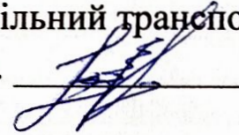


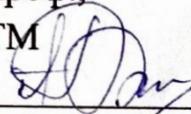
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення якості відновлювального ремонту кузовів автотранспортних засобів категорії М1 в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «Автородина» місто Вінниця»

Виконав: студент 2 курсу,
групи 2АТ-23м, спеціальності
274 – Автомобільний транспорт
Никончук О.В. 

Керівник: д.т.н., проф.,
професор каф. АТМ
Кашканов А.А. 
« 06 » 12 2024 р.

Рецензент: д.т.н., проф.,
зав. кафедри ТАМ
Козлов Л.Г. 
« 16 » 12 2024 р.

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

« 16 » 12 2024 р. 

Вінниця ВНТУ – 2024 року

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

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

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

« 18 » 09 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Никончуку Олександру Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення якості відновлювального ремонту кузовів
автотранспортних засобів категорії М1 в умовах станції технічного обслуговування
автомобілів «Автородина» місто Вінниця,

керівник роботи Кашканов Андрій Альбертович, д.т.н., професор,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання здобувачем роботи: 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації
автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні
умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі
безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура
автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі
АТЗ – автомобілі, які обслуговує СТО; об'єкт дослідження – процес зміни параметрів
несучого кузова автомобілів категорії М1 та його вплив на безпеку руху; похибка
прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст текстової частини:

1 Обґрунтування розробок з підвищення якості відновлювального ремонту кузовів
автотранспортних засобів категорії М1.

2 Дослідження впливу зміни параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 на безпеку
руху.

3 Методика визначення показників контролю зміни параметрів несучого кузова автомобілів
категорії М1 в процесі експлуатації.

4 Визначення ефективності запропонованих рішень.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1,2 Тема, мета та завдання дослідження.

3,4 Статистика дорожньо-транспортних пригод в Україні

5 Фактори що впливають на зміну параметрів несучого кузова та активну безпеку автомобіля категорії М1.

6 Загальна характеристика діяльності базового підприємства.

7 Критерії для оцінки впливу зміни геометричних параметрів несучого кузова легкового автомобіля на показники керованості, стійкості і маневреності.

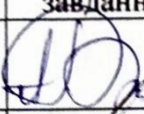
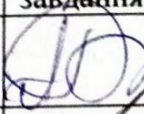
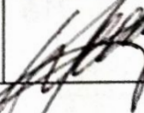
8,9 Теоретичні підходи щодо оцінювання впливу зміни параметрів несучої системи легкового автомобіля на безпеку руху.

10,11 Результати експериментальних досліджень та перевірки адекватності розроблених математичних моделей.

12,13 Результати практичної реалізації запропонованих рішень.

14 Загальні висновки в МКР.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кашканов А.А., професор кафедри АТМ	 18.09.24	 18.09.24
Визначення ефективності запропонованих рішень	Цимбал С.В., завідувач кафедри АТМ	 18.11	 01.12

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	вик
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	вик
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	вик
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	вик
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	вик
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	18.11-01.12.2024	вик
7	Нормоконтроль МКР	02.12-06.12.2024	вик
8	Попередній захист МКР	09.12-11.12.2024	вик
9	Рецензування МКР	12.12-16.12.2024	вик
10	Захист МКР	17.12-20.12.2024	вик

Здобувач

(підпис)

Никончук О.В.

Керівник роботи

(підпис)

Кашканов А.А.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.016

Никончук О.В. Підвищення якості відновлювального ремонту кузовів автотранспортних засобів категорії М1 в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «Автородина» місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – автомобільний транспорт, освітня програма – автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2024. 97 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 45 назв; рис.: 27; табл.: 8.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено заходи з підвищення якості відновлювального ремонту кузовів автотранспортних засобів категорії М1 в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «Автородина» місто Вінниця. Зокрема на основі аналізу стану безпеки руху на автомобільному транспорті України, чинників, що визначають технічний стан кузовів легкових автомобілів та впливають на безпеку руху та аспектів діяльності станції обґрунтовано розробки з дослідження впливу зміни параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 на безпеку руху та розроблено методику визначення показників контролю зміни параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 в процесі експлуатації, її економічну ефективність.

Графічна частина складається з 14 плакатів із результатами досліджень.

Ключові слова: автотранспортний засіб, безпека руху, відновлювальний ремонт кузова, ефективність експлуатації.

ABSTRACT

UDC 629.016

Nikonchuk O.V. Improving the quality of restorative repair of motor vehicle bodies of category M1 in the conditions of the car service station “Avtorodina” in Vinnytsia. Master's qualification thesis on specialty 274 - road transport, educational program - road transport. Vinnytsia: VNTU, 2024. 97 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 45 titles; Fig.: 27; tab.: 8.

In the master's qualification work, measures were developed to improve the quality of restorative repair of motor vehicle bodies of category M1 in the conditions of the car service station “Avtorodina” in Vinnytsia. In particular, based on the analysis of the state of traffic safety in the road transport of Ukraine, the factors that determine the technical condition of car bodies and affect traffic safety and aspects of the station's activities, the developments on the study of the impact of changes in the parameters of the bearing body of category M1 vehicles on traffic safety are substantiated and a methodology for determining the indicators of controlling changes in the parameters of the bearing body of category M1 vehicles during operation, its economic efficiency is developed.

The graphic part consists of 14 posters with research results.

Keywords: vehicle, traffic safety, body refinishing, operational efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК З ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО РЕМОНТУ КУЗОВІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ М1	7
1.1 Безпека руху на автомобільному транспорті України	7
1.2 Аналіз чинників, що визначають технічний стан кузовів легкових автомобілів та впливають на безпеку руху	11
1.3 Загальна характеристика діяльності станції технічного обслуговування автомобілів «Автородина» місто Вінниця	17
1.4 Висновки та постановка завдань дослідження	21
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ НЕСУЧОГО КУЗОВА АВТОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЇ М1 НА БЕЗПЕКУ РУХУ	22
2.1 Вибір критеріїв для оцінки впливу зміни геометричних параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 на показники керованості, стійкості і маневреності	22
2.2 Визначення геометричних параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1, що впливають на поворотність і стійкість	24
2.3 Оцінка впливу кутових зміщень осей на поворотність автомобіля категорії М1	30
2.4 Оцінка впливу кутових зміщень осей автомобіля категорії М1 на лінійне відхилення від заданої смуги руху	39
2.5 Експериментальні дослідження та перевірка адекватності розроблених математичних моделей	41
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КОНТРОЛЮ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ НЕСУЧОГО КУЗОВА АВТОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЇ М1 В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	59
3.1 Визначення граничних відхилень базових точок	59

3.2 Визначення періодичності контролю технічного стану несучої системи автомобілів категорії М1	68
3.3 Практичні рекомендації за результатами виконаних досліджень....	70
3.4 Розрахунок рівня комерціалізації розробок	73
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77
ДОДАТОК А (обов'язковий). Ілюстративна частина	82
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Протокол перевірки на плагіат	96



ВСТУП

Актуальність теми. Дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) є причиною загибелі 1,3 мільйона людей та травмування близько 50 мільйонів людей у світі, спричиняють значні економічні збитки країнам, що становлять 3-5% валового внутрішнього продукту. Вирішення проблем аварійності на транспорті є актуальним комплексом завдань, успішне розв'язання яких залежить від точності виявлення причинно-наслідкових зв'язків та об'єктивності методів аналізу ДТП.

Активна безпека, будучи однією з головних складових експлуатаційних властивостей автомобіля, істотно залежить від його керованості та стійкості.

Великий вплив на керованість і стійкість надають конструктивні особливості та технічний стан рульового керування, гальмівної системи і підвіски. Уже виконані дослідження показують, що зміну технічного стану та жорсткості несучої системи в процесі експлуатації легкового автомобіля також слід віднести до факторів, які впливають на показники керованості і стійкості.

В зв'язку з цим, актуальним є дослідження впливу зміни геометричних параметрів несучої системи легкового автомобіля на показники керованості і стійкості, обґрунтування граничних відхилень і визначення періодичності контролю геометричних параметрів основи несучого кузова в процесі експлуатації автомобілів категорії М1.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась з урахуванням розпорядження Кабінету Міністрів України (КМУ) від 21 жовтня 2020 р. № 1360-р «Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року»; постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні» від 30 квітня 2024 р. № 476. Дослідження з теми кваліфікаційної роботи

належать до основних наукових напрямків кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного технічного університету та виконувались відповідно плану науково-дослідних робіт ВНТУ на 2023-2025 рр.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення якості відновлювального ремонту кузовів автотransпортних засобів категорії М1 в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «Автородина» місто Вінниця».

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- обґрунтувати розробки з підвищення якості відновлювального ремонту кузовів автотransпортних засобів категорії М1;
- дослідити вплив зміни параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 на безпеку руху;
- розробити методику визначення показників контролю зміни параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 в процесі експлуатації.

Об'єкт дослідження – процес зміни параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 та його вплив на безпеку руху.

Предмет дослідження – показники якості відновлювального ремонту кузовів автомобілів категорії М1.

Методи досліджень. При виконанні роботи були використані теоретичні та експериментальні методи досліджень: системний підхід, математичне моделювання, теорія математичної статистики та ймовірності, натурні випробування, цифрова обробка результатів вимірювань.

Наукова новизна одержаних результатів.

Отримали подальший розвиток теоретичні підходи та методи оцінки експлуатаційних властивостей автомобілів категорії М1, які впливають на безпеку руху.

Практична значимість отриманих результатів.

На підставі отриманих наукових результатів запропоновано систему

заходів спрямованих на зниження рівня аварійності в країні. Отримані наукові результати можуть бути використані при обґрунтуванні заходів щодо забезпечення безпеки експлуатації транспортних засобів категорії М1 та упровадженні при проведенні технічного контролю з урахуванням умов експлуатації.

Достовірність теоретичних положень кваліфікаційної роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням математичних методів під час доведення наукових положень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, порівнянням результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів, з відомими, та збіжністю результатів математичного моделювання з результатами, що отримані під час провадження експериментів.

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідались та обговорювались на міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», 15.10.2024 - 14.06.2025, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна;

Публікації. Основні положення та результати досліджень за участі автора опубліковані в одній роботі [1].

РОЗДІЛ 1.

ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК З ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО РЕМОНТУ КУЗОВІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ М1

1.1 Безпека руху на автомобільному транспорті України

Проблема безпеки дорожнього руху (БДР) властива більшості країн світу. Транспортна галузь України активно розвивається, вулично-дорожня мережа (ВДМ) країни насичується транспортними засобами (ТЗ), що спричиняє ускладнення умов руху та високий рівень аварійності на транспорті (рис. 1.1). За результатами 2024 року в Україні трапилось близько 25,8 тисяч дорожньо-транспортних пригод (ДТП) з загиблими та/або травмованими, при цьому найпоширенішими ДТП були зіткнення транспортних засобів (43%), наїзд на пішохода (24%) та наїзд на перешкоду (13%) [1-3]. За добу в ДТП в середньому отримує травми 88 людей та гине щонайменше 8-9 людей. Порівняння даних останнього звіту Європейської асоціації виробників автомобілів (АСЕА) [4] та статистики департаменту патрульної поліції України [3] показує, що рівень смертності в результаті ДТП в нашій країні приблизно у два рази більший ніж середній показник країн Євросоюзу (ЄС) при рівні автомобілізації населення меншому у 2,6 рази [5-7]. Отже, для України надзвичайно актуальною проблемою є розв'язання цілого комплексу завдань з підвищення БДР [1, 4-6].

Аналіз причинно-наслідкових зв'язків механізму ДТП дозволяє виділити три групи причин виникнення аварійних ситуацій:

- 1 група – недотримання учасниками руху діючих ПДР та помилки водіїв в управлінні ТЗ;
- 2 група – порушення правил експлуатації транспортних засобів (ТЗ) та їх несправність;

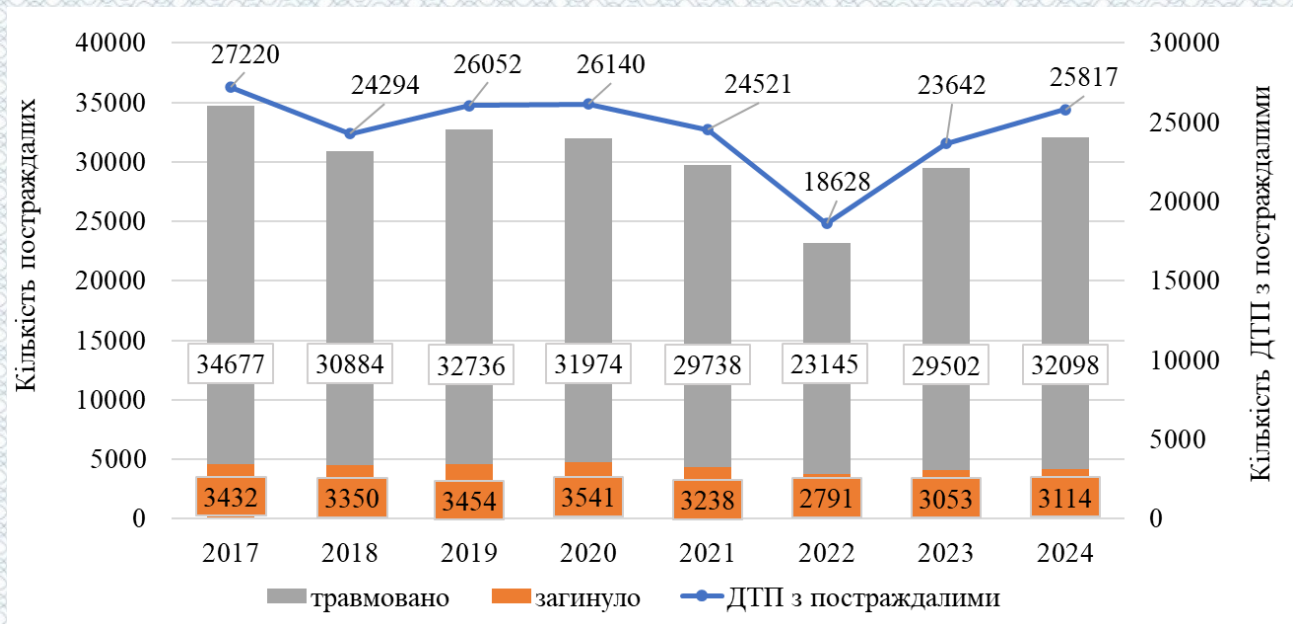


Рисунок 1.1 – Рівень аварійності і травматизму на дорогах України

3 група – поганий стан дорожнього покриття і незадовільна організація дорожнього руху.

