

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Збільшення ефективності підтримки праездатності автомобілів
в умовах товариства з обмеженою відповідальністю
«Автолім Атлант Дніпро» місто Дніпро»



Виконав: студент 2-го курсу, групи 2АТ-24м
спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
Секрето-професійна програма
Автомобільний транспорт

Філіщов В.А.

Керівник: д.т.н., професор каф. АТМ

Макаров В.А.

« 04 » 12 2025 р.

ОпONENT: д.т.н., асистент каф. АТМ

Слабкий В.В.

« 03 » 12 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 05 » 12 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

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

Ім'я вищого освіти II-й (магістерський)
курсів навч. – 27 – Транспорт
спеціальність – 274 – Автомобільний транспорт
світло-професійна програма – Автомобільний транспорт

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

« 25 » 09 2025 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Філішину Віталію Анатолійовичу

Тема роботи: Збільшення ефективності підтримки праездатності автомобілів умовх товариства з обмеженою відповідальністю «АвтоДім Атлант Дніпро» Істо Дніпро.

рівник роботи Міжгарев Володимир Андрійович, д.т.н., професор,
ітверджені наказом ВНТУ від «24» вересня 2025 року № 313.

Строк подання здобувачем роботи: 30.11.2025 р.

Вихідні дані до роботи: При визначенні кількості постів на СТО урахувати дію вадковості на технічні впливи. Розглянути різну кількість заїздів на СТО – 20, 25 і од/добу. В дослідницькому розділі розглянути розвиток, методи та способи експлуатації інтелектуальних шин для збільшення ефективності підтримки праездатності автомобілів.

Зміст текстової частини:

Аналіз підтримки праездатності автомобілів.

Розрахунок системи технічних впливів на СТО з урахуванням величинності поєд

Розвиток шин, методи та способи технічної експлуатації інтелектуальних шин.

Визначення ефективності запропонованих рішень.

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

1-2 Темі, мета та завдання роботи.

3 Загальна характеристика ТОВ «АВТОДІМ АТЛАНТ ДНІПРО».

4 Структура сервісних діяльностей.

5 Системи управління праездатністю автомобілів.

6 Результати розрахунку числа постів СТО за критерієм мінімуму сумарних витрат.

7-8 Залежності сумарних витрат та доцільні заходи від кількості постів.

9-10 Розвиток інтелектуальних шин.

- 11. Діагностика системи керування
- 12. Аналіз систем регулювання експлуатаційних параметрів
- 13. Класифікація методів контролю технічного стану шин
- 14. Вибір способів контролю автомобіля
- 15. Вибір способів управління
- 16. Аналіз інтенсивності впливу складових системи автомобільної техніки на надійність
- 17. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	вирішено/прийнято
Розділ/підрозділ основної задачі	Макаров В.А., професор кафедри АТМ	<i>[Signature]</i> 25.09.25	<i>[Signature]</i> 25.09.25
Визначення ефективності запропонованих рішень	Буряк Ю.Ю., професор кафедри АТМ	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

7. Дата видачі завдання - 25 вересня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів/міжетапів/кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів-роботи	Підпис
1	Вивчення об'єкта та предмету дослідження	25.09-29.09.2025	<i>[Signature]</i>
2	Аналіз відомих рішень, постановка задачі	30.09-20.10.2025	<i>[Signature]</i>
3	Обґрунтування методів досліджень	30.09-20.10.2025	<i>[Signature]</i>
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-10.11.2025	<i>[Signature]</i>
5	Формування висновків по роботі, новизни, практичної цінності результатів	11.11-16.11.2025	<i>[Signature]</i>
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	17.11-24.11.2025	<i>[Signature]</i>
7	Нормоконтроль МКР	25.11-30.11.2025	<i>[Signature]</i>
8	Попередній захист МКР	01.12-04.12.2025	<i>[Signature]</i>
9	Рецензування МКР	05.12-09.12.2025	<i>[Signature]</i>
10	Захист МКР	10.12-12.12.2025	<i>[Signature]</i>

Здобувач

Керівник роботи

[Signature]
[Signature]

Філіпов В.А.

Макаров В.А.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.12

Філіппов В.А. Збільшення ефективності підтримки працездатності автомобілів в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Автодім Атлант Дніпро» місто Дніпро. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, освітня програма – автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2025. 93 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 37 назв; рис.: 34; табл. 2.

У магістерській кваліфікаційній роботі наведені нові шляхи технічної експлуатації систем колісних транспортних засобів для зменшення рівня дорожньої аварійності на прикладі інтелектуальних шин. Досліджене обертання автомобільного колеса та розроблений алгоритм технічної експлуатації еластичних рушіїв. Визначена ефективність запропонованих рішень.

Ілюстративна частина складається з 17 плакатів із результатами дослідження.

Ключові слова: ефективність, технічні впливи, інтелектуальна шина, автомобіль, безпека, працездатність.

ABSTRACT

Filippov V.A. Increasing the efficiency of maintaining the operability of cars in the conditions of the limited liability company "Avtodim Atlant Dnipro" city of Dnipro. Master's qualification work in the specialty 274 - Motor transport, educational program - motor transport. Vinnytsia: VNTU, 2025. 93 p.

In Ukrainian. Bibliography: 37 titles; Fig.: 34; Table. 2.

The master's qualification work presents new ways of technical operation of wheeled vehicle systems to reduce the level of road accidents using the example of intelligent tires. The rotation of a car wheel is studied and an algorithm for technical operation of elastic drives is developed. The effectiveness of the proposed solutions is determined.

The illustrative part consists of 17 posters with the results of the study.

Keywords: efficiency, technical influences, intelligent tire, car, safety, operability.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ ПІДТРИМКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛІВ	9
1.1 Загальна характеристика ТОВ "АВТОДІМ АТЛАНТ ДНІПРО"	9
1.2 Характеристика сервісних послуг підприємства	12
1.3 Аналіз наукових літературних джерел по збільшенню ефективності працездатності автомобілів	15
1.4 Висновки за розділом 1	20
2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕХНІЧНИХ ВПЛИВІВ НА СТО З УРАХУВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПОДІЙ	21
2.1 Розрахунок вхідного потоку послуг в СТО	21
2.2 Розрахунок кількості вимог за нормативними показниками	23
2.3 Розрахунок продуктивності роботи системи технічних впливів	24
2.4 Розрахунок термінів обслуговування (ремонту)	26
2.5 Розрахунок ефективності функціонування системи	26
2.6 Розрахунок продуктивності системи виконання технічних впливів	27
2.7 Розрахунок характеристик ефективності використання системи	29
2.8 Визначення технологічно необхідної кількості постів	32
2.9 Оптимізація роботи системи СТО	33
2.10 Обґрунтування вартості втрат	34
2.11 Результати проведених розрахунків	35
2.12 Висновки за розділом 2	39
3 РОЗВИТОК ПИНИ, МЕТОДИ ТА СПОСОБИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПИН	40
3.1 Аналіз розвитку сучасних та інтелектуальних еластичних рушіїв	40
3.2 Інформаційний потік від системи колесо-дорога	42
3.3 Дослідження обертання автомобільного колеса	44
3.4 Алгоритм технічної експлуатації автомобільних шин	57
3.5 Висновки за розділом 3	75

4 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	77
4.1 Оцінка ефективності впливу автомобільної техніки на планетарну систему	77
4.2 Оцінка впливу різних складових систем автомобільної техніки на аварійність дорожнього руху колісних транспортних засобів.....	84
4.3 Висновки за розділом 4	85
ВИСНОВКИ	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	90
Додаток А Ілюстративна частина.....	94
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень..	



ВСТУП

Аспекти розвитку автомобільної техніки завжди повинні мати підтримку інноваційних технічних рішень, що обумовлюють низький рівень аварійності на автодорогах на різних етапах життєвого циклу колісних транспортних засобів (КТЗ). Означену підтримку може створити або практично сформувасти наступна низка систем [1,2]: автозавод, технічний університет, випробувальний майданчик, станція технічного обслуговування тощо. СТО має певний перелік служб (систем), які в змозі по різному сприяти зниженню рівня дорожньої аварійності. Це наступні системи станції: фінансова, охорони, організації відпочинку клієнтів, допомоги після ДТП, виконання технічних впливів (ТО, ПР, діагностування). Остання система є технічною службою (ТС) СТО. Вона в змозі сприяти зниженню в практичній діяльності рівня аварійності на автодорогах в зоні тяжіння станції. При здійсненні певних технічних операцій та вірній організації робіт ТС СТО можна раціонально поліпшити технічний стан КТЗ, що разом з сукупністю інших дієвих факторів знизить імовірність ДТП.

Після визначення найбільш дієвої служби для забезпечення низькоаварійного руху КТЗ, слід виокремити з великої кількості елементів, компонентів, підсистем автомобіля найбільш значущі для безпечного руху інтелектуальної машини в майбутньому. В даній МКР вибрані інноваційні інтелектуальні рушії, які інтенсивно розвивають шинні заводи.

У середині XIX-го сторіччя на зовнішньому колі колеса була закріплена еластична оболонка, яка дозволила поліпшити зчеплення рушії з опорною поверхнею, що обумовило можливість формування силового поля у контакті. Внутрішній тиск повітря визначає геометрію і пружність теперішнього колеса та є майже невагомою складовою невіднесеної шини, що швидко обертається. Наведені позитивні властивості використання безкоштовного стисненого повітря обумовили довгий життєвий цикл пневматичної шини (більше півтора сторіччя).

Однак, наявність пневматичних еластичних рушіїв, що динамічно обертаються на сучасних швидкісних автомобілях, обумовлювало ДТП з дуже важкими наслідками, якщо миттєво руйнувалася міцна структура оболонки. Крім того, бурхливий розвиток інтелектуальних шин (ІШ) вимагав змінити конструкцію колеса. Так з'явилися непневматичні інтелектуальні шини в епоху інтелектуального розвитку КТЗ планети. З'являються повідомлення про нові інноваційні структури та властивості ІШ [3-5].

Однак, відсутня інформація про методи діагностування технічного стану інтелектуальних рушіїв, що є проблемою для технічної експлуатації автомобілів і підготовки спеціалістів зі спеціальності «Автомобільний транспорт» по питанням виконання технічних впливів на ІШ, використання яких в змозі зменшити рівень дорожньої аварійності КТЗ.

Мета роботи – визначення серед спектру можливих напрямів розвитку нових шляхів технічної експлуатації систем КТЗ, для зменшення рівня дорожньої аварійності (на прикладі інтелектуальних шин).

Об'єкт дослідження – система технічної служби СТО (ІШ та аспекти щодо контролю, підтримання або відновлення працездатності інноваційних інтелектуальних шин).

Предмет дослідження – вплив технічної служби СТО на технічну експлуатацію інтелектуальних шин щодо підтримки працездатності та забезпечення низької аварійності руху КТЗ на автомобільних дорогах.

Задачі дослідження:

- аналіз функціонування ТОВ «Автодім Атлант Дніпро» місто Дніпро;
- розрахунок показників системи для виконання технічних впливів на СТО з урахуванням невизначеності подій;
- аналіз властивостей інтелектуальних рушіїв автомобіля, на які може впливати технічна служба СТО при технічній експлуатації КТЗ та формування алгоритму розвитку ТО і ПР шин;
- визначення характеристик ефективності загального дослідження

ролі автомобільної техніки на планеті та остаточної ефективності впливу технічної служби СТО на зниження аварійності на автодорогах.

Новизна дослідження полягає в створенні сумісної дії сукупності аспектів для виконання різних технічних впливів технічною службою СТО на протязі життєвого циклу інтелектуальної шини та виокремлення можливого напрямку кількісної оцінки величини зниження аварійності на автодорогах, обумовленого ТС.

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень доповідалися й обговорювалися на LV Всеукраїнській науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів підрозділів університету з участю працівників підприємств, ВНТУ.

Вірогідність отриманих результатів забезпечується: коректною постановкою задач дослідження, послідовним і чітким застосуванням математичних методів при їх рішенні; збігом результатів для окремих і граничних випадків з відомими з літератури рішеннями; узгодження між собою результатів, отриманих в різних розділах роботи; підтвердження теоретичних результатів за рахунок використання різних математичних методів для рішення однієї задачі.

Публікації. Макаров В.А., Нагорний А.Л., Філіппов В.А. Аналіз залежності зношування шин від швидкісного режиму руху. Матеріали LV Всеукраїнської науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів підрозділів університету з участю працівників підприємств, Вінниця, ВНТУ, 17.11.2025 р. – 27.03.2026 [6].

1 АНАЛІЗ ПІДТРИМКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Загальна характеристика ТОВ "АВТОДІМ АТЛАНТ ДНІПРО"

ТОВ "АВТОДІМ АТЛАНТ ДНІПРО" є офіційним дилерським та сервісним центром Volkswagen у Дніпрі [7] та знаходиться за адресою вул. Стартова, 22 (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 - Місце розміщення підприємства

Група компаній "Автомобільний Центр Атлант" існує понад 25 років. Зараз вона має концептуальний автоцентр «повного циклу»: шоу-рум, сервіс, кузовний ремонт тощо. У 2019 році був оновлений інтер'єр автосалону, зробили редизайн для підвищення комфорту клієнтів. Основними видами діяльності є наступні:

- технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів;
 - торгівля легковими автомобілями;
 - роздрібна торгівля частинами та приладдям для автомобіля;
- послуги з оренди автомобілів.

Компанія продає нові автомобілі Volkswagen та оригінальні запчастини, здійснює кузовний ремонт та фарбування. Сервісний центр або СТО надає

наступні послуги: технічне обслуговування автомобілів; ремонт ходової, двигуна, електрики, діагностика; шиномонтаж, сезонне зберігання шин; кузовний ремонт та фарбування. Додаткові послуги включають страхування та гарантійне обслуговування автомобілів.

Підприємство має велику клієнтську базу: сервіс обслуговує сотні тисяч автомобілів. Загальний зовнішній вигляд адміністративно-виробничого корпусу наведено на рисунку 1.2 [7].



Рисунок 1.2 - Зовнішній вигляд адміністративно-виробничого корпусу

На рисунку 1.3 наведено пости ТО і ПР [7].



Рисунок 1.3 - Пости для виконання технічних впливів ТО і ПР

Розвинені роботи з розв'язання діагностичних питань (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 - Пости діагностування технічного стану двигунів

Бренди Volkswagen: Tiguan та T-Roc (рисунок 1.5), Passat та Touareg (рисунок 1.6), Golf, Arteon.



Рисунок 1.5 – Автомобілі Volkswagen Tiguan та Volkswagen T-Roc



Рисунок 1.6 – Автомобілі Volkswagen Passat та Volkswagen Touareg

1.2 Характеристика сервісних послуг підприємства

Підприємство надає повний комплекс сервісних робіт для легкових автомобілів, орієнтований на стандарти виробника Volkswagen. Це технічне обслуговування, діагностика, ремонтні та кузовні роботи. Технічне обслуговування автомобілів включає наступні види робіт:

- заміну моторної оливи та фільтрів;
- перевірку та оновлення технічних рідин;
- огляд гальмівної системи;
- діагностику підвіски;
- заміну ременів, свічок, паливних фільтрів;
- перевірку систем безпеки та електроніки.

Обслуговування проводиться відповідно до сервісних інструкцій Volkswagen, із використанням оригінальних запчастин.

Діагностика автомобіля включає комп'ютерну діагностику електронних систем, двигуна та коробки передач, а також перевірку ходової частини. Використовується обладнання діагностичної системи VAS (оригінальні для VW Group).

Проводяться різні ремонтні роботи. Механічний ремонт двигуна і трансмісії, системи охолодження, рульового управління, гальмівної системи, усунення течій та заміна вузлів. Електротехнічний ремонт проводки та датчиків, блоків керування, оновлення програмного забезпечення автомобіля.

Виконується кузовний ремонт та фарбування автомобілів після ДТП, які часто трапляються. Підприємство має власну кузовну дільницю та виконує наступні види робіт: усунення вм'ятин та деформацій, ремонт після ДТП, фарбування часткове та повне, полірування кузова, відновлення геометрії. Кузовний ремонт автомобіля - технічно складний тип ремонту, який вимагає сучасного обладнання та кваліфікованих фахівців. Якість відновлення кузова впливає не тільки на зовнішній вигляд, а й на безпеку автомобіля після ремонту.

Кузовний цех «Автодім Атлант Дніпро» має 7 постів, оснащений стапелем KOREK Blackhawk, камерою OMIA, електронною вимірювальною системою Shark. Поєднання сучасного професійного обладнання з кваліфікованими, досвідченими фахівцями, сертифікованими заводом Volkswagen, забезпечують якісну діагностику геометрії кузова, бездоганне рихтування пошкоджень будь-якої складності і повне відновлення пошкодженого автомобіля. Виконання кузовних робіт наведено на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Виконання кузовних робіт ні підприємстві

Послуги малярно-кузовного цеху «Автодім Атлант Дніпро»: відновлення геометрії кузова, рихтування автомобіля на стапелі, рихтування деталей автомобіля, зварювальні та арматурні роботи, ремонт бамперу та пластикових елементів, видалення сколів та подряпин, відновлення автомобіля після ДТП, заміна деталей кузова та скла, фарбування автомобіля та окремих його частин, комп'ютерний підбір фарби, полірування автомобіля.

Виконується сервіс шин та коліс: шинномонтаж, балансування, сезонна заміна шин, послуга сезонного зберігання коліс у спеціальних складах.

Переваги сервісу підприємства: офіційні стандарти Volkswagen, кваліфіковані сертифіковані майстри, використання оригінальних запчастин, сучасне діагностичне обладнання, прозорість цін та гарантія на роботи.

На рисунку 1.8 наведені сервісні дільниці.



Рисунок 1.8 - Структура сервісних дільниць «Автодім Атлант Дніпро»

Структура сервісних дільниць «Автодім Атлант Дніпро» включає офіційний сервіс Volkswagen, який використовує сертифікований персонал і фірмове обладнання. Працює з різними системами: двигун, трансмісія (включно DSG), електроніка, паливна апаратура, підвіска. Надає гарантійне обслуговування та має програми знижок для власників Volkswagen старше 4 років. Пропонує підмінний автомобіль під час ремонту та здійснює сезонне зберігання шин. Експрес-сервіс забезпечує швидкі послуги: заміна масла, гальмівних колодок, шин. Слід відзначити максимально оптимізовані процеси, щоб зменшити час перебування автомобіля на сервісі. (висновок на основі "експрес-сервісу" з сайту). Кузовний і фарбувально-рихтувальний цех включає ділянку кузовного ремонту та камера фарбування. Є шинний сервіс

та зберігання шин. Ділянка додаткового обладнання займається встановленням сигналізації, мультимедійні системи, декоративні елементи тощо. В фірмовому магазині продаються оригінальні запчастини та аксесуари. Клієнтський сервіс здійснює консультації з питань обслуговування, вартості робіт, підбору запчастин.

Робітники різних дільниць взаємодіють між собою. Ділянка експрес-сервісу обслуговує базові роботи, часто перенаправляє складніший ремонт на основний сервіс (двигун, трансмісія). Після ремонту на основному сервісі або кузовному цеху автомобіль може проходити через автомийку перед видачею клієнтові. Шинний сервіс тісно взаємодіє з кузовною дільницею: після рихтування або ремонту можуть потребувати балансування або новий шинномонтаж. Магазин запчастин підтримує всі сервісні дільниці, забезпечуючи наявність оригінальних деталей для ремонтів і ТО. Клієнтський сервіс координує запис, консультації, комунікацію з клієнтом, а також контролює прозорість ремонтів (узгодження обсягів, вартості, часових рамок).

1.3 Аналіз наукових літературних джерел по збільшенню ефективності працездатності автомобілів

Корисні властивості автомобільної техніки сприяють вільному прогресу суспільства і господарства планети тільки тоді, коли КТЗ знаходяться в працездатному стані. Тому систему управління працездатністю автомобілів наведено окремо.

Якщо розглянути сучасні джерела технічної інформації, то можна виявити не розмежування, а тісний зв'язок між господарчою діяльністю і автомобільною технікою. Наприклад, в джерелі наведені слова міністра економіки і транспорту Землі Саксонія ФРН. Він виокремив головну задачу міністерства - безперервний пошук і аналіз ініціатив з розвитку економіки регіону, країни, континенту або планети, з метою «вбудовування» підприємств Саксонії через транспортні зв'язки в перспективні господарські рішення.

Назва міністерства свідчить про єдність двох цих сфер діяльності суспільства для ініціювання зростання рівня функціонування господарства Німеччини.

Для виявлення раціонального аспекту взаємодії господарства країни і підприємств автомобільного транспорту, в конкретних умовах ринкових відносин, розроблений варіант структурної схеми системи (рисунок 1.9).

Вона включає технічні елементи, які обумовлюють працездатний стан АТЗ та економічні (господарські) види діяльності./

Наведена схема візуалізує тісний зв'язок між прибутком підприємства автомобільного транспорту (економічним показником) та працездатністю транспортних засобів (технічним показником). Означений показник має три фази життєвого циклу працездатності: потенційну, реальну (в заданий момент часу) та реалізовану.



Рисунок 1.9 – Мнемосхема щодо системи управління працездатністю АТЗ

Потенційна працездатність формується при конструюванні та технологічному виробництві АТЗ. Прийняття конструкторами машин інноваційних рішень, які втілюються в автомобілі за допомогою сучасних технологій, гарантують надання автомобілю повного і достатнього рівня

експлуатаційних властивостей, які бажають вимогливі користувачі. Співпадання властивостей виготовленого АТЗ з потребами майбутнього користувача, встановлюється завдяки попередньому економічному маркетинговому дослідженню ринку.

Далі, транспортним засобам надається стан миттєвої працездатності, тобто АТЗ мають бути мобільними: завжди готовими до перевезень мешканців та вантажів. Тому на підприємствах автомобільного транспорту виконуються технічні впливи: діагностування технічного стану АТЗ, технічне обслуговування або відновлення засобу. Означеними ТО і ПР закінчується створення другої фази життєвого циклу працездатності автомобіля.

Тепер реалізують реальну працездатність, шляхом виконання різних перевезень. Основними актуальними функціями впливають дії водіїв, що керують автомобілями. Після виконання перевезень, закінчується фінішна фаза наведеного життєвого циклу дієвого використання працездатності АТЗ.

Далі (див. рис. 1.9) розглядаються операції з оплати здійсненої транспортної роботи, тобто формування фінансового потоку α . Означений потік може ініціювати формування прибутку підприємства. Отримані за перевезення кошти є дуже важливим фактором, що втілюється в купівлю матеріальних автомобілів і за допомогою дієвих технологій гарантують придання автомобілю достатнього рівня експлуатаційних властивостей, які потрібні сучасним користувачам. Співпадання якості виготовленого автомобіля з потребами майбутнього покупця (користувача) встановлюється завдяки попередньому маркетинговому дослідженню ринку. Воно обумовлює реальну імовірність створення нового життєвого циклу працездатності АТЗ (лінія зворотнього зв'язку β).

Таким чином, на прибуток автотранспортного підприємства суттєво вплине дія двох економічних чинників, а саме:

- маркетингового дослідження - лінія зв'язку γ ;
- вбудовування можливого процесу функціонування АТЗ в діючі ефективні логістичні ланцюги – лінія зв'язку δ .

У зв'язку зі значущим впливом логістики на автомобільний транспорт, схема системи містить логістичну підтримку.

Ефективність працездатності автомобілів є результатом комплексної взаємодії технічних та організаційних факторів, що впливають на роботу силової установки, трансмісії, ходової частини, шин та електронних систем. Аналіз наукових джерел свідчить, що підвищення продуктивності транспортного засобу досягається за рахунок оптимізації конструктивних елементів, впровадження сучасних технологій управління та систем контролю технічного стану [8].

У сфері двигунобудування доведено, що оптимізація паливної системи, удосконалення форсунок, регулювання фаз газорозподілу та застосування електронного контролю зменшують питомі витрати палива на 4–6% та підвищують ресурс двигуна на 8–12% [8]. Регулярне технічне обслуговування двигуна, що включає заміну мастила та фільтрів, а також діагностику паливної апаратури, знижує ризики передчасного зносу та втрати потужності до 10–15%, що підтверджується даними експлуатації комерційного транспорту [9]. Впровадження сучасних систем моніторингу та електронного управління дозволяє зменшити ймовірність несправності двигуна на 20–25% протягом перших 5 років експлуатації.

