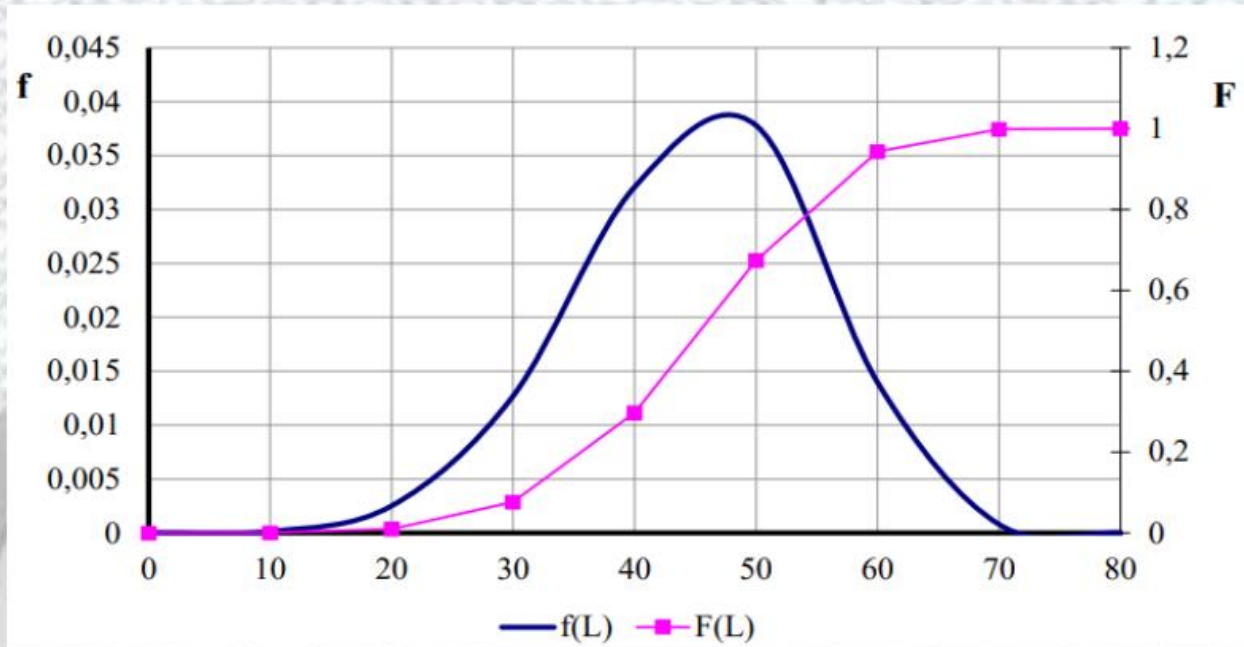


Рисунок 3.12 – Графік розподілу напрацювання до відмови для 15-го елемента

Під час обробки експериментальних даних ми розглянули можливість використання асимптотичних залежностей для опису частоти виходу з ладу деталей.

Як змінні для обчислення Ω ($x \in L_{ij}$) ми використовували напрацювання L_{ij} i -го елемента до відмови.

Загальний вигляд Ω (L_{ij}) визначається формулою:

$$\Omega(L_{ij}) = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(L_{ij}) , \quad (3.1)$$

де $F_n(L_{ij})$ – це ймовірність того, що 1-й елемент, який вийшов з ладу n -ий раз на відстані L_{ij} .

Для розробки методів розрахунку потреби автосервісів в запасних частинах ми використовували дані про частоту поломок деталей і вузлів автомобілів, а також асимптотичні залежності. Обробка отриманих даних базується на останніх досягненнях науковців у цій галузі.

Запропонована модель охоплює найпоширеніші процеси відновлення вузлів і агрегатів легкових автомобілів (прості та складні). У випадку простого відновлення функція розподілу напрацювань на відмову буде сталою і матиме

вигляд $F_{1(L)} = F_{i,i+1(L)} = F(L)$. Другий процес відновлення (складний) відрізняється тим, що рівність функції розподілу обмежена і не поширюється на перший метод, а має вигляд $F_{1(L)} = F_{i,i+1(L)} = F(L)$. Залежності, що відповідають асимптотичному виду, дозволяють отримати досить точні оціночні значення параметрів $\Omega(L_{ij})$, а також їх інтервальні значення. Особливо ці функції актуальні для складних методів відновлення, які спрямовані на підтримання транспортних засобів у справному стані. При оцінці рівня запасу вузлів і агрегатів (запчастин) на практиці використовують саме такі залежності.

На основі вищевикладеного можна провести оцінку основних характеристик потоку відмов на пробігу L (тобто кількості відмов), представлених у вигляді формули:

$$\Omega(L) = \frac{L}{L_1} + 0,5 \left(\frac{\sigma_1^2}{L_1^2} - 1 \right) \quad (3.2)$$

де L – поточне значення відпрацювання розглядуваного елемента;

L_1 – оцінка математичного очікування напрацювання елемента до першої відмови (середній наробіток до першої відмови);

σ_1^2 – оцінка середньоквадратичного відхилення напрацювання до першої відмови.

