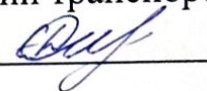


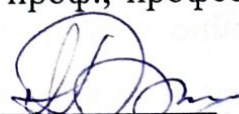
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

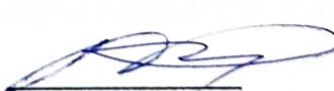
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:


**«Покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів
фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович»
місто Вінниця»**

Виконав: студент 2 курсу,
групи 1АТ-22м, спеціальності
274 – Автомобільний транспорт
Єфременюк Д.А. 

Керівник: д.т.н., проф., професор каф.
АТМ
Кашканов А.А. 
« 12 » 12 2023 р.

Рецензент: д.т.н., проф., зав. кафедри
ТАМ
Козлов Л.Г. 
« 12 » 12 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 4 » грудня 20 р. 

Вінниця ВНТУ – 2023 року

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

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 27 – Транспорт
Спеціальність – 274 – Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

« 19 » 09 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Єфременюку Дмитру Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця,

керівник роботи Кашканов Андрій Альбертович, д.т.н., професор,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247.

2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі підприємства; об'єкт дослідження – процес експлуатації автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст текстової частини:

1 Формування передумов розробки заходів з покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів.

2 Методичні аспекти оцінювання параметрів надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації.

3 Методика та практика покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації.

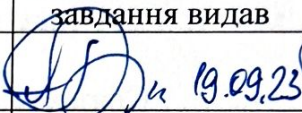





4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1-3 Тема, мета та завдання дослідження.












- 4 Рівень безпеки руху в Україні та актуальність тематики дослідження
- 5 Напрямки забезпечення надійності та безпеки руху автомобілів в процесі експлуатації.
- 6, 7 Загальна характеристика автотранспортного підприємства фізичної особи-підприємця «Сфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця
- 8 Профіль роботи автотранспортного підприємства.
- 9 Загальна схема розрахунку АТЗ на надійність.
- 10 Першочергові заходи щодо забезпечення захищеності ТЗ від небезпечних несправностей.
- 11 Властивості гальмівної системи та рульового керування АТЗ, що діагностуються за критеріями безпеки дорожнього руху.
- 12 Загальна схема пристрою для вимірювання і регулювання кута сходження керованих коліс автомобіля.
- 13 Результати аналізу втрати гальмівної ефективності Neoplan N516 при різних видах прояву несправностей.
- 14 Основні наукові і практичні результати, викладені в роботі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кашканов А.А., професор кафедри АТМ	 19.09.23	 4.12.23
Визначення ефективності запропонованих рішень	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ	 07.11.23	 27.11.23
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДПБ		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


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

Студент


(підпис)

Сфременюк Д.А.

Керівник роботи


(підпис)

Кашканов А.А.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.016

Єфременюк Д.А. Покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – автомобільний транспорт, освітня програма – автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2023. 110 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 41 назв; рис.: 21; табл.: 20.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено заходи з Покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця. Зокрема на основі аналізу аспектів забезпечення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів обґрунтовано розробки з покращення роботи рухомого складу підприємства; досліджено методичні підходи щодо оцінювання параметрів надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації; розроблено удосконалену методику оцінювання, покращення та підтримки експлуатаційної безпеки автомобілів, її практичну реалізацію та економічну ефективність; розроблено питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина складається з 14 плакатів із результатами досліджень.

Ключові слова: автотранспортний засіб, ефективність експлуатації, безпека руху, надійність.

ABSTRACT

UDC 629.016

Efremenyuk D.A. Improvement of the reliability and safety of the movement of motor vehicles of the individual entrepreneur "Efremenyuk Anatoliy Leonidovych" city of Vinnytsia. Master's qualification thesis on specialty 274 - road transport, educational program - road transport. Vinnytsia: VNTU, 2023. 110 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 41 titles; Fig.: 21; tab.: 20.

In the master's qualification thesis, measures were developed to improve the reliability and safety of motor vehicles of the individual entrepreneur "Efremenyuk Anatoliy Leonidovych", city of Vinnytsia. In particular, on the basis of the analysis of the aspects of ensuring the reliability and safety of the movement of motor vehicles, the development of improvements in the operation of the rolling stock of the enterprise is substantiated; methodical approaches to the assessment of the parameters of reliability and safety of motor vehicle movement in operating conditions were studied; developed an improved methodology for evaluating, improving and supporting the operational safety of cars, its practical implementation and economic efficiency; issues of labor protection and safety in emergency situations have been developed.

The graphic part consists of 14 posters with research results.

Keywords: motor vehicle, operational efficiency, traffic safety, reliability.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ПЕРЕДУМОВ РОЗРОБКИ ЗАХОДІВ З ПОКРАЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РУХУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	7
1.1 Рівень безпеки руху в Україні та актуальність тематики дослідження	7
1.2 Напрямки забезпечення надійності та безпеки руху автомобілів в процесі експлуатації	11
1.3 Аналіз діяльності автотранспортного підприємства фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця ...	17
1.4 Дослідження якості транспортних послуг підприємства	21
1.5 Аналіз стану виробничо-технічної бази підприємства	24
1.6 Висновки по розділу 1 та постановка задач дослідження	28
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РУХУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	29
2.1 Класифікація відмов автотранспортних засобів	29
2.2 Аналіз сучасних методів прогнозування надійності машин	32
2.3 Методичні підходи до розрахунку показників надійності автотранспортних засобів	37
2.4 Вимоги до експлуатаційної безпеки автотранспортних засобів	47
2.5 Формування переліку агрегатів і систем, технічний стан яких є вирішальним у забезпеченні безпеки дорожнього руху	56
2.6 Висновки до розділу 2	65
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА ПРАКТИКА ПОКРАЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РУХУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	66

3.1 Моделювання роботи системи автоматичного регулювання керованих коліс автобуса	66
3.2 Забезпечення ефективності гальмівних властивостей автобусів в умовах експлуатації	80
3.3 Експлуатаційні заходи підвищення надійності	85
3.4 Ремонтні заходи підвищення надійності	88
3.5 Розрахунок ефективності запропонованих рішень	92
3.6 Висновки до розділу 3	96
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	97
4.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці	98
4.2 Технічні рішення щодо безпеки при проведенні покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця	103
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	104
4.4 Висновки до розділу 4	105
ВИСНОВКИ	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	107
ДОДАТОК А (обов'язковий). Ілюстративна частина	111
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Протокол перевірки на плагіат	125

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення транспортної безпеки є пріоритетним напрямком розвинутих країн світу. З кожним роком зростає рівень загроз, кількість транспорту та людей, які можуть ним скористатися, а тому задача стає дуже складною. Автомобільний транспорт є важливою складовою транспортного комплексу країни. Він регулярно обслуговує багато підприємств різних форм власності та різні верстви населення. Вдосконалення мережі автомобільних доріг, пристосування організму людини до різних умов руху сприяло розвитку конструкції автомобілів, які можуть розвивати високі швидкостя, що в свою чергу, призвело до необхідності забезпечення ефективного гальмування автомобіля, стабілізації коліс, керованості, післяаварійної та екологічної безпеки. Для ефективної роботи автотранспортних засобів (АТЗ) ці параметри потребують технічного забезпечення в період експлуатації [1]. Безпека дорожнього руху (БДР) є актуальною проблемою для України [2, 3]. Щорічно з вини автомобільного транспорту в Україні гине близько 4 тис. осіб та травмується близько 30 тис [2]. В середньому на кожні 200 тис. км. пробігу водій потрапляє в дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) з тяжкими наслідками [4]. Тому дослідження є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась з урахуванням розпорядження Кабінету Міністрів України (КМУ) від 21 жовтня 2020 р. № 1360-р «Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року», розпорядження КМУ «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» № 430-р. від 30.05.2018 р та Закону України «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» № 2623-III від 05.02.2023 р. Робота виконувалась в рамках основної наукової тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця.

Для досягнення мети роботи потрібно вирішити завдання з формування:

- передумов розробки заходів з покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів;
- методичних аспектів оцінювання параметрів надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації;
- методики та практики покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації;
- заходів забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях та охорони праці;
- визначення ефективності запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження – процес експлуатації автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця.

Предмет дослідження – питання покращення надійності та безпеки руху АТЗ.

Методи досліджень. Системний підхід до аналізу технічних проблем. Аналіз структурних параметрів, оптимізація, моделювання, імовірнісно-статистичний та регресійний аналізи.

Наукова новизна одержаних результатів.

Отримали подальший розвиток методи оцінювання, покращення та підтримки експлуатаційної безпеки автомобілів.

Практична значимість отриманих результатів.

Основні результати дослідження:

- покращують показники ефективності експлуатації автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця;
- підвищують якість виконання робіт з виявлення несправностей автомобілів;

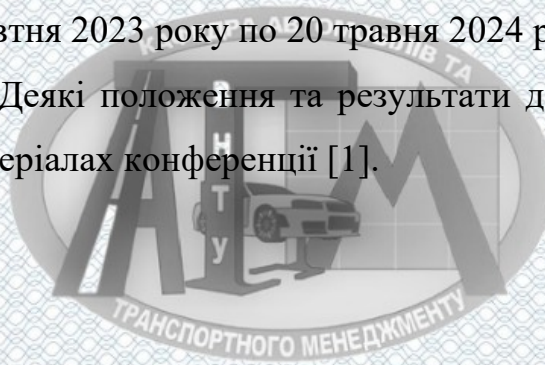
– дозволяють покращити технологію та якість регулювання кутів встановлення коліс транспортних засобів, що покращує безпеку їх експлуатації за рахунок збільшення стійкості руху та покращення керованості;

– дозволяють покращити систему організації ТО і ПР на підприємстві.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи засвідчує коректність використання математичних методів, строгість постановки задач наукового дослідження, порівняння отриманих результатів з відомими.

Апробація результатів роботи. Деякі положення та результати роботи доповідались на міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», м. Вінниця, яка проходить з 15 жовтня 2023 року по 20 травня 2024 року у ВНТУ.

Публікації. Деякі положення та результати досліджень за участі автора опубліковані в матеріалах конференції [1].



РОЗДІЛ 1.

ФОРМУВАННЯ ПЕРЕДУМОВ РОЗРОБКИ ЗАХОДІВ З ПОКРАЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РУХУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

1.1 Рівень безпеки руху в Україні та актуальність тематики дослідження

Аварійність в транспортній мережі України є однією із великих соціально-економічних проблем. Обсяги дорожньо-транспортного травматизму в Україні перевищують аналогічні показники багатьох країн світу [5]. Смертність в нашій державі вища у 3-4 рази, ніж в країнах Європи.

Основні фактори, що спричиняють такий високий рівень аварійності, такі:

– недоліки системи державного управління, контролю та регулювання діяльності з безпеки руху, низька ефективність механізмів реалізації державної політики, фінансування та стимулювання діяльності з підвищення безпеки дорожнього руху на рівні держави чи регіону;

– недоліки технічного забезпечення заходів з безпеки руху, насамперед, невідповідність технічного рівня дорожніх господарств сучасним вимогам, недосконалість транспортних засобів та засобів організації дорожнього руху, низький рівень систем зв'язку, який спричиняє несвоєчасність виявлення аварійних ситуацій та ненадання вчасно першої допомоги постраждалим.

Проведений аналіз аварійності (рис. 1.1-1.3) виявив такі основні причини високої аварійності на транспорті України:

- здійснення маневрування не за правилами (35,6 %);
- недотримання інтервалу руху та дистанції (32,6 %);
- перевищення дозволеної чи безпечної швидкості руху (16,7 %);
- недотримання правил виїзду на смугу зустрічного руху чи обгону (5,3 %);
- здійснення проїзду перехресть не за правилами (3,8 %);

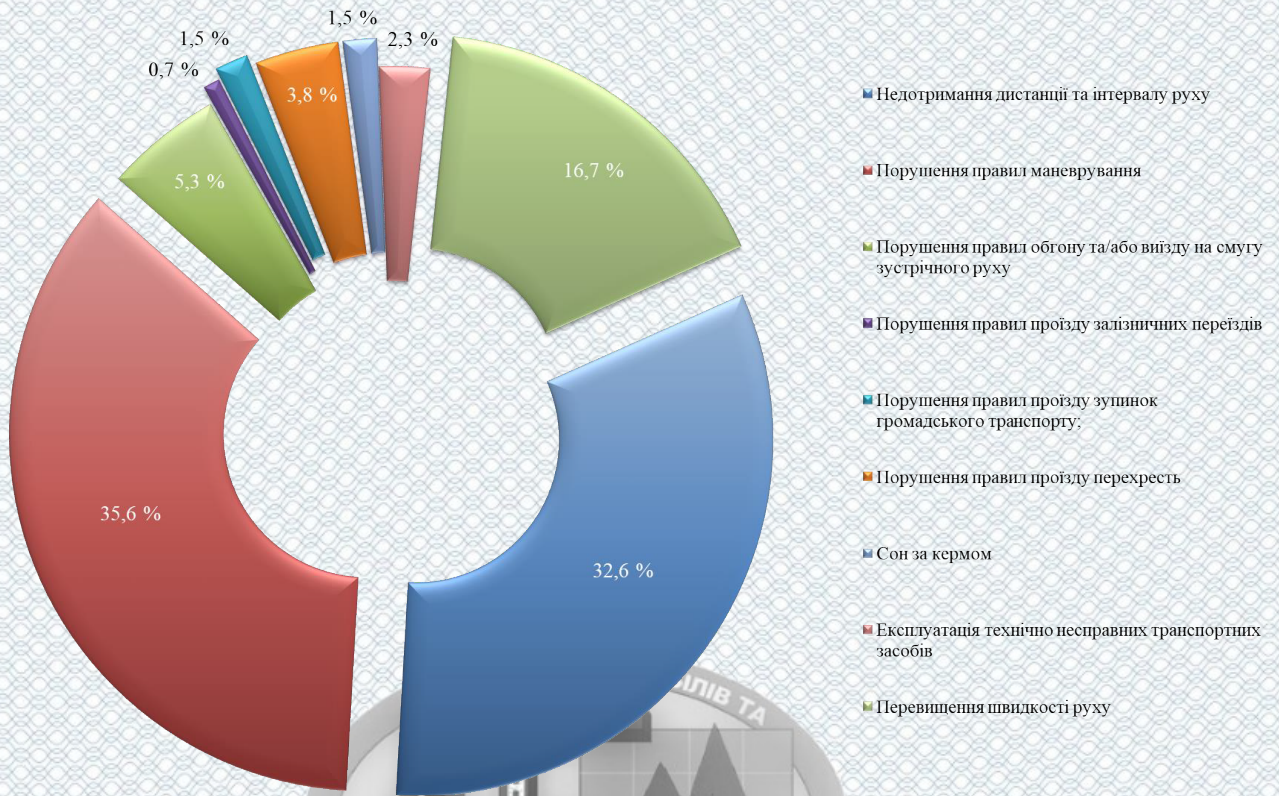


Рисунок 1.1 – Класифікація ДТП за передумовами їх виникнення

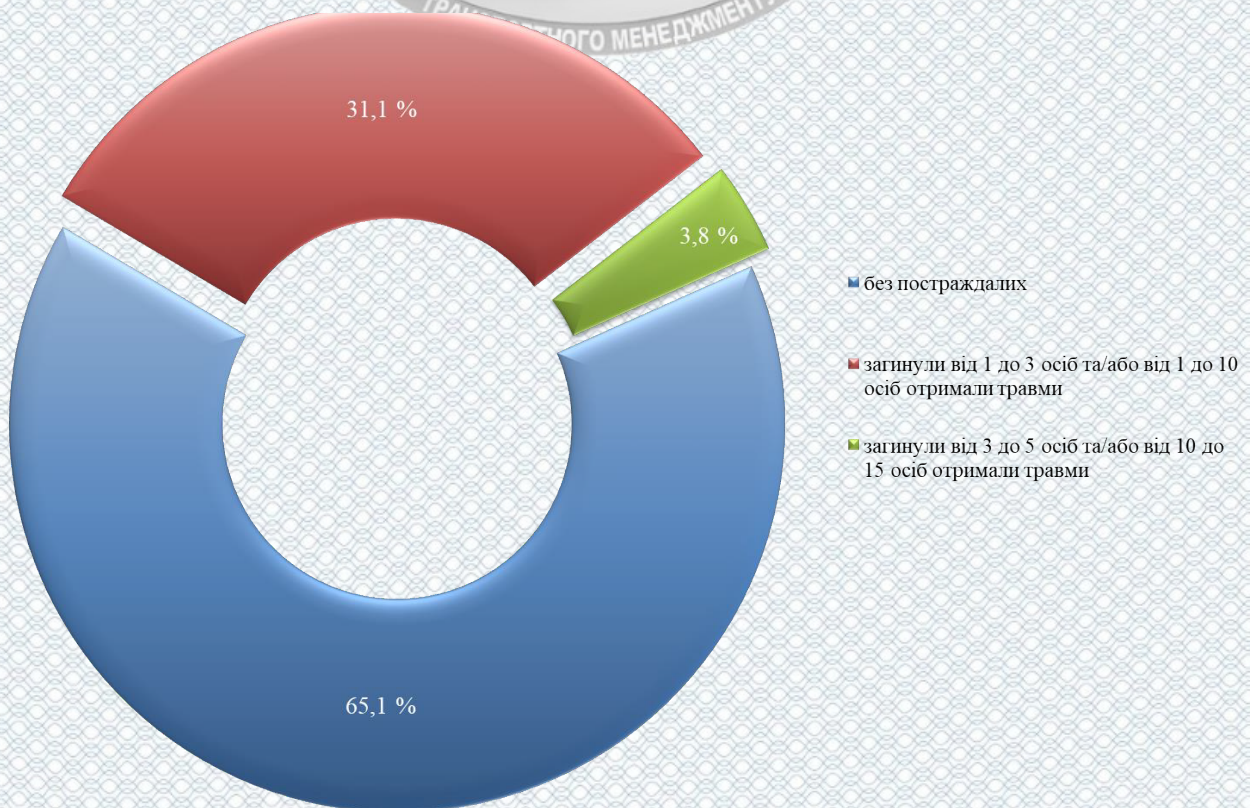


Рисунок 1.2 – Розподіл ДТП за їх наслідками

- експлуатація ТЗ з технічними несправностями (2,3 %);
- недотримання правил при проїзді місць зупинки громадського транспорту (1,5 %);
- сон під час управління ТЗ (1,5 %);
- проїзд залізничних переїздів з порушенням правил (0,7 %).

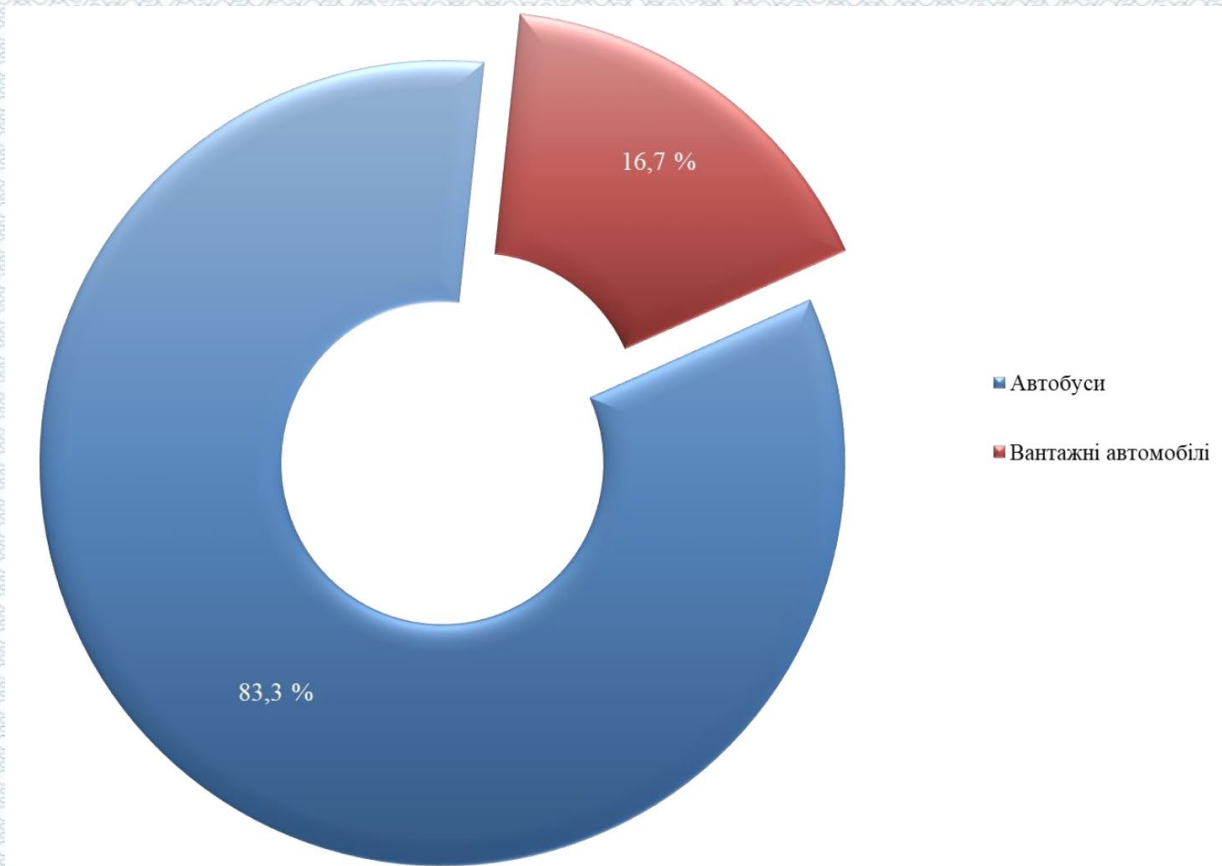


Рисунок 1.3 – Співвідношення кількості ДТП з вини водіїв вантажних автомобілів та автобусів

Аналіз аварійності на маршрутах руху транспорту загального користування (рис. 1.4) показує, що 78,7 % ДТП з вини водіїв сталося під час перевезення пасажирів в містах; 10,7 % ДТП зафіксовано на внутрішньообласних маршрутах; на міжнародних маршрутах сталося 5,3 % ДТП; на міжобласних маршрутах – 4,4 % ДТП; 0,9 % ДТП зафіксовано при виконанні спеціальних та нерегулярних перевезень пасажирів.

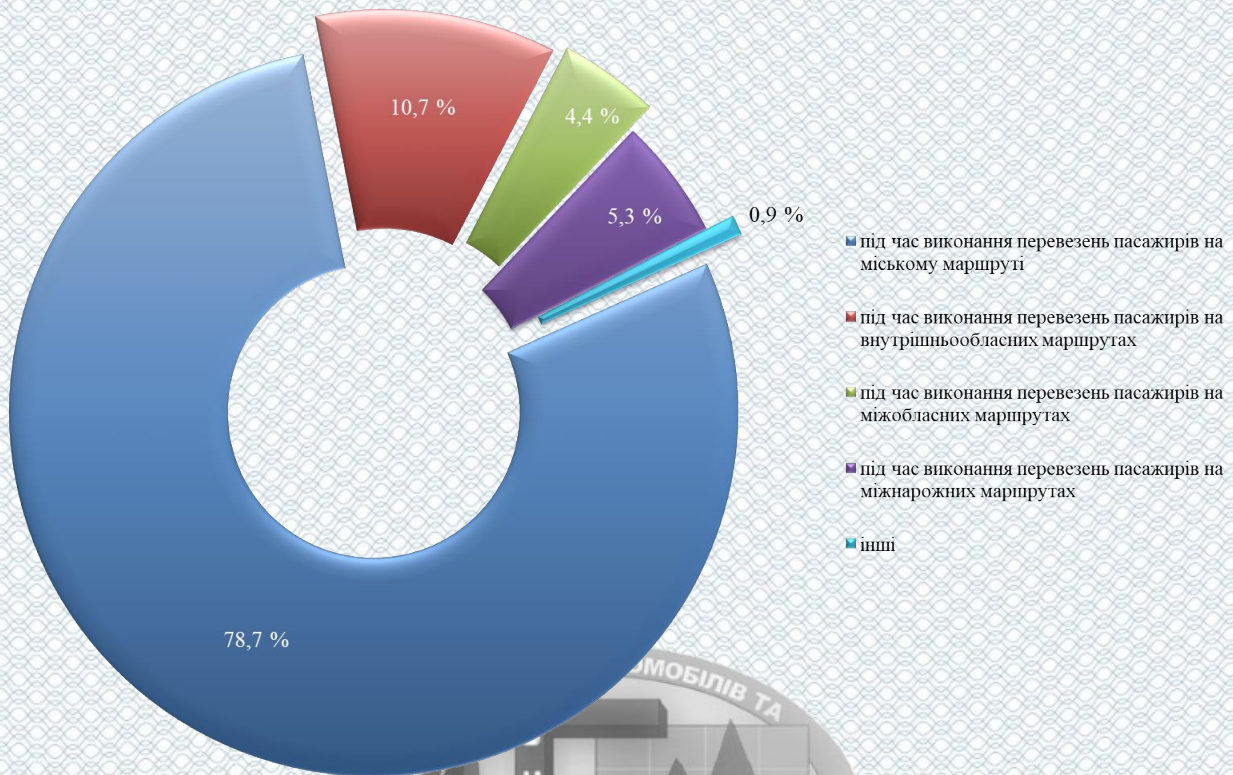


Рисунок 1.4 – Класифікація ДТП за маршрутами руху транспортних засобів

Основні заходи з попередження аварійності на транспорті, можна об'єднати в такі групи [6]:

1. Вдосконалення професійної майстерності водіїв та інженерно-технічних працівників.
2. Покращення медичного обслуговування водіїв, контролю за станом здоров'я.
3. Покращення технічного стану ТЗ, дорожніх умов, організації перевезень, системи моніторингу робочих процесів на лінії.
4. Удосконалювання діяльності служб безпеки руху (СБР).
5. Удосконалювання роботи з кадрами.

Розробка та впровадження заходів щодо попередження аварійності є запорукою безпечної експлуатації автомобільного транспорту.

1.2 Напрямки забезпечення надійності та безпеки руху автомобілів в процесі експлуатації

Автомобільний транспорт (АТ) відіграє істотну роль в транспортному комплексі країни, регулярно обслуговуючи численні підприємства різних форм власності та населення. Щорічно автомобільним транспортом перевозиться понад 75% вантажів, а транспортом загального користування – понад 70% пасажирів [7]. Для підвищення ефективності транспорту необхідно прискорювати створення та впровадження передової техніки та технологій, покращувати умови праці та побуту працівників, підвищувати їх кваліфікацію, зацікавленість в результатах праці, розвивати нові види ТЗ, підвищувати темпи оновлення рухомого складу та інших технічних засобів, зміцнювати матеріально-технічну та ремонтну базу, підвищувати рівень комплексної механізації вантажно-розвантажувальних та ремонтних робіт.

Удосконалення автомобільних доріг, поступове пристосування організму людини до руху з дедалі більшими швидкостями та розвиток конструкції автомобілів дозволяють досягти величезних швидкостей. У ХХ столітті максимальна швидкість автомобіля категорії М1 зросла з 40 до 200 км/год, спортивного зі 100 до 300 км/год, деякі експериментальні автомобілі досягають швидкостей, що перевищують 1000 км/год. Найбільша швидкість міжміських автобусів наближається до швидкості легкового автомобіля.

Зростання швидкостей з усією гостротою постійно ставило перед автомобільними інженерами цілий ряд проблем – необхідність забезпечення ефективної роботи гальм, стабілізації коліс, керованості, післяаварійної та екологічної безпеки, радикального перегляду конструкції автомобіля, інших методів керування ним. Паралельно відбувалась суттєва зміна умов руху, якості доріг та управління дорожнім рухом, запровадження нових правил, організації технічного обслуговування.

Безпека дорожнього руху є проблемою номер один в Україні [2, 3]. Вона залежить від багатьох факторів. Водій може вплинути тільки на ходові властивості ТЗ – що, проте, дуже суттєво, тоді як на його рух прямо чи опосередковано впливають всі інші чинники.

Технічна експлуатація автомобілів [8, 9] визначає такі фактори транспортного процесу:

1. Матеріальні витрати на підтримку автомобілів у працездатному стані. Всього в Україні в рік витрачається близько 0,5 млрд. \$ на підтримку автомобілів у працездатному стані, у США ці витрати складають близько 25 млрд. \$, у світі виходять на рівень близько 80 млрд. \$. За даними Американської автомобільної асоціації середньорічні витрати в цілому на експлуатацію автомобіля в США становлять 1700 доларів.

2. Трудові витрати. Їх структура за все життя ТЗ визначається співвідношенням: виготовлення – 2%, технічної експлуатації – 91%, капітальний ремонт – 7%. Трудомісткість виготовлення автомобіля складає близько 150 нормо-годин, а внаслідок старіння автопарків, трудомісткість технічного обслуговування, поточного ремонту і капітального ремонту перевищує 1000 нормо-годин.

3. Шкідливий вплив на людину та середовище. Екологічність ТЗ визначається кількістю та складом відпрацьованих газів (ОГ) (найшкідливіші - CO, CnHm, NOx та бензапірен), відпрацьованими технічними рідинами, шумами та вібраціями.

4. Безпека дорожнього руху. Щороку на автомобільних дорогах України гине близько 4 тис. осіб та травмується близько 30 тис. У середньому на кожні 200 тис. км. пробігу водій потрапляє в дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) з тяжкими наслідками. Технічно несправні автомобілів є причиною близько 10% ДТП, у тому числі через несправності [4]: гальмівних систем – 31,8%; рульового керування – 13,6%; шин – 14,3%; приладів освітлення і сигналізації – 20,2%; ходової частини – 6,7%; дзеркал та очищувачів – 7,8%, іншого – 5,6%.

5. Споживання паливно-енергетичних ресурсів. Основне джерело для автомобілів – нафта. В загальних витратах на транспортному комплексі близько 70% палив нафтового походження. Суттєва перевитрата паливно-енергетичних ресурсів спричиняється недосконалою системою технічної експлуатації автомобілів.

