

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування приватного акціонерного товариства «Вінниччина-Авто» місто Вінниця»

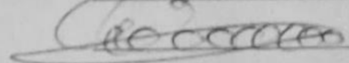
Виконав: студент 2-го курсу, групи

1АТ-23м спеціальності 274 –

Автомобільний транспорт

Освітньо-професійна програма –

Автомобільний транспорт

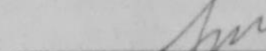
 Стащенко Д. І.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Кашканов В. А.

« 06 » 12 2024 р.

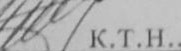
Опонент: к.т.н., доцент каф. ТАМ

 Сухоруков С. І.

« 12 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

 к.т.н., доц. Цимбал С. В.

« 12 » 12 2024 р.

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

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – 27 – Транспорт

Спеціальність – 274 – Автомобільний транспорт

Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

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

« 18 » 03 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Стащенко Денису Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування приватного акціонерного товариства «Вінниччина-Авто» місто Вінниця, керівник роботи Кашканов Віталій Альбертович, к.т.н., доцент. затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

2. Строк подання здобувачем роботи: 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – легкові автомобілі клієнтів СТО ПрАТ «Вінниччина-Авто»; характеристика ВТБ та виробничої діяльності СТО ПрАТ «Вінниччина-Авто», кількість днів роботи СТО – 305; об'єкт дослідження – процес технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів; предмет дослідження – показники зміни технічного стану підвіски легкового автомобіля; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст текстової частини:

1 Аналіз стану питання технічного обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «Вінниччина-Авто».

2 Теоретичні передумови прогнозування працездатного стану вузлів автомобіля.

3 Формування організаційних заходів для щодо підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля.

4 Розрахунок економічної ефективності запропонованих рішень.

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

1-3 Тема, мета, завдання дослідження, новизна та практичне значення результатів.

4 Характеристика СТО ПрАТ «Вінниччина-Авто».

5 Існуючий попит на послуги СТО.

6 Прогнозування попиту на послуги СТО.

7 Призначення підвіски автомобіля та особливості її технічного обслуговування.

8 Аналіз методів визначення періодичності ТО автомобілів.

9 Математичне моделювання показників надійності підвісок автомобілів.

10 Показники надійності підвісок автомобілів.

11 Обладнання для контролю технічного стану підвісок автомобілів.

12 Алгоритм пошуку несправностей в підвісці легкового автомобіля.

13 Показники ефективності запропонованих рішень.

14 Основні висновки по роботі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кашканов В. А., доцент кафедри АТМ	18.09.24	06.12.24
Визначення ефективності запропонованих рішень	Цимбал С. В., завідувач кафедри АТМ, доцент	18.11.24	06.12.24

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	Вик.
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	Вик.
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	Вик.
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	Вик.
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	Вик.
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	18.11-01.12.2024	Всес.
7	Нормоконтроль МКР	02.12-06.12.2024	Всес.
8	Попередній захист МКР	09.12-11.12.2024	Вак.
9	Рецензування МКР	12.12-16.12.2024	Вак.
10	Захист МКР	17.12.2024-20.12.2024	Всес.

Здобувач

(підпис)

Стащенко Д. І.

Керівник роботи

(підпис)

Кашканов В. А.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.3

Стащенко Д.І. Підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування приватного акціонерного товариства «Вінниччина-Авто» місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, освітня програма: «Автомобільний транспорт». Вінниця: ВНТУ: 2024. 86 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 34 назв; рис.: 23; табл. 14.

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджено та запропоновано теоретичні й практичні рекомендації щодо підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування приватного акціонерного товариства «Вінниччина-Авто» місто Вінниця. Загальна частина роботи містить аналіз діяльності досліджуваного підприємства, стан його виробничо-технічної бази, теоретичні передумови прогнозування працездатного стану вузлів автомобіля та формування організаційних заходів для щодо підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля.

У економічному розділі було розраховано ефективність запропонованих рішень та термін окупності капітальних вкладень в умовах станції технічного обслуговування автомобілів.

Графічна частина складається з 14 слайдів.

Ключові слова: станція технічного обслуговування автомобілів, технічне обслуговування, підвіска автомобіля, працездатний стан.

ABSTRACT

UDC 629.3

Stashchenko D.I. Increasing the efficiency of technical maintenance of a passenger car suspension in the conditions of a technical service station of the private joint-stock company "Vinnychchyna-Avto" Vinnytsia city. Master's qualification work in the specialty 274 - Motor transport, educational program: "Motor transport". Vinnytsia: VNTU: 2024. 86 p.

In Ukrainian. Bibliography: 34 titles; fig.: 23; table. 14.

The master's qualification work investigated and proposed theoretical and practical recommendations for increasing the efficiency of technical maintenance of a passenger car suspension in the conditions of a technical service station of the private joint-stock company "Vinnychchyna-Avto" Vinnytsia city. The general part of the work contains an analysis of the activities of the studied enterprise, the state of its production and technical base, theoretical prerequisites for predicting the serviceability of vehicle components and the formation of organizational measures to improve the efficiency of maintenance of the suspension of a passenger car.

In the economic section, the effectiveness of the proposed solutions and the payback period of capital investments in the conditions of a car service station were calculated.

The graphic part consists of 14 slides.

Keywords: car service station, maintenance, car suspension, serviceability.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ «ВІННИЧЧИНА-АВТО»	8
1.1 Характеристика підприємства	8
1.2 Огляд виробничо-технічної бази підприємства	10
1.3 Дослідження існуючого попиту на послуги СТО «Вінниччина-Авто»	12
1.4 Прогнозування попиту на автосервісні послуги СТО	16
1.5 Призначення підвіски автомобіля та особливості її технічного обслуговування	20
1.6 Аналіз робіт, присвячених системі забезпечення і підтримки працездатності автомобілів	27
1.7 Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження	29
2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОГО СТАНУ ВУЗЛІВ АВТОМОБІЛЯ	31
2.1 Аналіз методів визначення періодичності технічного обслуговування автомобіля	31
2.2 Математична модель прогнозування працездатного стану вузлів автомобіля	41
2.3 Математична модель визначення напрацювання автомобіля до досягнення граничних значень кутів встановлення керованих коліс	50
2.4 Висновки до розділу 2	55
3 ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІДВІСКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ	56
3.1 Результати дослідження показників надійності елементів конструкції передніх підвісок легкових автомобілів	56

3.2 Підбір обладнання для діагностування технічного стану підвісок легкових автомобілів	60
3.3 Розробка алгоритму пошуку несправностей підвіски легкового автомобіля	66
3.4 Висновки до розділу 3	69
4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	71
4.1 Розрахунок витрат на заробітну плату та відрахувань на соціальні потреби	71
4.2 Розрахунок витрат на електроенергію та воду	73
4.3 Розрахунок собівартості послуги	74
4.4 Розрахунок прибутку та ефективності запропонованих рішень	76
4.5 Висновки до розділу 4	78
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82
ДОДАТКИ	86
Додаток А. Ілюстративна частина	
Додаток Б. Протокол перевірки МКР на плагіат	

ВСТУП

Актуальність теми. Підвіска є однією з важливих систем, що забезпечує безпеку руху, довговічність і надійність роботи автомобіля і всіх його агрегатів і вузлів, комфортабельність при перевезенні пасажирів, а також збереження вантажів при їх транспортуванні. Робота з несправною підвіскою знижує довговічність автомобіля більш ніж в 1,5 рази.

Ефективність технічного обслуговування як автомобіля в цілому, так і окремих його вузлів чи агрегатів, залежить від оптимальної періодичності проведення окремих операцій, якості діагностичних робіт, точності використовуваного обладнання і кваліфікації обслуговуючого персоналу [5]. Тому, задача підвищення ефективності технічного обслуговування автомобіля із забезпеченням необхідного рівня надійності при мінімальних витратах, є завжди актуальною в умовах діяльності автотранспортних підприємств.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до Закону України «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» із змінами, внесеними згідно з Законом від 12.01.2023 № 2859-IX; Указу Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» № 722/2019, від 30.09.2019 р. [29]. Дослідження за темою магістерської кваліфікаційної роботи належать до основних наукових напрямків досліджень кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного технічного університету, вони виконувались відповідно плану науково-дослідних робіт ВНТУ на 2023-2024 рр.

Мета і завдання роботи. Метою роботи є надання теоретичних та практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування «Вінниччина-Авто» м. Вінниця.

Завдання магістерської кваліфікаційної роботи:

– виконати аналіз стану питання технічного обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «Вінниччина-Авто»;

– виконати теоретичні дослідження методів прогнозування працездатного стану вузлів автомобіля;

– сформулювати заходи організаційного характеру щодо підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах досліджуваного підприємства;

– визначити економічну ефективність від впровадження запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження – процес технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів.

Предмет дослідження – показники зміни технічного стану підвіски легкового автомобіля.

Методи досліджень. При розв'язанні поставлених задач використовувались методи досліджень, ґрунтовані на застосуванні системного аналізу, математичного моделювання, теорії надійності, теорії ймовірності.

Новизна одержаних результатів. Набув подальшого розвитку метод визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування підвіски автомобіля з використанням критерію мінімального ризику.

Практичне значення одержаних результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Результати можуть використовуватися на підприємствах автомобільного транспорту для підвищення ефективності робіт з технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Деякі положення роботи доповідалися на Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)», 15 жовтня 2024 року – 16 червня 2025 року, ВНТУ.

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Основні положення та деякі результати досліджень за участі автора опубліковані в публікації [19].

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ «ВІННИЧЧИНА-АВТО»

1.1 Характеристика підприємства

СТО «Вінниччина-Авто» веде свою історію від 1975 року, коли на базі Вінницької станції техобслуговування шляхом реорганізації було створено новий центр. Зараз «Вінниччина-АВТО» одне з найбільших та найдосвідченіших автосервісних підприємств в складі Української Автомобільної Корпорації. Клієнти отримують повний спектр послуг, починаючи придбанням нового автомобіля, та закінчуючи регламентним обслуговуванням та встановленням додаткового обладнання.

ПрАТ «Вінниччина-Авто» є структурним підрозділом Української автомобільної корпорації та офіційно представляє у Вінницькій області ПАТ «Запорізький автомобілебудівний завод».

ПрАТ «Вінниччина-Авто» одна з найпотужніших структур в регіоні, яка надає послуги з гарантійного та післягарантійного ремонту автомобілів, технічного обслуговування автомобілів. Адреса підприємства: м. Вінниця, вул. Лук'яненка, 172.

Основні напрямки діяльності "Вінниччини-Авто" - це реалізація автомобілів, оригінальних запчастин, надання автосервісних послуг, а також деякі інші види супроводжуючих послуг.

Підрозділи та головне підприємство ПрАТ «Вінниччина-Авто» обладнано необхідним сучасним обладнанням. Фахівці Товариства проходять навчання та підвищують кваліфікацію у навчальних центрах ПАТ «ЗАЗ» та «Корпорації «УкрАВТО».

СТО здійснює весь комплекс робіт з технічного обслуговування та дрібного ремонту, який полягає, переважно в заміні деталей та агрегатів. Станція

технічного обслуговування автомобілів універсальна. Вона обслуговує всі автомобілі, котрі важать не більш ніж 4 т.

СТО надає такі послуги:

- комп'ютерна діагностика;
- заміна мастил і технічних рідин;
- обслуговування паливної системи (бензин, дизель);
- шиномонтаж, балансування коліс;
- встановлення кутів розвалу/сходження коліс на комп'ютерному стенді;
- обслуговування та ремонт ходової частини;
- перевірка та заміна свічок запалювання та проводів високої напруги;
- заміна ламп освітлення та акумуляторів.
- зварювальні роботи;
- обов'язковий технічний контроль.

Повний перелік послуг, що надає ПрАТ «Вінниччина-Авто» наведено на сайті підприємства за посиланням: <https://vinnichyna-avto.ukravto.ua/autoservice-vinnichyna-avto>.

На базі СТО функціонує магазин з широким вибором автомобільних товарів:

- авто-хімії, косметики, аксесуарів;
- автозапчастин;
- шин, дисків;
- електро- і ручного інструменту;
- витратних матеріалів.

Експлуатація та організація технічного обслуговування і ремонту приватних автомобілів має специфічні особливості, які працівники даного СТО враховують при визначенні необхідного комплексу профілактичних та ремонтних робіт для підтримки автомобілів клієнтів в технічно справному стані.

Система обслуговування автомобілів на ПрАТ «Вінниччина-Авто» має такі особливості:

- ТО і ПР автомобілів в більшості випадків здійснюються на СТО на основі заявки власника;

- планово–попереджувальна система обслуговування рекомендується та частково регламентує власникам автомобілів періодичність ТО, але не передбачає відповідальність за невиконання цих вказівок. ТО частково здійснюється завдяки застосуванню сервісних книжок;

- власник користується правом на вибіркове проведення операцій по ТО і ПР;

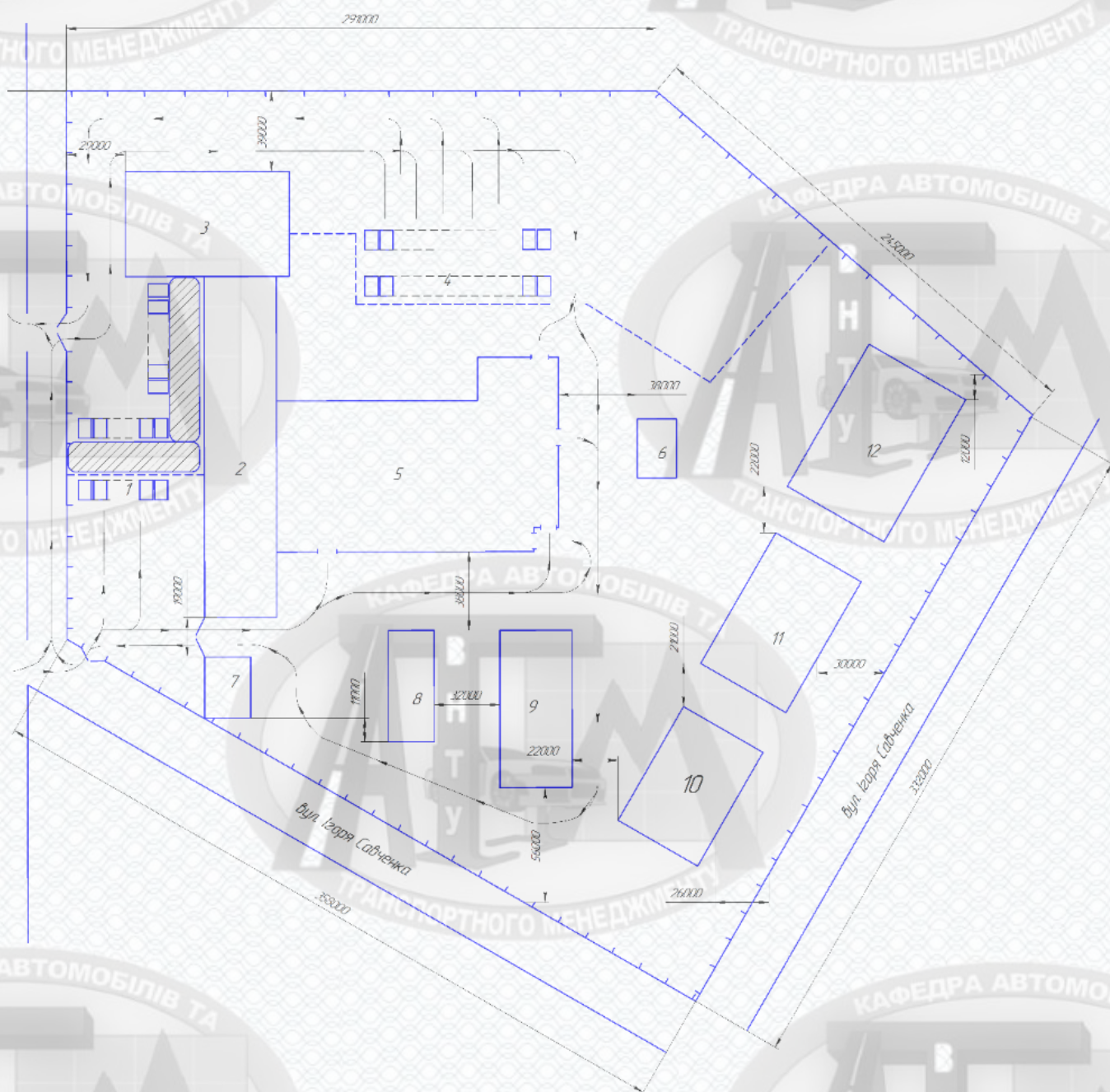
- капітальний ремонт автомобілів не виконується. Може виконуватися тільки капітальний ремонт вузлів та агрегатів.

1.2 Огляд виробничо-технічної бази підприємства

Виробничо-технічна база ПрАТ «Вінниччина-Авто» включає в себе будівлі та споруди, які показано на рисунку 1.1.

В'їзд на територію СТО може здійснюватися тільки через КПП. Площа озеленення території складає 8%, щільність забудови біля 25%, коефіцієнт використання території 82%.

Адміністративний корпус, загальною площею 1179 м², з'єднаний з автосалоном площею 877 м² та головним виробничим корпусом, площею 2890 м². Головний виробничий корпус з'єднаний проходом з малярним цехом, площею 877 м². При в'їзді на територію підприємства розташована прохідна площею 28 м², що забезпечує контроль та безпеку в'їзду-виїзду автомобілів з головного корпусу. Далі прохідної розміщена мийка площею в 182 м², на ній проводиться миття автомобілів перед заїздом у головний корпус, завдяки цьому забезпечується чистота у корпусі і на робочих місцях відповідно. Нижче мийки знаходиться СТО вантажних автомобілів площа якого 529 м². Далі розміщено склад запасних частин – 734 м², склад матеріалів – 1072 м² та кузовний цех - 1171 м². Нижче малярного цеху на генеральному плані розміщений транспортний підрозділ, який забезпечує підприємство необхідними матеріалами.



1 - стоянка автомобілів працівників; 2 - адміністративний корпус; 3 – автосалон;
 4 - склад автомобілів (на продаж); 5 - виробничий корпус; 6 – власний
 транспортний підрозділ; 7- прохідна; 8 - мийка; 9 – СТО для вантажних
 автомобілів, 10 - склад запасних частин; 11 - склад матеріалів; 12 - кузовний цех

Рисунок 1.1 – Генеральний план території ПрАТ «Вінниччина-Авто»

Позаду автосалону та адміністративного корпусу; праворуч від головного корпусу знаходиться відкрита стоянка – склад товарних автомобілів, що продаються у автосалоні підприємства.

В склад виробничого корпусу входять наступні ділянки та приміщення: мідницька ділянка площею 32 м²; зона ТО і ПР з постом діагностики – 1080 м²; електротехнічна ділянка – 180 м²; агрегатна ділянка – 90 м²; склад запасних частин – 145 м²; кузовна ділянка – 396 м²; фарбувальна ділянка – 792 м²; антикорозійна ділянка – 156 м²; кімната майстра – 3 м²; вбиральня – 9 м²; котельня – 12 м²; ізолятор браку – 180 м²; склад експлуатаційних матеріалів – 136 м².

Аналіз стану ВТБ показує, що зони і ділянки СТО укомплектовані устаткуванням на 80-90 % від нормативу. Частина устаткування є фізично спрацьованим (приблизно 18%), тобто воно підлягає оновленню, модернізації.

1.3 Дослідження існуючого попиту на послуги СТО «Вінниччина-Авто»

В таблиці 1.1 представлено усереднена кількість автомобіле-заїздів на технічне обслуговування на ПрАТ «Вінниччина-Авто» по днях тижня, дані про які було накопичено та усереднено під час проходження переддипломної практики на даному підприємстві.

Таблиця 1.1 – Середня кількість автомобіле-заїздів на ТО на СТО

	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб
Гарантійне	10	6	6	7	10	5
Післягарантія	20	22	20	19	18	20
Разом	30	28	26	26	28	25

Режим роботи ПрАТ «Вінниччина-Авто»: Пн-Пт: 09:00-18:00, Сб: 09:00-15:00 Нд: вихідний.

За результатами таблиці 1.1 побудуємо графічні залежності на рисунку 1.2.

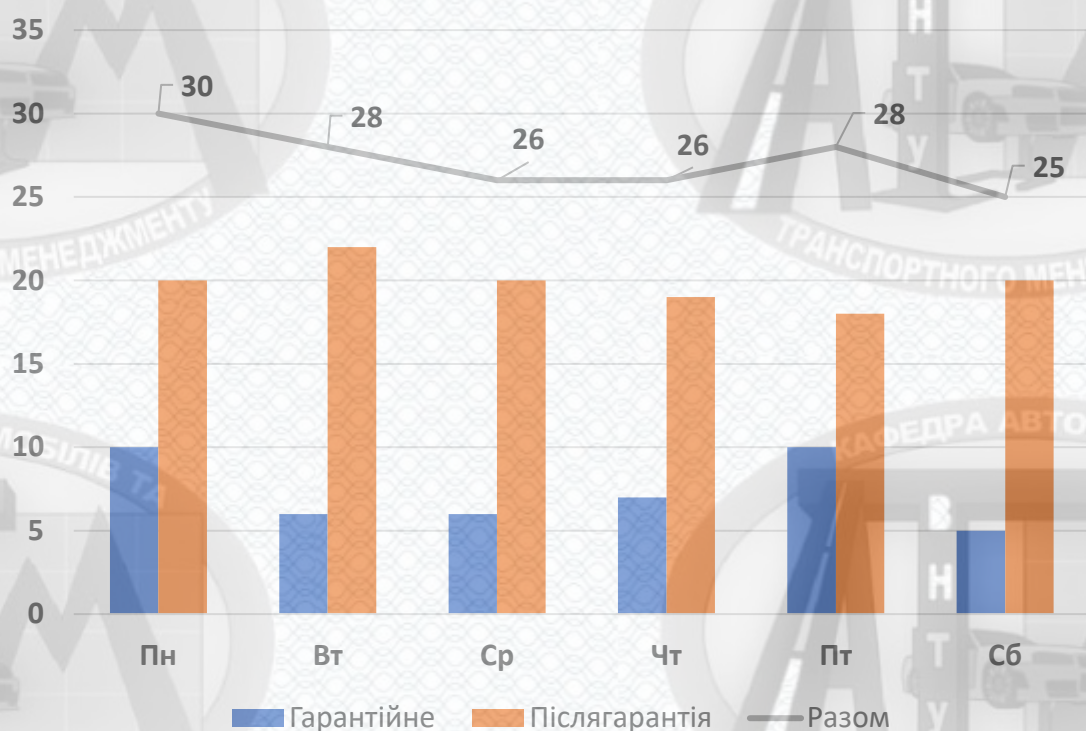


Рисунок 1.2 – Середня кількість автомобіле-заїздів на ТО на СТОА «Вінниччина-Авто» за днями тижня

В таблиці 1.2 представимо кількість автомобіле-заїздів на технічне обслуговування на ПрАТ «Вінниччина-Авто» по місяцях 2023 року.

Таблиця 1.2 – Кількість автомобіле-заїздів на СТО по місяцях 2023 року

	Січ	Лют	Бер	Кві	Тра	Чер	Лип	Сер	Вер	Жов	Лис	Гру
Гарант.	197	204	220	246	237	223	191	207	253	243	225	201
Післягар.	459	476	512	574	553	521	447	483	589	567	525	469
Разом	655	680	732	820	790	744	638	690	842	810	750	670

За даними таблиці 1.2, за 2023 рік на СТО було здійснено 8821 автомобіле-заїздів для ТО і Р автомобілів.