Стан трансмісії та системи змащення має істотний вплив на динамічні показники автомобіля. Використання мастильних матеріалів з оптимальною в'язкістю та антифрикційними добавками знижує механічні втрати на 3–5% та підвищує ефективність передачі потужності [10]. Своєчасна діагностика зчеплення, коробки передач і карданного вала дозволяє запобігти втратам потужності до 7% і скоротити частоту відмов до 15% [11].

Ходова частина та підвіска відіграють ключову роль у стабільності та безпеці транспортного засобу. Порушення параметрів підвіски, люфти у шарнірах та амортизаторах призводять до збільшення опору коченню на 5–12% і зниження стійкості автомобіля. Експериментальні дослідження показують, що несправні амортизатори можуть збільшувати гальмівний шлях

на 5–20%, залежно від умов експлуатації та маси транспортного засобу [12]. Регулярна діагностика підвіски та заміна зношених елементів підвищує безпеку руху на 10–15% і збільшує ресурс ходової частини на 20–25%.

Вплив шин на економічність автомобіля також підтверджено числовими даними. Підтримання нормативного тиску у шинах знижує опір коченню на 8–12% та зменшує витрати палива на 2–4% [13]. Системи контролю тиску у шинах (TPMS) знижують ймовірність недонакачування на 30–40%, подовжують ресурс шин на 15–20% і дозволяють зменшити загальні витрати палива в автопарках до 3% [14]. Неправильна геометрія коліс через некоректне розвал-сходження збільшує витрати палива на 1–3% і прискорює знос шин на 10–15% [15].

Система гальмування істотно впливає на працездатність та безпеку автомобіля. Зношені колодки та дефекти дисків збільшують гальмівний шлях на 10–20% і створюють додаткові теплові навантаження на елементи підвіски [16]. Використання сучасних матеріалів гальмівних колодок і систем ABS/ESP знижує ризик втрати керуваності на 15–20% і підвищує стабільність руху [17].

Сучасні автомобілі значною мірою залежать від електронних систем. Регулярна діагностика бортових модулів, датчиків та систем OBD-II дозволяє своєчасно виявляти несправності, знижуючи втрати ефективності двигуна на 5–7% [18]. Впровадження систем попереджувального технічного обслуговування (predictive maintenance), що базуються на аналізі даних, знижує простій техніки на 20–40% і подовжує ресурс компонентів на 15–30% [19].

Таким чином, ефективність працездатності автомобіля формується комплексом технічних і організаційних факторів. Оптимальна експлуатація силової установки, регулярне технічне обслуговування, контроль ходової частини, правильний підбір і обслуговування шин, своєчасна діагностика електронних систем та впровадження інтелектуальних систем обслуговування забезпечують значне підвищення ефективності, безпеки та економічних показників транспортного засобу.

1.4 Висновки за розділом 1

«ТОВ «АВТОДІМ АТЛАНТ ДНІПРО» є стабільним учасником ринку автомобільних послуг, що поєднує продаж транспортних засобів із якісним сервісним обслуговуванням. Наявність чіткої організаційної структури сервісних дільниць та визначених напрямів діяльності дозволяє ефективно управляти бізнес-процесами і своєчасно задовольняти потреби клієнтів. Основною конкурентною перевагою компанії є високий рівень сервісного обслуговування, що підвищує лояльність клієнтів і створює умови для подальшого розвитку підприємства.»

«Проаналізована структура сервісних дільниць ТОВ «АВТОДІМ АТЛАНТ ДНІПРО». Проведений аналіз засвідчив раціональний розподіл функцій між дільницями, достатній рівень технічного оснащення та узгодженість основних виробничих процесів, що забезпечує своєчасне та якісне виконання сервісних робіт. Така організація роботи сприяє підвищенню ефективності обслуговування клієнтів і створює передумови для подальшого вдосконалення сервісної діяльності підприємства.»

Узагальнення наукових даних показує, що підвищення працездатності автомобіля досягається за рахунок оптимізації технічного стану його основних систем. Оптимізація роботи двигуна та регулярне ТО знижують витрати палива на 4–6% і підвищують ресурс на 8–12%, тоді як використання електронних систем контролю зменшує ймовірність відмов на 20–25%. Обслуговування трансмісії й ходової частини скорочує механічні втрати на 3–5%, підвищує безпеку руху на 10–15% та збільшує ресурс вузлів на 20–25%. Підтримання нормативного тиску в шинах і коректне розвал-сходження знижують витрати палива на 2–4% та зменшують знос шин на 15–20%. Своєчасна діагностика гальм та електронних систем додатково знижує ризик втрати керованості на 15–20% і скорочує простої техніки на 20–40%.

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕХНІЧНИХ ВПЛИВІВ НА СТО З УРАХУВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПОДІЙ

Згідно спостережень, середня інтенсивність руху легкових КТЗ в зоні тяжіння СТО дорівнюється: 10,5 (час роботи 8годин); 20 (час роботи 8 або 12 годин) і 25 автомобілів/добу (час роботи 8 годин). Для продовження дослідження слід попередньо зробити технологічний розрахунок системи ТО і ПР з урахуванням випадковості подій, що обумовлюють надання послуги автомобілям на СТО.

Теорія масового обслуговування (ТМО) використана для розрахунку зони виконання технічних впливів СТО, тому що вона дозволяє сформуванню математичну модель для проведення аналізу ефективності рішень, які приймаються у частині вибору оптимального числа постів. Виконаний аналіз виробничої діяльності СТО свідчить про те, що в її систему ТО та ПР входить випадковий потік вимог з випадковими відмовами, які обумовлюють для свого усунення технічних впливів випадкових за термінами виконання. Останнє обумовлює задіяння великої множини різних технічних рішень. Тому, потік випадкових відмов (в свою чергу), формує випадковий потік технічних впливів [20].

Таким чином, процес надходження в систему технічного обслуговування і ремонту автомобільного потоку є імовірнісним. Далі будемо вважати, що в результаті низки припущень, накладення указаних умов на вхідний потік, буде відповідати вимогам стаціонарності, ординарності та відсутності втрат, а система ТО та ПР, що проектується, буде віднесена до системи з очікуванням послуг без вагомих втрат.

2.1 Розрахунок потоку послуг в СТО

При стаціонарному процесі обслуговування і ремонту автомобілів, що поступають в систему, потік вимог є Пуассонівським (найпростішим), в якому

Ймовірність надходження в проміжок часу $(0, t)$ K вимог визначається за формулою:

$$P_K(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^K}{K!} \cdot e^{-\lambda t}, \quad (2.1)$$

де $P_K(t)$ - ймовірність надходження K вимог за термін $(0, t)$;

λ - щільність потоку вимог (середнє число вимог, що надходять за одиницю часу).

Величина математичного очікування кількості вимог, що надходять до системи, дорівнює:



При $t = 1$ вираз (2.1) приймає вигляд:

$$P(K) = \frac{\lambda_K}{K!} \cdot e^{-\lambda}. \quad (2.2)$$

Із формули (2.2) випливає, що для повного опису найпростішого потоку вимог на обслуговування або ремонт необхідно знати параметр щільності потоку вимог λ .

Згідно закону великих чисел, при великій кількості вимог на обслуговування або ремонт значення величини N_c (середньодобова кількість автомобілів, які потребують обслуговування) наближається до її математичного очікування.

$$M(K) = \lambda_1 \approx N_{\alpha}. \quad (2.3)$$

Таким чином, для того, щоб описати потік і мати його характеристику, достатньо знати величину N_{α} .

Дисперсія випадкової величини K , розподіленої за законом Пуассона, дорівнює її математичному очікуванню $D(K) = \lambda \approx N_c$.

Значення середньоквадратичного відхилення випадкової величини K дорівнює $\sigma_K = \sqrt{N_c}$.

Тому, щільність потоку вимог, що надходять до системи, змінюється у межах:

$$\tilde{N}_c = N_c \pm \sqrt{N_c}. \quad (2.4)$$

Наприклад, якщо $N_c = 9$, то $\tilde{N}_c = 9 \pm 3$ чи $\tilde{N}_c = 6-12$, потік буде змінюватися за величиною в два рази.

Для означеного потоку необхідна відповідна організація робіт в зонах обслуговування та ремонту і достатня для цього виробнича потужність.

2.2 Розрахунок кількості вимог за нормативними показниками

Розрахунок проводиться, при відсутності статистичних даних, за параметрами надійності і є менш точним, ніж розрахунок з урахуванням показників дослідження, що яке було проведено.

Як відмічалось, загальний потік автомобілів, що надходять на автотранспортний комплекс СТО за добу N_c , розраховується від інтенсивності руху автомобілів N на автомобільній дорозі, яка знаходиться в області тяжіння станції.

Потік вимог, що надходять на СТО, розподіляються наступним чином: на ТО – 10% ($N_{ТО}$), на поточний ремонт – 80% ($N_{пр}$), на діагностування технічного стану АТЗ- біля 10% ($N_{д}$):

$$N_c = N_{ТО} + N_{д} + N_{пр}. \quad (2.5)$$

2.3 Розрахунок продуктивності роботи системи технічних впливів

Продуктивність системи обслуговування і ремонту, в першу чергу, залежить від тривалості часу, що витрачається бригадою у складі P_n виконавців на виробництво робіт по обслуговуванню і ремонту автомобілів. За різними причинами (різний вид і важкість відмов, різноманітний технічний стан автомобілів та їх тип тощо) час, який витрачається на обслуговування або ремонт, є випадковою величиною, закони розподілення якої можуть бути визначені різними статистичними методами.

Згідно вимог ТМО, пропускна здатність системи СТО залежить, головним чином від розміру математичного очікування часу обслуговування або ремонту t . Характер закону розподілення цього часу здійснює суттєвий вплив на пропускну здатність системи. Тому задаються показовим законом розподілу часу обслуговування, функція якого має наведений нижче вигляд:

$$F(t) = L - e^{-\mu t}, \quad (2.6)$$

де μ_i - інтенсивність i -того виду обслуговування або ремонту (середня продуктивність бригади СТО).

Щільність розподілу часу виконання технічного впливу дорівнює:

$$f(t) = \mu \cdot e^{-\mu t}. \quad (2.7)$$

Математичне очікування часу обслуговування (ремонту) дорівнює:

$$M(t) = t_i^* = \frac{1}{\mu_i}, \quad (2.8)$$

Звідси випливає наступне:

$$\mu_i = \frac{1}{t_i^*}, \frac{1}{200}.$$

При вибраному показовому закону розподілу, дисперсія тривалості обслуговування або ремонту на універсальних постах дорівнює:

$$D(t) = \frac{1}{\mu_i^2} = [t_i^*]^2; \quad (2.9)$$

$$\sigma(t) = \sqrt{D(t)} = t_i^*.$$

Тому, загальний час виконання технічного впливу, з урахуванням дисперсії, дорівнює:

$$\tilde{t}_i^* = t_i^* \pm t_i^* \quad \text{чи} \quad 0 \leq \tilde{t}_i^* \leq 2t_i^*. \quad (2.10)$$

Проведення обслуговування (ремонту) з великим розкидом часу відносно математичного очікування, потребує формування високої системи організації робіт на постах і достатніх резервів робітників та обладнання.

Значні розкиди часу потребують особливо ретельних технологічних параметрів системи виконання технічних впливів [20,21].

2.4 Розрахунок термінів обслуговування (ремонту)

Час, що затрачується на обслуговування або ремонт АТЗ, може визначатися на підставі дослідних даних із виразу:

$$\bar{t}_i^* = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_j^*, \text{ год.} \quad (2.11)$$

де \bar{t}_i^* - тривалість j -го обслуговування або ремонту в i -ому виді впливу;

n - загальна кількість технічних впливів.

Якщо статистичні дані відсутні, то в якості величин для визначення часу тривалості обслуговування або ремонту можуть бути, з визначеним припущенням, використані величини нормативної трудомісткості обслуговування або ремонту - t_i .

2.5 Розрахунок ефективності функціонування системи

Під ефективністю роботи системи, слід розуміти характеристики рівня виконання завдань.

Розглянута система обслуговування і ремонту, яка складається з обмеженого числа однотипних постів X , в якій згідно з умовою стаціонарності потоку, прийнято, що обслуговування чи ремонт вважаються закінченими одразу ж після проведення робіт, і автомобіль залишає систему. Час на транспортування автомобілів з посту на піст і ефективність роботи при цьому не розглядаються.

2.6 Розрахунок продуктивності системи виконання технічних впливів

Розрізняється абсолютна та відносна продуктивність системи. Перша з них характеризує середню кількість заявок, які обслуговуються або відновлюються в одиницю часу, і дорівнює:

$$W_a = \mu \cdot X, \quad (2.12)$$

де X - число робочих постів.

Друга характеризує середнє значення відношення числа автомобілів, що пройшли обслуговування чи ремонт, до числа автомобілів, що прийшли до системи за одиницю часу:

$$W_{\text{амв}} = \frac{\mu \cdot X}{N_c}. \quad (2.13)$$

Пропускна здатність системи виконання впливів визначена з зіставлення параметрів потоку вимог, що надходить, i -го виду і абсолютною продуктивністю:

$$\tilde{N}_c = \lambda \cdot \mu_i \cdot x_i. \quad (2.14)$$

Якщо виконується умова $\tilde{N}_c \geq \mu_i \cdot x_i$, то система не впадає з об'ємом послуг, в результаті цього створюється постійна черга очікуючих обслуговування (ремонт) автомобілів.

Для ефективної роботи системи необхідно виконання умови:

$$\tilde{N}_c \leq \mu_i \cdot x_i. \quad (2.15)$$

Результат $\tilde{\mu}_i - \tilde{N}_c$ дає величину надлишку виробничої потужності m_i , яка повинна бути оптимальною, а пов'язані з цим витрати C_u - мінімальні.

Необхідна умова виражена наступним чином:

$$m_i = \tilde{\mu}_i \cdot x_i - \tilde{N}_{\alpha_i} \quad (2.16)$$

$$m_i \rightarrow OPT, C_{\alpha} \rightarrow \min.$$

В якості додаткової умови для роботи системи може бути прийняте припущення, при якому відносна продуктивність буде в границях $1 < W_{отн} < 2$.

Для приблизної оцінки роботи системи, використовується нерівність (2.15). Після ділення правої та лівої частини на параметр μ_i і прийняття для подальших розрахунків відношення $N_{\alpha_i} / \mu_i = \rho_i$, отримано:

$$x_i \succ \rho_i, \quad (2.17)$$

де ρ_i - приведена щільність потоку вимог.

Фізичний сенс ρ_i - це середнє число вимог, які поступають в систему за середній час обслуговування вимоги.

Мінімальна кількість постів X_T в системі, при якій черга вимог, які очікують, не буде зростати, обмежується нормуючою умовою:

$$x_T \succ \rho_i; \quad 0,2 \leq x_T - \rho \leq 1,0. \quad (2.18)$$

За цієї умови система буде мати максимально можливу продуктивність при мінімальній кількості постів. Слід звернути увагу на нижню границю цього обмеження [22, 23].

$x_T - \rho \geq 0,2$ тому, що при менших значеннях різко збільшується довжина черги і загрузка системи. Робота СТО з мінімальною кількістю постів буде нестійкою.

Наявність нерівності $x > \rho$, свідчить про працездатність системи обслуговування і ремонту автомобілів, однак це ще не гарантує того, що система буде працювати достатньо ефективно. Може статися, що такі параметри, як час простою в черзі перед початком обслуговувань (ремонт) або довжина черги автомобілів, будуть занадто великі, а резерви виробничих потужностей не забезпечать стійкість системи. Тому для оцінки системи обслуговування чи ремонту використовуються додаткові параметри, які дозволяють детально визначити ефективність її роботи з різних сторін.

Ефективність роботи розглядаємої системи оцінюється за величиною параметрів, умовно розділених на дві групи.

Перша група дозволяє оцінити роботу системи за ступенем використання її виробничих потужностей, друга – за відносними можливостями виробничої системи.

2.7 Розрахунок характеристик ефективності використання системи

Імовірність того, що усі пости обслуговування вільні дорівнює:

$$P_c = \left[\sum_{k=0}^{x-1} \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^x}{(x-1)!(x-\rho)} \right]^{-1}, \quad (2.19)$$

де x - число постів в системі (підсистемі);

k - кількість заяв, що надходять в систему.

Імовірність того, що всі пости обслуговування (ремонт) зайняті:

$$P = P_c \frac{\rho^x}{(x-1)!(x-\rho)}. \quad (2.20)$$

Імовірність P одночасно характеризує й такі показники, як імовірність відмов в обслуговуванні або ремонті чергової вимоги (автомобілю) із-за

зайнятості всіх постів; термін повного завантаження системи роботою; коефіцієнт використання робочого часу.

Імовірність Π може задаватися, виходячи із технологічних умов, в наступних границях $\Pi = 0,7 - 0,85$.

Далі розглянута характеристика ефективності використання постів, що призначені для виконання технічних впливів.

Середня кількість вільних постів дорівнює:

$$X_{\text{в}} = P_0 \sum_{k=0}^{x-1} \frac{\rho^k}{k!} (x-k). \quad (2.21)$$

З достатньою точністю для аналізу системи технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів, значення $X_{\text{в}}$ може бути визначено з виразу:

$$X_{\text{в}} = x - \rho. \quad (2.22)$$

Знаючи середню кількість постів, визначають такий параметр як коефіцієнт простою постів:

$$K_{\text{п}} = \frac{X_{\text{в}}}{x}. \quad (2.23)$$

Коефіцієнт зайнятості постів дорівнює:

$$K_{\text{з}} = \frac{X_{\text{з}}}{x} = \frac{\rho}{x}. \quad (2.24)$$

Ступінь використання постів, хоч і є одним з показників якості функціонування обслуговуючої (ремонтної) системи, однак не єдиним критерієм досягнення цілі. Не менш важливо, з точки зору техніко-економічної ефективності функціонування СТО, здійснювати швидке

обслуговування (ремонт) автомобілів з раціональним часом простоювання, маючи при цьому невелику чергу і час очікування початку обслуговування (ремонту).

При цьому, використовуються наступні показники:

Імовірність того, що час очікування початку обслуговування T_x більше будь-якого заданого наперед часу t_x :

$$J = P\{T_x > t_x\} = \Pi e^{-\mu(\lambda - \rho)t_x}. \quad (2.25)$$

Величина параметру $P\{T_x > t_x\}$ визначається параметром стійкості роботи системи, при виконанні нею робіт по обслуговуванню і ремонту. Чим менше її абсолютна величина, тим вища стабільність роботи системи. Виходячи з технологічних умов роботи системи, величина J приймається рівною 0,02 – 0,04.

Значення часу очікування в черзі t_x може задаватися з урахуванням наступних нормуючих умов:

а) суми часу, який витрачається на виробництво робіт по обслуговуванню - t_i^* і на очікування в черзі t_x , не повинна перевищувати тривалості часу роботи системи

$$T_r = T_{3M} \cdot C,$$

де T_{3M} - тривалість однієї зміни, год,

C - число змін роботи.

б) величина часу очікування в черзі перед початком обслуговування t_x , яка задається, як правило, не повинна перевищувати час, який витрачається на виробництво робіт по обслуговуванню чи ремонту:

Середня довжина можливої черги автомобілів, які очікують обслуговування (ремонт):

$$M_x = \frac{\Pi \rho}{x - \rho}. \quad (2.26)$$

При визначенні середньої довжини черги автомобілів, що очікують на обслуговування або ремонт, слід мати на увазі, що нерівність $\tilde{N}_a < \tilde{\mu}_i \cdot x_i$ є основою побудови моделі і виключає появу черги, тому що потік, що входить, по величині менший, ніж абсолютна продуктивність системи.

Не дивлячись на цю обставину, передбачається поява середньої черги довжиною M_x з імовірністю Π .

Ця обставина обумовлюється тим, що автомобілі, зазвичай, мають різне напрацювання на відмову та імовірність безвідмовної роботи.

Загальне число вимог, що надходять в систему дорівнює:

$$M_o = M_x + M_{об} = M_x + \rho. \quad (2.27)$$

Середній можливий час простоювання автомобіля у черзі в очікуванні обслуговування або ремонту дорівнює

$$J_x = \frac{\Pi}{\mu(x - \rho)} = \frac{\Pi t_i^*}{x - \rho}. \quad (2.28)$$

При наявності черги, середній час очікування в черзі являє собою витрати робочого (транспортного) часу АТЗ.

2.8 Визначення технологічно необхідної кількості постів

Системи обслуговування та ремонту можуть розраховуватися за заданими критеріями ефективності J , Π або середнім значенням t_x і t_i^* .

В цьому випадку, кількість постів, яка відповідає досягненню цієї мети, може бути визначена з виразу, що розраховується, як сума двох складових:

$$X_A = \rho + \frac{t^*}{t_x} \ln \frac{\Pi}{J} = \rho + \frac{t^*}{t_x} \ln e^{-\lambda_A t}, \quad (2.29)$$

де

$$A = \frac{t_x}{t_i}.$$

Параметри ρ і t_i^* визначаються таким чином, який вказаний вище, а параметри J і Π можуть задаватися виходячи з технологічних умов роботи виробничої системи, що розглядається (наприклад: $\Pi = 0,7 - 0,85$; $J = 0,02 - 0,04$). Величина часу, що задається, t_x визначається з урахуванням нормуючих умов.

В цьому випадку вираз для середньої довжини черги приймає вигляд:

$$M_x = \frac{\Pi \rho A}{e^{-\lambda_A A}}. \quad (2.30)$$

2.9 Оптимізація роботи системи СТО

Оптимізація роботи системи в загальному випадку, забезпечується шляхом зіставлення рішень, що приймаються, чи за мінімумом витрат, чи по максимуму питомих доходів.

Порівняльну економічну оцінку роботи системи обслуговування (ремонт) СТО, що дозволить вибрати оптимальний варіант, найкраще робити за величиною мінімуму витрат, які пов'язані з простоюванням автомобілів в черзі і простоюванням постів обслуговування (ремонт).

Цільова функція величини цих витрат має вигляд:

$$C_U(x) = M_1 Z_1 + X_B Z_2 \rightarrow \min \quad (2.31)$$

де C_U - загальна сума втрат в зоні обслуговування або ремонту, грн./год.;

Z_1 - вартість втрат, які пов'язані з простоюванням автомобіля в черзі в одиницю часу, грн./год.;

Z_2 - вартість простоювання поста СТО в одиницю часу, грн./год.

Орієнтовно можна прийняти величину $Z_1 = 50 - 60$ грн./год., $Z_2 = 40 - 45$ грн./год.

Система з оптимальним числом постів повинна забезпечити мінімум витрат при роботі постів обслуговування і ремонту автомобілів.

2.10 Обґрунтування вартості втрат

Визначення кількості постів по мінімальним сумарним втратам відносяться до відомих економічних методів управління. Розрізняють три групи матеріальних інтересів: загальнонародні, колективні й особисті. До першої групи належать інтереси суспільства в цілому, до колективних – інтереси окремого виробничого колективу, до особистих – інтереси окремої людини.

Усі три види інтересів властиві кожному членові суспільства. Кожен зацікавлений не тільки в результатах своєї особистої праці, а також в результатах праці свого колективу.

Основними економічними методами управління є наступні: планування, господарський розрахунок, матеріальна зацікавленість, ціноутворення. Поєднання економічних методів це міцний механізм управління.

Кожний з економічних методів передбачає і непряму дію, а також може розглядатися як позитивний, так і негативний (наприклад, матеріальна зацікавленість може виступати як позитивний і як негативний метод).

Базою для економічних методів є техніко-економічний аналіз. Механізмом реалізації є господарський розрахунок та планування. Орієнтація всієї системи економічних методів управління остаточно спрямована на підвищення ефективності та якості послуг (обслуговування).

У даному разі втрати обґрунтовуються з урахуванням системних втрат.

2.11 Результати проведених розрахунків

Характерною рисою виробничої діяльності сучасних спеціалістів є те, що вольові розв'язання інтелектуальних завдань робітниками автомобільного транспорту зведені до мінімуму. В процесі виробництва інженер формулює проблеми та вирішує будь-які складні задачі шляхом за рахунок аналізу різної розрахункової інформації з посиленою комп'ютерною підтримкою.