Перелік основних порушень 1-ї групи подано на рис. 1.2.

В процесі експлуатації ТЗ відбувається їх старіння, яке супроводжується виникненням відмов і несправностей. Аналіз виникнення аварійних ситуацій через відмови та несправності ТЗ (табл. 1.1) показує, що близько 90% ДТП спостерігається в елементах які забезпечують можливість руху ТЗ в різних дорожніх умовах. Правила дорожнього руху України забороняють експлуатацію ТЗ з несправностями, які впливають на безпеку руху, а саме таких елементів як: гальмівна система, рульове керування, зовнішні світлові прилади, склоочисники та склоомивачі вітрового скла, колеса, шини, двигун та інші елементи конструкції.

Серед основних зафіксованих причин незадовільного стану автомобільних доріг під час виникнення аварійних ситуацій можна виділити такі:

- наявність на покритті ямок та руйнувань (42 %);
- слизьке покриття (16%);

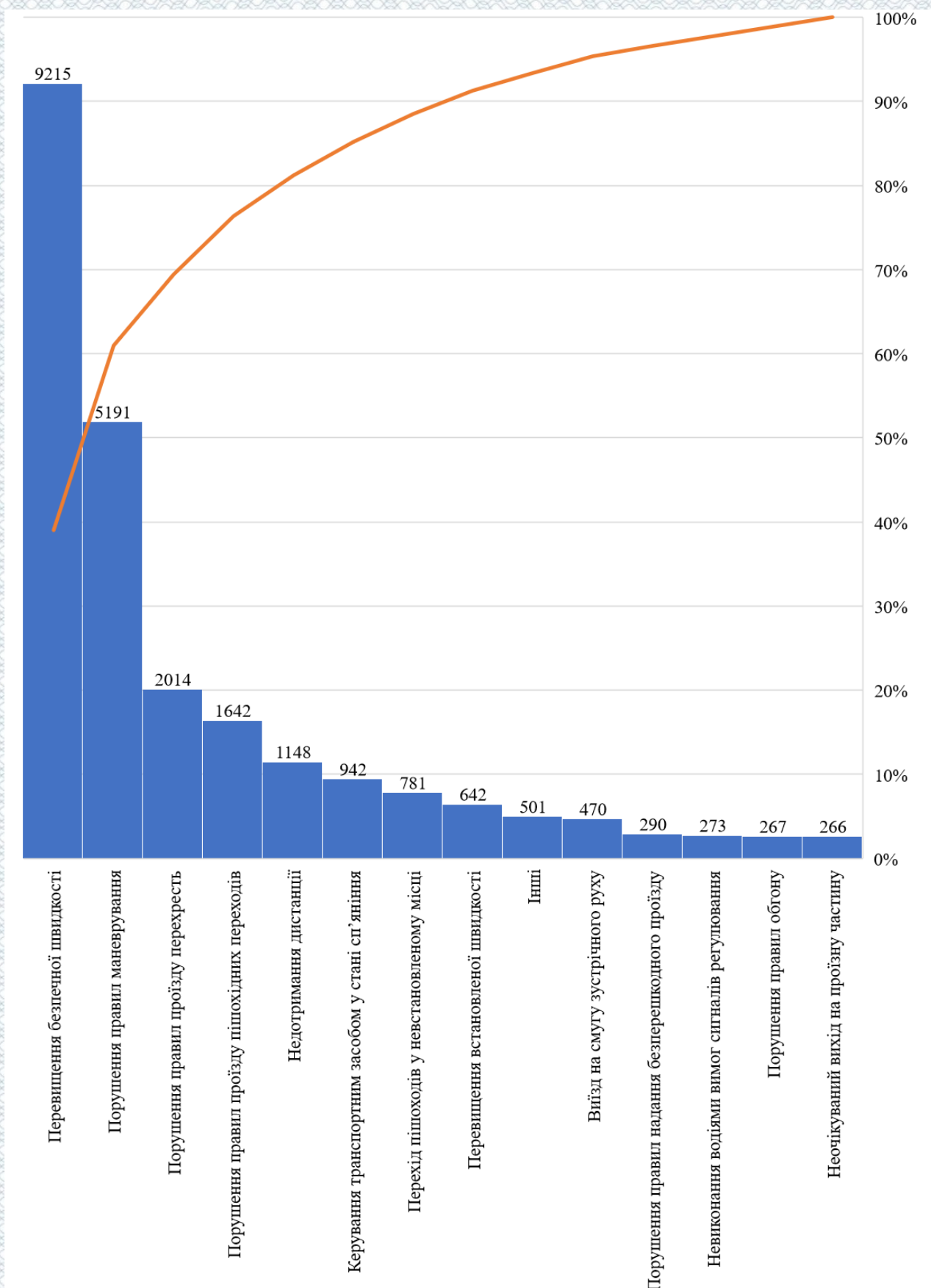


Рисунок 1.2 – Причини аварійності 1-ї групи

- нерівне покриття (11 %);
- ожеледиця (10 %);
- наявність перешкод на проїзній частині (8 %);
- незадовільний стан узбіччя (3 %);
- відсутність дорожніх знаків (2 %);
- ніч, штучне освітлення відсутнє (1 %);
- невідповідність транспортного огороження нормативним вимогам (1 %);
- наявність дерев, рекламоносіїв, розміщених з порушенням чинних норм (1 %).

Таблиця 1.1 – Розподіл ДТП за технічними несправностями елементів ТЗ [8]

Несправність	Кількість ДТП, %
Гальмівна система	31.8
Рульове керування	13.6
Шини	14.3
Прилади освітлення і сигналізації	20.2
Інші	20.1

Серед видів ДТП з постраждалими, скоєних за умов незадовільного стану автомобільних доріг, переважають «Наїзд на перешкоду» (49 %), «Зіткнення» (28 %), «Перекидання» (15 %), «Наїзд на пішохода» (3 %), «Наїзд на ТЗ, що стоїть» (3 %), «Падіння вантажів» (2 %) та «Наїзд на велосипедиста» (0,4 %) [9, 10].

Оскільки основним чинником виникнення більшості ДТП є причини 1-ї групи, тому доцільно більш докладно розглянути роль людини взагалі та місце водія в системі водій-автомобіль-дорога-середовище зокрема з погляду його професійної діяльності. Це дасть можливість визначити основні шляхи зниження аварійності на автомобільному транспорті України в сучасних умовах.

1.2 Аналіз чинників, що визначають технічний стан кузовів легкових автомобілів та впливають на безпеку руху

Несправності кузовів та їх незадовільний технічний стан формують другу групу причин ДТП, пов'язану з порушенням правил експлуатації ТЗ та їх несправністю. Старіння автомобіля супроводжується порушенням його працездатності – виникненням відмов і несправностей. Несучий кузов легкового автомобіля є його базовим елементом. Він призначений для розміщення двигуна, агрегатів, механізмів, систем та з'єднання в єдине ціле всіх елементів ходової частини; забезпечує захист пасажирів, вантажів від вібрацій, надійну шумо-, пило-, газо-, тепло- і гідроізоляцію, можливість установки додаткового обладнання на автомобіль та автоматичних систем керування рухом. Від технічного стану несучого кузова, який є складною просторовою конструкцією, буде залежати як технічний стан автомобіля в цілому, так і безпека водія і пасажирів. Конструкція, форма, технологія виробництва несучого кузова легкового автомобіля істотно впливає на його експлуатаційні властивості.

Технічний стан несучого кузова легкового автомобіля, як і будь-якої іншої системи, змінюється в процесі експлуатації. Основним показником зміни технічного стану є наявність або відсутність конкретних дефектів. Усі дефекти несучого кузова легкового автомобіля можна згрупувати за такими ознаками: корозійні пошкодження; механічні пошкодження (вм'ятини, розриви, тріщини); порушення геометричних параметрів (перекоси кузова); порушення лакофарбового покриття (подряпини, потертості). До чинників, які впливають на зміну технічного стану несучого кузова автомобіля, можна віднести: майстерність водіння; кліматичні умови; конструктивні особливості; дорожні умови; інтенсивність експлуатації; швидкість руху; якість застосовуваних матеріалів; якість ТО і ремонту; якість складання. До причин виникнення дефектів несучої системи можна віднести: корозію; коливання; навантаження; старіння; пошкодження.

Швидкість старіння металів і сплавів дуже мала, і практично вплив старіння на технічний стан несучої системи легкового автомобіля не враховується [13, 14], оскільки елементи несучої системи руйнуються значно швидше під дією корозії та коливань.

Пошкодження несучої системи легкового автомобіля відбувається в результаті зіткнень. Основними видами зіткнень є: наїзд на нерухому перешкоду, зіткнення з іншим дорожнім транспортним засобом, перекидання [4].

Пошкодження, отримані в результаті зіткнення, приводять до появи різних перекосів несучої системи. Вони проявляються в порушенні геометричних параметрів отворів, лонжеронів, каркаса салону. Розрізняють п'ять видів перекосів:

- перекоіс прорізів: порушення геометричних параметрів вітрового і заднього вікон, дверей, капота, багажника;
- перекоіс несучої системи малої складності: пошкодження з порушенням геометричних параметрів прорізів капота або багажника понад допустимі розміри без порушення геометрії основи несучої системи, дверних і віконних прорізів, за виключенням зазорів дверей з передніми або задніми крилами;
- перекоіс несучої системи середньої складності: одночасне порушення геометричних параметрів прорізів капота і багажника або пошкодження несучої системи з порушенням геометричних параметрів передніх або задніх лонжеронів понад допустимі розміри без порушення геометрії каркаса салону;
- перекоіс несучої системи підвищеної складності: одночасне порушення геометричних параметрів передніх і задніх лонжеронів або пошкодження несучої системи з порушенням геометричних параметрів передніх і задніх лонжеронів, а також каркаса салону понад допустимі розміри;
- перекоіс несучої системи особливої складності: пошкодження з порушенням геометричних параметрів передніх і задніх лонжеронів і каркаса салону понад допустимі розміри.

Також зміна геометричних параметрів несучої системи може бути наслідком значних перевантажень, що носять ударний характер і перевищують всі встановлені межі в кілька разів. Такі перевантаження, як правило, виникають при експлуатації автомобіля з неправильною роботою системи підвіски, з несправними амортизаторами, при недбалому водінні автомобіля, особливо по дорогах з поганим покриттям. В результаті утворення перекосів несучої системи порушується взаємне розташування вузлів і агрегатів автомобіля, паралельність розташування осей, змінюються кути установки коліс. Враховуючи кількість легкових автомобілів, вік яких перевищує 6 років, можна з упевненістю сказати, що на дорогах України експлуатується велика кількість автомобілів в несправному технічному стані, зокрема, з порушенням геометричних параметрів несучої системи.

Незважаючи на велику різноманітність типів і конструкцій, можна виділити три основні групи елементів, загальні для всіх несучих систем: несучі елементи (з елементами силового каркаса), елементи обшивки і оперення, допоміжні. Аналіз літературних джерел [13, 14] виявив класифікацію несучих систем легкових автомобілів за технічними даними. Найбільш значущою характеристикою несучої системи є її жорсткість. Під жорсткістю мається на увазі здатність несучої системи автомобіля протидіяти діючим на неї робочим навантаженням. При проектуванні несучої системи автомобіля конструктори враховують три види жорсткості: жорсткість на кручення (найбільш відповідальна з точки зору безпеки), поздовжню і поперечну жорсткість. Поздовжня і поперечна жорсткість несучої системи (жорсткість на згин) автомобіля характеризує її здатність чинити опір статичним і динамічним навантаженням, симетричним щодо поздовжньої і поперечної вертикальної площини (Н/мм). Жорсткість на кручення (крутильна жорсткість) є відношенням крутного моменту до отриманого куту закручування несучої системи на довжині бази автомобіля (Н·м/градус).

Умовно всі експлуатаційні властивості можна розділити на дві групи – пов'язані і не пов'язані з рухом автомобіля. Найбільшу цікавість представляють властивості, пов'язані з рухом, так як вони впливають на активну безпеку. Крім того, вплив зміни технічного стану на міцність і довговічність було розглянуто в попередньому розділі, де вказувалося, що в результаті корозійних процесів і різного роду коливань міцність, жорсткість і довговічність несучої системи знижується. Це, в свою чергу, призводить до деформацій елементів несучої системи, порушень її геометричних параметрів, порушення взаємного розташування вузлів і агрегатів, кутів установки коліс. Тому доцільно буде розглянути вплив зниження жорсткості несучої системи, порушення взаємного розташування вузлів і агрегатів, а також кутів установки коліс на експлуатаційні властивості легкового автомобіля, пов'язані з рухом.