За результатами таблиці 1.2 побудуємо графічні залежності на рисунку 1.3.

Як випливає з таблиці 1.2 та рис. 1.3, сезонні піки звернень на СТО ПрАТ «Вінниччина-Авто» припадають квітень-травень та вересень-жовтень. Це

пояснюється тим, що багато власників проводять роботи з ТО (заміна оливи, шиномонтаж, регулювальні роботи тощо) навесні (перед літнім періодом експлуатації) і восени (перед зимовим періодом експлуатації). Тенденція, показана на рис. 1.3, також говорить про більшу трудомісткість робіт з ТО, що виконуються восени, що пов'язано з поверненням автовласників з відпусток та готуючи автомобіль до наступного періоду експлуатації, замовляючи більший обсяг робіт.

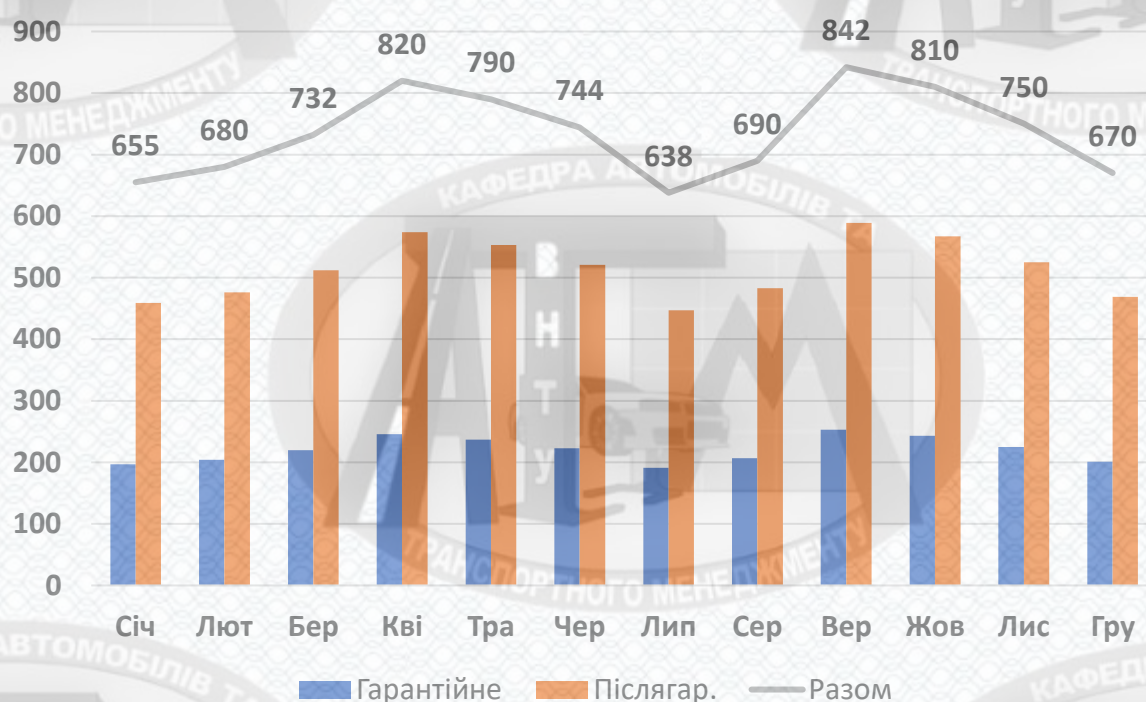


Рисунок 1.3 – Середня кількість автомобіле-заїздів на ТО на СТОА «Вінниччина-Авто» по місяцям 2023 року

В таблиці 1.3 представлені середні значення, отримані при анкетуванні клієнтів досліджуваного СТО. Виходячи з цих даних можна дійти висновку, що на підприємстві обслуговуються як нові (гарантійні) автомобілі, так і автомобілі зі значним пробігом. Це зумовлює більші вимоги до кваліфікації персоналу майстрів та можливостям з поставки запасних частин та витратних матеріалів до

таких автомобілів. Також підприємству потрібно мати різне обладнання, щоб воно могло надати клієнтам різні види послуг.

Таблиця 1.3 – Характеристики інтенсивності експлуатації автомобілів-клієнтів

Характеристика режимів експлуатації	Значення
Рік випуску автомобіля	1999-2024
Поточне значення пробігу автомобіля, км	2000-418000
Середньорічний пробіг автомобіля, км	12800
Середня періодичність обслуговування, км	4200
Кількість обслуговуваних автомобілів	1634

З метою відображення кількості звернень клієнтів СТО щодо несправностей ходової частини побудуємо графічну залежність на рисунку 1.4. Зауважимо, що на звернення з підозрою на несправності ходової частини були як в межах гарантійного періоду обслуговування автомобіля, так і позагарантійний період.

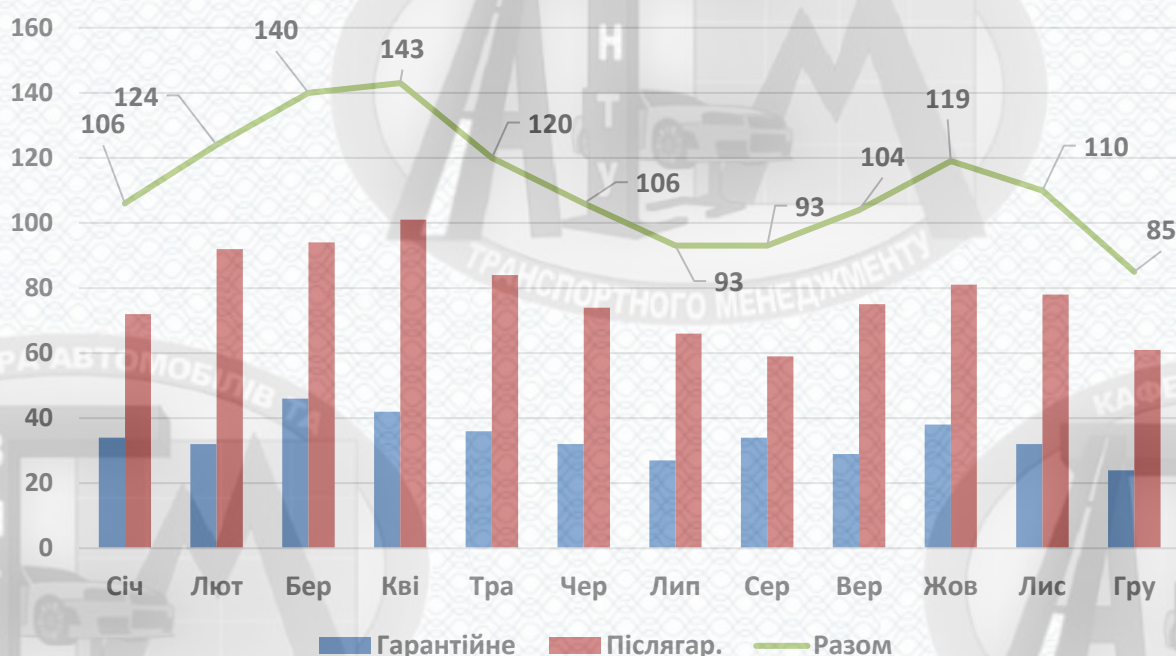


Рисунок 1.4 – Кількість автомобіле-заїздів на СТОА «Вінниччина-Авто» на технічне обслуговування ходової частини по місяцям 2023 року

Згідно з даними графіку, що зображено на рисунку 1.4, можемо зробити такі висновки: найбільша кількість звернень по причині несправностей у ходовій частині автомобіля на дане СТО припадає на весняний період, що пояснюється незадовільним станом автомобільних доріг нашої країни після зимового періоду; від 12% до 20% загальної кількості звернень (гарантійних та негарантійних) на СТО було за причинами несправностей у ходовій частині автомобіля.

1.4 Прогнозування попиту на автосервісні послуги СТО

Для виконання прогнозування попиту на автосервісні послуги необхідно дослідити динаміку зміни автомобіле-заїздів на СТО «Вінниччина-Авто» м. Вінниця за останні роки. Кількість автомобіле-заїздів, які були обслуговані на підприємстві за останні 5 років роботи занесено до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Кількість автомобіле-заїздів на СТО «Вінниччина-Авто»

Рік	Кількість автомобіле-заїздів
2019	8412
2020	8665
2021	8528
2022	8622
2023	8821

Як видно з таблиці 1.4 кількість автомобіле-заїздів на підприємстві збільшується. Збільшення числа автомобіле-заїздів пов'язано зі збільшенням кількості автомобілів у приватних власників, а саме завдяки масовому ввезенню в Україну вживаних автомобілів з-за кордону.

Вибір прогнозовної функції – найвідповідальніша частина при складанні прогнозів. Звичайно користуються такими функціями: лінійною – $y = a_0 + a_1 t$; показниковою – $y = a_0 a_1^t$. Кожна з наведених функцій є найпростішою моделлю

динаміки зміни прогнозованого показника в часі (t) [20].

Після того як обраний перелік кривих, придатних для екстраполяції, необхідно визначити їхні параметри. Оскільки результуючий показник є вибіркою з генеральної сукупності, не можна точно визначити невідомі значення параметрів, а можна знайти тільки їхні оцінки. Найзручніше використати метод найменших квадратів. Він досить простий і забезпечує необхідну точність розрахунків. Для вибору математичної функції, що описує траєкторію зміни того або іншого показника, необхідно: побудувати кореляційне поле; за характером розташування точок – значень показника – на кореляційному полі вибрати загальний вигляд функції регресії; скласти кореляційну таблицю; оцінити параметри a_0 й a_1 методом найменших квадратів; записати емпіричне рівняння регресії; обчислити коефіцієнт кореляції (у випадку лінійної регресії) або кореляційне відношення (у випадку нелінійної функції регресії); установити адекватність математичної моделі динаміці зміни показника автомобіле-заїздів в рік на СТО.

Оцінювання параметрів a_0 і a_1 знаходиться за формулами [20]:

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}; \quad (1.1)$$

$$a_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}. \quad (1.2)$$

На підставі вихідних даних складається кореляційна таблиця (табл. 1.5). При цьому як функція y_i приймається значення прогнозованого показника (β - автомобіле-заїздів в рік на СТО), як аргумент x_i – умовний рік (t),

що відповідає даному значенню показника.

Таблиця 1.5 – Кореляційна таблиця прогнозування

Вихідні дані			Дані для розрахунку		
x_i		$y_i(\beta)$	$x_i y_i$	x_i^2	y_i^2
календ. рік	умовний рік (t)				
2019	1	8412	8412	1	70761744
2020	2	8665	17330	4	75082225
2021	3	8528	25584	9	72726784
2022	4	8622	34488	16	74338884
2023	5	8821	44105	25	77810041
—	$\sum_{i=1}^n x_i = 15$	$\sum_{i=1}^n y_i = 43048$	$\sum_{i=1}^n x_i y_i = 129919$	$\sum_{i=1}^n x_i^2 = 55$	$\sum_{i=1}^n y_i^2 = 370719678$

Оцінювання параметрів a_0 і a_1 знаходиться за формулами (1.1; 1.2):

$$a_0 = \frac{43048 \cdot 14 - 6 \cdot 129919}{5 \cdot 14 - 6^2} = 8377,1;$$

$$a_1 = \frac{5 \cdot 129919 - 15 \cdot 43048}{5 \cdot 55 - 15^2} = 77,5.$$

Отже, математична модель для прогнозування β має такий вигляд:

$$\beta = 8377,1 + 77,5 \cdot t. \quad (1.3)$$

Проведемо прогнозування значення β на період до 2024 року. При цьому за початок координат (рік початку відліку) приймаємо 2019 рік. Таким чином, $t = 4$ і

$$\beta = 8377,1 + 77,5 \cdot 6 = 8842,1.$$

Графік прогнозу кількості автомобіле-заїздів на СТО «Вінниччина-Авто» на період 2024 року показано на рисунку 1.5.

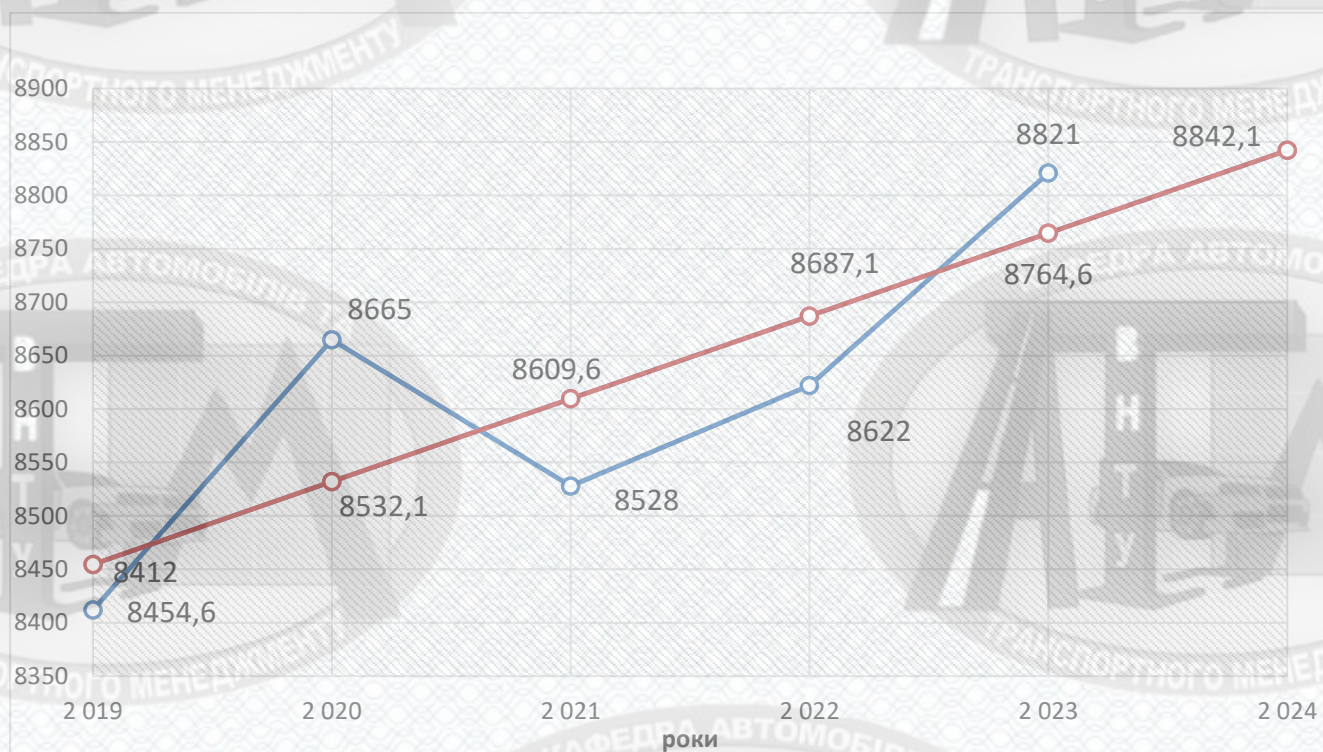


Рисунок 1.5 – Прогноз кількості автомобіле-заїздів на СТО на 2024 рік

Коефіцієнт кореляції R вказує на тісноту лінійного зв'язку між показниками x_i й y_i , тобто між β і t . Він визначається за формулою:

$$R = \frac{n \sum y_i x_i - \sum y_i \sum x_i}{\sqrt{\left(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 \right) \left(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2 \right)}}, \quad (1.4)$$

За допомогою формули (1.4) і даних таблиці 1.5, визначимо коефіцієнт кореляції:

$$R = \frac{5 \cdot 129919 - 43048 \cdot 15}{\sqrt{(5 \cdot 55 - 15^2) \cdot (5 \cdot 370719678 - 43048^2)}} = 0,8.$$

Відомо, що якщо $|R|=1$, то зв'язок між величинами x та y лінійний функціональний, якщо ж $R=0$ – величини x та y незалежні й отримане рівняння не можна використовувати з метою прогнозування. Оскільки $R=0,8$, зв'язок між β і t лінійний функціональний.

За результатами прогнозування, зображених на рисунку 1.5, видно, що кількість автомобіле-заїздів на 2024 рік збільшується, порівняно з минулим роком, і складає 8843 автомобіле-заїзда.

Збільшення попиту на сервісні послуги на СТО «Вінниччина-Авто» м. Вінниця зумовлює необхідність надання теоретичних та практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності технічного обслуговування автомобілів на досліджуваному СТОА, зокрема підвісок легкових автомобілів.

1.5 Призначення підвіски автомобіля та особливості її технічного обслуговування

Підвіска автомобіля служить для переміщення коліс вгору-вниз без зміни напрямку руху транспортного засобу, тому призначення підвіски – зробити їзду безпечною, плавною, вберегти автомобіль від значного нахилу кузова під час розгону, проходження повороту і при гальмуванні.

Фактично елементи підвіски вирішують кілька завдань [16, 18]:

1. Підвищують комфорт при їзді. Це досягається рахунок демпфування вібрації, поштовхів, ударів. Пристрій працює з діючими силами коливання і гасіння (трансформує впливи в допустимі коливання), забезпечує пружний зв'язок між кузовом і колесами. Якісна підвіска дозволяє досягти ефективного перерозподілу енергії коливань автомобіля між кузовом транспортного засобу та колісною базою. Амортизатори поглинають цю енергію, перетворюючи її на

тепло. Чим більше енергії поглинає амортизатор, тим швидше загасатимуть коливання кузова.

2. Надають допомогу при маневрах, регулюють (стабілізують) становище кузова під час їзди, забезпечують протистояння диференту – кивкам при гальмуванні. Від підвіски залежить стійкість авто та його керованість. Шини транспортного засобу знаходяться у постійному контакті із дорожнім покриттям.

3. Мінімізують навантаження на колеса. Завдяки цьому разом із правильно підібраними протекторами покращують зчеплення.

4. Оптимізують рівень точності кермового керування під час їзди. Адже під контролем – геометрія положення та переміщення коліс.

Підвіска автомобіля поділяється на передню та задню (рис. 1.6).

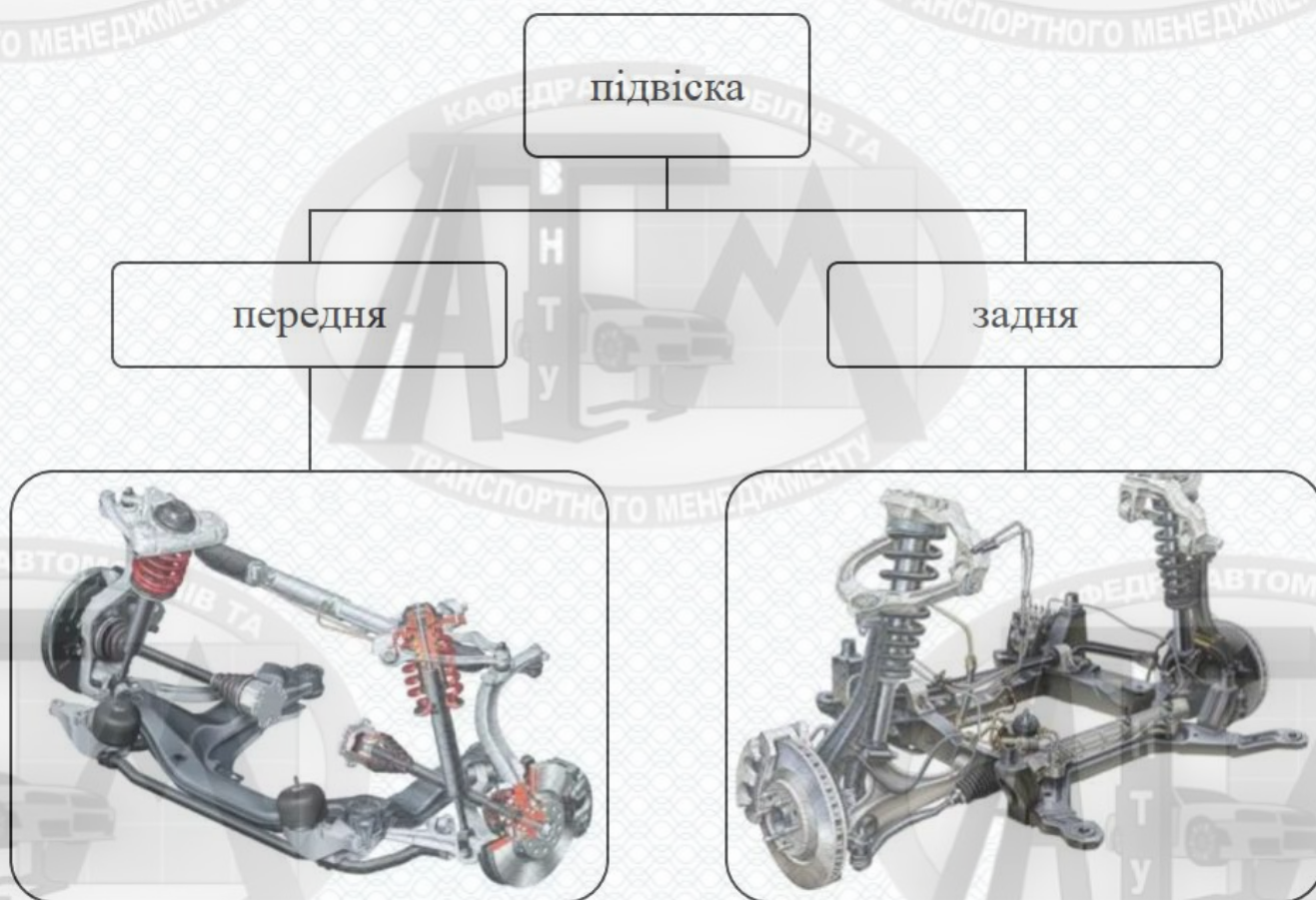


Рисунок 1.6 – Види підвісок автомобіля

Конструкція підвіски включає такі елементи (див. рис. 1.7) [16]:

– пружні пристрої. Приймають на себе навантаження від дорожнього полотна під час руху по купах, вибоїнах, мінімізують динамічні навантаження, вертикальні прискорення, пом'якшують удари, уберігають від «копіювання» дорожніх нерівностей кузовом, відпружинюють поштовхи, забезпечують транспортному засобу плавну їзду (оптимальний варіант – коливання 1 – 1,3 Гц). Популярні пружні елементи – кручені пружини, торсіони.

– демпфуючі елементи. Представлені різними видами амортизаторів - пневматичними, газомасляними, масляними, магнітними. Поглинають тряску, не дають удару пройти до кузова авто.

– напрямні елементи. Забезпечують коректне положення колісної бази при здійсненні маневрів під час руху прямою траєкторією і при поворотах. Роль напрямних виконують важелі та поперечні тяги.