У зв'язку з ускладненням конструкції автомобілів, зростанням їх кількості та продуктивності використання, раціональне або оптимальне вирішення таких задач стає все більше трудомістким. При цьому, часто необхідно досліджувати велику кількість спроб, на результат яких впливають багато причин, пов'язаних між собою невизначеними функціями. Використання у таких випадках детермінованих методів, буває корисним, однак вони виявляються обмеженими, негнучкими та недостатньо ефективними у тих випадках, коли слід враховувати вплив дії великої кількості факторів.

В таблиці 2.1 наведені основні результати розрахунків кількості постів.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку числа постів СТО за критерієм мінімуму сумарних витрат

Параметри	Числові значення											
Потік АТЗ на СТО, од./добу	20			25			20			10,5		
Число постів для аналізу, од.	4	5	6	5	6	7	3	4	5	6	7	8

Потік АТЗ на СТО, од./добу	20			25			20			10,5		
Імовірність зайнятості всіх постів	0,5	0,2	0,1	0,84	0,44	0,22	0,44	0,17	0,06	0,39	0,2	0,09

Продовження таблиці 2.1

Параметри	Числові значення											
	1	2	3	0,3	1,3	2,3	1	2	3	1,6	2,6	3,6
Середнє число вільних постів, од.	1	2	3	0,3	1,3	2,3	1	2	3	1,6	2,6	3,6
Коефіцієнт простою постів	0,25	0,4	0,5	0,08	0,26	0,38	0,33	0,5	0,6	0,27	0,37	0,45
Оптимальне число постів, од.	5			6			4			7		
Черга АТЗ, од.	0,35			1,26			0,9/0,2			0,3		
Час зміни, год.	8			8			12			8		
Число виконавців на посту, осіб.	2			2			2			1		

При проектуванні вартість простоювання одного автомобіля та робочого посту повинні прийматися обґрунтовано з урахування типу автомобілів, що обслуговуються, і рівня витрат при простоюванні одного посту.

На підставі отриманих даних будемо залежності сумарних витрат та числа АТЗ в черзі від кількості універсальних постів ТО і ремонту (рис. 2.1-2.4).



Рисунок 2.1 – Залежності сумарних витрат та довжини черги від кількості постів (варіант 1)

Можна побачити, що мінімальні сумарні витрати забезпечуються при кількості постів, яка дорівнює: у першому варіанті – 5, у другому варіанті – 5 або 6, у третьому варіанті – 3 або 4, у четвертому варіанті – 7 (1 робітник на посту). Для означеного СТО вибрано 5 постів, на кожному працюють 2 робітника - (відповідно до можливостей матеріально-технічної бази).



Рисунок 2.2 – Залежності сумарних витрат та довжини черги від кількості постів (варіант 2)

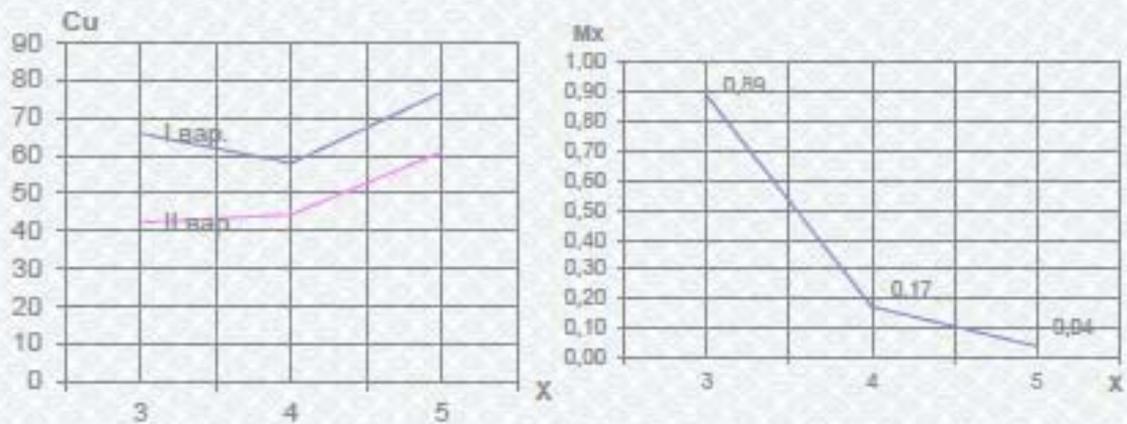


Рисунок 2.3 – Залежності сумарних витрат та довжини черги від кількості постів (варіант 3)

Технологічну організацію виробничих підрозділів проведемо на основі розрахункових показників кожного виду робіт ТО і ПР, що наявні на даній СТО в такій послідовності [20,23]:

- визначаємо види постових робіт ТО і ПР;
- проведемо об'єднання постів ТО і ПР автомобілів в виробничі підрозділи за призначенням;
- визначаємо загальний перелік необхідних підрозділів для виконання всіх видів постових робіт ПР;
- визначимо загальну схему виконання робіт по ТО і ПР автомобілів на підприємстві, методи виконання технічного обслуговування та поточного ремонту та загальний технологічний процес виконання робіт в зоні ТО і ПР.

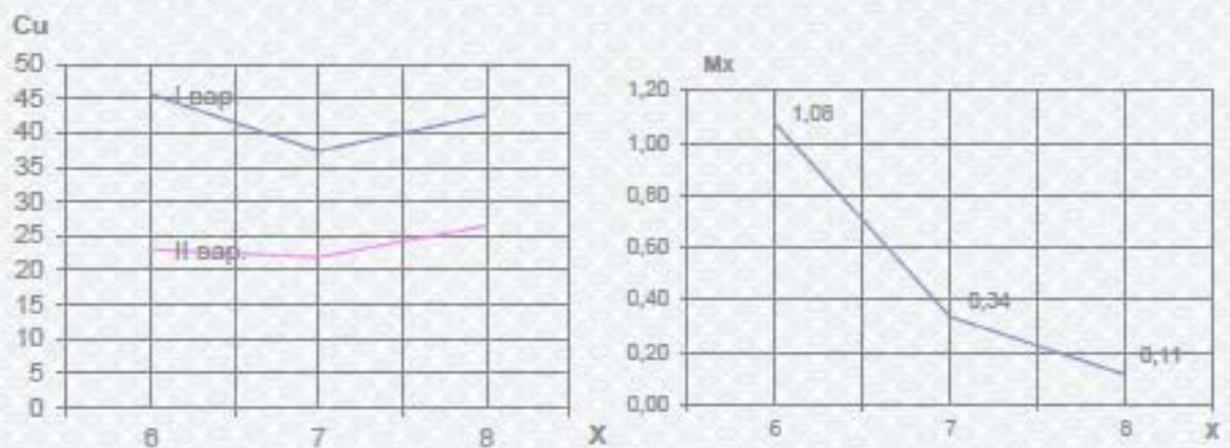


Рисунок 2.4 – Залежності сумарних витрат та черги від кількості постів
(варіант 4)

Організація робочих місць у зоні ТО і ПР проводиться на основі прийнятої кількості постів ТО і ПР, вибраної форми організації і методу виконання робіт та загального виробничого процесу у означеному підрозділі. Послідовність процесу організації робочих місць постових робіт ТО і ПР описана нижче.

1. Кількість постів у зоні ТО і ПР становить 5 одиниць. Необхідно розділити весь обсяг робіт ТО і ПР між постами.
2. Попередньо необхідно скласти відомість технологічного обладнання зони ТО і ПР.
3. Визначити кількість і розташування робочих місць, а саме:
 - робочі місця в межах кожного поста (зверху, знизу і збоку автомобіля), на яких виконують роботи безпосередньо з системами автомобіля. На цих робочих місцях можуть застосовувати пересувне технологічне обладнання, тому, безпосередньо біля кожної одиниці такого обладнання, робочі місця не передбачають і воно може використовуватись для декількох постів;
 - робочих місць поза межами постів в зоні ТО і ПР не передбачено.
4. Визначити перелік і обсяги робіт, які планується виконувати на кожному робочому місці. При цьому можна користуватись розробленими типажамі зон ТО і ПР.
5. При розподілі робітників між постами і робочими місцями необхідно врахувати, що один робітник може бути закріпленим як за одним постом, так і виконувати окремий вид робіт на декількох постах. У випадку, коли один робітник працює на декількох постах, число робітників, закріплених за одним постом, може бути нецілим, а загальна кількість робітників у відповідній зоні повинна бути цілою.

2.12 Висновки за розділом 2

В даному розділі здійснено технологічний розрахунок кількості постів

СТО, з урахуванням мінливості господарських, військових та суспільних умов. Для середніх умов функціонування станції прийнято: чисельність штатних працівників – 10 осіб на постах; розрахункова кількість постів – 5 одиниць. Аналіз результатів дозволяє визнати наступне:

- отримане таке число постів, що може задовольнити персонал СТО і клієнтів-автомобілістів за ціною та привабливістю до заїзду на станцію технічного обслуговування(черга – 1 автомобіль);
- імовірність зайнятості всіх постів для оптимуму від 0,06 до 0,22, що в основному спокійно сприймають клієнти;
- коефіцієнт простою постів не більше 0,5, що технологічно припустиме для СТО;
- керівництву СТО можна управляти виконавцями в залежності від зміни інтенсивності ТПА: є оцінка числа постів для виконання послуг; часу зміни; кількості робітників на посту (в технологічному розрахунку).

При цьому ураховуються зміни зовнішніх і внутрішніх умов функціонування СТО.

3 РОЗВИТОК ШИНИ, МЕТОДИ ТА СПОСОБИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ШИН

3.1 Аналіз розвитку сучасних та інтелектуальних еластичних рушіїв

Пневматична шина (ПШ) домінувала серед еластичних рушіїв автомобілів планетарної системи Землі більше ніж 1,5 сторіччя. Основні чинники, що обумовили довгий життєвий цикл ПШ наступний: великі переваги управляючого тиску повітря в оболонці рушія та простота його контролю, а також – безкоштовність повітря.

Але загроза важкого ДТП для швидкісного автомобіля, який рухається на пневматичних акумуляторах, спонукало розвиток безповітряних еластичних рушіїв. А необхідність отримання інформації про силове поле контакту в системі «колесо – дорога» обумовило дії по вбудовуванню

чутливих елементів й датчиків в структуру шини. Особливості еластичного колеса, яке підлягає циклічній деформації з великою частотою, а також вібрує та випромінює теплову енергію, натхнули вчених на використання цих явищ для розвитку функціонування автомобіля [24-26].

Крім того, дуже цінним є досвід з поліпшення природної сфери Землі з допомогою ІШ. Наприклад, перетворення вуглецю з довілля – в кисень.

Нижче представлені деякі структури інтелектуальних шин.

Пропонується модель, що є цілним колесом, яке включає в себе диск та елементи еластичного рушія (рисунок 3.1).

Використовується еластичний рушій, протектор якого імітує структуру мозкових коралів. Зовнішня поверхня шини, що контактує з дорогою, може твердіти на сухій поверхні або вбирати вологу з мокрої дороги, останнє зменшує імовірність аквапланування і ризик втрати керування. Означені шини розробляють для безпілотних автомобілів.

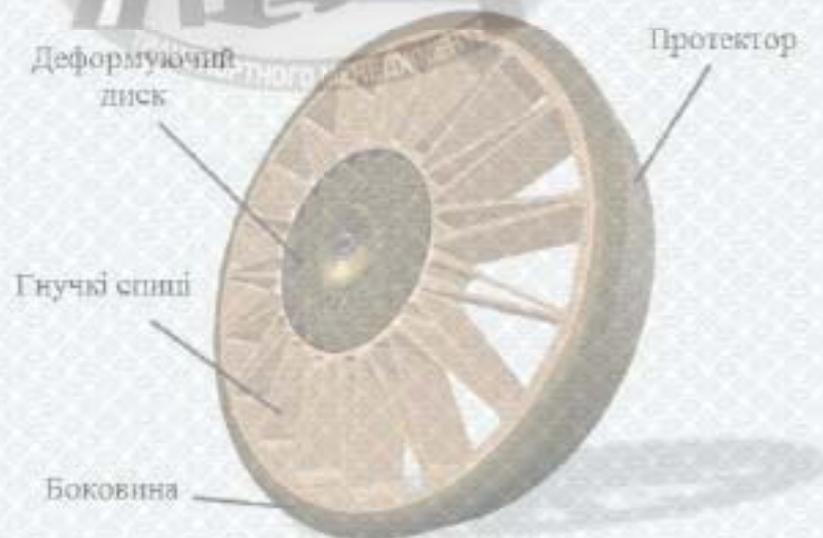


Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд моделі колеса

Колесо має еластичні поліуретанові спиці та двошаровий обід.

Найбільш значущою властивістю моделі Oxugene є здатність переробки вуглекислого газу в кисень. Шина являє собою колесо (рис. 3.2) для легкових автомобілів, що рухаються по міських вулицях.

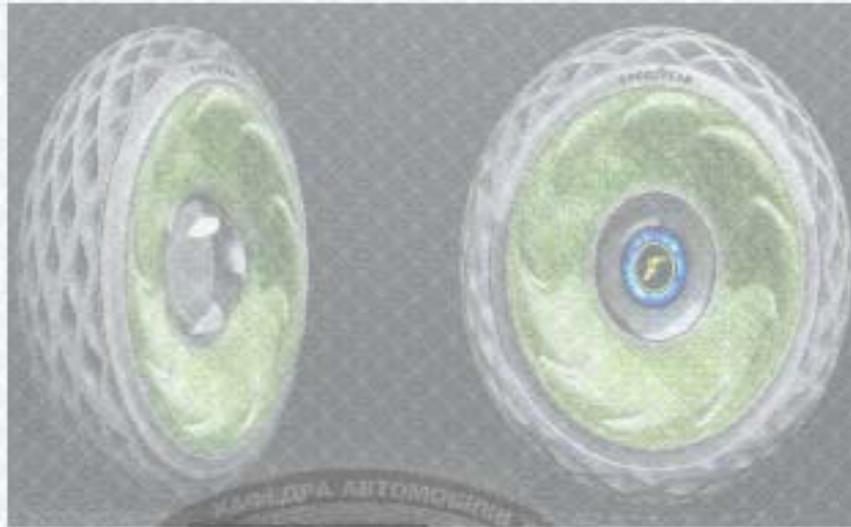


Рисунок 3.2 - Зовнішній вигляд моделі колеса Oxugene, виготовленої на 3D-принтері

Для вирішення проблем використовується наукове знання біоніки. Використання механізмів з розвитку рослин моху, коралів та досягнень хімії дуже корисні для еластичних рушій [27].

3.2 Інформаційний потік від системи колесо-дорога

Шина – це міні лабораторія з перетворення вхідного крутного моменту в силове поле, що динамічно змінюється в системі «колесо - дорога» [31]. Саме сили означеної системи створюють дії з переміщення досить масивної одиниці техніки – автомобіля в просторі:

- вперед і назад з заданими швидкістю і прискоренням;
- гальмування АТЗ з різним уповільненням, можливо до повної зупинки;
- вліво або вправо за різними траєкторіями та режимами руху.

Силове поле контакту шини з опорною поверхнею забезпечує рух автомобіля – такий варіант поведінки АТЗ, для якого він створений. Таким чином, саме еластичний рушій виконує остаточну вирішальну операцію, без

якої не існує автомобіль. Якщо було б можливим створення означеного контактного силового поля без двигуна та трансмісії, то останні дві складові автомобіля можуть бути непотрібними. Наприклад, так може рухатися платформа з парусом на еластичних колесах.

Однак, в останні роки, шина – складний еластичний композитний виріб, викликав достатній інтерес дослідників тому, що в його структурі динамічно відбуваються дуже різні процеси: деформації, теплообміну, вібрації тощо. Означені процеси не приносять доцільної користі для автомобіля та довкілля. Вони навпаки є збурюючими впливами для природи і людини. Проявляються у вигляді шуму, пилу, тощо.

Але, колісним транспортним засобам, які мають багато електричних і електронних елементів, під час руху потрібні джерела електроенергії. Такі динамічні та багаточисельні (тисячі мільйонів) шини можуть бути джерелами електричної енергії, якщо будуть створені системи, які зможуть використовувати динамічні викиди теплоти, деформації, вібрації на самому автомобілі.

Таким чином, шина може бути елементом дуже корисним для вирішення двох проблем:

- створення інформаційного потоку про множину силових взаємодій коліс транспортних потоків автомобілів з дорогами;
- енергетичного потоку для обслуговування множини елементів означеної подачі інформації, а також елементів сотен мільйонів автомобілів.

Ніякий інший основний корисний елемент КТЗ, що створює умови для руху транспортних потоків по мережі автодоріг, не може взяти на себе такі функції інформатора штучного розуму для організації руху ТПА та енергетичного джерела.

Але, для раціонального функціонування названих процесів необхідно зробити стабільним рух автомобілів, направляючи його від випадкових проявів розкиду та дисперсії параметрів шин, в русло прогнозуємих явищ. Таким чином, курсова стійкість руху, яка забезпечується інтелектуальними

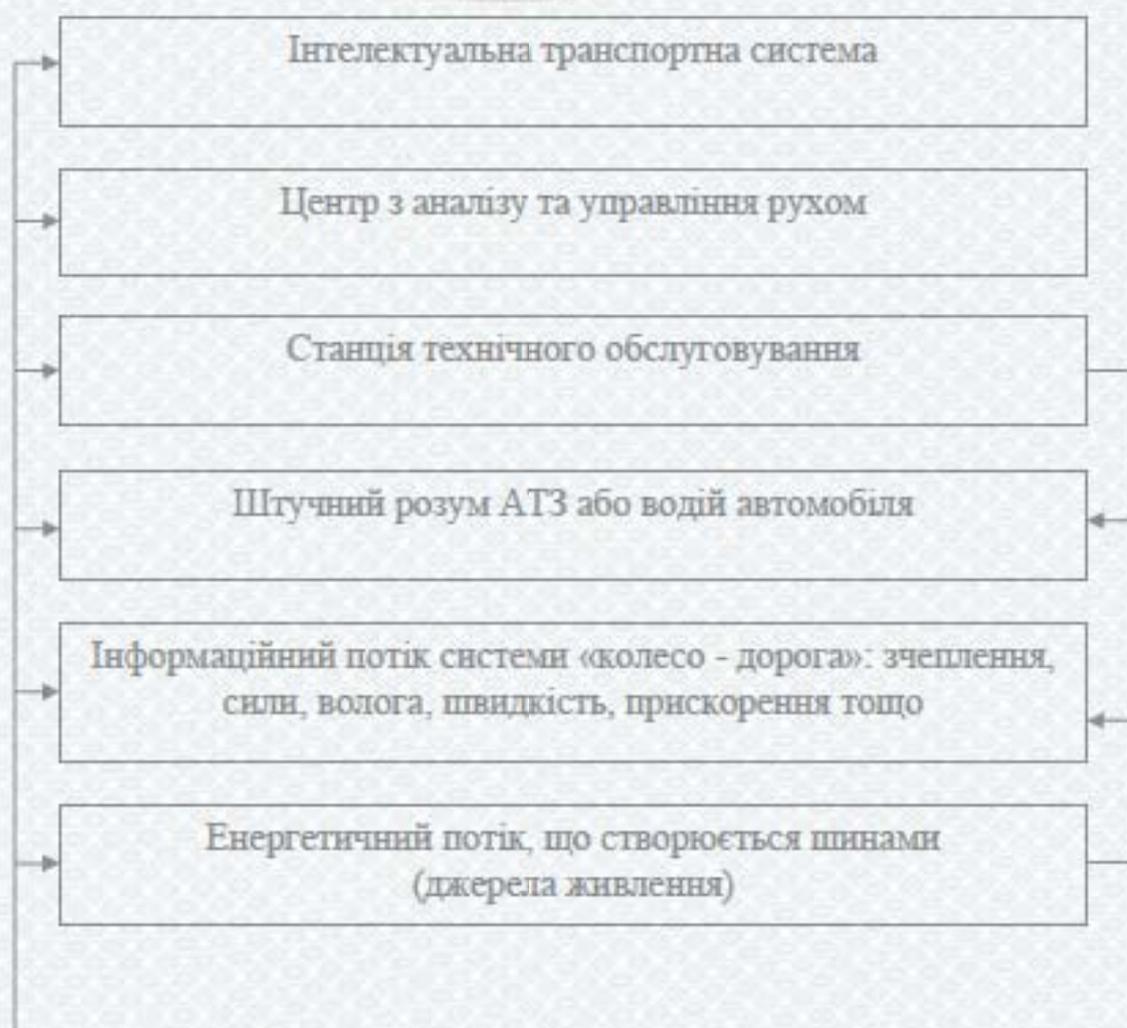
пинами, сприяє та забезпечує два важливих явища для інтелектуальної транспортної системи (ІТС), що наведені вище [32].

Структурна схема, яка візуалізує взаємодію ІТС, СТО, ШР і водія з інформаційним та енергетичним потоками ТПА, наведена на рис. 3.3.

Таким чином, інтелектуальна пина є таким еластичним рушієм автомобіля, який забезпечує своєю структурою стійкий рух АТЗ.

При русі легкового автомобіля по дорожньому полотну виникає багато сил та моментів. Це сили та моменти двигуна, гальмів, гіроскопічні, інерційні, зчеплення та інші. Усі вони і характеризують рух автомобіля, при чому кожний час змінюючись.

Усі сили та моменти, які виникають при русі, розраховують за допомогою диференціальних рівнянь. При розрахунках завжди приймають якісь допуски, погрішності. Ця умова виникає за деяких причин: якісь сили дуже малі, вони майже ні як не впливають на розрахунки, якісь сили просто не влучені до диференціальних рівнянь, у силу того що про них нічого не відомо.



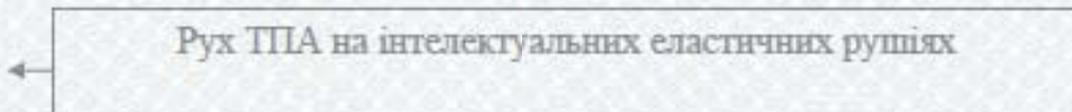


Рисунок 3.3 – Структурна схема системи щодо забезпечення інтелектуальної транспортної системи (ІТС) та СТО інформацією про діючу силову сукупність взаємодій «колесо - дорога» в ТПА

3.3 Дослідження обертання автомобільного колеса

Розглянемо стійкість незбудженого руху керованих коліс автомобіля. За незбуджений рух приймаємо рівномірний та прямолінійний рух автомобіля по горизонтальній шорсткій поверхні, при якому керовані колеса обертаються в вертикальній площині без ковзання, а їх центри мас рухаються прямолінійно з постійною швидкістю.

Колесо має пружні зв'язки з дорогою та кузовом автомобіля в вертикальній та горизонтальній площині. У зв'язку із тим, що маса коліс значно менша за масу кузова, в першому приближенні будемо враховувати, що при збудженні коліс корпус автомобіля незбуджується і колеса здійснюють коливання між дорогою та кузовом автомобіля. Враховуючи те що h при русі колеса автомобіля однакові, роздивимось одне колесо.

В якості розрахункової моделі механічної системи приймемо відоме колесо з пневматичною шиною, пружно підвішене до кузова автомобіля та яке має пружний зв'язок із дорогою. Відносно корпусу автомобіля колесо має два ступені вільності, для яких в якості координат візьмемо θ - кут повороту колеса навколо вертикальної осі AA при зміні напрямку руху та ψ - кут повороту навколо горизонтальної осі автомобіля (рис. 3.4). В дійсності вертикальна вісь шкворня AA має невеликий кут в вертикальній площині, паралельній продольній вертикальній площині автомобіля (кут β). При незбудженому русі $\theta = const$ та $\psi = const = 0$.

У збудженому русі відхилення θ та ψ будемо вважати малими величинами, їх квадратами та добутками, а також квадратами і добутками їх швидкостей не будемо займатися.

Введемо поступову, що рухається із автомобілем, прямокутову систему координат $Oxyz$ із початком в точці перетинання вертикального діаметру колеса при незбудженому русі із площиною дороги. Напрямок осей координат: Oz - вертикально вгору, Ox - у напрямку руху автомобіля, Oy - вправо (рис. 3.4).