Аналіз нормативної документації [15, 16] показав, що несуча система не підлягає контролю ні в процесі експлуатації, ні в процесі сертифікації. Контроль несучої системи передбачений тільки після відновлювальних робіт, відповідно до документа [17]. Існуючі методи контролю технічного стану кузовів легкових автомобілів подано у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Методи контролю технічного стану кузовів легкових автомобілів

Методи контролю	Особливості
1	2
1. Візуального огляду	Візуальний огляд місць корозійних руйнувань та деформацій кузова
2. Ваговий	Визначення ваги металу, втраченої в результаті корозійних руйнувань

Продовження табл. 1.2

1	2
3. Визначення глибини осередків руйнування	Передбачає використання різних індикаторів, мікроскопів, магнітних вимірювачів
4. Дослідження властивостей продуктів корозії	Лабораторний метод що передбачає використання спеціального обладнання
5. Визначення товщини поперечного перерізу деталей кузова	Розміри перерізів визначають за зразками, що вирізаються з конструкції, гамма-товщиноміром
6. Металографічне дослідження структури матеріалу	Лабораторний метод що передбачає використання спеціального обладнання
7. Дослідження відносних коливань кузова	Оцінюється жорсткість кузова на основі експлуатаційних або стендових випробувань з використанням тензодатчиків або віброакустичної апаратури
8. Визначення зміни механічних властивостей деталей кузова	Лабораторний метод що передбачає використання спеціального обладнання
9. Визначення геометричних параметрів кузова	Порівняння фактичних координат місцезоташування контрольних базових точок кузова з рекомендованими виробником

Зміна жорсткості несучої системи в процесі експлуатації веде до порушення кутів встановлення коліс і взаємного розташування осей легкового автомобіля. В роботах [19-21] встановлено, що зміна жорсткості несучої системи сама по собі позначається на показниках стійкості, керованості і маневреності легкового автомобіля. На рисунку 1.3 подано взаємозв'язок технічного стану несучого кузова з порушенням його геометричних параметрів та експлуатаційними властивостями автомобіля, які впливають на безпеку руху.

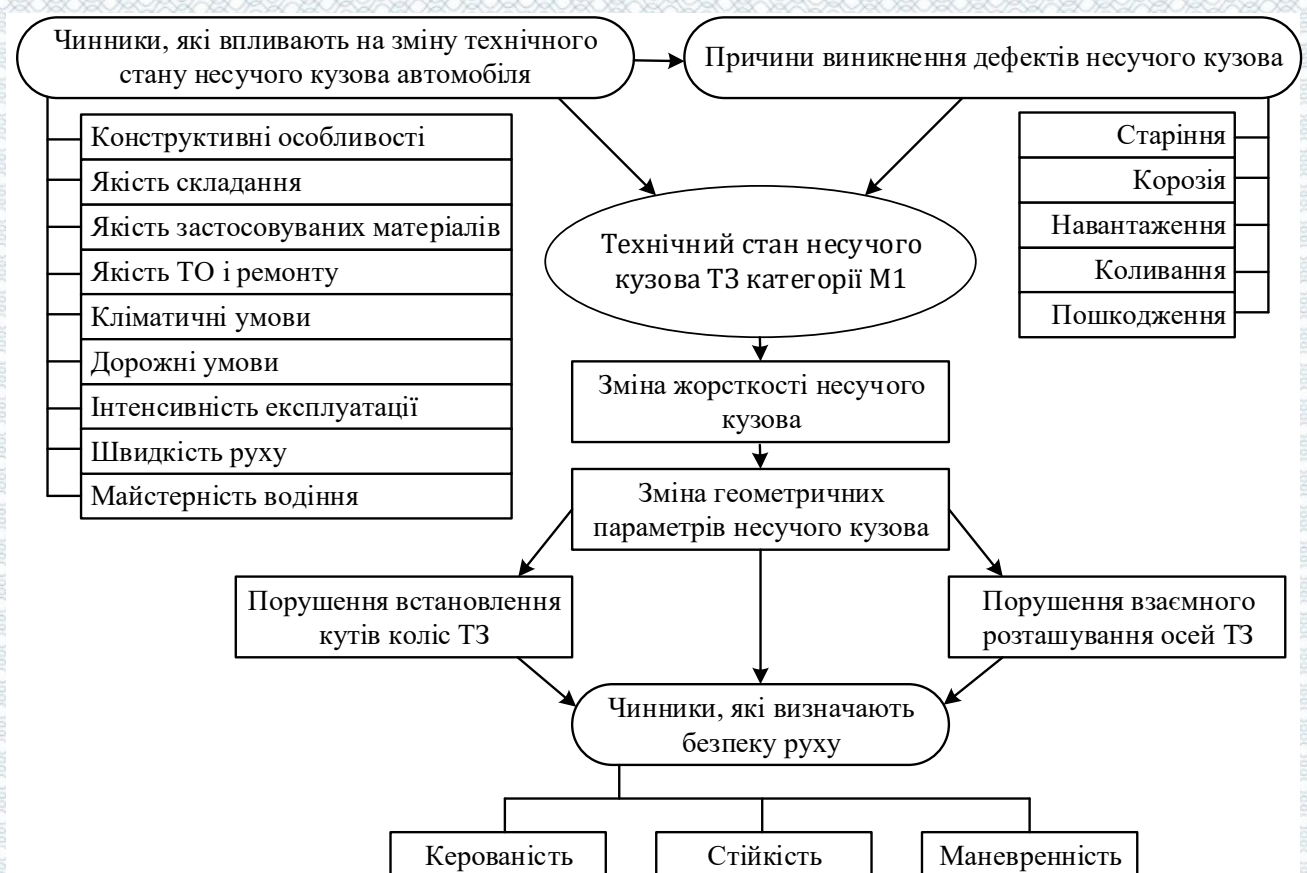


Рисунок 1.3 – Взаємозв'язок технічного стану несучого кузова з експлуатаційними властивостями автомобіля, які впливають на безпеку руху

Таким чином, питання впливу зміни геометричних параметрів несучого кузова ТЗ категорії М1 на показники керованості, стійкості і маневреності вимагають більш детального вивчення.

1.3 Загальна характеристика діяльності станції технічного обслуговування автомобілів «Автородина» місто Вінниця

Станція технічного обслуговування (СТО) автомобілів «Автородина» це автосервісне підприємство, яке знаходиться за адресою: м. Вінниця, Немирівське шосе, 32.

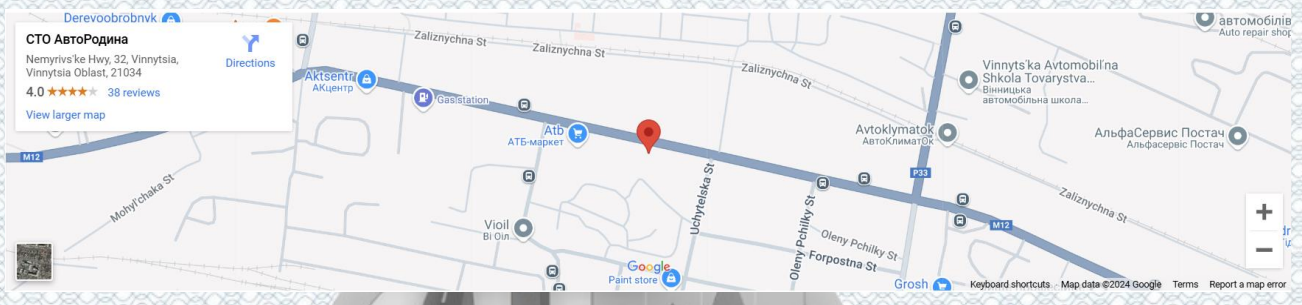


Рисунок 1.4 – Схема розташування ТОВ та фотографії робочих приміщень

Підприємство спеціалізується на таких видах послуг:

- шиномонтаж та балансування;
- ремонт двигунів, коробок перемикання передая;

- зварювальні та кузовні роботи;
- токарні роботи;
- ремонт ходової частини;
- розвал/сходження;
- ремонт електрообладнання.

На СТО «Автородина» працює кваліфікована команда майстрів з багаторічним досвідом, яка використовує сучасне обладнання відомих брендів і може провести повну діагностику автомобіля.

На СТО функціонує автомагазин де здійснюється торгівля деталями та приладдям для автотранспортних засобів.

Для проведення необхідного комплексу робіт є певна система обслуговування яка має свої особливості, а саме:

- ТО і ПР автомобілів здійснюються на основі заявки власника;
- СТО має визначену сферу надання послуг;
- планово-попереджувальна система обслуговування рекомендує та частково регламентує власникам автомобілів періодичність ТО, але не передбачає відповідальність за невиконання цих вказівок;
- капітальний ремонт автомобілів не виконується. Виконується тільки капітальний ремонт вузлів та агрегатів.

В системі оплати за надання послуг існують такі особливості:

- витрати на ТО та ремонт автомобіля несе власник АТЗ;
- діє система обов'язкового страхування.

Для того, щоб скористатися зовнішніми можливостями, а також виявити внутрішні слабкі сторони СТО, які можуть ускладнити проблеми, пов'язані із зовнішніми небезпеками використовуємо спеціальний метод – SWOT – аналіз.

Основна ідея методу полягає в тому, що будь-які загрози зовнішнього середовища можуть бути усунуті сильними сторонами СТО або, навпаки, підкріплені слабкими сторонами. Аналогічним чином можливості, які надає зовнішнє середовище, можуть бути втрачені із-за слабких сторін СТО або

посилені завдяки наявності певних сильних сторін. Через це в процесі SWOT-аналізу проводиться попарне порівняння тенденцій зовнішнього і внутрішнього середовища з метою виявлення синергетичного ефекту від їх взаємодії.

Результати проведеного дослідження СТО по спеціальному методу SWOT-аналіз наведені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Основна матриця SWOT-аналізу

S	Сильні сторони підприємства	W	Слабкі сторони підприємства
S ₁	Вигідне місце положення СТО	W ₁	Конкурентна позиція, що погіршується
S ₂	Підписання договорів про співпрацю з підприємствами по обслуговування їхнього автопарку	W ₂	Плинність кадрів
S ₃	Наявність власної відкритої стоянки	W ₃	Невелика власна територія
S ₄	Проведення широкий спектр послуг	W ₄	Недосконала номенклатура обладнання
S ₅	Наявність магазину по продажу запасних частин та мастильних матеріалів	W ₅	Уразливість стосовно конкурентного тиску
O	Можливості зовнішнього середовища	T	Загрози зовнішнього середовища
O ₁	Збільшення кількості клієнтів з області або району	T ₁	Зменшення обсягів ТО і ПР АТЗ фізичних осіб
O ₂	Наявність попиту на послуги СТО	T ₂	Високі ціни на послуги
O ₃	Вливання додаткового капіталу	T ₃	Високі ціни на ПММ та запасні частини
O ₄	Надання послуг підприємствам, які не мають власної бази по проведенню робіт з ТО і ПР	T ₄	Нестабільна політична ситуація в країні
O ₅	Можливість займатися іншими видами послуг	T ₅	Недосконалість законодавчої бази

Формування переліку сильних та слабких сторін роботи СТО, можливостей та загроз, що її очікують. Як правило, компоненти матриці деталізуються по зменшенню значимості для СТО. Кожній сильній стороні, загрозі чи можливості присвоюється номер (наприклад, загроза 1 отримує порядковий номер T_1 , а сильна сторона 2 – S_2 і т. д.).

Дослідивши та проаналізувавши середовище в якому працює СТО, визначивши сильні та слабкі сторони, загрози та можливості СТО було побудована матриця за методом SWOT-аналізу яка наведена на рисунку 1.5

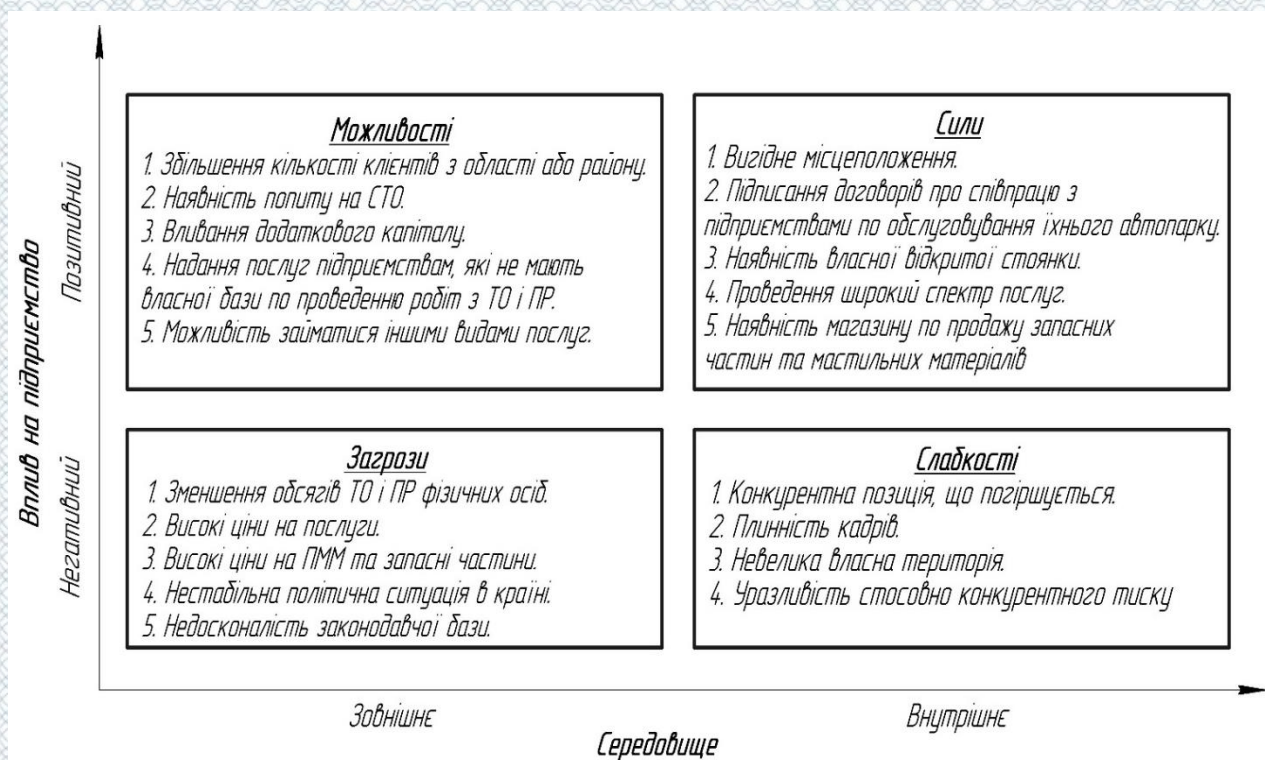


Рисунок 1.5 – Логіка формування матриці SWOT-аналізу

В результаті проведеного дослідження та подальшого аналізу виявлено досить багато недосконалостей, які зменшують темпи росту, обсяги наданих послуг та прибутковість СТО на тлі багатьох факторів, а саме нестабільності ринку послуг; потужної конкуренції; підвищення цін на послуги та їх виконання, на паливо-мастильні матеріали та автозапчастини; нестабільної політичної ситуації таке інше.