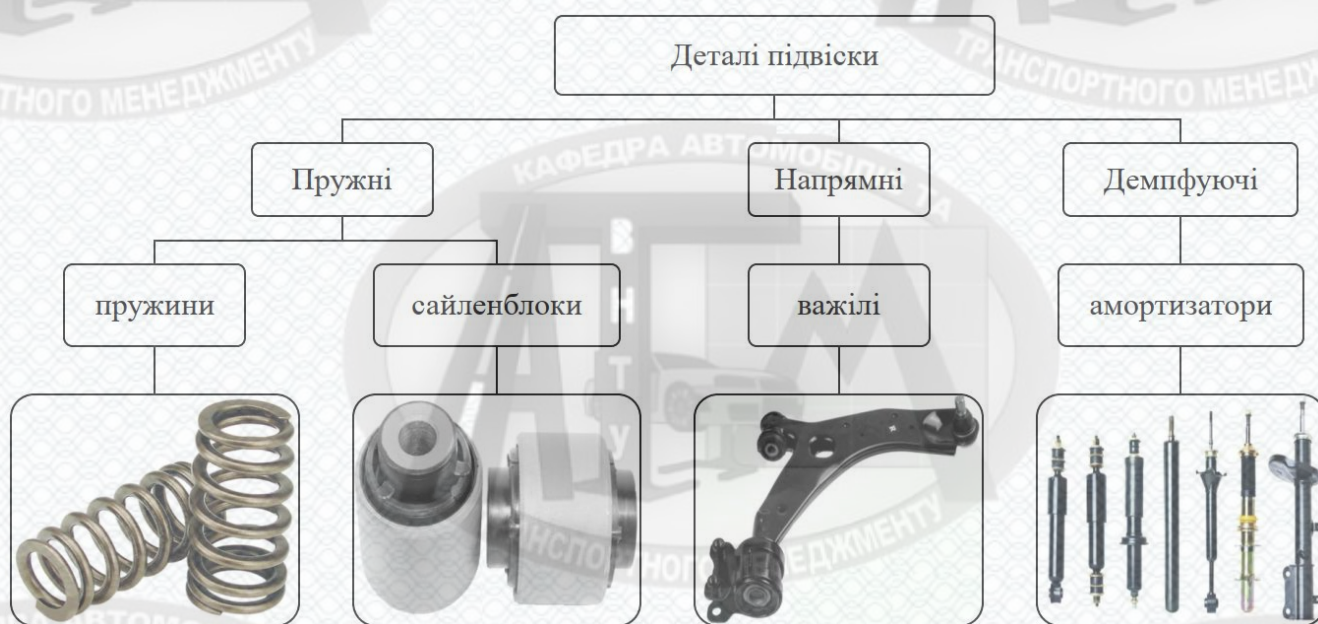


Рисунок 1.7 – Основні деталі підвісок легкових автомобілів

Також ще є стабілізатор поперечної стійкості, який захищає автомобіль від завалювання кузова на бік на поворотах, та різні кріплення для амортизаторів, важелів, стабілізатора поперечної стійкості.

Пружні вставки підвіски гасять вібрації та коливання, що передаються в самій підвіски автомобіля від одного вузла до іншого. Якщо вставка зроблена з поліуретану, то це гарна умова, що забезпечує профілактику для всієї підвіски від «вичавлювання» та небажаної деформації.

Кульові опори підвіски зв'язують важіль підвіски автомобіля зі маточкою (центральною частиною, що обертається) колеса. Якщо непорядно кульова опора, то під час руху колеса можуть почати вивертатися назовні, а сама машина почне завалюватися на одне з крил.

Сайлентблоки – це втулки з металу з гумовою або поліуретановою вставкою, що утворюють шарніри.

Поганий стан доріг та агресивна манера водіння шкодять різним вузлам автомобіля, але першою приймає на себе удар система підресорювання, або підвіска, що пружно зв'язує колеса та кузов. При несправності цього вузла керування автомобілем ускладнюється, а комфорт та безпека водія та пасажирів різко знижуються. Отже, стан підвіски потрібно контролювати: діагностики в процесі планового ТО недостатньо, огляд і перевірку необхідно проводити при появі підозрілих ознак. До них відносяться:

- скрип, стукіт та інші сторонні шуми в області передньої або задньої підвіски;
- надмірне осадження кузова;
- занесення автомобіля, погіршення зчеплення коліс з дорогою, труднощі з керуванням;
- асиметричне розташування коліс задньої осі.

Передня підвіска (див. рис. 1.8) відрізняється більш складною конструкцією, вона забезпечує рух лівого та правого коліс незалежно один від одного. Крім того, вона піддається більш серйозному навантаженню, швидше зношується і частіше потребує ремонту. Задня підвіска зазвичай буває залежною або напівзалежною, має більш просту конструкцію і менш схильна до зносу і поломок. Але і вона періодично потребує діагностики та ремонту.

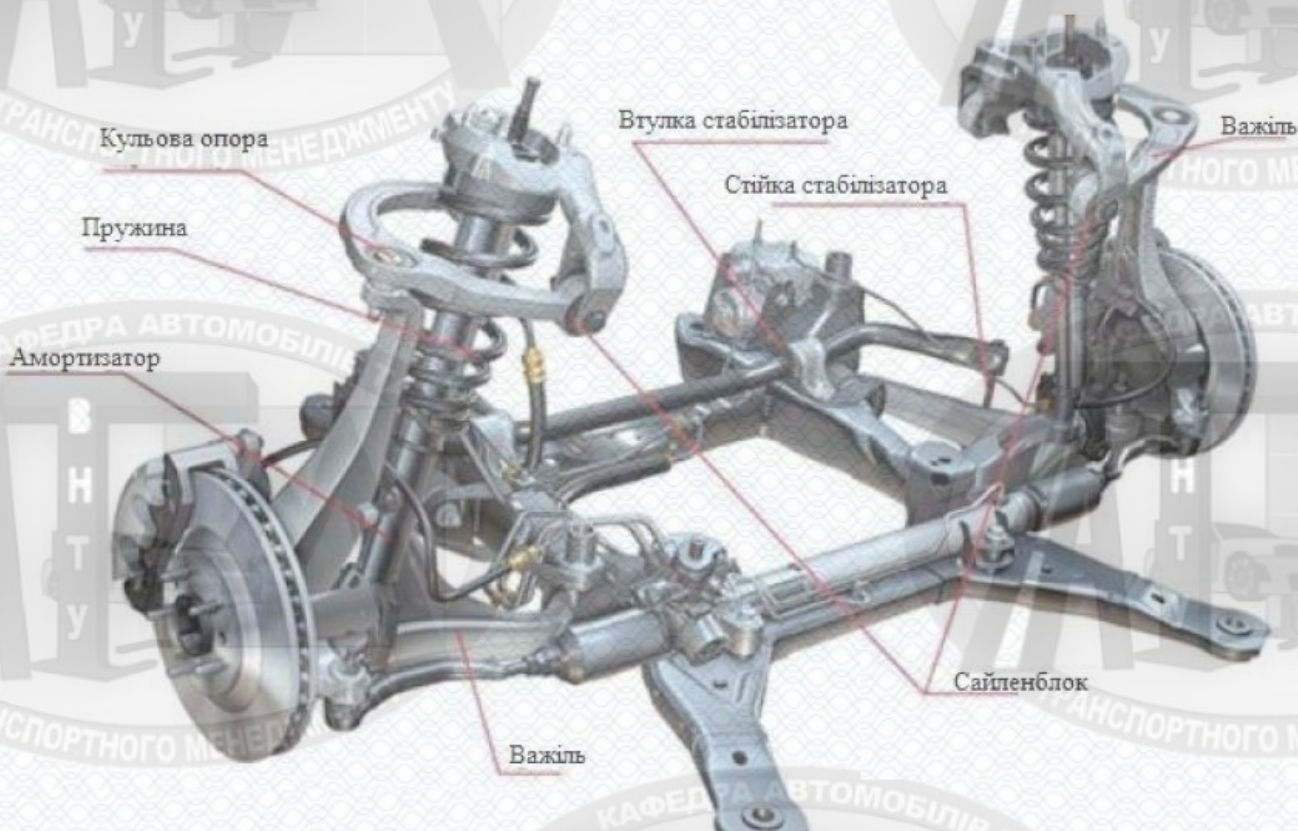


Рисунок 1.8 – Конструктивні елементи передньої підвіски

З усіх вузлів автомобіля підвіска підлягає найчастішій діагностиці. Для нових автомобілів рекомендується проводити діагностику через кожних 15 тис. км пробігу, але зі збільшенням сумарного пробігу цей інтервал краще скорочувати. Частота проведення діагностики також залежить від стану доріг, якими більшу частину часу їздить водій, від його манери водіння, середовища експлуатації.

На даний час ТО і ПР автомобілів здійснюються на СТО на основі заявки власника. Планово–попереджувальна система обслуговування рекомендується клієнтам даної СТО та частково регламентує власникам автомобілів періодичність ТО, але не передбачає відповідальність за невиконання цих вказівок. Найчастіше власник автомобіля користується правом на вибіркове проведення операцій по ТО і ПР свого автомобіля.

При скарзі автовласника на роботу підвіски його автомобіля, перевірка її роботи проводиться за допомогою спеціальних діагностичних засобів. Підвіска

автомобілів працює в несприятливих умовах у зв'язку з постійним контактом з поверхнею дороги і наявністю пилу і бруду.

Установлено, що на задню і передню підвіску припадає до 20% від загального числа поточних ремонтів автомобіля.

Поломки підвіски виникають завдяки цілому ряду причин або сукупності факторів, відзначимо основні, які приводять до поломок:

- зношення гумометалевих компонентів та зношування, під впливом постійних знакозмінних навантажень, внаслідок яких виникає «втома» металу;

- несприятливі дорожні умови експлуатації транспортного засобу, а також рельєф місцевості негативним чином позначаються на підвісці і її технічному стані;

- стиль водіння – одна з основних причин поломок, особливо перевищення швидкісного режиму експлуатації, різкі маневрування, гальмування й прискорення або ситуації коли формується позаштатний вектор сили, на вплив якого ті ж напрямні компоненти підвіски не розраховані (наїзд на бордюр, ямка на високій швидкості, акробатичні елементи, наприклад, зіскок з евакуатора);

- низька якість встановлюваних при ремонтах деталей і вузлів підвіски, вони бувають контрафактними, із заводським браком, із конструкційними прорахунками тощо;

- вплив агресивних факторів навколишнього середовища (хімічних речовин, підвищених і негативних температур, вологи, опадів тощо);

- низькокваліфікований ремонт або відсутність технічного обслуговування підвіски, а іноді й інших систем, наприклад, неправильно обрані й установлені шини, порушення кутів встановлення коліс тощо, що в цілому впливає на зміну технічного стану елементів підвіски автомобіля.

Зовнішнім проявом відмов елементів підвіски є поява стукотів і шумів при русі автомобіля і слабо загасаючі коливання кузова при наїзді на перешкоду.

Загальний технічний стан підвіски може бути оцінений по величині загасання коливань, викликаних, наприклад, скиданням колеса автомобіля з невеликої висоти.

При візуальному огляді елементів підвіски перевіряють (рис. 1.9):

- наявність поломок і тріщин пружин;
- люфт у сполученні важелів, стійки амортизаторів;
- зазор між кузовом і кронштейнами осей важелів передньої підвіски;
- якість гумових упорів.



Рисунок 1.9 – Візуальний огляд елементів підвіски легкового автомобіля

Діагностування пружин і амортизаторів безпосередньо на автомобілі може здійснюватися за допомогою площадок чи барабанних стендів. У першому випадку колеса автомобіля встановлюються на окремі площадки, яким спеціальний збудник створює коливання у вертикальній площині. Після вимикання збудника, реєструючий пристрій записує процес загасання коливань. По величині амплітуди визначається технічний стан амортизатора й у випадку відхилень – характер несправності.

1.6 Аналіз робіт, присвячених системі забезпечення і підтримки працездатності автомобілів

Аналіз робіт, спрямованих на дослідження і вдосконалення системи забезпечення і підтримки працездатності автомобілів показав, що в даний час використовується дві тактики технічного обслуговування (ТО). Одна тактика передбачає проведення ТО автомобілів за напрацюванням, інша – визначає виконання обслуговуючих впливів за технічним станом автомобіля [3, 9, 13, 20, 23, 24, 28].

У роботах М. Н. Бідняка, Н. Я. Говорущенко, В. В. Біліченка, Г. В. Крамаренко, Е. С. Кузнецова, Л. А. Лудченко та інших вчених розглядаються питання, пов'язані з встановленням періодичності ТО. Однак єдиного підходу для вибору тактики ТО не існує. Тому необхідність у розробці заходів щодо ТО для окремих агрегатів і систем автомобілів існує. У зв'язку з цим, найбільше значення набувають ті агрегати і системи, які визначають безпечну і економічну експлуатацію автомобіля.

При обслуговуванні з напрацювання агрегатів і систем автомобіля з встановленою періодичністю ТО ($L_{\text{ТО}}$) виконують певні види робіт (зміна масла, регулювання гальмівних механізмів і ін.), А параметри технічного стану доводяться до номінального або близького до нього значення. Перевагами даної тактики є простота в її використанні та можливість забезпечення працездатності автомобіля з необхідною ймовірністю безвідмовної роботи. При цьому, значна частина виробів має напрацювання до відмови, яке істотно перевершує (або менше) періодичності ТО $x > L_{\text{ТО}}$, і для цих виробів (або випадків) технічне обслуговування з періодичністю $L_{\text{ТО}}$ є передчасним (або запізненим), що викликає додаткові витрати.

У разі технічного обслуговування за станом автомобіля відповідно до встановлених (економічним, екологічним або ін.) Вимогами проводиться ТО. При цьому, перед ТО обов'язково проводиться діагностування та автомобілі умовно діляться на дві групи (рис. 1.10).

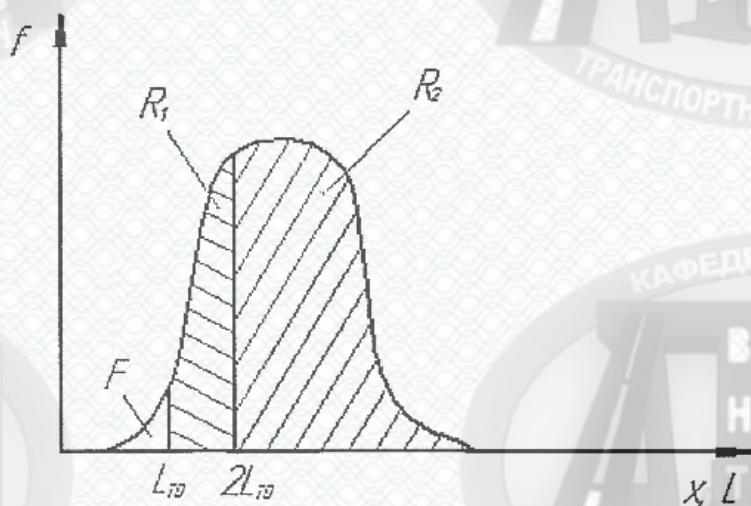


Рисунок 1.10 – Тактика технічного обслуговування автомобілів [24]

Перша група має потенційну напрацювання на відмову, що припадає на черговий міжоглядовий проміжок (від $L_{\text{ТО}}$ до $2L_{\text{ТО}}$): $2L_{\text{ТО}} > x \geq L_{\text{ТО}}$. Ці вироби з ймовірністю R_1 вимагають не тільки діагностування (контрольна частина профілактичної операції), а й виконання робіт (кріпильних, регулювальних, мастильних, електротехнічних і ін.), що забезпечують відновлення номінального значення параметрів технічного стану – виконавська частина профілактичної операції. Якщо така робота не буде виконана, то ця група виробів з ймовірністю R_1 відмовить в інтервалі напрацювання від $L_{\text{ТО}}$ до $2L_{\text{ТО}}$.

Друга група з ймовірністю R_2 має потенційне напрацювання на відмову $x > 2L_{\text{ТО}}$, тобто вони можуть безвідмовно пропрацювати до чергового ТО. Тому для них досить обмежитися діагностуванням технічного стану, а виконавську частину відкласти до наступного ТО ($2L_{\text{ТО}}$).

Основною перевагою тактики технічного обслуговування є більш повне використання потенційного ресурсу конкретних виробів з урахуванням варіації зміни їх фактичного технічного стану.

Ефективність технічного обслуговування залежить від періодичності проведення окремих операцій, обсягу перевірки, глибини регулювання, точності обладнання, що використовується для перевірки технічного стану, і кваліфікації обслуговуючого персоналу [9]. Тому виникає задача визначення такого

технічного обслуговування автомобіля як в цілому так і окремих його вузлів чи систем, яке забезпечує необхідний рівень надійності при мінімальних витратах.

Такий підхід забезпечив би підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів.

1.7 Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження

Проведений аналіз характеристики підприємства показав, що ПрАТ «Вінниччина-Авто» забезпечено потужною виробничо-технічною базою, має такі напрямки діяльності – реалізація автомобілів, оригінальних запчастин, надання автосервісних послуг, а також деякі інші види супроводжуючих послуг.

Дослідження існуючого попиту на автосервісні послуги СТО «Вінниччина-Авто» показав, що на підприємстві обслуговуються як нові (гарантійні) автомобілі, так і автомобілі зі значним пробігом, причому найбільша кількість звернень по причині несправностей у ходовій частині автомобіля на дане СТО припадає на весняний період, що пояснюється незадовільним станом автомобільних доріг нашої країни після зимового періоду. Від 12% до 20% загальної кількості звернень (гарантійних та негарантійних) на СТО було за причинами несправностей у ходовій частині автомобіля.

Виконане прогнозування попиту на автосервісні послуги підприємства показало його подальше зростання, а саме до 8843 автомобіле-заїздів на період 2024 року.

Визначено, що поломки підвіски виникають завдяки цілому ряду причин або сукупності факторів, з них слід відмітити також низькокваліфікований ремонт або відсутність технічного обслуговування підвіски.

Аналіз робіт, присвячених системі забезпечення і підтримки працездатності автомобілів надав можливість встановити, що ефективність технічного обслуговування автомобіля залежить від періодичності проведення окремих його операцій, обсягу перевірки, глибини регулювання, точності обладнання, що

використовується для перевірки технічного стану, і кваліфікації обслуговуючого персоналу.

На основі аналізу стану питання технічного обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «Вінниччина-Авто», з урахуванням мети даної роботи, а саме надання теоретичних та практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування «Вінниччина-Авто» м. Вінниця, в ході подальшого дослідження слід вирішити такі завдання:

- виконати теоретичні дослідження методів прогнозування працездатного стану вузлів автомобіля;
- сформулювати заходи організаційного характеру щодо підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах досліджуваного підприємства;
- визначити економічну ефективність від впровадження запропонованих рішень.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОГО СТАНУ ВУЗЛІВ АВТОМОБІЛЯ

2.1 Аналіз методів визначення періодичності технічного обслуговування автомобіля

Аналіз теоретичних і практичних робіт вітчизняних і зарубіжних авторів показав, що розроблено і використовується значна кількість різних методів визначення періодичності ТО. За своїм змістом і застосування ці методи визначення періодичності ТО поділяються на: прості (метод аналогії по прототипу); аналітичні, засновані на результатах спостережень і основних закономірностей технічної експлуатації автомобілів; імітаційні, засновані на моделюванні випадкових процесів. При цьому, серед методів при технічній експлуатації автомобілів найбільш поширеними є методи за допустимим рівнем безвідмовності; за закономірністю зміни параметра технічного стану і його допустимого значення; техніко-економічний метод і економіко-імовірнісний метод.

Метод визначення періодичності за допустимим рівнем безвідмовності заснований на виборі раціональної періодичності, при якій ймовірність відмови F елемента не перевищує заздалегідь заданої величини (рис. 2.1), званої ризиком [13].

Імовірність безвідмовної роботи

$$P_D \{x_i \geq L_0\} \geq R_D = \gamma, \rightarrow L_0 = x_\gamma, \quad (2.1)$$

де x_i – напрацювання на відмову;

R_D – допустима імовірність безвідмовної роботи;

$$\gamma = 1 - F;$$

L_0 – періодичність ТО;

x_γ – гамма-відсотковий ресурс.

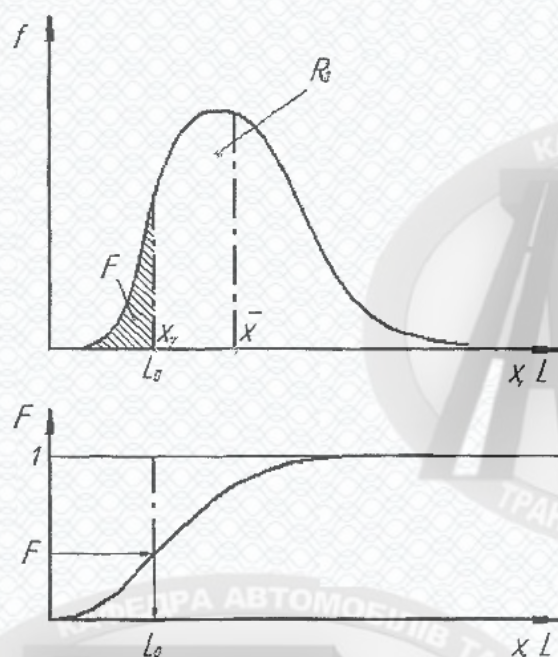


Рисунок 2.1 – Визначення періодичності ТО за допустимим рівнем безвідмовності

Для агрегатів і механізмів, що забезпечують безпеку руху, $R_d = 0,9...0,98$; для інших вузлів і агрегатів $R_d = 0,85...0,90$.

Визначена таким чином періодичність значно менше середнього напрацювання на відмову і характеризується наступною залежністю:

$$L_0 = \beta_n \cdot \bar{x}, \quad (2.2)$$

де β_n – коефіцієнт раціональної періодичності, що враховує величину і характер варіації напрацювання на відмову або ресурсу, а також прийняту допустиму ймовірність безвідмовної роботи (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Коефіцієнт раціональної періодичності при різних значеннях допустимої імовірності безвідмовної роботи і коефіцієнта варіації ресурсу [20]

R_d	Коефіцієнт варіації ресурсу, V			
	0,2	0,4	0,6	0,8
0,85	0,8	0,55	0,40	0,25
0,95	0,67	0,37	0,2	0,01

На рисунку 2.2 наведені розподіли напрацювання на відмову двох елементів (1 і 2), що мають однакові середні напрацювання ($\bar{x}_1 = \bar{x}_2 = \bar{x}$) на різні варіації, причому $V_1 < V_2$. При призначенні для цих елементів періодичностей ТО, відповідних рівним ризикам ($F_1 = F_2$), $L_{01} > L_{02}$.

Таким чином, чим менше варіація випадкової величини, тим більша періодичність ТО при інших рівних умовах може бути призначена.

Перевагами цього методу є простота і облік ризику. Недоліки методу сформовані з неповного використання ресурсу виробу, оскільки $L_0 < \bar{x}$, а R_d виробів має напрацювання на відмову $x_i > L_0$ і відсутність прямих економічних оцінок наслідків відмови (непрямий облік – при призначенні ризику F).

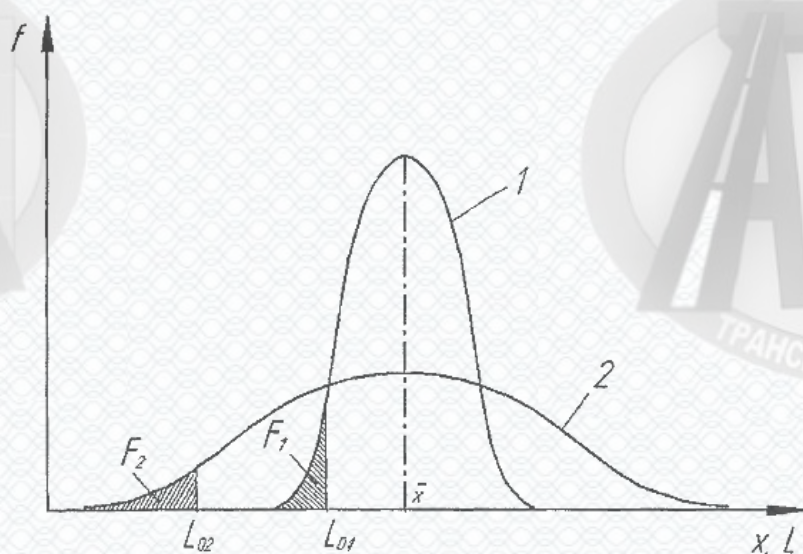


Рисунок 2.2 – Вплив варіації на оптимальну періодичність [20]

Даний метод, як правило, використовується при незначних економічних та інших наслідках відмови; для масових об'єктів, коли вплив кожного з них на надійність виробу в цілому невелика (несилові кріпильні деталі); при практичній неможливості або великій вартості послідовної фіксації зміни параметрів технічного стану (електропроводка, транзистори, гідро- і пневмомагістралі); при необхідності мінімізувати ризики, витрати на які забезпечуються економією за іншими статтями (доставка небезпечних і швидкопсувних вантажів, доставка точно в строк, спеціальні операції).