Однією з найважливіших проблем на автомобільному транспорті є підвищення експлуатаційної надійності автомобілів, зниження витрат на їхнє утримання. Розв'язання цієї проблеми забезпечується автомобільною промисловістю, шляхом випуску ТЗ з відповідним рівнем надійності та ремонтпридатності. Також дієвими є:

- вдосконалення методів технічної експлуатації ТЗ;
- підвищення продуктивність праці;
- мінімізація трудомісткості робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту ТЗ;
- збільшення міжремонтних пробігів ТЗ.

Це вимагає створення відповідної виробничої бази для підтримки ТЗ у справному стані, розширеного застосування засобів механізації й автоматизації виробничих процесів, подальшого будівництва й покращення якості доріг.

Основними причинами підвищення вимог до надійності ТЗ є зростання:

- швидкостей та інтенсивності руху;
- потужності, вантажопідйомності та місткості автомобілів;
- технологічного та організаційного зв'язку автомобільного транспорту з обслуговуючими підприємствами та іншими видами транспорту.

Утримання автомобільного парку країни вимагає великих витрат, пов'язаних із його технічним обслуговуванням (ТО) та ремонтом. Автомобільний транспорт витрачає велику кількість запасних частин та матеріалів, використовує при ТО та ремонті різноманітне технологічне обладнання та оснащення.

Автомобіль це складна система, сукупність спільно діючих елементів – механізмів та систем, які забезпечують виконання заданих функцій. По відношенню до АТЗ елементами є механізми та агрегати, а по відношенню до механізмів й агрегатів – деталі. АТЗ, механізм, агрегат, деталь можуть сприйматись як об'єкт або виріб. Сучасний ТЗ середнього класу містить 15000-18000 деталей, з яких 7000-9000 втрачають свої властивості під час роботи, з них причому 3000-4000 деталей мають термін служби менший, ніж ТЗ. Саме останні є об'єктом особливої уваги при експлуатації [10]. Приблизно 150-300 деталей є «критичними» за надійністю, оскільки частіше за інших потребують заміни, а отже викликають простой ТЗ, підвищені матеріальні та трудові витрати під час експлуатації, можуть бути причиною порушення безпеки дорожнього руху [6].

Під час експлуатації ТЗ взаємодіє з довкіллям, його елементи взаємодіють між собою, що спричиняє навантаження деталей, їх взаємне переміщення, нагрівання та тертя, різні хімічні перетворення та зміну в процесі роботи фізичних величин та конструктивних параметрів (розмірів, взаємного розташування деталей, зазорів, електричних та інших даних), що несе у собі небезпеку шкідливого впливу на екологію чи виникнення ДТП.

Під час експлуатації ТЗ параметри технічного стану змінюються від початкових чи номінальних значень до граничних, що зумовлює відповідну зміну діагностичних параметрів [8, 9, 11].

Надійність автомобіля в основному залежить:

- від запасів міцності деталей та досконалості конструкції вузлів, які визначають працездатність ТЗ;
- від безвідмовності та стабільності функціонування систем та механізмів;
- від досконалості технології та якості виготовлення як самого автомобіля, так і всіх виробів, що використовуються в ньому;
- від якості та своєчасності технічного обслуговування та ремонту автомобіля.

Зміна технічного стану автомобілів, агрегатів і механізмів відбувається під впливом причин, що постійно діють, обумовлених роботою механізмів, випадкових причин, зовнішніх умов, в яких зберігається чи працює ТЗ. До випадкових причин відносяться приховані дефекти та навантаження конструкції, що перевершують допустимі межі тощо.

Основними постійно діючими причинами зміни технічного стану деталей та автомобіля загалом є: пластичні деформації, втомні руйнування, зношування, корозія, старіння матеріалу деталей (фізико-хімічні зміни).

Знання причин зміни технічного стану ТЗ (рис. 1.5) важливе як для вдосконалення конструкції цих ТЗ, так і для вибору заходів щодо запобігання несправностям в експлуатації.

Умови експлуатації, за яких використовуються автотранспортні засоби, впливають на режими роботи агрегатів та деталей, прискорюючи чи уповільнюючи зміну параметрів їх технічного стану. У різних умовах експлуатації значення показників надійності, що реалізуються, будуть відрізнятися. Облік умов експлуатації необхідний щодо потреби у ресурсах (виробничо-технічна база, персонал, матеріали та запасні частини). Умови, що впливають на безпеку: дорожні умови, умови руху, природно-кліматичні, сезонні умови, транспортні умови (умови перевезення).

Динаміка технічного стану транспортних засобів обумовлена умовами експлуатації, що постійно змінюються, а також взаємодією частин і деталей механізмів та вузлів працюючого ТЗ. При цьому параметри працюючого ТЗ змінюються від початкових чи номінальних значень до граничних. Ці параметри, що змінилися, і є визначальними для технічного стану ТЗ на конкретний момент часу. Вони можуть бути оцінені за допомогою діагностування.

Розглянуті питання є визначальними у розумінні причин погіршення властивостей ТЗ, які призводять до зниження ефективності їх використання, виникнення відмов у роботі та створення певних передумов виникнення дорожньо-транспортних пригод. Знання динаміки технічного стану

транспортних засобів у процесі експлуатації дозволяє виробити правильну методику під час виконання практичних завдань із технічного нагляду за технічним станом транспортних засобів.

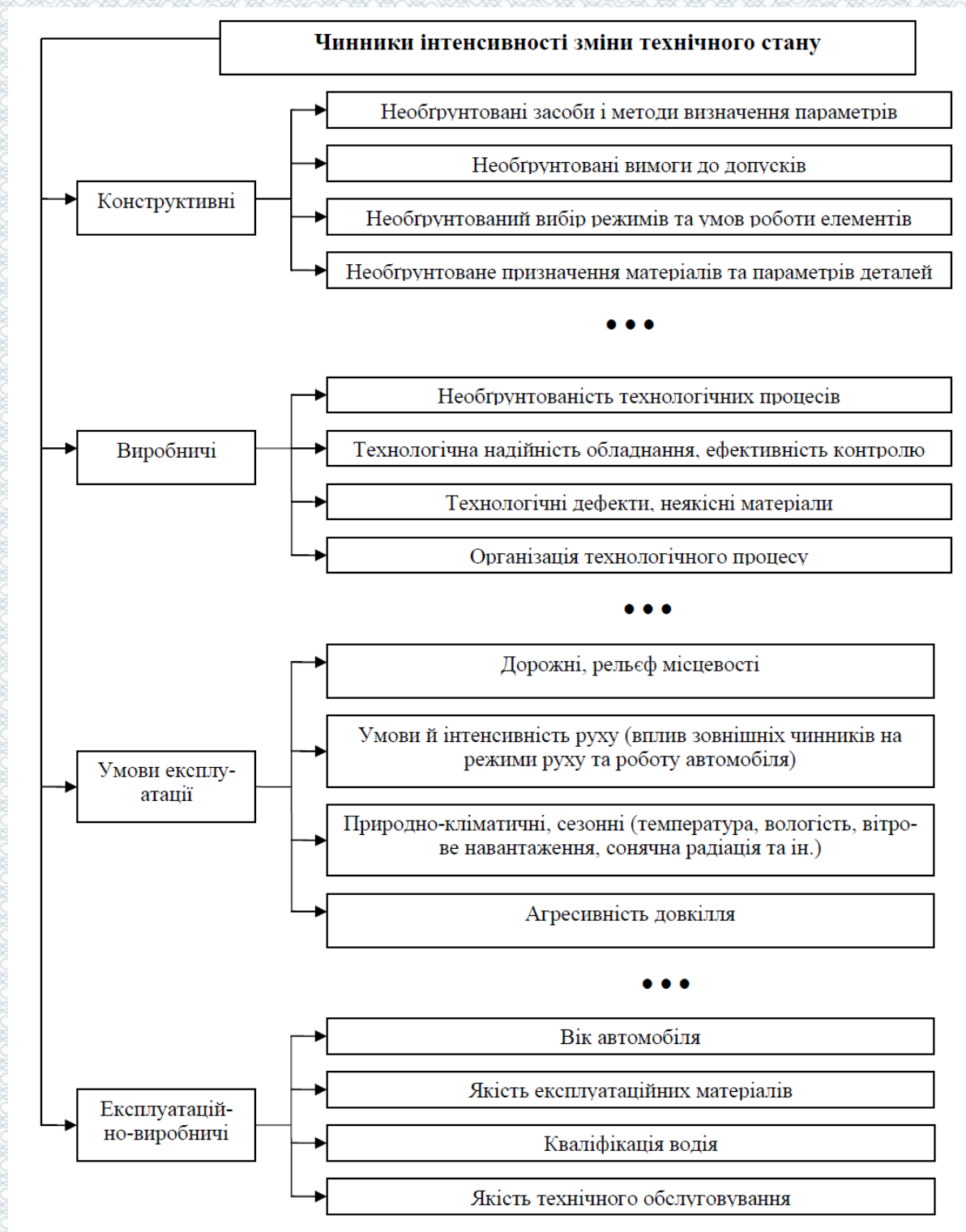


Рисунок 1.5 – Основні причини зміни технічного стану автомобілів [11]

1.3 Аналіз діяльності автотранспортного підприємства фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця

Автотранспортне підприємство засноване у 1996 році. Загальна інформація про підприємство є на сайті: <http://vtsbus.net.ua/avtobusnyi-park>.

Основний напрямок діяльності – внутрішні та міжнародні перевезення пасажирів автомобільним транспортом. Інші дозволені види: технічне обслуговування та ремонт ТЗ, роздрібна торгівля приладдям та деталями для ТЗ; надання послуг бронювання та діяльність, пов'язана з цим, діяльність як туристичного оператора або туристичного агентства.

Підприємство пропонує послуги: міжміські перевезення по Європі, міжміські перевезення по Україні, регулярні перевезення за кордон, транспортне забезпечення гастрольних поїздок, екскурсійне обслуговування, підвезення персоналу до/з місця роботи, трансфери: Київ - Бориспіль, Вінниця - Бориспіль, трансфери: Вінниця - Жуляни, трансфери (аеропорт - ж/д вокзал), міжнародні регулярні рейси : Вінниця - Єленья Гура , Вінниця - Відень , Київ - Відень.

В структурі основних виробничих фондів автотранспортного підприємства: будівлі, споруди та передавальні пристрої становлять 32,67 % від загальної вартості; машини та обладнання – 5,43 %; транспортні засоби – 57,24 %; інструменти і прилади – 2,97%, малоцінні необоротні матеріальні активи – 0,31%.

В даний час на підприємстві експлуатується 20 одиниць рухомого складу. Це автобуси NEOPLAN 1116, Neoplan N516, Neoplan Cityliner, VANHOOL Acron (рис. 1.6); мікроавтобуси 18-21 місць, мікроавтобуси 6-8-9 місць та легкові автомобілі (Mercedes-Benz, Volkswagen).


Великою популярністю користуються міжнародні регулярні рейси автобусів підприємства «Вінниця - Єленья Гура» та «Вінниця – Відень» (рис. 1.7), який допомагає забезпечувати польський перевізник: Kozak Express sp. z o.o.





Рисунок 1.6 – Загальний вигляд автобусів підприємства на 47-51-57 місць

УКРАЇНА - ПОЛЬЩА
ВІННИЦЯ - ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ - ТЕРНОПІЛЬ - ЛЬВІВ - КРАКІВ -
КАТОВІЦЕ-ОПОЛЕ- ВРОЦЛАВ - ЛЕГНИЦЯ ЄЛЕНЯ-ГУРА.

ПРЯМИЙ РЕЙС БЕЗ ПЕРЕСАДОК







Вінниця - Відень		
Вінниця-1	↓ 10:00	↑ 06:30
Вінниця-2	↓ 10:20	↑ 06:20
Хмельницький	↓ 12:30	↑ 04:10
Тернопіль	↓ 14:30	↑ 02:10
Львів	↓ 16:30	↑ 00:10
-1 год	Зміна годинного поясу	+1 год
Краків	↓ 22:40	↑ 16:00
Катовіце	↓ 00:00	↑ 14:40
Острава	↓ 01:40	↑ 13:00
Брно	↓ 04:10	↑ 10:30
Відень	↓ 06:30	↑ 08:00

Рисунок 1.7 – Загальна характеристика рейсів «Вінниця - Єленя Гура» та «Вінниця – Відень»

Проаналізувавши рухомий склад підприємства, видно, що автомобілі можна згрупувати у 3 технологічно сумісні групи: автобуси (М3) – 10 одиниць, мікроавтобуси (М2) – 7 одиниць, легкові автомобілі (М1) – 3 одиниці.

За тривалістю використання АТЗ віком до 3 років – 3 одиниці, від 3 до 5 років – 4 одиниці, від 5 до 7 років - 7 одиниць, від 7 до 10 років - 3 одиниці, більше 10 років - 3 одиниці. Звідси можна зробити, висновок, що більша частина рухомого складу є фізично застарілою, тому необхідно постійно оновлювати парк.

Результати роботи автотранспорту АТП за останній період часу наведені в таблиці 1.1.

Беручи за основу відомості, які містяться в таблиці 1.1, визначаються основні техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу транспортного підрозділу за попередній період.

Таблиця 1.1 – Основні дані про роботу автотранспорту

Показники	2021	2022	2023
1. Середньооблікова кількість автомобілів, одиниць	19	20	20
2. Автомобіледні перебування в господарстві, тис.	6,9	7,3	7,3
3. Автомобіледні в роботі, тис.	4,6	5,2	5,3
4. Обсяг перевезень, тис. пасажирів	754,7	764,7	787,6
5. Загальний пробіг, тис. км	1305,5	1332,7	1341,4
6. Час в наряді, тис. годин	55,7	55,2	58,3
7. Пасажирооборот, тис. пас.-км	14866,5	15741,1	15903,2

Аналізуючи дані табл. 1.1, можемо прийти до таких висновків:

- за останній час кількість автобусів на підприємстві не змінилась;
- час перебування автомобілів в наряді за добу складає 10,6 – 12,1 годин;
- обсяги перевезень пасажирів та пасажирооборот за останній рік зросли в середньому на 3% та 1% відповідно.

Сильними сторонами АТП ФОП «Єфременюк Анатолій Леонідович» м. Вінниця є регулярність виходу автобусів на лінію; порівняно невелика ціна квитка; задовільні умови перевезення та комфортабельність поїздок; вигідне географічне розташування; чітко узгоджений графік руху автобусів на маршрутах.

Слабкими сторонами є: значний вік чи пробіги автопарку з наступними підвищеними витратами на експлуатацію та ремонт; відсутність фінансування, нестача коштів на запасні частини та матеріали; необхідність проведення технічного переозброєння із залученням зовнішніх капіталовкладень; необхідність якісної організації системи технічного обслуговування, ремонту та діагностування рухомого складу.

В цілому, в роботі АТП намічаються тенденції до зростання результируючих показників виробничої діяльності за останні декілька років.

1.4 Дослідження якості транспортних послуг підприємства

Для підвищення позицій АТП може бути застосований аналіз дослідження якості перевезень та розрахунок коефіцієнту конкордації (таблиці 1.2 та 1.3).

Таблиця 1.2 – Аналіз результатів анкетування щодо якості перевезень

Параметри перевезень	Відповіді від респондентів															Σ рангів	Середній ранг
	30	50	0	0	0	50	10	60	90	0	50	50	50	50	40		
Ціна	30	50	0	0	0	50	10	60	90	0	50	50	50	50	40	530	26,5
Якість, в т.ч.:	60	40	100	80	70	50	80	40	10	100	50	50	0	50	50	830	41,5
швидкість доставок	60	20	0	50	0	60	40	20	100	30	50	30	50	30	30	570	28,5
безпека перевезень	30	50	0	50	100	40	80	50	0	60	50	70	50	40	0	670	33,5
якість транспортного засобу	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	10	0	30	1,5
включення додаткових послуг	10	30	100	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	20	0	170	8,5
Культура перевезень	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	300	15

Таблиця 1.3 – Розрахунок коефіцієнту конкордації

Параметри перевезень	Відповіді від респондентів															Σ ран-гів	Середній ранг	Відхилення рангів	Квадрат відхилення
	30	50	0	0	0	50	10	60	90	0	50	50	100	50	48				
Ціна	30	50	0	0	0	50	10	60	90	0	50	50	100	50	48	588	471	116,57	13588,90
Якість, в т.ч.:	70	50	100	100	100	50	90	40	10	100	50	50	0	50	52	912		440,57	194103,2
швидкість доставок	60	20	0	50	0	60	40	20	100	30	50	30	50	30	30	570		98,57	9716,33
збереженість вантажу	30	50	0	50	100	40	60	50	0	70	50	70	50	40	70	730		258,57	66859,18
якість транспортного засобу	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	10	0	30		-441,4	194859,2
включення послуг вантажників	10	30	100	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	20	0	170		-301,4	90859,18
Культура перевезень	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	300		-171,4	29387,76
РАЗОМ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3300	-	-	599373,7

При підборі експертів велику увагу приділяють узгодженості їх думок, яка характеризується зміщеною чи незміщеною оцінкою дисперсії відліку. На етапі формування експертної групи з цією метою проводяться контрольні вимірювання та виконують математичну обробку їх результатів. Часто використовується не один, а зразу декілька об'єктів вимірювань, які в залежності від їх цінності чи якості слід розставити за шкалою порядку (визначити їх ранг). Сам процес вимірювання за шкалою порядку є ранжуванням. Коефіцієнт конкордації в цьому випадку є мірою узгодженості думок експертів.

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}, \quad (1.1)$$

де n – число експертів;

S – сума квадратів відхилень загальної суми рангів для кожного об'єкта експертизи від середньо-арифметичного рангу;

m – число об'єктів експертизи.

Коефіцієнт конкордації залежно від ступеню узгодженості думок експертів може приймати значення від 0 до 1 (0 – відсутність, 1 – повна узгодженість).

З табл. 1.3 та виразу (1.1) коефіцієнт конкордації дорівнює 0,551.

Для аналізу сильних та слабких сторін АТП ФОП «Єфременюк Анатолій Леонідович» м. Вінниця застосовуємо SWOT-аналіз (табл. 1.4). Далі будуюмо графічним методом профіль підприємства (табл. 1.5).

Таблиця 1.4 – SWOT-аналіз АТП ФОП «Єфременюк Анатолій Леонідович»

<p style="text-align: center;">СИЛЬНІ СТОРОНИ (<i>S</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - мобільність та доступність трудових ресурсів; - наявність системи підвищення кваліфікації кадрів; - використання розгалужених транспортних мереж; - достатня ємність ринку перевезень; - розвинута система автозаправок та сервісного обслуговування; - дія програм розвитку пасажирського транспорту 	<p style="text-align: center;">СЛАБКІ СТОРОНИ (<i>W</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - недосконалість дорожньої інфраструктури; - недостатня якість дорожнього покриття; - погана збалансованість структури парку РС; - недосконалість вимог до перевізників та системи контролю; - відсутність системи громадського контролю, неоднозначне ставлення населення до перевізників,
<p style="text-align: center;">МОЖЛИВОСТІ (<i>O</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - залучення стратегічних інвестицій для оновлення парку ТЗ; - залучення фінансових ресурсів для удосконалення виробничо-технічної бази; - освоєння нових та розширення існуючих сегментів перевезень; - можливість залучення кредитних коштів для придбання нових сучасних ТЗ 	<p style="text-align: center;">ЗАГРОЗИ (<i>T</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - зростання вартості палива та мастильних матеріалів; - зміна стандартів та технічних регламентів; - корумпованість системи нагляду за діяльністю перевізників; - небезпека військової агресії з боку РФ в межах дії маршрутної мережі підприємства; - зміни у податковому законодавстві

Виходячи з аналізу дослідження якості послуг, даних SWOT-аналізу, розрахунку коефіцієнта конкордації, побудови профілю роботи підприємства можна зробити висновок про позитивність показників використання рухомого складу. Але решта показників характеризують автотранспортне підприємство як нестабільну структуру, оскільки в експлуатації знаходиться низька кількість ТЗ, присутня висока собівартість перевезень. Також слід зазначити, що необхідно

посилити маркетингові дослідження ринку, за допомогою яких АТП могло б підвищити свій конкурентний статус.

Таблиця 1.5 – Профіль роботи автотранспортного підприємства

Назва показника	Бальна оцінка						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
Кількість ТЗ, Асс			●				
Коефіцієнт використання парку РС, б _в						●	
Витрати на перевезення, С			●				
Собівартість перевезень, S		●					
Доходи від перевезень, D						●	
Прибуток підприємства, П				●			
Доля ринку підприємства		●					
Витрати на маркетингові дослідження	●						
Конкурентоспроможність АТП		●					

Найбільш пріоритетними напрямками розвитку підприємства є:

- 1) збільшення обсягів перевезень за рахунок оптимізації парку автобусів та підвищення ефективності ремонтно-обслуговуючого виробництва;
- 2) створення високопродуктивної СТОА автобусів та вантажних автомобілів.

Враховуючи сучасні реалії перша стратегія розвитку є більш пріоритетною. Другу стратегію доцільно застосовувати як диверсифікаційну до основного напрямку діяльності з метою підвищення рентабельності.

1.5 Аналіз стану виробничо-технічної бази підприємства

Площа території підприємства складає 0,95 га.

Виробничо-технічна база підприємства складається із виробничого корпусу, в якому знаходяться зони та дільниці ТО і ПР автобусів; зони ЩО; складів; площадки для відкритого зберігання автобусів.

Виробничий корпус має загальну площу 648,0 м². Габарити споруди 18 x 36 x 6 м. Крок колон 12x6 та 6x6. При будівництві застосовані залізобетонні

колони прямокутного перетину розмірами 400x400, 500x500 і 500x600 мм. Щоб запобігти наїзду автомобілів на колони, навколо них споруджено колесо - відбійні тротуари. Під колонами знаходиться монолітний бетонний фундамент. Стіни корпусу побудовані з цегли і частково із склоблоків. Товщина стін 41 см. Висота дверей, які ведуть у виробничі приміщення – 2.4 м. Розмір воріт – 4x4.2 м. Ворота виконані двостворчатими. В побутовому приміщенні знаходиться котельня, насосна, гардероб, туалет, роздягальня, вмивальник і душова.

У виробничому корпусі розташовані: зона ТО і ПР рухомого складу, ковальська дільниця; зварювальна дільниця; виробничі приміщення; котельня; побутові приміщення для ремонтних робітників.

Роботи з ТО та ПР автобусів виконуються на трьох універсальних постах, два з яких обладнані оглядовими канавами, спеціалізованим обладнанням та інструментом. Пости тупікові, розташовані під кутом 90° до вісі проїзду. Для в'їзду, виїзду автомобілів в зонах передбачено четверо воріт розмірами 4x4,2 м. Для робітників передбачено вхід через двері які розташовані в воротах. Для забезпечення зони водою використовується місцева комунікаційна мережа з технічною та питною водою. Використовується електропостачання 380/220 В.

Перелік основного обладнання, яке розташоване на дільницях виробничого корпусу: настільний свердлильний станок 2М112; станок свердлильно-розточний 1А62; станок заточний ЗТШ-200; кран-балка; лещата слюсарні; діагностичне обладнання; наковальня дворога; апарат вулканізаційний Ш-109; станок токарно-гвинторізний 1А616П; станок вертикально-свердлильний 2Б125; верстаки слюсарні.

Адміністративний корпус – будівля, в приміщенні якої розташовуються диспетчерська та служба управління. Зона стоянки без підігріву. Автомобілі розташовані під кутом 90° до осі проїзду, зі 100% незалежним виїздом. Щільність забудови 19%, коефіцієнт озеленення 15%, коефіцієнт використання території 0.89. Основне покриття земельної ділянки – асфальтобетон, рельєф місцевості – рівнинний. Рівень ґрунтових вод – 8 метрів.

Ступінь економічної досконалості і економічну доцільність будівництва (реконструкції) АТП, для виконання укрупнених розрахунків при виборі шляхів розвитку і удосконалення ВТБ підприємств оцінюють рядом техніко-економічних показників (ТЕП). ТЕПи являють собою питомі значення нормативів чисельності виробничих працівників, площ виробничих і допоміжних приміщень для найбільш характерних (еталонних) умов. Рівень ТЕП залежить від призначення підприємства, типа і структури РС; умов експлуатації автомобілів; форм організації РОВ, праці виконавців робіт та технічних процесів; способів розстановки та зберігання автомобілів, розміру земельної ділянки, рельєфу місцевості, способу забудови ділянки, використаних будівельних матеріалів та ін.

Умови експлуатації АТП ФОП «Сфременюк Анатолій Леонідович» відрізняються від еталонних, тому для знаходження нормативних значень показників використовуємо коефіцієнти приведення:

$$P = P^{ст} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (1.2)$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує облікову кількість технологічно сумісних груп РС;

K_2 – коефіцієнт, що враховує тип РС;

K_3 – коефіцієнт, що враховує причіпний склад;

K_4 – коефіцієнт, що враховує середньодобовий пробіг;

K_5 – коефіцієнт, що враховує умови зберігання;

K_6 – коефіцієнт, що враховує умови експлуатації;

K_7 – коефіцієнт, що враховує природнокліматичні умови.

Результати розрахунку нормативних показників та фактичні значення ТЕПів для автобусів підприємства занесемо в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – ТЕПи для автобусів підприємства

Назва ТЕПу	Еталонний показник Π_i^e	Коефіцієнти корегування							Нормативний показник $\Pi_i^н$	Фактичний показник $\Pi_i^ф$
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7		
1.Чисельність виробничих робітників	0,42	1,66	0,7	1,0	0,70	-	1,08	0,95	0,35	0,35
2.Кількість робочих постів	0,12	2,3	0,74	1,0	0,89	-	1,07	0,97	0,19	0,26
3.Площа виробничо-складських приміщень, м ²	29,00	2,05	0,48	1,0	0,76	-	1,07	0,82	19,03	30,83
4.Площа допоміжних приміщень, м ²	10,00	1,85	0,91	1,0	0,88	-	1,04	0,98	15,10	19,18
5.Площа стоянки, м ²	60,00	-	0,66	1,0	-	1,32	-	-	52,27	60,88
6.Площа території, м ²	165,00	1,9	0,62	1,0	0,92	1,16	1,03	0,93	198,7	264,5

Техніко – економічні показники по всьому підприємству визначаються за формулою:

$$N_H = \sum N_{H_i} / A_{к.гр.}; \quad (1.3)$$

де N_H – нормативний показник певного ТЕПа для підприємства;

$A_{к.гр.}$ – кількість технологічно-сумісних ТЗ.

Відхилення фактичних показників від значень нормативних показників визначаються за формулою:

$$\Delta = (N_{ф} - N_H) / N_H \cdot 100; \quad (1.4)$$

де Δ - відхилення фактичних показників від нормативних.

Результати розрахунків занесено в таблицю 1.7.

Таблиця 1.7 – Порівняння ТЕПів

Назва показника	N _Е	N _Н	N _Ф	Δ, %
1. Чисельність виробничих робітників	0,42	0,35	0,35	0
2. Кількість робочих постів	0,12	0,19	0,26	37
3. Площа виробничо-складських приміщень	29	19,03	30,83	62
4. Площа допоміжних приміщень	10	15,10	19,18	27
5. Площа стоянки	60	52,27	60,88	17
6. Площа території	165	198,7	264,5	33

Згідно з порівняльної таблиці 1.7 можна зробити висновок про стан виробничо – технічної бази:

- чисельність виробничих робітників відповідає нормативному значенню, але на підприємстві є плінність кадрів, обумовлена низьким рівнем заробітної плати;
- площі допоміжних та виробничо-складських приміщень перевищують нормативи;
- площі території АТП та площі стоянки ТЗ дозволяють розмістити та експлуатувати більше ТЗ.

В загальному, потужностей підприємства достатньо для виконання наукових досліджень за обраною тематикою.

1.6 Висновки по розділу 1 та постановка задач дослідження

На основі проведеного аналізу передумов розробки заходів з покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця, в подальшому в магістерській кваліфікаційній роботі слід розв'язати такі задачі:

- дослідити методичні аспекти оцінювання параметрів надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації;

- сформувати рекомендації з методики та практики покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації;
- розробити заходи забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях та охорони праці;
- визначити ефективність запропонованих рішень.



РОЗДІЛ 2.
МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ
ПАРАМЕТРІВ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РУХУ
АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1 Класифікація відмов автотранспортних засобів

Важливішою умовою для успішного вирішення практичних завдань із забезпечення працездатності АТЗ є правильне розуміння фізичної суті відмов, можливих їх причин і наслідків. В теорії надійності при дослідженні явищ, що спричинили виникнення відмов, а також розробки моделей для їх прогнозування, як правило, використовується класифікація відмов (табл. 2.1) [12].

Таблиця 2.1 – Класифікація відмов за теорією надійності

Ознака класифікації	Вид відмов
1	2
Характер зміни основного параметра об'єкта до моменту відмови	Поступова Раптова
Можливість наступного використання об'єкта після відмови	Повний Частковий
Зв'язок між відмовами	Незалежний Залежний
Тривалість непрацездатності	Тривала відмова, збій Відмова, яка самоусувається Відмова, що чергується
Наявність зовнішніх проявів відказу	Очевидний (явний) Прихований (неявний)
Причина виникнення	Конструкційний Виробничий Експлуатаційний
Походження	Природний (натуральний) Штучний (викликаний навмисно)

Продовження табл. 2.1

1	2
Час виникнення	Відмова при випробуванні Відмова періоду нормальної експлуатації Відмова останнього періоду експлуатації (аварійного зношування)
Можливість усунення	Відмова, яка усувається Відмова, яка не усувається

Поступова відмова зазвичай характеризується розтягнутими (повільними) у часі змінами кількісних значень одного або декількох вихідних характеристик. Отже, фізична природа поступових відмов як правило обумовлена повільними незворотними фізико-хімічними процесами, що проходять у машині (деталях, вузлах). До них відносять: корозія, зношування, втомленість, старіння та ін.