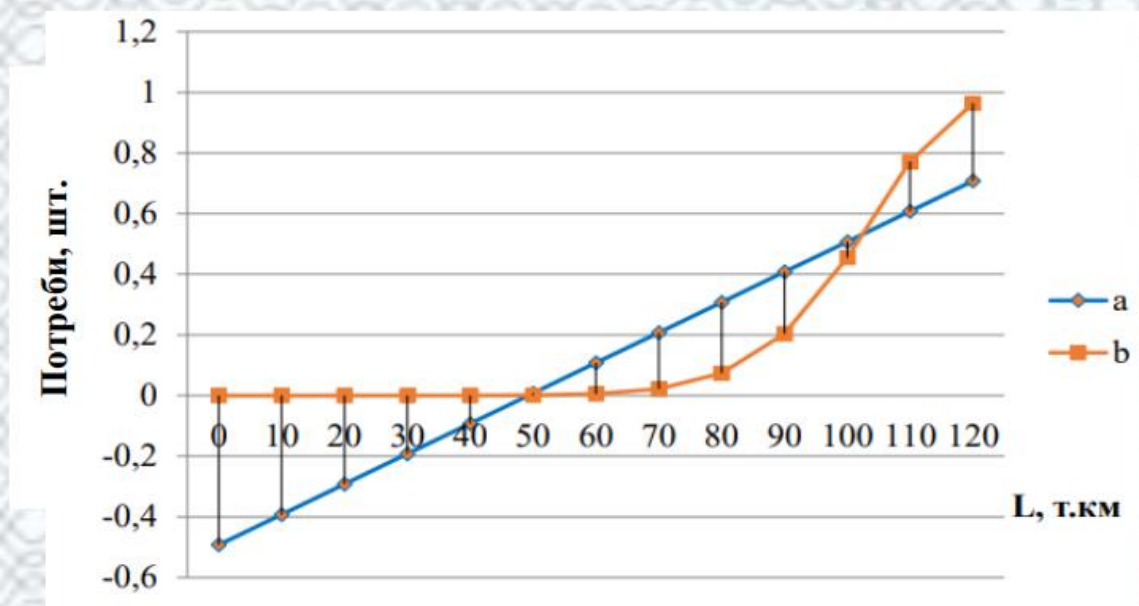


Рисунок 3.13 – Основна функція потоку відмов – елемент Е8

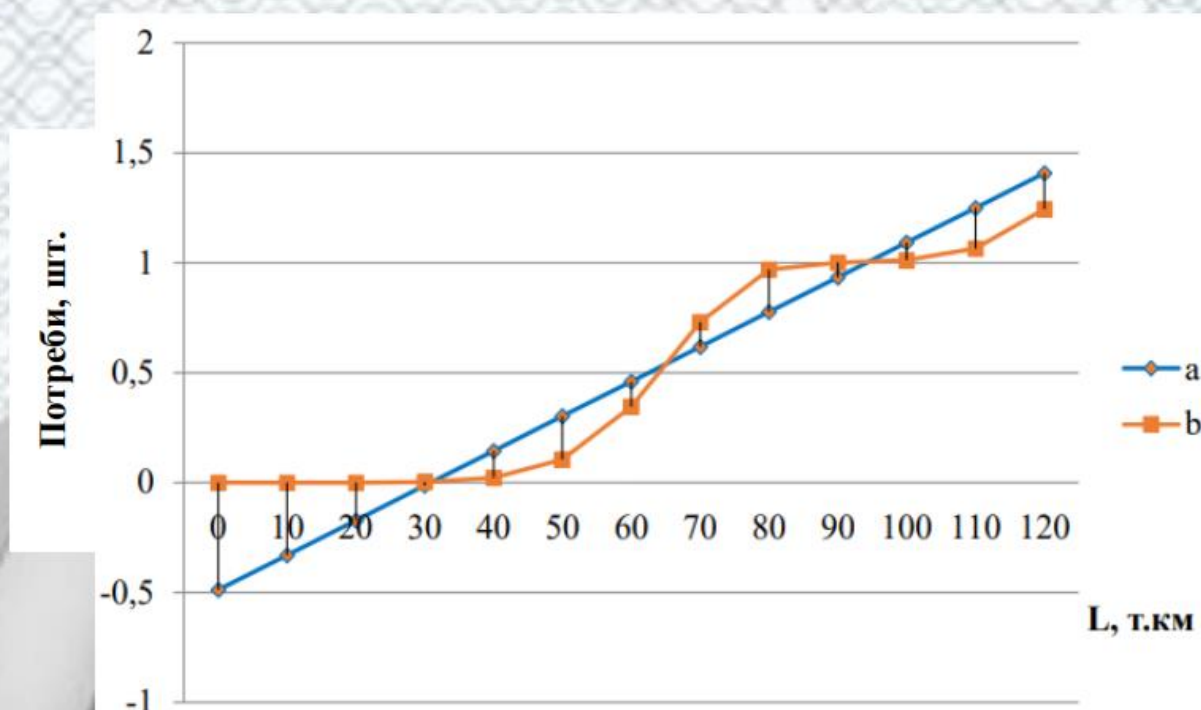


Рисунок 3.14 – Основна функція потоку відмов – елемент E11

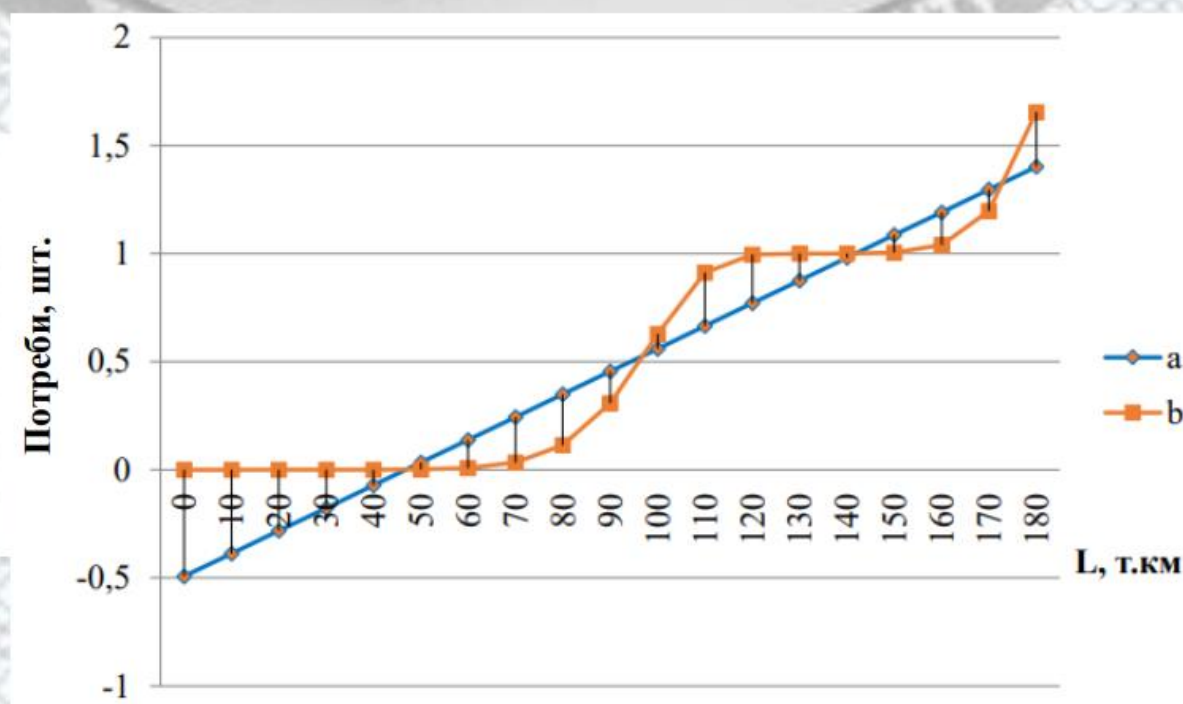


Рисунок 3.15 – Основна функція потоку відмов – елемент E14.

Висновки до розділу 3

За результатами проведених експериментальних досліджень було отримано:

1. Статистичні характеристики експлуатаційної надійності елементів легкових автомобілів (оцінки математичного очікування та середньоквадратичного відхилення напрацювання на відмову елементів), абсолютних та відносних витрат на запасні частини при відновленні їх працездатності.
2. Визначено закономірності розподілу відмов елементів та формування головних функцій потоків відмов.
3. Виявлено рівень значимості впливу відмов елементів легкових автомобілів на рівень їхньої працездатності.
4. Визначено номенклатуру елементів, що обмежують працездатність (або "критичних" за працездатністю) легкових автомобілів.

РОЗДІЛ 4

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ І ОПТИМІЗАЦІЇ КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН

4.1 Методика прогнозування потреби та оптимізації кількості запасних частин дилерської мережі станцій технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis»

Розглянемо методику оптимізації та прогнозування потреби в запасних частинах для дилерської мережі станцій технічного обслуговування з урахуванням економічної кон'юнктури, умов експлуатації та працездатності легкових автомобілів (див. рисунок 4.1).

1. Згідно з представленою вище структурою проведення досліджень, на першому етапі було проведено аналіз переваг автолюбителів щодо легкових автомобілів, що пропонуються на ринку, з виділенням марок, які мають найвищий рівень задоволеності, що визначається з нормованої випадкової величини індексу задоволеності Z_i .

В процесі було проведено аналіз та моделювання для прогнозування обсягів продажів легкових автомобілів $Q(t) = f(t)$ з використанням статистичних даних.

2. Далі слідує процедура виявлення елементів, що «обмежують працездатність» легкових автомобілів, яка включає виконання низки наступних етапів.

На першому етапі з урахуванням виявляємих типових відмов елементів та наслідків їхнього впливу на працездатність транспортного засобу в цілому визначені рівні впливу Q_j .

На другому етапі для кожного рівня Q_j (Q_1 , Q_2 та Q_3) за розглядуваним елементом E_i проведено бальну оцінку Ω_{ij} впливу відмов елементів на працездатність транспортного засобу, а також визначено загальне сумарне значення $\Omega_{\Sigma i}$ за всіма рівнями Q_j .

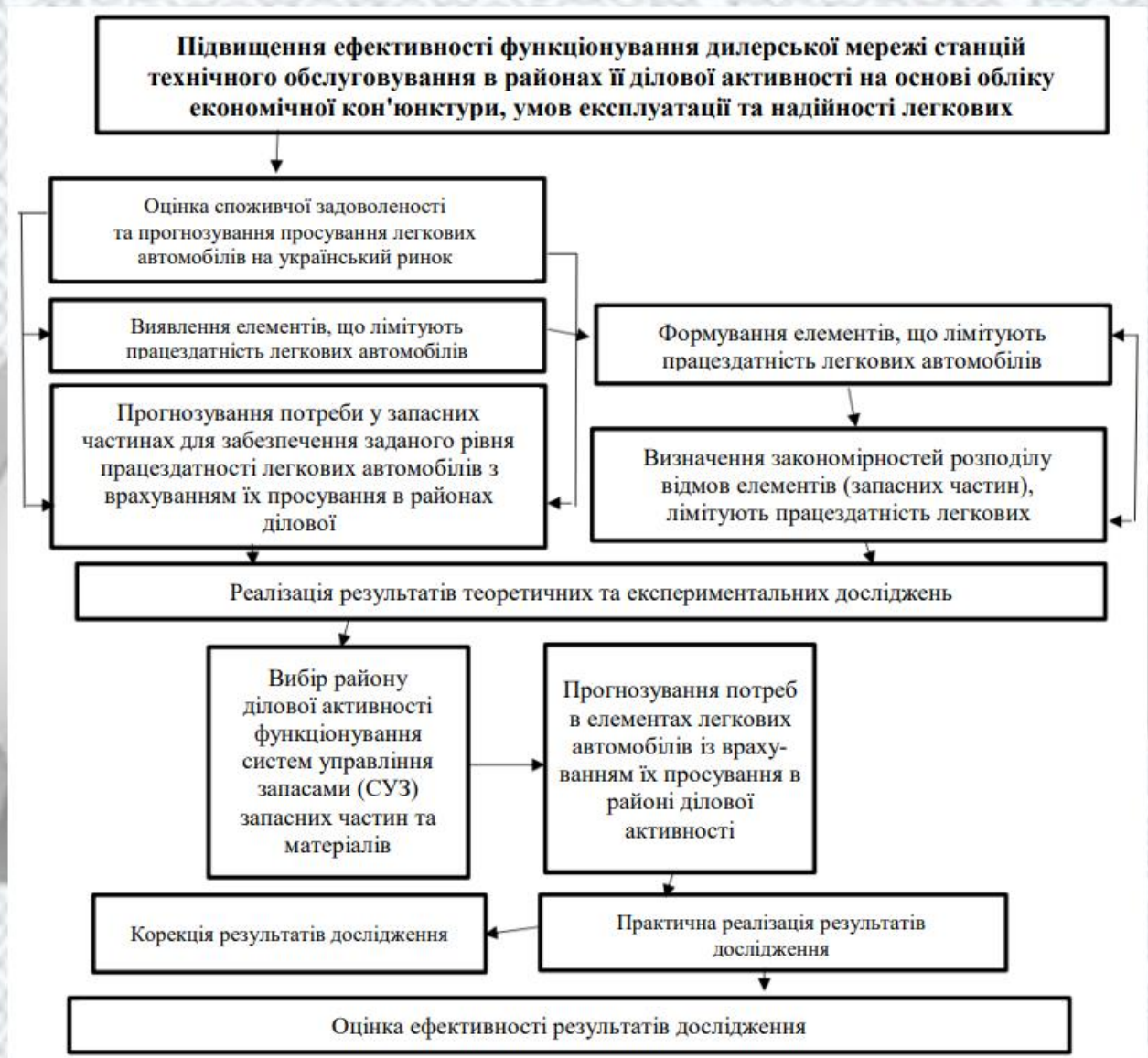


Рисунок 4.1 – Методика оптимізації та прогнозування потреби в запасних частинах для дилерської мережі станцій технічного обслуговування

Обробка масиву бальних оцінок $\{ \Omega_{\Sigma i} \}$ для вибраного варіанту, дозволяє виконати оцінку математичного сподівання $\bar{\Omega}$, середньоквадратичного відхилення $\sigma(\Omega)$ та коефіцієнта варіації $v(\Omega)$:

$$\bar{\Omega}_i = \frac{\sum_{j=1}^m \Omega_{ij}}{m}; \quad \sigma(\Omega_i) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (\Omega_{ij} - \bar{\Omega}_i)^2}{m-1}}; \quad v(\Omega_i) = \frac{\sigma(\Omega_i)}{\bar{\Omega}_i} \quad (4.1)$$

де i – індекс елемента легкових автомобілів;

j – індекс рівня впливу відмов елементів на працездатність легкових автомобілів;

k – індекс порядкового номера розглядуваного елемента легкових автомобілів, $k=(1, K)$;

m – кількість рівнів впливу відмов елементів на працездатність легкових автомобілів;

n – загальна кількість розглядуваних елементів, що оцінюються з позицій вимог обмеження їхньої працездатності.