Метод визначення періодичності ТО за закономірністю зміни параметра технічного стану і його допустимого значення використовується для групи автомобілів (або елементів), зміна параметрів технічного стану за напрацюванням яких є випадковим процесом і графічно зображується пучком функцій.

Для використання цього методу виділяються умовно три об'єкти з різною інтенсивністю зміни параметра технічного стану (рис. 2.3): максимальної (7), середньої (2), мінімальної (3); визначається середній ресурс $\bar{x}_{p_2}$ при граничному значенні параметра технічного стану $Y_{\text{пд}}$; будується графік 5 щільності імовірності розподілу параметру технічного стану $f(Y)$ для всієї сукупності об'єктів; при цьому, якщо періодичність ТО $L_{\text{ТО}}$ буде рівною $\bar{x}_{p_2}$, то значна частина (F_1) відмовить при напрацюванні $x < L_{\text{ТО}}$, оскільки у них $Y_i > Y_{\text{пд}}$; призначається допустиме значення ризику F_d ; зменшується періодичність ТО до величини $L''_{\text{ТО}}$ таким чином, щоб імовірність відмови була більше або менше допустимої F_d (стрілка 4); і за отриманим новим розподілом $f_2(Y)$ (6) встановлюється раціональна періодичність ТО $L_{\text{ТО}} = \bar{x}_{p_7}(F_2)$.

Потім аналітично визначається:

$$L_{\text{ТО}} \cong \frac{Y_{\text{пд}} - Y_{\text{н}}}{a_{\text{пд}}}; \quad a_{\text{пд}} = \mu a, \quad (2.3)$$

де Y_H - номінальне значення параметра технічного стану;
 $a_{\text{пд}}$ - інтенсивність зміни граничного значення параметра технічного стану;
 a - середня інтенсивність зміни параметра технічного стану;
 μ - коефіцієнт максимально допустимої інтенсивності зміни параметра технічного стану, перевищення якого означає, що ризик відмови до ТО буде більше заданого, тобто $F_2 > F_{\text{д1}}$.

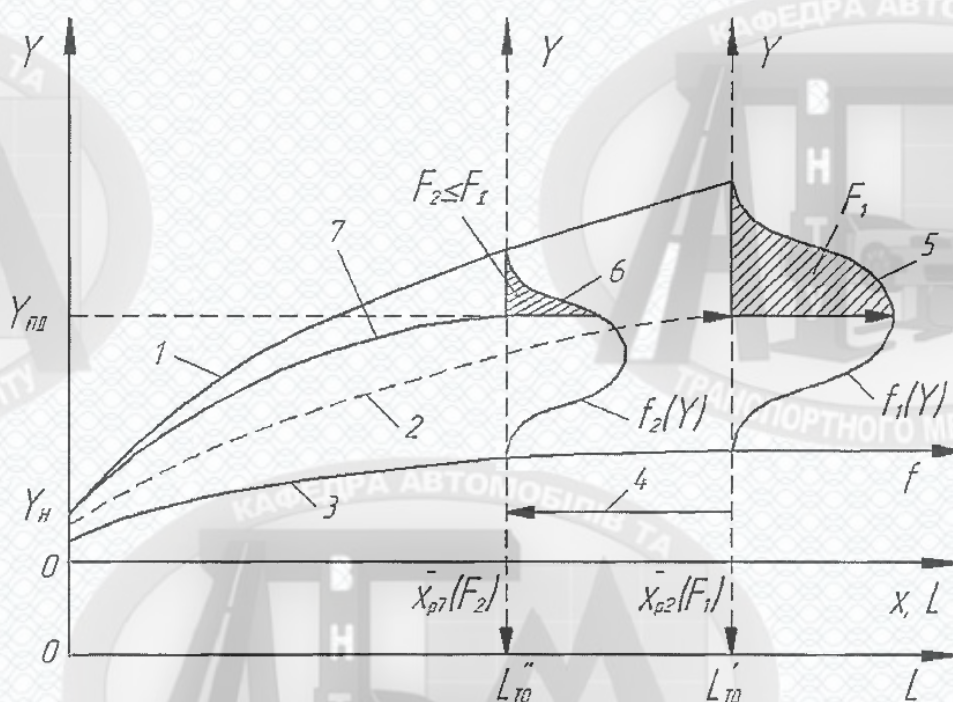


Рисунок 2.3 – Визначення періодичності $L_{\text{ТО}}$ за допустимим значенням і зміні параметра технічного стану [20]

Коефіцієнт μ залежить від варіації напрацювання до відмови, заданого значення ймовірності безвідмовної роботи при межоглядовому напрацюванні та виду закону розподілу.

Для нормального закону розподілу

$$\mu = 1 + t_d V, \quad (2.4)$$

де $t_d = (a_{\text{пл}} - a) / \sigma$ – нормальне відхилення, яке відповідає довірчому рівню імовірності.

Для закону Вейбулла-Гнеденко

$$\mu = \frac{-m\sqrt{-\ln(1-R_d)}}{\Gamma(1+1/m)}, \quad (2.5)$$

де Γ – гамма-функція;

m – параметр розподілу.

При цьому, чим більше V чи R_d , тим більше μ і менше періодичність ТО.

До переваг методу відносяться: облік фактичного технічного стану виробу (діагностика); можливість гарантувати заданий рівень безвідмовності F ; облік варіації технічного стану.

Недоліками методу є: відсутність прямого обліку економічних факторів і наслідків; необхідність отримувати (або мати) інформацію про закономірності зміни параметрів технічного стану.

Даний метод може застосовуватися для об'єктів з фіксованою і монотонною зміною параметра технічного стану (поступові відмови) і регулюємих механізмів (гальма, зчеплення, установка передніх коліс, клапанний механізм), а також при реалізації профілактики за станом.

Техніко-економічний метод визначення періодичності ТО характеризується визначенням сумарних питомих витрат на ТО і ремонт і їх мінімізації. Мінімальним витратам відповідає оптимальна періодичність технічного обслуговування L_0 . При цьому питомі витрати на ТО визначаються за формулою:

$$C_1 = \frac{d}{L}, \quad (2.6)$$

де L – періодичність ТО;

d – вартість виконання операції ТО.

Питомі витрати на ремонт визначаються за формулою:

$$C_2 = \frac{c}{L_p}, \quad (2.7)$$

де c – разові витрати на ремонт;

L_p – ресурс до ремонту.

Вираз $U = C_1 + C_2 = C_\Sigma$ є цільовою функцією, екстремальне значення якої відповідає оптимальному вирішенню. В даному випадку оптимальне рішення відповідає мінімуму питомих витрат. Визначення мінімуму цільової функції і оптимального значення періодичності ТО проводиться графічно (рис. 2.4) або аналітично в тому випадку, якщо відомі залежності $C_1 = f(L_{TO})$ і $C_2 = \psi(L_{TO})$.

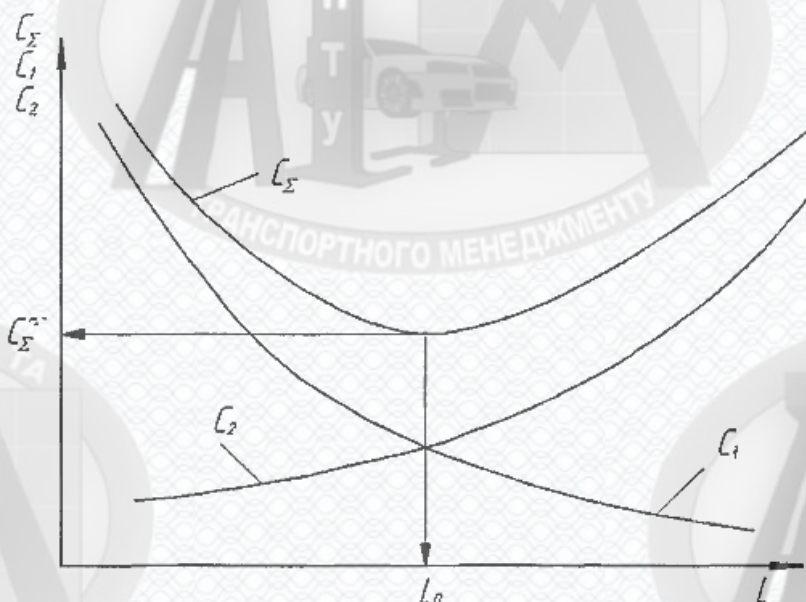


Рисунок 2.4 – Зміна питомих витрат в залежності від періодичності ТО [20]

Якщо при призначенні рівня ризику враховувати втрати, пов'язані з дорожніми подіями, то техніко-економічний метод можна застосовувати для визначення оптимальної періодичності операцій, що впливають на безпеку руху.

Перевагами методу є облік економічних наслідків прийнятих рішень (L_{TO}), а також простота, ясність і універсальність.

До недоліків методу відносять необхідність у достовірній інформації про вартість операцій ТО і ремонту, впливу періодичності ТО на ресурс елемента; відсутність обліку варіації (випадковість) всіх показників і відсутність гарантії певного рівня безвідмовності.

Як правило, даний метод використовують для складних і дорогих систем (елементів, агрегатів), що не роблять прямого впливу на безпеку (зміна мастильних матеріалів, фільтрів, регулювальні роботи – зчеплення, клапанний механізм, антикорозійний захист кузова та ін.); для визначення періодичності ТО по групі автомобілів, що працюють в однакових умовах.

Економіко-імовірнісний метод визначення періодичності ТО (див. рис. 2.5) є узагальнюючим методом, який дозволяє враховувати економічні та ймовірнісні чинники, а також дає можливість порівнювати різні стратегії і тактики підтримки і відновлення працездатності автомобіля.

Одна зі стратегій підтримки автомобілів в справному стані (C_2) зводиться до усунення несправностей виробу в міру їх виникнення, тобто за потребою. Питомі витрати при цьому можуть визначатися за формулою:

$$C_2 = \frac{c}{\bar{x}} = \frac{c}{\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} xf(x)dx}, \quad (2.8)$$

де $\bar{x}$, $x_{\max}$, $x_{\min}$ – середнє, максимальне та мінімальне напрацювання на відмову;

c – разові витрати на ремонт, тобто на усунення відмови.

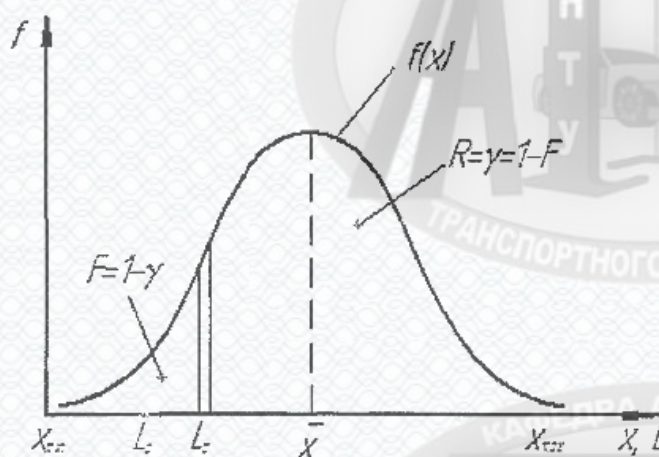


Рисунок 2.5 – Схема визначення періодичності ТО економіко-імовірнісним методом [34]

При використанні стратегії щодо запобігання відмов і несправностей автомобіля, тобто відновлення технічного стану до номінального або близького до нього до настання граничного стану, питомі витрати на попередження та усунення відмов можуть визначатися за формулою:

$$U_{l-1} = C_{l-1} = \frac{cF + dR}{L'_p F + L_p R}, \quad (2.9)$$

де $cF + dR$ – середньозважена вартість виконання операції ТО і Р;

R - ймовірність виконання операції ТО;

d - разова вартість операції ТО;

F - ймовірність відмови при виконанні ТО з періодичністю L_p і ймовірність виконання ремонтної операції (усунення відмови);

c - вартість усунення відмови;

$L'_p F + L_p R$ - середньозважене напрацювання виконання операції ТО і Р;

L_p - періодичність ТО при виконанні з напрацювання;

L'_p - середнє напрацювання елементів, які відмовили з ймовірністю F ($x_i < L_p$).

Питомі витрати при реалізації тактики ТО по напрацюванню визначаються за формулою:

$$C_{l-2} = \frac{cF + R_1(d_k + d_u) + R_2d_k}{FL_p + L_pR_1 + 2L_pR_2}, \quad (2.10)$$

де $R_1(d_k + d_u)$ - вартість відповідно контрольної і виконавської частин операції для виробів, що мають, з ймовірністю R_1 , потенційне напрацювання на відмову $2L_p > x_l > L_p$;

R_2d_k - вартість відповідно контрольної частини операції для виробів, що мають з ймовірністю $R_2 = 1 - F - R_1$ потенційне напрацювання на відмову $x_l > 2L_p$.

До переваг методу відносять облік імовірнісних і вартісних факторів; гарантія при проведенні ТО з оптимальною періодичністю певних рівнів безвідмовності R_d і ризику F_d при відомих витратах на реалізацію цієї стратегії; можливість реалізувати попереджувальний ремонт.

Недоліки визначаються виходячи із стратегій і тактик ТО і Р. Серед недоліків можна виділити недовикористання ресурсу елементів, які мають потенційне напрацювання до відмови $x_l > 2L_p$, а також збільшення вартості профілактичної операції через більш складне і дороговартісне контрольно-діагностичне обладнання та необхідності мати персонал високої кваліфікації.

Даний метод може застосовуватися для визначення періодичності ТО дорогих операцій, що роблять істотний вплив на безвідмовність, дорожню та екологічну безпеку автомобілів; для розмежування сфер раціонального використання профілактичних тактик з напрацювання і станом; для оцінки вартості скорочення ризику виникнення відмови.

2.2 Математична модель прогнозування працездатного стану вузлів автомобіля

Для оцінки технічного стану важливо своєчасно встановити момент настання передвідмовного стану вузлу або системи автомобіля, за якого для відновлення працездатності необхідно провести профілактику або заміну окремих деталей, щоб запобігти відмові.

Розглядається модель передвідмовного технічного стану агрегату або системи автомобіля, в основу якої покладені закономірності зміни діагностичних параметрів з пробігом та оптимальна періодичність діагностування [30].

Передвідмовним вважається стан, за якого діагностичний параметр $Z(l)$ (l - пробіг автомобіля) досягає гранично-допустимого значення $Z_{\text{до}}$ на момент пробігу [30]:

$$l_{\text{доп}} = l_c - \tau_{\text{опт}}, \quad (2.11)$$

де l_c - середній пробіг на відмову, км;

$\tau_{\text{опт}}$ - оптимальна періодичність діагностування, км.

Отже, згідно з (2.11) передвідмовний стан завжди буде своєчасно виявлений.

Оптимальну періодичність діагностування $\tau_{\text{опт}}$ прийнято вибирати з огляду на техніко-економічний критерій, а саме на основі мінімуму затрат на виконання чергового діагностування $C_{\text{д}}$ та поточного ремонту $C_{\text{пр}}$. На практиці користуються графічним методом визначення оптимальної періодичності діагностування $\tau_{\text{опт}}$ на основі побудованих кривих залежності коефіцієнта оптимальності t від відношення затрат $\frac{C_{\text{д}}}{C_{\text{пр}}}$ для різних законів розподілу відмов.

Коефіцієнт оптимальності t показує, у скільки разів оптимальна періодичність діагностування більша або менша за середній пробіг на відмову.

Задавши відношення затрат $\frac{C_o}{C_{np}}$, з графіка знаходять значення t . Оптимальна періодичність діагностування дорівнює:

$$\tau_{opt} = l_c \cdot t. \quad (2.12)$$

Зауважимо, що техніко-економічне обґрунтування вибору оптимальної періодичності діагностування справедливе для всіх агрегатів та механізмів автомобіля, крім тих, що забезпечують безпеку руху.

У найтривалішому (нормальному) експлуатаційному періоді, згідно з даними статистичних спостережень, відмови розподілені відповідно до експоненційного закону. Коефіцієнт оптимальності t не залежить від параметрів закону розподілу та визначається графічно [24].

Користуючись діагностичними картами агрегатів автомобіля, можна отримати аналітичну залежність зміни діагностичного параметра від пробігу. У загальному вигляді її зображають співвідношенням [24]:

$$Z(l) = Z_H + V \cdot l^\alpha. \quad (2.13)$$

де Z_H - номінальне значення параметра;

V, α - const (V - інтенсивність зміни параметра, якщо $l=1$, зменшена у α разів, α - показник степеня, який визначає характер зміни параметра).

Формула (2.13) дає можливість встановити гранично-допустиме значення параметра Z_{od} , що відповідає пробігу l_{oon} . Для цього спочатку знаходять τ_{opt} та l_{oon} згідно з (2.11) та (2.12).

Задача прогнозування працездатного стану на період до наступного діагностування розв'язується на основі моделі, яка базується на теоремі Байєса [24].

Якщо відомі значення показників надійності - інтенсивності раптових (λ_0) та зношувальних (λ_1) відмов, а також закономірності зміни діагностичних параметрів, необхідно визначити ймовірність відсутності відмови $l+l_n$ у період пробігу з моменту останнього діагностування l до наступного $l+l_n$ (l_n - періодичність діагностування), за умови, що жоден діагностичний параметр за цей час не вийде за межі гранично-допустимого значення $Z_{\text{до}}$.

Апостеріорна ймовірність (така, що ґрунтується на досвіді) відсутності відмови за умови, що передвідмовний стан не настане протягом пробігу $[l;l+l_n]$, визначається за формулою Байєса:

$$P\left(\frac{H_2}{A}\right) = \frac{P(H_2) \cdot P\left(\frac{A}{H_2}\right)}{P(H_1) \cdot P\left(\frac{A}{H_1}\right) + P(H_2) \cdot P\left(\frac{A}{H_2}\right)}, \quad (2.14)$$

де H_1 , H_2 - гіпотези, відповідно, про виникнення та відсутності відмов протягом періоду прогнозування $[l;l+l_n]$;

$P(H_1)$, $P(H_2)$ - апіорні ймовірності (такі, що наявні до проведення досліджень) подій H_1 та H_2 ;

A - гіпотеза про те, що передвідмовний стан не настане протягом періоду прогнозування $[l;l+l_n]$, жоден діагностичний параметр не досягне граничнодопустимого значення;

$P\left(\frac{A}{H_2}\right)$ - умовна ймовірність того, що передвідмовний стан не настане (гіпотеза A) за умови відсутності відмов (гіпотеза H_2);

$P\left(\frac{A}{H_1}\right)$ - умовна ймовірність того, що передвідмовний стан не настав, за умови виникнення відмови (гіпотеза H_1).

За даними статистичних спостережень, для основного (найтривалішого) періоду експлуатації інтенсивності раптових та зношувальних відмов не залежать від пробігу ($\lambda_0, \lambda_1 = const$). Апріорна ймовірність відсутності відмови протягом періоду прогнозування $[l; l + l_n]$ описується експоненціальним законом [20]:

$$P(H_2) = e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(l + l_n)}. \quad (2.15)$$

Оскільки гіпотези H_1 та H_2 несумісні ($P\left(\frac{A}{H_1}\right) + P\left(\frac{A}{H_2}\right) = 1$), то ймовірність виникнення відмови:

$$P(H_1) = 1 - e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(l + l_n)}. \quad (2.16)$$

Аналогічно умовна ймовірність того, що передвідмовний стан не настав протягом $[l; l + l_n]$, але виникла раптова відмова:

$$P\left(\frac{A}{H_1}\right) = 1 - e^{-\lambda_0(l + l_n)}. \quad (2.17)$$

Ймовірність того, що передвідмовний стан не настав (діагностичний параметр не досяг гранично-допустимого значення), за умови відсутності відмови протягом пробігу $[l; l + l_n]$, визначається:

$$P\left(\frac{A}{H_2}\right) = e^{-\varphi(l)(l + l_n)} = e^{-Z^0(l)\left(1 + \frac{l_n}{l}\right)}, \quad (2.18)$$

де $\varphi(l) = \frac{Z^0(l)}{l}$ - інтенсивність зміни діагностичного параметра, що

розглядається, а Z^0 - відносна його зміна [$0 < Z^0 < 1$].

Якщо параметр з напрацюванням зростає ($Z_n < Z_{z0}$), тоді

$$Z^0(l) = \frac{Z^*}{Z_{z0}}, \quad (2.19)$$

у протилежному випадку ($Z_n > Z_{z0}$):

$$Z^0(l) = \frac{Z_{z0}}{Z^*}, \quad (2.20)$$

де Z^* - значення діагностичного параметра на момент діагностування.

З врахуванням (2.15) - (2.20) апостеріорна ймовірність відсутності відмови (2.14) матиме вигляд

$$P\left(\frac{H_2}{A}\right) = \frac{e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(l + l_n)} e^{-Z^0(l)\left(1 + \frac{l_n}{l}\right)}}{\left(1 - e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(l + l_n)}\right)\left(1 - e^{-\lambda_0(l + l_n)}\right) + e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(l + l_n)} e^{-Z^0(l)\left(1 + \frac{l_n}{l}\right)}}. \quad (2.21)$$

Отже, співвідношення (2.21) дає змогу розрахувати ймовірність відсутності відмови (прогноз працездатного стану) агрегатів автомобіля на період до наступного діагностування.

Результати прогнозування обґрунтовують рішення стосовно можливих позапланових ремонтно-профілактичних робіт для забезпечення нормативного ресурсу основних агрегатів.

На основі попередньо розрахованого гранично-допустимого значення діагностичного параметра Z_{z0} та відомої аналітичної закономірності його зміни з пробігом (2.13), визначають ймовірність відсутності відмови $[P]$ за формулою

(2.21) протягом усього нормативного ресурсу пробігу.

Для прийняття рішення про необхідність можливих позапланових ремонтно-профілактичних робіт для конкретного вилученого з експлуатації автомобіля спочатку визначають ймовірність відсутності відмови P_k за формулою (2.21) і порівнюють її з $[P]$. Якщо $P_k \geq [P]$, то для даного автомобіля позапланових робіт не проводять, в протилежному випадку їх виконують одразу ж після діагностування для зменшення інтенсивності зношування деталей агрегату.

Зауважимо, що ймовірність відсутності відмови $[P]$ можна використати для розв'язання багатьох інших задач, зокрема планування заміни деталей агрегату; формування комплекту запасних частин та інструменту, що необхідно мати в спорядженому автомобілі; планування обсягів робіт зон ТО та ПР тощо.

На практиці на станціях діагностування зручно користуватись побудованими на підставі співвідношення (2.21) за різних значень відносної зміни діагностичного параметра (2.19), (2.20) параметричними кривими ймовірності відсутності відмови агрегату, за даним параметром, протягом всього нормативного ресурсу пробігу. Попередньо, для визначення $[P]$, зручно користуватись графічною залежністю зміни діагностичного параметра з пробігом (2.13).

Вибір стратегії керування працездатним станом автомобіля ґрунтується на визначенні оптимальної періодичності контрольно-діагностичних перевірок.