Раптову відмову можна охарактеризувати стрибкоподібною зміною одного чи декількох характеристик машини. Як правило причини раптових відмов залежать переважно від раптової концентрації (теплових, механічних та ін.) навантажень, що здійснюють вплив з середини або зовні машини (деталі, вузла та ін.). Відповідно відмова машини проявляється тоді, коли сумарні чи одиничні навантаження, які здійснюють вплив на неї, перевищують граничну її міцність.

Поступові відмови поділяються на часткові та повні. При частковій відмові подальше використання машини за призначенням можливе, оскільки значення одного чи декількох основних параметрів може знаходитися за допустимими (граничними) межами. Повною відповідно називають відмову, після прояву якої використання машини за призначенням є неможливе до моменту відновлення її працездатності.

За наявністю зв'язків з іншими відмовами розрізняють залежні (обумовлені відмовами інших вузлів і пошкодженнями машини) та незалежні (необумовлені) відмови.

За причиною їх виникнення поділяються відмови на експлуатаційні, конструкційні і виробничі.

Відмови за наявними зовнішніми ознаками поділяють на очевидні (явні) – такі, що проявляються після виникнення одразу, і приховані (неявні) – такі, що проявляються за побічними ознаками або при усуненні інших відмов машини.

Експлуатаційні відмови проявляються внаслідок порушення визначених правил або умов експлуатації машини; конструкційні – як правило обумовлені недосконалістю конструкції чи порушенням норм і методів конструювання; виробничі – обумовлені порушенням встановленого процесу виготовлення або недосконалістю технологій ремонту.

За часом прояву розрізняють відмови, що проявляються в періоди припрацювання, нормальної експлуатації чи аварійного зносу [13].

Для періоду припрацювання відмови є наслідком наявних у машині дефектних елементів, відповідно міцність яких є значно нижчою від потрібного рівня. Також причинами цих відмов можуть бути неточності та помилки під час складання машини. Природа виникнення відмов для даного періоду має такий же імовірнісний характер, як і для раптових. Відмінність полягає тільки в тому, що для прояву раптової відмови нормального вузла потрібна дуже висока концентрація навантажень, в той же час для відмови дефектного вузла як правило достатньо значно менших навантажень.

Таким чином:

1) виконаний аналіз основних причин, що визначають надійність машини, дав змогу встановити, що пов'язані вони як правило, з випадковими явищами. Тому для їх опису на практиці застосовується математичний апарат теорії імовірностей;

2) слід відзначити, що основним показником безвідмовності машини є імовірність безвідмовної роботи $P(t)$, тобто імовірність того, що в заданому інтервалі часу $t = T$ (або в межах заданого напрацювання) не виникне відмова машини, а значення $P(t)$, як і будь-якої імовірності, може знаходитися в межах $0 \leq P(t) \leq 1$;

3) надійність машини визначається її безвідмовністю та довговічністю. При цьому безвідмовність слід розглядати як самостійну безперервну роботу машини без будь-яких втручань для підтримки працездатності. Встановлено, що важливішою умовою для успішного вирішення практичних завдань із забезпечення працездатності машин є правильне розуміння фізичної суті відмов, можливих їх причин та наслідків.

2.2 Аналіз сучасних методів прогнозування надійності машин

В Україні гостро стоїть проблема збільшення ресурсу роботи, зниження працевитрат і покращення рівня технічного обслуговування АТЗ. Прогнозування працездатності АТЗ – це своєчасне виявлення несправностей, які можуть вплинути на їх надійність, здійснення необхідних заходів щодо їх усунення та розроблення рекомендацій для підтримання надійності вузлів та АТЗ у цілому. Тому питання надійності є актуальним у сучасному розвитку автомобільного транспорту.

Метою дослідження є розробка сучасних методів прогнозування надійності АТЗ для вдосконалення та оптимізації процесу їх технічного обслуговування і запобігання цим самим імовірності виходу з ладу їх вузлів.

Щоб спрогнозувати надійність АТЗ, насамперед треба проаналізувати якісну оцінку відмов його вузлів і агрегатів. Для прогнозування справної роботи АТЗ, як складної системи, можна застосовувати метод статистичного моделювання (статистичних випробувань), який отримав назву методу Монте-Карло [14]. Основна ідея цього методу полягає в багаторазовому розрахунку параметрів за формалізованою схемою, що є математичним описом цього процесу (в нашому випадку – процесу втрати працездатності)

$$P(T) = 0,5 + \Phi \left[\frac{x_{\max} - \gamma_{\text{сер}} T}{T \sigma_x} \right] \quad (2.1)$$

Нехай зміна вихідного параметра X залежить від зношування U одного з елементів машини, тобто $X=F(U)$, де F – відома функція, що залежить від конструктивної схеми машини. Прийmemo, що зношування пов'язане з питомим тиском p і швидкістю ковзання пари тертя v ступеневою залежністю $U = k p^{m_1} v^{m_2} t$, де коефіцієнти m_1 і m_2 відомі (наприклад, з випробувань матеріалів пари). Коефіцієнт k оцінює зносостійкість матеріалів і умови роботи сполучення (змащення, шорсткість поверхонь). При цьому для випадкових параметрів, що входять у формули, перебираються найбільш імовірні їх значення відповідно до закону розподілу.

Таким чином, кожне статистичне випробування полягає у виявленні однієї з реалізацій випадкового процесу, оскільки підставляючи, хоча і випадковим чином, вибрані, але зафіксовані дані, отримуємо детерміновану залежність, яка описує цей процес за прийнятих умов. Багаторазово повторюючи випробування по даній схемі (що практично можливо в складних випадках лише із застосуванням електронно-обчислювальної машини (ЕОМ)), отримаємо велике число реалізацій випадкового процесу, яке дасть змогу оцінити хід цього процесу і його основні параметри.

Особливу увагу під час прогнозування надійності машин із застосуванням методу статистичного моделювання приділяють розподілу Вейбула. Це досить універсальний розподіл напрацювання машин до відмови, тому що охоплює шляхом варіації параметрів широкий діапазон випадків. Розподіл Вейбула описує напрацювання об'єктів у період нормальної експлуатації і деградаційних відмов. Щільність розподілу Вейбулла:

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right], \quad (2.2)$$

де: a – параметр масштабу;

b – параметр форми.

Графіки функцій щільності розподілу Вейбула наведено на рисунку 2.1, якщо $b = 1$, то розподіл Вейбула перетворюється в експоненціальний з параметром $\lambda = 1/a = \text{const}$. Якщо $b = 2$, то розподіл Вейбула перетворюється у розподіл Релея з лінійною функцією інтенсивності відмов, якщо $b = 3$, то розподіл Вейбула стає близьким до нормального розподілу $R(t)$.

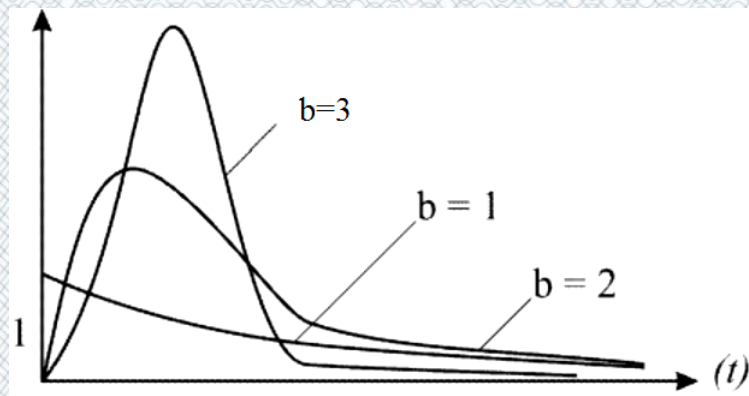


Рисунок 2.1 – Щільність розподілу Вейбула - імовірність безвідмовної роботи

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right] \quad (2.3)$$

де t – час виконання роботи (або потрібна кількість виконаних певних операцій, або подолання необхідного шляху переміщення та ін.);

a – параметр масштабу, який задається максимально можливим часом роботи (або максимально можливою кількістю виконаних певних операцій, або максимально можливим граничним шляхом переміщення та ін.) машини;

b – параметр форми.

Інтенсивність відмов $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \quad (2.4)$$

Серед розрахункових методів, орієнтованих на використання ЕОМ, значного поширення набув метод кінцевих елементів (МКЕ). Він успішно заміняє методи опору матеріалів і механіки під час розрахунку деталей простої конфігурації, а при розрахунку деталей складної геометрії на цей час є практично єдиним інженерним методом. Конструкція машини розбивається на дрібні частини, структура цих частин повинна бути проста для збереження і розпізнавання за допомогою ЕОМ, це можуть бути трикутники, прямокутники, піраміди, призми. У середині кожного елемента рішення видається в максимально простій формі, звичайно це поліном першого, другого, третього чи четвертого ступеня по всій границі досліджуваної частини. Головна особливість МКЕ полягає в тому, що точність наближення підвищується не за рахунок більш складних апроксимуючих функцій, а за рахунок більш дрібної розбивки конструкції зі збереженням тих же апроксимуючих поліномів, що і раніше.

Вибір методу розрахунку АТЗ на надійність залежить від наслідків відмов, від складності конструкції його вузлів та використовуваних матеріалів.

Структурний аналіз надійності вузлів АТЗ можна проводити за даними конструкторської документації всіх можливих комбінацій втрати їх працездатності за обраним критерієм.

Статистичне прогнозування (планування експерименту) реалізується шляхом аналітичного дослідження або оброблення даних експерименту. Закон розподілення знаходять шляхом аналізу фізичної природи якогось явища або процесу визначення математичних операцій. У другому випадку проводиться збір необхідних експериментальних даних (статистики). Статистичне оброблення накопиченої інформації дає змогу отримати аналітичну залежність шуканого закону розподілу імовірностей. Використання статистичних даних дає змогу на основі попередніх досліджень оцінити працездатність техніки, але не дає змогу розрахувати точний момент відмови вузлів, а лише із певною імовірністю прогнозує вихід машини з ладу.

Діагностичне прогнозування передбачає проведення випробувань на надійність для визначення основних причини втрати працездатності окремих деталей і вузлів. Для основних вузлів не існує єдиного інформаційного показника, який би повністю характеризував їх технічний стан, у зв'язку з чим для контролю роботи вузла бажано фіксувати як можна більшу кількість показників і критеріїв працездатності, оскільки у сукупності вони досить повно описують картину реального технічного стану.

Відомо, що для систем АТЗ, рекомендований рівень імовірності напрацювання до відмови знаходиться в межах 0,8...0,9. Проведення порівняльного аналізу фактичної надійності елементів АТЗ із допустимим значенням дає змогу прогнозувати залишковий ресурс безвідмовної роботи із заданою імовірністю. Такий підхід дає змогу попередити відмову та вчасно виконати необхідні профілактичні роботи. Розподіл відмов елементів на групи залежно від часу їх настання дає змогу встановити види додаткових технічних обслуговувань. Відповідні переліки робіт із додаткових технічних обслуговувань встановлюються на основі раніше зробленого аналізу відмов елементів за зібраними статистичними даними.

Таким чином:

- 1) на правильність прогнозу надійності АТЗ вирішальний вплив здійснює достовірність інформації про закономірності зміни технічного стану в процесі експлуатації;
- 2) можливість визначення технічного стану систем АТЗ забезпечує підтримку заданого рівня надійності завдяки запобіганню відмов шляхом визначення залишкового ресурсу безвідмовної роботи систем, оптимальної періодичності додаткових робіт;
- 3) розроблення методики визначення технічного стану АТЗ дасть змогу зменшити кількість поточних ремонтів і експлуатаційні витрати;
- 4) враховуючи закономірності розподілу відмов та умови експлуатації, можна зробити висновок, що ретельний аналіз основних видів відмов, причин їх

усунення та оптимізація процесу їх технічного обслуговування, попередження цим самим імовірності виходу з ладу – шлях до підвищення та максимального забезпечення надійності АТЗ.

2.3 Методичні підходи до розрахунку показників надійності автотранспортних засобів

Розрахунки об'єктів на надійність призначені для визначення кількісних показників надійності. Їх проводять на етапах розробки, створення й експлуатації об'єктів (АТЗ, машин, устаткування й приладів).

Для розрахунку показників надійності автомобільної техніки користуються відповідними державними та галузевими стандартами, методичними вказівками й інструкціями з оцінки надійності АТЗ.

На етапі проектування розрахунок надійності роблять із метою прогнозування очікуваної надійності розроблювального об'єкта.

Під час випробувань та експлуатації розрахунки на надійність проводять для оцінки кількісних показників надійності. Результати розрахунків у цьому випадку показують, якою надійністю володіли об'єкти, що пройшли випробування або використання в певних умовах експлуатації. На підставі цих розрахунків визначають слабкі елементи об'єктів, намічають основні напрямки по підвищенню надійності, дається оцінка надійності об'єкта й впливу на неї різних факторів.

При цьому завдання зводиться до визначення однієї або декількох кількісних характеристик надійності автомобільної техніки. Так, наприклад, на підставі розрахунку АТЗ і його елементів на надійність визначають імовірність безвідмовної роботи, коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання й ін., а потім указують шляхи поліпшення отриманих показників надійності. При цьому не всі показники надійності можна розраховувати, деякі з них, як відзначалося раніше, визначають експериментально.

Загальна схема розрахунку АТЗ на надійність показана на рисунку 2.2. Ця схема дана для випадку, коли втрата АТЗ працездатності пов'язана як з поступовими, так і з раптовими відмовами.

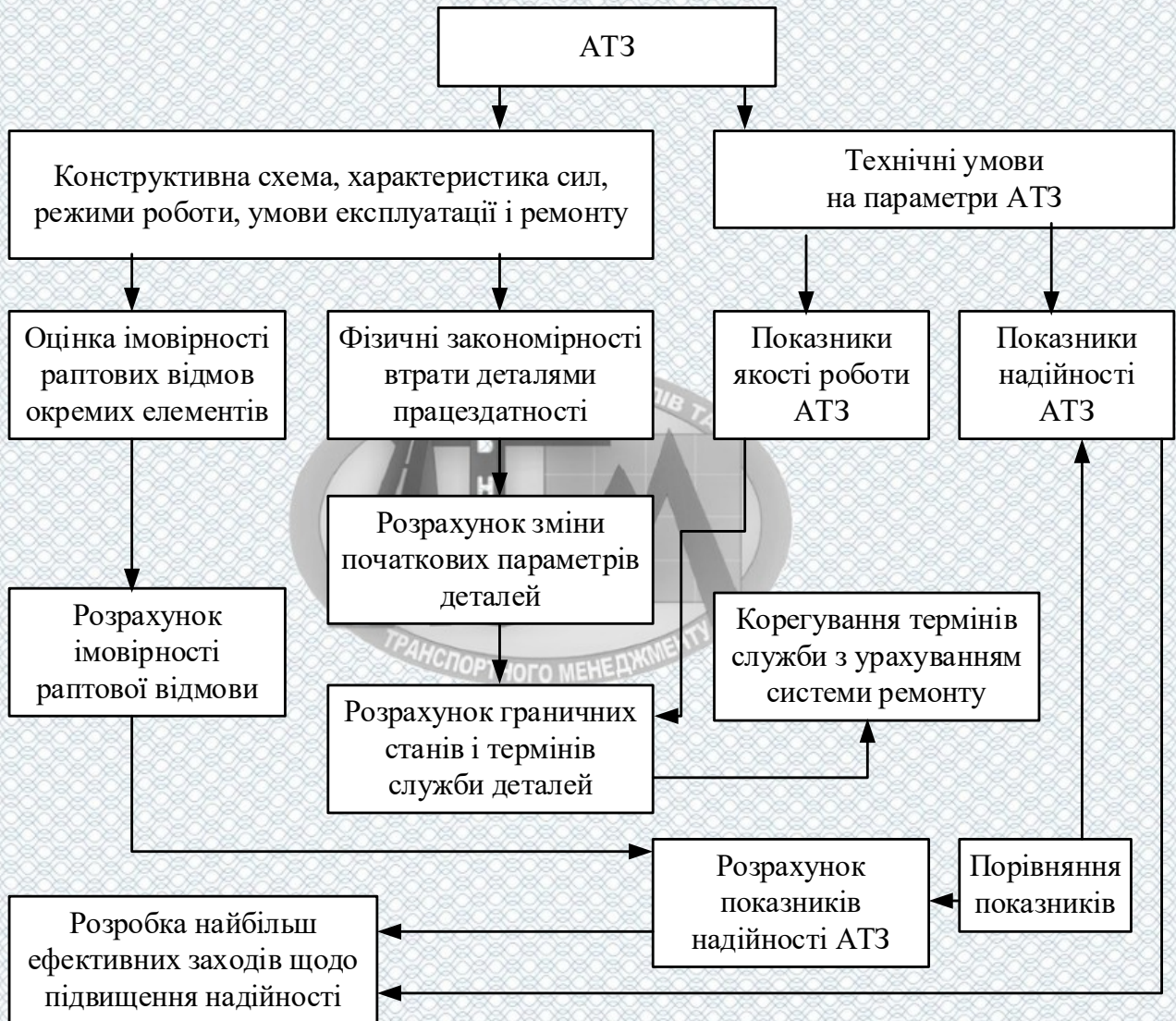


Рисунок 2.2 – Загальна схема розрахунку АТЗ на надійність

Вихідні дані для розрахунку – це дані по конструкції елементів об'єктів, характеристиці сил, застосовуваним матеріалам, режимам роботи, умовам експлуатації й ремонту, а також по інших параметрах, що визначає працездатність автомобільної техніки.

Ймовірність безвідмовної роботи об'єкта (АТЗ) $P_o(t)$ при спільній дії поступових і раптових відмов підраховується за теоремою множення ймовірностей

$$P_o(t) = P_u(t) \cdot P_g(t), \quad (2.5)$$

де $P_u(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи при поступових відмовах;

$P_g(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи, при раптових відмовах.

Наприклад, якщо розглядати гідроагрегати з позицій числа ущільнень, які найчастіше приводять до раптових відмов, із обліком поступових відмов рухомих з'єднань, то з формули (2.5) видно, що в найгіршому положенні серед інших агрегатів гідросистем перебувають гідронасоси, що мають велику кількість гумових ущільнень.

За формулою (2.5), якщо відомі параметри законів розподілу (\bar{T} , σ і λ), можна розрахувати ймовірність безвідмовної роботи об'єкта або його елементів.

У випадку якщо поступові відмови підкоряються нормальному закону розподілу, а раптові – експонентному, формула (2.5) прийме такий вигляд

$$P_o(t) = \frac{e^{-\lambda t}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-\bar{T})^2}{2\sigma^2}} dt. \quad (2.6)$$

Як видно з рисунка 2.3, у початковий період роботи об'єкта основний вплив на $P_o(t)$ чинять раптові відмови, а потім усе більше впливають поступові відмови. Автомобільна техніка – це складні об'єкти (системи), які складаються з окремих елементів, що перебувають у складній взаємодії. Відмова будь-якого елемента відбивається на працездатності об'єкта, тому що вона залежить від працездатності вхідних у нього елементів, а також від способу їхнього включення в систему.

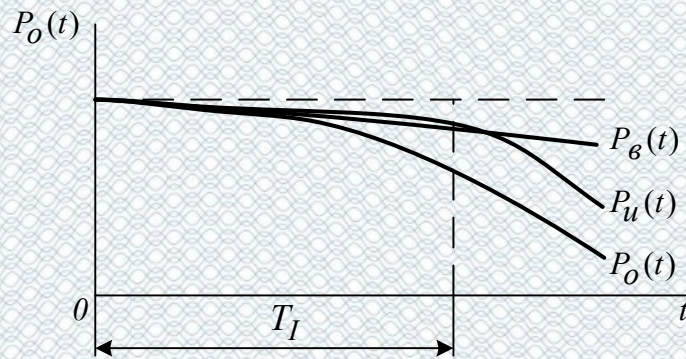


Рисунок 2.3 – Імовірність безвідмовної роботи при спільній дії поступових і раптових відмов

Резервування – це метод підвищення надійності об'єкта введенням надмірності, тобто введенням додаткових засобів і можливостей понад мінімально необхідний, для виконання об'єктом заданих функцій.

При виході з ладу одного з елементів резервний елемент виконує його функції й об'єкт не втрачає працездатності.

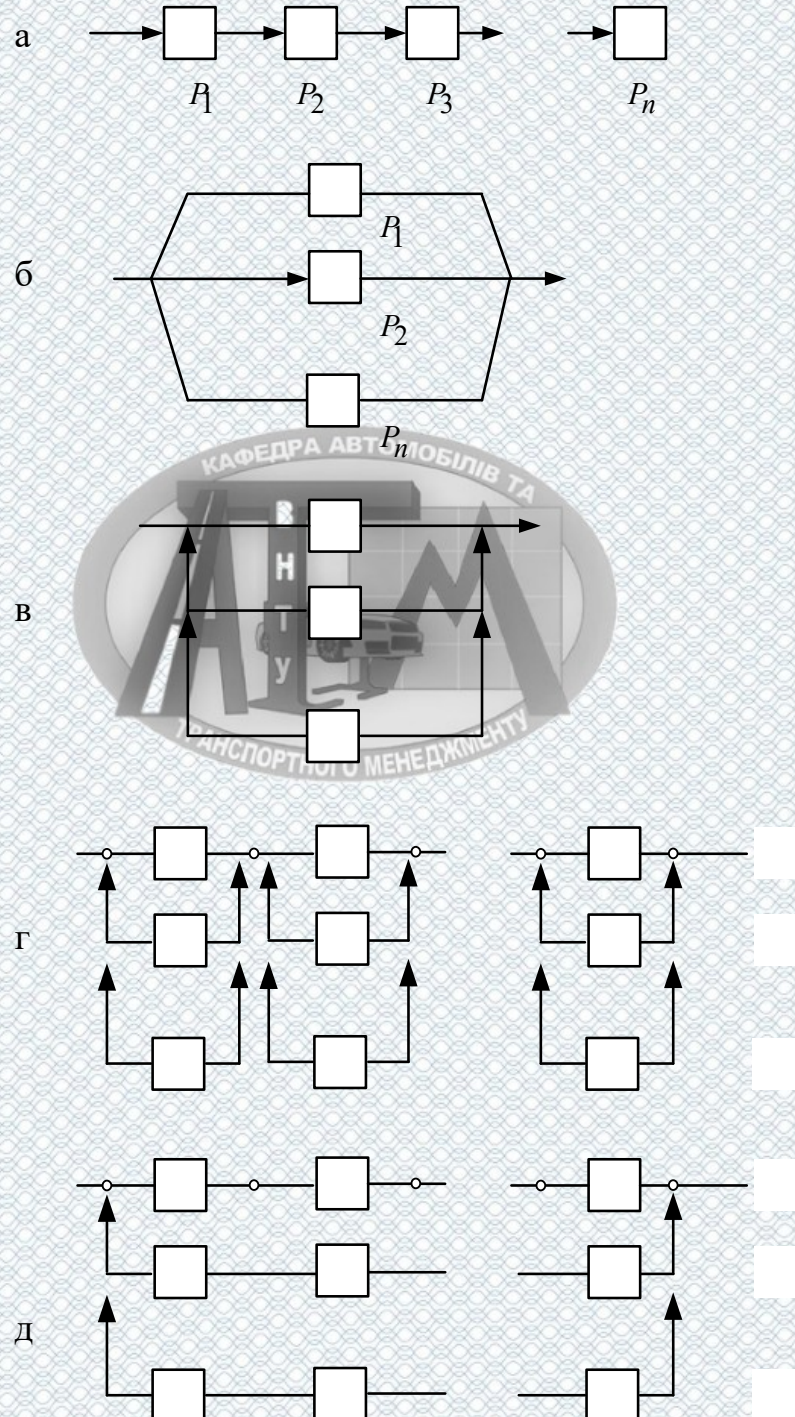
У надійності розрізняють два основних види з'єднання елементів: послідовне й паралельне.

Під послідовним з'єднанням елементів (рис. 2.4, а) у надійності розуміють таке з'єднання, при якому відмова одного якого-небудь елемента спричиняє відмову всієї системи. Цій умові підкоряється більшість приводів і механізмів передач АТЗ, тому що вихід з ладу будь-якої шестірні, підшипника, електродвигуна тощо, викликає втрату працездатності всієї системи.

Якщо відомо ймовірність безвідмовної роботи 1-го елемента $P_1(t)$, з урахуванням виду з'єднання елементів безвідмовність $P_o(t)$ складної системи можна підрахувати за формулами теорії ймовірностей.

Імовірність безвідмовної роботи системи з послідовним з'єднанням елементів. У цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи визначається за формулою множення ймовірностей незалежних подій і дорівнює добутку ймовірностей безвідмовної роботи елементів

$$P_{\text{Посл}}(t) = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n = \prod_{i=1}^n P_i. \quad (2.6)$$



а - послідовне; б - паралельне з навантаженим або полегшеним резервом; в - резервування заміщення ненавантаженим резервом; г - роздільне резервування; д - загальне резервування

Рисунок 2.4 – Схеми різних видів з'єднань елементів складних систем [15]

Імовірність відмови послідовного елемента визначають за виразом

$$q_{\text{Посл}} = 1 - P_{\text{Посл}}(t).$$

При однаковій імовірності безвідмовної роботи елементів

$$P_{\text{Посл}}(t) = P_i^n. \quad (2.7)$$

Так, наприклад, якщо система складається з 50 послідовно з'єднаних елементів ($n = 50$) з імовірністю безвідмовної роботи кожного елемента за певний проміжок часу $P_i = 0,99$, то ймовірність безвідмовної роботи всієї системи буде

$$P_{\text{Посл}}(t) = (0,99)^{50} \approx 0,6.$$

Для випадку виникнення раптових відмов, що підкоряються експонентному закону розподілу $P_1 = e^{-\lambda_1 t}$, $P_2 = e^{-\lambda_2 t}$, $P_n = e^{-\lambda_n t}$, зробивши відповідні підстановки у формулу (2.6), одержимо:

$$P_{\text{Посл}}(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) \cdot t} = e^{-\lambda_0 t}.$$

Імовірність безвідмовної роботи складної системи в цьому випадку також підкоряється експонентному закону з параметром $\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i$.

Імовірність відмови в цьому випадку $q_{\text{Посл}} = 1 - e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t}$.

При експонентному розподілі часу безвідмовної роботи параметр потоку відмов і наробіток на відмову для відновлюваних об'єктів відповідно

$$\omega(t) = \sum_{i=1}^n \omega_i(t) \text{ і } T(t) = 1 / \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{T} \right),$$

де $\omega_i(t)$ і $T(t)$ – відповідно параметр потоку відмов і наробіток на відмову 1-го елемента протягом часу (напрацювання) t .

Зокрема, якщо $\omega_i(t) = \text{const}$, то й $\omega(t) = \text{const}$.

Імовірність безвідмовної роботи при паралельному з'єднанні елементів. Паралельним з'єднанням (рис. 2.4, б) називається сукупність елементів, працездатність якої порушується тільки за умови відмови всіх паралельних елементів, що входять у сукупність.

Паралельне з'єднання елементів у системі є основою резервування.

Варто помітити, що паралельне з'єднання не завжди може забезпечити необхідне резервування. Якщо той самий елемент об'єкта (системи) підданий різним за своєю фізичною сутністю відмовам, то залежно від характеру відмови резервний елемент необхідно включати або послідовно, або паралельно. Кожне із зазначених включень окремо зможе забезпечити лише часткове резервування.

Як приклад можна розглянути фільтр гідросистеми, системи мащення або паливний фільтр, відмова яких може відбутися або в результаті забруднення фільтруючого елемента, або в результаті його ушкодження (руйнування). У першому випадку резервування можна забезпечити паралельним включенням резервного фільтра (фільтруючого елемента), а в другому – послідовним.

Щоб упоратися з обсягом заданих робіт з урахуванням виходу з ладу АТЗ, господарства здобувають резервну техніку. Обмінний фонд запасних складальних одиниць і агрегатів, запас деталей на складі (а іноді й безпосередньо на АТЗ) служать для цієї ж мети, тому що дозволяють швидко замінити елементи об'єктів, що відмовили, справними.

Резервування, підвищуючи надійність систем, приводить до їхнього ускладнення й подорожчання.

Резервування методом введення запасних частин, обмінних агрегатів здорожує експлуатацію машин, часто створить невиправдані їхні запаси. Тому доцільність застосування резервування в кожному окремому випадку повинна оцінюватися з обліком його економічної ефективності, а також з урахуванням вимог, пропорованих до об'єкта з погляду безвідмовності.

Наприклад, автомобіль оснащений двома гальмами: ручним і ножним, на ньому встановлені дві фари й більше. Якщо на нього з метою резервування встановити два двигуни, дві коробки передач і т.д., то він стане невиправдано складним і громіздким.

При паралельному з'єднанні, показаному на рисунку 2.4, в, резервні елементи постійно приєднані до основних, перебувають у тому ж режимі, що й основний елемент, тобто ми маємо справу з навантаженим резервом. Якщо резервні елементи (наприклад, золотники гідророзподільника для приєднання виносних гідроциліндрів) перебувають у менш навантаженому режимі, чим основний елемент (золотник основного гідроциліндра), то це буде полегшене резервування.

У цьому випадку буде постійне резервування, при якому резервні елементи беруть участь у функціонуванні об'єкта нарівні з основними. Імовірність безвідмовної роботи при навантаженому резервуванні може бути підрахована в такий спосіб. Якщо позначити q_1, q_2, \dots, q_n імовірності появи відмови кожного з елементів за час t , то відмова системи в цьому випадку паралельного з'єднання відбудеться за умови відмови всіх елементів. Імовірність спільної появи всіх відмов за формулою множення ймовірностей буде $q_{\text{пар}}(t) = q_1 \cdot q_2 \dots q_n = \prod_{i=1}^n q_i$.