При цьому упорядкування впливу відмов елементів на працездатність легкових автомобілів в цілому здійснюється через зайняті місця відповідно до умови (4.2).

$$\lambda_{\Omega_i} = \begin{cases} \min \text{ для } \Omega_{\Sigma_i} \Rightarrow \max \\ \max \text{ для } \Omega_{\Sigma_i} \Rightarrow \min \end{cases} \quad (4.2)$$

На третьому етапі виявлені статистичні характеристики математичного сподівання $\bar{\Omega}_{\Sigma}$ та середньоквадратичного відхилення $\sigma(\Omega_{\Sigma})$ сумарних бальних оцінок для масиву $\{ \Omega_{\Sigma_i} \}, i = (1, nQ)$, тобто:

$$\bar{\Omega}_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^{nQ} \Omega_{\Sigma_i}}{nQ} \quad (4.3)$$

Далі виконано нормування $\{ \Omega_{\Sigma_i} \}$ за $\sigma(\Omega_{\Sigma})$, тобто формується масив для $\{K_i\}$:

$$K_i = \frac{\Omega_{\Sigma_i}}{\sigma(\Omega_{\Sigma})} \quad (4.4)$$

На п'ятому етапі з вихідної номенклатури множини елементів $\{E_{i_i}^n\} = 1$ вибрані найбільш важливі (як за небезпекою наслідків виходу з ладу, так і за витратами на придбання) елементи легкових автомобілів.

Виходячи з умов накладення подій за K і M та використовуючи принцип невизначеності Лапласа (рівноймовірності впливу K і M на результуючу ознаку)

визначені одночасна значущість елементів з позиції їхнього впливу на працездатність легкових автомобілів та витрати на її відновлення:

$$R_i = K_i * M_i \quad (4.5)$$

Далі визначена нижня довірча границя $\bar{R}_y^H$:

$$\bar{R}_y^H = \bar{R} - U_y * \frac{\bar{R}}{\sqrt{\eta_R * n_R}} \quad (4.6)$$

де $\eta_{Ri} = \frac{\bar{R}^2}{\bar{\sigma}^2(R)}$ - є параметрами форми розподілу показника R_i , що враховує одночасно відповідно до (4.5) нормовані значення K_i та M_i , тобто:

$$\eta_{Ri} = \frac{\bar{R}^2}{\bar{\sigma}^2(R)}, \quad (4.7)$$

І остаточно, після даних обчислень, відібрані елементи, що обмежують працездатність, які відповідають умовам:

$$R_i \geq \bar{R}_y^H, \quad (4.8)$$

$$n_R \leq \begin{cases} n_K = n_M \\ n_K \neq n_M \end{cases} \quad (4.9)$$

Даним умовам відповідають оцінки найбільш "критичних", «що обмежують працездатність» елементів легкових автомобілів.

3. Для подальшого проведення дослідження визначена потреба в запасних частинах для легкових автомобілів з урахуванням їхнього просування в промислових районах.

Практична реалізація математичної моделі (представлена в розділі 2) прогнозування норм витрати B_α , загальних витрат W_α на інтервалі пробігу ΔL , а

також сумарних втрат $S_\alpha(\Delta L)$ в залежності від заданого рівня α , що відображає ймовірності відсутності простоїв через нестачу запасних частин, представлена на наведених нижче графіках 4.1 і 4.2 на прикладі елемента Е9.

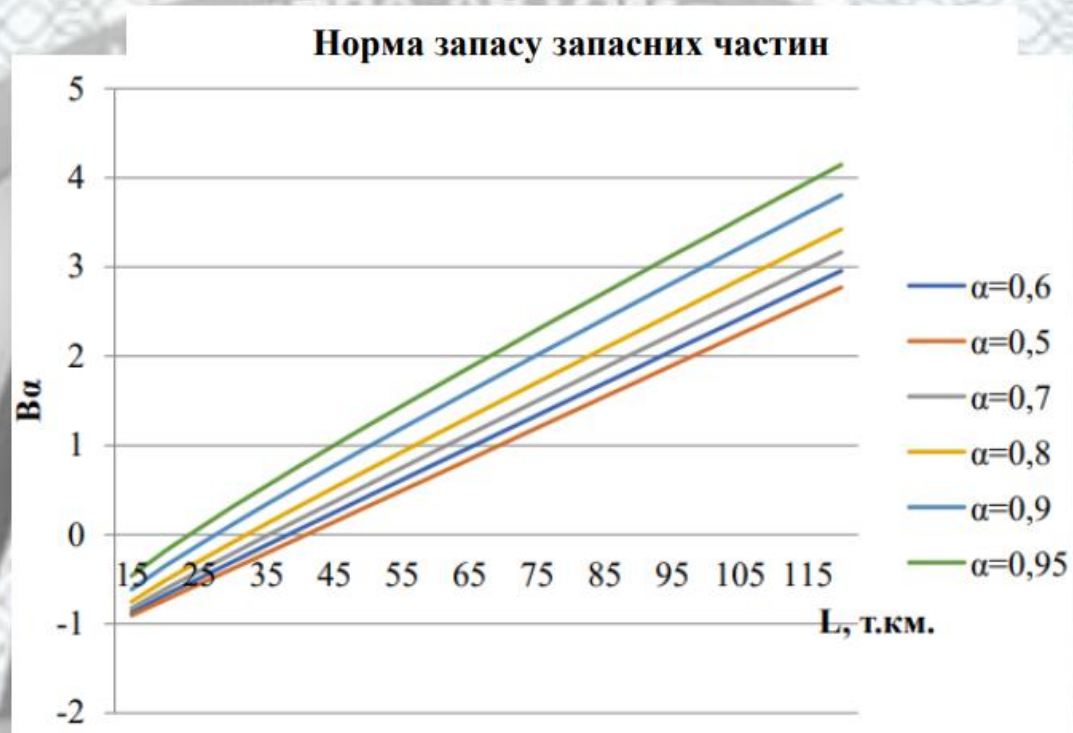


Рисунок 4.2 – Оцінка норми запасу запасних частин

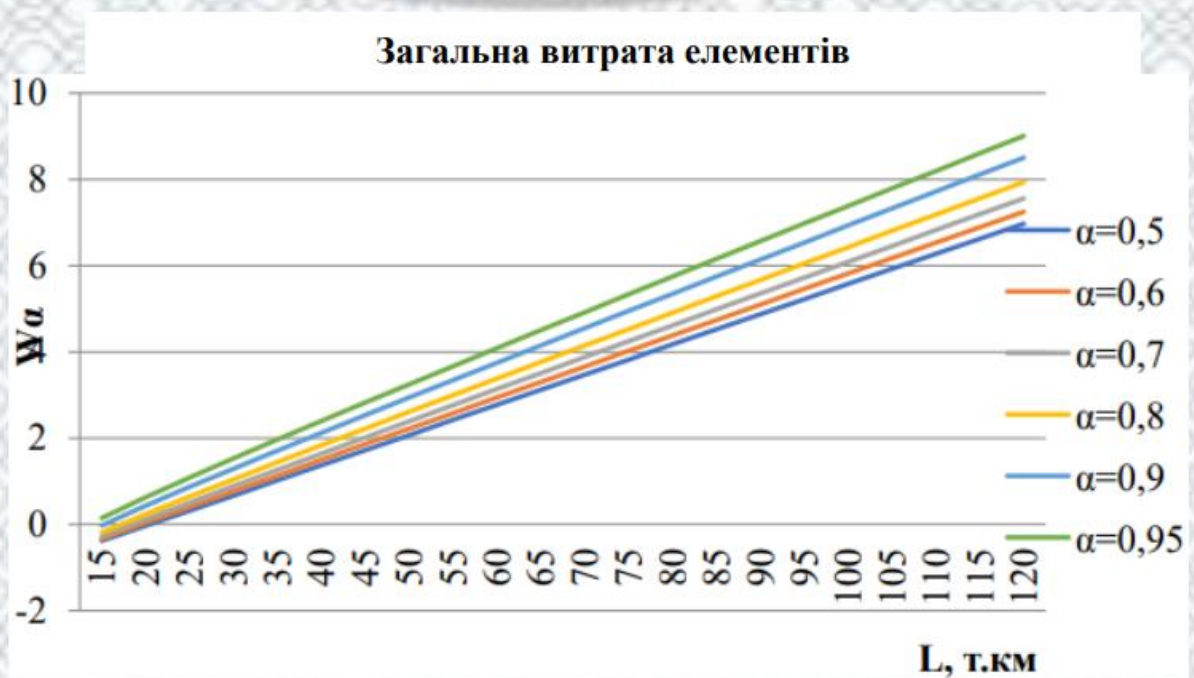


Рисунок 4.3 – Оцінка загальних витрат елементів

Характер зміни загальних середніх втрат для дистриб'ютора і приватного власника $\bar{S}_a \text{ пр.вл.}(\Delta L)$ або легкових автомобілів, що працюють в режимі таксі, і дистриб'ютора $\bar{S}_{at}(\Delta L)$ для заданої ймовірності відсутності простою α на розглядуваному інтервалі пробігу ΔL на прикладі елемента Е9 відображений на наведеному нижче на графіку 4.3.