Задля складання рівнянь збудженого руху зв'язки змінно силами, які діють на механічну систему, причому нас цікавлять не ті сили, що діють у незбудженому стані, а їх приращення, які визвано відхиленнями коліс на кути θ та ψ . Характеристики пружних зв'язків механічної системи із корпусом автомобіля та дорогою будемо враховувати лінійними, а сили – пропорційними відхиленнями θ та ψ [24,25].

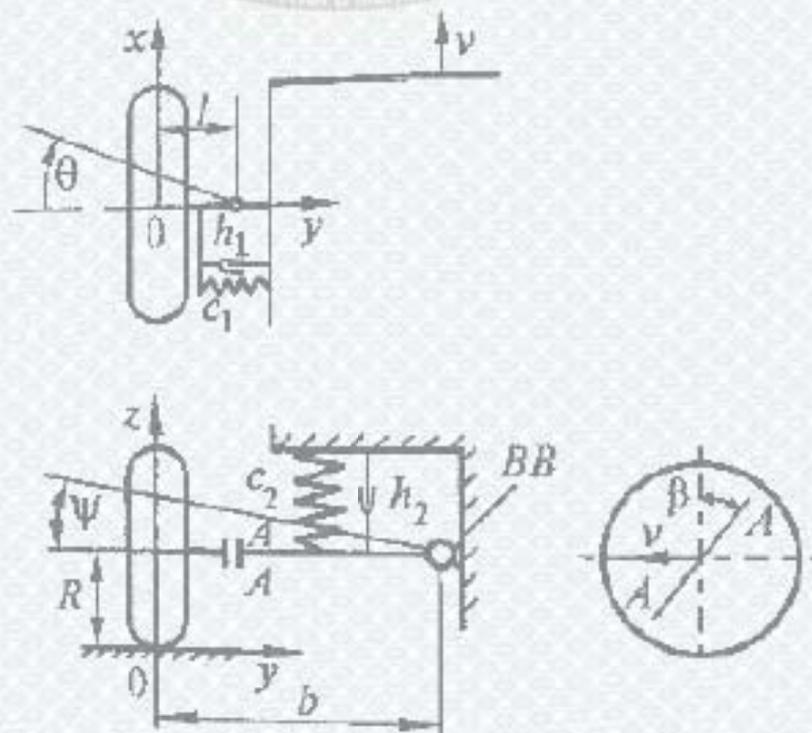


Рисунок 3.4 - Схеми переміщення колеса

Систему сил, які розподілені по плямі контакту колеса з дорогою, приводимо до центру O – початку координат $Oxyz$ (рис. 3.5). Отримаємо головний вектор системи сил:

$$\bar{R} = X\bar{i} + Y\bar{j} + Z\bar{k} \quad (3.1)$$

Головний момент цієї системи:

$$\bar{M}_0 = M_x\bar{j} + M_y\bar{j} + M_z\bar{k} \quad (3.2)$$

де $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ - орти системи координат; X, Y, Z – складні головного вектору та M_x, M_y, M_z - складні головного моменту (досі невідомі).

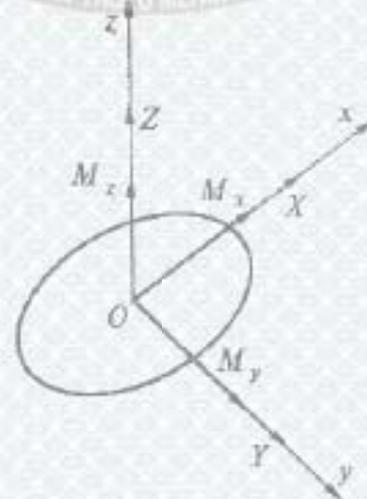


Рисунок 3.5 – Моменти, що діють на колесо

Для складання диференціальних рівнянь збудженого руху скористаймося теоремою про зміну моменту кількості руху відносно осі обертання: похідна по часу від моменту кількості руху механічної системи

відносно будь якої осі рівняється моменту зовнішніх сил, які діють на механічну систему відносно тієї ж осі:

$$\frac{dK_y}{dt} = M_y \quad (3.3)$$

де K_y - момент кількості руху;

M_y - момент зовнішніх сил, які діють на механічну систему, відносно вісі y .

Приймаючи до уваги те, що момент кількості руху при обертанні дорівнює добутку моменту інерції на кутову швидкість та приймаючи моменти інерції постійними величинами, отримаємо два диференціальних рівняння відносно узагальнених координат θ та ψ :

$$J_1 \ddot{\theta} = -h_1 \dot{\theta} - c_1 \theta + Xl - M_z + i_k \Omega \dot{\psi} \quad (3.4)$$

$$J_2 \ddot{\psi} = -h_2 \dot{\psi} - c_2 \psi - YR + Zb + M_x - i_k \Omega \dot{\theta} \quad (3.5)$$

де $-J_1, J_2, h_1, h_2, c_1, c_2$ моменти інерції, коефіцієнти демпфування, коефіцієнти жорсткості рульового керування та підвіски автомобіля, які відносяться до зміни координат θ та ψ ; $i_k \Omega$ - коефіцієнт гіроскопічного моменту. При кутових відхиленнях колеса, що обертається, виникають гіроскопічні моменти, які дорівнюють добутку моменту інерції i_k колеса відносно осі власного обертання, кутовій швидкості власного обертання колеса $\Omega = v/R$ та кутовій швидкості вимушеного повороту колеса зі своєї площини.

Напрямок гіроскопічного моменту можна визначити по правилу Жуковського: при подачі осі гіроскопу вимушеної процесії вісь гіроскопу прагне найменшим шляхом встановитись паралельно осі вимушеної процесії

таким чином, що напрямки векторів кутових швидкостей співпадали. При спробі повернути вісь гіроскопу вчиняє тиск на підшипники, що призводить до виникнення гіроскопічного моменту того ж напрямку. Наприклад, якщо надіслати колесу вимушену процесію навколо вертикальної осі із кутовою швидкістю $\dot{\theta}$, то виникне гіроскопічний момент M_r , який буде намагатися повернути колесо навколо горизонтальної осі, та навпаки (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Дія обертальної швидкості та гіроскопічного моменту

На підставі цього положення і виставлено знаки у рівняннях (3.7 та 3.8) для гіроскопічних моментів. Введемо невелике припущення непринципового характеру: у зв'язку з тим, що сила і момент опору качання малі у зрівнянні з другими силами, будемо ними нехтувати.

Розподіленні сили у плямі контакту та, як слідство, складовими головного вектору та головного моменту у першому приближенні прийняті пропорційно відхиленням θ та ψ . Представимо їх наступними лінійними залежностями:

$$X=0, \quad Y=k\theta, \quad Z=-c_m z = -c_m b \psi \quad (3.6)$$

$$M_x = -c_\psi \psi, \quad M_y = 0, \quad M_z = c_\theta \theta.$$

де c_m, k - коефіцієнти радіальної та поперечної жорсткості шини;

c_ψ, c_θ - коефіцієнти кутової жорсткості шини.

Ці коефіцієнти визначають експериментально та для малих відхилень θ та ψ приймають постійним. Сили зв'язків, які виражено у формулах (3.6), назвемо квазістатичними, оскільки вони визначаються хоча і при різних, але постійних значеннях кутів θ та ψ кочення колеса. Виникають динамічні сили реакції, при яких качання колеса супроводжується його коливанням. Маємо першу задачу динаміки, коли по заданому руху треба визначити сили. Як відомо цю задачу можна визначити завжди.

Роздивимося збуджений рух колеса із змінними у часі координатами θ та ψ . У силу малості відхилень θ та ψ та лінійності постановки задачі динамічні реакції знайдемо окремо від зміни кожної координати. Умови для задач сформуємо наступним чином:

1) $\psi = const = 0, \theta = \theta(t)$ - кочення колеса із постійним радіусом та перемінною швидкістю його центру (рис. 3.4);

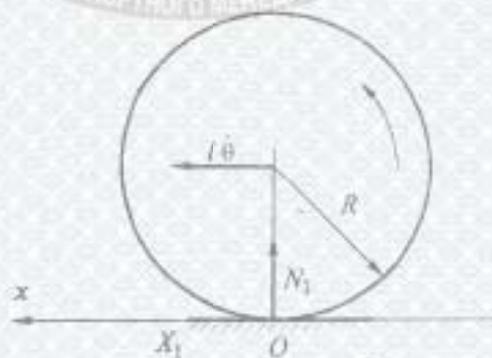


Рисунок 3.7 – Кочення колеса з перемінною швидкістю його центру

2) $\theta = const = 0, \psi = \psi(t)$ - кочення колеса із перемінним радіусом та постійній швидкості центру колеса у напрямку незбудженого руху.

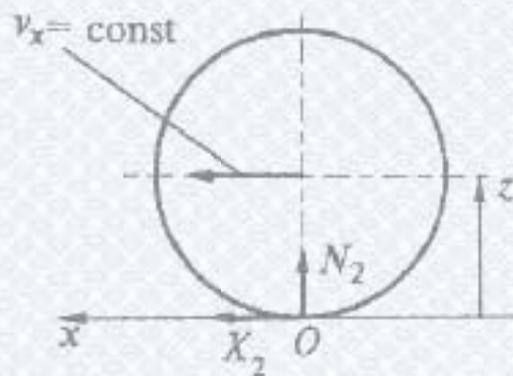


Рисунок 3.8 – Кочення колеса з перемінним радіусом та постійній швидкості центру

Для визначення динамічних реакцій приймемо теорему о зміні моменту кількості руху відносно осі – див. (5.3).

В першій задачі момент кількості руху відносно осі колеса дорівнює добутку моменту інерції колеса i_k відносно його осі на кутову швидкість його обертання. При коченні без ковзання кутова швидкість дорівнює $l\dot{\theta}/R$, де R - радіус колеса при не збудженому русі. На підставі диференціальне рівняння кочення колеса:

$$\frac{d}{dt} \left(i_k \frac{l\dot{\theta}}{R} \right) = -X_1 R \quad (3.7)$$

Звідки при $i_k = const$ отримуємо динамічну реакцію

$$X_1 = -i_k \frac{l}{R^2} \ddot{\theta} \quad (3.8)$$

- як результат зміни кутової швидкості колеса при незмінному радіусі.

В другій задачі момент кількості руху відносно юсі колеса знаходять так же, як і в першій:

$$K_y = i_k \omega \quad (3.9)$$

Але у рівнянні кутової швидкості $\omega = v/z$, $v = \text{const}$, а $z = z(t)$ - змінний радіус гойдання, який обумовлений відхиленням координати ψ ,

$$z = R + b\psi, \quad R = \text{const.} \quad (3.10)$$

На підставі теореми (3.3) маємо:

$$\frac{d}{dt}(i_k \omega) = -X_2 z \quad (3.11)$$

Приймаємо $i_k = \text{const}$, отримуємо:

$$i_k \frac{d}{dt} \left(\frac{v}{z} \right) = -i_k \left(\frac{vz}{z^2} \right) = -i_k \frac{vb}{z^2} \dot{\psi} \quad (3.12)$$

Зневажаючи малою, в зрівнянні із R , величиною $b\psi$, остаточно знаходимо:

$$X_2 = \frac{i_k bv}{R^3} \dot{\psi} \quad (3.13)$$

Повна динамічна реакція опірної поверхні на колесо, яке з'явилося лише у напрямку координатної осі O_x , складається з двох частин:

$$X = X_1 + X_2 = i_k \frac{l}{R^2} \ddot{\theta} + \frac{i_k bv}{R^3} \dot{\psi} \quad (3.14)$$

На підставі рівняння (3.4) можна виключити, що перша частина сили X пропорційна $\ddot{\theta}$, сприяє зниженню власної частоти при коливаннях колеса відносно вертикальної осі AA; друга, пропорційна $\dot{\psi}$, буде збільшувати коливання координати θ .

Підставимо значення реакцій зв'язку із (3.6) та (3.14) в рівняння (3.4) та (3.5). Отримаємо

$$\left(J_1 + i_k \frac{l^2}{R^2} \right) \ddot{\theta} = -h_1 \dot{\theta} - (c_1 + c_\theta) \theta + i_k \Omega \left(1 + \frac{bl}{R^2} \right) \dot{\psi} \quad (3.15)$$

$$J_2 \ddot{\psi} = -h_2 \dot{\psi} - (c_2 + c_\psi) \psi - c_w b^2 \psi - kR \theta - i_k \Omega \dot{\theta} \quad (3.16)$$

Введемо визначення та представимо диференціальне рівняння збудженого руху колеса у вигляді

$$\ddot{\theta} + \varepsilon_1 \dot{\theta} + \omega_2^2 \theta + b_{12} \dot{\psi} = 0 \quad (3.17)$$

$$\ddot{\psi} + \varepsilon_2 \dot{\psi} + \omega_1^2 \psi + c_{21} \theta + b_{21} \dot{\theta} = 0 \quad (3.18)$$

де $\varepsilon_1 = \frac{h_1}{J_1^*}, \quad \omega_1^2 = \frac{c_1 + c_\theta}{J_1^*}, \quad b_{12} = -\frac{i_k \Omega}{J_1^*} \left(1 + \frac{bl}{R^2} \right),$

$$J_1^* = J_1 + i_k \frac{l^2}{R^2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{h_2}{J_2}, \quad (3.19)$$

$$\omega_2^2 = \frac{c_2 + c_\psi + c_w b^2}{J_2}, \quad c_{21} = \frac{kR}{J_2}, \quad b_{21} = \frac{i_k \Omega}{J_2}.$$

Значення $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \omega_1, \omega_2$ є подвійними коефіцієнтами затихання та частотами власних коливань парціальних систем із урахуванням взаємодії колеса з дорогою.

Збуджений рух колеса виражається однорідною лінійною системою диференціальних рівнянь постійними коефіцієнтами. Ці рівняння коливань механічної системи із двома ступенями вільності. Якщо звільнити колесо від зв'язку з опорною поверхнею, то утворюються дві не пов'язані між собою порційні коливальні системи, квадрати власних частот котрих:

$$\omega_{\theta}^2 = \frac{c_1}{J_1}, \quad \omega_{\psi}^2 = \frac{c_2}{J_2}, \quad J_1 = \frac{i_k}{2} + ml^2. \quad (3.20)$$

Вільні коливання порційних систем будуть затихаючими у зв'язку із наявністю в них опорів. Якщо у піднятої домкратом машині розкрутити колесо та визвати коливання якої-небудь порційної системи, то завдяки утворенню гіроскопічного зв'язку виникнуть коливання і в другій порційній системі, але гіроскопічний зв'язок не здійснює роботи і тому не викликає наростаючих коливань. Механічна система також буде стійкою.

Взаємозв'язок колеса, що обертається, та дорогою посилює зв'язок між порційними системами, вносить у цей зв'язок нову якість – можливість надходження енергії в систему, яке при деякій швидкості та співвідношеннях параметрів системи може призводити к нестійкому руху, тобто до зростання коливань. Ця енергія надходить через опорну площину від автомобіля, який рухається з постійною швидкістю. Динамічна сила реакції

$$X_1 = \frac{i_k b v}{R^3} \psi \quad (3.21)$$

Пропорційна кутовій швидкості $\dot{\psi}$, створює момент для збільшення координати θ . Проведемо аналіз стійкості системи (3.17) та з (3.18). Підставив її рішення у вигляді

$$\theta = Ae^{\lambda t}, \quad \psi = Be^{\lambda t} \quad (3.22)$$

У (3.17) та з (3.18), отримаємо два однорідних алгебраїчних рівняння відносно невідомих А та В:

$$A(\lambda^2 + \varepsilon_1\lambda + \omega_1^2) + B(\lambda b_{12}) = 0, \quad (3.23)$$

$$A(\lambda b_{21} + c_{21}) + B(\lambda^2 + \varepsilon_2\lambda + \omega_2^2) = 0 \quad (3.24)$$

Нетривіальному рішенню відповідає рівняння нуля визначника цієї системи:

$$\begin{vmatrix} \lambda^2 + \varepsilon_1\lambda + \omega_1^2 & \lambda b_{12} \\ \lambda b_{21} + c_{21} & \lambda^2 + \varepsilon_2\lambda + \omega_2^2 \end{vmatrix} = 0. \quad (3.25)$$

Відчинив визначник, отримаємо характеристичне рівняння для λ :

$$\begin{aligned} &\lambda^4 + \lambda^3(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) + \lambda^2(\omega_1^2 + \omega_2^2 + \varepsilon_1\varepsilon_2 - b_{12}b_{21}) + \\ &+ \lambda(\varepsilon_1\omega_2^2 + \varepsilon_2\omega_1^2 - b_{12}c_{21}) + \omega_1^2\omega_2^2 = 0. \end{aligned} \quad (3.26)$$

Запишемо його у стандартній формі:

$$a_0\lambda^4 + a_1\lambda^3 + a_2\lambda^2 + a_3\lambda + a_4 = 0, \quad (3.27)$$

де

$$a_0 = 1, \quad a_1 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2, \quad a_2 = \omega_1^2 + \omega_2^2 + \varepsilon_1\varepsilon_2 - b_{12}b_{21},$$

(3.28)

$$a_3 = \varepsilon_1 \omega_2^2 + \varepsilon_2 \omega_1^2 - b_{12} c_{21}, \quad a_4 = \omega_1^2 \omega_2^2.$$

На підставі критерію Гурвіца усі майні корні та майні частини комплексно-сопряжних коренів характеристичного рівняння (3.27) будуть заперечувальними, відповідно, незбуджений рух колеса буде стійким асимптотично, якщо усі коефіцієнти характеристичного рівняння (3.27) та третій мінор Гурвіца будуть позитивними, тобто для стійкості необхідно та достатньо:

$$1) a_0 > 0, a_1 > 0, a_2 > 0, a_3 > 0, a_4 > 0, \quad (3.29)$$

$$2) \Delta_3 = a_1 a_2 a_3 - a_0 a_3^2 - a_1^2 a_4 > 0.$$

У (3.28) коефіцієнти a_2 та a_3 мають складові з заперечувальними знаками. Так як завжди $b_{12} < 0$, то $a_2 > 0$ та $a_3 > 0$. Отже, виконується перша умова із (3.29). Якщо у механічній системі відсутні розсіювання енергії, тобто $\varepsilon_1 = 0$, $\varepsilon_2 = 0$, то коефіцієнт $a_1 = 0$. Система буде знаходитися на межі стійкості, і в цьому випадку неможна на підставі теореми Ляпунова о стійкості по першому приближенню зробити висновок, буде система стійкою або ні. Відкинуті члени другого і більш високого порядків в диференціальних рівняннях можуть корінним чином вплинути на висновки про характер руху.

У реальній механічній системі тертя є завжди, виходячи з цього висновок о стійкості можна зробити з аналізу третього мінору Гурвіца. Для стійкості необхідно і достатньо мати $\Delta_3 > 0$.

Підставив сюди рівняння коефіцієнтів із (3.28) та зробивши деякі перетворювання, отримаємо [24,25]:

$$\Delta_3 = (\varepsilon_1 \omega_2^2 + \varepsilon_2 \omega_1^2 - b_{12} c_{21}) [\varepsilon_1 \omega_1^2 + \varepsilon_2 \omega_2^2 + (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(\varepsilon_1 \varepsilon_2 - b_{12} b_{21}) + b_{12} c_{21}] - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)^2 \omega_1^2 \omega_2^2. \quad (3.30)$$

Два значення в цьому рівнянні залежать від швидкості v . Оскільки $\Omega = v/R$, з урахуванням (3.19) представимо їх у наступному вигляді:

$$b_{12} c_{21} = -v \frac{i_k k}{J_1^* J_2} \left(1 + \frac{lb}{R^2} \right), \quad (3.31)$$

$$b_{12} b_{21} = -v^2 \frac{i_k^2}{J_1^* J_2 R^2} \left(1 + \frac{lb}{R^2} \right)$$

Після підстави коефіцієнтів у рівняння (3.30) отримаємо багаточлен відносно швидкості v , яку знаходимо:

$$\Delta_3 = H_0 v^3 + H_1 v^2 + H_2 v + H_3, \quad (3.32)$$

з котрого при $\Delta_3 = 0$ можна визначити $v = v_{кр}$.

Виходячи з наведеного аналізу, слід вибрати параметри коліс, що обертаються з умов функціонування до рівня критичної швидкості.

3.4 Алгоритм технічної експлуатації автомобільних шин

Технічний прогрес й сучасні технології стали основною причиною того, що еластичні рушії перестали бути однаковими і незалежно від експлуатаційних параметрів, використовуються на будь якому місці автомобіля.

Підбір шин для раціонального руху є дуже важливою складовою підготовки автомобіля під час його технічної експлуатації. Точний підбір за конструктивною складовою та типом дорожнього покриття може суттєво скоротити витрати на паливе, забезпечити запас ходу АТЗ на певних еластичних рушійх, знизити імовірність ДТП. Правильно підібрані шини впливають на наступні характеристики: ступінь зчеплення з дорогою, довжина гальмівного шляху та якість управління АТЗ [25,26]. Спочатку розглянуті пояснення для першого блоку алгоритму (рисунок 3.9).

Вибір шин відбувається за двома критеріями, які сприяють розвитку технічної експлуатації інтелектуальних шин:

- відповідність структури еластичного рушійх умовам руху щодо ініціювання джерела генерування електричної енергії [33];
- можливості створення діагностичного обладнання для технічної експлуатації на принципах, які використовуються в експериментах для розвитку шин.

Можливі джерела енергії для системи моніторингу шин під час технічної експлуатації наведені нижче.

Прогнозування КСР автомобіля з еластичними пневматичними колесами - це наукове виявлення можливих шляхів і результатів майбутнього розвитку процесів руху КТЗ. Слід виконати також кількісну оцінку показників, що характеризують ці процеси для міжконтрольного періоду.

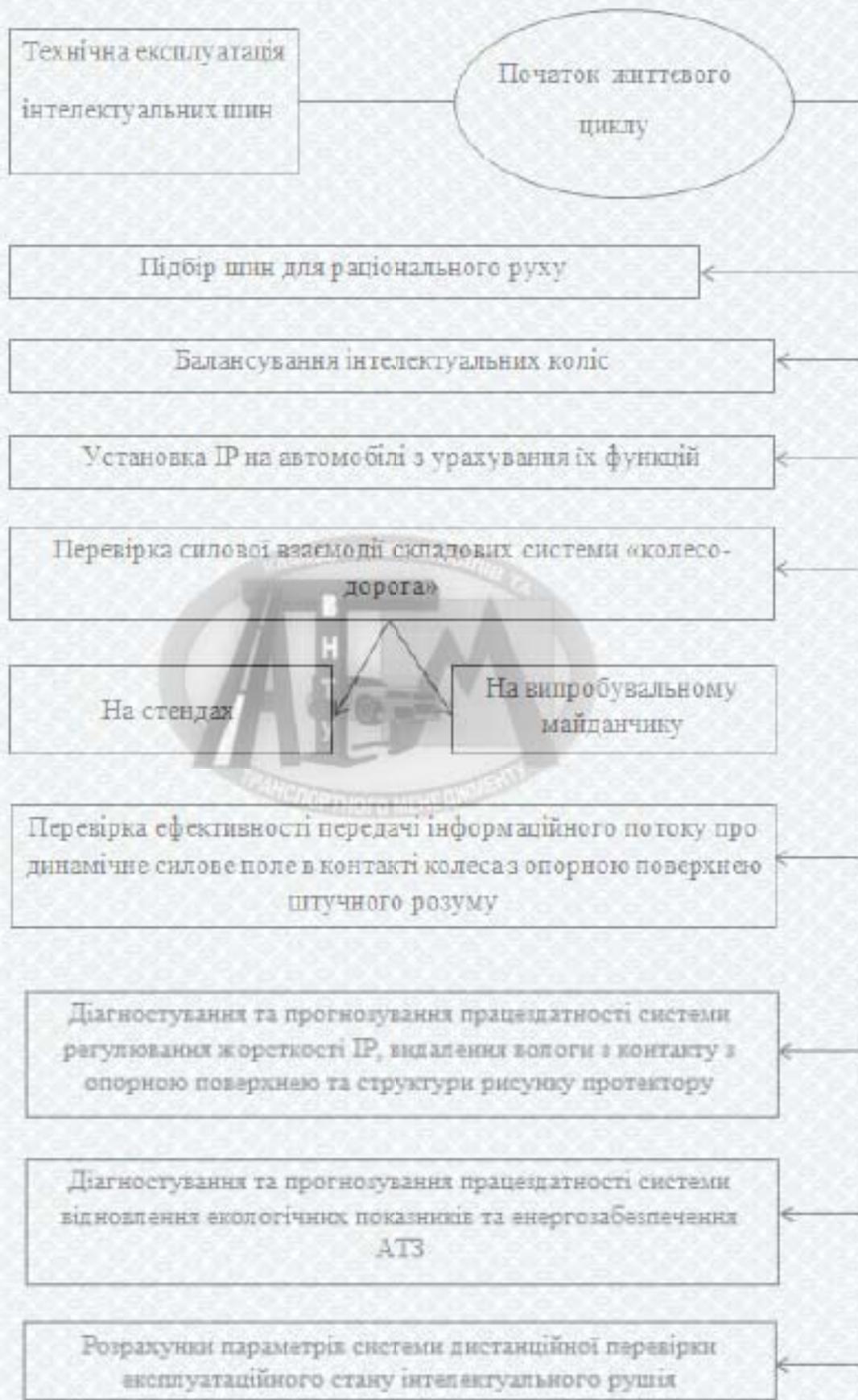


Рисунок 3.9 – Алгоритм технічної експлуатації інтелектуальних шин



Продовження рисунку 3.9

Наявність поступових і раптових відмов пневматичних шин необхідно враховувати при розгляді динамічної взаємодії колеса з опорною поверхнею. Тому при моделюванні процесів треба використовувати різні методи: феноменологічний, стохастичний і об'єктний. Це пояснюється також тим, що шина є виробом з несучільним середовищем і відрізняється великою різноманітністю процесів, що обумовлюють її дефекти й ушкодження. У тих випадках, коли феноменологічна модель буде складною, для прогнозування можна використати стохастичні залежності, які дозволяють визначити числові характеристики надійності й довговічності шин, а також потребу в запасних виробках. Хоча це пасивний метод керування технічним станом, однак його можна застосувати для несучільного середовища в складних випадках

деформування, коли відбувається руйнування: зростання і злиття початкових недосконалостей шини, утворення зламів і відшарування елементів, а також, як кінцевий результат - поділ виробу на окремі частини. Крім того, якщо встановлення функціонального зв'язку між параметрами шини й рішення рівняння буде істотно ускладнено (при описі заключних стадій деформування й руйнування), то можна використати об'єктний підхід: моделювати класи описуваних об'єктів і встановлювати зв'язку між ними [34,35].