Даний підхід дає можливість встановити таку періодичність діагностування, яка, з одного боку, зменшує затрати на ТО та ПР, з другого – дає змогу підтримувати працездатність автомобіля на оптимальному рівні. Критерієм оптимізації такого керування є мінімум функції сумарного ризику [19]:

$$R = R_{ab} + R_o \rightarrow \min, \quad (2.22)$$

де R_{ab} - ризик аварійної відмови деталей агрегату на період прогнозування;

R_o - ризик передчасного (марного) діагностування агрегату (визначаються у грошовому еквіваленті).

Своєю чергою

$$R_{ab} = Q_{ab} \cdot P_{ab}; \quad (2.23)$$

$$R_o = Q_o \cdot k \cdot (1 - P_{ab});$$

де Q_{ab} , Q_o - відповідно затрати на усунення аварійної відмови (грн.) та затрати на одне діагностування, грн.;

P_{ab} - ймовірність виникнення аварійної відмови агрегату у період прогнозування;

k - кількість діагностичних перевірок протягом цього ж періоду.

Отже, формула (2.22) з врахуванням (2.23), набуває вигляду:

$$R = Q_o \cdot k + P_{ab} \cdot (Q_{ab} - Q_o \cdot k). \quad (2.24)$$

Без істотних втрат точності розрахунків густину розподілу ймовірності відмов, яка описується розподілом Вейбулла, можна замінити нормальним розподілом Гауса. Тоді ймовірність аварійної відмови системи задається співвідношенням [20]:

$$P_{ab} = \frac{1}{\sigma_z \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{Z_{\partial}}^{\infty} \exp\left(-\frac{(y - M_{\Pi})^2}{2\sigma_z^2}\right) dy, \quad (2.25)$$

де M_{Π} , σ_z - відповідно математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення значень діагностичного параметра протягом періоду прогнозування;

Z_{∂} - гранично-допустиме значення діагностичного параметра.

Середньоквадратичне відхилення значень діагностичного параметра можна обчислити так:

$$\sigma_Z = k \cdot v \cdot \Delta Z, \quad (2.26)$$

де v - коефіцієнт варіації діагностичного параметра;
 ΔZ - середня зміна діагностичного параметра протягом періоду експлуатації між двома контрольними перевірками:

$$\Delta Z = \frac{Z_{\text{сд}} - Z_n}{\bar{k}}, \quad (2.27)$$

де Z_n - номінальне значення діагностичного параметра;
 $\bar{k}$ - середня кількість діагностичних перевірок впродовж всього періоду ресурсу (до ремонту агрегату).

Зауважимо, що середню зміну діагностичного параметра ΔZ можна також визначити, використовуючи співвідношення (2.15).

Математичне сподівання значення діагностичного параметра на період прогнозування:

$$M_{\Pi} = Z^* + k \cdot \Delta Z, \quad (2.28)$$

де Z^* - значення діагностичного параметра на момент діагностування.

Значення діагностичного параметра за умов появи відмови є обмежене внаслідок конструктивних особливостей агрегату, отже: $Z_{\text{сд}} < Z < Z$. Межу Z можливих значень нормально розподіленої випадкової величини Z можна встановити на підставі правила “трьох сигм”. Тоді ймовірність аварійної відмови системи (2.15) визначатиметься:

$$P_{ab} = \frac{1}{\sigma_Z \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{Z_{\text{сд}}}^{Z_{\text{сд}} + 3\sigma_Z} \exp\left(-\frac{(y - M_{\Pi})^2}{2\sigma_Z^2}\right) dy. \quad (2.29)$$

Тут верхня межа інтегрування $Z_{\text{сд}} + 3\sigma_Z$ залежить від тривалості періоду

прогнозу, що дорівнює технічним обслуговуванням.

Ймовірність аварійної відмови не визначається через елементарні функції, а обчислюється за допомогою функції Лапласа $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^x \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy$:

$$P_{ab} = \Phi\left(\frac{Z_{\text{зод}} + 3\sigma_Z - M_{\Pi}}{\sigma_Z}\right) - \Phi\left(\frac{Z_{\text{зод}} - M_{\Pi}}{\sigma_Z}\right). \quad (2.30)$$

З врахуванням (2.26)-(2.30) функція ризику (2.24) матиме вигляд:

$$R = \frac{Q_{\partial}}{k} + \left(Q_{ab} - \frac{Q_{\partial}}{k}\right) \cdot (\Phi(x_1) - \Phi(x_2)), \quad (2.31)$$

де

$$x_1 = \frac{\bar{k} \cdot (Z_{\text{зод}} - Z^*) + k(Z_{\text{зод}} - Z_n) \cdot (3v - 1)}{kv \cdot (Z_{\text{зод}} - Z_n)}; \quad (2.32)$$

$$x_2 = \frac{\bar{k} \cdot (Z_{\text{зод}} - Z^*) - k(Z_{\text{зод}} - Z_n)}{kv \cdot (Z_{\text{зод}} - Z_n)}.$$

Співвідношення (2.31) та (2.32) дають змогу розрахувати кількість контрольно-діагностичних перевірок k^{opt} , які можна не проводити з моменту останнього діагностування, коли діагностичний параметр дорівнює Z^* . Отже, встановлено період експлуатації, протягом якого агрегат перебуватиме в працездатному стані (залишковий ресурс). Це дає можливість змінювати періодичність виконання контрольно-діагностичних операцій вилученням k^{opt} перевірок з наперед запланованої їх кількості $\bar{k}$. На практиці зручно користуватись графічною залежністю $k^{opt} = f(Z)$, яку можна побудувати на підставі співвідношень (2.31) та (2.32) для різних значень діагностичного параметра Z .

Зауважимо, що співвідношення (2.31) та (2.32) справедливі для двох випадків зміни діагностичного параметра з пробігом - як для зростання ($Z_n < Z_{zd}$), так і для зменшення параметра ($Z_n > Z_{zd}$).

Крім того, на підставі даної моделі можна визначити залишковий ресурс агрегату за розглянутим діагностичним параметром. Визначивши k^{opt} , залишковий ресурс знайдемо за формулою

$$l_{зал} = (k^{opt} + 1) \cdot l_n, \quad (2.33)$$

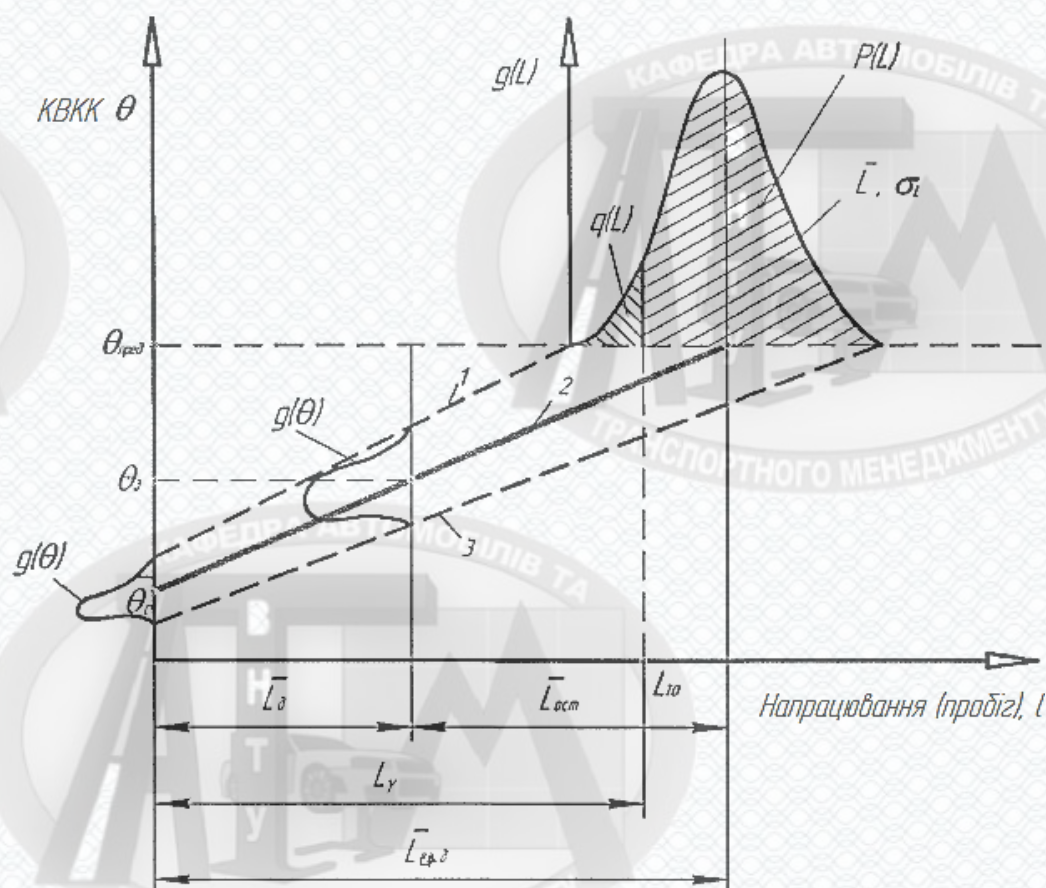
де l_n - періодичність діагностувань.

2.3 Математична модель визначення напрацювання автомобіля до досягнення граничних значень кутів встановлення керованих коліс

Для ходової частини легкового автомобіля і її елементів, на основі аналізу зміни експлуатаційних властивостей, встановлено допустиме і граничне значення параметрів передньої підвіски, при яких експлуатація автомобіля не допускається за критеріями безпеки дорожнього руху. У нашому випадку ці параметри обумовлені порушенням кутів встановлення керованих коліс (КВКК).

В ході спостережень зміни КВКК в процесі експлуатації [5], прийнята гіпотеза про нормальний розподіл випадкових величин, що визначають технічний стан передніх підвісок автомобілів.

В основу встановлення кількісних показників, які оцінюють напрацювання до досягнення граничного значення КВКК, покладена модель взаємозв'язку параметрів передньої підвіски з показниками надійності, представлена на рисунку 2.6.



θ - величина КВКК; 1, 3 - кордони одиничних реалізацій зміни КВКК автомобілів; 2 - функція зміни математичного очікування КВКК автомобілів; $\bar{\theta}_0$ - початкове значення КВКК в момент напрацювання $l = 0$; $q(\theta)$ - щільність розподілу значень КВКК при напрацюванні l ; $q(l)$ - ймовірність виникнення відмови передньої підвіски через порушення КВКК; $P(l)$ - допустима ймовірність безвідмовної роботи передньої підвіски щодо змін КВКК; σ_l - середнє квадратичне відхилення напрацювання при граничних значеннях КВКК; $\bar{l}_0$ - математичне очікування напрацювання при допустимих величинах КВКК; $\bar{l}_{ост}$ - математичне очікування залишкового напрацювання до досягнення граничних величин КВКК; $\bar{l}_{пред}$ - математичне очікування напрацювання при досягненні граничних величин КВКК, l_γ - гамма-відсоткове напрацювання; $l_{то}$ - напрацювання до ТО передньої підвіски

Рисунок 2.6 – Загальна закономірність зміни значень КВКК в залежності від напрацювання автомобіля

У загальному випадку власників автомобілів цікавить не середнє напрацювання всієї сукупності автомобілів, а напрацювання до настання граничного значення параметра передньої підвіски конкретного автомобіля. Тому

в якості величини періодичності ТО приймаємо гамма-процентне напрацювання. З огляду на це, сформована умова необхідності проведення ремонтно-відновлювальних робіт по забезпеченню працездатності передньої підвіски:

- якщо $l_o \geq l_\gamma$, то необхідно проводити ремонтно-відновлювальні роботи;
- якщо $l_o < l_\gamma$, то даної необхідності немає.

Використовуючи основи теорії випадкових процесів, сформована математична залежність геометричних параметрів КВКК передніх підвісок від напрацювання.

При встановленні щільності розподілу, зроблено припущення, що моментні функції випадкового процесу змінюються монотонно і початкове значення КВКК значно менше граничного, тобто $\theta_0 \leq \theta_{пред}$. Для встановлення щільності розподілу напрацювання $f(l)$ при досягненні граничного значення параметрів КВКК передньої підвіски по одновимірним характеристикам випадкового процесу і з урахуванням введених обмежень використано такий вираз:

$$f(l) = \left| g(\theta, l) \frac{\frac{d\xi}{dl}}{\frac{d\xi}{d\theta}} \right| \text{ при } \theta = \theta_{пред}, \quad (2.34)$$

де l – напрацювання підвіски легкового автомобіля, км;

$g(\theta, l)$ – щільність розподілу значень КВКК при напрацюванні l ;

$\theta_{пред}$ – межеве значення КВКК, град.

Допоміжна функція $\xi = \varphi(\theta, l)$, яка в інтегральній функції $F(\theta, l)$. Являє собою одну із ступенів диференціювання по θ і l , має вигляд:

$$\xi(\theta, l) = \frac{\theta - \bar{\theta}(l)}{\sigma_\theta(l)}, \quad (2.35)$$

де $\bar{\theta}(l)$ і $\sigma_\theta(l)$ – моментні функції випадкового процесу $\theta(l)$.

Для нормального випадкового процесу (рисунк 2.6) щільність розподілу значень КВКК визначається наступною залежністю:

$$g(\theta, l) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\theta(l)} \exp \left\{ -\frac{[\theta - \bar{\theta}(l)]^2}{2\sigma_\theta^2(l)} \right\}. \quad (2.36)$$

Похідна допоміжної функції $\xi(\theta, l)$ по l для випадку, коли функція зміни математичного очікування параметра апроксимується лінійною функцією виду $\bar{\theta}(l) = \bar{\theta}_0 + vl$, а дисперсія функцією $S_\theta^2(l) = a + a_1l + a_2l^2$, буде дорівнювати:

$$\frac{d}{dl} \left[\frac{\theta_{пред} - \bar{\theta}_0 - vl}{\sqrt{a + a_1l + a_2l^2}} \right] = \left| \frac{v}{\sqrt{a + a_1l + a_2l^2}} \right|, \quad (2.37)$$

де v – коефіцієнт.

Похідна допоміжної функції $\xi(\theta, l)$ по θ має вигляд:

$$\frac{d\xi(\theta, l)}{d\theta} = \frac{d}{d\theta} \left[\frac{\theta - \bar{\theta}_0(l)}{\sqrt{a + a_1l + a_2l^2}} \right] = \frac{1}{\sqrt{a + a_1l + a_2l^2}}. \quad (2.38)$$

Підставимо у вираз (2.34) функцію щільності розподілу параметра (2.36) і вирази похідних (2.37) та (2.38) і отримаємо:

$$f(l) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sqrt{a + a_1l + a_2l^2}} \exp \left(-\frac{[\theta_{пред} - \bar{\theta}_0 - vl]^2}{2\sqrt{a + a_1l + a_2l^2}} \right) v. \quad (2.39)$$

З урахуванням того, що $\theta_{пред} = \bar{\theta}_0 + v l_0$, і у відповідності до рисунку 2.6, справедливим є такий вираз:

$$\bar{l}_0 = \frac{\theta_{пред} - \bar{\theta}_0}{v}. \quad (2.40)$$

Шляхом математичних перетворень виразів (2.39) і (2.40) отримаємо математичну модель встановлення напрацювання автомобілів до досягнення граничного значення КВКК в наступному вигляді:

$$f(l) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \left| \frac{1}{v} (a + a_1 l + a_2 l^2) \right|} \exp \left\{ - \frac{(l - \bar{l}_0)^2}{2 \left(\frac{1}{v} \sqrt{a + a_1 l + a_2 l^2} \right)^2} \right\}, \quad (2.41)$$

де a, a_1, a_2 - коефіцієнти апроксимуючої функції;

$\bar{l}_0$ - математичне очікування напрацювання автомобілів до досягнення граничного значення КВКК, тис. км.

Наведена математична модель дозволяє вирішити задачу по визначенню допустимих і граничних значень КВКК тривалих експлуатаційних випробувань, а також отримати деякі показники надійності передніх підвісок з напрацювання, а саме, ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність виникнення відмови, середнє напрацювання на відмову, середнє напрацювання до відмови, інтенсивність виникнення відмов, які визначаються наступним чином:

- середнє напрацювання до досягнення граничних значень КВКК в інтервалі від 0 до ∞ розраховується за формулою:

$$L_{cp} = \int_L^{\infty} L f(L) dL. \quad (2.42)$$

Ймовірність роботи до досягнення граничних значень КВКК протягом напрацювання L визначається виразом

$$P(L) = \int_L^{\infty} f(L) dL. \quad (2.43)$$

Інтенсивність виникнення граничних значень КВКК за напрацюванням визначається за формулою

$$\lambda(L) = \frac{f(L)}{P(L)}. \quad (2.44)$$

2.4 Висновки до розділу 2

Виконаний аналіз методів визначення періодичності технічного обслуговування автомобіля показав, що розроблено і використовується значна кількість різних методів, але вони всі мають переваги та недоліки.

Представлено математичну модель, що дає змогу розрахувати ймовірність відсутності відмови (прогноз працездатного стану) агрегатів автомобіля на період до наступного діагностування. Результати прогнозування обґрунтовують рішення стосовно можливих позапланових ремонтно-профілактичних робіт для забезпечення нормативного ресурсу основних агрегатів.

Наведено математичну модель встановлення напрацювання легкових автомобілів до досягнення граничних значень кутів установки керованих коліс, що дозволяє визначати залишковий ресурс передньої підвіски, а також розраховувати такі показники як ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність виникнення відмов, середній наробіток на відмову.

З ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІДВІСКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

3.1 Результати дослідження показників надійності елементів конструкції передніх підвісок легкових автомобілів

У дослідженнях бралися до уваги лише ті конструктивні елементи підвісок, які найчастіше відмовляли:

- амортизатор;
- верхня опора передньої стійки;
- кульовий шарнір передньої підвіски;
- підшипники маточин коліс.

Протягом досліджуваного періоду (з 05.09.24 по 05.10.24) на СТО «Вінниччина-Авто» м. Вінниця зверталися власники гарантійних автомобілів з причин відмов у перерахованих вище конструктивних елементах підвіски у кількості 36 одиниць, а саме це автомобілі китайського виробника Chery (21 автомобіль) та Jetour (15 автомобілів) різних моделей з початку їх експлуатації. Основні дефекти елементів підвісок за результатами опитування водіїв – стукіт у підвісці і підтікання рідини з верхньої частини амортизаторів.

З використанням в середовища MS Excell, на основі отриманих масивів даних, було розраховано числові характеристики розподілів та побудовано гістограми розподілу пробігів автомобілів Chery і Jetour на відмови через втрату працездатності їх підвісок із спробою узгодження їх з законами розподілів.

На основі отриманого масиву статистичних даних було складено варіаційний ряд, шляхом розташування значень пробігу автомобілів Chery і Jetour на відмови елементів їх підвіски у порядку зростання. Далі визначалися кількість інтервалів статистичного ряду і їх ширину, математичне сподівання, дисперсія, середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації пробігу на відмови.

Розрахунки, наприклад, для пробігу на відмови підвіски разом автомобілів Chery і Jetour наведені в таблиці статистичного ряду (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Статистичний ряд розподілу пробігу автомобілів Chery і Jetour на відмови елементів їх підвіски

Показники	Інтервали, k						Сума
	1	2	3	4	5	6	
Величина інтервалу, тис. км	3,10- 10,77	10,77- 18,44	18,44- 26,11	26,11- 33,78	33,78- 41,45	41,45- 49,12	-
Середина інтервалу, тис. км	6,935	14,605	22,275	29,945	37,615	45,285	
Частота попадання поточних пробігів в інтервали	9	6	7	4	6	4	36
Емпірична частість	0,250	0,167	0,194	0,111	0,167	0,111	1,000
Математичне сподівання пробігу на відмови, тис. км	1,734	2,434	4,331	3,327	6,269	5,032	23,6
Дисперсія пробігу на відмови, тис. км	65,55	12,104	0,141	5,165	34,984	54,553	172,5

На основі даних таблиці 3.1 визначаємо:

- математичне сподівання пробігу на відмови - 23,6 тис. км;
- дисперсія пробігу на відмови - 172,5 тис. км;
- середньоквадратичне відхилення - 13,1 тис. км;
- коефіцієнт варіації – 55,6%.

На рисунку 3.1 показано гістограми розподілу пробігів автомобілів Chery і Jetour на відмови через втрату працездатності їх підвісок з початку експлуатації автомобілів. На рисунку 3.1, а) показано узгодження з розподілом Вейбула, а на рисунку 3.1, б) – з нормальним розподілом.

Через велике розсіювання і нерівномірність пробігів автомобілів Chery і Jetour на відмови, узгодження їх з законами розподілу неможливе. Значення математичного сподівання пробігів на відмови для автомобілів Chery складає 23271 км (21 автомобіль) і автомобілів Jetour – 27566 км (15 автомобілів). При коефіцієнтах варіації відповідно 69% і 97%.

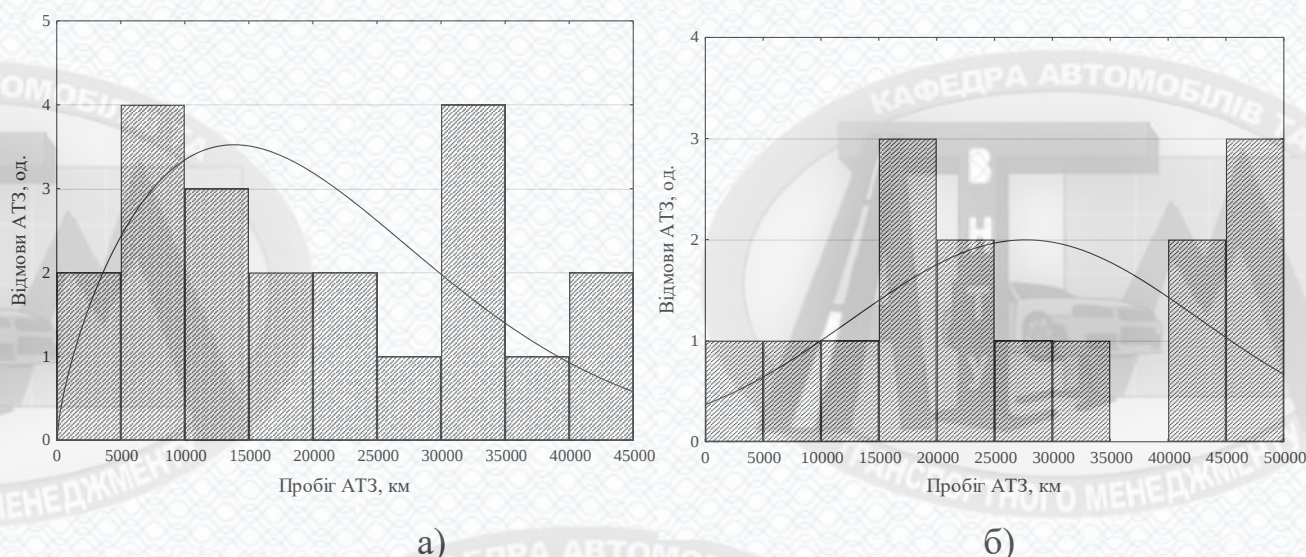


Рисунок 3.1 – Гістограми розподілу пробігів автомобілів Chery (а) і Jetour (б) на відмови через втрату працездатності їх підвісок

На рисунку 3.2 показано об'єднану гістограму розподілу пробігів автомобілів Chery і Jetour на відмови через втрату працездатності їх підвісок.

Результатом проведених досліджень стало отримання математичного сподівання пробігу автомобілів Chery і Jetour на відмови через втрату працездатності їх підвісок, яке склало 23,6 тис. км.

Результати будуть використані при плануванні оптимальної періодичності технічного обслуговування підвісок АТЗ за мінімальних сумарних затрат з критерієм оптимізації періодичності ТО з використанням мінімуму функції сумарного ризику.