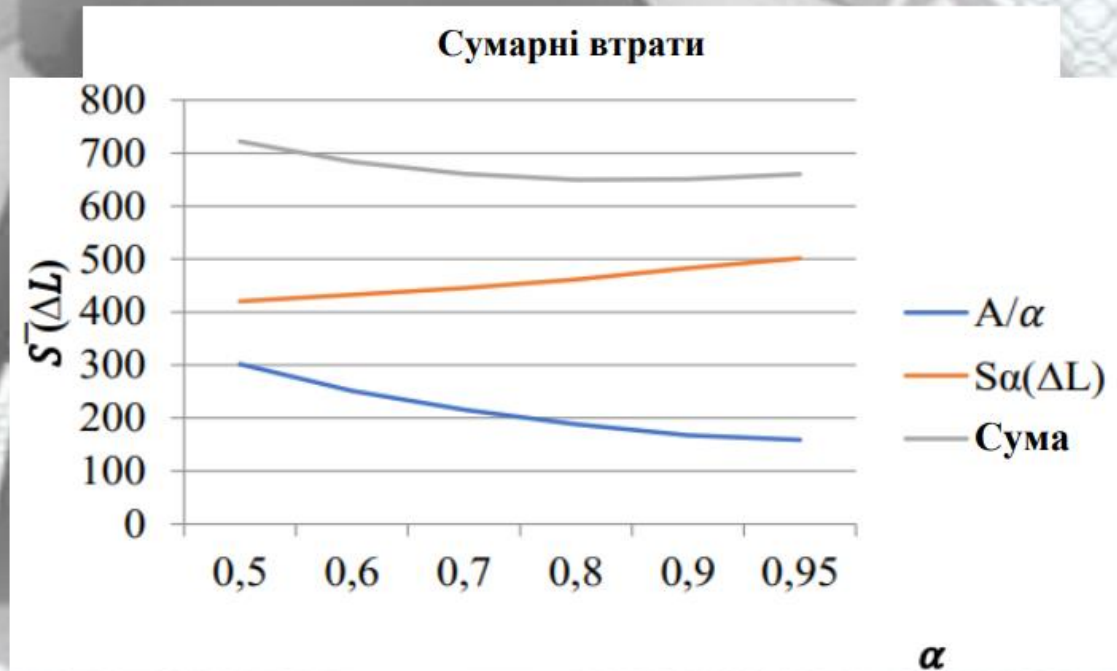


Рисунок 4.4 – Оцінка сумарних втрат дилерської мережі СТО

Вище представлена модель дозволяє цілеспрямовано підійти до прогнозування потреби в частинах для легкових автомобілів з урахуванням їхнього просування в районах ділової активності в рамках функціонування дилерської мережі СТО.

4.2 Оцінка обсягу запасних частин дистриб'юторської системи, що взаємодіє з мережею дилерських СТО

Річний обсяг запасних частин дистриб'юторської системи (На прикладі Е9);

Інтервал 1 рік $\Delta L = 20$ тис. км/рік;

$\Omega_i(\Delta L) = 0,7$; $\alpha_{opt} = 0,7$;

$$W_a(\Delta L) = 1,48852 \approx 1,489;$$

$$\text{Втрати} \Rightarrow A = D_{\text{пр}} \cdot \Pi(D_{\text{пр}}) \cdot \Omega_n(\Delta L) \cdot \frac{1}{\alpha} = 107,76;$$

$$S_a(\Delta L) = 445,55;$$

$$S_a = S_{\Sigma}(\Delta L) = 553,32.$$

Розрахунок оптимального значення при $\alpha = 0,5 \dots 0,95$ представлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок оптимального значення обсягу запасів запасних частин дистриб'юторської системи

Показник	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,6$	$\alpha = 0,7$	$\alpha = 0,8$	$\alpha = 0,9$	$\alpha = 0,95$
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
A / α	150,86206	125,718	107,758	94,2887	83,8122	79,4010
$S_a(\Delta L)$	420,31523	432,423	445,564	461,152	483,027	501,503
Сума						

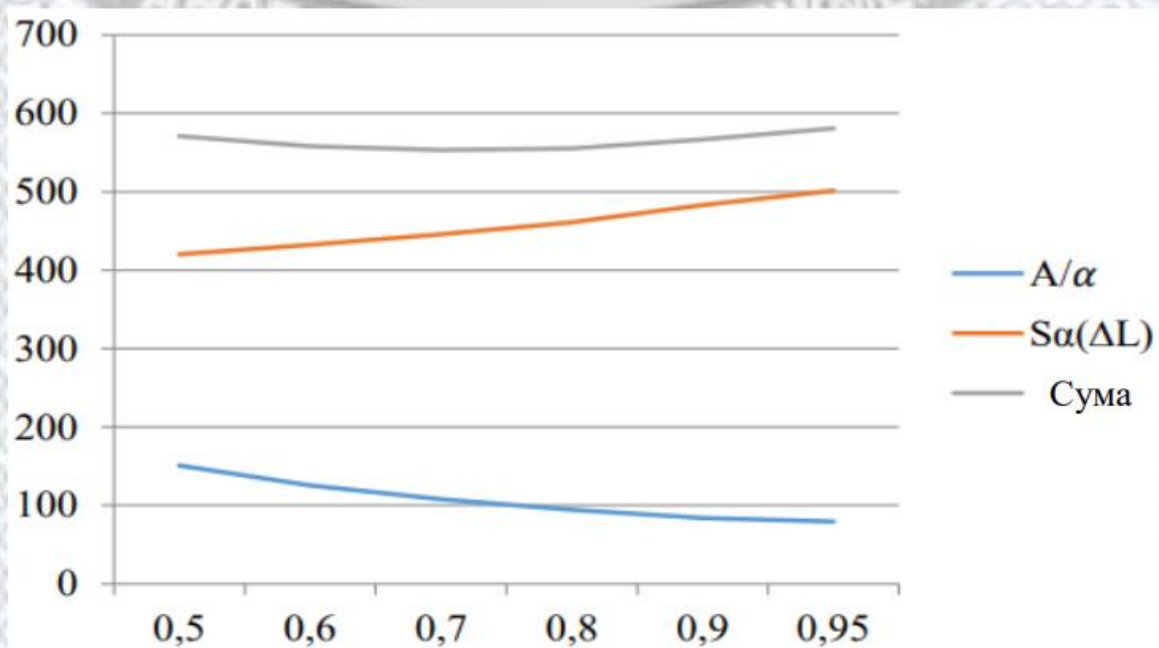


Рисунок 4.5 – Об'єм запасів запасних частин дистриб'юторської системи (на рік) M_{get}

$$\begin{aligned}\bar{Q}(t)_{2023} &= 25 \cdot 10^3 & \bar{Q}(t)_{2023} &= 30 \cdot 10^3 & - \text{середня границя} \\ Q^B(t)_{2023} &= 27,5 \cdot 10^3; & Q^B(t)_{2023} &= 32,5 \cdot 10^3 & - \text{верхня границя} \\ Q^H(t)_{2023} &= 22,5 \cdot 10^3; & Q^H(t)_{2023} &= 27,5 \cdot 10^3 & - \text{нижня границя}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{get} &= d_t \cdot \bar{Q}_t \cdot W_\alpha(\Delta L) = \begin{cases} 2021 \text{ p} \rightarrow 0,3 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 1,489 = 11168 \\ 2023 \text{ p} \rightarrow 0,3 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 1,489 = 13401 \end{cases} \\ M_{get}^B &= d_t \cdot Q_t^B \cdot W_\alpha(\Delta L) = \begin{cases} 2021 \text{ p} \rightarrow 0,3 \cdot 27,5 \cdot 10^3 \cdot 1,489 = 12284 \\ 2023 \text{ p} \rightarrow 0,3 \cdot 32,5 \cdot 10^3 \cdot 1,489 = 14518 \end{cases} \\ M_{get}^H &= d_t \cdot Q_t^H \cdot W_\alpha(\Delta L) = \begin{cases} 2021 \text{ p} \rightarrow 0,3 \cdot 22,5 \cdot 10^3 \cdot 1,489 = 10051 \\ 2023 \text{ p} \rightarrow 0,3 \cdot 27,5 \cdot 10^3 \cdot 1,489 = 12284 \end{cases}\end{aligned}$$