Тому безвідмовність системи з паралельним з'єднанням елементів буде

$$P_{\text{пар}}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n q_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i). \quad (2.8)$$

Наприклад, якщо ймовірність відмови кожного із трьох ($n = 3$) елементів $q_i = 0,1$, то $P_{\text{пар}}(t) = 1 - (0,1)^3 = 0,999$.

Автомобіль має в системі освітлення й сигналізації фари, підфарники й габаритні вогні, які з'єднані методом резервування (по два вироби в кожному ланцюзі). Відмова будь-якого одного об'єкта (наприклад, фари) не викликає відмови в роботі освітлення й дозволяє продовжити експлуатацію автомобіля до повернення в гараж і усунення відмови. У цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи системи освітлення й сигналізації визначається за формулою (2.8).

Щоб визначити надійність гальмової системи автомобіля, якщо відомо, що ножне гальмо $P_n = 0,98$, а ручне $P_p = 0,97$, можна скористатися тією же формулою (2.8): $q_n = 1 - P_n = 1 - 0,98 = 0,02$; $q_p = 1 - P_p = 1 - 0,97 = 0,03$.

Ймовірність відмови гальмової системи $q_t = q_n q_p = 0,02 \cdot 0,03 = 0,0006$.

Ймовірність безвідмовної роботи

$$P_m = 1 - q_n q_p = 1 - [(1 - P_n)(1 - P_p)] = 1 - [(1 - 0,98)(1 - 0,97)] = 0,9994.$$

Для часткового випадку – експонентного закону розподілу відмов розрахункові формули для паралельного з'єднання елементів можна представити в наступному виді:

$$P_{\text{пар}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t}); \quad q_{\text{пар}} = \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t}).$$

На практиці часто зустрічаються структурні схеми, що складаються з m паралельних ланцюгів, а кожний ланцюг має n послідовно з'єднаних елементів. У цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи обчислюють із використанням формул для паралельно-послідовних схем.

Обґрунтування й розрахунок граничного стану дозволяють повніше використовувати кожну деталь, сполучення, вузол і механізм АТЗ при мінімальних витратах засобів. При занижених граничних станах ресурс військової техніки використовується не повністю, а при завищених можуть виникнути аварійні відмови, збільшуються простої військової техніки й витрати на її експлуатацію й ремонт.

Зміна стану сполучень характеризується головним чином зношуванням деталей, а тому граничний стан сполучень встановлюється за критеріями (ознакам) питомого зношування.

Рекомендується розглядати три критерії граничного стану деталей і сполучень [13, 16]: технічний (безвідмовність, робота без поломок), технологічний (якість роботи) і економічний.

Критерії граничного зношування рекомендується встановлювати залежно від того, який вплив робить зношування деталі на роботу АТЗ. При цьому розглядається три випадки.

У першому випадку (рис. 2.5, а) в результаті зношування машина не може більше функціонувати, тобто стає непридатною. Наприклад, відбувається поломка колінчатого вала, задирка поверхонь вкладишів шатунних або корінних підшипників, поломка поршневого кільця, заїдання зубів шестірень тощо.

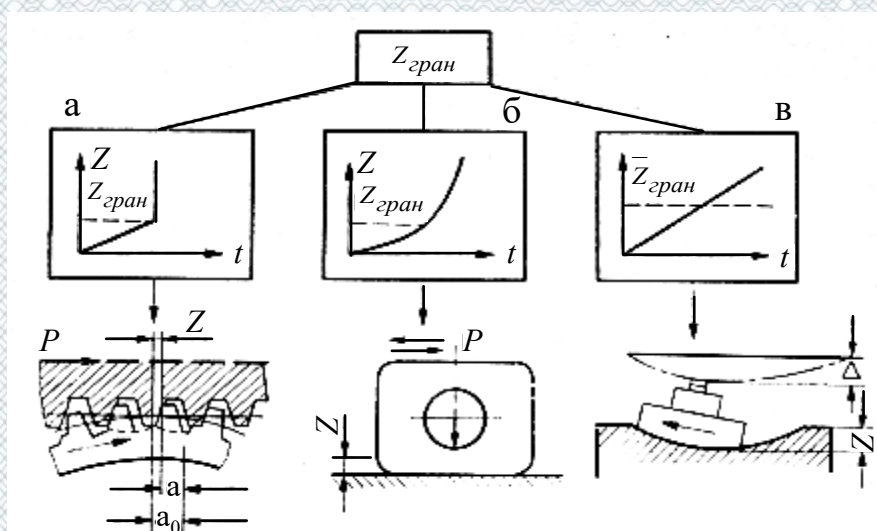


Рисунок 2.5 – Критерії граничного зносу АТЗ та його елементів

У другому випадку (рис. 2.5, б) зношування приводить до влучення в зону інтенсивного виходу з ладу АТЗ та його деталей. При цьому виникають удари, відбувається форсоване зношування поверхонь, зростають вібрації АТЗ, підвищується температура вузлів. На кривій зношування залежно від наробітку це період аварійного зношування.

Цей випадок можна проілюструвати на прикладі верхнього поршневого компресійного кільця, покритого електролітичним хромом. Граничне зношування наступить тоді, коли в результаті зношування шар хрому буде знятий і інтенсивність зношування сполучення при цьому різко зросте.

У третьому випадку (рис. 2.5, в) у результаті зношування характеристики АТЗ виходять за припустимі або рекомендовані межі (знижується точність роботи, падає продуктивність і коефіцієнт корисної дії, зменшується коефіцієнт подачі тощо).

Граничні внески основних деталей часто встановлюють на підставі практичних даних експлуатації й ремонту машин окремих марок.

2.4 Вимоги до експлуатаційної безпеки автотранспортних засобів

На думку багатьох дослідників, основні зусилля із забезпечення захисту АТЗ від небезпечних несправностей, що впливають на зростання аварійності в країні, є прерогативою сфери експлуатації. Досягненню мети вилучення АТЗ з небезпечними несправностями з дорожнього руху служить система допуску до дорожнього руху при технічному контролі.

До конструкцій АТЗ пред'являють як обов'язкові, так і необов'язкові вимоги, що іменуються «конструкційними». Об'єктами пред'явлення цих вимог служать параметри функціонування і експлуатаційних властивостей складових частин АТЗ, схильних і не схильних до погіршення в процесі експлуатації.

До обов'язкових відносяться тільки вимоги безпеки, що пред'являються до експлуатаційних властивостей і параметрів функціонування складових частин

АТЗ [17]. Оцінки, отримані за результатами пред'явлення обов'язкових конструкційних вимог, характеризують міру безпеки конструкцій АТЗ, адекватні тільки перед початком їх експлуатації. Методами підтвердження відповідності конструкцій АТЗ "конструкційним" вимогам безпеки служать повномасштабні випробування в умовах автомобільних полігонів [18], що усебічно регламентуються нормативними документами конструкційного характеру, і, передусім - Правилами ЕЭК ООН.

Більшість експлуатаційних властивостей, у тому числі і що характеризують безпеку ТЗ, значно знижуються у міру вироблення ресурсу, а оцінка конструкційної безпеки при експлуатації вже не адекватна. Класичним складом експлуатаційних властивостей [19] неможливо оцінювати експлуатаційні зміни безпеки ТЗ. Інтегральна властивість безпеки ТЗ, що об'єднує базові властивості гальмівної динамічності, керованості, стійкості [20, 21] і специфічні властивості інформативності, пасивній, післяаварійній, екологічній безпеці [6], доцільно доповнити властивістю захищеності від несправностей, що безпосередньо впливають на безпеку дорожнього руху.

Властивість захищеності від цих несправностей відбиває сукупність особистих властивостей ТЗ, що забезпечують їх визначення, попередження розвитку і запобігання катастрофічним наслідкам. Ці властивості досягаються конструкційними заходами автомобілебудування і організаційними заходами експлуатації автотранспорту.

Несправності сучасних ТЗ не призводять в обов'язковому порядку до ДТП. У числі причин ДТП разом з незадовільним технічним станом ТЗ майже завжди присутні і інші чинники. Але вірогідність подібних ДТП істотно залежить від характеру несправності. До теперішнього часу несправності класифікувалися залежно від їх фізичної природи, причин і місця виникнення, частоти, характеру розвитку і технологій усунення.

Віднесемо до "небезпечних несправностей" такі несправності, які визнані за встановлений період часу причиною, щонайменше, одного ДТП, що

супроводжується пораненням або загибеллю людини. Таке визначення узгоджується з сучасним підходом до цього питання органів державної влади. Тільки такі ДТП враховуються статистикою Патрульної поліції України і дорожньої поліції низки країн. Абсолютна більшість несправностей, що представляють небезпеку зважаючи на підвищення ними вірогідність залучення АТЗ в ДТП, лише частково знижують базові або окремі експлуатаційні властивості безпеки ТЗ. Подібне часткове зниження небезпечне тільки при порівняно маловірогідному збігу обставин, режимів, умов дорожнього руху і експлуатації.

Доцільно виділити з числа небезпечних несправностей порівняно невелику групу особливо небезпечних несправностей, наявність яких значно підвищує вірогідність ДТП. Саме особливо небезпечні несправності статистика найчастіше фіксує як головну причину ДТП. Із сказаного потрібно зробити важливий висновок, що виявлення таких несправностей повинне стати головним при проведенні контролю технічного стану АТЗ.

Згідно із статистичними даними, до особливо небезпечних несправностей відносяться такі несправності, як різке зниження ефективності гальмування, відрив колеса, поломка рульової тяги і руйнування їх з'єднань, витоки гальмівної рідини, руйнування гальмівних трубопроводів від ресиверів до гальмівного крану та ін.

Представляється необхідним в рамках роботи приділити підвищену увагу оцінці ефективності гальмування автомобілів, як одному з основних чинників, що безпосередньо впливає на рівень аварійності в країні.

Усі режими гальмування транспортних засобів діляться на дві категорії [20]: екстрені гальмування, що відбуваються з максимально-можливим сповільненням; службові гальмування.

Екстрені гальмування складають декілька відсотків від усіх випадків гальмування, але саме вони визначають більшість вимог до ефективності гальмування. Екстрене гальмування характеризується високою динамічністю,

відбувається в обмежених дорожніх умовах і визначає безпеку руху [10]. Службове гальмування - це один із способів регулювання швидкості руху залежно від зовнішніх умов.

На практиці, для оцінки гальмівних властивостей транспортних засобів використовується шлях, що вони проходять за час гальмування з максимальною ефективністю, - гальмівний шлях. Еквівалентними показниками ефективності гальмування є максимальне або середнє сповільнення машини. В таблиці. 2.2 приведені основні параметри, по яких контролюється технічний стан гальм в різних країнах [19].

Таблиця 2.2 - Контрольні параметри технічного стану гальм, використовувани в різних країнах

Країни	Вимірники гальмівної ефективності			
	Гальмівний шлях	Сповільнення		Гальмівна сила
		Максимальне	середнє	
США	+	-	+	+
Франція	+	+	-	-
Італія	+	-	-	-
СНД	+	+	-	-

Для забезпечення необхідного рівня безпеки руху необхідно мати не лише спочатку високі показники ефективності гальмування, але і зберігати їх протягом усього періоду експлуатації колісної машини.

Сучасний рівень розвитку автомобільної техніки і економічний стан ряду країн-виготівників, не дозволяють забезпечити масове виробництво транспортних засобів, усебічно захищених від небезпечних несправностей.

В АТЗ вкрай обмежено число деталей гарантованої міцності, для яких забезпечується ресурс безвідмовної роботи не менш декларованого ними ресурсу ТЗ до капітального ремонту. Це небагато деталей і вузли гальмівного і рульового

управління. До того ж виготівники часто не виконують навіть ці помірні вимоги по переліку деталей і вузлів гарантованої міцності.

Нині захищеність АТЗ від небезпечних несправностей ототожнюється з надійністю і безвідмовністю експлуатації. При усій близькості цих властивостей теорія надійності дає лише оцінки частоти несправностей і пристосованості технічних об'єктів до їх усунення при експлуатації, не підрозділяючи ці оцінки навіть за ознаками небезпеки несправностей. Вивчення ознак і небезпеки наслідків експлуатації технічних об'єктів з несправностями, оцінка і виконання в сферах виробництва і експлуатації заходів протидії загрози від небезпечних несправностей виявилися на стику теорії надійності і технічної діагностики. Досліджувану властивість безпеки сучасної техніки стосовно АТЗ пропонується іменувати захищеністю від небезпечних несправностей.

Таким чином, експлуатаційна безпека - це сукупність встановлених нормативними документами параметрів, схильних до зміни в процесі експлуатації і що визначають безпеку АТЗ.

Об'єктивними параметрами (вимірниками) окремих властивостей захищеності від небезпечних несправностей теоретично могли б бути емпіричні оцінки ризику кожної з цих несправностей, сумарні оцінки ризику небезпечних несправностей по вузлах, системах, агрегатах і інтегральні оцінки по АТЗ в цілому [14]. Побудова таких імовірнісних за своєю природою оцінок добре відома, у тому числі і стосовно ризику від експлуатації АТЗ з несправностями [22]. Оцінкою ризику служить добуток частоти виникнення небезпеки на міру цієї небезпеки, вимірюваної величиною збитку від можливої аварії (стосовно автомобільного транспорту - ДТП).

Для оцінки частоти виникнення небезпеки запропонований добуток вірогідності несправності на умовну вірогідність ДТП за наявності цієї несправності при експлуатації АТЗ. З урахуванням відмінностей в мірі небезпеки несправностей і дії інших чинників як супутніх причин абсолютної більшості

ДТП унаслідок незадовільного технічного стану АТЗ, імовірнісну оцінку несправності доцільно представити в наступному виді

$$R_i = P(XBD) \cdot Q_i = Q_i \cdot P(B|X) \cdot P(D|XB), \quad (2.9)$$

де $P(XBD) = P(X \cap B \cap D)$,

R_i – імовірнісна функція ризику i -ої небезпечній несправності;

X – i -а небезпечна несправність як одна з причин ДТП;

B – помилка водія або інший чинник як не основна причина ДТП;

D – подія, що полягає в ДТП, причинами якого послужили X і B ;

$P(B|X)$ – умовна вірогідність добутку BX ;

Q_i – середня величина економічного збитку від ДТП, однією з причин яких була i -а небезпечна причина.

Подібна оцінка в принципі застосована до ризику не лише окремих несправностей, але і складових частин АТЗ в цілому. Несправності і умовна вірогідність ДТП розглядаються при цьому як незалежні. Джерелом початкових даних для подібних оцінок теоретично можуть служити результати експлуатаційних випробувань (моніторинг безпеки АТЗ). Проте в реальності такі дані відсутні, як і можливості їх накопичення (моніторингу).

Слід зазначити той факт, що ці статистики Патрульної поліції по ДТП, пов'язаних з незадовільним технічним станом АТЗ, є лише вибіркою, репрезентативність якої не має підтверджень, а розмір залишається не виявленим.

Для умов експлуатації автомобілів, що накопичує дані по частоті ДТП унаслідок незадовільного технічного стану АТЗ, замість не забезпечених початковими даними і тому нездійснених кількісних оцінок пропонується дискретна оцінка. Введемо дискретну функцію ризику несправностей, визначувану за дискретними оцінками складових ризику.

До вірогідних відноситимемо несправності, визнані в числі причин, щонайменше, одного ДТП за встановлений період. Введемо дискретну характеристику X частоти таких ДТП

$$\begin{cases} X = 1 \\ N_{\text{ДТП}} \geq 1 \end{cases} \text{ и } \begin{cases} X = 0 \\ N_{\text{ДТП}} = 0 \end{cases}, \quad (2.10)$$

де $N_{\text{ДТП}}$ – число ДТП, що реєструються у встановлений період спостережень, в числі причин яких була ця несправність.

До небезпечних віднесемо несправності, визнані в числі причин, щонайменше, одного ДТП з наслідками у вигляді поранення або загибелі людини. Як міра її небезпеки використовуємо дискретну функцію Q від величини соціально-економічного збитку V від ДТП. При збитку V , що перевищує мінімальний збиток M від ДТП з одним пораненим, функція збитку Q рівна

$$\begin{cases} Q = 1 \\ V \geq M \end{cases} \text{ и } \begin{cases} Q = 0 \\ V < M \end{cases}$$

Використовуючи математичний апарат алгебри логіки, визначимо дискретну функцію ризику R як

$$R = \cap XQ$$

Ризик несправностей характеризується як значущий при значенні функції ризику $R = 1$ і як незначущий при $R = 0$. Для отримання запропонованої дискретної оцінки ризику експлуатації АТЗ з несправностями у відсутність кількісних даних про частоту і збиток від несправностей досить наявності про них відомості якісного характеру. Потрібна лише інформація про перелік несправностей,

кожна з яких, щонайменше, раз була в числі причин ДТП за встановлений період. Для пред'явлення вимог до експлуатаційної безпеки АТЗ буде потрібно дані про перелік небезпечних несправностей, обов'язкових для виявлення, склад складових частин АТЗ і діагностичних параметрів, що діагностуються.

За відсутності відомостей про частоту небезпечних несправностей і тим більше, частоті обумовлених ними ДТП, єдино доступним методом залишається метод експертних оцінок. Пропонується експертна оцінка ризику несправностей АТЗ наступного виду [23]

$$\hat{R}_i = n \cdot k_i \cdot l_i \cdot P_i \cdot Q, \quad \hat{R}_0 = \sum_{i=1}^N m_i \cdot \hat{R}_i, \quad (2.11)$$

де \hat{R}_i і \hat{R}_0 – експертні оцінки ризику i -ої несправності і комбінації N несправностей АТЗ відповідно; Y

n – коефіцієнт виду АТЗ ($n = 1$ – для вантажних автомобілів і причепів до них; $n = 0,73$ – для легкових автомобілів і причепів до них; автобусів);

m_i – коефіцієнт підвищення вірогідності ДТП при збігу i -ої несправності з іншою небезпечною несправністю АТЗ;

Q – середня величина збитку від ДТП з причини i -ої несправності АТЗ;

\hat{P}_i – експертна оцінка вірогідності або об'являє наслідків ДТП з причини i -ої несправності ТЗ ($0 < \hat{P}_i < 1$);

k_i – коефіцієнт підвищення вірогідності ДТП залежно від умов виявлення несправностей ($k_i = 5 \cdot 10^{-4}$) – за відсутності контролю при експлуатації; $k_i = 10^{-4}$ – при контролі з періодичністю ТО; $k_i = 3 \cdot 10^{-5}$ – за умови планово-запобіжної заміни складової частини; $k_i = 10^{-5}$ – при контролі вбудованими (бортовими) засобами);

l_i – коефіцієнт підвищення вірогідності ДТП залежно від міри небезпеки i -ої несправності ($l_i = 0$ – для безпечних несправностей; $l_i = 1$ – для небезпечних несправностей; $l_i = 3$ – для особливо небезпечних несправностей; $l_i = 10$ – для несправностей з ознаками більш ніж однієї особливо небезпечної несправності).

У числі конструктивних заходів забезпечення нечутливості АТЗ до відмов складових частин, що забезпечують захищеність від небезпечних несправностей, найбільше застосування отримали: резервування гальмівних систем і їх розподіл на незалежні контури; реалізація функції аварійного (автоматичного) гальмування робочої гальмівної системи причепів з пневматичним приводом; збереження керуваності АТЗ при відмовах антиблокувальної гальмівної системи або гідропідсилювача рульового керування; розподіл і захист від коротких замикань електричних ланцюгів в системі електропостачання [19].

Виходячи з викладеного вище, сформулюємо перелік першочергових заходів щодо забезпечення захищеності АТЗ від небезпечних несправностей:

1. Необхідно забезпечити декларування заводами-виготівниками переліків індивідуальної комплектації, діагностичних параметрів і нормативів, переліків небезпечних і особливо небезпечних несправностей АТЗ, ресурсу складових частин, несправності яких небезпечні при експлуатації.
2. Забезпечення прийняття відповідальності заводів-виготівників за ДТП унаслідок несправностей, не вказаних в числі декларованих небезпечних несправностей.
3. Забезпечення підвищення безвідмовності АТЗ.
4. Забезпечення включення в конструкцію АТЗ вбудованих (бортових) засобів контролю з функцією виявлення наявності небезпечних несправностей.
5. Забезпечення підвищення числа складових частин гарантованої міцності в конструкціях АТЗ.

2.5 Формування переліку агрегатів і систем, технічний стан яких є вирішальним у забезпеченні безпеки дорожнього руху

В основу пропонованої методології нормування технічного стану покладено структурне представлення конструкції автомобіля у вигляді взаємозв'язаної безлічі складових частин, елементам кожного з яких поставлені у відповідність спеціальний алгоритм перевірки і періодичність виконання певного виду профілактичних робіт. Об'єктами контролю по критеріях безпеки мають бути такі складові частини, технічний стан яких схильний при експлуатації змінам, що знижують рівень безпеки автомобіля, і для оцінки створені відповідні алгоритми перевірки.

Для формалізованого представлення завдання введемо наступні припущення. Нехай АТЗ складається з L деталей, N вузлів і n агрегатів. При цьому деталі складають кінцеву рахункову множину $D: D = \{d_1, d_2, \dots, d_L\}$; вузли складають кінцеву рахункову множину $U: U = \{u_1, u_2, \dots, u_N\}$, а агрегати складають кінцеву рахункову множину $A: A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$.

Кожному елементу великої кількості $U: u_i$ відповідає підмножина $D_i: D_i \in D$ [14]. Таким чином, кожен i -ий вузол складається з безлічі деталей $D_i: D_i = \{d'_1, d'_2, \dots, d'_{N_i}\}$. N_i - кількість деталей у вузлі u_i , ($i = 1, 2, \dots, N$).

Тоді

$$\bigcup_{j=1}^n D_j = D, \quad \sum_{j=1}^N N_j = L.$$

Елементу великої кількості $A: a_j$ відповідає підмножина $U_j: U_j \in U$.

Таким чином, кожен j -ий агрегат складається з безлічі вузлів $U_j: U_j = \{u'_1, u'_2, \dots, u'_{n_j}\}$. n_j - кількість вузлів в агрегаті a_j , ($j = 1, 2, \dots, n$).

Тоді

$$\bigcup_{j=1}^n U_j = U, \quad \sum_{j=1}^n n_j = N.$$

Об'єктами діагностування по критеріях безпеки мають бути складові частини, технічний стан яких схильний до експлуатаційних змін, що знижують безпеку автомобіля, і для оцінки яких створюються алгоритми перевірок з відповідною періодичністю їх проведення.

Нехай U' – безліч вузлів АТЗ, схильних до змін $U' \in U$.

Введемо дискретну функцію P таку, що

$$\forall i: P(u_i, u'_i) = p_i = \begin{cases} 1 - \text{якщо вузол } u_i \text{ зазнає несправності} \\ 0 - \text{якщо вузол } u_i \text{ не зазнає несправності} \end{cases}, \quad (2.12)$$

де p_i – індикатор схильності несправностям i -го вузла.

Тоді $u'_i = u_i \cdot p_i$ і $U' = \{u'_1, u'_2, \dots, u'_{N'}\}$, $N' < N$.

Нехай A' – множина агрегатів, схильних до несправностей $A' \in A$. Введемо дискретну функцію Q таку, що

$$\forall j: Q(a_j, a'_j) = q_j = \begin{cases} 1 - \text{якщо агрегат } a_j \text{ зазнає несправності} \\ 0 - \text{якщо агрегат } a_j \text{ не зазнає несправності} \end{cases}, \quad (2.13)$$

де q_j – індикатор схильності несправностям j -го агрегата.

Тоді

$$a'_j = a_j \cdot q_j \text{ і } A' = \{a'_1, a'_2, \dots, a'_{n'}\}, \quad n' < n. \quad (2.14)$$

Перелік складових частин, працездатність яких при експлуатації прямо впливає на безпеку АТЗ і може бути причиною ДТП, значно менше загальної номенклатури складових частин АТЗ. Він має відмінності для різних типів АТЗ і зазнає уточнення у міру еволюції конструкцій автомобілів. Для строгого обґрунтування цього переліку недостатньо використовувати статистичну цю аварійність унаслідок незадовільного стану АТЗ зважаючи на укрупнення відбиваних статистикою причин ДТП. Відомості статистики є попередньою аргументацією на попередньому етапі обґрунтування такого переліку.

Основні резерви зниження аварійності внаслідок незадовільного технічного стану криються в підвищенні ефективності діагностування гальмівного і рульового керування, зовнішніх світлових приладів, коліс і інших складових частин, до працездатності яких передбачені обов'язкові вимоги. Основним джерелом змін у складі агрегатів, систем і вузлів, що впливають на безпеку АТЗ, являється експлуатація АТЗ з новими вузлами або вузлами нових конструкцій. Нові вузли і системи, що впливають на безпеку АТЗ, також мають бути об'єктом діагностування. Підтвердження такого впливу статистика аварійності дає зі значним тимчасовим запізнюванням, у міру насичення ними автомобільного парку країни. У зв'язку з цим ці статистики аварійності про вплив працездатності агрегатів, систем і вузлів на безпеку АТЗ при аналізі доповнюють експертними обґрунтуваннями причин ДТП. Ці експертні обґрунтування коригують і розвивають вхідні речення, що ґрунтуються на результатах аналізу статистичних даних аварійності.

Нехай U'' – безліч вузлів, схильних до несправностей при експлуатації і впливаючих на безпеку АТЗ $U'' \in U$. Введемо дискретну функцію R таку, що:

$$\forall j : R(u'_m, u''_m) = r_m = \begin{cases} 1 - \text{якщо несправність вузла } u'_m \text{ знижує безпеку АТЗ} \\ 0 - \text{якщо несправність вузла } u'_m \text{ не знижує безпеку АТЗ} \end{cases}, \quad (2.15)$$

де r_m – індикатор схильності небезпечним несправностям m -го вузла.

Тоді $u''_m = u'_m \cdot r_m$ и $U'' = \{u''_1, u''_2, \dots, u''_{N''}\}$, $N'' < N' < N$.

Нехай A' – множина агрегатів, схильних до несправностей, що впливають на безпеку АТЗ $A'' \in A'$. Введемо дискретну функцію T

$$\forall j: T(a'_f, a''_f) = t_f = \begin{cases} 1 - \text{якщо несправність агрегата } a'_f \text{ знижує безпеку АТЗ} \\ 0 - \text{якщо несправність агрегата } a'_f \text{ не знижує безпеку АТЗ} \end{cases}, \quad (2.16)$$

де t_f – індикатор схильності небезпечним несправностям f -го агрегата.

Тоді $a''_f = a'_f \cdot t_f$ и $A'' = \{a''_1, a''_2, \dots, a''_{n''}\}$, $n'' < n' < n$.

Нехай G – безліч алгоритмів перевірки вузлів u'_i , схильних до несправностей при експлуатації. Введемо дискретну функцію F таку, що

$$\forall k: F(u''_k, u'''_k) = g_k = \begin{cases} 1 - \text{якщо відомий алгоритм перевірки вузла } u''_k \\ 0 - \text{якщо не відомий алгоритм перевірки вузла } u''_k \end{cases}, \quad (2.17)$$

де g_k – індикатор схильності несправностям k -го вузла.

Тоді $u'''_k = u''_k \cdot g_k$ и $G = \{g_1, g_2, \dots, g_{N'''}\}$, $N''' < N'' < N' < N$.

Нехай H – множина алгоритмів перевірки агрегатів a''_e , схильних до несправностей, що впливають на безпеку АТЗ. Введемо дискретну функцію H таку, що

$$\forall l: H(a''_e, a'''_e) = h_e = \begin{cases} 1 - \text{якщо відомо алгоритм перевірки агрегата } a''_e \\ 0 - \text{якщо не відомо алгоритм перевірки агрегата } a''_e \end{cases} \quad (2.18)$$

де h_e – індикатор схильності несправностям e -го агрегата.

Тоді $a_e''' = a_e'' \cdot h_e$ і $H = \{h_1, h_2, \dots, h_{n'''}\}$, $n''' < n'' < n' < n$.

Таким чином, умовами Z_q і W_I вибору відповідно q -го вузла і I -го агрегату для діагностування з метою забезпечення безпеки АТЗ будуть [24]

$$Z_q = \prod_{k=1}^{N'''} p_i \cdot r_m \cdot g_k = 1, \quad q = 1, 2, \dots, N''' . \quad (2.19)$$

$$W_I = \prod_{I=1}^{n'''} q_j \cdot t_f \cdot h_e = 1, \quad I = 1, 2, \dots, n''' . \quad (2.20)$$

При формуванні складу агрегатів і систем АТЗ, що діагностуються для забезпечення їх експлуатаційної безпеки, допустимо враховувати додаткові умови і обмеження. Наприклад, можливий облік інформації про майбутнє застосування нових конструкцій АТЗ або початку їх виробництва.

Для оцінки експлуатаційної безпеки АТЗ не вимагається діагностування кожної із складових частин, несправності яких можуть бути небезпечні при експлуатації. Таке діагностування еквівалентне пошуку несправностей з граничною (до деталей) глибиною діагностування. Експлуатаційну безпеку АТЗ повною мірою відбивають укрупнені оцінки працездатності агрегатів, систем і вузлів, так що досить узагальнити ці окремі оцінки стосовно АТЗ в цілому.

Критерієм допустимості укрупнення складових частин АТЗ до агрегату, системи або вузла служить наявність алгоритму перевірки (діагностичні параметри і методи перевірки) цього агрегату, системи, вузла як єдиного цілого.

Розроблений метод обґрунтування вибору агрегатів, систем і вузлів для діагностування може бути застосований при розробці вимог державної нормативно-технічної бази. При розробці необхідно проаналізувати і застосувати результати раніше виконаних експериментальних досліджень по вивченню і систематизації несправностей, що знижують безпеку експлуатації АТЗ, а також вітчизняні і зарубіжні розробки методів діагностування [19].

За допомогою розробленого методу обґрунтований укрупнений перелік агрегатів, що діагностуються, систем і вузлів ТЗ, їх експлуатаційних властивостей, що діагностуються, і відповідних методів діагностування (таблиця. 2.3).