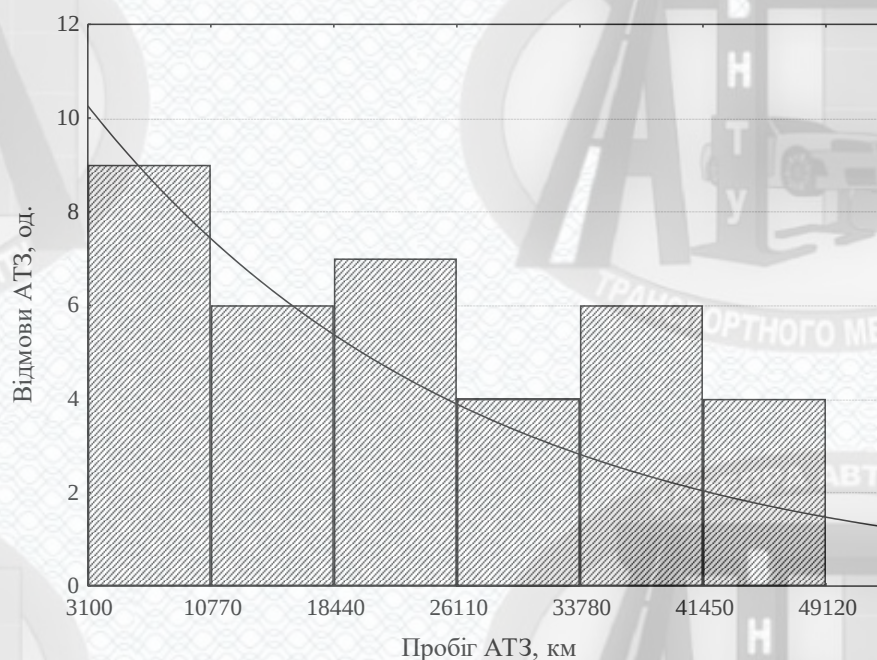


Рисунок 3.2 – Гістограма розподілу пробігів АТЗ автомобілів Jetour і Chery на відмови через втрату працездатності їх підвісок із узгодженням за експоненціальним законом

Порівнювалися також аналогічні показники експлуатаційної надійності конструкцій передніх підвісок даних марок автомобілів (табл. 3.2). За показниками розподілів інтервалів входних потоків контролю підвісок на СТО $\bar{t}_B$ та інтенсивності відмов $\bar{x}$ надійнішими є конструкції підвісок автомобілів Jetour ($\bar{t}_B = 9,38$ дн; $\bar{x} = 0,12$ од/дн).

Таблиця 3.2 – Показники надійності конструкцій підвісок автомобілів Jetour і Chery

Автомобілі	Кількість АТЗ, од	Інтервали між замовленнями/щоденні надходження			
		$\bar{t}_B$, дн/ $\bar{x}$, од/дн	D_t , дн/ D_x , од	σ_t , дн/ D_x , од	v_t , %/ v_x , %
Chery	21	6,19/0,17	96,04/45,21	9,80/26,47	158,32/155,29
Jetour	15	9,38/0,12	172,70/62,32	13,14/20,42	140,16/170,17

Отримані показники надійності конструкцій підвісок досліджуваних автомобілів дозволяють прогнозувати оптимальні періодичності технічного обслуговування підвіски досліджуваних автомобілів та інтервали їх можливих надходжень до обслуговування на СТО.

3.2 Підбір обладнання для діагностування технічного стану підвісок легкових автомобілів

Для діагностування технічного стану ходової частини автомобілів та безпосередньо підвіски на даний час на ринку міститься велика кількість діагностичного обладнання. Розглянемо деяке з них.

1. Стенд перевірки амортизаторів Contactest 2100 PC Hofmann Німеччина

Комп'ютерний стенд перевірки амортизаторів та властивостей підвіски легкових автомобілів за принципом Eusama показано на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Стенд перевірки амортизаторів Contactest 2100 PC [33]

Комп'ютерний стенд для перевірки стану підвіски і амортизаторів легкових автомобілів з навантаженням на вісь до 2 т.

Результати вимірювань виводяться на монітор комп'ютера.

Стенд досить рідко використовується як самостійне обладнання і найчастіше входить складовою частиною в діагностичну тест-лінію. Працює стенд по одній з стандартизованих методик випробувань підвіски і амортизаторів - методу Eusama.

Технічна характеристика стенду наведена у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика стенду Contactest 2100 PC [33]

Параметр	Значення
Навантаження на вісь, не більше	2 т
Випробувальна ширина, мін/макс	800/2200 мм
Амплітуда коливань	6 мм
Частота коливань	24 Гц
Потужність електродвигунів 380В	3 кВт

Два незалежні випробувальні майданчики сприймають вимушені коливання автомобіля. Сили, що діють на коливальну систему автомобіля, вимірюються і перераховуються - проводиться динамічна оцінка.

Стенд включає комплект платформ (компактна версія), з функцією ваг і єдиної рамою. Всі металеві частини стенду оцинковані, установка - для заглиблення в підлогу. В комплекті - вбудований пристрій зважування.

Стенд оснащений комунікаційної стійкою з вбудованим керуванням, призначеної для установки персонального комп'ютера і монітора (ПК-компоненти в опціях). Вартість стенду 18000\$.

2. Лінія інструментального контролю BOSCH SDL 260 (рис. 3.4). Це найсучасніша діагностична лінія для перевірки ходової частини легкових автомобілів і вантажівок малої вантажопідйомності (навантаження на вісь до 2 т.).

До складу BOSCH SDL-260 входить наступний комплект обладнання:

- вимірювальна стійка;
- гальмівний стенд;
- стенд для перевірки амортизаторів;

- стенд для оцінки кутів сходження коліс автомобіля при вимірюванні бічного відведення.

Вартість – 14500 \$.



Рисунок 3.4 – Лінія інструментального контролю BOSCH SDL-260 [22]

Гальмівний стенд проводить наступні вимірювання:

- опір вільному коченню;
- овальність гальмівних барабанів;
- поточні і максимальні гальмівні сили на колесах;
- нерівномірність гальмівних сил;
- зусилля, що прикладається до педалі гальма;
- індикація часу спрацювання гальмівної системи.

Технічна характеристика BOSCH SDL-260 занесена до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика BOSCH SDL-260 [22]

Параметр	Значення
1	2
Навантаження на вісь, не більше	2 т
Допустиме навантаження на колесо	1 т

Продовження таблиці 3.4.

1	2
Потужність підключення (380В)	5,5 кВт
Амплітуда коливань	6 мм
Частота коливань	25 Гц
Тривалість циклу вимірювання	30 с
Вага тестеру підвіски	330 кг
Вага гальмівного стенду	370 кг

На стенді для перевірки амортизаторів здійснюються наступні операції:

- контроль амортизаторів по методу EUSAMA;
- зважування автомобіля;
- передача отриманої інформації у вимірювальну стійку лінії для розрахунку питомих гальмівних характеристик.

Перевірка роботи підвіски здійснюється після установки коліс автомобіля на спеціальні демпфуючі майданчики. Майданчик стенду, підвішений на гнучкому торсіоні, дозволяє вимірювати не тільки вагу, але і амплітуду коливань на робочих частотах: від 16 Гц до повної зупинки ротора. На 6-8 Гц виникає резонанс. За графіком коливань на екрані можна оцінити ефективність амортизаторів, навіть не знаючи параметрів, закладених виробником: чим менше сплеск хвилі резонансу на графіку, тим краще. Крім того, у стендів "SDL 260" є опція – пошук шумів підвіски. В цьому режимі оператор може сам задавати частоту обертання ротора (від 0 до 50 Гц).

Стенд контролю сходження проводить контроль динамічного відведення коліс усіх осей автомобіля. Оператору лінії при проведенні цієї перевірки не потрібно встановлювати на колеса автомобіля спеціальні датчики. Досить зі швидкістю пішохода проїхати по контрольних майданчиках лінії, і результат виводиться на моніторі стенду миттєво.

3. Люфт-детектор підвіски PMS 101 МАНА Німеччина (рис. 3.5).

Люфт детектор з гідроприводом для контролю стану підвіски і рульового управління: перевірка зазорів в шарнірах, підшипниках і інших вузлів підвіски і рульового управління легкових і комерційних автомобілів з навантаженням до 3,5 т на вісь. Гідропривід із зусиллям 11 кН. Вартість – 7600 \$.

Конструктивне виконання детектора люфтів:

- два випробувальні майданчики, які встановлюються врівень з підлогою, поверхня пластин має зносостійке покриття;
- люфт-детектор з гідроприводом платформ - 4-канальний управління з механічним багатоканальним клапаном;
- поперечне і поздовжнє переміщення майданчиків в обидві сторони;
- перемикання з поздовжнього на поперечний рух майданчиків проводиться тільки вручну.

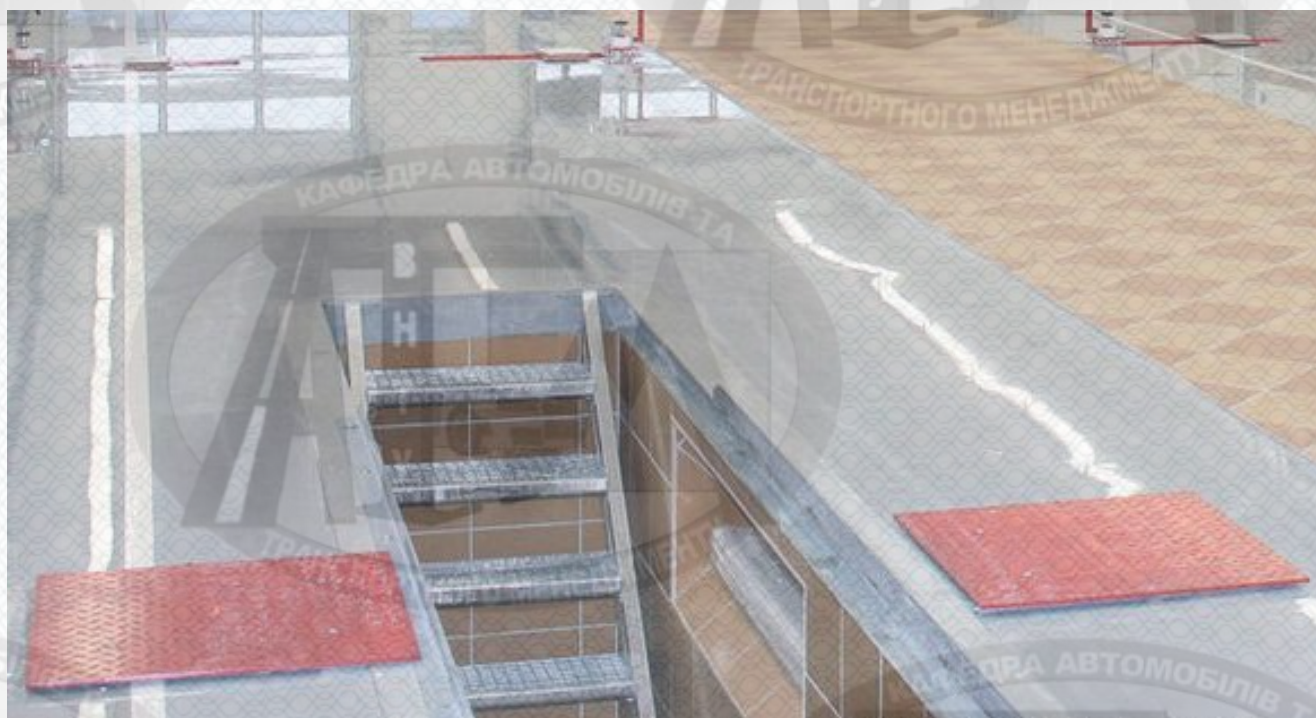


Рисунок 3.5 – Люфт-детектор підвіски PMS 101 [25]

Технічна характеристика люфт-детектора підвіски PMS 101 занесена до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика люфт-детектора підвіски PMS 101 [25]

Параметр	Значення
Навантаження на вісь, не більше	3,5 т
Напрямків переміщення	3
Діапазон рухів	100 мм
Розміри платформи	625x625 мм
Робоче зусилля гідростанції	11 кН
Тиск гідростанції	120 бар
Ємність гідростанції	15 л
Потужність гідростанції 380В	2,5 кВт

4. Діагностична лінія 3,5 т / вісь EUROSYSYSTEM TL МАНА Німеччина.

Призначена для діагностування легкових і комерційних автомобілів з навантаженням на вісь до 3,5 т (рис. 4.6). Вартість – 13300\$.



Рисунок 3.6 – Діагностична лінія EUROSYSYSTEM TL МАНА [11]

Технічна характеристика EUROSYSYSTEM TL МАНА занесена до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічна характеристика EUROSYSYSTEM TL МАНА [11]

Параметр	Значення
Гальмівний стенд	IW 2 RS 2
Навантаження на вісь	3,5 т
Діапазон вимірювань	0 - 8 кН
Швидкість випробувань	5 км / год
Довжина гальмівних роликів	710 мм
Діаметр гальмівних роликів	202 мм
Випробувальна ширина мін. / макс.	800/2200 мм
Потужність гальмівного стенду 380В	2 х 3 кВт

Враховуючи технічні характеристики наведеного обладнання, вартість та наявність авторизованих дилерів постачальників діагностичного обладнання, пропонуємо до використання на СТО «Вінниччина-Авто» м. Вінниця лінію інструментального контролю BOSCH SDL-260.

3.3 Розробка алгоритму пошуку несправностей підвіски легкового автомобіля

Важливим у скороченні тривалості, трудомісткості та вартості діагностування буде вибір обмеженої кількості параметрів діагностування, зняття фактичних показників яких і порівняння з нормативними, повинні дати однозначну відповідь щодо регулювань (заміни, ремонту) систем в цілому [15].

Отже, можна висунути таку гіпотезу: існує один або декілька параметрів технічного стану (структури) у системах, які функціонально і однозначно впливають на якість перебігу робочих процесів у системах. Серед всієї сукупності структурних параметрів ці декілька, за умови використання відповідних технічних засобів діагностування, бази знань і бази даних дадуть змогу оперативно прийняти рішення щодо подальших ремонтно-обслуговувальних та діагностувальних дій.

Для повної перевірки передньої підвіски автомобіля необхідно провести перевірку:

1. Сходження та розвалу передніх коліс.
2. Кутів поздовжнього нахилу осі повороту передніх коліс.
3. Різниці між кутами поздовжнього нахилу осі повороту передніх коліс.
4. Відстані від опорної поверхні до задньої частини важеля.
5. Відстані від опорної поверхні до передньої частини важеля.
6. Стану втулок стабілізатора.
7. Стану втулок важеля підвіски передніх коліс.
8. Стану кульових шарнірів передніх коліс.
9. Стану амортизаторів.
10. Стану верхніх і нижніх опор стійок передніх коліс.
11. Стану пружин підвіски.

Кути розвалу коліс та поздовжнього нахилу осі повороту передніх коліс не регулюються, а їх номінальні значення досягаються заміною відповідних деталей.

Звичайно, перевірка, регулювання і визначення всіх цих параметрів вимагає значних зусиль і затрат. Тому необхідно зменшити кількість перевірок, але, одночасно, не зменшуючи інформативності проведення діагностування.

Отже, з всієї вибірки діагностичних параметрів, виділяємо найголовніші:

- сходження передніх коліс;
- розвал передніх коліс;
- стан амортизаторів передніх коліс;
- стан кульових опор передніх коліс.

Кожен з цих параметрів характеризує декілька параметрів технічного стану і впливає на показники роботи підвіски автомобіля.

На нашу думку, саме за допомогою цих чотирьох діагностичних параметрів можна оцінювати стан підвіски легкового автомобіля – справний чи несправний. Ці чотири діагностичні параметри охоплюють всю номенклатуру структурних параметрів. Таким чином, контролюється загальний стан підвіски автомобіля.

Загальний вигляд розробленого алгоритму діагностування, згідно з

висуненою гіпотезою зображений на рис. 3.7.

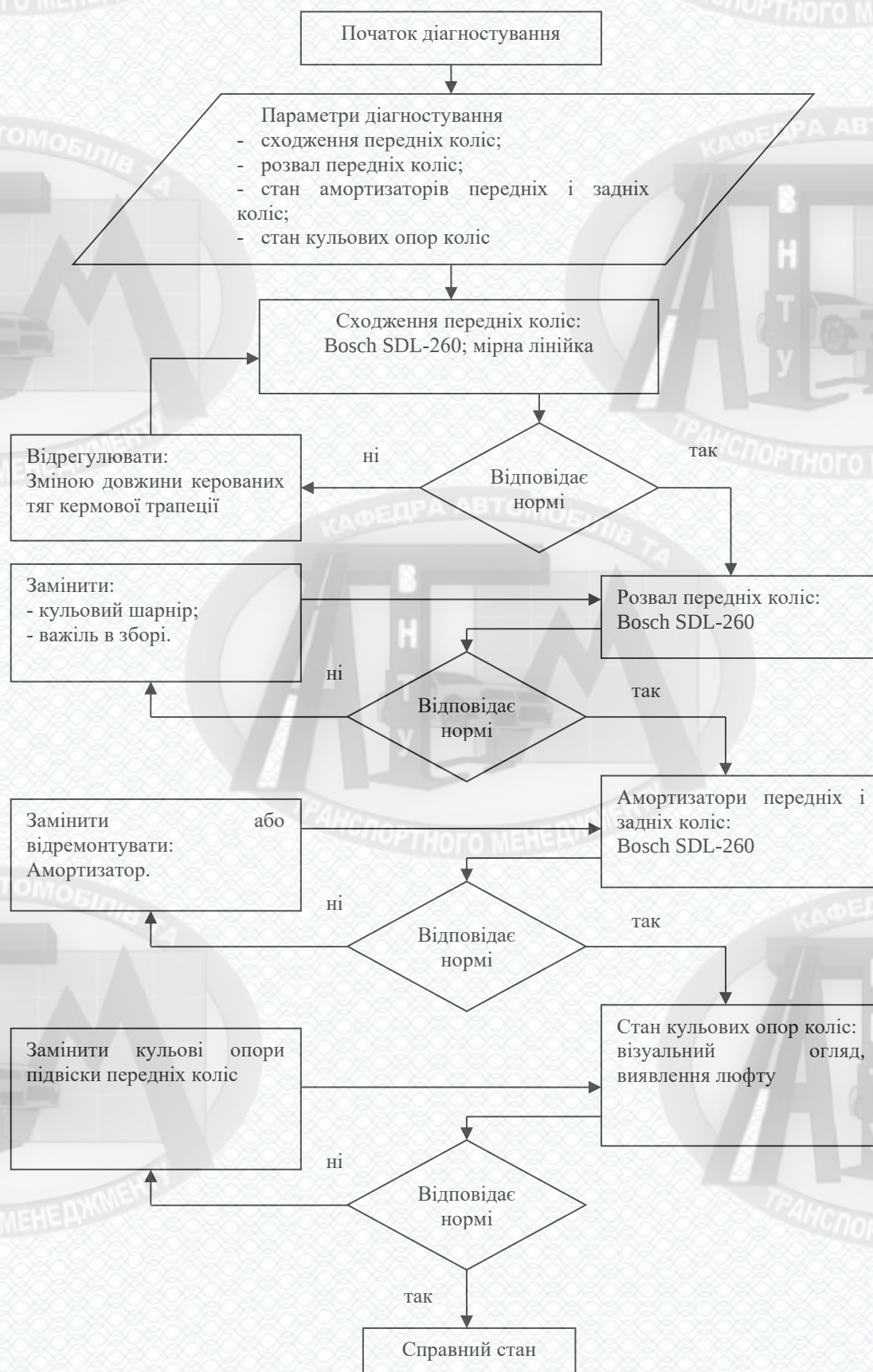


Рисунок 3.7 – Алгоритм пошуку несправностей підвіски легкового автомобіля

У проведенні випробування на зазначеному обладнанні беруть участь кілька компонентів транспортного засобу, а саме амортизатор, підвіска в зборі, підресорена і непідресорена вага автомобіля і сам стенд. Це означає, що метою виробників випробувального стенду є знаходження методу вимірювань, що забезпечує здобуття даних про стан амортизатора без урахування впливів, що надаються іншими компонентами.

Оскільки підвищення ефективності будь-якого виробництва, його інтенсифікація досягаються значною мірою завдяки використанню нових прогресивних технологій і технологічних процесів, то застосування розробленого алгоритму пошуку несправностей підвіски легкового автомобіля разом із застосуванням запропонованого діагностичного обладнання та з використанням запропонованих моделей прогнозування технічного стану дозволить підвищити комплексно ефективність технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах досліджуваного підприємства.

3.4 Висновки до розділу 3

Результати дослідження показників надійності елементів конструкції підвісок автомобілів подано у вигляді гістограми розподілу пробігів автомобілів Chery і Jetour на відмови через втрату працездатності їх підвісок. Значення математичного сподівання пробігів на відмови для автомобілів Chery складає 23271 км (21 автомобіль) і автомобілів і Jetour – 27566 км (15 автомобілів). Показники надійності конструкцій підвісок досліджуваних автомобілів дозволяють прогнозувати оптимальні періодичності технічного обслуговування підвіски досліджуваних автомобілів та інтервали їх можливих надходжень до обслуговування на СТО.

Важливим у скороченні тривалості, трудомісткості діагностування та вартості подальшого технічного обслуговування підвіски автомобіля буде вибір обмеженої кількості параметрів діагностування, зняття фактичних показників яких і порівняння з нормативними, повинні дати однозначну відповідь щодо

регулювань (заміни, ремонту) підвіски автомобіля. Основними діагностичними параметрами виділили такі: сходження передніх коліс; розвал передніх коліс; стан амортизаторів коліс; стан кульових опор.

Оскільки підвищення ефективності будь-якого виробництва, його інтенсифікація досягаються значною мірою завдяки використанню нових прогресивних технологій і технологічних процесів, то застосування розробленого алгоритму пошуку несправностей підвіски легкового автомобіля разом із застосуванням запропонованого діагностичного обладнання та з використанням запропонованих моделей прогнозування технічного стану дозволить підвищити комплексно ефективність технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах досліджуваного підприємства.

4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

4.1 Розрахунок витрат на заробітну плату та відрахувань на соціальні потреби

Оплата праці на підприємствах автотранспорту здійснюється на основі тарифної системи, науково обґрунтованих норм праці, певних систем погодинної та відрядної форми оплати праці [7].

Для розрахунку витрат на заробітну плату, приймаємо, що у зоні діагностування працюватиме 1 робітник-діагност 5-го розряду з повним завантаженням ефективного робочого часу – 1840 год, згідно [21]. Тарифна ставка робітника 5-го розряду – 92,55 грн, розрахована у відповідності до коефіцієнту співвідношень до мінімальної заробітної плати [7].