В дослідженні, також, вивчається поведінка ТЗ на колесах, оснащених "конусними" шинами, тобто такими, що мають неоднорідну жорсткість по їх профілю. Метою прогнозування стійкості руху таких коліс є наукове виявлення можливих видів стійкості або нестійкості стаціонарних режимів руху, оцінка ймовірностей їх виникнення й показників процесів.

При цьому підлягають рішення наступні завдання:

- вибір контрольного (діагностичного) параметра або сукупності таких параметрів, значення яких слід періодично перевіряти;
- дослідження прийнятої математичної моделі, що описує залежність показників стійкості від діагностичних параметрів;
- розробка методики прогнозування стійкості руху ДТЗ, що має шини з неоднорідною жорсткістю по їх профілю.

Для керування експлуатаційним станом шин, тобто підтримки раціональної величини опору коченню, зчеплення, КСР автомобіля тощо, використовують різні методи діагностування технічного стану еластичних рушіїв, в яких застосовують різні контрольні й діагностичні параметри [20-24].

Традиційним методом контролю експлуатаційного стану еластичної пневматичної шини є перевірка внутрішнього тиску повітря в ній, порівняння отриманого значення з вимогами технічних умов і регулювання тиску, якщо виникне потреба. Контроль внутрішнього тиску проводять, як правило, двома способами. Перший спосіб - безпосередній вимір тиску повітря в шині, другий - заснований на вимірі різних зовнішніх (діагностичних) параметрів, що дають оцінку величини тиску повітря в шині з певною точністю й вірогідністю.

Однак, і в першому, й у другому випадку при контролі стану шин по тиску повітря в них зовсім не враховуються неоднорідності матеріалу шин, як корисні (наприклад несиметричний протектор, що запроєктований виробником) так і недосконалості самого виробу, які не можна виявити візуально: розшарування, розриви, розрідження ниток корду, зсув кілець борта [1,2,25]. Реальні шини часто мають неоднорідність жорсткості, у тому числі обумовлену дефектами й ушкодженнями покриття, які можуть привести до невиконання шиною основних функцій, навіть при нормативному внутрішньому тиску.

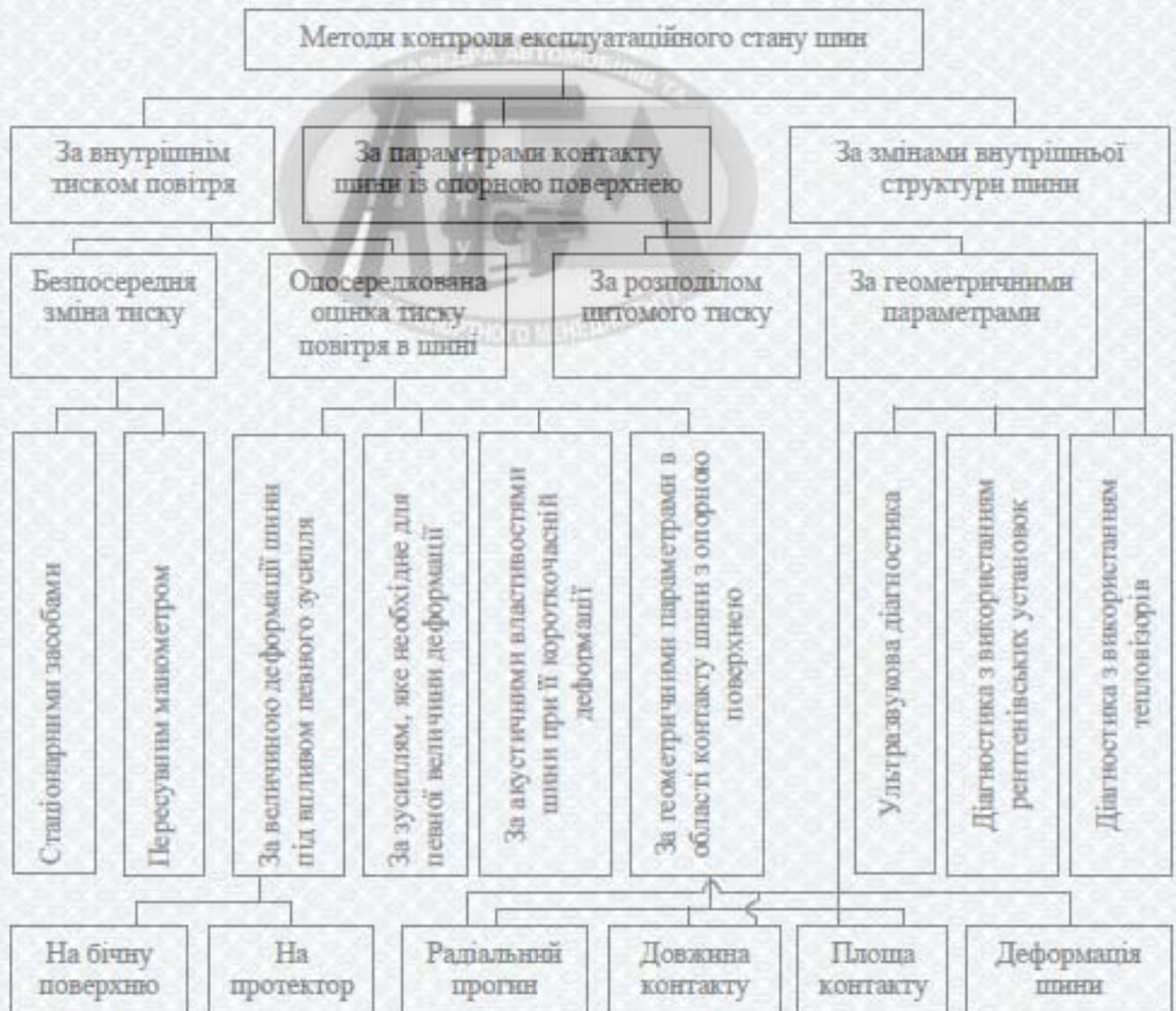


Рисунок 3.10 - Класифікація методів контролю технічного стану шин

Тому для прогнозування стійкості руху КТЗ із шинами, що мають неоднорідну жорсткість по їх профілю, спосіб контролю стану шин по тиску повітря в них неприйнятний. Різними дослідниками проводилися роботи з метою вибору інших параметрів для більш достовірної оцінки експлуатаційного стану шин. Пропонувалися параметри деформації боковини шини та характеристики області її контакту з опорною поверхнею: радіальний прогин [20], деформація в області контакту, довжина й площа контакту [26], а також розподіл тиску шини по опорній поверхні.

До методів діагностування технічного стану еластичних пневматичних шин можна віднести також контроль за зміною внутрішньої структури шини. Для цього застосовуються (в основному на шинних і шиноремонтних заводах) теплові й рентгенівські установки, а також ультразвукова діагностика і звукова діагностика [6,7].

Для прогнозування стійкості руху КТЗ на еластичних пневматичних шинах з неоднорідною жорсткістю по їх профілю в якості можливого перспективного діагностичного параметра досліджувався тиск у контакті колеса з опорною поверхнею. Цей параметр необхідно надалі розглядати в режимі кочення колеса, вивчити залежність бічних сил, параметрів відведення шини від розподілу тиску в контакті.

Однак, в якості контактного параметру для прогнозування стійкості руху на першому етапі обраний і досліджений інший параметр. Таке рішення пов'язане з важким економічним становищем, у якому перебувають підприємства автомобільного транспорту на Україні. Від зростаючого числа приватних власників автотранспорту складно очікувати наукового підходу до технічної експлуатації автомобілів. Велике число виниклих останнім часом приватних майстерень пропонують наступні види шинних робіт: монтаж-демонтаж, контроль тиску повітря і його коректування, вулканізація й балансування. У найкращому разі до цього списку додається контроль і регулювання сходження й розвалу коліс. В даній ситуації для працівників автомобільного транспорту й власників ДТЗ певну вигоду й зручність можуть

представити методики прогнозування експлуатаційного стану шин по зміні порівняно легко вимірюваних параметрів. Наявність подібної методики може представляти також інтерес для організацій, контролюючих експлуатаційний стан шин і оцінюючих причини ДТП.

Дослідження методів діагностування технічного стану еластичного колеса легкового автомобіля є актуальною задачею, вирішення якої дозволить підвищити безпеку руху КТЗ; в даній роботі виконується шляхом забезпечення заданого рівня стійкості руху автомобіля. При цьому, визначається не вся сукупність структурних параметрів, а показники, що безпосередньо визначають умови кочення еластичного рушія. Мета діагностування – визначення якості експлуатаційного функціонування шин автомобіля (наприклад, по характеристикам силової взаємодії колеса з опорною поверхнею) [25].

Надзвичайно важливе завдання прогнозування стійкості стаціонарних режимів руху КТЗ, які залежать від бічних сил, що виникають у процесі руху автомобіля. А саме наявність коливання таких бічних сил обумовлює нерівномірну жорсткість шини по її профілю. У зв'язку із цим можна висунути гіпотезу про залежності між курсовою стійкістю руху автомобіля й однобічним зношуванням шини, на прикладі якого й було виконане обґрунтування вимірюваного контрольного параметра. Нижче запропонована характеристика, яку можна використати як оцінку величини однобічного зношування.

Крім того, діагностичним параметром може бути відведення осі, для вимірювання якого існують площадкові стенди, що розглянуті нижче.

КСР, яка відповідає технічним вимогам для ЛА, що переміщується з великою швидкістю по дорозі з асфальтобетонним покриттям, завжди розглядалась як важлива передумова для забезпечення раціональної керованості колісного транспортного засобу (КТЗ) і, тим самим, здійснення безпечного руху автомобіля. Набагато більше ймовірність дорожньо-транспортної пригоди залежить від КСР великої кількості автомобілів, що

швидко рухаються в безперервних та інтенсивних транспортних потоках автомобілів (ТПА). При тому, чим більше розвинуті ТПА, тим краще для економіки і соціального життя країни.

Якщо під поняттям ТПА розуміти систему, що містить множину різних транспортних засобів, об'єднану визначеними напрямками рухів таким чином, що забезпечується доставка вантажів та пасажирів точно в заданий час та в необхідних обсягах вантажів і кількості пасажирів, то успішно виконується функція забезпечення динамічного розвитку суспільства, промисловості та сільського господарства. Однак, чим ефективніше буде виконуватися функція ТПА, тим більше слід займатися забезпеченням безпеки автомобілів при їх переміщенні. Як вирішується ця задача сучасними виробниками автомобілів і шин? Є декілька виробників автомобілів (наприклад, Audi, BMW, Mercedes Benz, Porsche), які високо підіймають планку технічних вимог, якщо вони дозволяють виробнику шин виконувати комплектацію автомобіля із заводу [28].

Сотні мільйонів шин експлуатуються на автомобілях, що рухаються з великими швидкостями в ТПА. На рис. 3.11 показано, яким чином забезпечується контроль технічного стану шин під час їх інтенсивної експлуатації.

Метою виробника Audi є реалізація в шинах трохи більше, ніж дозволяє рівень технології виготовлення шин в даний час. Перевірка шин, як елемента передачі сил на дорогу, виконується кваліфікованими водіями на випробувальних треках, а також на барабанних стендах (шини повинні довести свою стійкість на високих швидкостях – до 300 км/год) [27].

Насамперед, виробник Audi розглядає критерії безпеки [27]. У цілому, фірми, що випускають автомобілі, вимагають перевірки біля 50 (!) точно визначених характеристик шин, серед яких раціональне бічне відведення та висока стійкість на поворотах.

Означений контроль може виконуватися робітниками АТП, СТО або безпосередньо водіями, які повинні витратити час для оцінки ТС еластичних

коліс не тільки під час проходження технічних впливів, а також в процесі руху автомобіля (у тому числі з великою швидкістю).



Рисунок 3.11 - Ступені та обладнання контролю технічного стану шин

Отже, ефективність виконання контролю ТС шин, що експлуатуються, значно поступається аналогічній перевірці виробником автомобілів і шин. Окрім того, інструментальне діагностування і прогнозування КСР можуть проводитись тільки на СТО за допомогою лінії перевірки ходових якостей [24,25], на стенді для визначення відведення осі. Такими стендами офіційний дилер фірми Robert Bosch обладнав низку СТО в деяких містах України (рис. 3.12).



Рисунок 3.12 - Лінія діагностики ходових якостей з автомобілем, що досліджується на СТО

На стенд для вимірювання відведення осі заїжджає кожний другий автомобіль з тих, що відвідують СТО; при цьому, нульове відведення практично не визначається. Нерідко зустрічаються випадки, коли відведення передньої і задньої осей мають різний знак. Таким чином, відведення осей автомобіля, що експлуатуються, потребують подальшого дослідження.

Нижче виконаний аналіз можливої поведінки автомобілів, що рухаються в ТП. При переміщенні АТЗ зустрічаються два типи відведення осей:

- одного знаку, діють бічні сили, що перебільшують значення наведене в ДСТ [21], але зустрічаються при експлуатації автомобілів з еластичними шинами [20];
- різних знаків, що зумовлює крутний момент відносно вертикальної осі.

Згідно ДСТУ, всі (!) радіальні шини з металокордним брекером повинні випробовуватися у виробника. Конусний ефект цієї шини може бути до 2% максимально допустимого навантаження на колесо. Якщо брати економічне навантаження, то конусний ефект може обумовити бічну силу 98,5 Н, а з урахуванням допустимого коливання від 2,5 до 3,5%, можна прийняти значення цієї сили 95-101 Н. Нижче розглянуто ТП, що рухається по дорозі з чотирма смугами руху в різних напрямках (рис. 3.13).

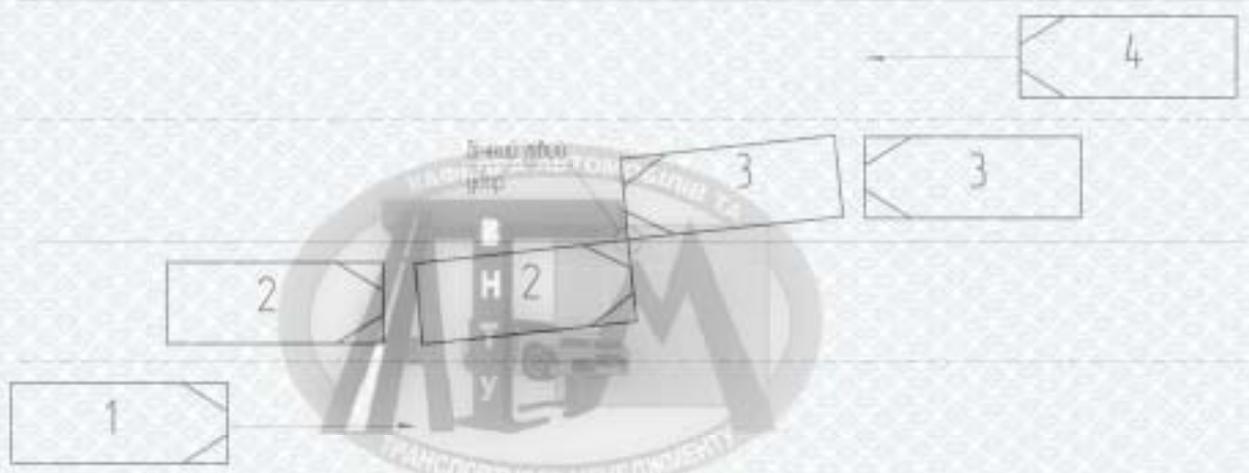


Рисунок 3.13 - Схема руху автомобілів ТП, які мають різнознакові відведення для передньої та задньої осей

Згідно з аналізом, другий і третій автомобілі можуть потрапити у ДТП з боковим переднім ударом [36,37]. Для автомобіля з боковим переднім правим ударом можуть бути наступні наслідки (рис. 3.14).

В цьому випадку на СТО повинні виконати наступні роботи:

- відремонтувати або замінити праве крило, передній бампер, повторювач поворотів, праву фару, підкрилок, протитуманну праву фару, резонатор повітряного фільтру, стійку стабілізатора, правий амортизатор, правий рульовий важіль, правий поворотний кулак, гальмівну трубку, підшипник маточини, капот, передню панель;
- усунути перекіс моторного відсіку;

- виконати контроль регулювання передніх фар та кутів установки коліс;
- пофарбувати капот, бампер, крила, панелі.



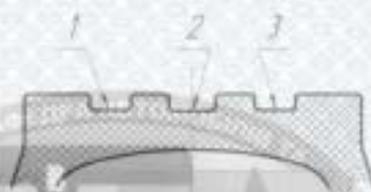
Рисунок 3.14 - Автомобіль Chevrolet Aveo доставлений після ДТП на СТО

Загальна сума на виконання наведених робіт складає 408 тис. грн. Але в першу чергу мова йдеться про долю людей, що знаходились в автомобілі під час ДТП.

В період експлуатації автомобіля необхідно забезпечити можливість своєчасного та достовірного діагностування його технічного стану. Це обумовлено безперервною дією різних зовнішніх та внутрішніх факторів, що сприяють розвитку процесів зношування, руйнування, ерозії тощо. Одним з найбільш інтенсивно зношуваних елементів автомобіля є шина. Для раціонального зчеплення шини з дорогою остання повинна мати шорсткість, що зумовлює високу швидкість зношування протектора, причому його знос у 10 – 15% випадків нерівномірний. Якщо гранична висота виступів протектору регламентується [21], то припустима ступінь нерівномірності його зношування не вказується, хоча шини з різним видом зносу можуть визивати різні бічні сили в контактї еластичних коліс із опорною поверхнею. В

результаті передня та задня вісі будуть рухатися з різними за величиною або знаком відведеннями, що може привести до втрати автомобілем курсової стійкості руху. Таким чином, є можливість підвищення безпеки переміщення легкового автомобіля з високою швидкістю шляхом поліпшення його КСР за рахунок раціонального розташування на автомобілі шин, що мають нерівномірний знос протектора.

На СТО «Volkswagen» було оглянуто шини 55 автомобілів та виконано заміри висоти рисунку протектора у відповідності до схеми вимірювань, що представлена на рис. 3.15.



1, 2, 3 – місця вимірювання висоти протектора.

Рисунок 3.15 - Схема вимірювання зносу протектора:

Вимірювання висоти рисунку протектора виконувалося за допомогою глибиноміра (точність $\pm 0,1$ мм).

В результаті дослідження було встановлено, що біля 10% шин автомобілів мають характерний нерівномірний знос протектора, причому 70% з них мають однобічний знос. Наявність в шині однобічного зносу призводить до виникнення конічного ефекту, тобто до появи в контактній зоні шини із дорогою збурюючої бічної сили, яка прагне відхилити автомобіль від заданого водієм напрямку руху. Величина загального збурювання в цілому для автомобіля буде залежати від розташування «конічних» шин на автомобілі; отже, можна припустити, що можливі випадки як раціонального (з точки зору КСР) розташування шин так і найнесприятливого, коли відбудеться погіршення показників КСР.

З огляду на наведене, для дослідження було обрано, із загальної вибірки розташування шин з нерівномірним зносом, тільки два варіанти. В першому

випадку шини розташовано таким чином, що бічні сили на кожному з коліс спрямовані в один бік (рис. 3.16а), в другому – бічні сили коліс передньої та задньої осей спрямовані в протилежні боки.



Рисунок 3.16 - Схема розташування шин на автомобілі та напрямки дії бічних сил в контактах шин із дорогою

Для аналізу застосовано математичну модель, яка враховує вплив на показники КСР кожної встановленої на автомобіль шини [25]:

$$m(\ddot{u} + \omega v) = Y_{11} \cos \theta_{11} + Y_{12} \cos \theta_{12} + Y_{21} \cos \theta_{21} + Y_{22} \cos \theta_{22};$$

$$J\dot{\omega} = aY_{11} \cos \theta_{11} + aY_{12} \cos \theta_{12} + bY_{21} + bY_{22},$$

де m – маса автомобіля;

u, v – відповідно, поперечна та поздовжня швидкості центру мас автомобіля;

\ddot{u} – поперечне прискорення центру мас автомобіля;

$\omega, \dot{\omega}$ – кутова швидкість та кутове прискорення автомобіля;

θ_{11}, θ_{12} – кути повороту передніх правого та лівого коліс відповідно;

a, b – відстань від центру мас до передньої та задньої вісей автомобіля відповідно;

J – момент інерції кузова щодо центральної вертикальної вісі;

Y_{11}, Y_{12} – бічні сили правого та лівого коліс на передній вісі;

Y_{21} , Y_{22} – бічні сили правого та лівого коліс на задній вісі.

В якості моделі, що описує характер взаємодії шини із дорогою використано модель кочення колеса І. Рокара [19], яка для шини, що має одnobічний знос (конічний ефект) має вигляд [20]

$$Y = k\delta \pm Y_0, \quad (3.33)$$

де k – коефіцієнт бічного відведення,

δ – кут відведення,

Y_0 – складова бічної сили, що обумовлена наявністю в шині конічного ефекту.

Розрахунки виконувались для автомобіля з параметрами: повна маса – 1325 кг; відстань від центру мас до передньої (задньої) осей – 1,226 (1,198) м; колія – 1,364 м; коефіцієнти опору відведенню передніх шин – $k_{11}=k_{12}=40$ кН/рад, задніх – $k_{21}=k_{22}=35$ кН/рад. Для спрощення та наочності розрахунків величина конічного ефекту прийнята для всіх шин однаковою, вона дорівнює – 160 Н.

На рис. 3.17а та 3.17б наведені біфуркаційні множини, що побудовані для різних варіантів розташування шин відповідно.

Як видно величина критичної швидкості для обох випадків однакова і складає 41,8 м/с, що пояснюється однаковою величиною коефіцієнтів опору відведення передніх та задніх шин, оскільки саме ці коефіцієнти впливають на величину критичної швидкості. В той же час для досягнення цієї швидкості для першого варіанту розташування шин необхідно повернути керовані колеса вліво на кут, що дорівнює 0,0007 рад ($0,04^\circ$), а для другого – вправо на величину 0,0081 ($0,5^\circ$).