Таблиця 2.3 - Перелік систем і вузлів транспортного засобу, що діагностуються по критеріях безпеки дорожнього руху

Агрегат, система, вузол - об'єкт діагностування по критеріях безпеки	Властивість (складова частина), що діагностується	Метод діагностування
1	2	3
1. Робоча гальмівна система	Ефективність гальмування	На барабанних стендах
		У дорожніх умовах по гальмівному шляху
		У дорожніх умовах за часом спрацювання приводу і сталому уповільненню
2. Стоянкова гальмівна система	Ефективність гальмування	На барабанних стендах ТЗ дозвленої максимальної маси
		На барабанних стендах ТЗ спорядженої маси
		На ухилі ТЗ категорій М і N дозвленої максимальної маси
		На ухилі ТЗ категорій М і N спорядженої маси
		У дорожніх умовах по сталому уповільненню ТЗ категорій М ₂ , М ₃ , N ₂ і N ₃
3. Запасна гальмівна система	Ефективність гальмування	На барабанних стендах
		У дорожніх умовах по гальмівному шляху
		У дорожніх умовах за часом спрацювання приводу і сталому уповільненню
4. Допоміжна гальмівна система	Ефективність гальмування	У дорожніх умовах по сталому уповільненню
5. Інерційний гальмівний привід	Правильність регулювання	За величиною вільного ходу пристрою управління на відчепленому причепі

Продовження табл. 2.3

1	2	3
6. Гальмівний привід	Регулювальник гальмівних сил	Тиск на контрольному виводі або параметр, встановлений виробником
	АБС	По сигналізаторах АБС У дорожніх умовах по збереженню стійкості ТЗ при гальмуванні
	Система сигналізації і манометри	По адекватності спрацювання світлових сигналізаторів і свідчень манометрів
	Герметичність гальмівного приводу і тиск на контрольних виводах	Органолептичний контроль, вимір величин і падіння тиску за встановлений час
7. Рульове керування	Зміна зусилля при повороті рульового колеса і його обмеження	Органолептичний контроль
	Сумарний люфт в рульовому управлінні	Вимір приладом при опорі ТЗ на керовані колеса
	Деталі кріплення і фіксації положення, рухливість рульової колонки, рульового механізму і деталей рульового приводу	Органолептичний контроль (для деталей рульового приводу - з можливою силовою дією на керовані колеса при їх установці на стенд)
	Натягнення ремня приводу насоса гідропідсилювача	Вимір прогину під впливом фіксованого зусилля
Підтікання робочої рідини з гідропідсилювача	Органолептичний контроль	
8. Фари	Положення і форма світлового пучка в режимі "ближнє світло"	На робочому майданчику з використанням приладу і орієнтуючого пристосування або матового екрану
	Сила світла по верхніх і нижніх межах світлового пучка в режимі "ближнє світло"	Вимір на робочому майданчику з використанням приладу і орієнтуючого пристосування
	Сила далекого світла	Вимір на робочому майданчику з використанням приладу і орієнтуючого пристосування
	Положення і форма світлового пучка протитуманних фар	На робочому майданчику з використанням приладу і орієнтуючого пристосування

Продовження табл. 2.3

1	2	3
	Сила світла протитуманних фар по верхній і нижній межах світлового пучка	Вимір на робочому майданчику з використанням приладу і орієнтуючого пристосування
9. Сигнальні ліхтарі	Відмінності в силі світла парних симетрично розталованих сигнальних ліхтарів	Органолептичний контроль
	Включення і режими роботи	Органолептичний контроль
	Сила світла	Вимір з використанням приладу для перевірки сигнальних ліхтарів
10. Колеса і шини	Комплектування шинами і установка коліс	Органолептичний контроль
	Висота малюнка протектора шин	Вимір за допомогою пристосування або контроль по індикаторах зносу
	Місцеві uszkodження шин	Органолептичний контроль
	Наявність і затягування гайок кріплення коліс	Органолептичний контроль, при необхідності вимір динамометричним ключем
	Тріщини дисків і обіддя, порушення форми і розмірів кріпильних отворів	Органолептичний контроль
11. Двигун	Зміст шкідливих речовин в газах, що відпрацювали	Вимір на швидкісних режимах за допомогою газоаналізатора або димоміра
	Відсутність підтікань палива	Органолептичний контроль
	Герметичність газової системи живлення	Вимір за допомогою течешукача
	Відсутність витоків в системі випуску	Органолептичний контроль
	Роз'єднання в системі вентиляції картера	Органолептичний контроль
12. Склоочисники і склоомивача	Наявність склоочисників і склоомивачів	Органолептичний контроль
	Частота переміщень щіток по склу	Вимір за допомогою секундоміра
	Забезпечення подачі води	Органолептичний контроль
13. Скло і оглядовість	Укомплектованість ТЗ дзеркалами заднього виду	Органолептичний контроль
	Відсутність тріщин на склі	Органолептичний контроль

Продовження табл. 2.3

1	2	3
	Наявність предметів, що обмежують огляд водієві	Органолептичний контроль
	Світлопроникність скла	Вимір за допомогою приладу
	Пристрої обігріву скла	Органолептичний контроль
14. Комплектність АТЗ	Наявність аптечки, знаку аварійної зупинки, упорів противідкатів, вогнегасників, надколісних брудозахисних пристроїв	Органолептичний контроль
	Кольорографічні схеми забарвлення, спеціальні світлові і звукові сигнальні прилади	Органолептичний контроль
	Наявність на автобусах додаткового вогнегасника, упору противідкату, позначень аварійних виходів	Органолептичний контроль
	Задні захисні пристрої, бампери	Органолептичний контроль
15. Кріплення складових частин і приладдя	Кріплення запасного колеса, акумуляторної батареї, вогнегасників	Органолептичний контроль
	Кріплення поручнів в автобусах	Органолептичний контроль
16. Сидіння і ремені безпеки	Кріплення сидінь	Органолептичний контроль
	Робота механізмів подовжнього регулювання і фіксації положення сидінь	Органолептичний контроль з приведення механізму в дію
	Висота підголовників	Вимір лінійкою
	Дефекти ременів безпеки	Органолептичний контроль
17. Спідометри і тахографи	Адекватність свідчень спідометра	Органолептичний контроль з приведенням спідометра в дію
	Адекватність свідчень тахографа	Органолептичний контроль з приведенням тахографа в дію
	Метрологічна перевірка і пломбування тахографа	Органолептичний контроль
18. Підвіска і карданна передача	Затягування болтових з'єднань	Органолептичний контроль
	Руйнування деталей	Органолептичний контроль

Продовження табл. 2.3

1	2	3
19. Замки дверей, замки бортів і горловини, вимикачі	Працездатність замків дверей, замків бортів і горловини	Органолептичний контроль з приведенням замків в дію
	Аварійний вимикач дверей, пристрої приведення їх в дію і сигнал вимоги зупинки автобусів	Органолептичний контроль з приведенням в дію вузлів, що перевіряються
	Протиугонний пристрій	Органолептичний контроль
20. Каплепадіння	Наявність каплепадіння робочих рідин або масел	Органолептичний контроль
21. Маркування АТЗ	Державні реєстраційні знаки	Органолептичний контроль
	Таблички виробника і заводські номери агрегатів	Органолептичний контроль і перевірка достовірності за допомогою приладу
	Маркування газових балонів	Органолептичний контроль

Після визначення укрупненого складу агрегатів, систем і вузлів, що діагностуються з метою забезпечення безпеки дорожнього руху, по кожному з них може бути сформована оптимальна за чисельністю сукупність діагностичних параметрів.

2.6 Висновки до розділу 2

За результатами виконаних у другому розділі досліджень встановлено методичні аспекти оцінювання параметрів надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації. Отже поставлені завдання для цього розділу виконані.

РОЗДІЛ 3.

МЕТОДИКА ТА ПРАКТИКА ПОКРАЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РУХУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІ

3.1 Моделювання роботи системи автоматичного регулювання керованих коліс автобуса

Положення передніх коліс визначається кутами їх установки і нахилами шворнів поворотних цапф. Правильна установка передніх коліс сприяє збереженню шин, зменшує знос деталей переднього моста завдяки зниженню динамічних навантажень, що діють на них, а також забезпечує стабілізацію коліс, тобто прагнення їх повернутися після повороту в положення, відповідне прямолінійному руху автомобіля. Стабілізація коліс досягається наявністю подовжнього і поперечного нахилу шворнів. Установка передніх коліс і шворнів поворотних цапф визначається кутом розвалу і сходження коліс, кутом подовжнього і поперечного нахилу шворнів.

Кут розвалу α - кут між вертикальною площиною і площиною переднього колеса, нахиленого в зовнішню сторону. Цей кут необхідний для того, щоб колесо при русі автомобіля займало вертикальне положення. При русі автомобіля під дією навантаження відбувається деякий прогин деталей, що визначають положення передніх коліс, наявні зазори в підшипниках і втулках шворнів вибираються відповідним чином і колесо займає майже вертикальне положення. Враховується також і деяке закруглення поверхні дорожнього полотна. Розвал коліс впливає в основному на рівномірність зносу протекторів шин. Кут розвалу вважається позитивним, якщо верхні точки площини колеса нахилені назовні, і негативним, якщо вони нахилені всередину. Величина кута розвалу коліс у автомобілів різних моделей складає 0-1,5 градуса.

Кут поперечного нахилу шворня β - кут між вертикаллю і віссю шворня (верхня частина якого відхилена всередину) - сприяє стабілізації передніх коліс автомобіля. Завдяки поперечному нахилу шворня при повороті автомобіля відбувається невеликий підйом передньої частини рами над віссю. Тому під дією маси автомобіля колесо прагне повернутися в положення, відповідне прямолінійному руху. Крім того, наявність поперечного нахилу шворня зменшує величину плеча між точкою перетину геометричної осі шворня з дорогою і точкою опори колеса, завдяки чому скорочується величина моменту, який необхідно прикласти при поверненні колеса, а отже, зменшується зусилля, що витрачається водієм на управління автомобілем. Величина кута поперечного нахилу шворня для автомобілів різних моделей складає 2,5-8 градусів.

Кут подовжнього нахилу шворня φ - кут між вертикаллю і віссю шворня (верхня частина якого відхилена назад) - сприяє збереженню прямолінійного руху автомобіля. Завдяки тому, що верхня частина шворня відхилена назад, а нижній кінець винесений вперед щодо вертикалі, точка перетину його осі з дорогою лежить попереду точки дотику колеса з дорогою. В результаті цього при повороті колеса з'являється стабілізуючий момент, прагнучий повернути колесо в площину його кочення, що значно полегшує керування автомобілем. Величина реактивного моменту визначається як добуток бічної реакції від відцентрової сили на плече. Величина кута подовжнього нахилу шворня для автомобілів різних моделей коливається від 0 до 3 градусів.

Сходження коліс – поворот передніх коліс на деякий кут θ всередину (рис. 3.1), унаслідок чого відстань між обіддям коліс попереду осі менша, ніж ззаду. Сходження коліс необхідне для того, щоб забезпечити їх паралельне кочення. Сила опору коченню, що виникає при русі автомобіля, прагне повернути кожне колесо назовні, при цьому вибираються зазори і обидва колеса котяться паралельно один одному без прослизання. Правильне сходження коліс є обов'язковою умовою хорошого збереження шин. У автомобілів різних марок величина сходження коліс складає 1,5-10 мм.

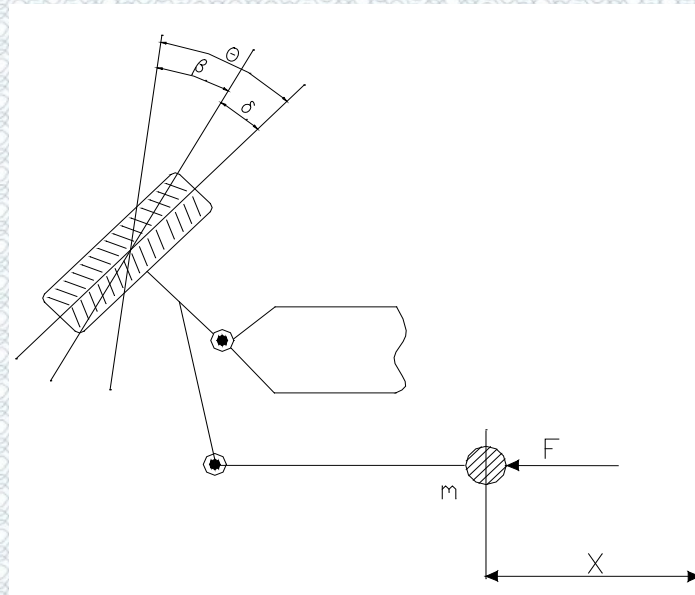


Рисунок 3.1 – Схема визначення кута сходження керованих коліс

Якщо для керованих коліс в даний момент часу реалізується кут сходження θ , відмінний від нуля, то кожне з коліс котиться з кутом відведення $\theta = \delta/2$. Бічна реакція, що виникає при цьому, є нелінійною функцією кута відведення. Для малих кутів відведення (до 2-3 градусів), які мають місце в процесі експлуатації, залежність бічної реакції від кута відведення може бути з достатньою точністю прийнята лінійною

$$Y = K_y \cdot \delta, \quad (3.1)$$

де K_y – коефіцієнт опору відведенню.

Дослідженнями встановлено, що між величиною зносу і бічною реакцією, як наслідком неправильного кута сходження, існує статична залежність з показником ступеня, близьким до трьох. За величиною і напрямком дії бічної реакції можна судити про кути установки керованих коліс. В даний час бічна реакція як діагностичний параметр визнана як основний критерій правильності установки керованих коліс.

Для перевірки і регулювання кутів установки керованих коліс в основному широко застосовують переносні прилади і стаціонарні стенди. Переносні прилади застосовують в невеликих автогосподарствах, оскільки вони дешеві і прості в експлуатації. За принципом дії вони діляться на механічні (лінійки для виміру сходження і розвалу) і рідинні (різної конструкції). До недоліків переносних приладів слід віднести їх невисоку точність.

У великих автогосподарствах і на станціях техобслуговування застосовуються стаціонарні стенди. За принципом дії їх поділяють на механічні, оптичні, електрооптичні, барабанні і проїзні. На механічних стендах кути установки вимірюються приладами і індикаторами. Ці стенди зручні в роботі, прості по конструкції, надійні і довговічні, в порівнянні з іншими типами стендів, але відрізняються невисокою точністю вимірювань.

На оптичних стендах кути заміряються за допомогою дзеркал, закріплених на керованих колесах, і мікроскопів, що встановлених на стендах і мають вимірювальні шкали. На електрооптичних стендах вимірювання проводяться за допомогою променя світла, що виходить з проекційного ліхтаря. На електричних стендах кути заміряють за допомогою електричних датчиків, вимірювання проводять на екранах електронно-променевої трубок. Останні три типи стендів характеризуються підвищеною точністю вимірювань, тому нерідко використовуються і для проведення наукових досліджень. Разом з тим вказані стенди складні з погляду конструкції, вимагають високої кваліфікації оператора, мають велику кількість елементів, що вимагають обережного поводження, дорогі у виготовленні.

Недолік способу установки кута сходження, що реалізовується при застосуванні всіх приладів і стендів, полягає в тому, що встановлений у такий спосіб кут сходження є оптимальним для одного або декількох режимів руху транспортного засобу. Для більшості режимів руху встановлений кут сходження коліс є неоптимальним. Це особливо істотно для такого важливого режиму, як режим гальмування.

В даний час створена велика кількість стендів і пристроїв, на яких при установці кутів сходження керованих коліс враховується вплив на ці кути подовжніх і поперечних сил, що діють на колеса.

Загальна схема пристрою для вимірювання і регулювання кута сходження керованих коліс автомобіля подана рис. 3.2. Пристрій забезпечений втулкою, жорстко з'єднаною з маточиною керованого колеса і встановленою на цапфі керованого колеса з можливістю осьового переміщення і взаємодії з відповідним датчиком бічних сил, а система керування електрично з'єднана з обома зовнішніми і внутрішніми нерухомими контактами реле.

На цапфі 1 встановлена втулка 2, жорстко з'єднана з маточиною 3 керованого колеса 4, яка має можливість осьового переміщення. До торця цапфи 1 прикріплений датчик 5, що складається з підпружиненого штовхача 6, внутрішньої і зовнішньої обмотки датчика 5. Обмотки датчика 5 з'єднані з системою керування, що включає електромагніт 9 і джерело живлення 10, підключене через 11 до обмоток електромагніту 9. Реверсивний механізм зміни робочої довжини поперечної рульової тяги 12 включає гідроциліндр 13, з'єднаний з гідророзподільником 14, зв'язаним з електромагнітом 9, гідронасосом 15, запобіжним клапаном 17, гідроаккумулятором 16 і баком 18.

При прямолінійному русі транспортного засобу з оптимальним сходженням, тобто коли площини обертання керованих коліс паралельні, унаслідок відсутності бічних сил рухомий штовхач 6 з внутрішньою обмоткою датчика 5 займає середнє положення щодо зовнішньої обмотки датчика 5, роз'єднуючи тим самим коло обмоток електромагніту 9. При цьому гідророзподільник 16 знаходиться в нейтральному положенні і замикає обидві порожнини гідроциліндра 13. Робоча довжина поперечної рульової тяги 12 залишається постійною. У разі відхилення сходження від оптимального керовані колеса разом з втулками 2 переміщуються уздовж цапфи 1 назустріч один одному або в протилежному напрямі залежно від знаку відхилення сходження від оптимального.

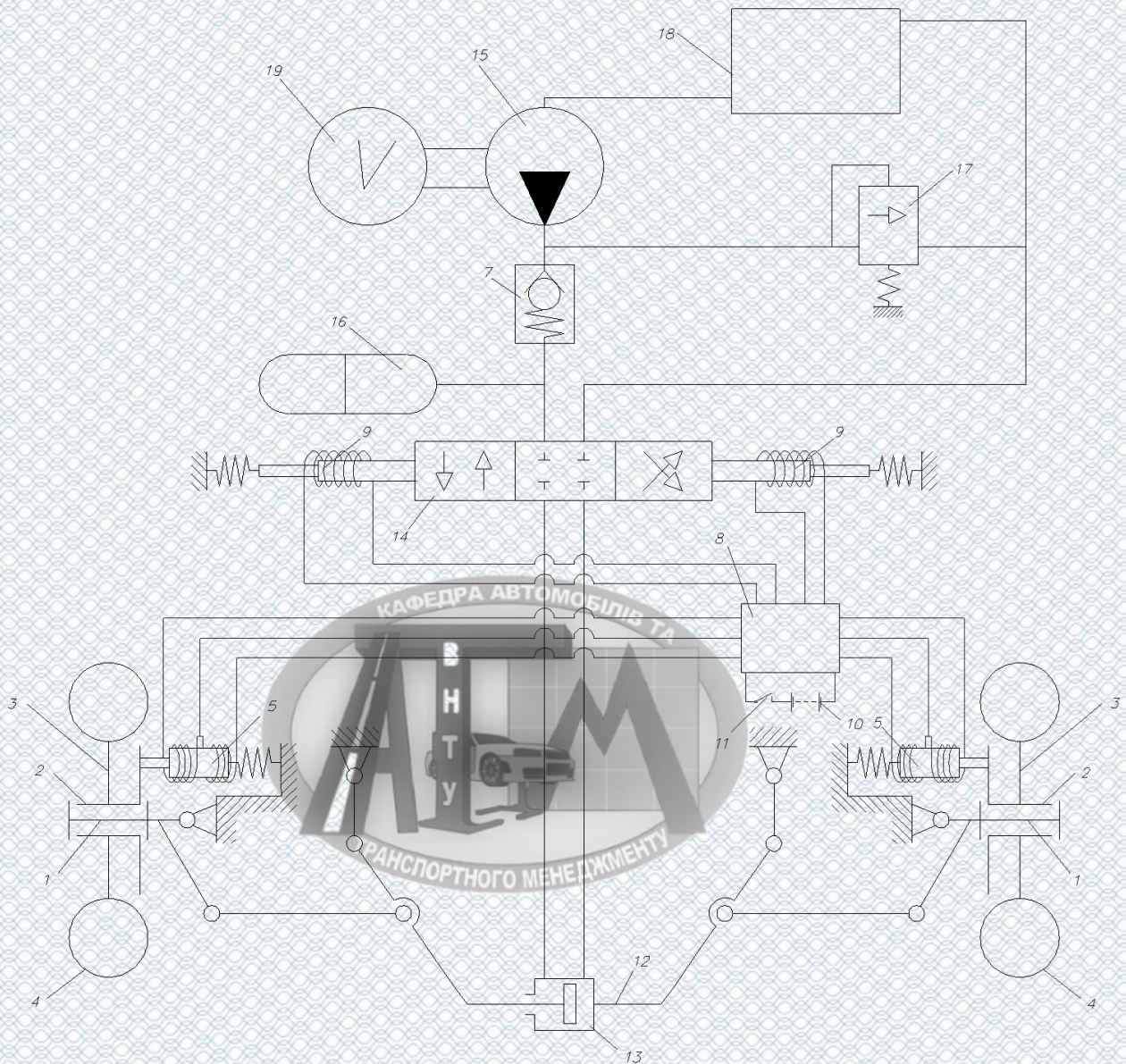


Рисунок 3.2 – Загальна схема пристрою для вимірювання і регулювання кута сходження керованих коліс автомобіля

Втулки 2, впливаючи на штовхачі 6 переміщують внутрішню обмотку датчика 5 щодо зовнішньої обмотки датчика 5, видаючи сигнал про порушення рівноваги струмів на керуючий пристрій 8. При цьому парні обмотки електромагніту 9 виявляються під напругою, викликаючи переміщення гідророзподільника 14 у відповідному напрямі. В результаті цього гідроциліндр 13 змінює робочу довжину поперечної рульової тяги 12, відновлюючи

паралельність площин обертання керованих коліс від середнього положення, відповідного оптимальному сходженню, визначається параметрами порівняння, закладеними в керуючому пристрої 8.

При русі транспортного засобу на повороті під дією виникаючих бічних сил керовані колеса 4 разом з маточинами 3 і втулками 2 переміщуються уздовж цапф 1 в одному напрямі. Втулки 2, взаємодіючи з штовхачами 6 переміщують внутрішні обмотки датчиків 5 в одному напрямі. Електричний струм при цьому не проходить по обмоткам електромагніту 9. гідророзподільник 14 знаходиться в нейтральному положенні, а робоча довжина поперечної рульової тяги 12 не змінюється.

Таким чином, пропонований пристрій при прямолінійному русі транспортного засобу дозволяє автоматично зберегти з необхідною точністю паралельність площин обертання керованих коліс і не перешкоджає нормальному повороту керованих коліс при русі транспортного засобу на повороті. Крім того, даний пристрій має істотні переваги: регулювання кута сходження проводиться у функції бічних сил, визнаний в даний час як основний критерій оцінки правильності установки керованих коліс; пристрій є самоналагоджувальним на «нуль» в початковий момент; ефективність роботи не знижується при випадкових деформаціях рульового приводу.


Математичний опис моделі можна представити таким чином. При повороті керованого колеса разом з ним в русі бере участь сукупність відомих, пов'язаних з ним елементів рульового приводу, зокрема переміщення в просторі здійснює поперечна тяга, точніше, в нашій моделі та її половина, яка пов'язана з даним колесом. Вельми малим поперечним переміщенням тяги можна нехтувати, розглядатимемо тільки її подовжнє переміщення. До цієї тяги виконаємо приведення мас і моментів інерції всіх деталей, що беруть участь в русі і позначимо отриману приведену масу m .

На цю масу діють з одного боку зусилля F , що розвивається виконавчим механізмом, з іншої - сила непружного опору, приведена до поперечної тяги. Ця

сила викликана тертям між шиною і дорогою, в шарнірах рульового приводу, в поворотному пристрої. Позначимо останню F_c . Таким чином, як перше рівняння системи, що описує роботу пристрою автоматичного регулювання сходження керованих коліс, запишемо рівняння руху динамічної ланки моделі у вигляді

$$m \cdot X = F - F_c. \quad (3.2)$$

Зусилля F , що створюється виконавчим механізмом і що діє на масу m , в першому розгляді прийемо як лінійно пов'язане із значенням бічної сили Y , що діє на кероване колесо. Зробивши також допущення про лінійний зв'язок між бічною силою Y і поперечним переміщенням X_k колеса, отримуємо



$F = -C \cdot Y = -C_1 \cdot X_k.$ (3.3)

Тут C_1 - коефіцієнт пропорційності, регулюючий ступінь зростання зусилля виконавчого механізму у зв'язку з поперечним переміщенням колеса.

Сила опору, що виникає унаслідок тертя, приймається у вигляді сили в'язкого тертя

$$F_c = -k \cdot X', \quad (3.4)$$

де k – коефіцієнт непружного опору.

Враховуючи це, диференціальне рівняння запишеться у вигляді

$$m \cdot X'' = -C_1 \cdot X_k - k \cdot X'. \quad (3.5)$$

Ще одне диференціальне рівняння, те, що входить в систему диференціальних рівнянь, що описує процеси регулювання кута сходження


керованих коліс, дає зв'язок швидкості поперечного переміщення колеса із значенням швидкості зміни кутів повороту керованих коліс автомобіля

$$X'_k = V_a \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (3.6)$$

Тут X'_k – швидкість поперечного зміщення колеса; β – кут повороту колеса з урахуванням кута відведення, тобто кут, який визначає фактичний напрямок траєкторії руху колеса; V_a – швидкість автомобіля.

В свою чергу $\beta = \theta + \delta$, де θ – кут повороту колеса; δ – кут відведення шини.

Зв'язок кута відведення з поперечною силою розглядається як лінійний



$$\delta = C_y \cdot Y. \quad (3.7)$$

В межах малих кутів повороту керованих коліс вважаємо їх пропорційними переміщенню поперечної тяги рульового приводу.

$$\theta = C_2 \cdot X. \quad (3.8)$$

Отримуємо таку систему диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} m \cdot X'' = -C_1 \cdot X_k - k \cdot X'; \\ X'_k = V_a \cdot \operatorname{tg} (C_2 \cdot X - C_3 \cdot X_k). \end{cases} \quad (3.9)$$

Тут $C_3 = C_y \cdot C_1$.

Для вирішення отриманої системи рівнянь чисельними методами на ЕОМ перетворимо її в систему диференціальних рівнянь першого порядку; в

результаті цього перетворення приходимо до системи трьох диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} V' = -(C_1 \cdot X_k + k \cdot X')/m; \\ X' = V; \\ X_k' = V_a \cdot \text{tg}(C_2 \cdot X - C_3 \cdot X_k). \end{cases} \quad (3.10)$$

Завдання вирішувалося засобами програмного комплексу Mathcad.

Під час моделювання роботи системи автоматичного регулювання керованих коліс автомобіля розглядалась залежність кута β (кут повороту колеса з урахуванням кута відведення) від таких параметрів: початкове S1 – переміщення приведеної маси m ; m – приведена маса; початкове S2 – поперечне переміщення X_k колеса; величина зазору – зона нечутливості; величина повертаючої сили; закон повертаючої сили.

Результати моделювання подані на рис. 3.3-3.9.