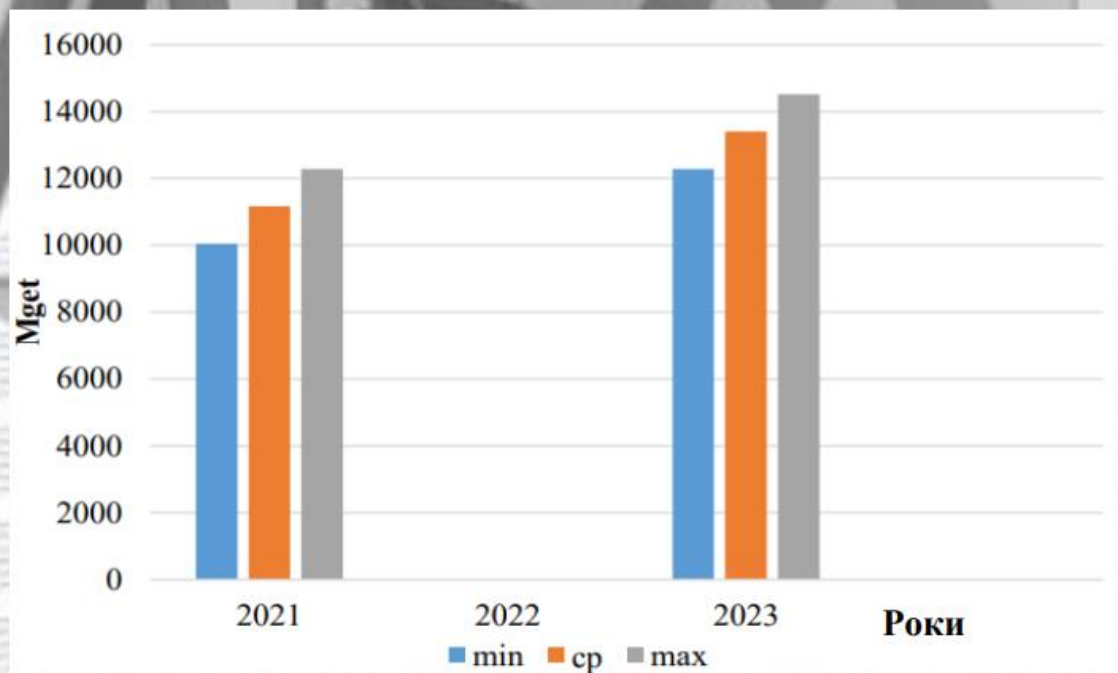


Рисунок 4.6 – Прогноз необхідного обсягу запасів запасних частин дилерської мережі

Отримані результати дозволили об'єктивно підійти до остаточної розробки рекомендацій щодо оптимізації потреби в запасних частинах критичних за працездатністю в рамках дилерської мережі СТО.

Висновки до розділу 4

1. Розроблено методику оптимізації потреби в запасних частинах критичних за працездатністю в рамках дилерської мережі СТО з урахуванням економічної кон'юнктури, умов експлуатації, інтенсивності та працездатності легкових автомобілів.

2. Проведено оцінку ефективності та практичної значущості впровадження методики, використання якої робить можливим зниження витрат на підтримку працездатності легкових автомобілів як для власників автомобілів, так і для дилерських сервісних центрів в діапазоні від 10 до 16,2%. При цьому зниження потенційних втрат клієнтів, що користуються послугами автосервісу, при зміні ймовірності відсутності очікування α становить до 47,8%. Це в свою чергу дозволить суттєво підвищити продуктивність і ефективність дилерського обслуговування.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено методику прогнозування динаміки продажів, яка включає кластеризацію та визначення легкових автомобілів із найбільшим індексом споживчої задоволеності (понад 84,7), з урахуванням можливих змін економічної кон'юнктури.

2. Проведено аналіз інформації про динаміку інтенсивності експлуатації та показників експлуатаційної надійності з виявленням якісних і кількісних показників, виявлені елементи, критичні за рівнем працездатності, що дозволило сформулювати функцію потоку відмов елементів для відібраних легкових автомобілів. Середнє напрацювання на відмову елементів, що обмежують працездатність досліджуваних легкових автомобілів, склало 63 тис. км.

3. Розроблено методику прогнозування потреби і оптимізації кількості запасних частин, проведено оцінку ефективності її функціонування для вибраних елементів легкових автомобілів з урахуванням динаміки просування їх на ринку і прогнозованих тенденцій в зміні економічної кон'юнктури. Розроблено математичну модель прогнозування потреби в запасних частинах, адекватність моделювання становить 91,8%. Розроблено результативний показник значущості елементів Ri з позиції їх впливу на працездатність та витрати на відновлення, виявлено перелік із 7-ми найбільш значущих елементів.

4. Проведено оцінку і отримано результати оптимізації і прогнозування кількості запасів дистриб'юторської системи. Сниження потенційних втрат клієнтів при зміні ймовірності відсутності очікування α становить до 47,8%; зниження потенційних втрат станцій технічного обслуговування становить до 16,2%.

5. Вирішено актуальну науково-практичну задачу динамічного управління поставками запасних частин при функціонуванні дистриб'юторської мережі.

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/mn2025/paper/view/22837>.
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., Кужель 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. Виробничі системи на транспорті: навч. посібник / За ред. І.П.Курнікова. – К.: ІЗМН, 1999. – 181 с.

10. 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.

11. 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.

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. 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>.

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

15. 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>.

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

17. 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.

18. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.

19. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.

20. 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.

21. 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.

22. 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: 12.10.2023).

23. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с.

24. 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.

25. 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.

26. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посібник / За ред. С.І. Андрусенка. – К.: Каравела, 2009. – 368 с.

27. Форнальчик Є.Ю., Качмар Р.Я., Основи технічного сервісу транспортних засобів. Львів: Львівська політехніка, 2017. – 324 с.

28. 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>.
29. 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>.
30. 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>.
31. 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.
32. 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>.
33. 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.
34. 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>.

35. carbook.ua/garages/c-vinnica/ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://carbook.ua/garages/c-vinnica/4830> (дата звернення 04.10.2024).

36. instagram.com/svc_point_bmw_service/ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: https://www.instagram.com/svc_point_bmw_service/ (дат. звернен. 07.10.2024).

37. jdpower.com/business [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://www.jdpower.com/business/automotive> (дата звернення 10.10.2024).

38. eauto.org.ua/news/ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://eauto.org.ua/news/422-rinok-novih-avto-trimayetsya-torgi-zmenshilisya-vsogo-na-0-7-pidsumki-listopada> (дата звернення 12.10.2024).

39. eauto.org.ua/news/ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://eauto.org.ua/news/440-ukrajinskiy-avtorinok-prognoz-na-2024-rik-vid-institutu-doslidzhen-avtorinku> (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»

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ
ДЛЯ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ «SVC POINT BMW
SERVIS» МІСТО ВІННИЦЯ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇХ КІЛЬКОСТІ

Розробив студент гр. 1АТ-23м

Керівник роботи: к.т.н., доцент

Бойко В.О.

Митко М.В.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

Мета дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності функціонування дилерської мережі станцій технічного обслуговування в регіонах її діяльності на основі врахування економічної кон'юнктури, умов експлуатації та надійності легкових автомобілів.

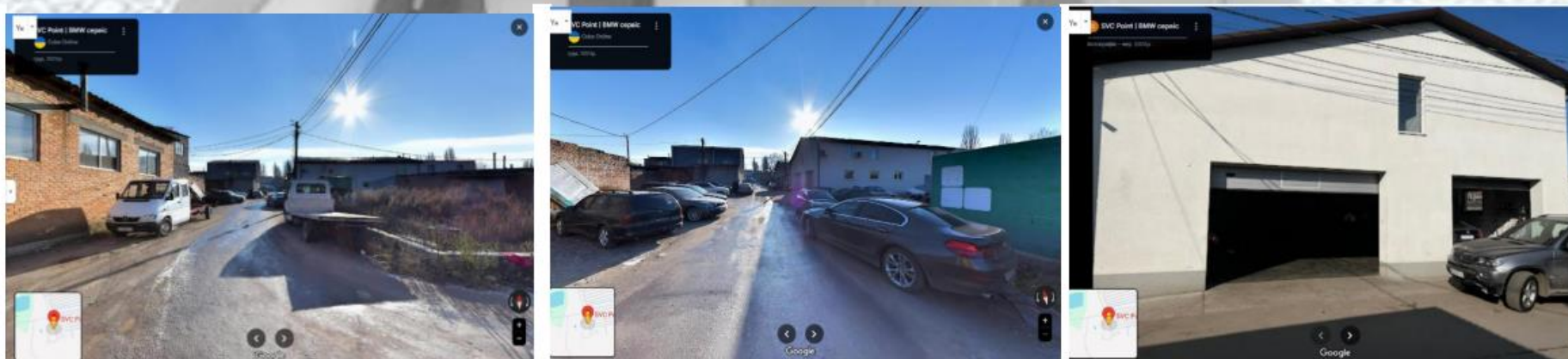
Завдання дослідження:

1. Проведення аналізу рівня споживчої задоволеності пропонованими на ринку легковими автомобілями та їх кластеризація.
2. Прогнозування динаміки продажів з урахуванням можливих змін в економічній кон'юктурі.
3. Отримання, обробка і проведення аналізу інформації про динаміку інтенсивності експлуатації та показників експлуатаційної надійності.
4. Формуванням функції потоку відмов елементів для відібраних легкових автомобілів.
5. Розробка методики прогнозування потреби і оптимізації кількості запасних частин.
6. Оцінка ефективності її функціонування для вибраних елементів і легкових автомобілів з урахуванням динаміки просування на ринку.

Об'єкт дослідження – є станція технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця та підприємства автосервісу в Україні та сучасні методи підвищення якості та ефективності технічного сервісу легкових автомобілів.

Предмет дослідження – закономірності зміни потреби в запасних частинах при експлуатації легкових автомобілів в залежності від пробігу на гарантійному терміні.

Загальний вигляд заїзду до воріт та стоянки автомобілів на станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця



**Рисунок А.1 – Приміщення виробничих постів зони ТО та ПР для легкових автомобілів бренду BMW
СТО «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця**

Потрібно відмітити, що висока конкуренція автомобільних брендів дозволила значно збільшити показник надійності легкових автомобілів.

На **рисунку А.2** представлений рейтинг надійності іноземних автомобілів в 2021 р., складений американським приватним підприємством **J.D. Power and Associates**, що проводить незалежні дослідження задоволеності клієнтів, оцінку якості продукції, а також вивчає поведінку покупців для різних галузей промисловості. Серед споживачів цей рейтинг позиціонується, як один з найбільш авторитетних.