Таким чином, можна зробити висновок, що розташування шин, коли бічні сили на осях діють в протилежні боки, є більш несприятливим, оскільки в такому випадку від водія потрібно більше керуючих впливів на рульове

колесо, щоб залишити автомобіль на заданій (в даному випадку прямолінійній) траєкторії руху.

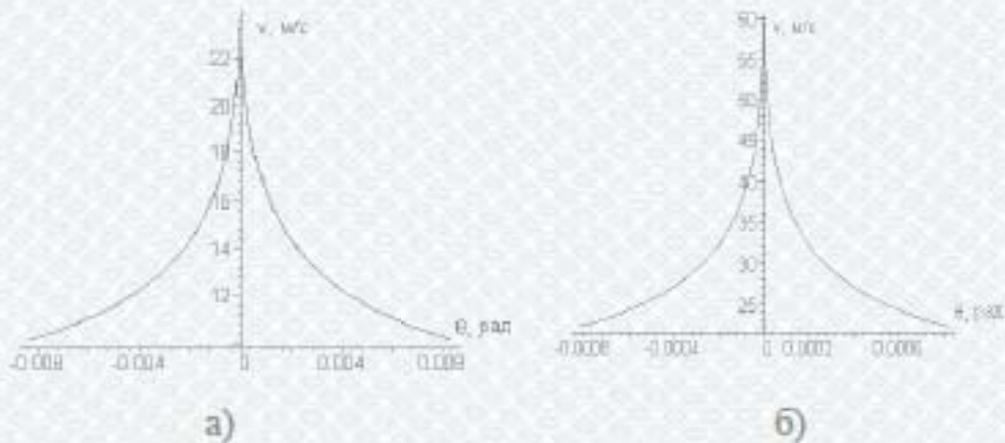


Рисунок 3.17 – Біфуркаційні множини при використанні шини, що не має “механізму” зміни бічної жорсткості (а) та шини, що має “механізм” зміни (б)

Для наочності отриманих результатів на рис. 3.18 а та 3.18б наведені можливі траєкторії рухів, що побудовані для варіантів розташування шин на автомобілі, відповідно, при наступних параметрах: кут повороту керованих коліс дорівнює нулю, швидкість автомобіля 35 м/с.

З аналізу рисунку підтверджується, що другий варіант розташування шин є більш несприятливим для КСР, оскільки для відхилення автомобіля від прямолінійного руху на величину 20 м необхідно проїхати приблизно 100 м, в той же час для першого варіанту довжина ділянки, яку необхідно проїхати для відхилення на 20 м, складає майже 300 м.

Таким чином, при великих швидкостях руху, кінцевий ефект призводить до того, що автомобіль прагне вийти за межі власної смуги руху, що негативно впливає на безпеку руху. Більш цікавим було б дослідити випадок, коли два автомобілі рухаються в одному напрямку паралельно. Для цього розглянуто приклад руху двох автомобілів по автомагістралі, де ширина смуги для руху автомобіля складає не менше 3,5 м.

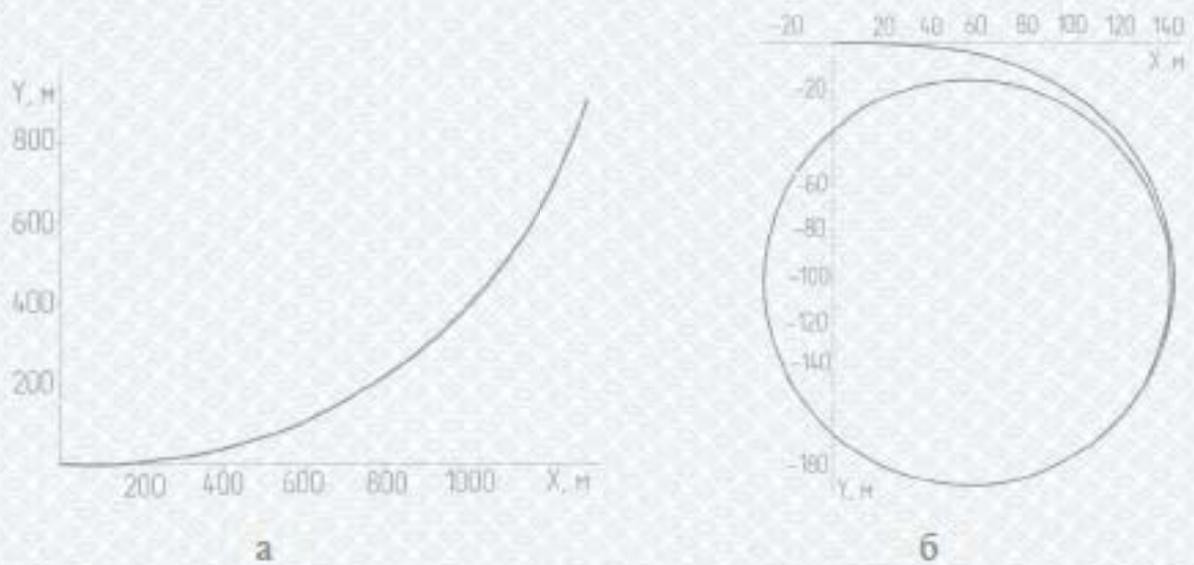


Рисунок 3.18 - Траєкторії руху автомобіля

Для спрощення аналізу та розрахунків прийнято, що два легкових автомобілі мають дзеркально відображене розміщення шин, відповідно до рисунку, обидва автомобілі рухаються паралельно від протилежних країв проїзної частини, переміщуються прямолінійно з однаковою швидкістю. Схематично ця задача представлена на рис. 3.19 для двох варіантів розташування шин відповідно.

Таким чином, завданням буде визначення відстані та часу, за які кожний з автомобілів переміститься в поперечному напрямку на величину 1,82 м до осьової лінії, тобто, до можливого зіткнення. Наведені можливі наслідки подальшого розвитку дорожньої ситуації, за умови відсутності корегуючих керуючих впливів з боку водія за термінами: 1,94 с.

Для першого випадку, при швидкості 35 м/с (126 км/год), зіткнення може відбутися (за умови відсутності корегуючих впливів з боку водія) через 1,94 с, за цей час автомобілі проїдуть відстань 67,9 м. При цьому визначені показники стаціонарного руху (для правого автомобіля складають: кутова швидкість автомобіля – $\omega_0 = 0,03$ рад/с; поперечна проекція вектору швидкості центру

мас автомобіля – $u_0 = -0,45$ м/с. Відхилення від поздовжньої осі дороги в момент зіткнення буде складати $3,1^\circ$.

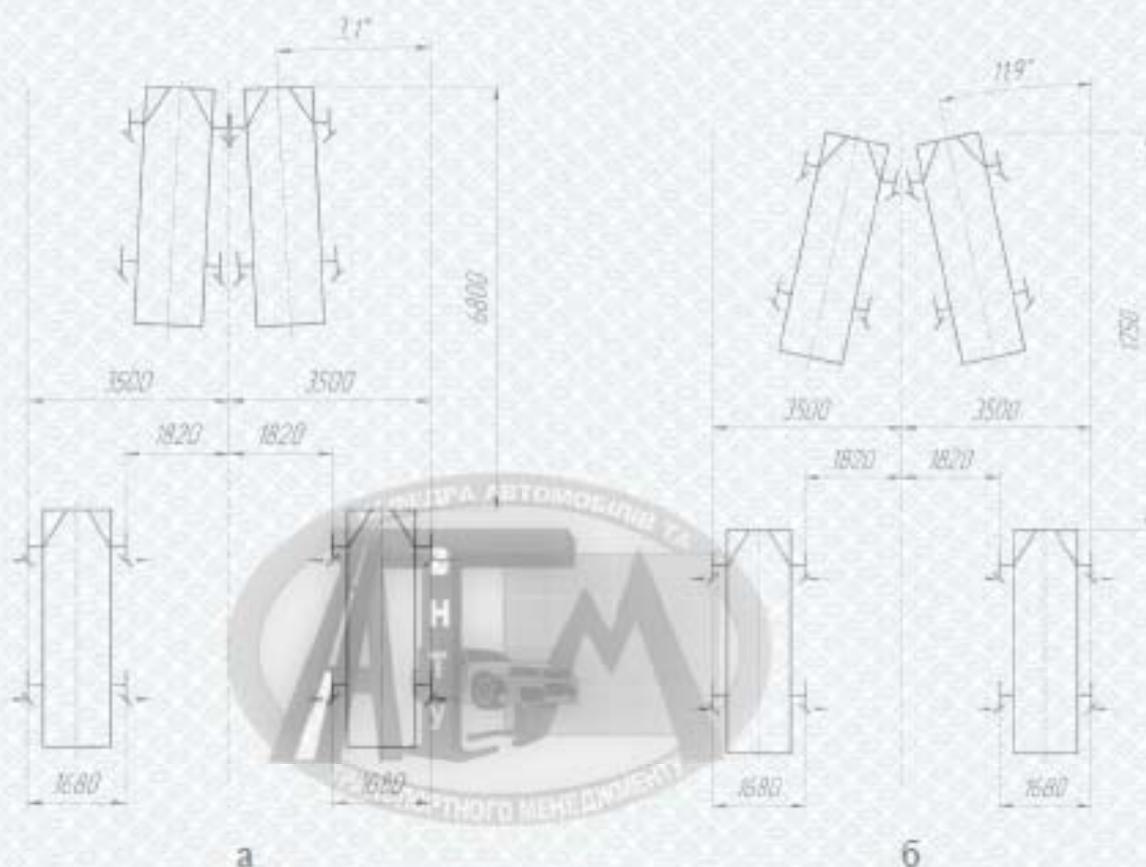


Рисунок 3.19 - Схема вихідного та остаточного розташування автомобілів при їх зіткненні, за умови відсутності керуючих впливів водія

Формула для визначення часу (t) проходження автомобілів до зіткнення

$$t = \sqrt{2Q/(\omega_0 v)}, \quad (3.34)$$

де $Q = 1,82$ м – відстань до середини проїзної частини;

ω_0 – кутова швидкість автомобіля, що відповідає сталому стаціонарному руху.

Для другого випадку при швидкості 35 м/с зіткнення може відбутися через $0,5$ с, за цей час автомобілі проїдуть відстань $17,5$ м. Показники

стаціонарного руху складають: $\omega_0 = -0,42$ рад/с; $u_0 = 4,52$ м/с. Відхилення від поздовжньої осі дороги в момент зіткнення буде складати $11,9^\circ$.

В результаті експлуатації автомобіля шини інтенсивно зношуються, негативно впливаючи при цьому на показники КСР, що знижує рівень безпеки руху на дорогах, особливо в транспортних потоках. Якщо визначити бічні сили при експлуатації автомобілів, то можна прогнозувати показники курсової стійкості руху з метою зменшення імовірності ДТП.

3.5 Висновки за розділом 3

1. Прогнозування курсової стійкості стаціонарних режимів руху автомобіля є важливою задачею, що обумовлена безпосереднім зв'язком КСР з безпекою переміщення КТЗ.

2. Інтелектуальні шини мають сукупність корисних властивостей, по зрівнянню з теперішніми пневматичними автомобільними рушьями. Вони в змозі робити наступне: оцінювати зчеплення з дорогою, опір коченню, відведення, кути установки коліс тощо; змінювати технічний стан поверхні, що взаємодіє з дорогою щодо поліпшення безпеки руху КТЗ; виробляти кисень з атмосферного CO_2 ; генерувати електричну енергію, шляхом використання обертання та коливання коліс або нагрівання температури рушья, передавати бездротовою системою сигнал про параметри руху.

3. Проведено аналіз силової взаємодії при коченні еластичного колеса з дорогою. Знайдено умови для балансу сил, що дозволить здійснювати стійкий рух.

4. Для здійснення прогнозування необхідно вибрати достатню сукупність діагностичних параметрів, що дозволять з необхідними точністю й достовірністю встановлювати (оцінювати) технічний стан автомобіля на еластичних рушьях під час експлуатації КТЗ. Можливими діагностичними параметрами, що досліджувалися є наступні: тиск у контактні колеса з опорною поверхнею й відведення еластичної шини під час прямолінійного і колового

руху, а також різниця значень висот виступів протектора по його краях. Діагностування стійкості режиму руху виконують робітники СТО шляхом вимірювання відведення кожної осі при прямолінійного русі КТЗ зі швидкістю пішохода (на лінії Bosch перевірки ходових якостей автомобіля).

5. Забезпечення КСР легкового автомобіля може бути ще надійнішим, якщо використати, запропонований в роботі метод визначення відведення шини під час руху автомобіля за колом.

6. Виконана структурна схема алгоритму щодо забезпечення ІТС та СТО інформацією про діючу силову сукупність взаємодій «колесо - дорога» в ТПА.



4 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

Для виокремлення впливу ТС СТО на рівень автодорожньої аварійності необхідно попередньо розглянути оцінку ступеня розв'язання проблеми на більш високому етапі в ієрархії [36].

4.1 Оцінка ефективності впливу автомобільної техніки на планетарну систему

Філософи Німеччини, де розвиток техніки знаходиться на інноваційному рівні, приділяють багато уваги питанням теперішнього стану техніки та прогнозуванню її впливу на планетарну систему (ПС). За результатами їх досліджень сучасні техніка і наука визначені «колосальними» факторами, які докорінно змінили природу Землі і надалі підвищують інтенсивність впливу (позитивного або негативного). Тому німецькі філософи признали за необхідне розглядання важливих питань розвитку техніки на філософському рівні. Під філософією техніки розуміють, передусім, дослідження значущості її впливу на розвиток ПС, а також протиріч: людина, світ і техніка. Такий підхід обумовить визначення основних напрямів подальших наукових досліджень в сфері техніки, та їх нові «горизонти».

Транспортні потоки автомобілів (ТПА) рухаються за світовою мережею доріг, що з'єднує населені пункти, міста, регіони, країни та континенти. На землі немає людини яка би не користувалася послугами автомобіля.

Транспортні потоки забезпечують розвиток господарства планети, перевезення її населення в економічно розвинуті регіони, де автомобіль став "продовженням життєвого простору мешканців": виконується доставка до підприємства, місць навчання, відпочинку тощо.

Самим значущим інноваційним рішенням сучасності в сфері автомобільного транспорту є створення в майбутньому інтелектуальних

транспортних систем (ТС), які включають інтелектуальні складові: автомобілі, дороги та спеціалістів, керуючих рухом та інфраструктурою.

Інтелектуальний автомобіль – це представник автомобільної техніки, що містить штучний інтелект, який дозволить не тільки раціонально перевозити всі необхідні матеріальні та людські потоки ТС, а також докорінно поліпшити свою важливішу властивість – безпеку руху. Гарний, керуєний та комфортабельний але неінтелектуальний автомобіль щорічно забирає життя більше ніж у одного мільйону людей ТС (на рівні самих небезпечних захворювань сьогодення, що схоже з дією чуми середніх віків у Європі). На зустрічі в Давосі використання штучного інтелекту для керування безпілотним автомобілем назвали пріоритетною задачею сьогодення.

Але для створення ТС необхідною є ще широко розгорнута у просторі Землі інтелектуальна дорожня інфраструктура, що являє собою складну систему дуже матеріалоемних споруд з колосальною електронно-комп'ютерною підтримкою. На протязі наступних 10-тиріч буде виконуватись розвиток та формування ТС.

Таким чином, признано, що філософія техніки повинна розглядати важливі питання розвитку такого “колосального” фактора планетарного масштабу, як техніка в цілому. Але остання містить в собі дуже важливу складову – автомобільну техніку, рівень впливу якої на ТС постійно зростає і відрізняється наступним:

- широкою розповсюдженістю серед населення та по поверхні планети: сотні мільйонів одиниць достатньо масивних машин, що рухаються, виконуючи всілякі потреби мешканців Землі;
- найбільшим споживанням нафтопродуктів;
- найбільшими перевезеннями об'ємів вантажів та кількості населення, що обумовлює розвиток економіки та сприяє суспільному та культурному вихованню мешканців ТС;

- широким використанням штучного інтелекту, системи якого стрімко розвиваються для функціонування на великих сукупностях безпілотних автомобілів, що будуть швидко рухатися в транспортних потоках;
- великими труднощами з паркуванням автомобілів, які стрімко витісняють людей з вулиць, скверів, дворів тощо, або потребують створення грандіозних надземних й підземних споруд для стоянки і зберігання транспортних засобів;
- неможливістю формування та виконання динамічного розкладу дня без автомобіля, для активно працюючих осіб і молоді, що цілеспрямовано створюють професійну кар'єру.

Перелічені вище окремі промені впливу АТ на різні сфери ПС Землі можуть бути позитивними і негативними за величиною дії.

Можна зробити попередній висновок про можливість подальшого, більш докладнішого дослідження значущості позитивного впливу автомобільної науки та техніки на планетарну систему, що аналізується, а також протиріч між АТ й іншими сферами ПС.

Необхідність філософської підтримки автомобільної техніки можна довести тоді, коли вона буде так значуще впливати на існування планетарної системи Землі, що зможе докорінно визначати розвиток або обумовлювати деградацію нашої планети. Автомобільна техніка сьогодення є невід'ємною і вагомою часткою загальної техніки ПС.

Згідно з наведеною вище інформацією, визнано доцільним сформувати модель ПС Землі та виокремити вплив на неї АТ, що дозволить обґрунтувати оцінку необхідності філософської підтримки напряму розвитку автомобільної техніки. Дві сфери ПС було наведено вище – наука і техніка. В джерелі виокремлено також інші важливі складові: природа, суспільство та культура.

Видатний німецький філософ Фрідріх Ніцше відобразив також своє бачення планетарної системи Землі. «Земля має оболонку: і ця оболонка вражена хворобою. Одна з цих хворіб, наприклад: людина». Таким чином,

філософ виокремив з ПС два об'єкти: оболонку планети (природу) та людей, з їх суспільними і духовними проблемами й негараздами.

Означені вище сфери є основою структури запропонованої моделі ПС (рисунок 4.1).

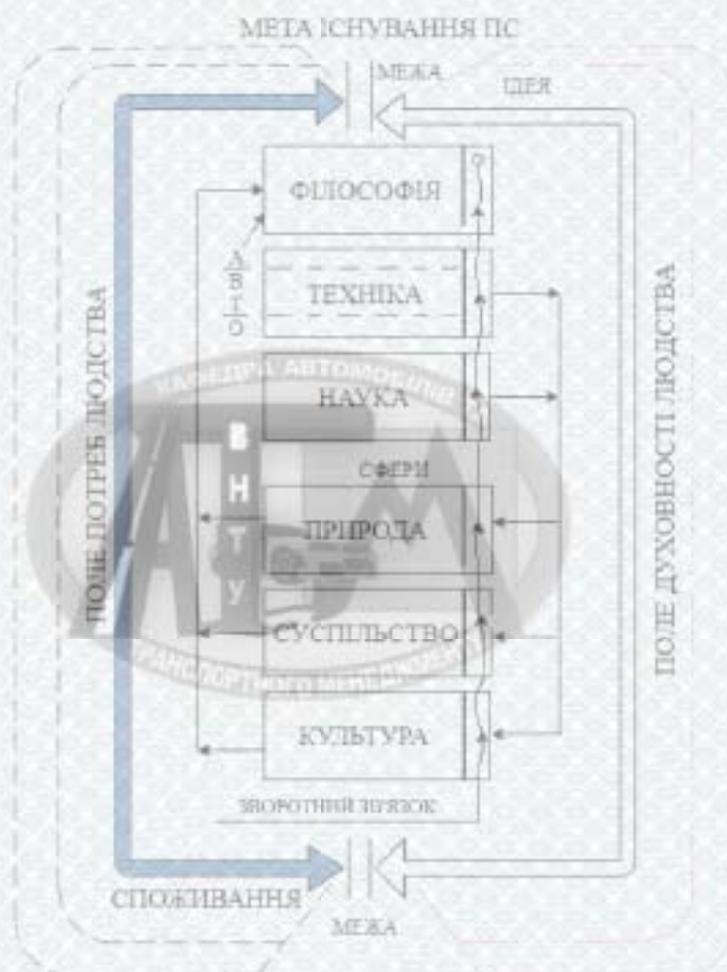


Рисунок 4.1 – Мнемосхема, що візуалізує структуру моделі планетарної системи Землі

Дуже важливими складовими цієї моделі можна назвати також лінії взаємодії окремих сфер. Це пояснюється умовністю розподілу ПС на окремі і різні елементи, а їх спільні властивості можуть характеризуватися значущою тісністю зв'язку.

Важливою особливістю моделі, яка розглядається, є наявність зворотного зв'язку, який обумовлює можливість сферам, що знаходяться під

динамічним та «колосальним» навантаженням техніки і науки, також вагомо впливати на напрями й величину змін стану ПС. Рациональне функціонування означених вище елементів системи та зв'язків між ними повинно забезпечити відповідні умови, що ініціюють стабільність та працездатність ПС.

Умови для існування моделі системи в цілому, створюють також "поля тяжіння", які можна уявити протилежними за властивостями. Це матеріальні потреби та духовність (ідея) людства. Джордж Оруелл дуже влучно характеризував крайні прояви такої системи. Він не міг визначити, що страшніше: доведене до абсурду суспільство споживачів або підвищене до абсолюту суспільство ідеї.

Але модель ПС, яка розглядається є динамічною і необхідно визначити дозволені межі зміни взаємовпливу: збільшення кількості задоволень матеріальних потреб людини (найбільше число – нескінченність) на зменшення (занепад) духовності суспільства. Аналіз потрібний також для протилежної ситуації, в якій духовність (ідея) розвинена до абсолюту, а людина не може задовольнити самі необхідні потреби.

Недозволене законами природи та суспільства зміщення рівноваги в той чи інший бік порушує стабільність функціонування ПС і обумовлює можливість руйнування її життєвого циклу. Тому нижче обґрунтовується можливе рациональне положення граничної лінії між коливаннями двох крайніх проявів «полів» моделі ПС.

Першим розглянуто механізм дії на модель тих сфер, які на сьогодні визначають сутність ПС: техніки і науки. Без машин, приладів, технологій техніки не були б можливими сучасні теорії науки, які, на теперішній час, в свою чергу, миттєво усвідомлюються інженерами та перетворюються в інтелектуальні технічні вироби. Часто не можливо визначити окремо вплив науки або техніки на природу, суспільство і духовність людини.

Розглядаючи наукову сферу, слід ще раз відзначити, що натепер практично неможливо відокремити постановку проблем природничо-наукових від технічних. Але до промислової революції, наукові концепції та

методи техніки вважалися «заданими» величинами, які передавалися від покоління до покоління, по сутності в незмінній формі. Не було цілеспрямованого пошуку їх поліпшення. Потім почався розвиток наукового знання за допомогою технічної підтримки, в особливості при експериментальних дослідженнях. Суспільство створювало умови для діяльності вчених. За думкою Паскаля: випадкові відкриття вчених може робити тільки добре підготовлений розум. Дали багато вчених плідно займалися науковою діяльністю. Реальність сьогодення: швидке скорочення часу між миттєвостями отримання наукою нового знання та його технічною реалізацією. З'являється філософська підтримка розвитку наукових програм. Наприклад, про неможливість використання «позитивної евристики», як універсальної методики. При використанні тільки означеної методики розвиток наукового знання уповільнюється, «позитивна евристика» губить евристичну міцність: зростає кількість гіпотез з розв'язання окремої задачі.

Американський філософ Фоксрабент, розглядаючи недоліки теорії «критичного раціоналізму» висуває принцип «теоретичного плюралізму» (розмноження теорій), що прискорює розвиток науки. Кожний вчений може розробляти власні теорії незважаючи на суперечності та критику.

Німецький філософ Кун на протиположності підкреслювання перспективи кумулятивного наукового процесу висунув моделі мислення, що змінюють одна одну. Вони є принципово різними, тому що засновані на зовсім інших поняттях та нових теоретичних припущеннях. Книга включає дуже доречне висловлювання про те, що кожний вчений добре знає, що під створеними ним теоріями існують протиріччя, які він не може розв'язати. За думкою Пуанкаре, число наукових пояснень будь-якого явища є нескінченим.

Згідно, наука націлена не на перетворення або створення законів природи, а на їх пізнання та отримання нового знання. Останнє використовується людиною для створення нових структур існування природи – нової техніки (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Структурна схема, що візуалізує шлях створення нової техніки – конкретної нової структури існування природи

Фантастичним, але дуже важливим для характеристики вершини розвитку техніки є висловлювання С.Є. Лемма про те, що техніка може досягти такого рівня, що людина сама собі не буде потрібна.