Не зважаючи на досить суттєві негативні фактори є також позитивні сторони, які дають можливість підтримання СТО на ринку надання відповідних послуг за рахунок проведення ремонту автомобільного парку власників застрахованих автомобілів у страхових компаніях з якими укладені відповідні договори. Це дає змогу СТО підтримувати своє фінансове становище не залежно від попиту на послуги поодиноких клієнтів.

Отже, на підприємстві присутні усі необхідні умови для подальшого проведення запланованих наукових досліджень в рамках даної МКР.

1.4 Висновки та постановка завдань дослідження

На основі проведеного обґрунтування розробок, аналізу літературних джерел в подальшому в магістерській кваліфікаційній роботі слід розв'язати наступні задачі:

- обґрунтувати розробки з підвищення якості відновлювального ремонту кузовів автотранспортних засобів категорії М1;
- дослідити вплив зміни параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 на безпеку руху;
- розробити методику визначення показників контролю зміни параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 в процесі експлуатації.

Аналіз особливостей діяльності підприємства показує наявність необхідних ресурсів для проведення запланованих наукових досліджень та підтверджує обґрунтованість вибору станції технічного обслуговування автомобілів «Автородина» місто Вінниця в якості базової.

РОЗДІЛ 2.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ НЕСУЧОГО КУЗОВА АВТОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЇ М1 НА БЕЗПЕКУ РУХУ

2.1 Вибір критеріїв для оцінки впливу зміни геометричних параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 на показники керованості, стійкості і маневреності

Всі існуючі показники керованості, стійкості і маневреності можна розділити на три основні групи, що оцінюють статичні, динамічні властивості автомобіля, а також динамічні властивості системи «водій-автомобіль-дорога» [19-29].

До статичних показників відносяться:

- статична поворотність автомобіля, обумовлена кривизною траєкторії (відношення кутової швидкості повороту автомобіля до заданої швидкості поступального руху) у функції кута повороту рульового колеса;
- ступінь поворотності автомобіля, визначається потребою кута довороту рульового колеса при зростанні бокового прискорення на кривій постійного радіуса;
- статична чутливість автомобіля до управління, обумовлена похідною статичної поворотності по куту повороту рульового колеса;
- статична курсова стійкість, обумовлена кутом дрейфу (відведення) автомобіля;
- стійкість проти перекидання, обумовлена кутом бокового крену кузова;
- зусилля на рульовому колесі при повороті на місці і при русі.

До динамічних належать:

- час затримки реакції автомобіля по кутовий швидкості і боковому прискоренню;

- час 63-, 90- і 100%-вої реакції автомобіля, яке визначається досягненням відповідної частки сталого значення реакції, а також час досягнення її піку і стабілізації;

- зростання кутової швидкості (кутового прискорення) повороту автомобіля по відношенню до сталого значення;

- усталене бічне прискорення;

- інтегральні оцінки, які визначаються, наприклад, добутком пікового часу на усталену величину кута дрейфу автомобіля.

До показників, що характеризують динамічні властивості системи «водій-автомобіль-дорога», можна віднести наступні [30, 31]:

- швидкість початку інтенсивного заносу задньої осі;

- швидкість початку інтенсивного зносу передньої осі;

- швидкість, за якої починається відрив коліс від опорної поверхні;

- швидкість появи курсових коливань;

- гранична швидкість виконання маневру.

Основна маса показників характеризують рух автомобілів в критичних режимах, а також у великій мірі корисні для оцінки конструкції автомобіля. Для оцінки впливу зміни геометричних параметрів несучої системи легкового автомобіля на показники керованості, стійкості і маневреності в більшій мірі підходять показники, які характеризують експлуатаційні властивості легкових автомобілів в штатних режимах руху, так як основний час автомобіль рухається саме в штатних режимах по прямій і здійснюючи повороти, переходячи в критичні тільки для запобігання ДТП.

У той же час, погіршення керованості, стійкості і маневреності автомобіля в штатних режимах веде до зростання навантажень на водія, його швидкої стомлюваності, розсіювання уваги, що тягне за собою підвищення ймовірності виникнення ДТП навіть при рухах в штатних режимах. Тому, з усіх існуючих на сьогоднішній день показників керованості, стійкості і маневреності будемо

розглядати ті, які характеризують рух автомобіля в штатних режимах руху. Такими показниками є:

- кут повороту керованих коліс у функції кривизни траєкторії руху, градус;
- лінійне відхилення від заданої смуги руху, м.

Ці показники характеризують поворотність і стійкість легкового автомобіля. Вивчення показників маневреності показало, що через невеликі бази, порівняно з вантажними автомобілями та автобусами, істотного впливу на них зміна геометричних параметрів несучої системи легкового автомобіля не зробить. Тому в подальших дослідженнях показники маневреності розглядатися не будуть. Винятком є мінімальний радіус повороту, зміна якого істотна при маневруванні на малих швидкостях руху. Оцінити цей параметр можливо за допомогою першого обраного критерію, так як при мінімальному радіусі повороту кут повороту керованих коліс максимальний. Отже, оцінивши зміну кута повороту керованих коліс, можливо дати оцінку про зміну мінімального радіуса повороту під впливом зміни геометричних параметрів несучої системи легкового автомобіля.

Обидва обраних критерія характеризують систему «водій-автомобіль-дорога», показуючи, як зміна геометричних параметрів несучої системи легкового автомобіля позначиться на роботі водія. З їх допомогою можливо оцінити зміну:

- кута повороту рульового колеса для здійснення маневру заданого радіуса;
- часу, відведеного водієві на коригування траєкторії руху автомобіля.

2.2 Визначення геометричних параметрів несучого кузова автомобілів категорії M1, що впливають на поворотність і стійкість

Несучий кузов легкового автомобіля, включаючи в себе кілька сотень різних елементів, є складним просторовим об'єктом.

На етапі виготовлення для забезпечення високої точності складання несуча система легкового автомобіля піддається контролю геометричних параметрів, який включає в себе проміри її геометрії в декількох тисячах контрольних точок. Цей процес займає тривалий час і вимагає наявності дорогого комп'ютеризованого обладнання. Результатом є точна тривимірна модель несучої системи, яка дозволяє контролювати допуски і зазори, що виникли в процесі складання.

Для контролю геометрії несучої системи легкового автомобіля в процесі експлуатації і при ремонті використовують всього-на-всього кілька десятків контрольних точок і розмірів. Як правило, їх досить для виявлення наявності порушення геометрії несучої системи, що приводить до різного роду перекосів, порушень взаємного розташування агрегатів. Приклади типових карт контролю геометрії несучих систем легкових автомобілів різних марок наведені на рис. 2.1.

Аналіз даних заводів-виготовлювачів, а також ряду джерел [13, 14, 17, 18, 32-36], показав, що всі геометричні параметри автомобіля, котрі піддаються контролю, можна розділити на три групи :

- контрольні точки основи несучої системи автомобіля. До них відносяться: точки кріплення переднього і заднього підрамників; точки кріплення напрямних підрамника задньої підвіски; точки кріплення напрямних лонжеронів; точки кріплення передньої і задньої поперечки;
- контрольні точки кріплення вузлів і агрегатів автомобіля: підвіски, двигуна, коробки передач;
- лінійні розміри віконних і дверних прорізів, а також дах легкового автомобіля.

Як зазначалося в розділі 1, на зміну керованості автомобіля має великий вплив зміна взаємного розташування осей. Таким чином, з усього переліку контрольованих параметрів геометрії несучої системи легкового автомобіля для побудови аналітичних залежностей необхідні тільки точки кріплення підвіски.

За їх відхиленням в процесі експлуатації від номінального положення можна судити про порушення паралельності розташування осей легкового автомобіля.

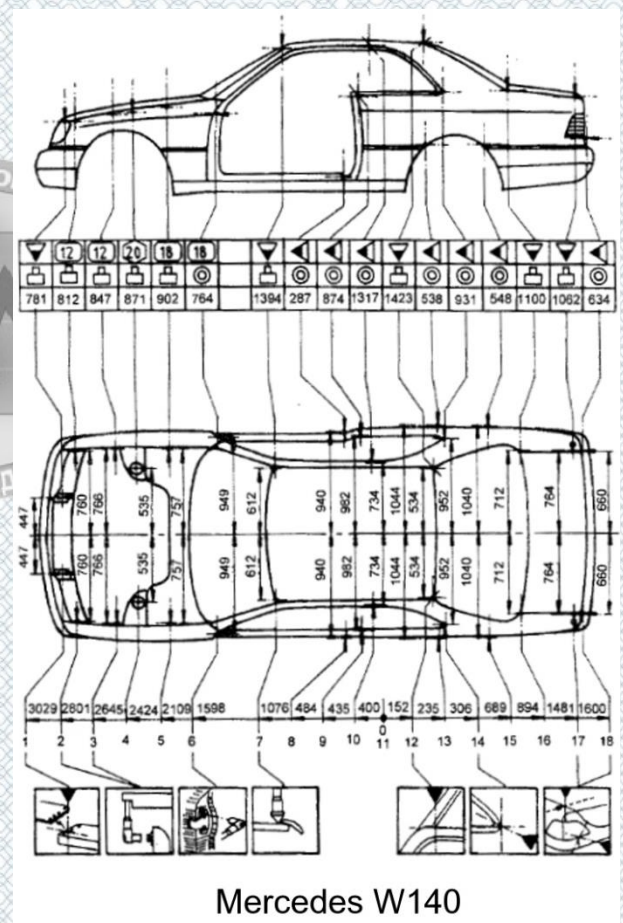
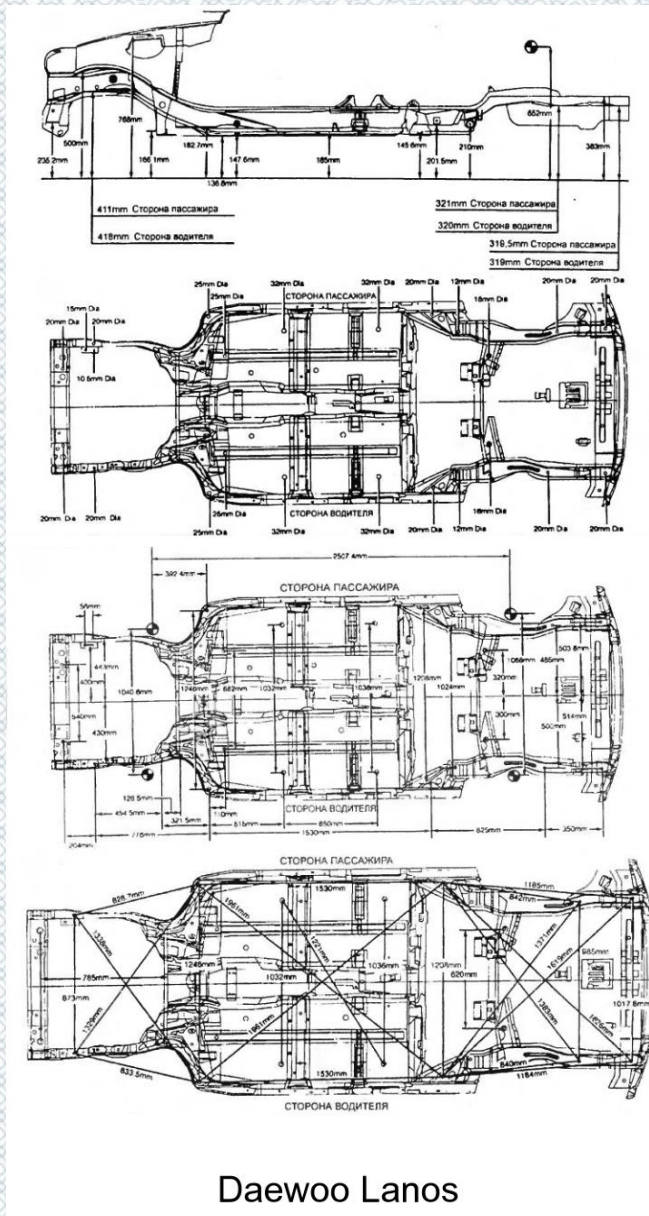
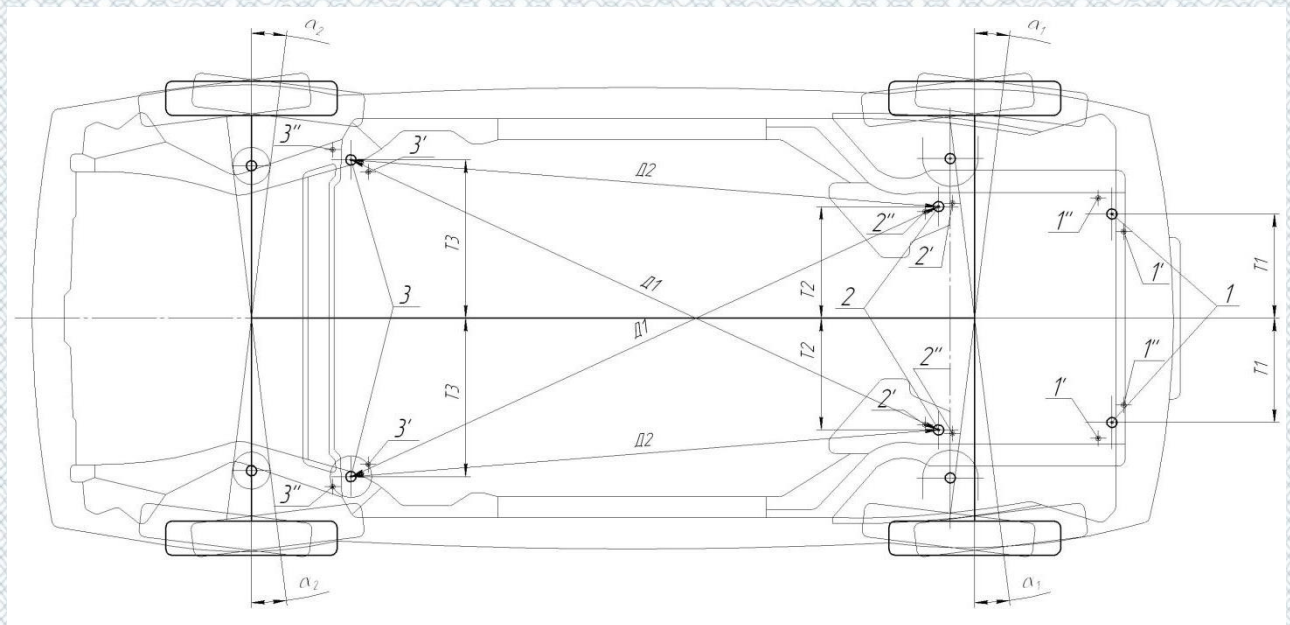


Рисунок 2.1 – Карти контролю геометричних параметрів несучих систем легкових автомобілів Daewoo Lanos і Mercedes W140

При оцінці керованості автомобіля зручніше використовувати не значення відхилення точок кріплення підвіски до основи несучої системи, а значення кутового зміщення осей щодо їх номінального положення, яке, в свою чергу,

визначимо по зміні положення точок кріплення підвіски до основи несучої системи легкового автомобіля.