Як показує практика, показник надійності тієї чи іншої марки і моделі легкових автомобілів визначається на основі статистики, отриманої в ході моніторингу параметра потоку відмов транспортних засобів з моменту початку експлуатації.

В рейтингу надійності J.D. Power and Associates [37] основний акцент при оцінці даного параметра робиться на кількість дефектів, виявлених на 100 автомобілів розглядуваної моделі.

На основі опитування більше 30 000 американських власників трирічних автомобілів був складений рейтинг, що відображає середню кількість дефектів, що припадає на 100 автомобілів кожної марки.

В 2021 році найвищим показником надійності відзначилися два японські автомобільні бренди Toyota і Lexus, німецький виробник Porsche, а також корейський виробник KIA, що є основною причиною росту їхніх продажів і популярності на різних ринках.

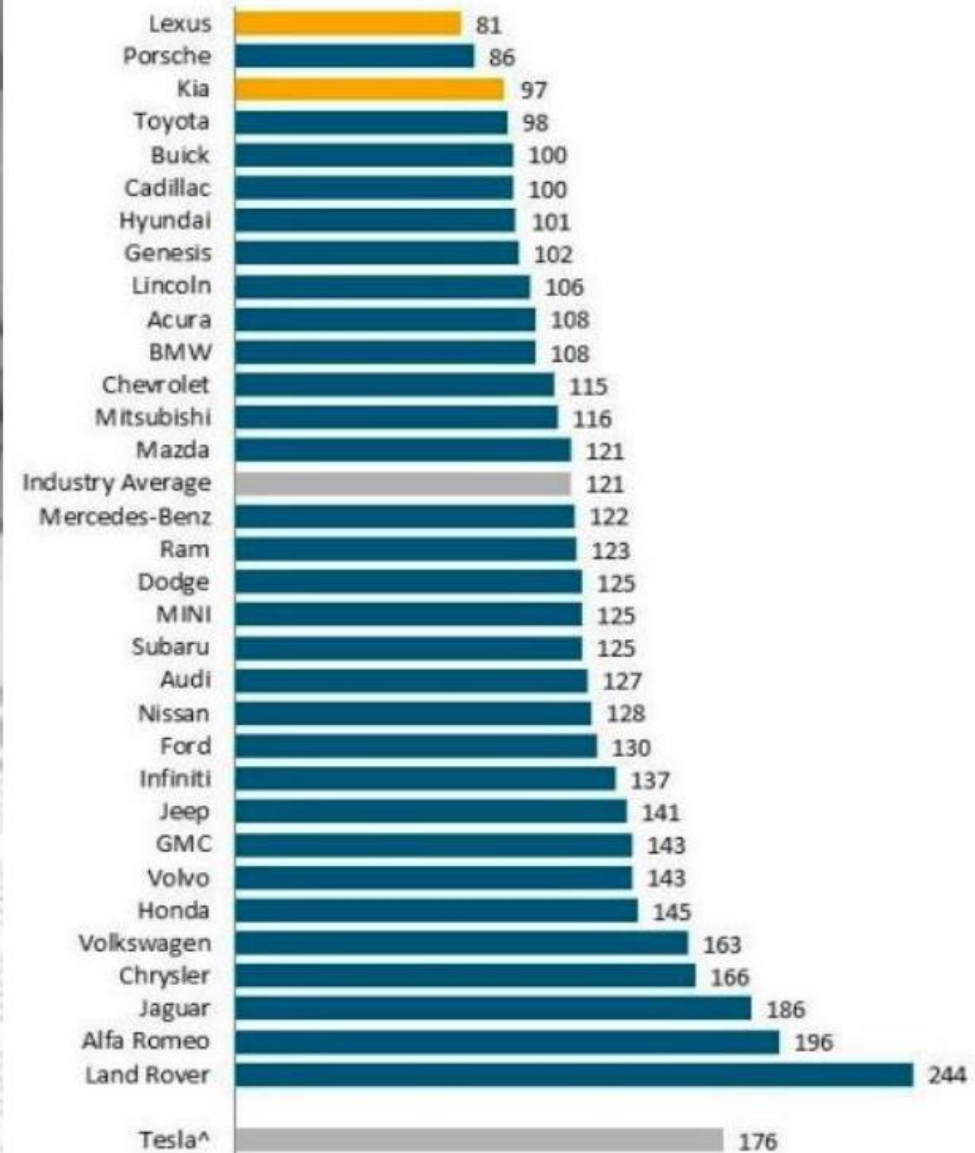


Рисунок А.2 – Рейтинг надійності автомобілів в 2021 році

Розмір загальних накопичених витрат власника марки Mazda на проведення робіт з планового ТО і поточного ремонту досягає **близько 65 тис. грн. до пробігу 100 тис. км.** Таким чином витрати по перелічених видах робіт складають більше 15% від початкової вартості нового автомобіля. Витрати на придбання запасних частин складають близько 7-8% від вартості автомобіля. В ході експлуатації проводилися ремонтні роботи, не регламентовані гарантійним терміном заводу-виробника (100 тис. км. пробігу або 3 роки) по заміні різних витратних запасних частин (колодки гальмівні, щітки склоочисника, лампи освітлення). Сумарні витрати власника на вищеперелічені деталі і роботи по їх заміні, в т. ч. ТО склали близько 5%. На прикладі зображені затрати на ТО і ремонт для автомобіля Mazda 6 представлені на **рисунку А.3.**



Рисунок А.3 – Затрати на обслуговування і ремонт на прикладі автомобіля Mazda 6

Для отримання більш точних результатів було проведено дослідження мережі сервісних центрів BMW. Завдяки зібраним даним про несправності було визначено середній пробіг до поломки для кожної деталі та складено класифікацію несправностей.

Для визначення впливу кожної деталі на загальну працездатність автомобіля було виділено п'ять етапів:

На першому етапі розв'язання задачі необхідно визначити ступінь впливу типової відмови Q_j на загальну працездатність легкових автомобілів. У рамках цього етапу було проаналізовано роботи, в яких представлено необхідні дані про класифікацію, досвід обслуговування та експлуатації транспортних засобів, а також ремонт вузлів і агрегатів. Ступінь впливу типової відмови може відноситися до одного з трьох рівнів:

- Ступінь впливу Q_1 передбачає такий ступінь впливу елемента, при відмові якого неможлива експлуатація транспортного засобу, тобто він переходить у граничний або несправний стан;
- Ступінь впливу Q_2 передбачає такий ступінь впливу елемента, при відмові якого відбувається значне зниження техніко-експлуатаційних характеристик легкових автомобілів і виникає необхідність проведення ремонту, іншими словами, автомобіль набуває несправного стану;
- Ступінь впливу Q_3 передбачає такий ступінь впливу елемента, при відмові якого відбувається незначне відхилення техніко-експлуатаційних характеристик легкових автомобілів від еталонних значень, а усунення несправності не потребує проведення тривалого ремонту. Такий тип відмови можна віднести до незначних.

На другому етапі, після визначення ступеня впливу відмов за рівнями Qj ($Q1$, $Q2$ та $Q3$) для кожного елемента Ei , проводиться бальна оцінка впливу відмови даного елемента на загальну працездатність транспортного засобу. Окрім того, на цьому етапі визначається сумарний вплив відмов елементів за кожним окремим рівнем Qj . При цьому кожному значущому рівню відповідає більший бал відносно сукупності інших рівнів, тобто:

$$\left. \begin{aligned} \Omega_{ij} &> \sum_{k=j+1}^K \Omega_{i,k} \\ \Omega_{\Sigma i} &= \sum_{j=1}^m \Omega_{ij} \end{aligned} \right\} \quad (A.1)$$

де: i – індекс елемента легкових автомобілів;

j – показник рівня впливу відмови елемента на загальну працездатність легкових автомобілів;

k – індекс порядкового номера розглядуваного елемента легкових автомобілів, $k = (\overline{1, K})$;

m – кількість рівнів впливу відмов елементів на працездатність легкових автомобілів;

n – загальна кількість елементів, що оцінюються з погляду вимог обмеження їхньої працездатності.

Таким чином, дана методика працює згідно з такою послідовністю вирішення задач. На основі вимоги виразу (A.1) для розглянутих рівнів впливу Qj ($Q1$, $Q2$ і $Q3$) відмов елементів Ei транспортних засобів визначаються вагові оцінки їх впливу Ω_{ij} на загальну працездатність ТЗ шляхом проведення експертного опитування співробітників підприємства дилерської мережі СТО, які мають безпосереднє відношення до обслуговування та ремонту легкових автомобілів. Потім отримані вагові оцінки сумують $\Omega_{\Sigma i}$ і упорядковують їх за рівнем впливу відмови окремого елемента на загальну працездатність легкових автомобілів.

На третьому етапі постає завдання визначення статистичних показників зібраного масиву даних сумарних експертних оцінок. До цих статистичних даних відносяться середньоквадратичне відхилення $\sigma(\Omega_\Sigma)$ та математичне сподівання Ω_Σ .

На четвертому етапі необхідно визначити масив $\{Si\}$, $i = (\overline{1, n_s})$ питомих затрат на придбання елементів транспортного засобу, які вийшли із ладу з метою підтримки його працездатності на 1000 км пробігу.

На п'ятому етапі відбираються з вихідного набору номенклатури елементів $\{Ei\} i=1n$ легкових автомобілів найбільш критичні та значущі із точки зору наслідків відмови і вартості придбання пошкодженого елемента.

За результатами проведеного дослідження по вибору елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів, отримано графічне відображення результатів даного аналізу (рисунк А.4).