Основна заробітна плата робітника на дільниці складає:

$$ЗП_{\text{тар}} = \frac{T_p \cdot N_{pi} \cdot ГТС}{N_{pp}}, \quad (4.1)$$

де T_p – трудомісткість, люд. год. (1840 год);

N_{pi} – кількість ремонтних робітників i -го розряду;

$ГТС$ – годинна тарифна ставка ремонтного робітника i -го розряду, грн;

N_{pp} – загальна кількість ремонтних робітників на дільниці.

$$ЗП_{\text{тар}} = \frac{1840 \cdot 1 \cdot 92,55}{1} = 170292,0 \text{ (грн);}$$

Додаткова заробітна плата складається з премій і надбавок, визначених колективним договором. Премія складає 15 % від $ЗП_{\text{тар}}$:

$$ЗП_{\text{пр}}^i = 0,15 \cdot ЗП_{\text{тар}}^i;$$

(4.2)

$$ЗП_{\text{пр}} = 0,15 \cdot 170292,0 = 25543,8 \text{ (грн);}$$

Доплата складає 10 % від $ЗП_{\text{тар}}$:

$$ЗП_{\text{доп}}^i = 0,1 \cdot ЗП_{\text{тар}}^i;$$

(4.3)

$$ЗП_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 170292,0 = 17029,2 \text{ (грн);}$$

Сумарний фонд оплати праці становитиме

$$ЗП_{\text{осн}}^i = ЗП_{\text{тар}}^i + ЗП_{\text{прем}}^i + ЗП_{\text{доп}}^i;$$

(4.4)

$$ЗП_{\text{осн}} = 170292,0 + 25543,8 + 17029,2 = 212865,0 \text{ (грн);}$$

Розрахунок резерву на відпустки, який встановлюється в межах 8% від $ЗП_{\text{осн}}$:

$$ЗП_{\text{рв}} = 0,08 \cdot \sum ЗП;$$

(4.5)

$$ЗП_{\text{рв}} = 0,08 \cdot 212865,0 = 17029,2 \text{ (грн).}$$

Загальний фонд оплати праці робітника становить:

$$\Phi ЗП_{\text{рр}} = \sum ЗП + ЗП_{\text{рв}};$$

(4.6)

$$\Phi ЗП_{\text{рр}} = 212865,0 + 17029,2 = 229894,2 \text{ (грн).}$$

Відрахування на соціальні потреби складають 23,5% від фонду заробітної плати. Сума єдиного соціального внеску розподіляються серед фондів

соціального страхування (пенсійного, фонду страхування, у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності, фонду страхування від нещасного випадку, фонду страхування на випадок безробіття та 1,5% – військовий збір).

$$B_{cc} = 0,235 \cdot \Phi ЗП; \quad (4.7)$$

$$B_{cc} = 0,235 \cdot 229894,2 = 54025,14 \text{ (грн)}.$$

Загальна сума відрахувань на соціальні потреби становить 54025,14 (грн).

4.2 Розрахунок витрат на електроенергію та воду

Згідно з [26], витрати на електроенергію визначаються із розрахунку, що на одне робоче місце витрачається 10 кВт і коефіцієнт попиту дорівнює 0,5.

$$B_{ел.ен.} = X_n \cdot P \cdot K_{ноп} \cdot t_{зм} \cdot C_{ел.ен.} \cdot D_{роб}, \quad (4.8)$$

де X_n - кількість робочих місць на дільниці;

P - потужність, що витрачається при роботі на одному посту;

$K_{ноп}$ - коефіцієнт попиту;

$t_{зм}$ - тривалість зміни, год.;

$C_{ел.ен.}$ - ціна 1 кВт/год, грн.;

$D_{роб}$ - кількість днів роботи дільниці.

Приймаємо наступні значення вищеперерахованих одиниць:

$$X_n = 1; P = 10 \text{ кВт}; K_{ноп} = 0,5; t_{зм} = 8 \text{ год.}; C_{ел.ен.} = 8,25 \text{ грн.}; D_{роб} = 305 \text{ днів}.$$

$$B_{ел.ен.} = 1 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 8,25 \cdot 305 = 100650,0 \text{ (грн)}.$$

Витрати на воду визначаються за формулою [26]:

$$B_{\text{в}} = X_n \cdot Q \cdot C_{\text{в}} \cdot D_{\text{роб}}, \quad (4.9)$$

де Q - витрата води на один пост, м³/добу; $Q = 3,02$ м³/добу;

$C_{\text{в}}$ - ціна 1 м³ води, грн.; $C_{\text{в}} = 20,08$ грн.

$$B_{\text{в}} = 1 \cdot 3,02 \cdot 20,08 \cdot 305 = 18495,69 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок собівартості послуги

Капіталовкладення на створення посту діагностування визначаються на основі калькуляції витрат. Калькуляція капіталовкладень наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Калькуляція капіталовкладень

Найменування капіталовкладень	Вартість, грн
1. Будівельно-монтажні роботи	45500
2. Лінія інструментального контролю BOSCH SDL-260	609000
3. Інше обладнання, інструмент та устаткування	58500
ВСЬОГО	713000

Амортизаційні відрахування складають 5% від основних виробничих фондів:

$$A_{\text{в}} = \text{ОВФ} \cdot 0,05; \quad (4.10)$$

$$A_{\text{в}} = 713000 \cdot 0,05 = 35650,0 \text{ (грн).}$$

Загальновиробничі витрати приймаються в межах 160% від фонду основної заробітної плати ремонтних робітників:

$$B_{\text{заг.вир.}} = 1,6 \cdot 212865,0 = 340584,0 \text{ (грн).}$$

Собівартість послуги (вартість 1 нормо-години) визначається за формулою:

$$S = \sum B / \sum T_p, \quad (4.11)$$

де $\sum B$ – загальні витрати, грн.;

$\sum T_p$ – загальна трудомісткість послуг, люд. год., $\sum T_p = 1840$ люд.год.

Визначимо кошторис експлуатаційних витрат і занесемо його до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Кошторис експлуатаційних витрат

Найменування статей	Витрати, грн.
1. Витрати на оплату праці	229894,2
2. Відрахування на соціальні потреби	54025,14
4. Електроенергія	100650,0
5. Вода	18495,69
6. Спецодяг	2500,0
7. Амортизаційні відрахування	35650,0
8. Загальновиробничі	340584,0
Всього	781799,03

За даними таблиці 4.2 розрахуємо собівартість послуги діагностування на лінії інструментального контролю BOSCH SDL-260 на СТО «Вінниччина-Авто» м. Вінниця:

$$S = 781799,03 / 1840 = 424,9 \text{ (грн.)}$$

Собівартість 1-ї нормогодини послуги діагностування підвіски – 424,9 грн.

4.4 Розрахунок прибутку та ефективності запропонованих рішень

Дохід від надання послуг клієнтам СТО визначається за формулою:

$$D = T_p \cdot T, \quad (4.12)$$

де T_p - загальна трудомісткість послуг, люд·год.;

T - тариф на виконання 1-ї нормогодини, грн.

$$T = 1,25 \cdot S, \quad (4.13)$$

$$T = 424,9 \cdot 1,25 = 531,13 \approx 535 \text{ (грн)}.$$

Тоді

$$D = 1840 \cdot 535,0 = 984400,0 \text{ (грн)}.$$

Балансовий прибуток визначимо за формулою [32]:

$$П_{бал} = D_{заг} - EB - ПДВ = D_{заг} - 1,2 \Sigma B, \quad (4.14)$$

де $D_{заг}$ – дохід, грн.;

EB – експлуатаційні витрати, грн.;

$ПДВ$ – податок на добавлену вартість, грн.

$$П_{бал} = 984400,0 - 1,2 \cdot 781799,03 = 46241,16 \text{ (грн.)}.$$

З оподаткованого прибутку сплачують податок 18%:

$$П_{\partial} = 0,18 \cdot П_{бал}, \quad (4.15)$$

$$П_0 = 0,18 \cdot 46241,16 = 8323,41 \text{ (грн.)}.$$

Чистий прибуток від впровадження поста діагностування підвіски можна розрахувати за формулою:

$$П_{шд} = П_{бал} - П_0, \quad (4.16)$$

$$П_{шд} = 46241,16 - 8323,41 = 37917,75 \text{ (грн.)}.$$

Таким чином, чистий прибуток від впровадження поста діагностування підвіски автомобіля для ПрАТ «Вінниччина-Авто» становитиме 37917,75 грн.

Відповідно до типової методики визначення економічної ефективності капітальних вкладень, загальна ефективність будь-якого проектного рішення або технічного заходу оцінюється відношенням очікуваного прибутку до загальної суми капітальних вкладень, які потрібні на упровадження проекту або заходу [6]:

$$E_{KB} = (B - C) / K, \quad (4.17)$$

де B – вартість річного випуску продукції (загальні доходи);

C – собівартість річного випуску продукції (загальні витрати);

K – загальна сума капіталовкладень.

$$E_{KB} = (984400,0 - 781799,03) / 713000 = 0,28.$$

Зворотною величиною ефективності є термін окупності капітальних вкладень, років [6]:

$$T_{ок} = 1 / E_{KB}. \quad (4.18)$$

Отже, термін окупності запропонованих рішень становить $T_{ок} = 1 / 0,28 = 3,57$ (роки).

4.5 Висновки до розділу 4

Виконано розрахунок економічної ефективності впровадження запропонованих рішень для СТО ПрАТ «Вінниччина-Авто». За даним розрахунком: собівартість нормогодини діагностування підвіски автомобіля – 424,9 грн; тариф на виконання робіт – 535 грн; розрахована ефективність запропонованих рішень – 0,28; термін окупності капітальних вкладень – 3,57 роки.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз характеристики підприємства показав, що ПрАТ «Вінниччина-Авто» забезпечено потужною виробничо-технічною базою, має такі напрямки діяльності як: реалізація автомобілів, оригінальних запчастин, надання автосервісних послуг, а також деякі інші види супроводжуючих послуг.

Дослідження існуючого попиту на автосервісні послуги СТО «Вінниччина-Авто» показав, що на підприємстві обслуговуються як нові (гарантійні) автомобілі, так і автомобілі зі значним пробігом, причому найбільша кількість звернень по причині несправностей у ходовій частині автомобіля на дане СТО припадає на весняний період, що пояснюється незадовільним станом автомобільних доріг нашої країни після зимового періоду. Від 12% до 20% загальної кількості звернень (гарантійних та негарантійних) на СТО було за причинами несправностей у ходовій частині автомобіля.

Виконане прогнозування попиту на автосервісні послуги підприємства показало його подальше зростання, а саме до 8843 автомобіле-заїздів на період 2024 року.

Визначено, що поломки підвіски виникають завдяки цілому ряду причин або сукупності факторів, з них слід відмітити також низькокваліфікований ремонт або відсутність технічного обслуговування підвіски.

Аналіз робіт, присвячених системі забезпечення і підтримки працездатності автомобілів надав можливість встановити, що ефективність технічного обслуговування автомобіля залежить від періодичності проведення окремих його операцій, обсягу перевірки, глибини регулювання, точності обладнання, що використовується для перевірки технічного стану, і кваліфікації обслуговуючого персоналу.

На основі аналізу стану питання технічного обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «Вінниччина-Авто», з урахуванням мети даної роботи, а саме надання теоретичних та практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски

легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування «Вінниччина-Авто» м. Вінниця було сформовано завдання для подальшого дослідження.

Представлено математичну модель, що дає змогу розрахувати ймовірність відсутності відмови (прогноз працездатного стану) агрегатів автомобіля на період до наступного діагностування. Результати прогнозування обґрунтовують рішення стосовно можливих позапланових ремонтно-профілактичних робіт для забезпечення нормативного ресурсу основних агрегатів.

Наведено математичну модель встановлення напрацювання легкових автомобілів до досягнення граничних значень кутів установки керованих коліс, що дозволяє визначати залишковий ресурс передньої підвіски, а також розраховувати такі показники як ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність виникнення відмов, середній наробіток на відмову.

Результати дослідження показників надійності елементів конструкції підвісок автомобілів подано у вигляді гістограми розподілу пробігів автомобілів Chery і Jetour на відмови через втрату працездатності їх підвісок. Значення математичного сподівання пробігів на відмови для автомобілів Chery складає 23271 км (21 автомобіль) і автомобілів і Jetour – 27566 км (15 автомобілів). Показники надійності конструкцій підвісок досліджуваних автомобілів дозволяють прогнозувати оптимальні періодичності технічного обслуговування підвіски досліджуваних автомобілів та інтервали їх можливих надходжень до обслуговування на СТО.

Важливим у скороченні тривалості, трудомісткості діагностування та вартості подальшого технічного обслуговування підвіски автомобіля буде вибір обмеженої кількості параметрів діагностування, зняття фактичних показників яких і порівняння з нормативними, повинні дати однозначну відповідь щодо регулювань (заміни, ремонту) підвіски автомобіля. Основними діагностичними параметрами виділили такі: сходження передніх коліс; розвал передніх коліс; стан амортизаторів коліс; стан кульових опор.

Оскільки підвищення ефективності будь-якого виробництва, його інтенсифікація досягаються значною мірою завдяки використанню нових

прогресивних технологій і технологічних процесів, то застосування розробленого алгоритму пошуку несправностей підвіски легкового автомобіля разом із застосуванням запропонованого діагностичного обладнання та з використанням запропонованих моделей прогнозування технічного стану дозволить підвищити комплексно ефективність технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах досліджуваного підприємства.

Виконано розрахунок економічної ефективності впровадження запропонованих рішень для СТО ПрАТ «Вінниччина-Авто». За даним розрахунком: собівартість нормогодини діагностування підвіски автомобіля – 424,9 грн; тариф на виконання робіт – 535 грн; розрахована ефективність запропонованих рішень – 0,28; термін окупності капітальних вкладень – 3,57 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрусенко С. І. Організація фірмового обслуговування. К. : ІЗМН, 1996. 216 с.
2. Біліченко В. В. Виробничі системи на транспорті: стратегії розвитку : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2016. 268 с.
3. Бідняк М. Н., Біліченко В. В. Виробничі системи на транспорті: теорія та практика : монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. 176 с.
4. Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Варчук В. В. Автомобілі та автомобільне господарство. Дипломне проектування : навчальний. Вінниця : ВНТУ, 2010. 172 с.
5. Біліченко В. В. Крещенський В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2012. 118 с.
6. Волков В.П., Мармут І.А., Кривошапов С.І., Белов В.І. Проектування підприємств автомобільного транспорту : Підручник. Під загальною редакцією В.П. Волкова. Харків: ХНАДУ, 2013. 288 с.
7. Галузева Угода між Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури України, Федерацією роботодавців транспорт' України, спільним представницьким органом Профспілки працівників автомобільного транспорту' та шляхового господарства України і Всеукраїнської незалежної профспілки працівників транспорту у сфері автомобільного транспорту на 2024 - 2026 роки. [Електронний ресурс]. URL: https://mtu.gov.ua/files/ГУ_автомоб..pdf
8. Гевко Р. Б. Вітровий А. О. Основні організаційно-технічні принципи створення і модернізації СТО. *Матеріали наукової конференції професорсько-викладацького складу „Економічні, правові, інформаційні та гуманітарні проблеми розвитку України в умовах проведення системних реформ”.* Секція № 6. Удосконалення економічного механізму в агропромисловому комплексі при різних умовах власності. 11 квітня 2012р. Тернопіль, ТНЕУ, 2012, С. 40 - 42.

9. Говорущенко М.Я., Варфоломєєв В.М., Волков В.П., Волошина Н.А. Проектне забезпечення формування виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту [текст] : Навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2007. 116 с.

10. Голобородько О.О., Редчиць В.В., Коробочка О.М. Механотронні системи автомобільного транспорту : навч. посіб. Х. : ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. 300 с.

11. Діагностична лінія 3,5 т/вісь EUROSISTEM TL МАНА Німеччина. URL: <https://autom.com.ua/ua/diagnostichna-liniya-35-t-vis-eurosystem-tl-maha-nimechchina>

12. Зінь В. А., Турчанок М. О. Планування діяльності підприємства : підручник. К. : Професіонал, 2004. 174 с.

13. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів : підручник. К. : Вища школа, 1994. (У 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. 342 с.; Кн. 2: Організація, планування і управління. 383 с.; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. 599 с.

14. Кашканов В.А., Бондар О.І. Підвищення ефективності робіт з діагностування автомобілів. *Молодь в науці 2018: дослідження, проблеми, перспективи*. Вінниця. ВНТУ, URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn/schedConf/presentations>

15. Кашканов В. А., Жомірук Р. О. Аналіз технічних засобів для підвищення ефективності виробничого процесу діагностування автомобілів в умовах автотранспортного підприємства. *Матеріали ІІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ*, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/41651/20556.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

16. Кашканов В. А., Куца М. В. Аналіз конструкцій передніх підвісок передньопривідних автомобілів. *Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2019)*. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/viewFile/6321/5220>

17. Кашканов В.А., Лавренюк О.В. Удосконалення виробничої діяльності підприємств автосервісу. *Матеріали Х міжнародної науково-практичної*

конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2017 року: збірник наукових праць. Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 177-179.

18. Кашканов В.А., Люльчак С.О. Аналіз причин виникнення відмов в передній підвісці та рульовому керуванні автомобілів. *Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 21-23 жовтня 2019 року: збірник наукових праць.* Вінниця: ВНТУ, 2019. С. 92-94.

19. Кашканов В. А., Стащенко Д. І. Пошук оптимальної періодичності технічного обслуговування підвіски автомобіля. *Матеріали конференції "Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)"* : Електронне наукове видання матеріалів конференції. Вінниця: ВНТУ, 2025. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/22926/18899>

20. Кирса В.Т. Прогнозування технічного стану машин. К.: Урожай, 1978. 72с.

21. Кукурудзяк Ю.Ю., Рудь О.В., Кукурудзяк Л.В. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту. Вінниця 2010. 332 с.

22. Лінія діагностування BOSCH SDL 260. URL: <http://automillenium.com.ua/diag-bosch.html>

23. Левківський О.П., Туриця О.О. Системні принципи формування гнучких виробничих систем ремонту та технічного обслуговування автотранспортних засобів. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля: Науковий журнал.* Луганськ, 2009. №11 (141). С. 27 – 30.

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

25. Люфт детектор підвіски PMS 101 МАНА Німеччина. URL: https://www.autom.com.ua/ua/oborudovanie_sto/tormoznye_stendy/proverki_amortizatorov_detektor/pms_101/

26. Марков О. Д. Організація автосервісу. Львів: Оріяна-Нова, 2008. 332 с.

27. Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / Уклад. В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, В.П. Кужель. Вінниця : ВНТУ, 2023. 90 с.

28. Мигаль В. Д. Технічна кібернетика транспорту : навч. по-сіб. Х.: ВД «ІНЖЕК», 2007. 328 с.

29. Мигаль В. Д. Технологія наукових досліджень: методи системного підходу й моделювання : навч.-метод. посіб. Х. : Вид-во ХНАДУ, 2009. 200 с.

30. Павленко В. М. Стан розвитку методів діагностування підвіски автомобіля. Вісник НТУ «ХПІ». 2012. № 64. С. 63-69.

31. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-p#Text>

32. Свіницька О. М. Планування діяльності підприємства : навч. посіб. К. : Вид-во Європ. ун-ту, 2004. 232 с.

33. Стенд перевірки амортизаторів Contactest 2100 PC Hofmann. Німеччина. URL: <https://autom.com.ua/ua/stend-perevirki-amortizatoriv-contactest-2100-pc-hofmann-nimechchina>

34. Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів : навчальний посібник. Львів : Афіша, 2004. 492 с.

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

до магістерської кваліфікаційної роботи на тему:

**«Підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски
легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування
приватного акціонерного товариства «Вінниччина-Авто»
місто Вінниця»**

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

Графічний матеріал до
магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Підвищення ефективності технічного обслуговування
підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування
приватного акціонерного товариства «Вінниччина-Авто» місто Вінниця

спеціальність 274 – «Автомобільний транспорт»

Розробив: ст. гр. 1АТ-23м

Стащенко Д. І.

Керівник: к.т.н., доц.

Кашканов В. А.

Вінниця – 2024 р.

Мета роботи – надання теоретичних та практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування «Вінниччина-Авто»

Завдання дослідження

- виконати аналіз стану питання технічного обслуговування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «Вінниччина-Авто»;
- виконати теоретичні дослідження методів прогнозування працездатного стану вузлів автомобіля;
- сформулювати заходи організаційного характеру щодо підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах досліджуваного підприємства;
- визначити економічну ефективність від впровадження запропонованих рішень.

Методи досліджень

При розв'язанні поставлених задач використовувались методи досліджень, основані на застосуванні системного аналізу, математичного моделювання, теорії надійності, теорії ймовірності.

Об'єкт дослідження – процес технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів

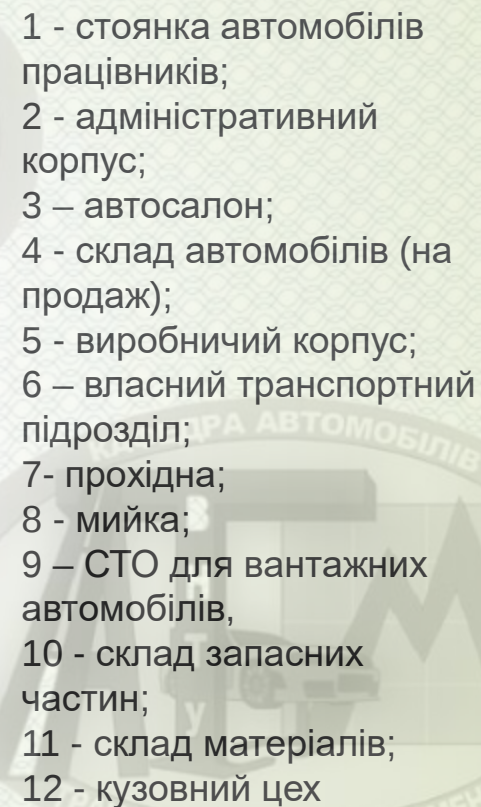
Предмет дослідження – показники зміни технічного стану підвіски легкового автомобіля

Новизна одержаних результатів

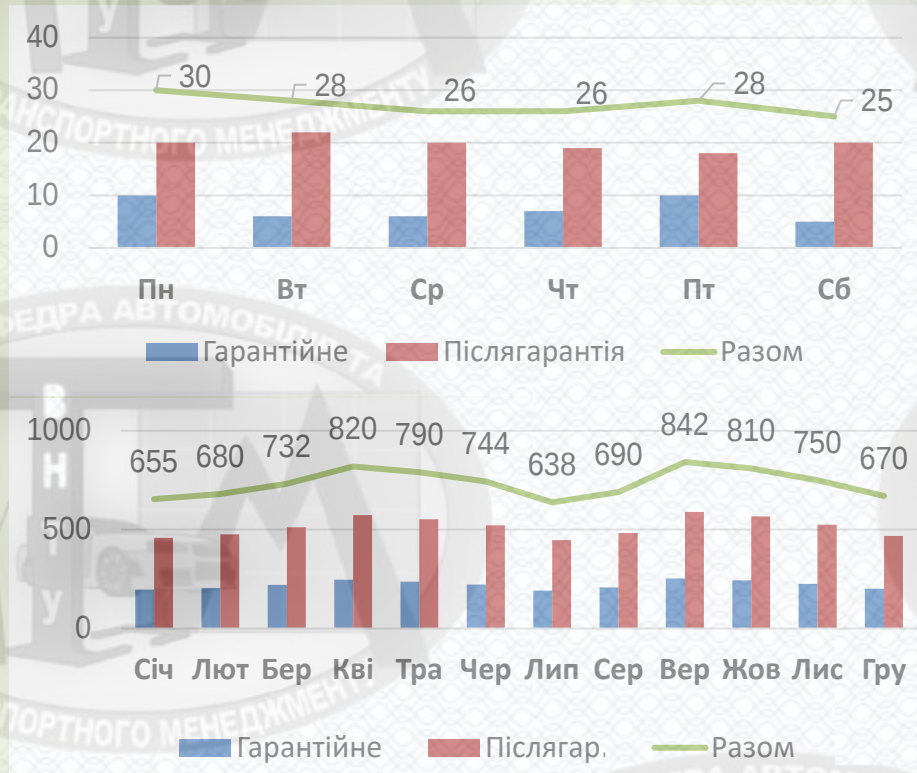
Набув подальшого розвитку метод визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування підвіски автомобіля з використанням критерію мінімального ризику