Природа визначається в джерелі, як реальна дійсність, що існує до діяльності людини. Природа містить в собі, також, природу людського духу, який осмислює природу та змінює її згідно зі своїми намірами і цілями. Так виникає техніка, що спостерігається в планетарній системі, як результат зустрічі людського духу природою з. Створює техніку людина тільки з використанням законів природи для цілеспрямованої зміни дійсності.

Згідно стародавньої мудрості – «Перемогти» природу не можливо інакше ніж підкоряючись вимогам законів існування дійсності. Природа і автомобільна техніка мають багато секторів ПС, в яких вони сумісно існують та доповнюють одне одного. Слід управляти їх взаємодією, збагачуючі та розвиваючи природу з одночасним розвитком техніки.

4.2 Оцінка впливу різних складових системи автомобільної техніки на аварійність дорожнього руху колісних транспортних засобів

Для здійснення оцінки ефективності впливу ТС на рівень аварійності руху КТЗ на автодорогах, сформована система автомобільної техніки (табл.4.1). Вона містить різні аспекти, які можуть знизити імовірність скоєння ДТП [20]. Об'єднує означені аспекти мета – розвиток АТ з допустимою імовірністю аварійності $P(A)$. Нижче наведена інформація про структуру загальної системи АТ (таблиця 4.1).

На першому місці за ефективністю зниження аварійності $P(A)$ знаходиться складова системи – «автозавод». Кожний рік випуску автомобіля його конструкція поліпшується, сумісно з технічним університетом (ТУ), який приймає участь у зміні концепції та структури нового КТЗ, а також в налагодженні вірної експлуатації машини.

А також, автозаводи працюють разом з VUFO при вивченні ДТП і фінансують означені роботи, усвідомлюючи їх важливість.

Таблиця 4.1 - Можливі інтенсивності впливу складових системи АТ на рівень аварійності $P(A)$ на автодорогах

Складові системи	Імовірність зниження $P(A)$		Значущість дії (місце)	Примітка
	за 1 рік	за 5 років		
Автозавод	0,01	0,02	1	Кожний рік випуску
Університет	0,005	0,006	2	Спеціалісти
ЦУП FSD	0,004	0,005	3	З 2023 року
Регіон	0,001	0,002	4	Патрульна позиція
Власник КТЗ	?	?	5	Різні можливості
ТС СТО	0,002	0,003	4	Технічні впливи
VUFO ФРН	0,007	0,009	2	Існує 24 роки

Друге місце займають університет і VUFO. Це ТОВ вдало функціонує при ТУ Дрездена більше 20-ти років. Означені 3-ри фактори разом вагомо вплинули на зайняття Німеччиною ліпших у світі місць за показниками аварійності на автодорогах. До названих факторів, що обумовили низьку

аварійність, необхідно приєднати також шинні заводи, які працюють і досліджують сумісно з автозаводами та VUFO.

Третє місце центрального управління параметрами автомобільних систем (FSD) обґрунтовано тільки тим, що ЦУП функціонує в Дрездені лічені роки. Хоча важливість для сучасної держави названої системи вчені бачили вже десятки років [25]. Натепер, в ТОВ FSD Fahrzeugsystemdaten налічує 230 працівників та обслуговує 18000 клієнтів (юристів, адвокатів, контролерів тощо).

Четверте місце належить дієвості впливу регіональної влади. Для оцінки значущості існує обмаль інформації. Тільки в суспільстві з'являються дані в повідомленнях патрульної поліції про ДТП, що віддзеркалюються практично щоденно.

Для розвитку системи знань студентів спеціальності «Автомобільний транспорт» ВНТУ важливо зробити аналіз можливого вкладу технічної служби СТО на зменшення рівня аварійності на автодорогах. Для прикладу вибрано використання інтелектуальних еластичних рушіїв на КТЗ.

Самою складною є оцінка вкладу в зниження аварійності по імовірності виникнення ДТП, самого власника або водія КТЗ. Означені особи мають дуже різний рівень знань, умінь та можливостей для дослідження. Треба продовжити вивчення цього питання.

4.3 Висновки за розділом 4

1. Характеристика значущості дії транспорту показала необхідність функціонування в планетарній системі автомобільної техніки. Вона є широко розповсюдженою – більше мільярду автомобілів працюють в господарстві та суспільстві. КТЗ надають властивості мобільності та динамічності переміщенню вантажів і пасажирів в просторі та часі.

2. Для виокремлення ефективності впливу технічної служби СТО на зниження рівня дорожньої аварійності сформована система автомобільної

техніки за підтримки різних джерел інформації та опитування працівників станції обслуговування.

3. Аналіз сформованої системи дозволив зробити висновок про неможливість ігнорування означеного фактору ТС – він по впливовості на 4-му місці та є недостатньо вивченим.

4. Наведений приклад впливу означеного прогнозування на зниження річної імовірності ДТП $P(A) = 0,002$, Технічна служба СТО може зменшити число ДТП на 6 одиниць. 50 СТО Дніпропетровського регіону можуть зберегти життя або захистити від поранення біля 300 осіб за рік. Приклад наведено для умов ініціювання дорожньої аварії за рахунок відмов еластичних рушіїв КТЗ.



ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи зроблені наведені нижче висновки.

1. ТОВ «Автодім Атлант Дніпро» має всі необхідні компоненти для управління технічним станом КТЗ: кваліфікованих спеціалістів, виробничі будинки і окремі приміщення, сучасне обладнання для проведення ТО і ПР, інші підрозділи для виконання різних функцій та послуг.

2. СТО в змозі розвивати нові види технічних впливів, що можуть бути потрібні та обумовлені необхідністю зменшення аварійності під час руху КТЗ.

3. Вагомі збурюючі впливи: військові дії, погодні негаразди, суспільні прояви тощо значуще порушують традиційне виконання послуг клієнтам, що треба урахувати при виборі розрахункової системи для виробничої структури станції.

4. Здійснено технологічний розрахунок кількості постів СТО, з урахуванням мінливості господарських, військових та суспільних умов. Для середніх умов функціонування станції прийнято: чисельність штатних працівників – 10 осіб на постах; розрахункова кількість постів – 5 одиниць.

Аналіз результатів дозволяє визнати наступне: коефіцієнт простою постів не більше 0,5, що технологічно припустиме для СТО.

5. Прогнозування курсової стійкості стаціонарних режимів руху автомобіля є важливою задачею, що обумовлена безпосереднім зв'язком КСР з безпекою переміщення КТЗ.

6. Інтелектуальні шини мають сукупність корисних властивостей, по зрівнянню з теперішніми пневматичними автомобільними рушіями. Вони в змозі робити наступне: оцінювати зчеплення з дорогою, опір коченню, відведення, кути установки коліс тощо; змінювати технічний стан поверхні, що взаємодіє з дорогою щодо поліпшення безпеки руху КТЗ; виробляти кисень з атмосферного CO_2 ; генерувати електричну енергію, шляхом

використання обертання та коливання коліс або нагрівання температури рушія; передавати бездротовою системою сигнал про параметри руху.

7. Проведено аналіз силової взаємодії при коченні еластичного колеса з дорогою. Знайдено умови для балансу сил, що дозволить здійснювати стійкий рух.

8. Для здійснення прогнозування необхідно вибрати достатню сукупність діагностичних параметрів, що дозволять з необхідними точністю й достовірністю встановлювати (оцінювати) технічний стан автомобіля на еластичних рушіях під час експлуатації КТЗ. Можливими діагностичними параметрами, що досліджувалися є наступні: тиск у контакті колеса з опорною поверхнею й відведення еластичної шини під час прямолінійного і колового руху, а також різниця значень висот виступів протектора по його краях. Діагностування стійкості режиму руху виконують робітники СТО шляхом вимірювання відведення кожної осі при прямолінійного русі КТЗ зі швидкістю пішохода (на лінії Bosch перевірки ходових якостей автомобіля).

9. Забезпечення КСР легкового автомобіля може бути ще надійнішим, якщо використати, запропонований в роботі метод визначення відведення шини під час руху автомобіля за колом.

10. Виконана структурна схема алгоритму щодо забезпечення ПС та СТО інформацією про діючу силову сукупність взаємодій «колесо - дорога» в ТПА.

11. Характеристика значущості дії транспорту показала необхідність функціонування в планетарній системі автомобільної техніки. Вона є широко розповсюдженою – більше мільярду автомобілів працюють в господарстві та суспільстві. КТЗ надають властивості мобільності та динамічності переміщенню вантажів і пасажирів в просторі та часі.

12. Для виокремлення ефективності впливу технічної служби СТО на зниження рівня дорожньої аварійності сформована система автомобільної техніки за підтримки різних джерел інформації та опитування працівників станції обслуговування.

13. Наведений приклад впливу означеного прогнозування на зниження річної імовірності ДТП $P(A)=0,002$, Технічна служба СТО може зменшити число ДТП на 6 одиниць. 50 СТО Дніпропетровського регіону можуть зберегти життя або захистити від поранення біля 300 осіб за рік. Приклад наведено для умов ініціювання дорожньої аварії за рахунок відмов еластичних рушіїв КТЗ.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Солтус А.П. Кінематика і динаміка еластичного колеса як цілісного механізму монографія / Солтус А. П., Клімов Е.С. Кременчук Видавництво «НОВАБУК», 2025. 192 с.
2. Lüders A. Beitrag zum Problem der Laufunruhe von Fahrzeugrädern / A. Lüders, O. Hofmann, H. Brinkmann // ATZ 73. 1996. № 1. S. 1 – 8.
3. Дугельний В.М. Покращення курсової стійкості легкового автомобіля з урахуванням силової неоднорідності його шин : автореф. дис... на здобуття наук. ступеню канд. тех. наук : 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / В.М. Дугельний. К., 2006. 20 с.
4. Вербицький В.Г., Макаров В.А., Костенко А.В. До питання про вплив розташування шин із жорсткісною неоднорідністю на курсову стійкість руху легкового автомобіля. Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. 2007. № 2. С. 7–15.
5. Волков В.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля : [навч. посіб.] / В.П. Волков. – Х. : ХНАДУ, 2003. 292 с.
6. Макаров В.А., Нагорний А.Л., Філіпов В.А. Аналіз залежності зношування шин від швидкісного режиму руху. Матеріали LV Всеукраїнської науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів підрозділів університету з участю працівників підприємств, Вінниця, 17.11.2025 р. – 27.03.2026. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2026/schedConf/presentations>.
7. ТОВ "АВТОДІМ АТЛАНТ ДНІПРО": веб сайт. URL: <https://www.vw-atlant.dp.ua>.
8. Heywood J. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill, 2018.
9. Bosch. *Automotive Handbook*. 9th ed., 2019.

10. Karimi D. *Lubrication and Mechanical Losses in Automotive Transmissions*. Springer, 2020.
11. Genta G., Morello L. *The Automotive Chassis*. Springer, 2016.
12. Wong J. *Theory of Ground Vehicles*. Wiley, 2008.
13. Crolla D. *Automotive Engineering: Powertrain, Chassis System and Vehicle Body*. Elsevier, 2016.
14. Li X. TPMS Efficiency in Commercial Vehicle Fleets. *Transportation Engineering Journal*, 2020.
15. Mitschke M., Wallentowitz H. *Dynamik der Kraftfahrzeuge*. Springer, 2014.
16. Limpert R. *Brake Design and Safety*. SAE International, 2011.
17. Reif K. *Automotive Mechatronics*. Springer, 2014.
18. Ribbens W. *Understanding Automotive Electronics*. Butterworth-Heinemann, 2017.
19. Zhang Y. Predictive Maintenance for Vehicle Fleets. *IEEE Transactions on Transportation Systems*, 2021.
20. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах / Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Барилевич Л.П. та інші. К.: Логос, 1996. 348с.
21. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Підручник. Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.
22. Біліченко В.В., Крещенецький В. Л., Варчук В. В. Автомобілі та автомобільне господарство. Дипломне проектування : навчальний посібник / В. В. Біліченко. Вінниця : ВНТУ, 2010. 171 с.
23. Кукурудзяк Ю.Ю. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник МОН / Ю.Ю. Кукурудзяк, О.В. Рудь, Л.В. Кукурудзяк. - Вінниця: ІПІ «Едельвейс і К», 2010. - 336 с.
24. Поліпшення курсової стійкості руху легкового автомобіля за підтримки еластичних рушіїв : монографія [Електронний ресурс] /

В. А. Макаров, Т. В. Макарова, Д. В. Борисюк, О. В. Вдовиченко ; за заг. ред. В. А. Макарова. Вінниця : ВНТУ, 2022. 211 с.

25. Аспекти розвитку, функціонування та дослідження еластичного руху колісного транспортного засобу : монографія [Електронний ресурс] / В. А. Макаров, Т. В. Макарова, Д. В. Борисюк, Є. В. Смирнов; за заг. ред. В. А. Макарова. – Вінниця : ВНТУ, 2023. 149 с.

26. Костенко А.В., Петров О.В. До питання про визначення відведення колеса як жорсткісної характеристики автомобільної шини. Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. 2004. № 2. С. 10 – 14.

27. Schubert J.: Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Reifen : Doktor-ingenieurs Dissertation : Fahrbahn-Rollgeräusch / J. Schubert. – Dresden, 2003. 113 s.

28. Макаров В.А., Костенко А.В., Петров О.В. До вибору математичної моделі для дослідження курсової стійкості руху автомобіля з урахуванням жорсткісної неоднорідності шин. Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. 2004. № 1. С. 33 – 35.

29. Костенко А.В. До питання про вплив жорсткісної неоднорідності шин на курсову стійкість руху автомобіля. 60 наукова конференція професорсько-викладацького складу і студентів Національного транспортного університету : тези доповідей. К. : НТУ, 2004. С. 27.

30. Willmerding. G. Untersuchungen zur Alterung von PKW – Gürtelreifen / G. Willmerding, T. Ziegler // ATZ. 2000 № 4. S. 272 – 278.

31. Intelligente Reifen – Schon bald Realität? / S. Wolfsried, B. Breuer, T. Becherer [und andere] // ATZ. 1999. № 10. S. 772 – 773.

32. V.G. Verbitskii, V.A. Makarov, V.P. Sakhno, "Influence of the asymmetry of cornering forces on the static stability of two-axle vehicle", International Applied Mechanics, 40, No.11, 1304-1309 (2004).

33. Trechorv P. "Luft war nie so sauber wie heute". VDI nachrichten 8 april 2005. № 14 – S.11.

34. Reckter B. Eine grose Gesundheitsgefahr. VDI nachrichten 8 april 2005. № 14 – S.11.
35. Гаврілов Є. Системологія на транспорті. У., Знання України, 2005. 350 с.
36. Бруннер Х., Ліерс Г., Макаров В.А., Сердюк Р.М. До необхідності зниження аварійності на автомобільних дорогах регіонів України. Матеріали XIII-ої Міжнародної науково-технічної інтернет конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 15-17 квітня 2025 року : збірник наукових праць [Електронний ресурс]. Вінниця: ВНТУ, 2025. С. 86-90.
37. Державний контроль є найдієвішим механізмом запобігання аварійності. Урядовий портал веб. сайт. URL : <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/yevgen-pronchenko-derzhavnij-kontrol-ye-pajdiyevis/> (дата звернення: 18.12.2025).



Додаток А
«Ілюстративна частина»



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

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА
до магістерської кваліфікаційної роботи

**ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДТРИМКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ
АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АВТОДІМ АТЛАНТ ДНІПРО» МІСТО ДНІПРО**

Розробив: студент гр. 2АТ-24м

Філіппов В.А.

Керівник: д.т.н., проф. кафедри АТМ

Макаров В.А.

Вінниця ВНТУ 2025

МЕТА ТА ЗАДАЧІ РОБОТИ

Мета роботи – визначення серед спектру можливих напрямів розвитку нових шляхів технічної експлуатації систем КТЗ, для зменшення рівня дорожньої аварійності (на прикладі інтелектуальних шин).

Задачі дослідження:

- аналіз функціонування ТОВ «Автодім Атлант Дніпро» місто Дніпро;
- розрахунок показників системи для виконання технічних впливів на СТО з урахуванням невизначеності подій;
- аналіз властивостей інтелектуальних рушіїв автомобіля, на які може впливати технічна служба СТО при технічній експлуатації КТЗ та формування алгоритму розвитку ТО і ПР шин;
- визначення характеристик ефективності загального дослідження, ролі автомобільної техніки на планеті та остаточної ефективності впливу технічної служби СТО на зниження аварійності на автодорогах.

Новизна дослідження полягає у формуванні інтегрованого підходу до забезпечення узгодженої дії сукупності технічних та організаційних аспектів у процесі здійснення технічних впливів службою СТО протягом усього життєвого циклу інтелектуальної шини.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТОВ "АВТОДІМ АТЛАНТ ДНІПРО"

Місце розміщення підприємства



Адміністративно-виробничий корпус



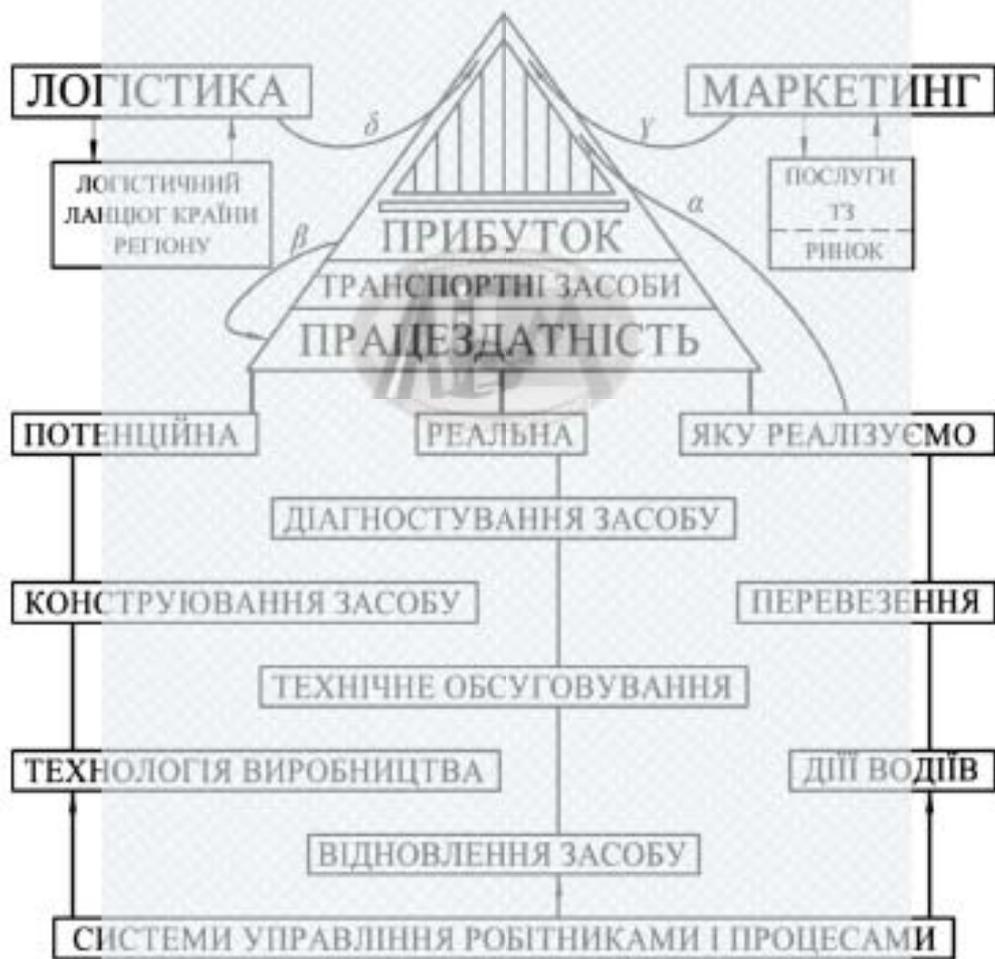
Пости технічного обслуговування та поточного ремонту



СТРУКТУРА СЕРВІСНИХ ДІЛЬНИЦЬ



СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРАЦЕЗДАТНІСТЮ АВТОМОБІЛІВ

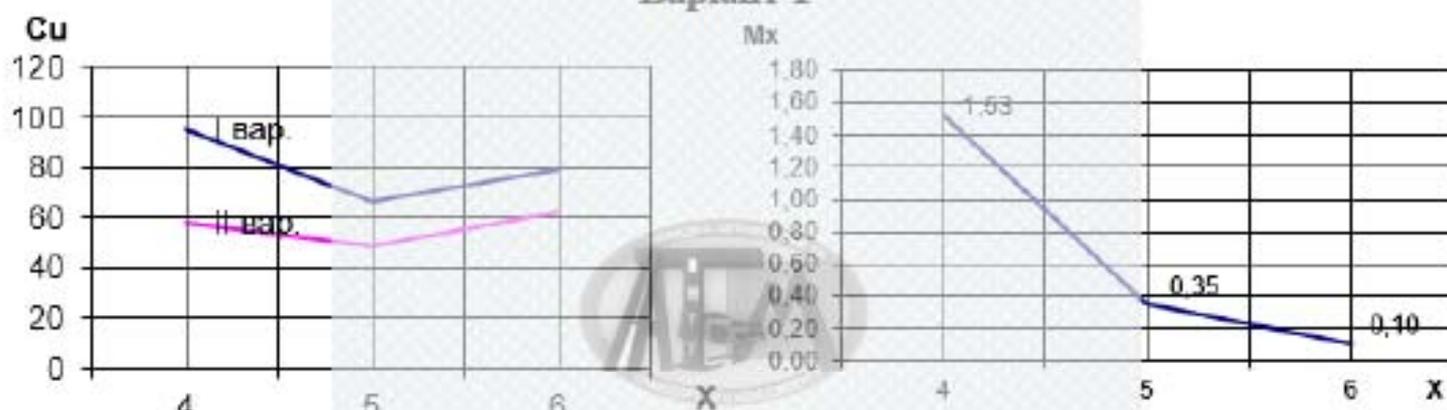


РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ЧИСЛА ПОСТІВ СТО ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМУМА СУМАРНИХ ВИТРАТ

Параметри	Числові значення											
Потік АТЗ на СТО, од./добу	20			25			20			10,5		
Число постів для аналізу, од.	4	5	6	5	6	7	3	4	5	6	7	8
Потік АТЗ на СТО, од./добу	20			25			20			10,5		
Імовірність зайнятості всіх постів	0,5	0,2	0,1	0,84	0,44	0,22	0,44	0,17	0,06	0,39	0,2	0,09
Середнє число вільних постів, од.	1	2	3	0,3	1,3	2,3	1	2	3	1,6	2,6	3,6
Коефіцієнт простоту постів	0,25	0,4	0,5	0,08	0,26	0,38	0,33	0,5	0,6	0,27	0,37	0,45
Оптимальне число постів, од.	5			6			4			7		
Черга АТЗ, од.	0,35			1,26			0,9/0,2			0,3		
Час зміни, год.	8			8			12			8		
Число виконавців на посту, осіб.	2			2			2			1		