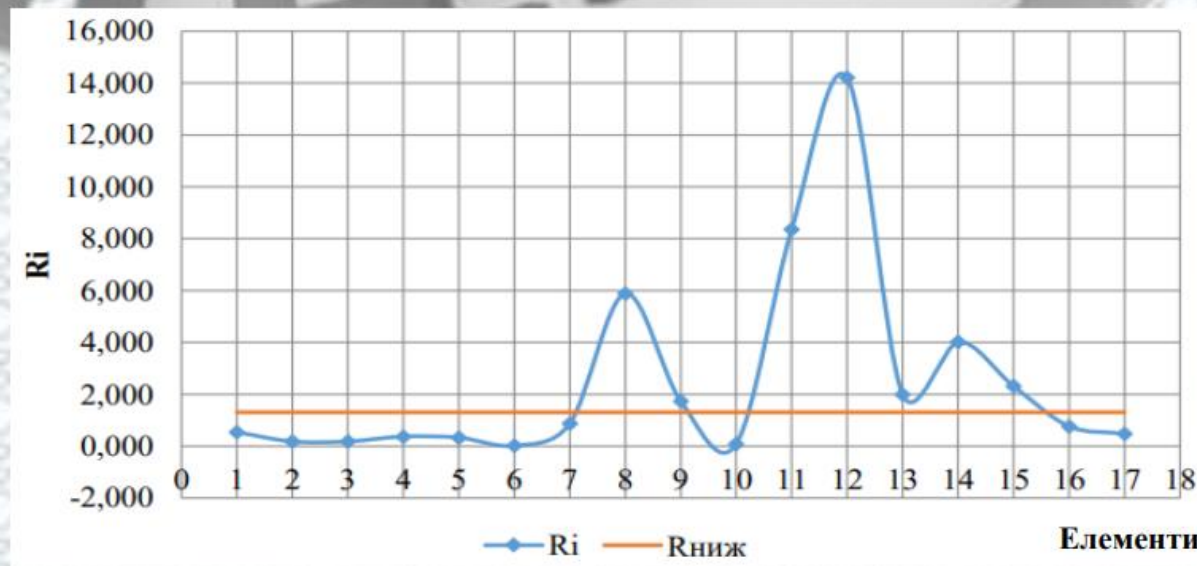


Рисунок А.4 – Графічне зображення вибору елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів

Розроблено методику виявлення елементів, що обмежують працездатність легкових автомобілів, математичну модель оптимізації потреби в елементах легкових автомобілів для забезпечення заданого рівня їхньої працездатності та методику прогнозування потреби в запасних частинах для дистриб'юторської системи та дилерської мережі СТО в районах їхньої ділової активності.

При цьому закономірності розподілу напрацювань на відмову аналізованих елементів досить добре (незалежно від значень коефіцієнта варіації наробітків на відмови) описуються розподілом Вейбулла – Гнеденка:

$$F(L) = 1 - e^{-L^\alpha/\beta} \quad (A.2)$$

де L – поточне значення напрацювання на відмову розглянутого елемента;
 α – параметр форми для розподілу Вейбулла – Гнеденка;
 β – середнє приведене.

Розподіл Вейбулла-Гнеденко, який добре описує напрацювання на відмову автомобільних деталей, можна пов'язати з іншими розподілами, зокрема гамма-розподілом. Гамма-розподіл широко використовується в теорії надійності для опису часу до відмов. Для оптимізації запасів запчастин для автомобілів доцільно використовувати гамма-розподіл, оскільки він добре описує як час до відмов деталей, так і інтенсивність звернень за ремонтом. У цьому розділі ми перетворимо параметри розподілу Вейбулла на параметри гамма-розподілу для подальшого використання в задачах оптимізації.

Перелік даних, використаних у даній роботі, сформований внаслідок проведення експерименту, заснованого на відстеженні обслуговування та ремонту автомобілів сімейства BMW на дилерських центрах м. Вінниця, що експлуатуються на гарантійному пробігу (120 тис. км, 4 роки експлуатації).

Автомобілі, що обслуговуються на дилерських центрах, експлуатувалися в умовах заміського та інтенсивного міського руху. В ході експерименту було розглянуто 1000 автомобілів бренду BMW таких модельних серій як: BMW 1, BMW 3, BMW 5, BMW X3. Структура елементів легкових автомобілів BMW та їхнє позначення, що підлягають оцінці експлуатаційної надійності.

Відмови та несправності були класифіковані на основі основних положень, з метою проведення якісної оцінки надійності вузлів та агрегатів легкових автомобілів. Класифікаційні ознаки, з урахуванням специфіки відмов і несправностей, а також їхні приклади відображені в таблиці А.1.

Таблиця А.1 – Структура та позначення елементів і систем легкових автомобілів BMW

№ п/п	Найменування елементів легкових автомобілів	Індекс елементів, Еі
1	Підшипник маточини	Е ₁
2	Маслиловідтискач (пропуски газополум'я)	Е ₂
3	Клапан регулювання на впускному розподільчому валові (порушення)	Е ₃
4	Водяний насос із термостатом	Е ₄
5	Клапан турбіни	Е ₅
6	Датчик тиску холодоагенту в радіаторі	Е ₆
7	Компресор кондиціонера	Е ₇
8	Рульова рейка	Е ₈
9	Рульовий вал (заклинювання)	Е ₉
10	Опорні підшипники	Е ₁₀
11	Мехатроніка КПП	Е ₁₁
12	Зчеплення КПП	Е ₁₂
13	Стартер	Е ₁₃
14	Ланцюг ГРМ	Е ₁₄
15	Насос ПНВТ	Е ₁₅
16	Насос муфти	Е ₁₆
17	Клапан охолоджуючої рідини	Е ₁₇

Під час проведення експериментальних досліджень зі збору статистичної інформації про експлуатаційну надійність відібраних елементів було отримано такі оцінюючі показники: середнє напрацювання на відмову, $\bar{L}_i$, вартість запасних частин (елементів) S_i , питомі витрати на запасні частини (елементи), $S_{\text{ит}}$ (див. таблицю А.2).

Таблиця А.2 – Оціночні показники відібраних елементів

№ п/п	Найменування елементів легкових автомобілів	Індекс елементів, E_i	Середня напрацювання на відмову з відмовили ТЗ, $\bar{L}_i$, 1000 км	Вартість З.Ч. (E_i), S_i , у.о.	Питомі витрати на З.Ч. (E_i), $S_{\text{ит}}$, у.о./1000 км
1	2	3	4	5	6
1	Підшипник маточини	E_1	50,8	250	4,921
2	Масловідділювач (перепустки займання)	E_2	60,3	100	1,658
3	Клапан регулювання на впускному розподільчому валу (руйнування)	E_3	79,9	50	0,626
4	Водяний насос із термостатом	E_4	44,15	150	3,398
5	Клапан турбіни	E_5	71,55	100	1,398
6	Датчик тиску холодоагенту в радіаторі	E_6	72,2	30	0,416
7	Компресор кондиціонера	E_7	76	400	5,263
8	Рульова рейка	E_8	100	2000	20,000
9	Рульовий вал (заклинювання)	E_9	28,55	300	10,508
10	Опорні підшипники	E_{10}	63,8	100	1,567
11	Мехатроніка КПП	E_{11}	63,3	1800	28,436

Продовження таблиці А.2 – Оціночні

1	2	3	4	5	6
12	Зчеплення КПП	E_{12}	23,35	950	40,685
13	Стартер	E_{13}	60	650	10,833
14	Ланцюг ГРМ	E_{14}	95	1300	13,684
15	Насос ПНВТ	E_{15}	45	630	14,000
16	Насос муфти	E_{16}	75,15	350	4,657
17	Клапан охолоджуючої рідини	E_{17}	61,75	180	2,915

При подальшій обробці отриманих оцінювальних характеристик було проведено аналіз співвідношень їх з розглядуваними елементами легкових автомобілів, а також отримано ряд залежностей між показниками, що відображено на рисунку А.5.

За результатами проведених експериментальних досліджень було отримано:

- 1. Статистичні характеристики експлуатаційної надійності елементів легкових автомобілів (оцінки математичного очікування та середньоквадратичного відхилення напрацювання на відмову елементів), абсолютних та відносних витрат на запасні частини при відновленні їх працездатності.**
- 2. Визначено номенклатуру елементів, що обмежують працездатність (або "критичних" за працездатністю) легкових автомобілів.**