Грунтуючись на даних заводів-виготовлювачів про контрольовані параметри несучої системи легкового автомобіля, складемо схему контролю, яка дозволить виявити наявність кутового зміщення осей легкового передньопривідного автомобіля (рис. 2.2). В загальному випадку такими точками можуть бути точки 1 і 2 для визначення кутового зсуву передньої осі, і точка 3 для визначення кутового зміщення задньої осі.



1- перетин осей переднього болта кріплення розтяжки передньої підвіски з поверхнею панелі рамки радіатора; 2 - центр шарніра важеля передньої підвіски; 3 - перетин осі заднього болта кріплення важеля задньої підвіски з поверхнею заднього лонжерона; Д1- Д2 - діагональні розміри для контролю взаємного розташування осей; 1', 2', 3', 1'', 2'', 3''- відхилення контрольних точок щодо їх номінального положення

Рисунок 2.2 – Схема контролю точок кріплення підвіски до несучої системи легкового передньопривідного автомобіля

знаходиться на поздовжньої осі автомобіля і є центром осі, до контрольної точки В буде завжди постійною.

Кутове зміщення осі автомобіля висловимо з трикутника скориставшись теоремою косинусів

$$(BB')^2 = OB^2 + (OB')^2 - 2 \cdot OB \cdot OB' \cdot \cos \alpha. \quad (2.1)$$

Сторони OB и OB' рівні між собою і їх значення можна виразити з прямокутного трикутника AOB

$$OB^2 = (OB')^2 = OA^2 + AB^2. \quad (2.2)$$

Сторону BB' висловимо з прямокутного трикутника $CB'B$

$$(BB')^2 = BC^2 + (CB')^2. \quad (2.3)$$

Після підстановки в (2.1) значень (2.2) і (2.3), враховуючи що $BC = \Delta y$, $CB' = \Delta x$, $AB = x$, $OA = y$, кутовий зсув осі легкового автомобіля визначаємо з виразу

$$\alpha = \arccos \left(\frac{2 \cdot x^2 + 2 \cdot y^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2}{2 \cdot x^2 + 2 \cdot y^2} \right) \cdot \frac{180}{\pi}, \quad (2.4)$$

де x – координата базової точки по осі X ;

y – координата базової точки по осі Y ;

Δx – значення відхилення базової точки по осі X ;

Δy – значення відхилення базової точки по осі Y .

2.3 Оцінка впливу кутових зміщень осей на поворотність автомобіля категорії М1

2.3.1 Оцінка впливу кутових зміщень передньої осі на поворотність легкового автомобіля

При побудові аналітичних залежностей були прийняті такі припущення:

- розглядаються деформації несучої системи легкового автомобіля, що призводять тільки до кутового зміщення осей, так як лінійне зміщення має незначний вплив на зміну параметрів керованості [37];
- рух автомобіля розглядається як рівномірний плоскопаралельний на ідеально рівній дорозі;
- не враховується перерозподіл навантаження між правими і лівими колесами;
- ходова частина і рульове керування знаходяться в справному стані, тому не розглядається вплив кутів установки керованих коліс, а також стан амортизаторів та колісних вузлів автомобіля.

Критерієм стійкості руху автомобіля на повороті і на прямій приймемо критичну по умові бокового заносу швидкість руху двовісного автомобіля [29]

$$V_{зан} = \sqrt{R_{\delta} \cdot \varphi \cdot g} \cdot \sqrt[4]{1 - R_{X2}^2 \cdot \frac{L^2}{a^2 \cdot m^2 \cdot \varphi^2 \cdot g^2}}, \quad (2.5)$$

де R_{δ} – радіус повороту автомобіля;

φ – коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

R_{X2}^2 – дотична реакція на задніх колесах;

L – база автомобіля;

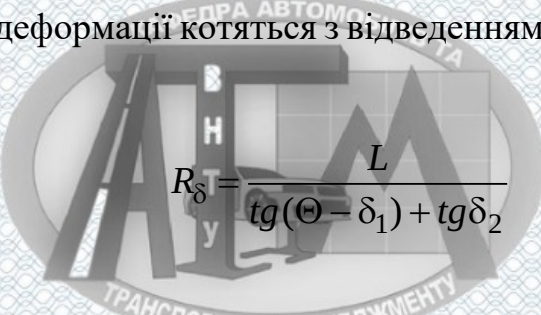
m – загальна маса автомобіля;

a – відстань від проекції центру мас на горизонтальну площину до передньої осі.

Такий вибір виправданий тим, що при проектуванні автомобілів конструктори стараються забезпечити умову, що занос настає раніше, ніж перекидання. Крім того, некерований занос задньої осі (занос передньої осі гаситься автоматично [31]) призводить до втрати керованості і стійкості автомобіля і значно підвищує ризик виникнення ДТП.

На рис. 2.4 представлена схема повороту автомобіля з кутовим зміщенням передньої осі з урахуванням бічного відведення шин.

Радіус повороту автомобіля з передніми керованими колесами, шини якого внаслідок їх бічної деформації котяться з відведенням, визначається виразом [27]



$$R_{\delta} = \frac{L}{\operatorname{tg}(\Theta - \delta_1) + \operatorname{tg}\delta_2} \quad (2.6)$$

де Θ – кут повороту керованих коліс;

δ_1 і δ_2 – кути відведення передніх і задніх коліс відповідно.

Радіус повороту автомобіля при кутовому зміщенні передньої осі визначається виразами:

– при кутовому зміщенні передньої осі в бік повороту

$$R_{\delta}^B = \frac{L}{\operatorname{tg}(\Theta + \alpha_1 - \delta_1) + \operatorname{tg}\delta_2}; \quad (2.7)$$

– при кутовому зміщенні передньої осі в сторону, протилежну повороту

$$R_{\delta}^H = \frac{L}{\operatorname{tg}(\Theta - \alpha_1 - \delta_1) + \operatorname{tg}\delta_2}, \quad (2.8)$$

Граничні значення кутів відведення коліс за умовою відсутності заносу можна визначити як :

$$P_Y = m \cdot \frac{V_{зан}^2}{R_\delta}, \quad (2.9)$$

$$P_Y = K_Y \cdot \delta, \quad (2.10)$$

де P_Y – бічна сила, що діє на автомобіль;

K_Y – коефіцієнт сумарного опору бічному відведенню шин автомобіля.

Згідно з експериментальними даними [18], величина K_Y для однакових шин легкового автомобіля може знаходитися в межах 20-40 кН / рад, або 300-700 Н / градус.

Прирівнявши (2.9) і (2.10) отримаємо вирази для визначення кутів відведення передніх і задніх коліс

$$\delta_1 = \frac{m_1 \cdot V_{зан}^2}{R_\delta \cdot K_{Y1}}, \quad (2.11)$$

$$\delta_2 = \frac{m_2 \cdot V_{зан}^2}{R_\delta \cdot K_{Y2}}, \quad (2.12)$$

де K_{Y1} , K_{Y2} - коефіцієнти сумарного опору бічному відведенню шин передньої і задньої осей автомобіля відповідно;

m_1 , m_2 - маси, які умовно припадають на передню і задню вісь автомобіля.

Підставляючи у вирази (2.7) і (2.8) значення δ_1 , δ_2 при $V = V_{зан}$ та радіуси повороту автомобіля визначимо, як зміниться кут повороту керованих коліс в залежності від кута зсуву передньої осі автомобіля α . Значення кута повороту

керованих коліс Θ_B відповідає кутовому зсуві передньої осі в бік повороту, Θ_H зміщення передньої осі в сторону, протилежну повороту.

$$\Theta_B = \left[\arctg \left(\frac{L}{R_\delta} - tg \left(\frac{m_2 \cdot V_{зан}^2}{R_\delta \cdot K_{Y2}} \right) \right) - \arccos \left(\frac{2 \cdot x_1^2 + 2 \cdot y_1^2 - \Delta x_1^2 - \Delta y_1^2}{2 \cdot x_1^2 + 2 \cdot y_1^2} \right) \right] \cdot \frac{180}{\pi} + \frac{m_1 \cdot V_{зан}^2}{R_\delta \cdot K_{Y1}}, \quad (2.13)$$

$$\Theta_H = \left[\arctg \left(\frac{L}{R_\delta} - tg \left(\frac{m_2 \cdot V_{зан}^2}{R_\delta \cdot K_{Y2}} \right) \right) + \arccos \left(\frac{2 \cdot x_1^2 + 2 \cdot y_1^2 - \Delta x_1^2 - \Delta y_1^2}{2 \cdot x_1^2 + 2 \cdot y_1^2} \right) \right] \cdot \frac{180}{\pi} + \frac{m_1 \cdot V_{зан}^2}{R_\delta \cdot K_{Y1}}, \quad (2.14)$$

де x_1 – координата базової точки по осі X;

y_1 – координата базової точки по осі Y;

Δx_1 – значення зсуву базової точки по осі X;

Δy_1 – значення зсуву базової точки по осі Y.

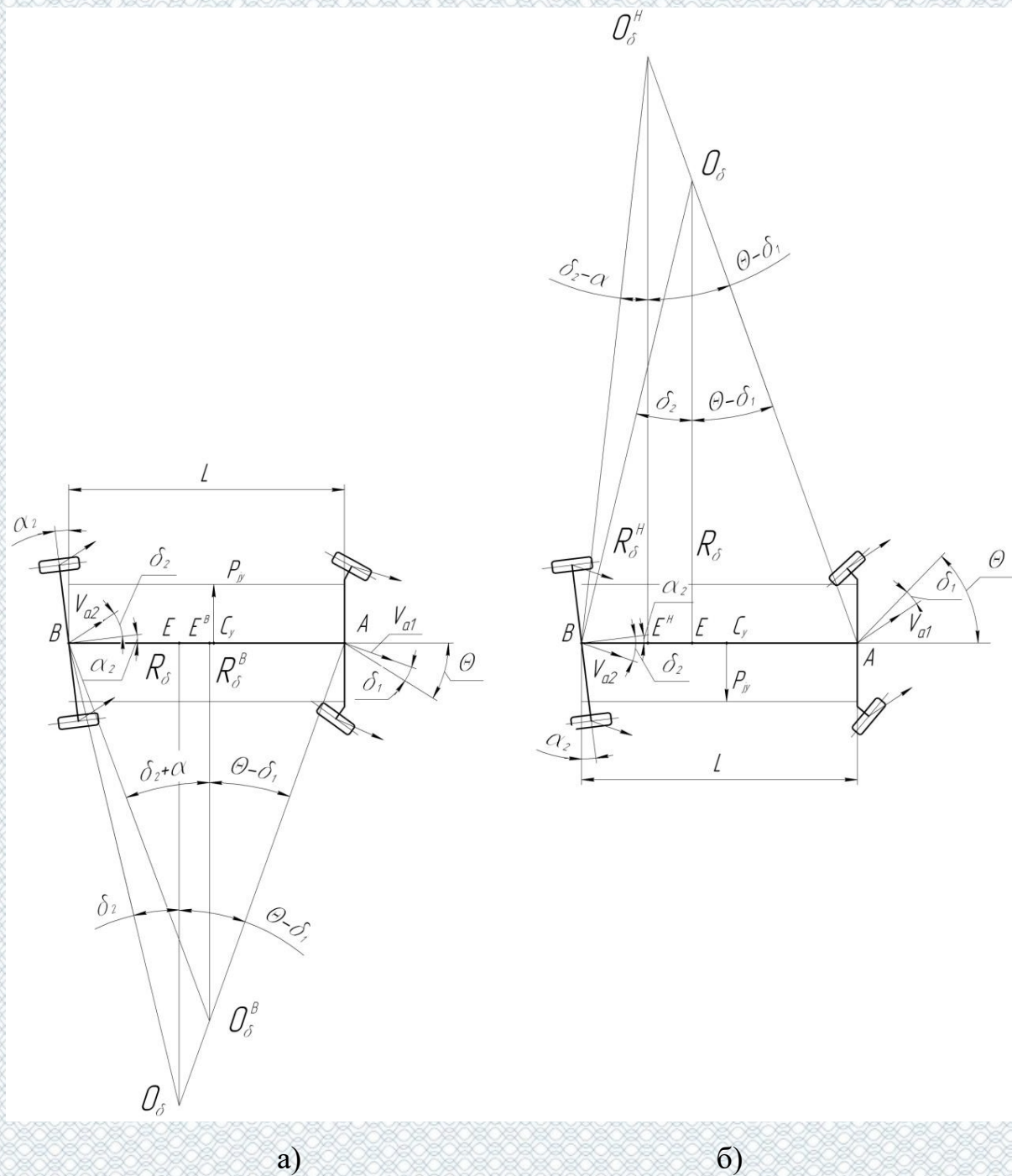
2.3.2 Оцінка впливу кутових зміщень задньої осі на керованість легкового автомобіля

На рис. 2.5 представлена схема повороту легкового автомобіля з кутовим зміщенням задньої осі з урахуванням бічного відведення шин.