ЗАЛЕЖНОСТІ СУМАРНИХ ВИТРАТ ТА ДОВЖИНИ ЧЕРГИ ВІД КІЛЬКОСТІ ПОСТІВ

Варіант 1

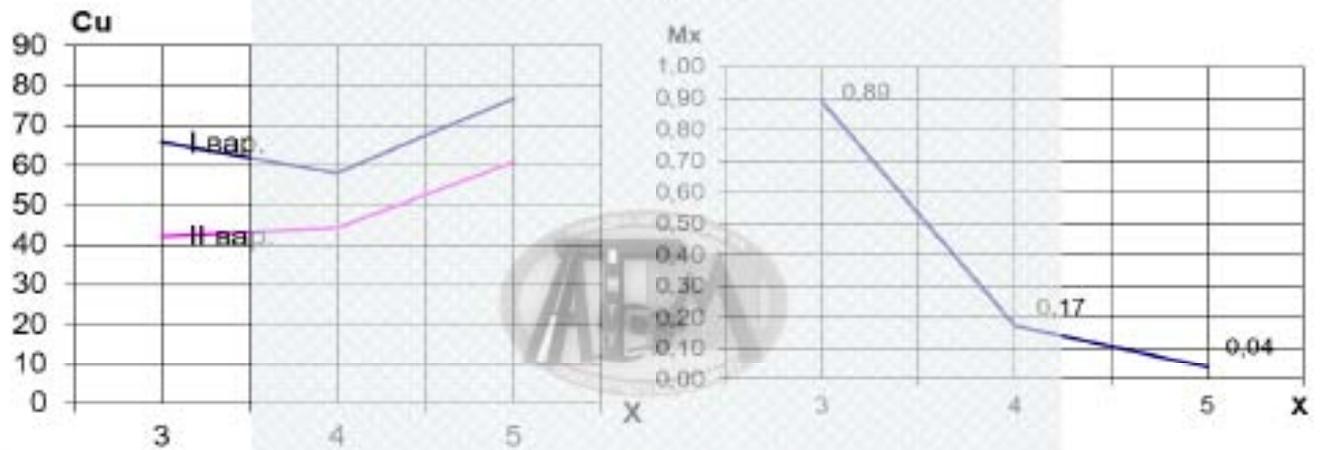


Варіант 2

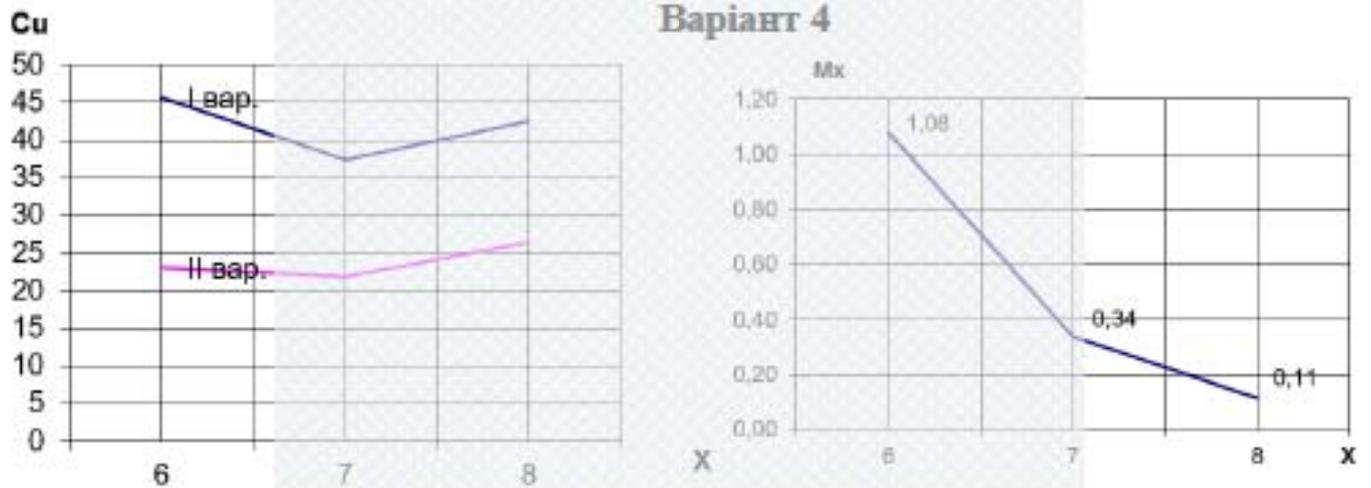


ЗАЛЕЖНОСТІ СУМАРНИХ ВИТРАТ ТА ДОВЖИНИ ЧЕРГИ ВІД КІЛЬКОСТІ ПОСТІВ

Варіант 3

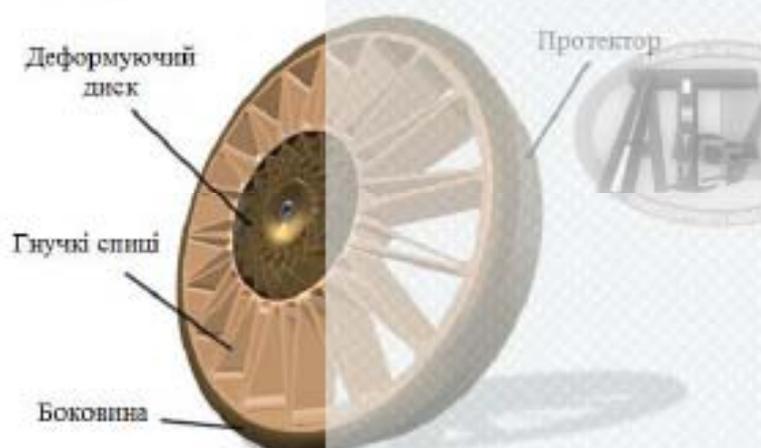
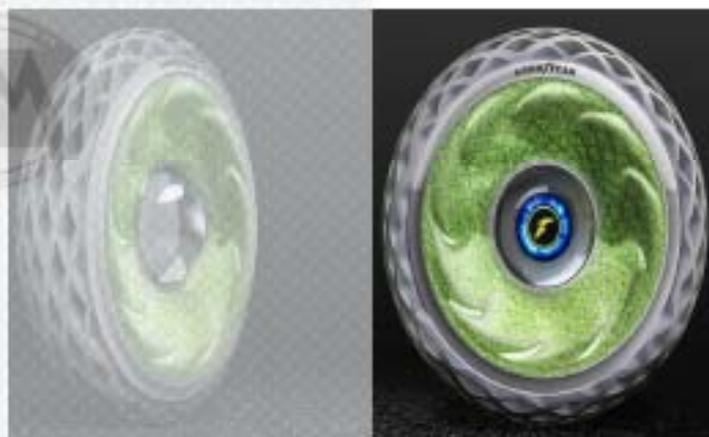


Варіант 4



РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ШИН

Зовнішній вигляд моделі колеса

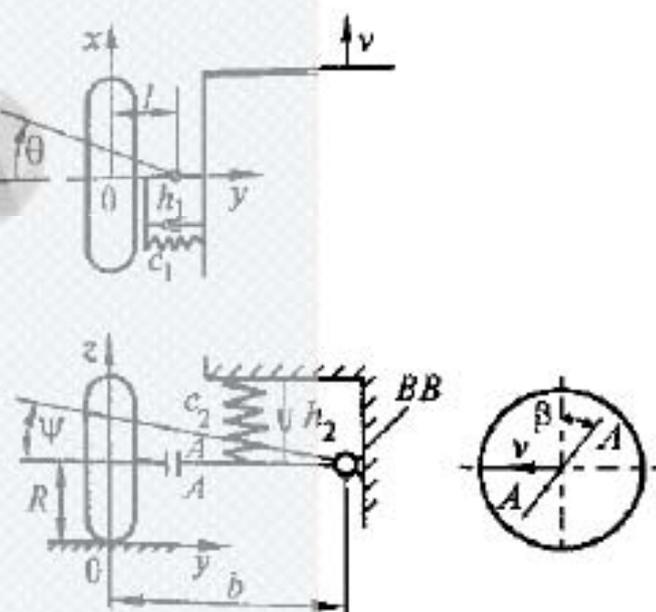
Зовнішній вигляд моделі колеса
Охугене, виготовленої на 3D-принтері

РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ШИН

Структурна схема інтелектуальної транспортної системи

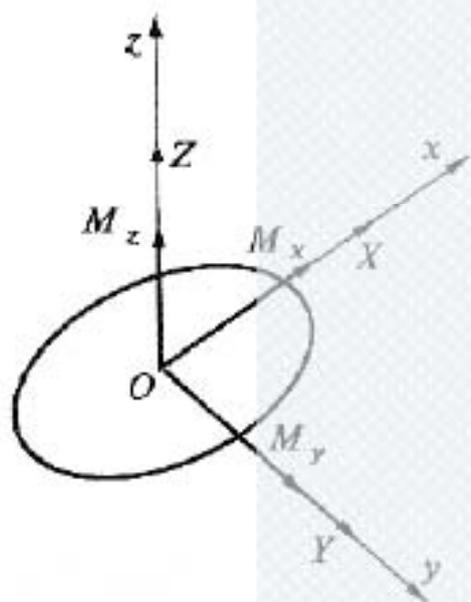


Схеми переміщення колеса

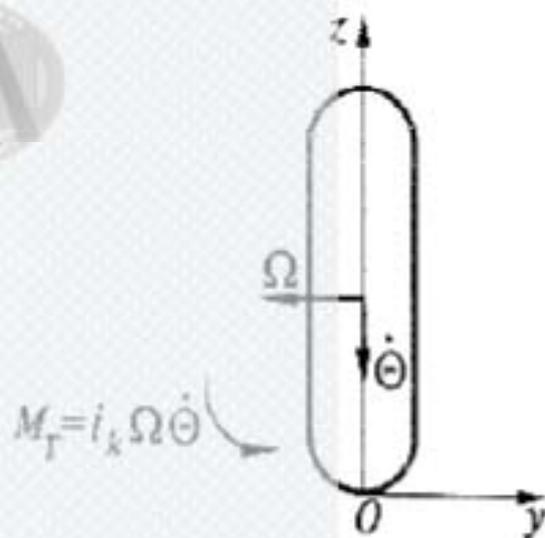


ДИНАМІКА КОЧЕННЯ КОЛЕСА

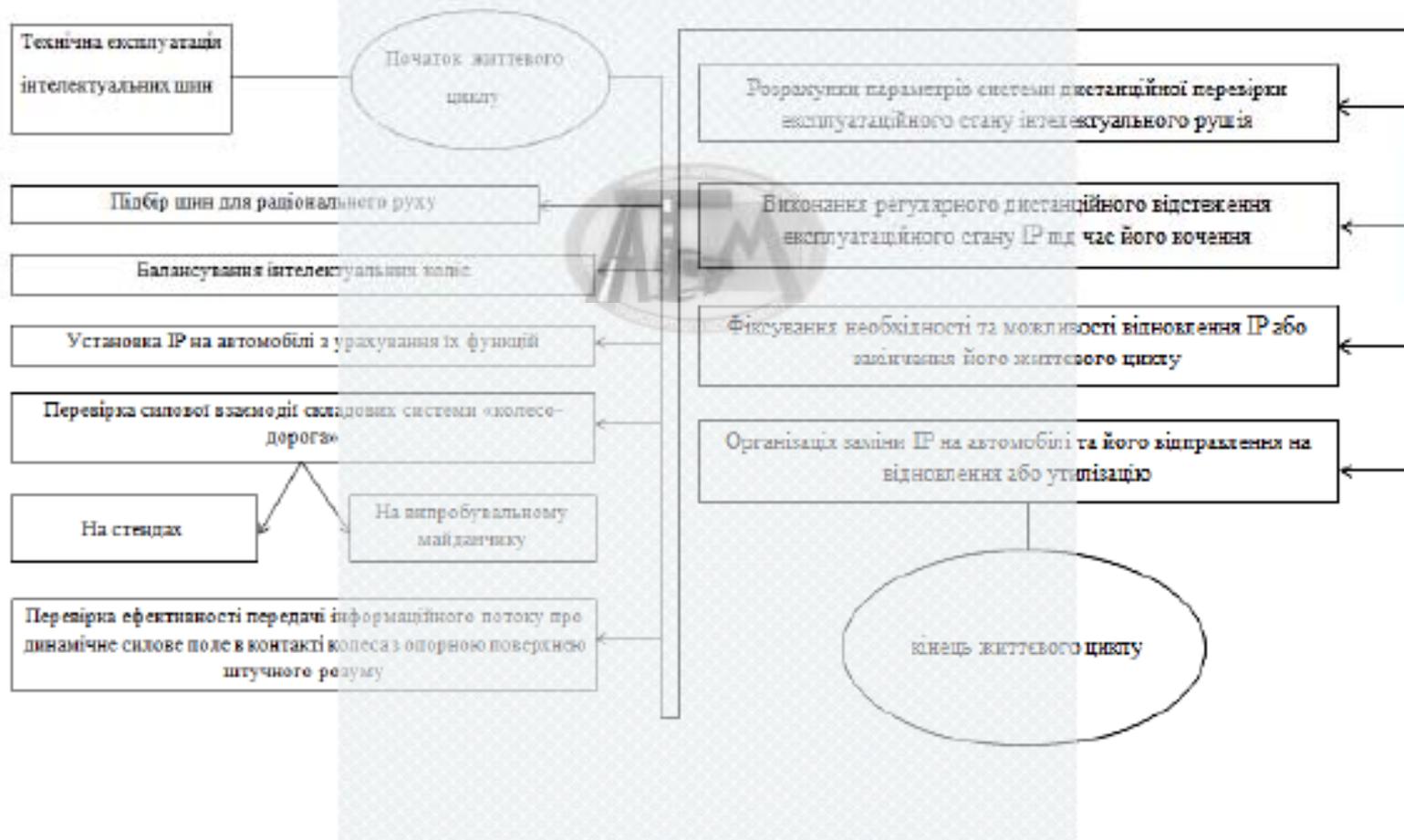
Моменти, що діють на колесо



Дія обертальної швидкості та гіроскопичного моменту



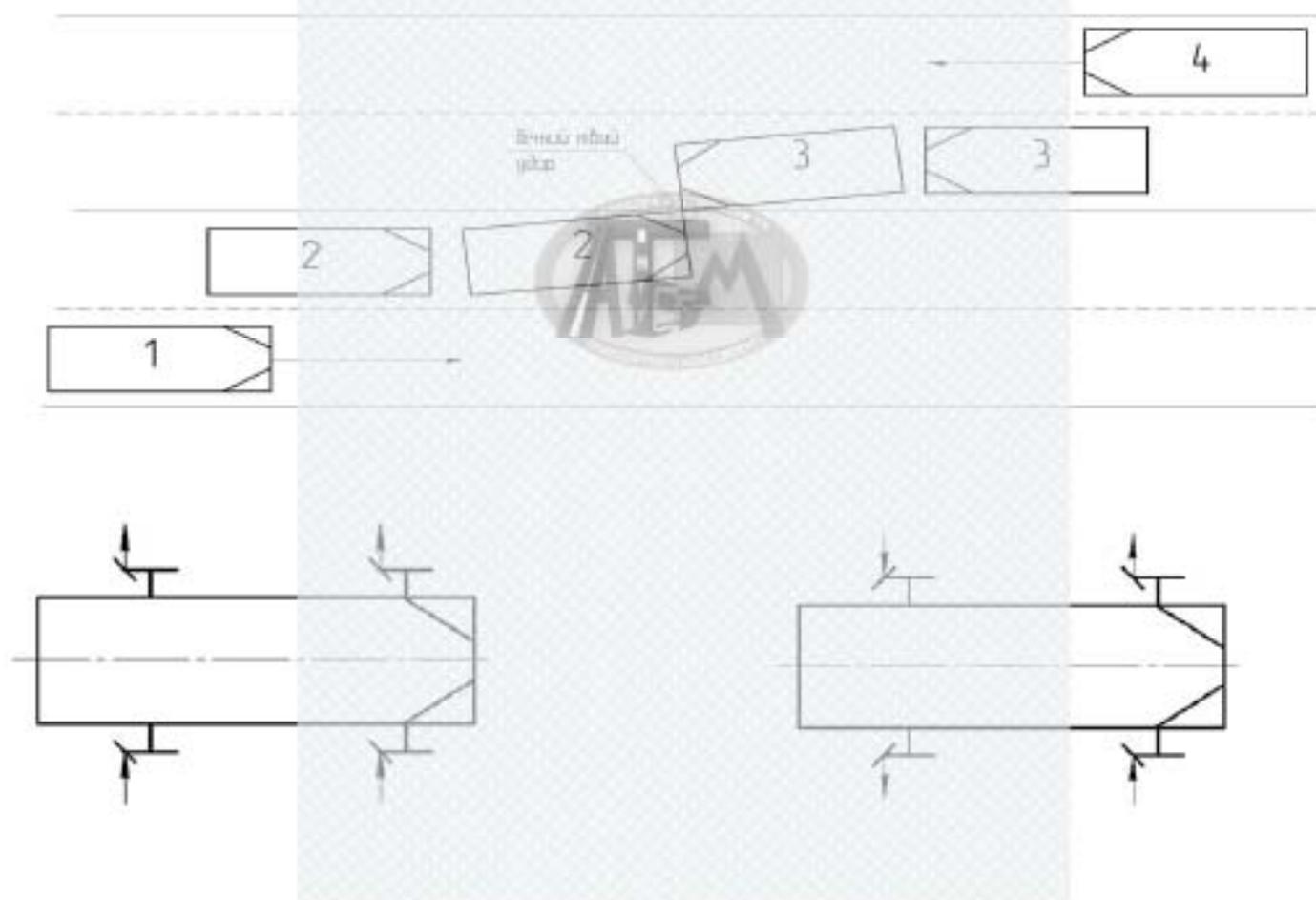
АЛГОРИТМ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ШИН



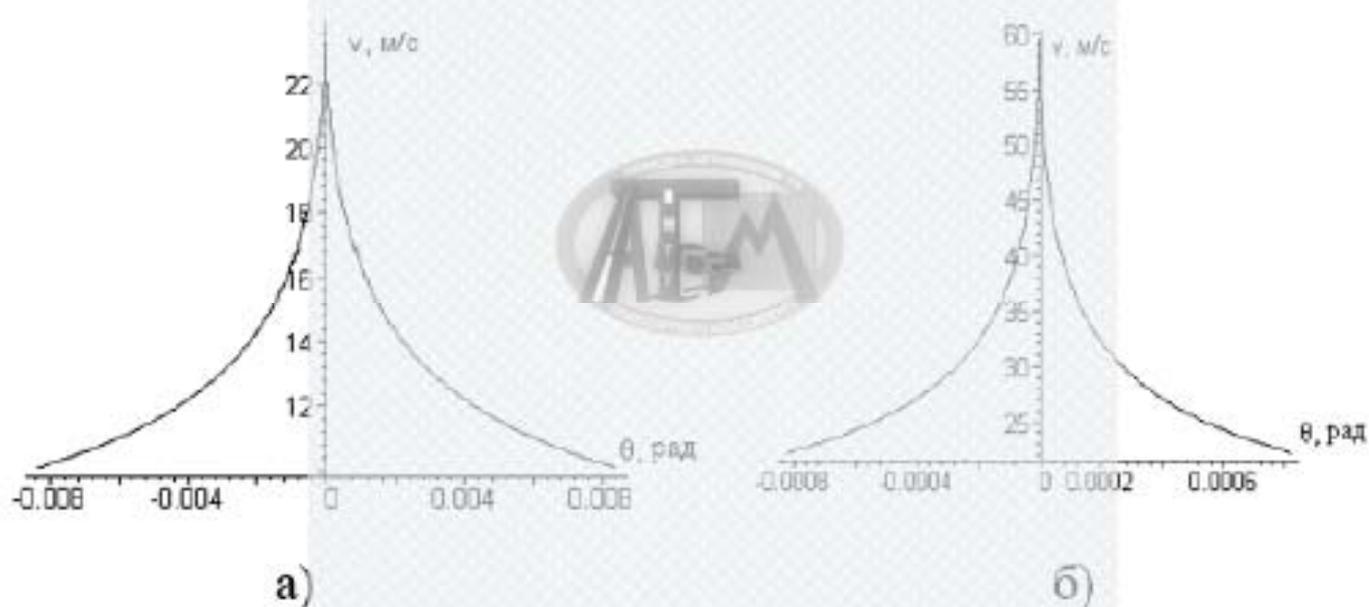
КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ШИН



ДІЇ БІЧНИХ СИЛ ПРИ РУСІ АВТОМОБІЛЯ



БІФУРКАЦІЙНІ МНОЖИНИ



Біфуркаційні множини при використанні пини, що не має "механізму" зміни бічної жорсткості (а) та пини, що має "механізм" зміни (б)

АНАЛІЗ ІНТЕНСИВНОСТІ ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА РІВЕНЬ АВАРІЙНОСТІ

Складові системи	Імовірність зниження P (A)		Значущість дії (місце)	Примітка
	за 1 рік	за 5 років		
Автозавод	0,01	0,02	1	Кожний рік випуску
Університет	0,005	0,006	2	Спеціалісти
ЦУП FSD	0,004	0,005	3	З 2023 року
Регіон	0,001	0,002	4	Патрульна поліція
Власник КТЗ	?	?	5	Різні можливості
ТС СТО	0,002	0,003	4	Технічні впливи
VUFO ФРН	0,007	0,009	2	Існує 24 роки

На першому місці за ефективністю зниження аварійності P(A) знаходиться складова системи - «автозавод».

Друге місце займають університет і VUFO. Це ТОВ вдало функціонує при ТУ Дрездена більше 20-ти років. Означені 3-ри фактори разом вагомо вплинули на зайняття Німеччиною ліпших у світі місць за показниками аварійності на автодорогах.

Третє місце центрального управління параметрами автомобільних систем (FSD) обґрунтовано тільки тим, що ЦУП функціонує в Дрездені лічені роки. Хоча важливість для сучасної держави названої системи вчені бачили вже десятки років.

1. ТОВ «Автодім Атлант Дніпро» має всі необхідні компоненти для управління технічним станом КТЗ: кваліфікованих спеціалістів, виробничі будинки і окремі приміщення, сучасне обладнання для проведення ТО і ПР, інші підрозділи для виконання різних функцій та послуг. СТО в змозі розвивати нові види технічних впливів, що можуть бути потрібні та обумовлені необхідністю зменшення аварійності під час руху КТЗ.
2. Здійснено технологічний розрахунок кількості постів СТО, з урахуванням мінливості господарських, військових та суспільних умов. Для середніх умов функціонування станції прийнято: чисельність штатних працівників – 10 осіб на постах; розрахункова кількість постів – 5 одиниць. Аналіз результатів дозволяє визнати наступне: коефіцієнт простою постів не більше 0,5, що технологічно припустиме для СТО.
3. Прогнозування курсової стійкості стаціонарних режимів руху автомобіля є важливою задачею, що обумовлена безпосереднім зв'язком КСР з безпекою переміщення КТЗ. Інтелектуальні шини мають сукупність корисних властивостей, по зрівнянню з теперішніми пневматичними автомобільними рушійми. Вони в змозі робити наступне: оцінювати зчеплення з дорогою, опір коченню, відведення, кути установки коліс тощо; змінювати технічний стан поверхні, що взаємодіє з дорогою щодо поліпшення безпеки руху КТЗ; виробляти кисень з атмосферного CO_2 ; генерувати електричну енергію, шляхом використання обертання та коливання коліс або нагрівання температури рушій; передавати бездротовою системою сигнал про параметри руху.
4. Проведено аналіз силової взаємодії при коченні еластичного колеса з дорогою. Знайдено умови для балансу сил, що дозволить здійснювати стійкий рух.
5. Для здійснення прогнозування необхідно вибрати достатню сукупність діагностичних параметрів, що дозволить з необхідними точністю й достовірністю встановлювати (оцінювати) технічний стан автомобіля.
6. Забезпечення КСР легкового автомобіля може бути ще надійнішим, якщо використати, запропонований в роботі метод визначення відведення шини під час руху автомобіля за колом.
7. Виконана структурна схема алгоритму щодо забезпечення ПС та СТО інформацією про діючу силову сукупність взаємодій «колесо - дорога» в ТПА.
8. Для виокремлення ефективності впливу технічної служби СТО на зниження рівня дорожньої аварійності сформована система автомобільної техніки за підтримки різних джерел інформації та опитування працівників станції обслуговування. Наведений приклад впливу означеного прогнозування на зниження річної імовірності ДТП $P(A) = 0,002$, Технічна служба СТО може зменшити число ДТП на 6 одиниць. 50 СТО Дніпропетровського регіону можуть зберегти життя або захистити від поранення біля 300 осіб за рік.

Додаток Б

«Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень»



ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на роботі: Збільшення ефективності підтримки привабливості мобільв в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Авто-лім-інг Дніпро» місто Дніпро

и роботи: магістерська кваліфікаційна робота
процедра: кафедра автомобільв та транспортного менеджменту

Коефіцієнт подібності текстових записочень, виявлених у роботі системою StrikePlagiatism (КНІ) 29,8 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

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

спертна комісія:

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

(підпис)

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

(підпис)

оба, відповідальна за перевірку

(підпис)

Цимбал С.В.
(прізвище, ініціали)

висновок експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

(підпис)

Макаров В.А., професор кафедри АТМ
(прізвище, ініціал, посада)

Здобувач

(підпис)

Філіпцов В.А.

(прізвище, ініціал)