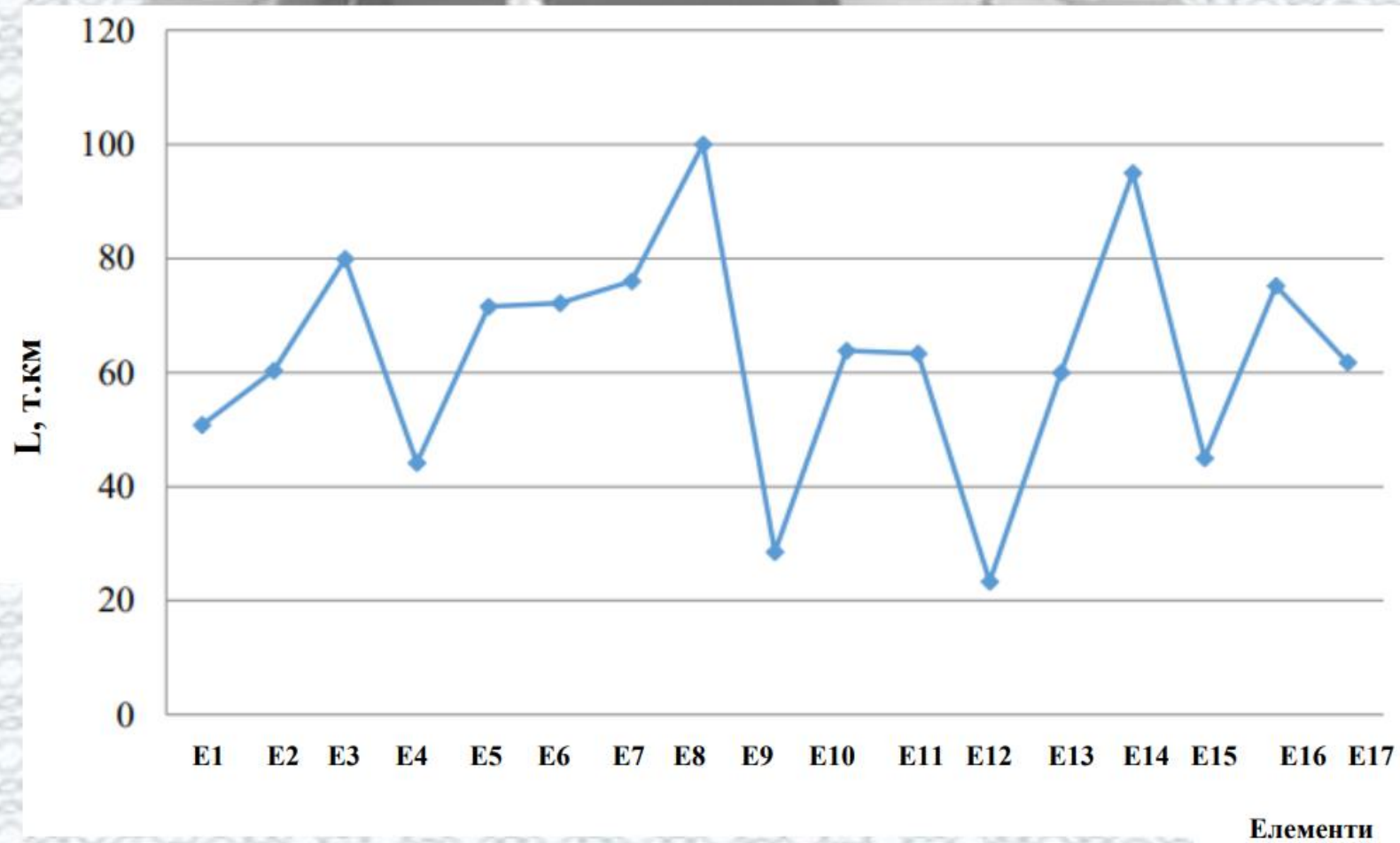


Рисунок А.5 – Напрацювання елементів легкових автомобілів на відмову

Проведено оцінку обсягу запасних частин дистриб'юторської системи, що взаємодіє із мережею дилерських СТО брендової марки BMW.

Річний обсяг запасних частин дистриб'юторської системи (На прикладі E9);

Інтервал 1 рік $\Delta L = 20$ тис. км/рік;

$\Omega_i(\Delta L) = 0,7$; $\alpha_{opt} = 0,7$;

$W_a(\Delta L) = 1,48852 \approx 1,489$;

Втрати $\Rightarrow A = D_{пр} \cdot \Pi(D_{пр}) \cdot \Omega_n(\Delta L) \cdot \frac{1}{\alpha} = 107,76$;

$S_a(\Delta L) = 445,55$;

$S_a = S_{\Sigma}(\Delta L) = 553,32$.

Розрахунок оптимального значення при $\alpha = 0,5 \dots 0,95$ представлено в таблиці А.3.

Таблиця А.3 – Розрахунок оптимального значення обсягу запасів запасних частин дистриб'юторської системи

Показник	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,6$	$\alpha = 0,7$	$\alpha = 0,8$	$\alpha = 0,9$	$\alpha = 0,95$
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
A / α	150,86206	125,718	107,758	94,2887	83,8122	79,4010
$S_a(\Delta L)$	420,31523	432,423	445,564	461,152	483,027	501,503
Сума						

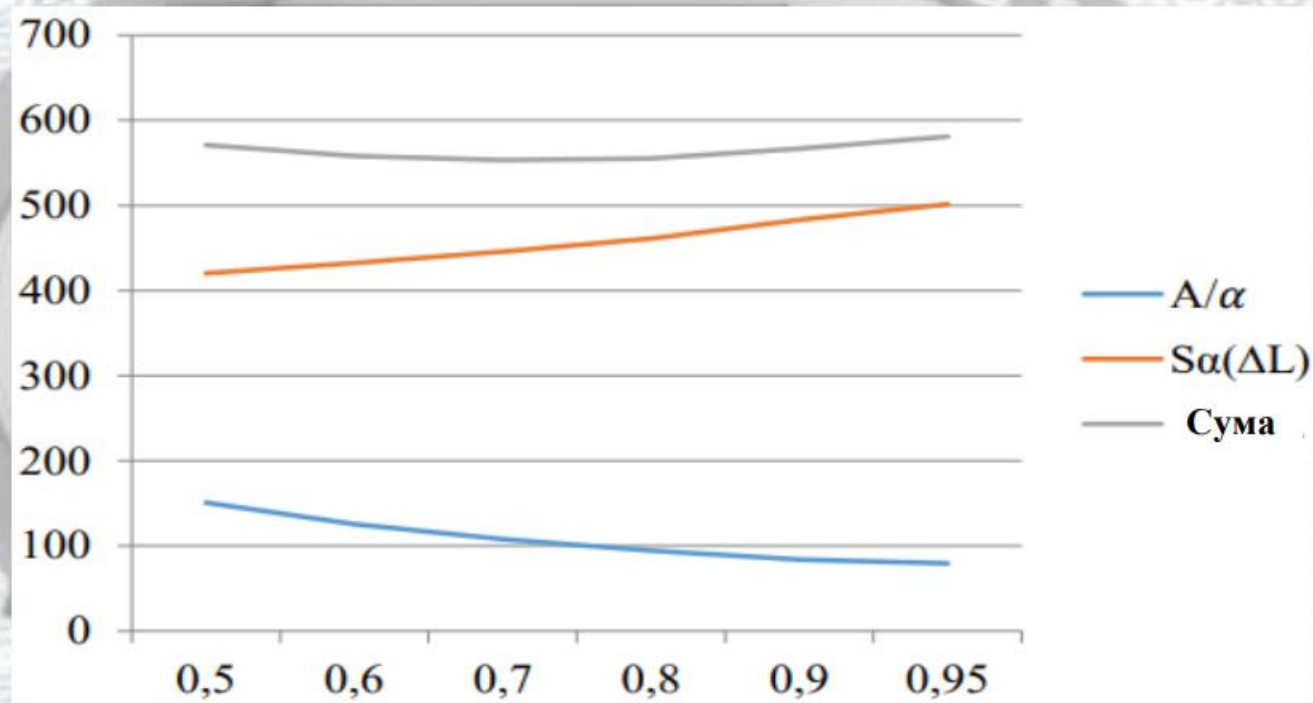


Рисунок А.6 – Об'єм запасів запасних частин дистриб'юторської системи (на рік) M_{get}

Проведено оцінку ефективності та практичної значущості впровадження методики, використання якої робить можливим зниження витрат на підтримку працездатності легкових автомобілів як для власників автомобілів, так і для дилерських сервісних центрів в діапазоні від 10 до 16,2%.

При цьому зниження потенційних втрат клієнтів, що користуються послугами автосервісу, при зміні ймовірності відсутності очікування α становить до 47,8%. Це в свою чергу дозволить суттєво підвищити продуктивність і ефективність дилерського обслуговування.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено методику прогнозування динаміки продажів, яка включає кластеризацію та визначення легкових автомобілів із найбільшим індексом споживчої задоволеності (понад 84,7), з урахуванням можливих змін економічної кон'юнктури.
2. Проведено аналіз інформації про динаміку інтенсивності експлуатації та показників експлуатаційної надійності з виявленням якісних і кількісних показників, виявлені елементи, критичні за рівнем працездатності, що дозволило сформувати функцію потоку відмов елементів для відібраних легкових автомобілів. Середнє напрацювання на відмову елементів, що обмежують працездатність досліджуваних легкових автомобілів, склало 63 тис. км.
3. Розроблено методику прогнозування потреби і оптимізації кількості запасних частин, проведено оцінку ефективності її функціонування для вибраних елементів легкових автомобілів з урахуванням динаміки просування їх на ринку і прогнозованих тенденцій в зміні економічної кон'юнктури. Розроблено математичну модель прогнозування потреби в запасних частинах, адекватність моделювання становить 91,8%. Розроблено результативний показник значущості елементів Ri з позиції їх впливу на працездатність та витрати на відновлення, виявлено перелік із 7-ми найбільш значущих елементів.
4. Проведено оцінку і отримано результати оптимізації і прогнозування кількості запасів дистриб'юторської системи. Сниження потенційних втрат клієнтів при зміні ймовірності відсутності очікування α становить до 47,8%; зниження потенційних втрат станцій технічного обслуговування становить до 16,2%.
5. Вирішено актуальну науково – практичну задачу динамічного управління поставками запасних частин при функціонуванні дистриб'юторської мережі.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Методика прогнозування потреби в запасних частинах для станції технічного обслуговування «SVC Point BMW Servis» місто Вінниця шляхом оптимізації їх кількості

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

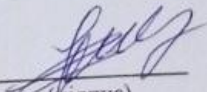
Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 95 % Схожість 5 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

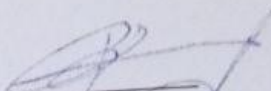
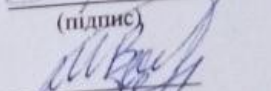
- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної 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  Цимбал О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Бойко В.О.
(прізвище, ініціали)

Митко М.В.
(прізвище, ініціали)