Практичне значення одержаних результатів

Результати можуть використовуватися на підприємствах автомобільного транспорту для підвищення ефективності робіт з технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля

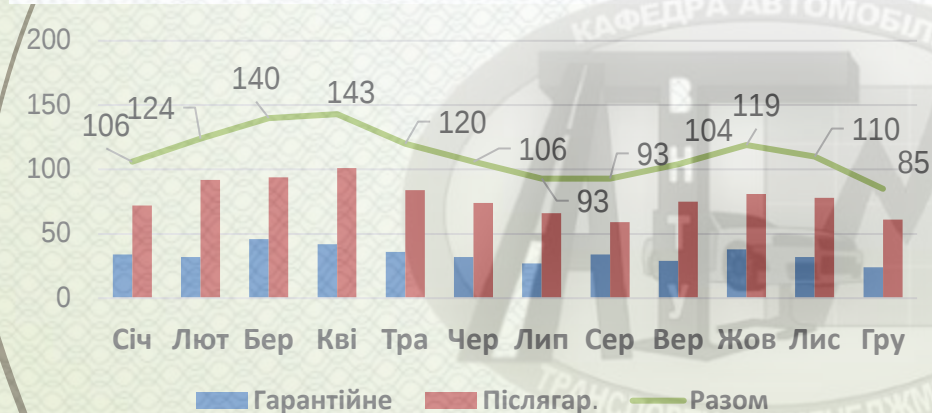


Існуючий попит на послуги СТО



Середня кількість автомобіле-заїздів на ТО на СТОА «Вінниччина-Авто» за днями тижня

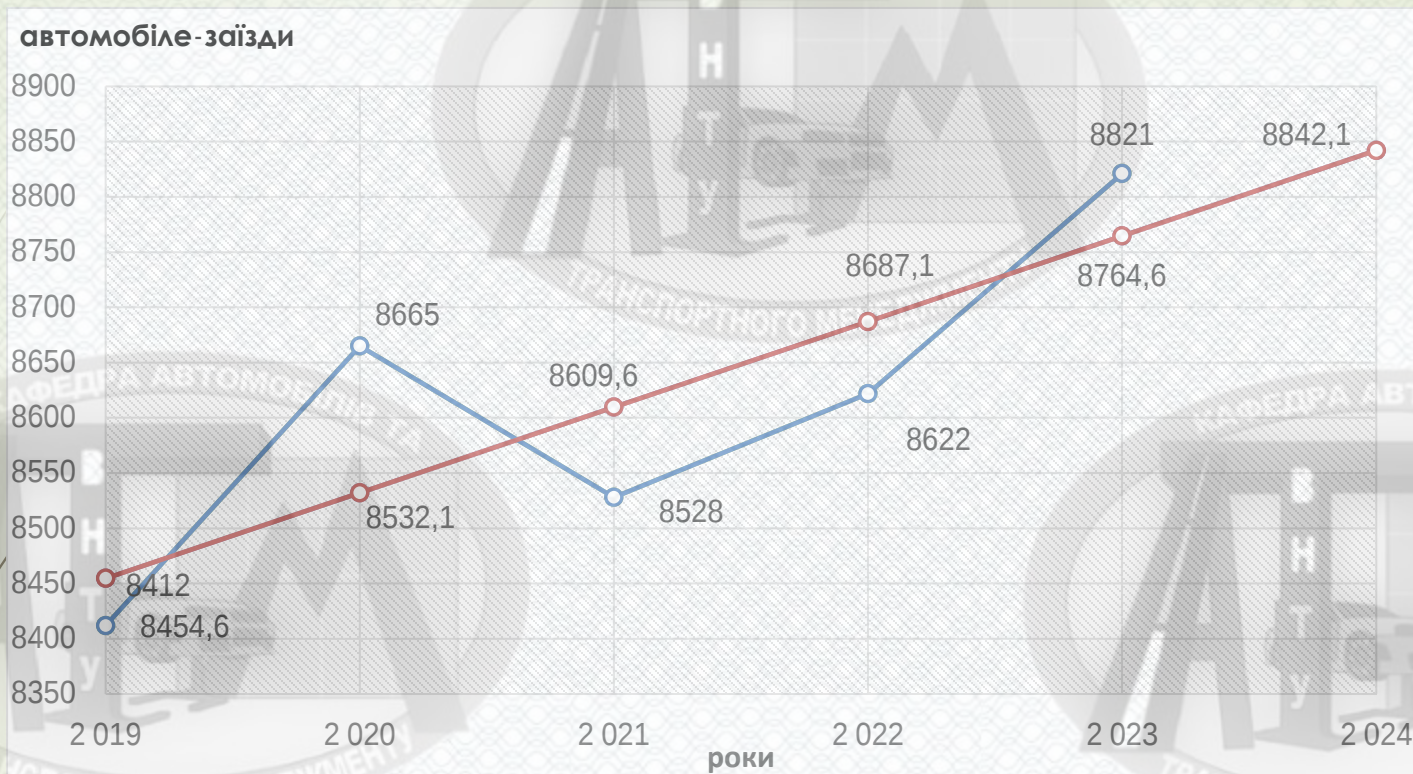
Середня кількість автомобіле-заїздів на ТО на СТОА «Вінниччина-Авто» по місяцям 2023 року



Кількість автомобіле-заїздів на СТОА «Вінниччина-Авто» на технічне обслуговування ходової частини по місяцям 2023 року

Прогнозування попиту на послуги СТО

6



математична модель для прогнозування

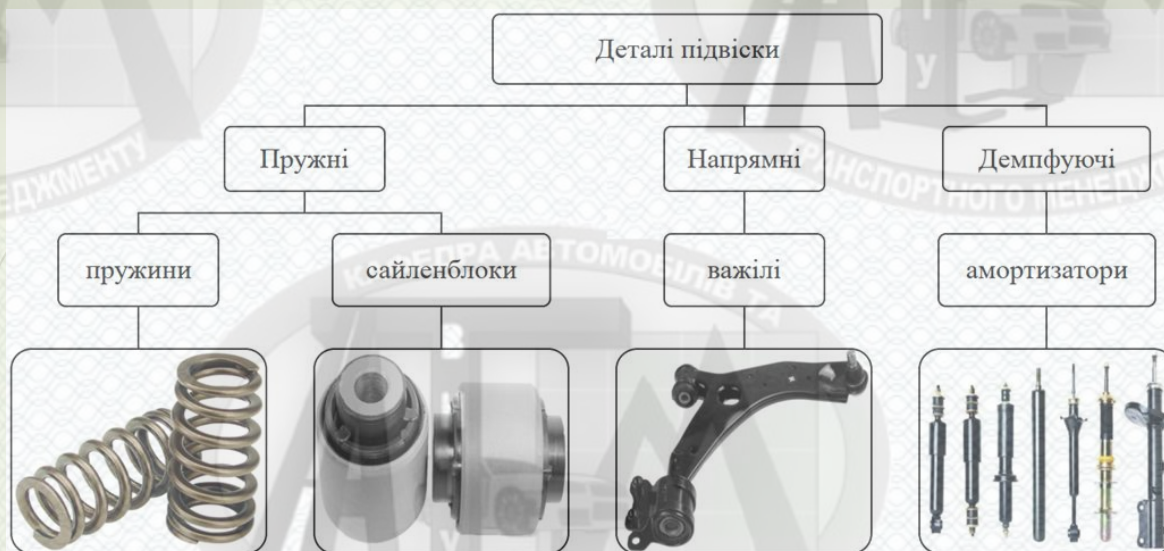
$$\beta = 8377,1 + 77,5 \cdot t$$

Коефіцієнт кореляції

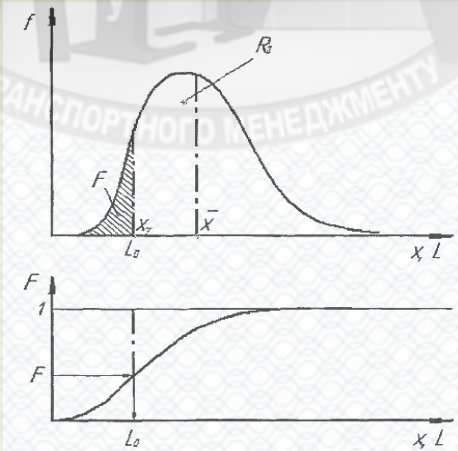
$$R = \frac{5 \cdot 129919 - 43048 \cdot 15}{\sqrt{(5 \cdot 55 - 15^2) \cdot (5 \cdot 370719678 - 43048^2)}} = 0,8$$

Призначення підвіски автомобіля та особливості її технічного обслуговування

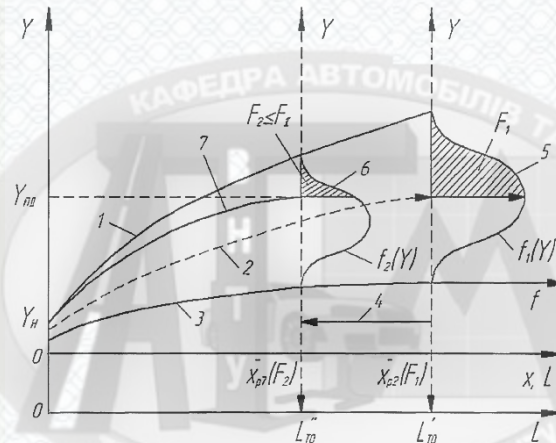
7



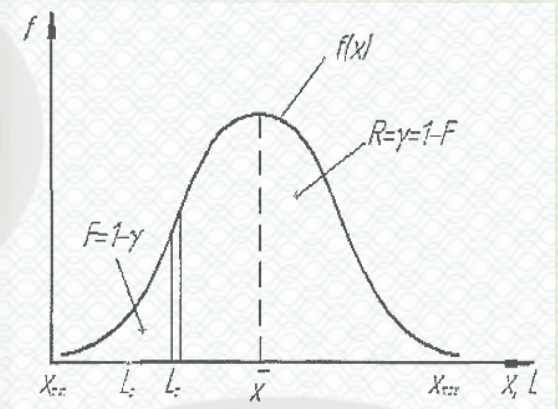
Аналіз методів визначення періодичності ТО автомобілів



За допустимим рівнем
безвідмовності



За допустимим значенням
і зміни параметра технічного стану



Економіко-імовірнісний метод

Математичне моделювання показників надійності підвісок автомобілів

Ймовірність аварійної відмови елементів підвіски:

$$P_{ab} = \frac{1}{\sigma_z \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{z_{z0}}^{\infty} \exp\left(-\frac{(y - M_{\Pi})^2}{2\sigma_z^2}\right) dy$$

Апостеріорна ймовірність відсутності відмови:

$$P\left(\frac{H_2}{A}\right) = \frac{e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(l + l_n)} e^{-Z^0(l)\left(1 + \frac{l_n}{l}\right)}}{\left(1 - e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(l + l_n)}\right) \left(1 - e^{-\lambda_0(l + l_n)}\right) + e^{-(\lambda_0 + \lambda_1)(l + l_n)} e^{-Z^0(l)\left(1 + \frac{l_n}{l}\right)}}$$

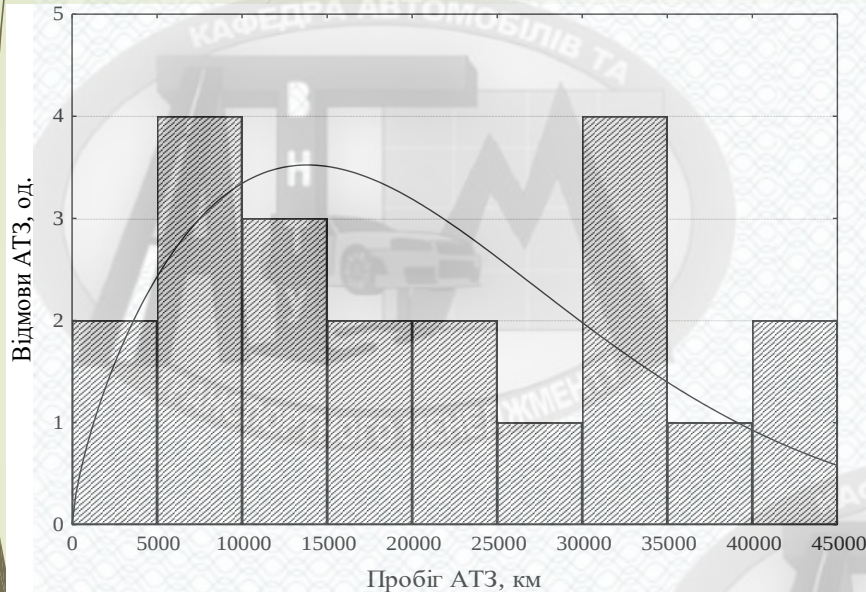
Математична модель встановлення напрацювання автомобіля до досягнення граничного значення КВКК:

$$f(l) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \left| \frac{1}{v} (a + a_1 l + a_2 l^2) \right|} \exp \left\{ -\frac{(l - \bar{l}_0)^2}{2 \left(\frac{1}{v} \sqrt{a + a_1 l + a_2 l^2} \right)^2} \right\}$$

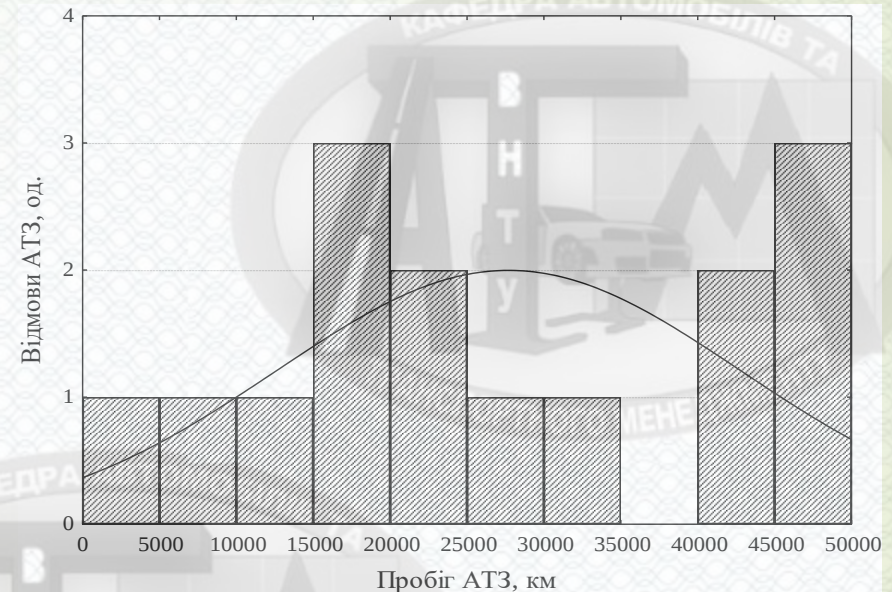
Показники надійності підвісок автомобілів

Розподіл пробігів автомобілів на відмови через втрату працездатності їх підвісок

Для автомобілів Chery



Для автомобілів Jetour



Показники надійності конструкцій підвісок автомобілів Jetour і Chery

Автомобілі	Кількість АТЗ, од	Інтервали між замовленнями/щоденні надходження			
		$\bar{t}_B, \text{дн}/\bar{x}, \text{од/дн}$	$D_t, \text{дн}/D_x, \text{од}$	$\sigma_t, \text{дн}/D_x, \text{од}$	$v_t, \%/v_x, \%$
Chery	21	6,19/0,17	96,04/45,21	9,80/26,47	158,32/155,29
Jetour	15	9,38/0,12	172,70/62,32	13,14/20,42	140,16/170,17

Обладнання для контролю технічного стану підвісок автомобілів

Лінія інструментального контролю BOSCH SDL-260

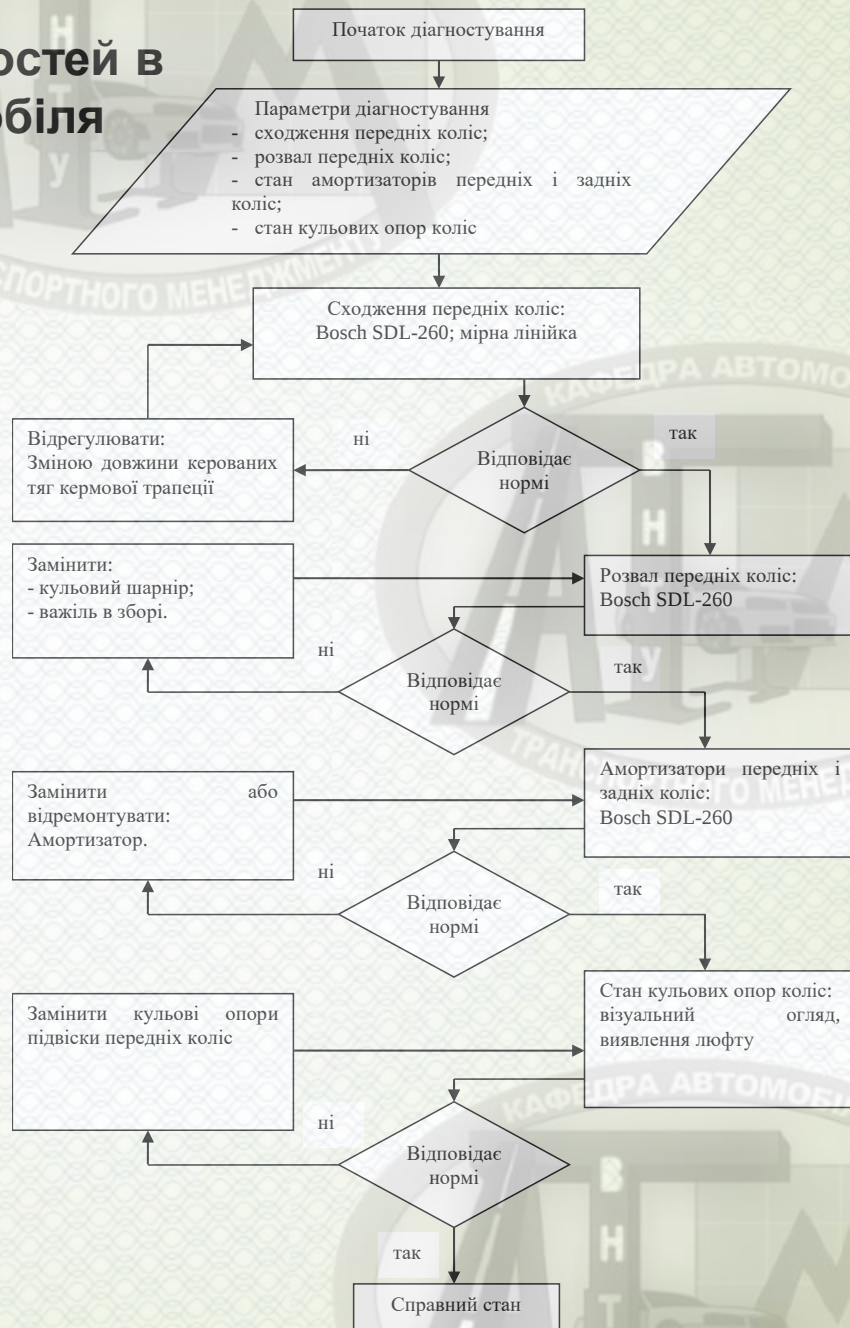


Технічна характеристика BOSCH SDL-260

Параметр	Значення
Навантаження на вісь, не більше	2 т
Допустиме навантаження на колесо	1 т
Потужність підключення (380В)	5,5 кВт
Амплітуда коливань	6 мм
Частота коливань	25 Гц
Тривалість циклу вимірювання	30 с
Вага тестеру підвіски	330 кг
Вага гальмівного стенду	370 кг

Алгоритм пошуку несправностей в підвісці легкового автомобіля

12



Показники ефективності запропонованих рішень

Калькуляція капіталовкладень

Найменування капіталовкладень	Вартість, грн
1. Будівельно-монтажні роботи	45500
2. Лінія інструментального контролю BOSCH SDL-260	609000
3. Інше обладнання, інструмент та устаткування	58500
ВСЬОГО	713000

Кошторис експлуатаційних витрат

Найменування статей	Витрати, грн.
1. Витрати на оплату праці	229894,2
2. Відрахування на соціальні потреби	54025,14
4. Електроенергія	100650,0
5. Вода	18495,69
6. Спецодяг	2500,0
7. Амортизаційні відрахування	35650,0
8. Загальновиробничі	340584,0
ВСЬОГО	781799,03

Собівартість 1-ї нормогодини послуги діагностування підвіски – 424,9 грн.

Тариф на виконання 1-ї нормогодини послуги діагностування підвіски – 535 грн.

Термін окупності запропонованих рішень становить – 3,57 роки

ПрАТ «Вінниччина-Авто» забезпечено потужною виробничо-технічною базою, має основні напрямки діяльності як: реалізація автомобілів, оригінальних запчастин, надання автосервісних послуг. Дослідження існуючого попиту на автосервісні послуги СТО показав, що на підприємстві обслуговуються як нові (гарантійні) автомобілі, так і автомобілі зі значним пробігом. Від 12% до 20% загальної кількості звернень (гарантійних та негарантійних) на СТО було за причинами несправностей у ходовій частині автомобіля. Виконане прогнозування попиту на автосервісні послуги підприємства показало його подальше зростання, а саме до 8843 автомобіле-заїздів на період 2024 року.

Представлено математичну модель, що дає змогу розрахувати ймовірність відсутності відмови (прогноз працездатного стану) агрегатів автомобіля на період до наступного діагностування. Результати прогнозування обґрунтовують рішення стосовно можливих позапланових ремонтно-профілактичних робіт для забезпечення нормативного ресурсу основних агрегатів.

Наведено математичну модель встановлення напрацювання легкових автомобілів до досягнення граничних значень кутів установки керованих коліс, що дозволяє визначати залишковий ресурс передньої підвіски, а також розраховувати такі показники як ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність виникнення відмов, середній наробіток на відмову.

Результати дослідження показників надійності елементів конструкції підвісок автомобілів подано у вигляді гістограми розподілу пробігів автомобілів Chery і Jetour на відмови через втрату працездатності їх підвісок. Значення математичного сподівання пробігів на відмови для автомобілів Chery складає 23271 км (21 автомобіль) і автомобілів Jetour – 27566 км (15 автомобілів). Показники надійності конструкцій підвісок досліджуваних автомобілів дозволяють прогнозувати оптимальні періодичності технічного обслуговування підвіски досліджуваних автомобілів та інтервали їх можливих надходжень до обслуговування на СТО.

Розроблено алгоритм пошуку несправностей підвіски легкового автомобіля разом із застосуванням запропонованого діагностичного обладнання та з використанням запропонованих моделей прогнозування технічного стану, він дозволить підвищити комплексно ефективність технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах досліджуваного підприємства.

Виконано розрахунок економічної ефективності впровадження запропонованих рішень для СТО ПрАТ «Вінниччина-Авто». За даним розрахунком: собівартість нормогодини діагностування підвіски автомобіля – 424,9 грн; тариф на виконання робіт – 535 грн; розрахована ефективність запропонованих рішень – 0,28; термін окупності капітальних вкладень – 3,57 роки.

Додаток Б
(обов'язковий)

Протокол перевірки МКР на плагіат

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення ефективності технічного обслуговування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування приватного акціонерного товариства «Вінниччина-Авто» місто Вінниця

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 73% Схожість 27%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Цимбал О.В.

(прізвище, ініціали)

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

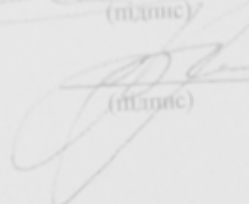
Автор роботи


(підпис)

Стащенко Д.І.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Кашканов В.А.

(прізвище, ініціали)