Радіус повороту автомобіля в такому випадку визначається виразами:

- при кутовому зміщенні задньої осі в сторону, протилежну повороту

$$R_\delta^B = \frac{L}{tg(\Theta - \delta_1) + tg(\delta_2 + \alpha_2)}, \quad (2.15)$$



а) кутовий зсув задньої осі в сторону протилежну повороту;

б) кутовий зсув задньої осі в бік повороту

Рисунок 2.5 – Схема повороту легкового автомобіля з кутовим зміщенням задньої осі з урахуванням бічного відведення шин

- при кутовому зміщенні задньої осі в бік повороту

$$R_{\delta}^H = \frac{L}{\operatorname{tg}(\Theta - \delta_1) + \operatorname{tg}(\delta_2 - \alpha_2)}, \quad (2.16)$$

де α_2 - кут зсуву задньої осі легкового автомобіля.

Підставляючи у вирази (2.15) і (2.16) раніше деякі значення δ_1 , δ_2 , і радіуси повороту легкового автомобіля визначимо, як зміниться кут повороту керованих коліс в залежності від кута зсуву задньої осі легкового автомобіля α_2 .



$$\Theta_B = \arctg \left[\frac{L}{R_{\delta}} - \operatorname{tg} \left(\frac{m_2 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y2}} + \arccos \left(\frac{2 \cdot x_2^2 + 2 \cdot y_2^2 - \Delta x_2^2 - \Delta y_2^2}{2 \cdot x_2^2 + 2 \cdot y_2^2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} \right) \right] \times$$

$$\times \frac{180}{\pi} + \frac{m_1 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y1}}, \quad (2.17)$$

$$\Theta_H = \arctg \left[\frac{L}{R_{\delta}} - \operatorname{tg} \left(\frac{m_2 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y2}} - \arccos \left(\frac{2 \cdot x_2^2 + 2 \cdot y_2^2 - \Delta x_2^2 - \Delta y_2^2}{2 \cdot x_2^2 + 2 \cdot y_2^2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} \right) \right] \times$$

$$\times \frac{180}{\pi} + \frac{m_1 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y1}}, \quad (2.18)$$

де x_2 – координата базової точки по осі X;

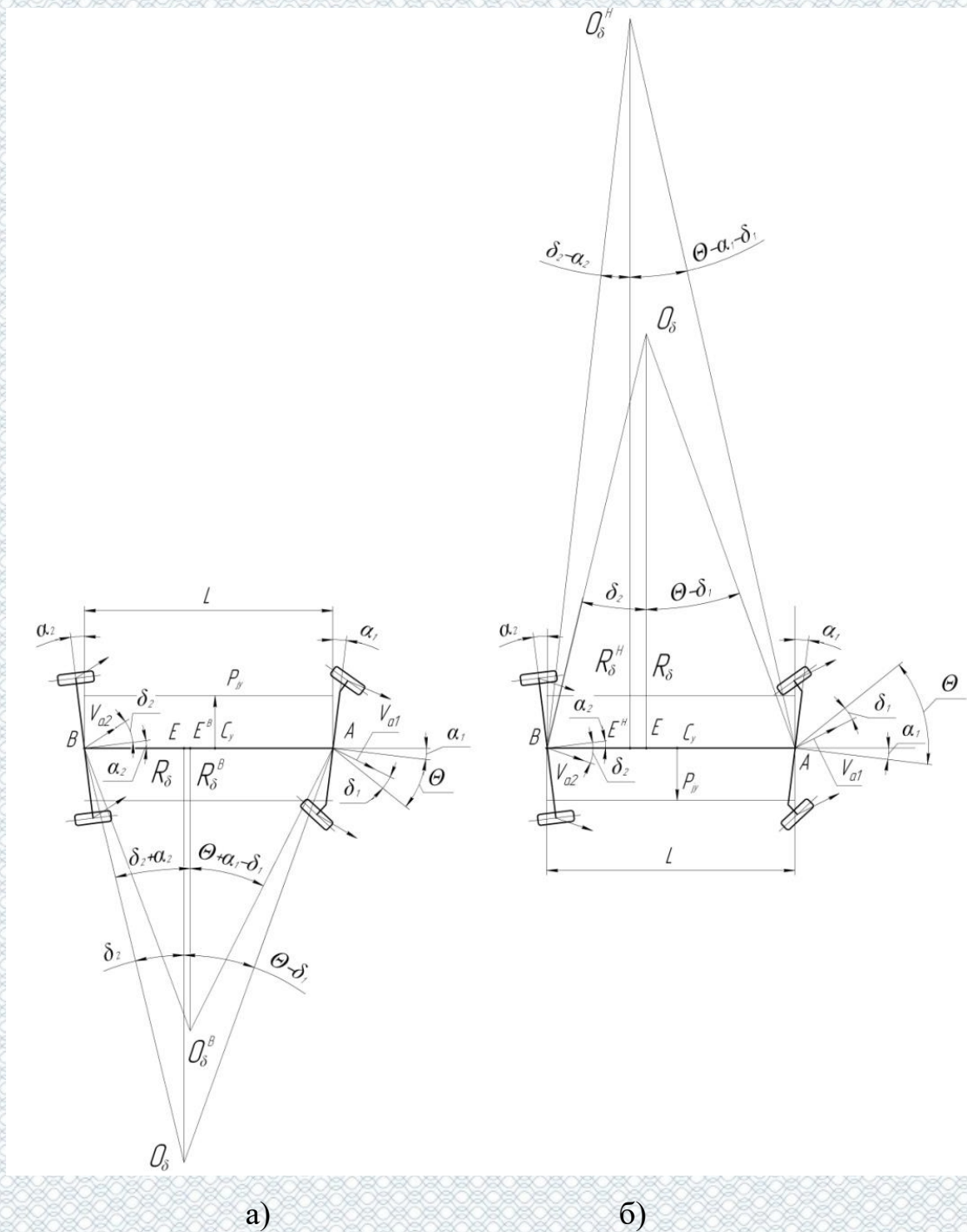
y_2 – координата базової точки по осі Y;

Δx_2 – значення зсуву базової точки по осі X;

Δy_2 – значення зсуву базової точки по осі Y.

2.3.3 Оцінка впливу кутових зміщень осей легкового автомобіля на його керованість в разі, коли передня і задня осі зміщені в різні сторони

На рис. 2.6 представлена схема повороту легкового автомобіля з кутовим зміщенням осей з урахуванням бічного відведення шин.



- а) кутовий зсув передньої осі в бік повороту;
 б) кутовий зсув передньої осі в сторону, протилежну повороту

Рисунок 2.6 – Схема повороту автомобіля з кутовим зміщенням передньої і задньої осей з урахуванням бічного відведення шин

Радіус повороту автомобіля в такому випадку визначається виразами
- внутрішній поворот

$$R_{\delta}^B = \frac{L}{\operatorname{tg}(\Theta + \alpha_1 - \delta_1) + \operatorname{tg}(\delta_2 + \alpha_2)}, \quad (2.19)$$

– зовнішній поворот

$$R_{\delta}^H = \frac{L}{\operatorname{tg}(\Theta - \alpha_1 - \delta_1) + \operatorname{tg}(\delta_2 - \alpha_2)}, \quad (2.20)$$

де α_1 – кут зсуву передньої осі легкового автомобіля;

α_2 – кут зсуву задньої осі легкового автомобіля.

Підставляючи у вирази (2.19) і (2.20) раніше певні значення δ_1 , і δ_2 радіуси повороту автомобіля визначимо, як зміниться кут повороту керованих коліс в залежності від кутів зміщення осей легкового автомобіля.

$$\begin{aligned} \Theta_B = & \left[\operatorname{arctg} \left[\frac{L}{R_{\delta}} - \operatorname{tg} \left(\frac{m_2 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y2}} + \arccos \left(\frac{2 \cdot x_2^2 + 2 \cdot y_2^2 - \Delta x_2^2 - \Delta y_2^2}{2 \cdot x_2^2 + 2 \cdot y_2^2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} \right) \right] - \right. \\ & \left. - \arccos \left(\frac{2 \cdot x_1^2 + 2 \cdot y_1^2 - \Delta x_1^2 - \Delta y_1^2}{2 \cdot x_1^2 + 2 \cdot y_1^2} \right) \right] \cdot \frac{180}{\pi} + \frac{m_1 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y1}}, \end{aligned} \quad (2.21)$$

$$\begin{aligned} \Theta_H = & \left[\operatorname{arctg} \left[\frac{L}{R_{\delta}} - \operatorname{tg} \left(\frac{m_2 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y2}} - \arccos \left(\frac{2 \cdot x_2^2 + 2 \cdot y_2^2 - \Delta x_2^2 - \Delta y_2^2}{2 \cdot x_2^2 + 2 \cdot y_2^2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} \right) \right] + \right. \\ & \left. + \arccos \left(\frac{2 \cdot x_1^2 + 2 \cdot y_1^2 - \Delta x_1^2 - \Delta y_1^2}{2 \cdot x_1^2 + 2 \cdot y_1^2} \right) \right] \cdot \frac{180}{\pi} + \frac{m_1 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y1}}. \end{aligned} \quad (2.22)$$

2.4 Оцінка впливу кутових зміщень осей автомобіля категорії М1 на лінійне відхилення від заданої смуги руху

Кутове зміщення осей легкового автомобіля призводить до лінійного відхилення від заданої смуги руху (рис. 2.7).

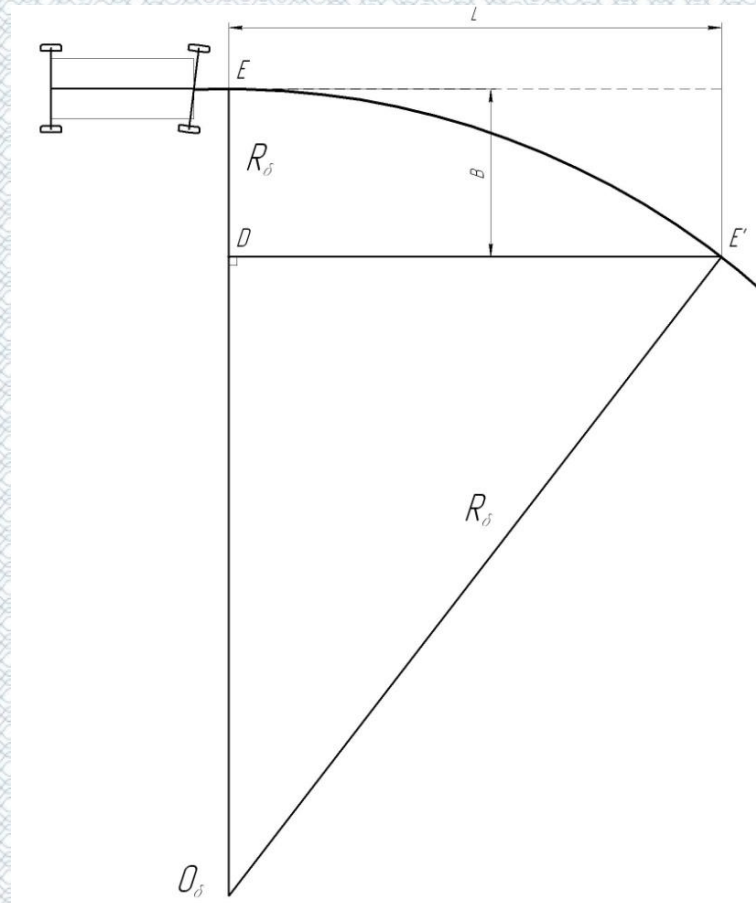


Рисунок 2.7 – Схема визначення відхилення легкового автомобіля від заданої смуги руху при наявності кутового зміщення осей автомобіля.

Розрахунок значення відхилення легкового автомобіля від заданої смуги руху визначимо виходячи зі схеми (рис. 2.7)

$$B = ED = O_{\delta}E - O_{\delta}D, \quad (2.23)$$

де $O_{\delta}E = R_{\delta}$ – радіус траєкторії руху автомобіля.

Значення $O_{\delta}D$ знаходимо з прямокутного трикутника $O_{\delta}DE'$

$$O_{\delta}D = \sqrt{(O_{\delta}E')^2 - (DE')^2}. \quad (2.24)$$

Враховуючи, що $O_{\delta}E' = O_{\delta}E = R_{\delta}$, а $DE' = L$, вираз (2.23) приймає вид

$$B = R_{\delta} - \sqrt{R_{\delta}^2 - L^2}, \quad (2.25)$$

де L - довжина траєкторії руху автомобіля, на якій проводиться розрахунок величини відхилення. Значення R_{δ} знаходимо з виразів (2.7, 2.15, 2.19), приймаючи кут повороту керованих коліс Θ рівним нулю

- при кутовому зміщенні передньої осі

$$R_{\delta} = \frac{L}{\operatorname{tg} \delta_2 - \operatorname{tg}(\delta_1 - \alpha_1)}; \quad (2.26)$$

- при кутовому зміщенні задньої осі

$$R_{\delta} = \frac{L}{\operatorname{tg}(\delta_2 + \alpha_2) - \operatorname{tg} \delta_1}; \quad (2.27)$$

- при кутовому зміщенні осей автомобіля, коли передня і задня осі зміщені в різні сторони:

$$R_{\delta} = \frac{L}{\operatorname{tg}(\delta_2 + \alpha_2) - \operatorname{tg}(\delta_1 - \alpha_1)}. \quad (2.28)$$

Розглянемо залежність лінійного відхилення від заданої смуги руху від часу руху автомобіля. Це дозволить оцінити частоту коригувальних впливів водія на рульове керування для підтримки руху автомобіля в заданій смугі.