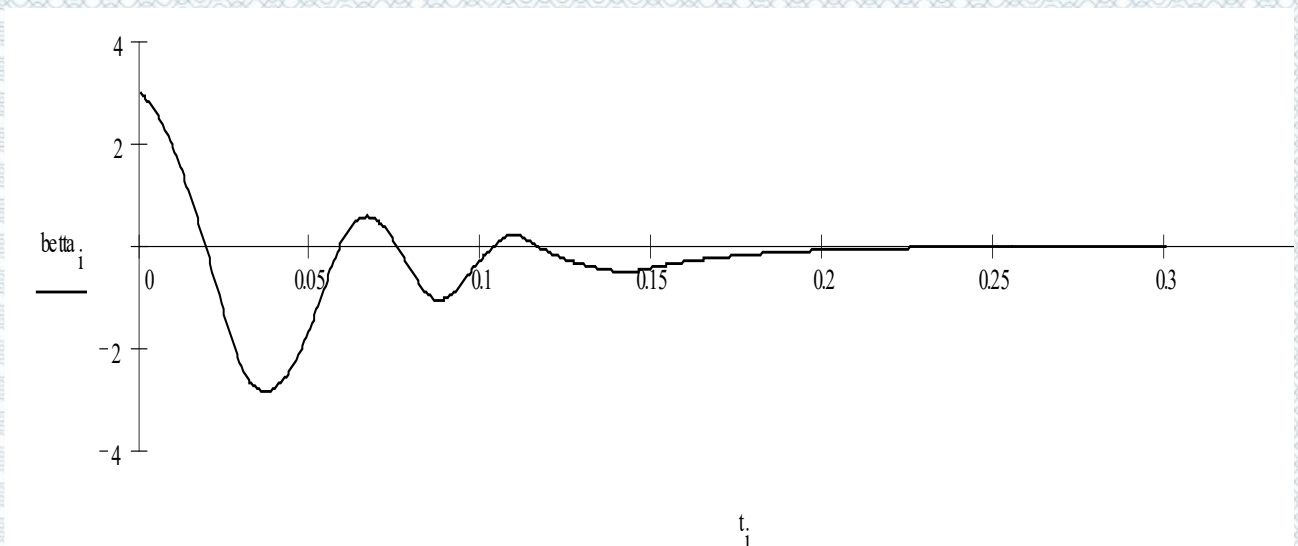
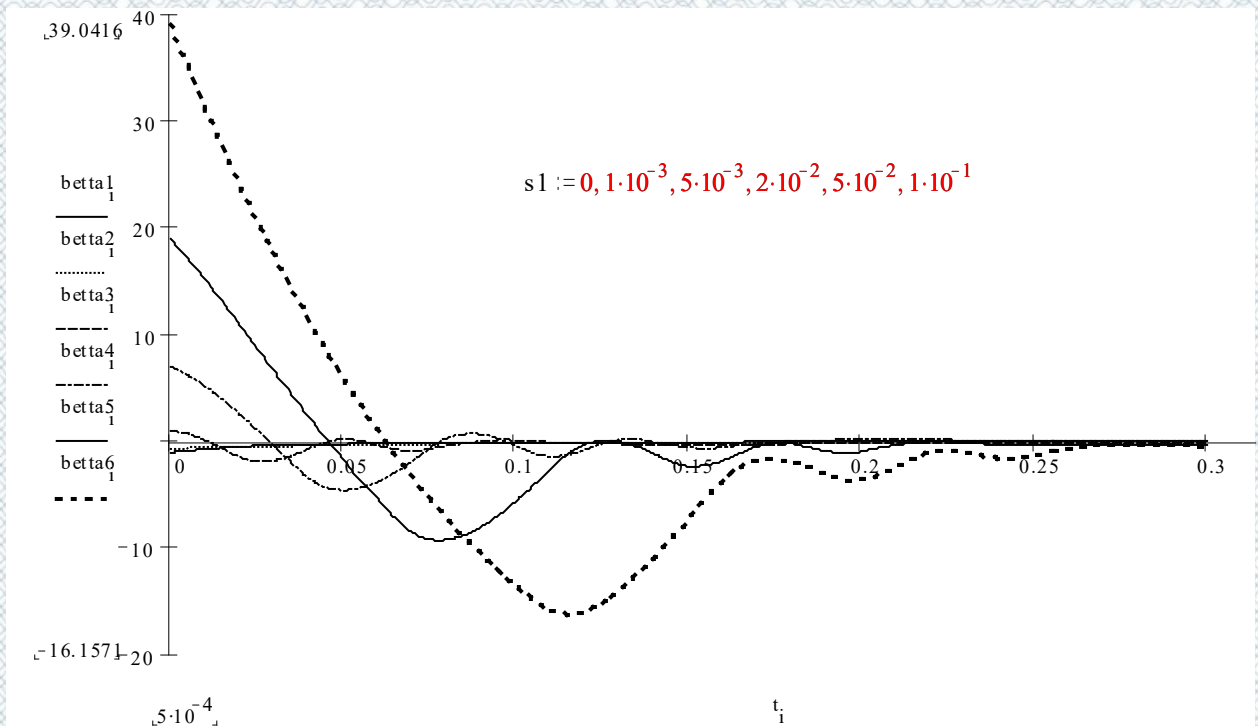
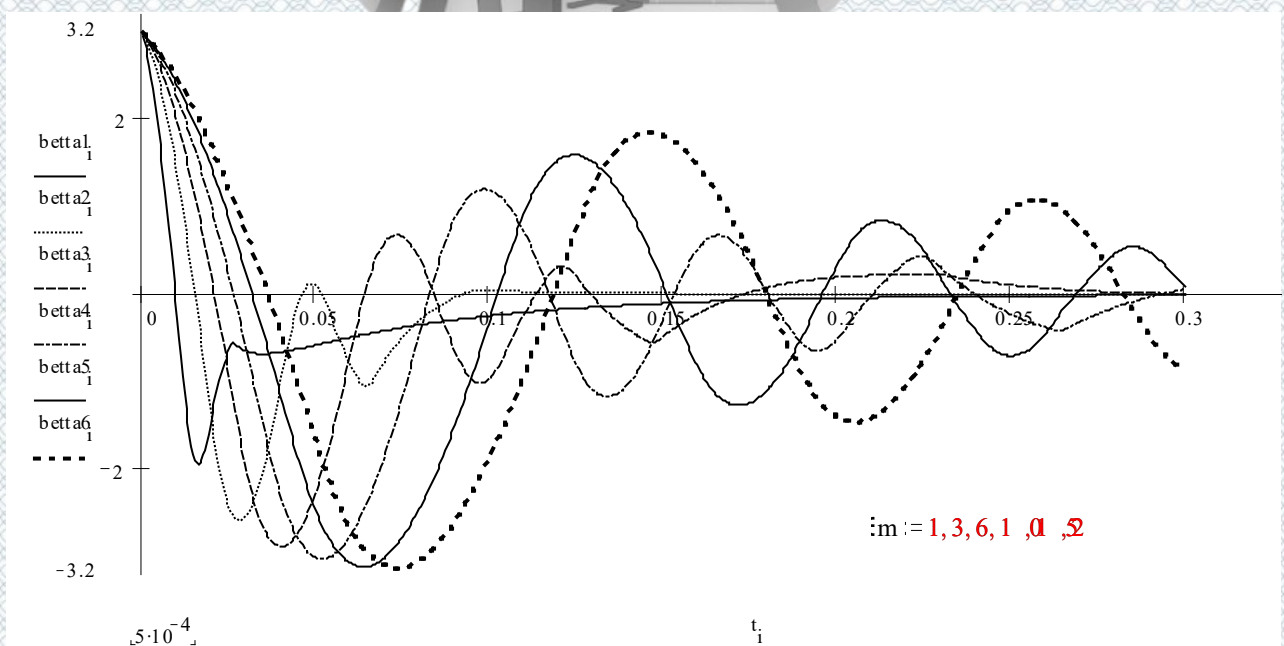


Рисунок 3.3 – Графік з початковими умовами

Рисунок 3.4 – Графік впливу початкового S_1 Рисунок 3.5 – Графік впливу приведеної маси m

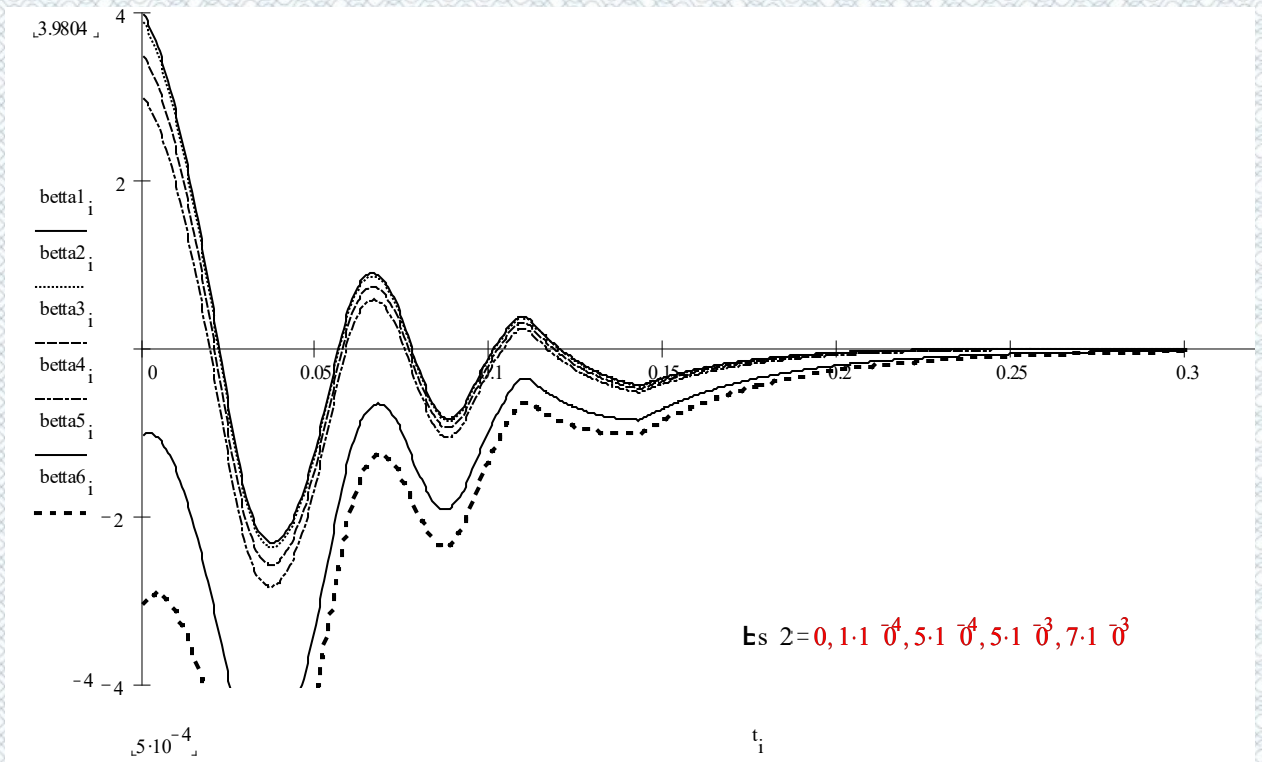
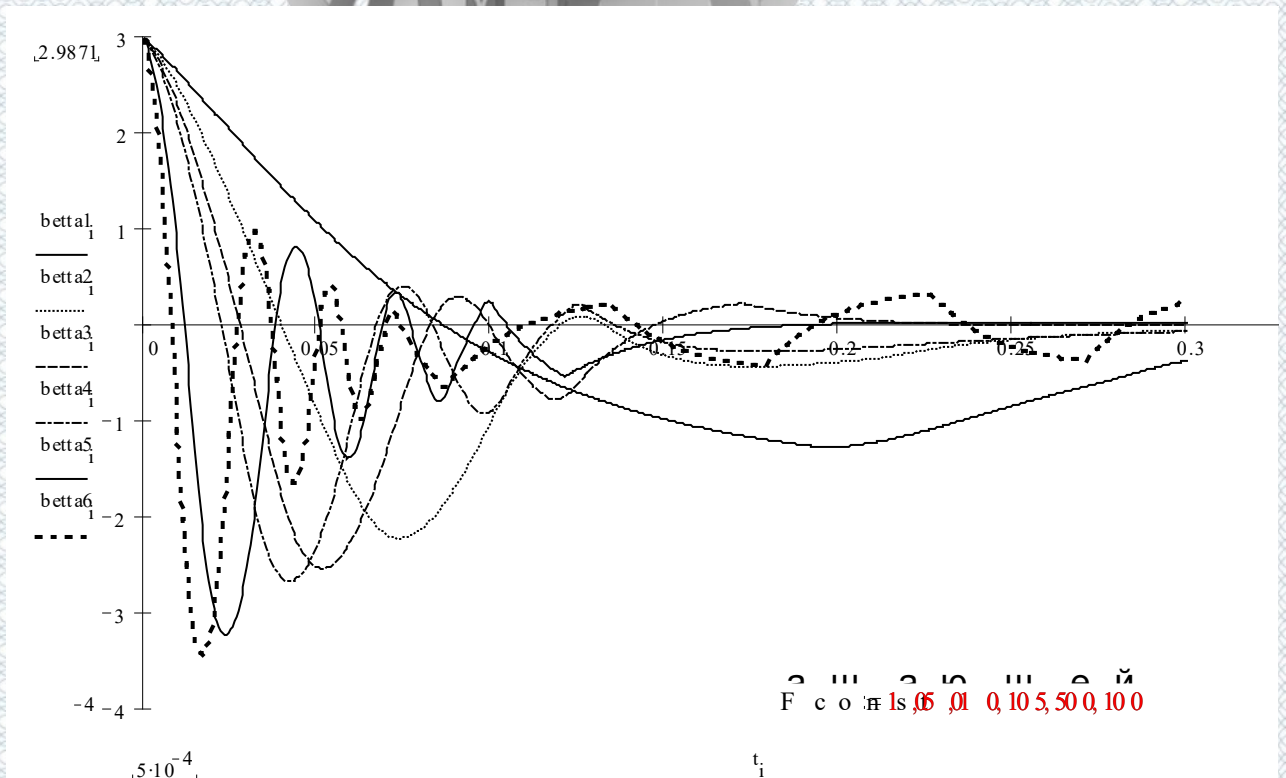
Рисунок 3.6 – Графік впливу початкового S_2 

Рисунок 3.7 – Графік впливу величини повертаючої сили

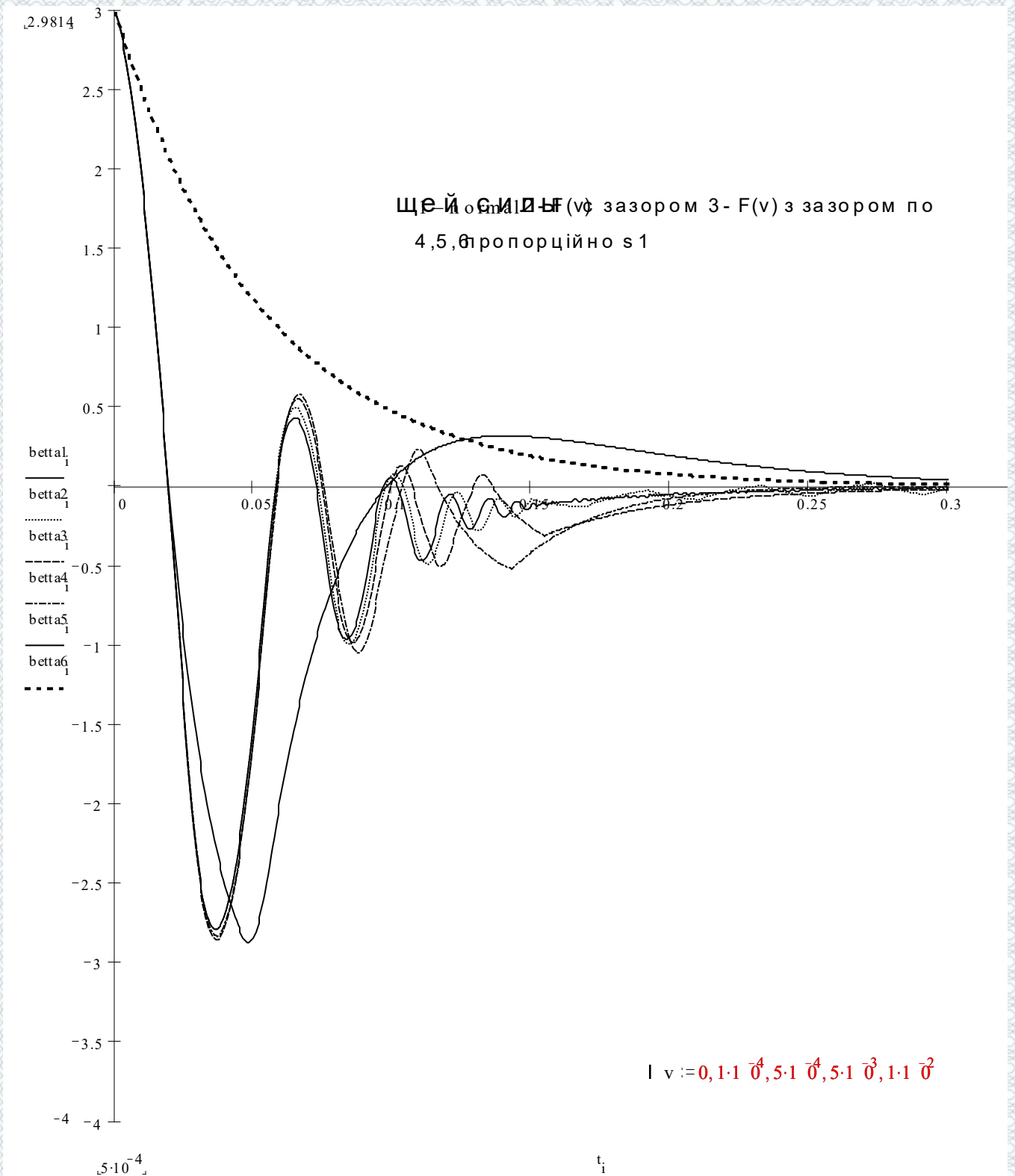


Рисунок 3.8 – Графік впливу величини зазору

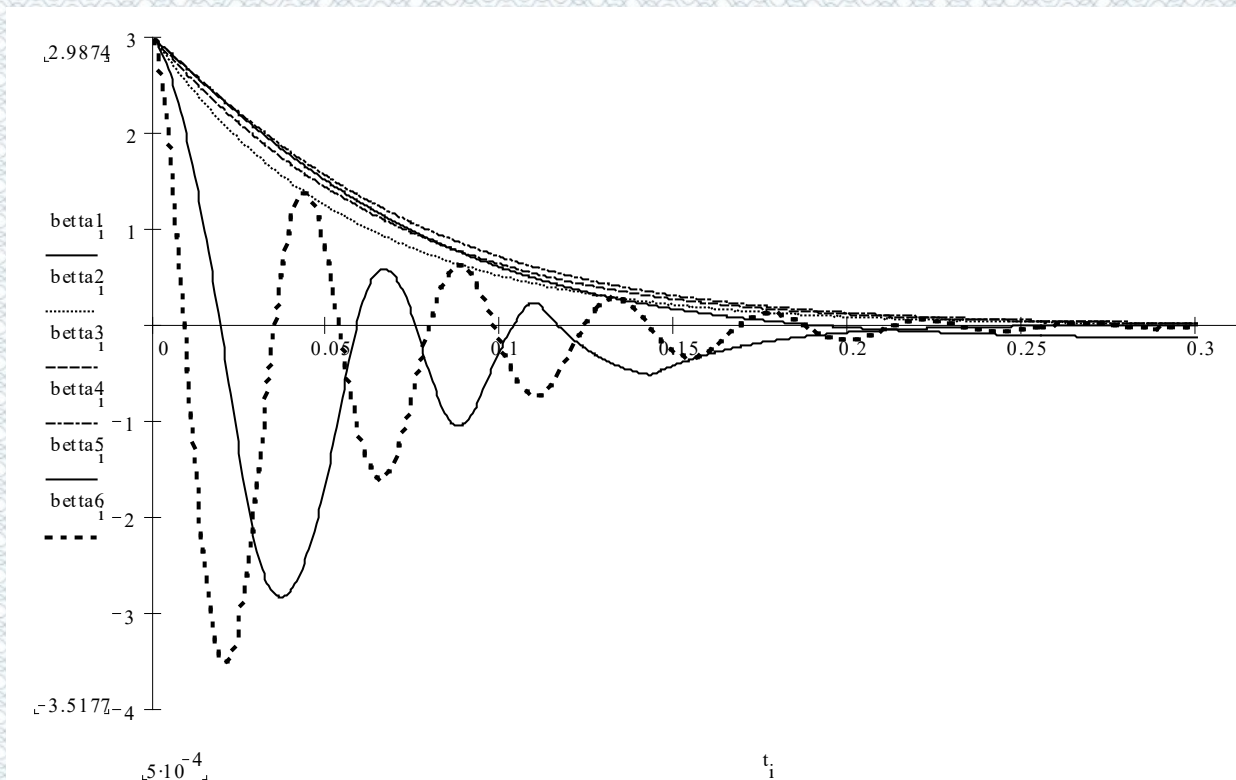


Рисунок 3.9 – Графік впливу закону повертаючої сили

Аналізуючи отримані залежності, можна виявити такі тенденції:

- при збільшенні швидкості автомобіля процес стабілізації кута сходження відбувається швидше;
- при зменшенні коефіцієнта опору бічного відведення процес стабілізації керованих коліс сповільнюється;
- зменшення маси прискорює процес стабілізації;
- наявність зазору в характеристиці $F(S)$ сприятливо позначається на процесі регулювання (час загасання не міняється, зменшується частота коливань);
- при виборі повертаючої сили надмірне збільшення її постійного значення не дає бажаного ефекту;
- при виборі закону дії повертаючої сили кращим варіантом є:
 $F(S) = const$ при $|S| \geq zazor$, $F(S) = 0$ при $|S| < zazor$.

3.2 Забезпечення ефективності гальмівних властивостей автобусів в умовах експлуатації

Згідно Правил дорожнього руху України експлуатація транспортних засобів з несправною гальмовою системою заборонена. Але в практиці можливі випадки, коли несправності гальмової системи виникають в дорозі. В такій ситуації рух автомобіля до найближчого технічного сервісу необхідно здійснювати з безпечною швидкістю тобто такою, що дозволяє зупинити автомобіль не створюючи аварійної ситуації.

Аналіз несправностей гальмової системи автобуса Neoplan N516 дозволяє виділити такі випадки її роботи в процесі експлуатації:

1. Гальмують усі колеса автомобіля, тоді його сповільнення на горизонтальній дорозі можна визначити за формулою

$$j = g \cdot \varphi, \quad (3.11)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²;

φ – коефіцієнт зчеплення.

2. Не гальмує одне переднє колесо

$$j = \frac{(L + a) \cdot g \cdot \varphi}{2L + h_g \cdot \varphi}, \quad (3.12)$$

де L – база автомобіля, м;

a – відстань від центру мас до передньої осі автомобіля, м.

h_g – висота центру мас, м.

3. Не гальмує одне заднє колесо

$$j = \frac{(L+b) \cdot g \cdot \varphi}{2L - h_g \cdot \varphi}, \quad (3.13)$$

де b – відстань від центру мас до задньої осі автомобіля, м.

4. Гальмує тільки одне переднє колесо

$$j = \frac{b \cdot g \cdot \varphi}{2L - h_g \cdot \varphi}. \quad (3.14)$$

5. Гальмує тільки одне заднє колесо

$$j = \frac{a \cdot g \cdot \varphi}{2L + h_g \cdot \varphi}. \quad (3.15)$$

6. Гальмують тільки передні колеса

$$j = \frac{b \cdot g \cdot \varphi}{L - h_g \cdot \varphi}. \quad (3.16)$$

7. Гальмують тільки задні колеса

$$j = \frac{a \cdot g \cdot \varphi}{L + h_g \cdot \varphi}. \quad (3.17)$$

8. Гальмують колеса тільки однієї сторони

$$j = \frac{g \cdot \varphi}{2}. \quad (3.18)$$

В якості критеріїв ефективності гальмування приймається гальмовий шлях і сповільнення автомобіля. Відповідно до діючого в Україні ДСТУ 3649:2010 гальмовий шлях будемо визначати за формулою

$$S_{\Gamma} = \frac{v_0}{3,6} (\tau_{cn} + 0,5\tau_H) + \frac{v_0^2}{26j_{уст}}, \quad (3.19)$$

де v_0 – початкова швидкість гальмування, км/год;

τ_{cn} – проміжок часу від початку гальмування ТЗ до моменту виникнення сповільнення (гальмівної сили), с;

τ_H – тривалість наростання сповільнення, с;

$j_{уст}$ – усталене сповільнення ТЗ, м/с².

Сповільнення – за формулами (3.11)-(3.18).

Автобус Neoplan N516 має одне із широко розповсюджених на сьогодні компоновальних рішень – компоновання автобуса з задніми ведучими і передніми керованими колесами. База автобуса складає $L = 5800$ мм.

Тоді для даного автобуса координати центру мас будуть

$$a = (0.65 \dots 0.7) \cdot L = 0.678 \cdot 5800 = 3932 \text{ мм.}$$

$$b = L - a = 5800 - 3932 = 1868 \text{ мм.}$$

Координата центру мас по висоті

$$h_g = (0.25 \dots 0.26) \cdot L = 0.254 \cdot 5800 = 1473 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт зчеплення для сухого асфальтобетону – $\varphi = 0,7$.

Час запізнення спрацьовування гальмового приводу – 0,2 с.

Час наростання сповільнення – 0,4 с.

Початкова швидкість гальмування – 40 км/год.

Розглянемо характерні випадки, отримані результати зведемо в табл. 3.1 і проаналізуємо.

Таблиця 3.1 – Аналіз результатів гальмівної ефективності

Несправність	Усталене сповільнення, м/с ²	Коефіцієнт втрати ефективності	Гальмовий шлях, м	Коефіцієнт втрати ефективності
–	6,867	1,000	13,434	1,000
Не гальмує одне переднє колесо	5,291	0,771	16,111	1,199
Не гальмує одне заднє колесо	4,982	0,725	16,835	1,253
Гальмує тільки одне переднє колесо	1,213	0,177	55,314	4,118
Гальмує тільки одне заднє колесо	2,138	0,311	33,318	2,480
Гальмують тільки передні колеса	2,689	0,392	27,397	2,039
Гальмують тільки задні колеса	3,953	0,576	20,060	1,493
Гальмують тільки колеса однієї сторони	3,434	0,500	22,423	1,669

Як видно з цієї таблиці найбільша втрата ефективності гальмування спостерігається у випадку, коли гальмує тільки одне переднє колесо; найменша – коли не гальмує одне переднє колесо. Крім того, присутня велика імовірність виникнення заносу автомобіля при гальмуванні внаслідок нерівномірного розподілу гальмових зусиль.

Стабільність роботи гальм автобуса впливає на розподіл енергії, що поглинається при гальмуванні, між окремими гальмовими механізмами.

На ринку запчастин до автомобілів сьогодні представлена продукція різних виробників. У зв'язку з цим приводяться результати оцінки властивостей

стабільності гальмових механізмів автобуса Neoplan N516, при комплектуванні їх гальмовими колодками, виготовленими фірмами виробниками (табл. 3.2).

При гальмуваннях на стенді витримувався постійний приводний тиск відповідно до Правил ЕЭК ООН №13. Усі гальмові колодки були прироблені. При іспитах на нагрівання був здійснений цикл, що складається з 15 послідовних гальмувань з однаковим інтервалом. Температура нагрівання у всіх колодок (до кінця 15-го гальмування) була практично однакова і складала 180-200°C.

Таблиця 3.2 – Оцінка величини гальмівного моменту гальмівного механізму

Виробник гальмівних колодок	Гальмівний момент M_T , Н-м			$\Delta M_{T \max}$ Н-м	$\delta M_{T \max}$
	1-е гальмування	10-е гальмування	15-е гальмування		
Ferodo	320	270	240	80	0,250
ОТА	370	240	200	170	0,459
Samko	540	360	320	220	0,407
АТЕ	440	280	240	200	0,454
Lucas	630	300	250	380	0,603
Математичне очікування	954	343	289	188	0,406
Средньостатистичне відхилення	±101	±76	±90	±94	0,171
Коефіцієнт варіації	±0,204	±0,223	±0,310	±0,502	±0,420

Таблиця 3.3 – Розрахункові значення коефіцієнта тертя μ

Виробник гальмівних колодок	Гальмівний момент M_T Н-м		
	1-е гальмування	10-е гальмування	15-е гальмування
Ferodo	0,470	0,429	0,400
ОТА	0,503	0,400	0,356
Samko	0,582	0,497	0,470
АТЕ	0,541	0,438	0,400
Lucas	0,610	0,454	0,410
Математичне сподівання	0,559	0,479	0,432
Середньостатистичне відхилення	±0,045	±0,051	±0,088
Коефіцієнт варіації	±0,08	±0,106	±0,204

Результати розрахунку, наведені в таблицях свідчать про те, що зміна коефіцієнта тертя на 8-20% спричиняє зміну гальмового моменту на 20-30%. А різниця між максимальним та мінімальним гальмовим моментом може складати 50 %.

3.3 Експлуатаційні заходи підвищення надійності

Умови експлуатації АТЗ сильно впливають на показники їхньої надійності й можуть звести нанівець будь-які досягнення конструкторів і технологів. У зв'язку із цим виконанню експлуатаційних заходів, що підвищують доремонтні й міжремонтні терміни служби АТЗ, повинне приділятися величезна увага.

Довговічність і безвідмовність АТЗ в експлуатації залежать від цілого ряду заходів, які необхідно дотримувати всім інженерно-технічним працівникам, механікам господарств і робітникам ремонтних підприємств.

Обкатування нових (відремонтованих) АТЗ у господарствах фактично закладають основи тривалої й безвідмовної роботи АТЗ і повинно проводитися протягом 50...60 год при поступовому підвищенні навантаження відповідно до рекомендацій заводів-виготовлювачів або ремонтних підприємств.

Організація технічного обслуговування й створення для його проведення необхідної бази — основні умови забезпечення надійної й економічної роботи парку рухомого складу.

Періодичність проведення технічного обслуговування АТЗ необхідно строго дотримувати незалежно від завантаження їх різними роботами. Робота на АТЗ без проведення встановлених технічних обслуговувань забороняється.

Рівень проведення технічних обслуговувань АТЗ значною мірою залежить від засобів і місця їхнього проведення й кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Найбільш високої ефективності використання рухомого складу й забезпечення його надійної роботи домоглися господарства, у яких організовані стаціонарні пункти технічного обслуговування і широко використовуються

необхідні мийне, мастильне, регулювальне, діагностичне устаткування, прилади й оснащення, засоби механізації робіт. Господарства, що не мають необхідної технічної бази, приймаються на комплексне технічне обслуговування підприємствами, на які також покладене й проведення періодичного технічного обслуговування автомобілів.

Проведення періодичних технічних оглядів і технічного діагностування стану АТЗ, складальних одиниць і агрегатів. Періодичні технічні огляди - складова частина загальної системи технічного обслуговування АТЗ. Їх проводять один-два рази в рік з метою контролю за рівнем експлуатації й зберіганням АТЗ, вибіркової перевірки їхнього технічного стану (особливо із застосуванням засобів технічної діагностики), організації й діяльності інженерної служби в господарстві, ведення технічної документації й ін. Проведення технічних оглядів АТЗ значною мірою поліпшує діяльність технічних служб і підвищує надійність використовуваної ними техніки.

Забезпечення нормального режиму роботи АТЗ, особливо в зимовий час, підвищує їхню довговічність. Перевантаження АТЗ (по навантаженню й швидкості), неправильні регулювання зазорів у підшипниках, шестірнях і інших з'єднаннях викликають порушення температурного режиму роботи поверхонь тертя деталей, умов мащення, що приводить до форсованого їхнього зношування.

Найбільш високі питомі навантаження на деталі АТЗ і вкрай погіршені умови їхні мащення спостерігаються при початкових запусках двигунів і включенні агрегатів трансмісій у холодну пору року (при температурі нижче 5 °С). Кілька хвилин такої роботи викликають зноси (які могли б з'явитися за десятки й навіть сотні годин нормальної експлуатації) і часто приводять до аварій.

Заходами, що забезпечують установлений тепловий режим роботи двигунів (температура масла 75...95 °С) і нормальні умови зимової експлуатації АТЗ, є: організація теплих стоянок; використання електричних підігрівників

масла; застосування системи повітряного підігріву АТЗ, що зберігаються на відкритих площадках, за допомогою теплогенераторів, газових пальників; подача підігрітої води безпосередньо до машин; використання антифризів і ін.