Розглянемо випадок, коли автомобіль рухається з постійною швидкістю. В такому випадку, вираз (2.23) можна представити у вигляді

$$B = R_{\delta} - R_{\delta} \cdot \cos\left(\frac{V \cdot t \cdot 360}{2 \cdot \pi \cdot R_{\delta}}\right), \quad (2.29)$$

де V - швидкість руху автомобіля;

t - час руху автомобіля.

2.5 Експериментальні дослідження та перевірка адекватності розроблених математичних моделей

Метою проведення експериментальних досліджень була перевірка адекватності розроблених математичних моделей оцінки впливу зміни геометричних параметрів основи несучої системи на показники поворотності і стійкості легкового автомобіля.

Завданням експериментальних досліджень була перевірка адекватності математичних моделей, які описують зміну кута повороту керованих коліс, а також лінійного відхилення від заданої смуги руху в залежності від зміни положення базових точок легкового автомобіля.

Об'єктами експериментального дослідження були три легкових автомобіля виробництва ЗАТ «ЗАЗ»: два автомобіля ЗАЗ-1103 «Славута» з пробігами 7 тис. км і 55 тис. км, і один автомобіль ЗАЗ-110206 «Таврія-Нова» з пробігом 82 тис. км

Перший етап експериментальних досліджень полягав у контролі геометрії несучих систем легкових автомобілів по точках кріплення підвіски. Результати даного контролю дозволили визначити наявність кутового зміщення осей автомобілів, викликаного зміною технічного стану їх несучих систем.

На другому етапі проводились дорожні випробування, завданням яких було визначення зміни кута повороту керованих коліс автомобіля в залежності від радіуса повороту і кутового зміщення осей автомобіля, а також відведення автомобіля із заданою смуги руху. Для цього реєструвалися поздовжні і поперечні прискорення автомобіля, кут повороту рульового колеса, значення відхилення автомобіля від заданої смуги руху.

Всі автомобілі, що проходили випробування, попередньо пройшли технічний огляд. Зазори і люфти ходової частини, а також кути установки керованих коліс відповідають нормам. Перед проведенням випробувань були прогріті агрегати трансмісії і ходової частини. Тиск в шинах складав 0,196 МПа. Шини чисті, сухі, з зносом протектора не більше 5%. Випробування проводилися на горизонтальній ділянці дороги з твердим рівним сухим покриттям.

Для контролю геометричних параметрів основи несучих систем випробовуваних автомобілів був використаний комп'ютеризований ремонтно-вимірювальний комплекс Celette-NAJA. Даний комплекс дозволяє з високою точністю проводити діагностику несучої системи з подальшим його ремонтом.

Вимірювальна частина комплексу включає в себе два основних елементи (рис. 2.8):

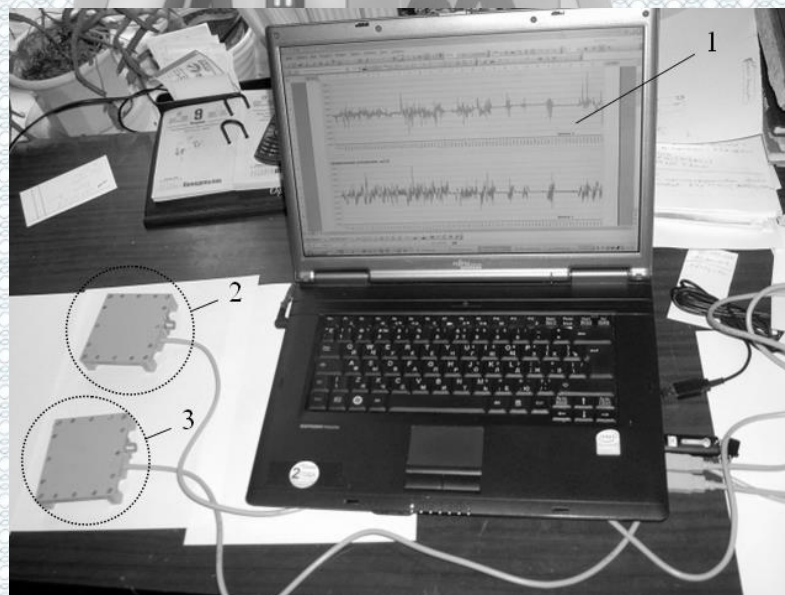
- вимірювальний модуль об'ємного 3D-вимірювання;
- комп'ютерний блок.

Для реєстрації даних при дорожніх випробуваннях автомобілів використовувався мобільний вимірювальний комплекс, розроблений на кафедрі ТМ і РМ ХНАДУ (рис. 2.9), що складається з двох датчиків прискорень Freescale Semiconductor моделі MMA7260QT, а також ЕОМ для зняття і архівації даних.



а) комп'ютерний блок; б) вимірювальний модуль об'ємного 3D-вимірювання

Рисунок 2.8 – Вимірювальний комплекс Naja Evolution



1 - ноутбук для обробки та архівації даних; 2 - датчик прискорень MMA7260QT № 445; 3 - датчик прискорень MMA7260QT № 446

Рисунок 2.9 – Мобільний вимірювальний комплекс для реєстрації параметрів руху автомобіля.

Датчики працюють таким чином: якщо вісь чутливості датчика перпендикулярна поверхні землі, вихідний сигнал відповідає прискоренню вільного падіння. У разі зміни кута нахилу, вихідний сигнал зменшується пропорційно косинусу кута між віссю чутливості датчика і абсолютним вертикальним положенням.

Для вимірювання кутів повороту керованих коліс вимірювально-реєстраційний комплекс був доповнений датчиком повороту рульового колеса (рис. 2.10). Датчик включає в себе 10-ти оборотний прецизійний дротяний потенціометр Vishay Spectrol 534-1-1, опором $100\ \Omega \pm 5\%$ і лінійною характеристикою зміни опору, із закріпленням на ньому коліщатком. Коліщатко датчика щільно прилягало до циліндричного виступу на рульовому колесі.



1 - дротяний потенціометр з коліщатком; 2 - цифровий мультиметр

Рисунок 2.10 – Датчик повороту рульового колеса

Таким чином, при повороті керма здійснювалася передача крутного моменту від рульового колеса через коліщатко на потенціометр. Реєстрація зміни опору потенціометра проходила за допомогою цифрового мультиметра.

Для градуювання датчика повороту рульового колеса був використаний лазерний стенд для контролю і регулювання кутів установки коліс автомобілів "Унітест-лазер". В комплект даного стенду входять поворотні платформи для перевірки кутів повороту керованих коліс.

Автомобіль з встановленим датчиком повороту рульового колеса встановлювався керованими колесами на поворотні платформи (рис. 2.11).



1 - поворотний круг; 2 – шкала

Рисунок 2.11 - Поворотна платформа стенда, що використовувалась для проведення градуювання датчика повороту рульового колеса

Положення коліс відповідало руху автомобіля по прямій (кут повороту - 0°). Датчик повороту рульового колеса виставлявся таким чином, щоб цифровий мультиметр реєстрував показання опору датчика, рівне 50 Ом. Це відповідало середині шкали потенціометра. Після чого здійснювався поворот рульового колеса вліво з реєстрацією показань цифрового мультиметра через 10° , 20° , 30° і при повороті рульового колеса до упора вліво. Кут повороту керованих коліс відраховувався за шкалами, розташованими на поворотних платформах. Аналогічним чином були проведені заміри при повороті рульового колеса вправо.

Результати контролю положення точок кріплення підвіски автомобіля ЗАЗ-1103 «Славута» з пробігом 7 тис. км, який знаходився в експлуатації менше року, показали, що всі контрольовані параметри знаходилися в межах норми і відхилення базових точок від номінального положення не перевищувало 1 мм.

На автомобілях ЗАЗ-1103 «Славута» з пробігом 55 тис. км і ЗАЗ-110206 «Таврія-Нова» з пробігом 82 тис. км результати контролю показали наявність відхилень базових точок від їх номінального становища. Ці відхилення перевищували допустимі значення, встановлені в межах 3 мм (рис. 2.12, 2.13).

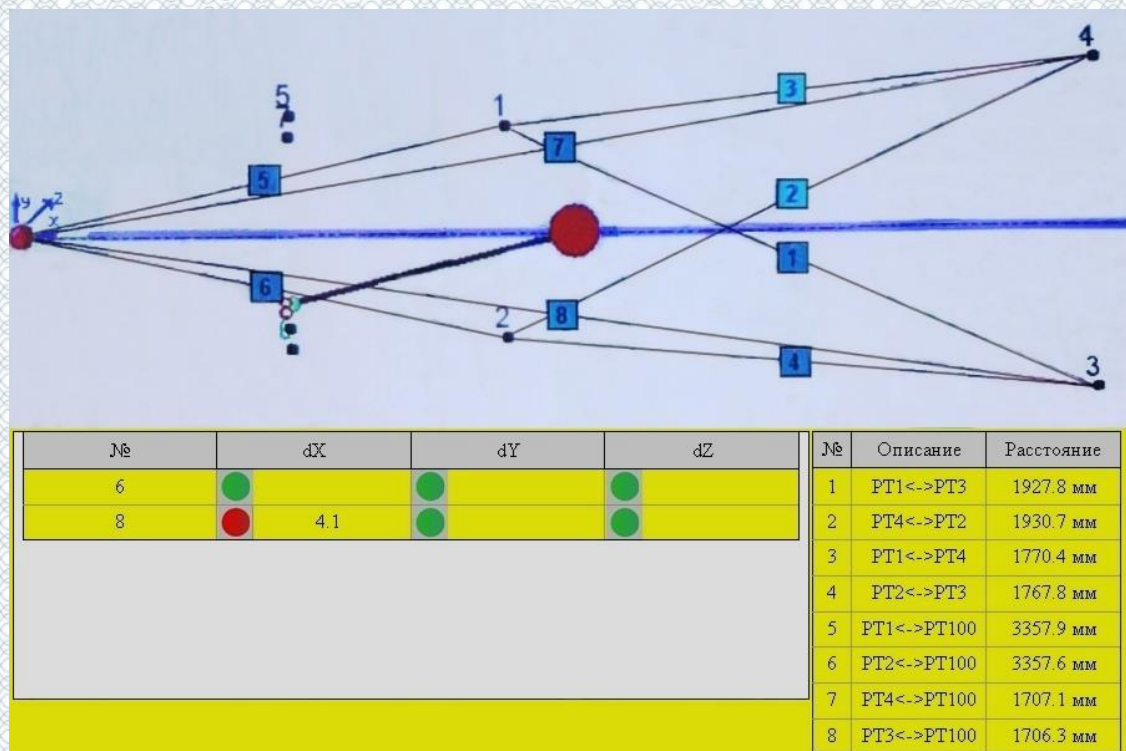


Рисунок 2.12 – Результати контролю положення базових точок автомобіля ЗАЗ-1103 «Славута» з пробігом 55 тис. км.

На підставі отриманих даних було встановлено, що автомобіль ЗАЗ-1103 «Славута» з пробігом 55 тис. км має кутовий зсув передньої осі, рівний $0,36^\circ$, а автомобіль ЗАЗ-110206 «Таврія-Нова» з пробігом 82 тис. км має кутовий зсув передньої осі, рівний $0,56^\circ$.