На роботу АТЗ негативно впливає перегрів двигунів, що спостерігається в жаркі місяці при погіршенні роботи складальних одиниць системи охолодження й утворенні в ній накипу, внаслідок перевантажень, порушення роботи паливної системи, неправильних регулювань і інших причин; перегрів двигунів викликає (так само як і охолодження при низьких температурах) форсоване зношування деталей, особливо циліндро-поршневої групи, газорозподільного й кривошипно-шатунного механізмів, а в ряді випадків може привести до аварійних дефектів (обриву клапанів, тріщин у головках і блоках циліндрів тощо). Ряд заводів-виготовлювачів забороняє при перегріві масла зупиняти двигун до встановлення в ньому нормальної температури. Щоб запобігти перегріву масла, необхідно усунути причини, що викликають цей дефект.

Дотримання встановлених правил зберігання АТЗ.

Основні експлуатаційні заходи, що забезпечують високу збережність техніки, особливо в періоди, вільні від роботи, і в осінньо-зимовий час: організація спеціальних приміщень і площадок із твердим покриттям, використання різних підставок і підкладок, очищення деталей від технологічних забруднень і ґрунту, нанесення на нефарбовані робочі й інші поверхні захисних мащень (НГ-203, НГ-204, ЦИАТИМ-202, СХК), своєчасне відновлення порушених лакофарбових покриттів, зберігання у закритих приміщеннях електроустаткування, гуми, приладів, робочих органів машин і ін.

Строге дотримання рекомендацій заводів-виготовлювачів по застосуванню палива, моторних масел і інших мастил. Не порушувати за період експлуатації встановлені для АТЗ строки зміни масел і мастил. Для зниження зносів деталей паливної апаратури й циліндро-поршневої групи варто заправляти якісне паливо.

Залежно від умов експлуатації (зима, літо) і зношування деталей АТЗ рекомендується застосовувати масла й паливо різних сортів і марок. При низьких температурах (від -20° до -35°C и нижче) до дизельного палива рекомендується додавати гас (10 %), а до дизельного масла – дизельне паливо (до 40 %).

Для збільшення терміну служби масла й зниження швидкості його старіння в нього додають противоокислювальні присадки, а з метою зниження відкладень нагару й лаків на деталях – миючі присадки.

Контроль і постійне дотримання необхідної герметизації агрегатів, складальних одиниць і систем АТЗ з метою попередження влучення в них абразиву для військової техніки – важливий фактор підвищення довговічності. Герметичність у більшості випадків порушується внаслідок ослаблення кріплень кришок під дією вібрацій, через низьку якість прокладочного матеріалу, зношування, несвоєчасної заміни чепцевих ущільнювачів, жолоблень корпусних деталей і їхніх площин рознімань і через інші причини.

Використання, обслуговування й ремонт техніки значно ускладнюються при багатомарочності машин, у результаті чого знижується їхня надійність. У зв'язку із цим необхідно прагнути до всілякого скорочення числа марок використовуваного рухомого складу.

3.4 Ремонтні заходи підвищення надійності

Ремонт АТЗ не самоціль, а являє собою досить важливу ланку в загальній системі підтримки рухомого складу в працездатному стані. При ремонті АТЗ одночасно можливі їхня модернізація й проведення заходів щодо підвищення довговічності. Основні шляхи рішення цього завдання наступні.

Забезпечення збереженості ремонтного фонду, що надходить на ремонтні підприємства. Досягається організацією відповідних складів і площадок. Особливу увагу варто приділяти захисту від корозії ремонтного фонду деталей

АТЗ, що надходять для відновлення, які при незадовільному зберіганні можуть бути перетворені в металобрухт.

Виконання розбірних робіт при умовах, що виключають ушкодження деталей і разукомплектовку пари. При розбірних роботах рекомендується головну увагу приділяти використанню засобів механізації (особливо гідравлічних станцій, пресів і ін), що забезпечують невеликий відсоток ушкодження деталей (особливо підшипників кочення), а також різних контейнерів для збереження комплектів деталей відповідних вузлів і агрегатів. Забороняється розкомплектовувати блоки циліндрів, кришки підшипників колінчатого вала, шатуни і їхні кришки, пари шестірень кінцевих і інших передач і т.п.

Впровадження на ремонтних підприємствах ефективної мийки й очищення деталей від різних забруднень – одне з найбільш вирішальних умов забезпечення високого післяремонтного ресурсу машин. Видалення нагару, смолистих відкладень, накипу й інших забруднень – специфічний ремонтний процес, що відрізняється певними труднощами й вимагають великої уваги, а також використання сучасних мийних машин і установок, нових комплексних мийних препаратів, що містять поверхнево-активні компоненти, і забезпечення заданих режимів миття, особливо підтримки температури мийних ванн (75...90 °С).

Найбільш ефективні мийні засоби - комплексні препарати МЛ-51 (для мийки деталей), МЛ-52, АМ-15 і «Емульсин» (для видалення смолистих відкладень), а також нові синтетичні препарати МС-5, МС-6, МС-8.

Контроль і дефектація зношених деталей АТЗ значною мірою визначають строки їхньої служби. З огляду на те, що 80 % деталей піддаються зношуванню до 0,2 мм, а також беручи до уваги високу точність виготовлення деталей і нові технічні умови на ремонт АТЗ з підвищеним ресурсом, на ремонтних підприємствах варто розширити номенклатуру деталей, що піддаються суцільному контролю, застосування граничних (пробки, калібри, скоби), універсальних (індикатори, мікрометри, мініметри) вимірювальних інструментів

і засобів пневматичного контролю, що забезпечують підвищення точності вимірів розмірів (геометрії) до 0,01...0,001 мм. Такі деталі АТЗ, як колінчаті вали, шатуни, колінчаті осі й поворотні цапфи, блоки й гільзи циліндрів і інші, з метою підвищення надійності відремонтованих машин повинні обов'язково бути перевірені на відсутність прихованих дефектів (особливо тріщин) методами, широко використовуваними в машинобудуванні на передових ремонтних підприємствах (магнітна, люмінесцентна, ультразвукова й рентгенівська дефектоскопія, гідравлічне обпресування й ін.).

Суцільний контроль розмірів і геометрії робочих поверхонь базових деталей АТЗ, що надходять у ремонт, а також точності їхнього взаємного розташування. За час експлуатації на АТЗ у цих деталях у результаті старіння матеріалу, зносів, а також впливу різних навантажень і перерозподілу внутрішніх напружень відбуваються зміни розмірів, геометрії й взаємного розташування робочих поверхонь, які повинні бути усунуті. Це забезпечує високу працездатність не тільки самої базової деталі, але й усього агрегату. Відновленням і стабілізацією розмірів базової деталі ремонтні підприємства мають можливість підвищувати ресурс відремонтованих АТЗ навіть у порівнянні з новими, деталі яких не піддавалися штучному старінню.

Впровадження на ремонтних підприємствах вхідного контролю, особливо нових деталей, диктується необхідністю у зв'язку з тим, що численними перевітками встановлені значні відхилення їхніх розмірів і геометрії від заданих значень по робочих кресленнях.

Ретельний ваговий й розмірний підбір деталей циліндро-поршневої групи. У зв'язку з форсуванням сучасних двигунів по обертах і навантаженню необхідний ретельний підбор по масі деталей циліндро-поршневої групи, тому що в результаті зносів послаблюється міцність і твердість ряду деталей, спостерігаються їх розкомплектовка й заміна, а також інші відхилення.

Динамічне балансування колінчатих і карданних валів, маховиків, муфт зчеплення й інших вузлів і деталей. Для динамічного балансування деталей ремонтні підприємства оснащуються спеціальними машинами БМ-В4.

Забезпечення регламентованих посадок, зусиль затягування й складання нарізних сполучень і інших вимог при складанні агрегатів АТЗ, особливо автомобільних двигунів, – відповідальний захід, границі якого для кожного АТЗ визначені типовою технологією складання.

Забезпечення гарної герметизації агрегатів і складальних одиниць при їхньому ремонті визначається не тільки заміною ущільнень, але й усуненням постійно виникаючих жолоблень площин рознімань деталей, а також відновленням зношених різьбових кріплень, застосуванням спеціального прокладочного матеріалу ЛАСП, прокладок з пароніта й герметизуючих паст В-20А, УН-25, УН-01. Необхідна перевірка якості складання й герметизації складальних одиниць (агрегатів).

Стендове обкатування й випробування – відповідальний початковий період роботи змонтованих складальних одиниць і агрегатів АТЗ. Тому в умовах ремонтних підприємств вони повинні виконуватися й удосконалюватися: введенням обкатування під навантаженням (не тільки двигунів, але й агрегатів трансмісій АТЗ), застосуванням нових обкатних масел (ОМ-2) і присадок (АЛП-2) до палива, ретельним очищенням, охолодженням і централізованою подачею масла, а також палива й води.

У процесі стендового обкатування й випробувань необхідний ретельний контроль із метою виявлення сторонніх шумів і стуків, підвищеного нагрівання, течі масла, води й палива, порушення регулювань і ін. Після обкатування проводиться контрольний огляд двигунів і агрегатів, повторне випробування (при необхідності), заміна змащення й промивання агрегатів дизельним паливом, а також очищення й заміна фільтруючих елементів. Особлива увага при цьому обертають на стан, герметичність і нормальну роботу повітроочисники.

Підвищення якості фарбування ремонтованих АТЗ, а отже, їхньої опірності корозії в умовах ремонтних підприємств виконується наступними прийомами: зняттям старого фарбування в гарячих лужних ваннах, застосуванням ефективних грунтів і емалей, фарбуванням окремо агрегатів (до загального складання машин) і машин у цілому (після обкатування й випробувань) із застосуванням нових методів фарбування (в електростатичному полі, гідродинамічним розпиленням і ін.).

Завдяки проведенню комплексів розглянутих і інших заходів багато підприємств домагаються не тільки відновлення, але й підвищення післяремонтного ресурсу відремontованих АТЗ у порівнянні з новими.

3.5 Розрахунок ефективності запропонованих рішень

На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень з підвищення безпеки руху економічний ефект досягається за рахунок збільшення часу роботи автомобілів на лінії та скорочення збитків від простоїв внаслідок технічних несправностей. Тоді, економічний ефект від впровадження результатів дослідження складе

$$E = (\Pi_2 - \Pi_1) \cdot A_{cn} = \Delta\Pi \cdot A_{cn}, \quad (3.20)$$

де E – річний економічний ефект, грн.;

Π_1, Π_2 – прибуток від використання результатів дослідження, грн;

A_{cn} – облікова кількість АТЗ, од.

Слід зазначити, що капітальні вкладення для реалізації результатів досліджень не потрібні.

За [24, 25] прибуток при роботі АТЗ визначається так

$$П = Д - З_m - З_c - З_{ш} - З_{то} - З_n - З_o - З_{зн}, \quad (3.21)$$

де $Д$ - дохід від транспортної роботи АТЗ, грн;

$З_m$ - витрати на паливо, грн;

$З_c$ - витрати на мастильні матеріали, грн;

$З_{ш}, З_{то}$ - витрати, відповідно, на шини та технічне обслуговування, грн;

$З_n$ - накладні витрати, грн;

$З_o$ - плата за основні фонди, грн;

$З_{зн}$ - заробітна плата водія без простою, грн.

Введення витрат на ТО і ремонт в зазначену групу пов'язано з тим, що несправності, а тим більше знос сполучень силових агрегатів АТЗ, виникають внаслідок його роботи, тобто виконання транспортної роботи. Крім того, виконання ТО і ремонту служить для забезпечення працездатного стану автомобіля. У разі простою автомобіль доходу не приносить, але витрати при цьому мають місце.

До них слід віднести: накладні витрати, плату за основні фонди, амортизаційні відрахування на повне відновлення рухомого складу і зарплату водієві, яка нараховується в залежності від характеру виконаної ним роботи.

В цьому випадку збиток при простої автомобіля визначається як

$$П = Д - З_n - З_a - З_o - З_{зн}^{np}, \quad (3.22)$$

де $З_{зн}^{np}$ - зарплата водія при простої автомобіля в ремонті, грн;

$З_a$ - амортизаційні відрахування на повне відновлення рухомого складу, грн.

Витрати на ТО і ремонт при простой автомобіля дорівнюють нулю, так як автомобіль не зношується (старіння в розрахунок не береться).

Віднімаючи з виразу (3.21) вираз (3.22), отримаємо величину збитку від простою

$$\Delta\Pi = D - Z_m - Z_c - Z_{ш} - Z_{то} - Z_{зн} - Z_{зн}^{np}. \quad (3.23)$$

Дохід, отриманий автовласником від одного автомобіля при його роботі протягом дня, визначається з виразу

$$D = l_c \cdot C_{км}, \text{ грн} \quad (3.24)$$

або

$$D = T_{раб} \cdot C_ч, \text{ грн} \quad (3.25)$$

де l_c - добовий пробіг автомобіля, км;

$T_{раб}$ - час роботи автомобіля у клієнта, год;

$C_{км}, C_ч$ - тариф вартості, відповідно, одного кілометра, грн / км, або однієї години роботи, грн / год.

Всі складові наведених рівнянь визначаються на підставі звітних даних автопідприємства. Простої в ТО і поточного ремонту, що приносять збитки, це наднормативні

$$\Pi_y = \Pi_f - \Pi_n, \quad (3.26)$$

де Π_f, Π_n - фактичний і нормативний простій автомобіля, дн / тис.км.

Простої, що приносять збитки внаслідок несправності i -го найменування

$$P_{y_{зч}} = P_{ф} \cdot K_i, \quad (3.27)$$

де K_i - частка простою автомобіля, викликана несправністю i -го найменування.

За рік такі збитки складуть на один автомобіль

$$P_{z_{зч}} = P_{y_{зч}} \cdot \bar{L}_z, \quad (3.28)$$

де \bar{L}_z - середній пробіг автомобілів за рік, тис.км.

Таким чином, величина збитку від простою автомобіля за рік складе

$$\Delta P_z = \Delta P + P_{z_{зч}}. \quad (3.29)$$

В результаті використання розробленої методики річний економічний ефект у витраті на один автомобіль складе

$$\mathcal{E}_z = P_z. \quad (3.30)$$

У табл. 3.4 наведені деякі вихідні дані і основні результати розрахунку економічної ефективності на один автомобіль.

Таблиця 3.4 – Економічна ефективність удосконалення контролю технічного стану автомобілів

Найменування показників	Умовні позначення	Кількісні показники
1	2	3
1. Величина втрат від простою автомобіля, грн/день	ΔP	5190
2. Нормативний простій автомобіля, дн / тис.км	P_n	0,30
3. Фактичний простій автомобіля, дн / тис.км	$P_{ф}$	0,65
4. Частка простою автомобіля через несправність досліджуваного найменування, %	K_i	3,1

Продовження табл. 3.4

5. Простій через несправність i -го найменування дн / тис.км	$II_{y_{3ч}}$	0,0203
6. Середній річний пробіг автомобіля, тис. км	\bar{L}_2	80
7. Простій автомобіля за рік через несправності гальм, дні / тис.км	$II_{2y_{3ч}}$	0,11
8. Економічний ефект загальний на один автомобіль, грн / рік	E	32762

Отримані результати (табл. 3.4) свідчать про високу економічну ефективність розробок.

3.6 Висновки до розділу 3

За результатами виконаних у третьому розділі досліджень розроблено методику покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця». Отже поставлені завдання для цього розділу виконані.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Мінімізація вірогідності виникнення захворювань та виробничого травматизму при забезпеченні нормованих показників умов праці є головним завданням охорони праці.

Незадовільний стан охорони праці спроможний стати причиною соціально-економічних проблем працюючих та членів їх сімей. Саме тому соціально-економічне значення охорони праці полягає у: підвищенні продуктивності праці, збільшенні валового внутрішнього продукту, скороченні виплат за лікарняними і компенсаційних виплат за важкі умови праці та інше.

У даному розділі наводиться розгляд небезпечних, шкідливих та уражаючих для працівника і навколишнього середовища факторів, які утворюються під час проведення покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця. Тут висвітлюються, зокрема, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, технічні рішення з безпеки при проведенні покращення надійності та безпеки руху, безпека у надзвичайних ситуаціях.

Під час покращення надійності та безпеки руху вказаного процесу на працівників впливають ті чи інші небезпечні і шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп відповідно до [30].

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

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

4.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

Мікроклімат та склад повітря робочої зони.

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря, а також інтенсивності теплового випромінювання.

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

Вибираємо для приміщення, де проводяться роботи з покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іб.

Згідно із [31] допустимі показники мікроклімату в робочій зоні для холодного та теплого періодів року наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі параметри мікроклімату в приміщенні [31]

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

Перепад температури повітря вздовж висоти робочої зони для всіх категорій робіт дозволяється до 3°С. При опроміненні менше 25% поверхні тіла людини, нормована інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м².

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК), які

використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, для контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, що використовуються в даному виробничому приміщенні наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	Параметр, що нормується	Значення	Клас небезпеки
Бензин	ГДК, мг/м ³	100	4
Пил нетоксичний	ГДК, мг/м ³	0,15	4
Іони n ⁺ , n ⁻	число іонів в 1 см ³ повітря	50000	–

З метою встановлення нормованих показників мікроклімату та чистоти повітря робочої зони передбачено:

1) в приміщенні має бути встановлена система кондиціонування для теплого і опалення для холодного періодів року;

2) з метою підвищення вологості повітря потрібно використовувати зволожувачі або розташовувати місткості з водою за типом акваріумів поблизу опалювальних приладів;

3) застосування витяжної вентиляції, яка видаляє забруднення або нагріте повітря з приміщення, а також за допомогою неї контролюється швидкість руху повітря і вологість.

Виробниче освітлення.

Для створення раціональних гігієнічних умов на робочих місцях великі вимоги пред'являються щодо кількісних та якісних параметрів освітлення.

З погляду задач зорової роботи в приміщенні, де проводяться роботи з покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця,

відповідно до [32] знаходимо, що вони відповідають III розряду зорових робіт. Приймаємо контраст об'єкта з фоном – середній, а характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд в.

Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості для штучного освітлення наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Нормативні значення КПО і мінімальні освітленості для штучного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізн., мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО, %	
						комбіноване		загальне	Природне освітлення (бокове)	Суміщене освітлення (бокове)
						всього	у т. ч. від загального			
Високої точності	0,3-0,5	III	в	середній	середній	750	200	300	2	1,2

Так як приміщення розташоване в місті Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові пройми розташовані за азимутом 225°, то за таких обставин КПО розраховується за формулою [32, 33]

$$e_N = e_n m_N [\%], \quad (4.1)$$

де e_n – табличне значення КПО, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

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

$$e_{N.6} = 2 \cdot 0,85 = 1,7 (\%);$$

$$e_{N.c} = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 (\%).$$

Для встановлення нормованих значень показників освітлення передбачено:

- 1) при недостатньому природному освітлені в світлий час доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;
- 2) використання загального штучного освітлення в темний час доби.

Виробничі віброакустичні коливання.

Зважаючи на те, що під час експлуатації пристроїв крім усього іншого устаткування застосовується обладнання, робота якого генерує шум та вібрацію, необхідно передбачити шумовий та вібраційний захист.

Встановлено, що приміщення, в якому відбувається робота з покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця може мати робочі місця із шумом та вібрацією, що генерується двигунами внутрішнього згорання.

Для попередження травмування працівників під дією шуму та вібрації вони підпадає під нормування.

Основним нормативом з питань промислового шуму, діючим на території нашої країни, є [34], згідно з яким нормовані рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях у виробничих приміщеннях не мають бути більшими ніж значення, які наведено в таблиці 4.4. Норми виробничих вібрацій наведено в таблиці 4.5 для 1-ї категорії (транспортна).

З метою поліпшення віброакустичного клімату у приміщенні запропоновано:

- 1) своєчасне здійснення профілактичного ремонту;
- 2) проведення контролю рівнів шуму та вібрації.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні шуму і еквівалентні рівні звуку

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

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації [35]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних смугах із середньо-геометричними частотами, Гц						Коректовані рівні віброприскорення, дБА
2	4	8	16	31,5	63	дБА
68	65	65	71	77	83	62

Виробничі випромінювання.

Аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому виконується робота з покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів показані у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання, амплітудна або кутова модуляція)

Номер діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль, λ	ГДР, В/м
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25
6	Гептаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3 \cdot \lg \lambda$
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30-300 МГц	10-1 м	3

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

4.2 Технічні рішення щодо безпеки при проведенні покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця

Безпека щодо організації робочих місць.

Конструкція робочого місця, його розміри і взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним, психофізіологічним та фізіологічним характеристикам працівника, а також характеру роботи [36].

У випадку розміщення робочих місць у приміщеннях з джерелами шкідливих та небезпечних промислових чинників, вони зобов'язані розміщатись в абсолютно ізольованих кабінетах з природним освітленням та організованою вентиляцією. Площа одного робочого місця має складати не менше 6,0 м², об'єм приміщення – не менше ніж 20 м³, висота – не менше 3,2 м [37].

Кольорове оздоблення інтер'єру приміщення повинно відповідати вказівкам з проектування кольорової обробки інтер'єрів приміщень будівель промислових підприємств. Поверхня підлоги має бути гладкою, без вибоїн, не слизькою, мати антистатичні властивості, зручною для вологого прибирання. Забороняється використовувати для оснащення інтер'єру полімерні матеріали, які забруднюють повітря шкідливими хімічними речовинами та сполуками.

Електробезпека.

Будь-які додаткові електричні системи, вмонтовані в базовий автомобіль, повинні бути відокремлені від електричних систем базового автомобілю, кузов або шасі не повинні використовуватися як заземлення для додаткових кіл.

Всі кола в додатковій системі (-ах) повинні мати окремий захист від перевантаження.

Всі кола повинні бути чітко визначені, кабелі повинні мати чітке маркування в точках з'єднання та з максимальним інтервалом 1 м вздовж його довжини [38, 39].

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Заходи покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів.

Основними напрямки забезпечення безпеки руху є:

- удосконалення органів управління у сфері безпеки дорожнього руху;
- удосконалення конструкції транспортних засобів, засобів технологічного зв'язку, поліпшення стану доріг, вулиць і залізничних переїздів;
- удосконалення профілактичної та освітньої діяльності у сфері безпеки дорожнього руху;
- медичне забезпечення безпеки дорожнього руху та удосконалення системи збереження життя і здоров'я потерпілих у ДТП;
- забезпечення розроблення, виробництва, проведення науково-дослідних випробувань і впровадження технічних засобів та апаратури автоматизованих систем гнучкого керування дорожнім рухом, контролю швидкісних режимів та екологічного стану довкілля;
- інформаційне, науково-технічне і нормативно-правове забезпечення безпеки дорожнього руху та екологічної безпеки транспортних засобів.

Процес гальмування є основним засобом попередження аварійних ситуацій.

Для запобігання або зниження ймовірності засліплення водіїв при організації дорожнього руху в даний час можуть бути застосовані такі заходи: взаємне видалення зустрічних потоків транспортних засобів або їх повна ізоляція (односторонній рух); установка протизасліплюючих пристроїв на смузі, що

розділяє зустрічні потоки; контроль стану стаціонарного освітлення, в тому числі застосування прожекторів на будівельних майданчиках, залізничних станціях, розташованих поблизу від доріг. Найбільш надійною організаційною мірою попередження засліплення водіїв в містах є введення одностороннього руху. Збільшення ширини розділової смуги є найбільш ефективним заходом для запобігання ДТП, пов'язаних з осліпленням. Фахівці вважають, що для виключення засліплення ширина смуги повинна бути 20 м для автомагістралей і 7 м для доріг в містах.

На вулицях і дорогах без стаціонарного освітлення особливе значення для забезпечення безпеки має оптичне орієнтування водіїв. Воно допомагає водієві більш чітко сприймати межі проїзної частини і смуг руху, а також визначати напрямок дороги. До засобів оптичного орієнтування, ефективним в темний час доби, можна віднести поздовжню розмітку проїзної частини. Розмітку виконують світловідбиваючою фарбою або доповнюють рефлектуючими пристроями, вбудованими в поверхню дороги. Світловідбиваючі елементи необхідно також використовувати на вертикальних напрямних пристроях, застосування яких передбачено нормативними документами.

Пожежна безпека.

Згідно [40] незалежно від типу автомобіль повинен бути обладнаний одним портативним вогнегасником.

4.4 Висновки до розділу

В результаті написання цього розділу було розглянуто такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки при проведенні покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця, безпека в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

У даній магістерській кваліфікаційній роботі було виконано дослідження, спрямовані покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця. Зокрема було зроблено:

- проаналізовано передумови розробки заходів з покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів;
- сформовано методичні аспекти оцінювання параметрів надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації;
- розроблено методику та практику покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації;
- розроблено заходи забезпечення охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях;
- визначено ефективність запропонованих рішень.

Використання основних результатів магістерської кваліфікаційної роботи:

- покращують показники ефективності експлуатації автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця;
- підвищують якість виконання робіт з виявлення несправностей автомобілів;
- дозволяють покращити технологію та якість регулювання кутів встановлення коліс транспортних засобів, що покращує безпеку їх експлуатації за рахунок збільшення стійкості руху та покращення керованості;
- дозволяють покращити систему організації ТО і ПР на підприємстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кашканов А.А., Єфременюк Д.А., Прокопчук Є.О. Напрямки забезпечення надійності та безпеки руху автомобілів в процесі експлуатації. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», 15 жовтня 2023 року – 20 травня 2024 року, Вінниця: ВНТУ. [Електронний ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/19251/15946>.
2. Статистика. Патрульна поліція України. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>.
3. Кашканов А. А., Пальчевський О. В. Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2022. №1(18). С. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.
4. Розподіл кількості ДТП за видами технічних несправностей транспортних засобів // Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України. URL: <https://www.ndekc.te.ua/news/rol-tehnchnogo-stanu-transportnih-zasobv-u-zabezpechenn-bezpeki-dorozhnogo-ruhu>.
5. Рейтинг країн за рівнем смертності у ДТП: Україна в десятці (інфографіка) – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.unian.ua/society/2088789-reyting-krajn-za-rivnem-smertnosti-u-dtp-ukrajina-v-desyattsii-infografika.html>.
6. Кашканов А. А., Грисюк О. Г. Безпека руху автомобільного транспорту: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2005. 177 с.
7. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту - Міністерство інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html>.
8. Кукурудзяк Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Технологія обслуговування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2023. 227 с.

9. Кукурудзяк Ю. Ю. Електрообладнання автомобілів та електромобілі : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2023. 229 с.
10. Дембіцький В.М., Павлюк В.І., Придюк В.М. Технічна експлуатація автомобілів: навчальний посібник. Луцьк: Луцький НТУ, 2018. 473 с.
11. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Харків: Майдан, 2018. 262 с.
12. Самородов В.Б., Краснокутський В.М., Мандрика В.Р. Надійність в автомобіле- і тракторобудуванні: підручник. Х.: НТУ "ХПІ", 2015. 351 с.
13. Кашканов А.А., Біліченко В.В. Експлуатація та обслуговування транспортних машин: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ. 2004. 136 с
14. Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин: Підручник. Київ: Либідь, 2003. 424 с.
15. Гранкін С. Г., Малахов В. С., Черновол М. І., Черкун В. Ю. Надійність сільськогосподарської техніки. Київ: Урожай, 1998. 208 с.
16. Расејка, Н. В. Tire and Vehicle Dynamics (Elsevier, 2012). doi: 10.1016/C2010-0-68548-8.
17. Редзюк А.М. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку. К.: ДП «Державтотранс НДІ » 2005. 400с.
18. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби: вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання (Прийнято та надано чинності: наказ Держспоживстандарту України від 28 грудня 2010 р. № 630).
19. Bosch Automotive Handbook. 9th Edition. / [Reif K., Dietsche K.-H. & others]. Karlsruhe : Robert Bosch GmbH, 2014. 1544 p.
20. Кашканов А. А., Ребедаило В. М., Кашканов В. А. Оцінка експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів в умовах неточності вихідних даних : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2010. 148 с.
21. Волков В.П., Вільський Г.Б. Теорія руху автомобіля : підручник. Суми: Університетська книга, 2010. 320 с.

22. Волков В. П., Грищук І. В., Грищук Ю. В., Волков Ю. В., Володарець М.В. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. Харків: ФОП Панов А.М., 2018. 299 с.

23. Jazar R.N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. 2nd Ed. NY: Springer, USA, 2014. DOI: 10.1007/978-1-4614-8544-5.

24. Варфоломєєв В.М., Волошина Н.А. Економіко-математичне моделювання в оптимізації функціонування транспортних машин. Харків: ХНАДУ, 2005. 160 с.

25. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни “Економічне обґрунтування інноваційних рішень в галузі транспорту” для студентів спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт» денної та заочної форми навчання / Уклад. В. В. Біліченко, С. О. Романюк. Вінниця : ВНТУ, 2016. 63 с.

26. Буренніков Ю. А., Кашканов А. А., Ребедайло В. М. Автомобілі: робочі процеси та основи розрахунку : навчальний посібник МОНМС України. Вінниця: ВНТУ, 2013. 283 с.

27. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобілів та тракторів: Навч. посібн. Суми.: Сумський національний аграрний університет, 2015. 213 с.

28. Сахно В. П., Макаров В.А., Костенко А.В. Курсова стійкість руху автомобілів та її характеристики. Проблеми транспорту : зб. наук. праць. Київ : НТУ. 2009. С. 222-230.

29. Kashkanov A., Semenov A., Kashkanova A. et al. Estimating the effectiveness of electric vehicles braking when determining the circumstances of a traffic accident. Sci Rep 13, 19916, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47123-7>.

30. Батлук В. А., Кулик М. П., Яцюк Р. А. Охорона праці : навчальний посібник. Третє видання, доповнене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. 388 с.

31. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
32. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
33. Бондаренко Є. А., Дрончак В. О. Освітлення виробничих приміщень : довідник. Вінниця : ВНТУ, 2011. 61 с.
34. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
35. ДСН 3.3.6.039 99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.
36. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.
37. Методичні вказівки до опрацювання розділу "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей, що пов'язані з функціональною електронікою, автоматизацією та управлінням / Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 64 с.
38. Правила улаштування електроустановок. 2-е вид., перероб. і доп. – Х: "Форт", 2009. – 736 с.
39. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
40. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.
41. Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:21. [Електронний ресурс]. URL: <https://iq.vntu.edu.ua/repository/getfile.php/3091.pdf>.

ДОДАТОК А (обов'язковий). Ілюстративна частина



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

Покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної
особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця

Графічна частина
до магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

Керівник роботи д.т.н., професор



Кашканов А.А.

Розробив студент гр. 1АТ-22м



Єфременюк Д.А.

Вінниця ВНТУ 2023

Метою дослідження є покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця.

Для досягнення мети роботи потрібно вирішити **завдання** з формування:

- передумов розробки заходів з покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів;
- методичних аспектів оцінювання параметрів надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації;
- методики та практики покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації;
- заходів забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях та охорони праці;
- визначення ефективності запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження – процес експлуатації автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця.

Предмет дослідження – питання покращення надійності та безпеки руху АТЗ.

Наукова новизна отриманих результатів

Отримали подальший розвиток методи оцінювання, покращення та підтримки експлуатаційної безпеки автомобілів.

Практична значимість отриманих результатів

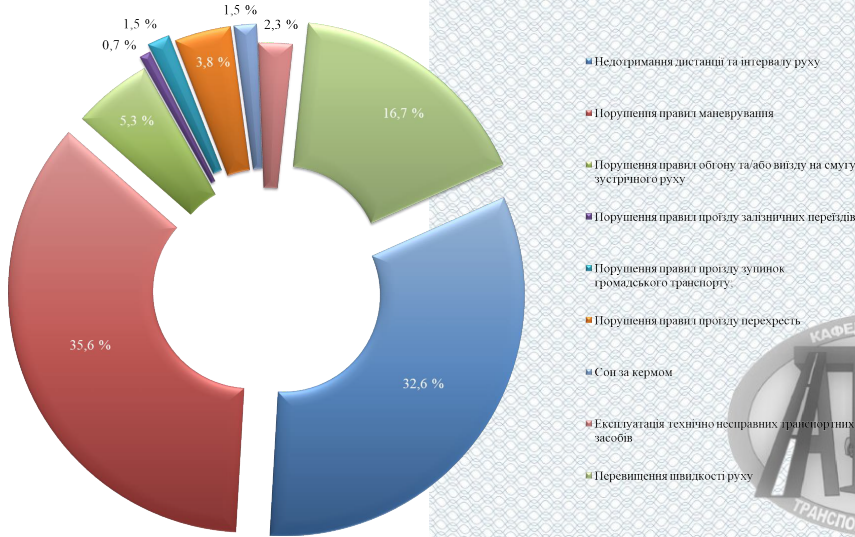


Основні результати дослідження:

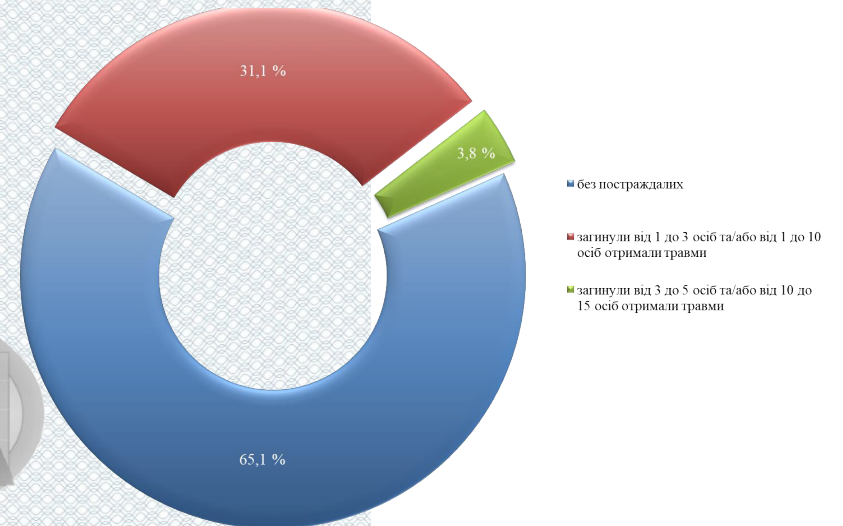
- покращують показники ефективності експлуатації автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця;
- підвищують якість виконання робіт з виявлення несправностей автомобілів;
- дозволяють покращити технологію та якість регулювання кутів встановлення коліс транспортних засобів, що покращує безпеку їх експлуатації за рахунок збільшення стійкості руху та покращення керованості;
- дозволяють покращити систему організації ТО і ПР на підприємстві.

Рівень безпеки руху в Україні та актуальність тематики дослідження

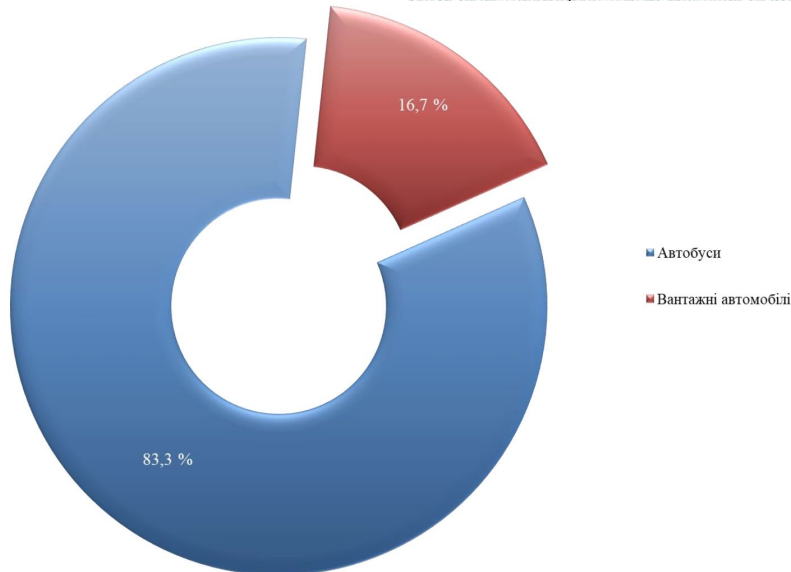
Класифікація ДТП за передумовами їх виникнення



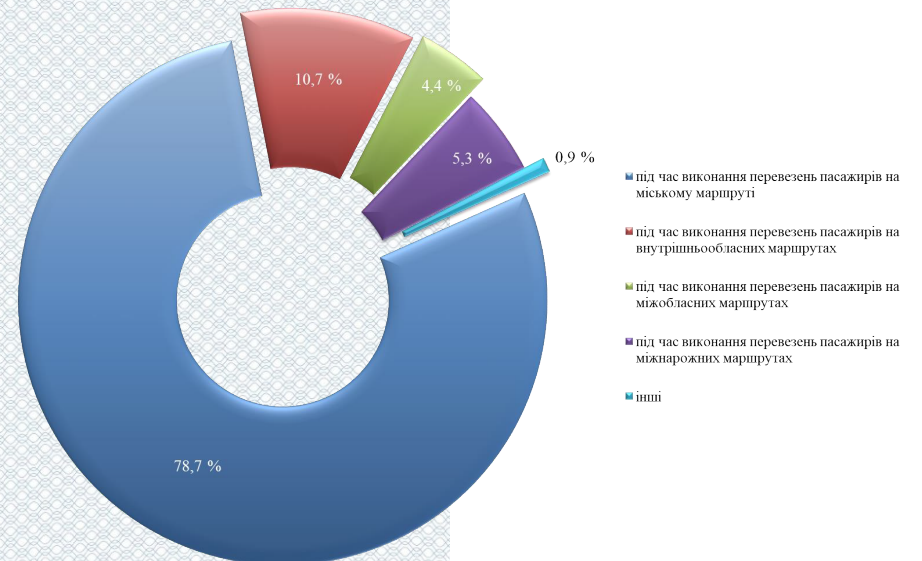
Розподіл ДТП за їх наслідками



Співвідношення кількості ДТП з вини водіїв вантажних автомобілів та автобусів



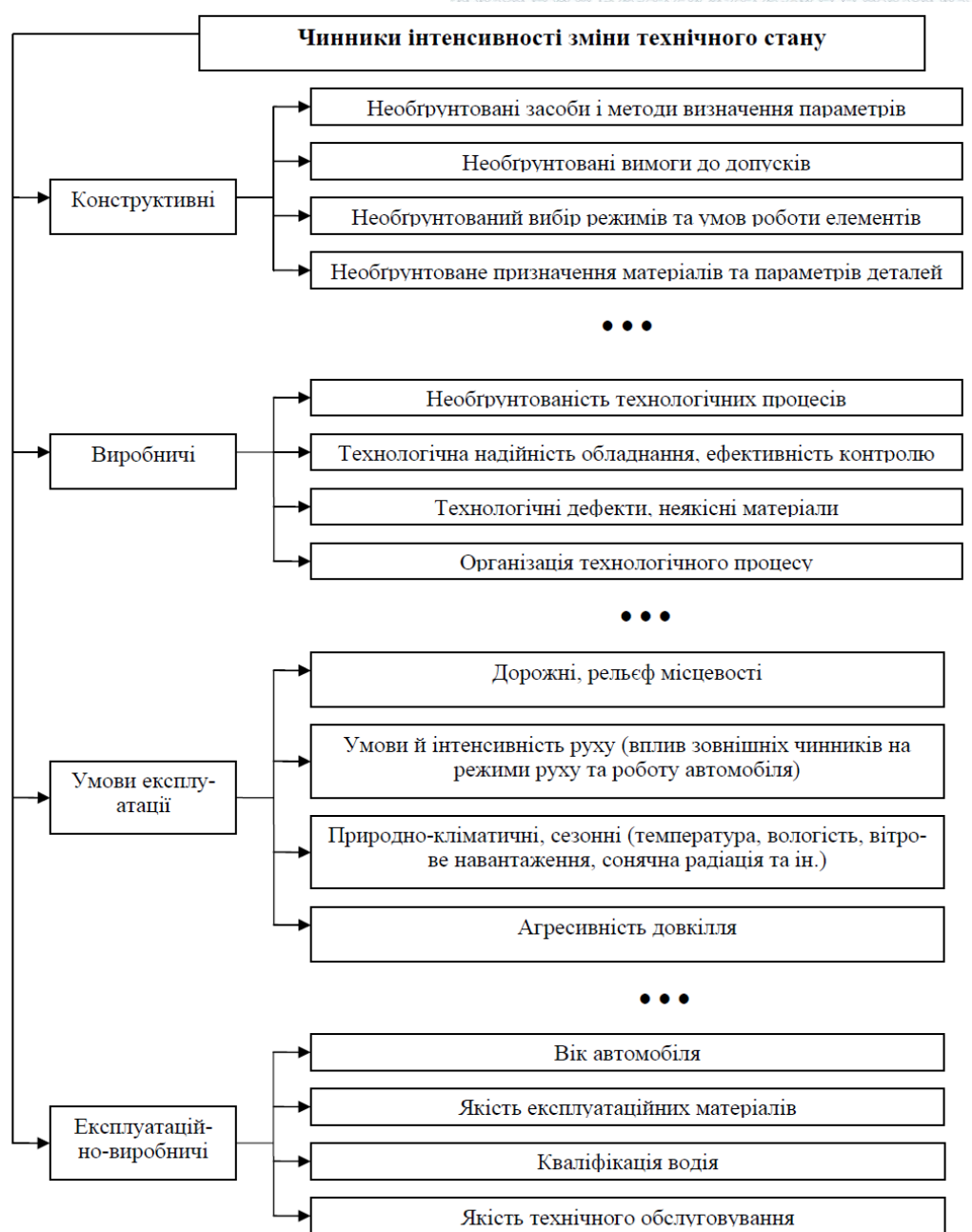
Класифікація ДТП за маршрутами руху транспортних засобів



Напрямки забезпечення надійності та безпеки руху автомобілів в процесі експлуатації

Надійність автомобіля в основному залежить:

- від запасів міцності деталей та досконалості конструкції вузлів, які визначають працездатність ТЗ;
- від безвідмовності та стабільності функціонування систем та механізмів;
- від досконалості технології та якості виготовлення як самого автомобіля, так і всіх виробів, що використовуються в ньому;
- від якості та своєчасності технічного обслуговування та ремонту автомобіля.



Загальна характеристика автотранспортного підприємства фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця

Автотранспортне підприємство *засноване* у 1996 році. Загальна інформація про підприємство є на сайті: <http://vtsbus.net.ua/avtobusnyi-park>.

Основний напрямок діяльності – внутрішні та міжнародні перевезення пасажирів автомобільним транспортом. Інші дозволені види: технічне обслуговування та ремонт ТЗ, роздрібна торгівля приладдям та деталями для ТЗ; надання послуг бронювання та діяльність, пов'язана з цим, діяльність як туристичного оператора або туристичного агентства.

Підприємство пропонує послуги: міжміські перевезення по Європі, міжміські перевезення по Україні, регулярні перевезення за кордон, транспортне забезпечення гастрольних поїздок, екскурсійне обслуговування, підвезення персоналу до/з місця роботи, трансфери: Київ - Бориспіль, Вінниця - Бориспіль, трансфери: Вінниця - Жуляни, трансфери (аеропорт - ж/д вокзал), міжнародні регулярні рейси : Вінниця - Єленя Гура , Вінниця - Відень , Київ - Відень.

В структурі основних виробничих фондів автотранспортного підприємства: будівлі, споруди та передавальні пристрої становлять 32,67 % від загальної вартості; машини та обладнання – 5,43 %; транспортні засоби – 57,24 %; інструменти і прилади – 2,97%, малоцінні необоротні матеріальні активи – 0,31%.

На підприємстві експлуатується 20 одиниць рухомого складу. Це автобуси NEOPLAN 1116, Neoplan N516, Neoplan Cityliner, VANHOOL Acron; мікроавтобуси 18-21 місць, мікроавтобуси 6-8-9 місць та легкові автомобілі (Mercedes-Benz, Volkswagen)



УКРАЇНА - ПОЛЬЩА
ВІННИЦЯ - ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ - ТЕРНОПІЛЬ - ЛЬВІВ - КРАКІВ -
КАТОВІЦЕ-ОПОЛЕ- ВРОЦЛАВ - ЛЕГНИЦЯ ЄЛЕНЯ-ГУРА.

ПРЯМИЙ РЕЙС БЕЗ ПЕРЕСАДОК



Вінниця-1	10:00	06:30
Вінниця-2	10:20	06:20
Хмельницький	12:30	04:10
Тернопіль	14:30	02:10
Львів	16:30	00:10
-1 год Зміна годинного поясу +1 год		
Краків	22:40	16:00
Катовіце	00:00	14:40
Острава	01:40	13:00
Брно	04:10	10:30
Вієнь	06:30	08:00

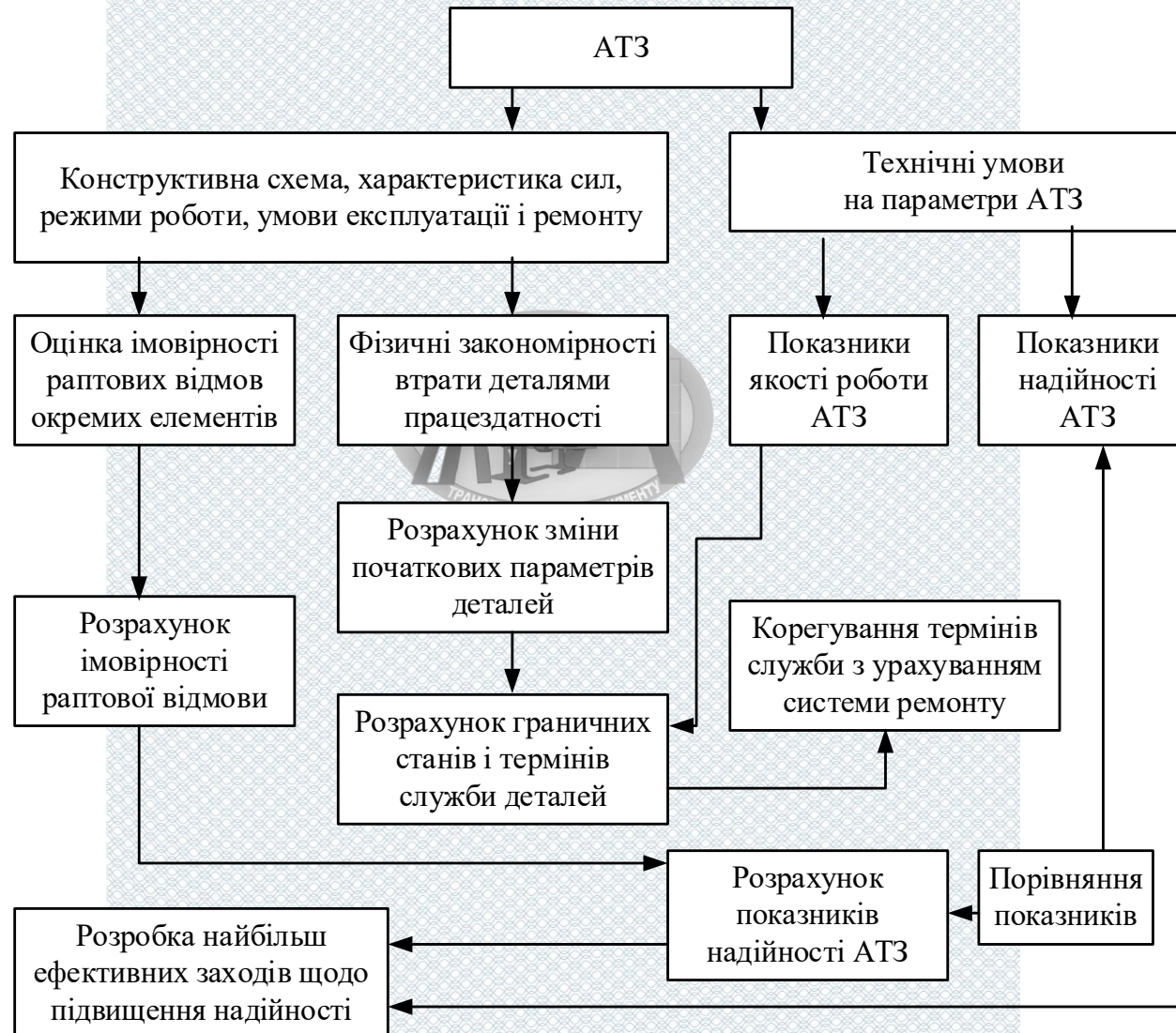
Загальний вигляд автобусів підприємства на 47-51-57 місць

Профіль роботи автотранспортного підприємства

Назва показника	Бальна оцінка						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
Кількість ТЗ, Асс			●				
Коефіцієнт використання парку РС, б _в						●	
Витрати на перевезення, С			●				
Собівартість перевезень, S		●					
Доходи від перевезень, D						●	
Прибуток підприємства, П				●			
Доля ринку підприємства		●					
Витрати на маркетингові дослідження	●						
Конкурентоспроможність АТП		●					

Найбільш пріоритетним напрямком розвитку підприємства є збільшення обсягів перевезень за рахунок оптимізації парку автобусів та підвищення ефективності ремонтно-обслуговуючого виробництва

Загальна схема розрахунку АТЗ на надійність



Основні зусилля із забезпечення захисту АТЗ від небезпечних несправностей, що впливають на зростання аварійності в країні, є прерогативою сфери експлуатації. Оцінкою ризику служить добуток частоти виникнення небезпеки на міру цієї небезпеки, вимірюваної величиною збитку від можливої аварії (стосовно автомобільного транспорту - ДТП)

$$R_i = P(XBD) \cdot Q_i = Q_i \cdot P(B|X) \cdot P(D|XB)$$

де $P(XBD) = P(X \cap B \cap D)$,

R_i – імовірнісна функція ризику i -ої небезпечній несправності;

X – i -а небезпечна несправність як одна з причин ДТП;

B – помилка водія або інший чинник як не основна причина ДТП;

D – подія, що полягає в ДТП, причинами якого послужили X і B ;

$P(B|X)$ – умовна вірогідність добутку BX ;

Q_i – середня величина економічного збитку від ДТП, однією з причин яких

була i -а небезпечна причина.

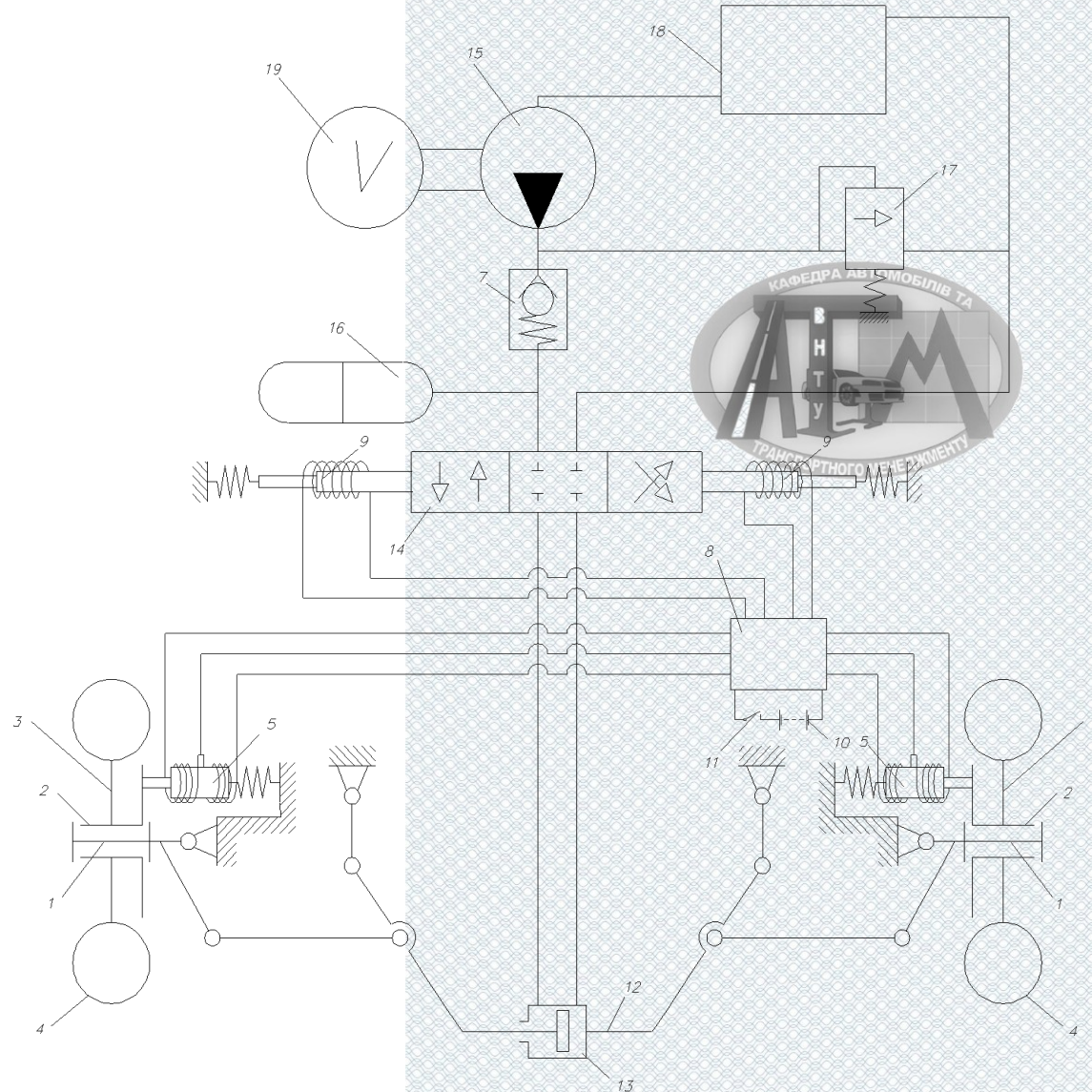
Перелік першочергових заходів щодо забезпечення захищеності ТЗ від небезпечних несправностей:

1. Необхідно забезпечити декларування заводами-виготівниками переліків індивідуальної комплектації, діагностичних параметрів і нормативів, переліків небезпечних і особливо небезпечних несправностей ТЗ, ресурсу складових частин, несправності яких небезпечні при експлуатації.
2. Забезпечення прийняття відповідальності заводів-виготівників за ДТП унаслідок несправностей, не вказаних в числі декларованих небезпечних несправностей.
3. Забезпечення підвищення безвідмовності ТЗ.
4. Забезпечення включення в конструкцію ТЗ вбудованих (бортових) засобів контролю з функцією виявлення наявності небезпечних несправностей.
5. Забезпечення підвищення числа складових частин гарантованої міцності в конструкціях ТЗ.

Властивості гальмівної системи та рульового керування АТЗ, що діагностуються за критеріями безпеки дорожнього руху

Агрегат, система, вузол - об'єкт діагностування по критеріях безпеки	Властивість (складова частина), що діагностується	Метод діагностування
1. Робоча гальмівна система	Ефективність гальмування	На барабанних стендах У дорожніх умовах по гальмівному шляху У дорожніх умовах за часом спрацьовування приводу і сталому уповільненню
2. Стоянкова гальмівна система	Ефективність гальмування	На барабанних стендах ТЗ дозволеної максимальної маси На барабанних стендах ТЗ спорядженої маси На ухилі ТЗ категорій М і N дозволеної максимальної маси На ухилі ТЗ категорій М і N спорядженої маси У дорожніх умовах по сталому уповільненню ТЗ категорій М ₂ , М ₃ , N ₂ і N ₃
3. Запасна гальмівна система	Ефективність гальмування	На барабанних стендах У дорожніх умовах по гальмівному шляху У дорожніх умовах за часом спрацьовування приводу і сталому уповільненню
4. Допоміжна гальмівна система	Ефективність гальмування	У дорожніх умовах по сталому уповільненню
5. Інерційний гальмівний привід	Правильність регулювання	За величиною вільного ходу пристрою управління на відчепленому причепі
6. Гальмівний привід	Регульовальник гальмівних сил	Тиск на контрольному виводі або параметр, встановлений виробником
	АБС	По сигналізаторах АБС У дорожніх умовах по збереженню стійкості ТЗ при гальмуванні
	Система сигналізації і манометри	По адекватності спрацьовування світлових сигналізаторів і свідчень манометрів
	Герметичність гальмівного приводу і тиск на контрольних виводах	Органолептичний контроль, вимір величин і падіння тиску за встановлений час
7. Рульове керування	Зміна зусилля при повороті рульового колеса і його обмеження	Органолептичний контроль
	Сумарний люфт в рульовому управлінні	Вимір приладом при опорі ТЗ на керовані колеса
	Деталі кріплення і фіксації положення, рухливість рульової колонки, рульового механізму і деталей рульового приводу	Органолептичний контроль (для деталей рульового приводу - з можливою силовою дією на керовані колеса при їх установці на стенд)
	Натягнення ремня приводу насоса гідропідсилювача	Вимір прогину під впливом фіксованого зусилля
Підтікання робочої рідини з гідропідсилювача	Органолептичний контроль	

Загальна схема пристрою для вимірювання і регулювання кута сходження керованих коліс автомобіля



- 1 – Цапфа
- 2 – Втулка
- 3 – Маточина
- 4 – Колесо
- 5 – Датчик
- 6 – Штовхач
- 7 – Зворотний клапан
- 8 – Керуючий пристрій
- 9 – Електромагніт
- 10 – Джерело живлення

- 11 – Тумблер
- 12 – Тяга сошки рульового керування
- 13 – Гідроциліндр
- 14 – Гідророзподільвач
- 15 – Гідронасос
- 16 – Гідроаккумулятор
- 17 – Запобіжний клапан
- 18 – Бак
- 19 – Електродвигун

Результати аналізу втрати гальмівної ефективності Neoplan N516 при різних видах прояву несправностей

Форми прояву несправностей	Усталене сповільнення, м/с ²	Коефіцієнт втрати ефективності	Гальмовий шлях, м	Коефіцієнт втрати ефективності
—	6,867	1,000	13,434	1,000
Не гальмує одне переднє колесо	5,291	0,771	16,111	1,199
Не гальмує одне заднє колесо	4,982	0,725	16,835	1,253
Гальмує тільки одне переднє колесо	1,213	0,177	55,314	4,118
Гальмує тільки одне заднє колесо	2,138	0,311	33,318	2,480
Гальмують тільки передні колеса	2,689	0,392	27,397	2,039
Гальмують тільки задні колеса	3,953	0,576	20,060	1,493
Гальмують колеса тільки однієї сторони	3,434	0,500	22,423	1,669

Основні наукові і практичні результати, викладені в роботі

У даній магістерській кваліфікаційній роботі було виконано дослідження, спрямовані покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця. Зокрема було зроблено:

- проаналізовано передумови розробки заходів з покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів;
- сформовано методичні аспекти оцінювання параметрів надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації;
- розроблено методику та практику покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів в умовах експлуатації;
- розроблено заходи забезпечення охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях;
- визначено ефективність запропонованих рішень.

Використання основних результатів магістерської кваліфікаційної роботи:

- покращують показники ефективності експлуатації автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця;
- підвищують якість виконання робіт з виявлення несправностей автомобілів;
- дозволяють покращити технологію та якість регулювання кутів встановлення коліс транспортних засобів, що покращує безпеку їх експлуатації за рахунок збільшення стійкості руху та покращення керованості;
- дозволяють покращити систему організації ТО і ПР на підприємстві.

ДОДАТОК Б (обов'язковий). Протокол перевірки на плагіат



ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Покращення надійності та безпеки руху автотранспортних засобів фізичної особи-підприємця «Єфременюк Анатолій Леонідович» місто Вінниця

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 87,3 % Схожість 12,7 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

Особа, відповідальна за перевірку  Цимбал О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи  Єфременюк Д.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Кашканов А.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)