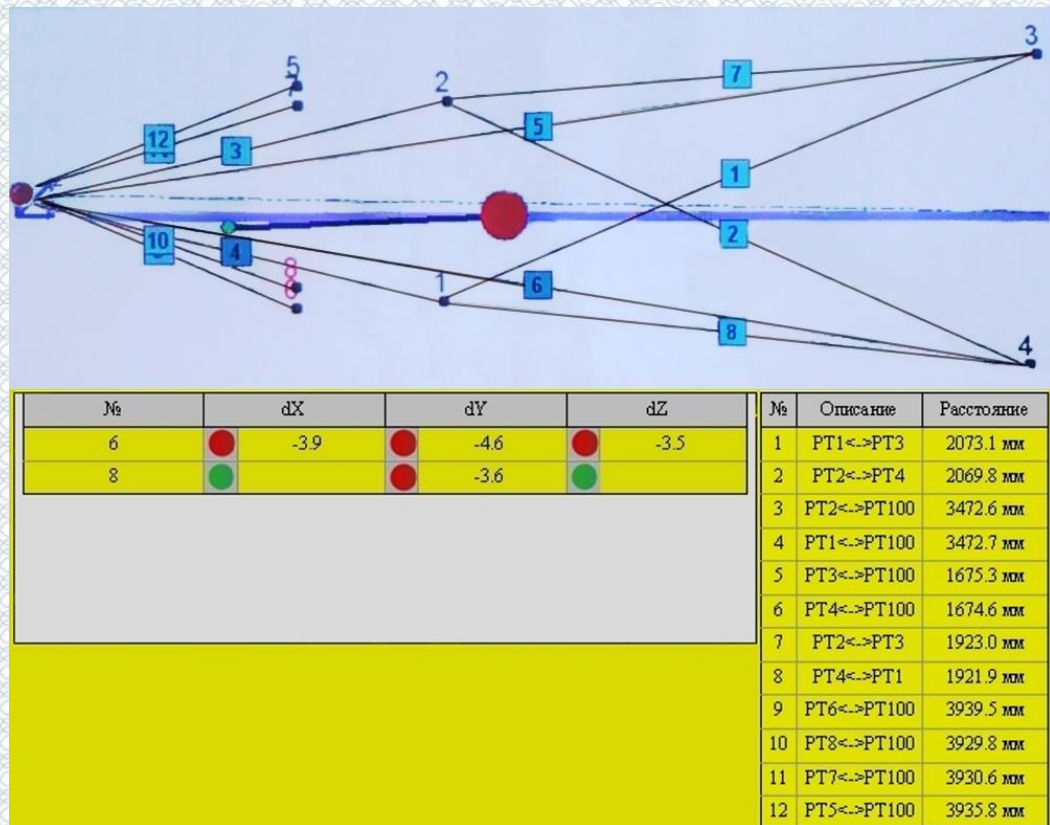


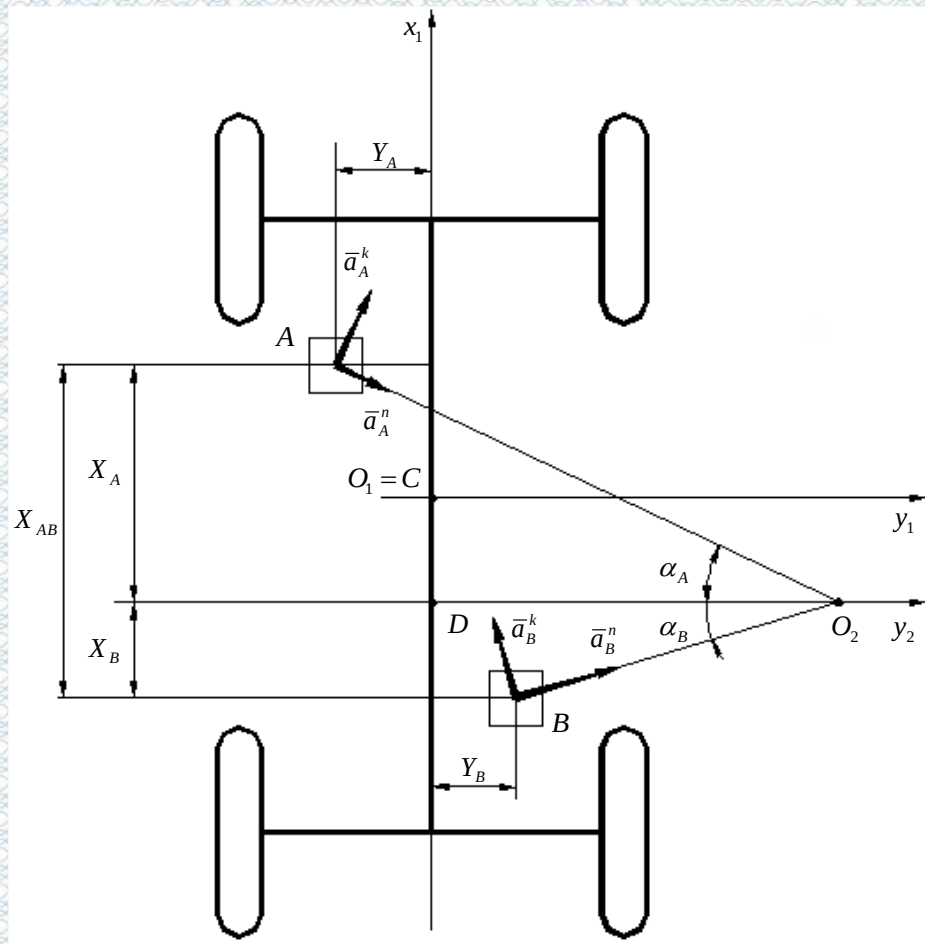
Рисунок 2.13 – Результати контролю положення базових точок автомобіля ЗАЗ-110206 «Таврія-Нова» з пробігом 82 тис. км.

Дорожні випробування проводилися на одній і тій же ділянці дороги з рівним сухим покриттям. На кожному автомобілі було проведено по три заїзди в обидві сторони для зменшення впливу на результати вимірювань похибок дороги. Швидкість руху автомобіля на криволінійних ділянках траєкторії становила 60 км / год.

Датчики для виміру прискорень автомобіля встановлювалися відповідно до рекомендацій, наведених у роботі [38]. У зазначеній роботі згадано, що контрольною точкою, кінематичні параметри якої характеризують швидкість і прискорення автомобіля, є полюс повороту. Полюс повороту розташований на поздовжній осі автомобіля і має найменші значення лінійної швидкості і прискорення. Оскільки становище полюса повороту змінюється в часі, то для підвищення точності проведення вимірювань кутових прискорень і швидкості

автомобіля були використані дві контрольні точки, в яких встановлювалися трьохкоординатні датчики прискорень [39].

Схема установки датчиків прискорень приведена на рис. 2.14.



$\vec{a}_A^k, \vec{a}_A^n, \vec{a}_B^k, \vec{a}_B^n$ - компоненти прискорень точок А і В (контрольних точок, в яких встановлені датчики прискорень); X_A, X_B, Y_A, Y_B - координати точок установки датчиків; α_A, α_B - кути установки датчиків прискорень до миттєвого центру повороту

Рисунок 2.14 – Схема вимірювань кутових прискорень при довільному положенні двох датчиків прискорень.

Кутова швидкість автомобіля в площині дороги визначається з наступного співвідношення

$$\omega = \sqrt{\frac{(a_{AX_1} - a_{BX_1}) \cdot (Y_B - Y_A) + X_{AB} \cdot (a_{AY_1} - a_{BY_1})}{(Y_B - Y_A)^2 + X_{AB}^2}} . \quad (2.30)$$

Кутове прискорення автомобіля

$$\varepsilon = \frac{(a_{AX_1} - a_{BX_1}) \cdot (Y_B - Y_A) + X_{AB} \cdot (a_{AY_1} - a_{BY_1})}{(Y_B - Y_A)^2 + X_{AB}^2} . \quad (2.31)$$

Координати миттєвого центру повороту

$$X_A = \frac{0,5 \cdot X_{AB} \cdot (\varepsilon^2 + \omega^4) + \varepsilon \cdot \bar{a}_{Y_1} - \omega^2 \cdot \bar{a}_{X_1}}{0,5\varepsilon^2 + \omega^4} , \quad (2.32)$$

$$X_B = X_{AB} - X_A . \quad (2.33)$$

Миттєвий радіус повороту автомобіля

$$R_D = \frac{\bar{a}_{Y_1} + 0,5 \cdot \varepsilon \cdot X_{AB}}{\omega^2} - \frac{\varepsilon}{\omega^2} \cdot \left(\frac{0,5 \cdot X_{AB} \cdot (\varepsilon^2 + \omega^4) + \varepsilon \cdot \bar{a}_{Y_1} - \omega^2 \cdot \bar{a}_{X_1}}{0,5\varepsilon^2 + \omega^4} \right) + 0,5 \cdot Y_{AB} . \quad (2.34)$$

Показання датчика повороту рульового колеса записувались на відеокамеру паралельно з показаннями спідометра. Синхронізація показань

датчиків прискорень і датчика повороту рульового колеса здійснювалася за показаннями спідометра і початком руху автомобіля.

Подальша обробка експериментальних даних дозволила отримати залежність зміни кута повороту керованих коліс автомобіля від радіуса його руху при різних величинах кутових зміщень осей.

Обробка експериментальних даних показала, що при наявності відхилення точок кріплення підвіски від номінального положення виникає кутовий зсув осей. Це призводить до зміни кутів повороту керованих коліс при одному і тому ж радіусі повороту.

Відносна похибка вимірювань величин $\Delta\varepsilon/\varepsilon$ і $\Delta\omega/\omega$, обчислена за методикою, описаною в роботі [40], дорівнює похибці акселерометра (до 1% за паспортом) при значеннях $\varepsilon \geq 0,008 \text{ c}^{-2}$ і $\omega \geq 0,08 \text{ c}^{-1}$.

Для перевірки достовірності визначення кутів повороту керованих коліс автомобілів оцінювалася розбіжність експериментальних і розрахункових даних. Зазначена розбіжність визначалася по середньому і максимальному значенню.

Середня величина розбіжності

$$\Delta\Theta_C = \frac{\sum_{i=1}^n (\Theta_{Ei} - \Theta_{Pi})}{n}, \quad (2.35)$$

де Θ_{Ei} - величина параметра, визначеного в i -ій точці експерименту;

Θ_{Pi} - величина параметра, отримана розрахунковим шляхом і збігається в часі з експериментальною точкою;

n - кількість точок експерименту.

Відносна розбіжність експериментальних і розрахункових даних

$$\Delta = \frac{\Delta\Theta_C}{\Theta_C}, \quad (2.36)$$

де Θ_c - середня величина оцінюваного параметра.

Максимальне значення розбіжності

$$\Delta\Theta_M = \max(|\Theta_{Ei} - \Theta_{Pi}|), i = 1 \dots n. \quad (2.37)$$

Відносна максимальна розбіжність

$$\Delta_M = \frac{\Delta\Theta_M}{\Theta_{Ej}}, \quad (2.38)$$

де Θ_{Ej} - величина параметра, отриманого експериментально та відповідного точці максимального розбіжності j .

Величини розбіжностей експериментальних і теоретичних даних наведені в табл. 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Величина середньої і максимальної розбіжності експериментальних і розрахункових даних для автомобіля ЗАЗ-1103 «Славута» з пробігом 7 тис. км

Параметр	Середня		Максимальна	
	Величина, град	%	Величина, град	%
Кут повороту керованих коліс автомобіля	0,53	5,25	2,06	7,17

При оцінці адекватності математичної моделі за збігом результатів, отриманих теоретично і експериментально, необхідно враховувати точність дослідних даних.

Таблиця 2.2 – Величини середньої та максимальної розбіжності експериментальних і розрахункових даних для автомобілів ЗАЗ-1103 «Славута» з пробігом 55 тис. км та ЗАЗ-110206 «Таврія-Нова» з пробігом 82 тис. км

Параметр	Середня				Максимальна			
	Внутрішній поворот		Зовнішній поворот		Внутрішній поворот		Зовнішній поворот	
	Величина, град	%	Величина, град	%	Величина, град	%	Величина, град	%
Кут повороту керованих коліс автомобіля ЗАЗ-1103 «Славута»	0,54	70,7	0,216	60,7	1,32	10,2	0,47	7,26
Кут повороту керованих коліс автомобіля ЗАЗ-110206 «Таврія-Нова»	0,37	40,4	0,428	12,2	1,82	10,4	0,82	13,2

Максимальна розбіжність експериментальних і теоретичних даних становить 13,2%, що свідчить про адекватність аналітичних залежностей, розроблених в розділі 2.

При визначенні впливу відхилення геометричних параметрів основи несучої системи на відхилення легкового автомобіля від заданої смуги руху

експериментальні дослідження проводились на рівному сухому майданчику. Експериментальні дослідження проводились на підставі методик, наведених у джерелах [14, 25-27]. Попередньо на двох випробовуваних автомобілях було перевірено тиск в шинах і доведено до норми, агрегати і шини були прогріті. Випробування проводилися в безвітряну погоду. У кожную сторону проводилося по 5 заїздів. Це дозволило врахувати похибку, викликану наявністю невеликого ухилу майданчика для випробувань. На майданчик була нанесена лінія, довжиною 60 метрів, яка обмежувала ліву сторону коридору руху автомобіля і одночасно була нульовою лінією для відліку значення відведення. На цю лінію були нанесені поділки через 10, 20, 30 і 50 метрів для вимірювання значень відведення автомобіля. Вимірювання проводились по сліду, залишеному автомобілем щодо нульової лінії відліку. Схема проведення вимірювання приведена на рис. 2.15.

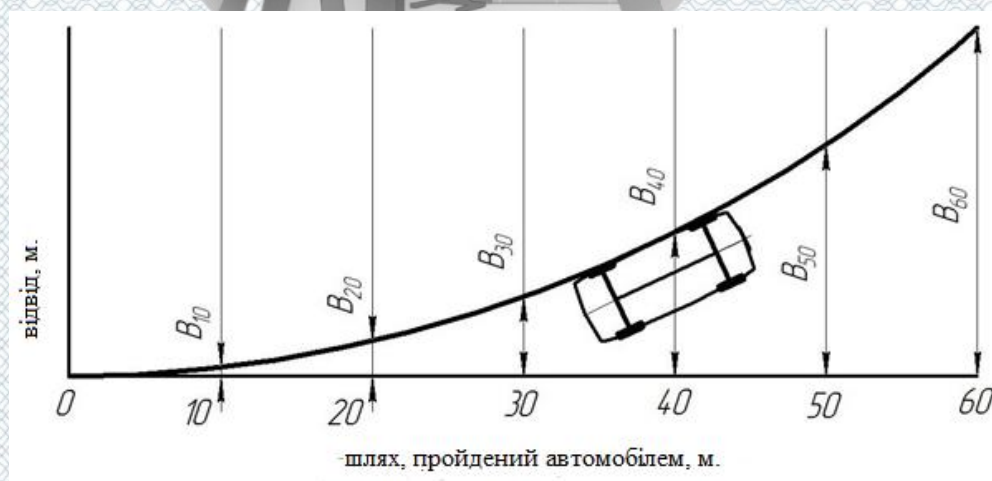


Рисунок 2.15 – Схема проведення вимірювань відхилення автомобіля від заданого коридору руху

В якості маркера, за яким визначалося відведення, використовувався водяний слід, який залишає автомобіль при русі. Для цього в районі заднього лівого колеса була виведена трубка, діаметром 3 мм, закріплена на жорсткому

каркасі, який, в свою чергу, кріпився до порога автомобіля. Відстань від кінця трубки до поверхні майданчика становила 8 ± 2 мм. Другий кінець трубки був закріплений в каністрі з водою. Сама каністра кріпилася на задньому сидінні автомобіля.

Експеримент проходив так. Випробуваний автомобіль розганявся по черзі до швидкості 40 км / год і 60 км / год, встановлювався прямолінійний рух в заданому коридорі, після чого на протязі 3-4 секунд після проходження автомобілем нульової лінії водій не чинив ніяких коригувальних впливів на рульове керування. Швидкість руху під час заїзду витримувалася постійної в 40 км / год і 60 км / год.

Після кожного заїзду проводилися виміри відведення. Для швидкостей руху 40 км / год на відмітках 10, 20, 30 метрів, для 60 км / год - 20, 30, 50 метрів.

Результати експериментальних досліджень наведені на рис. 2.16 - 2.17.

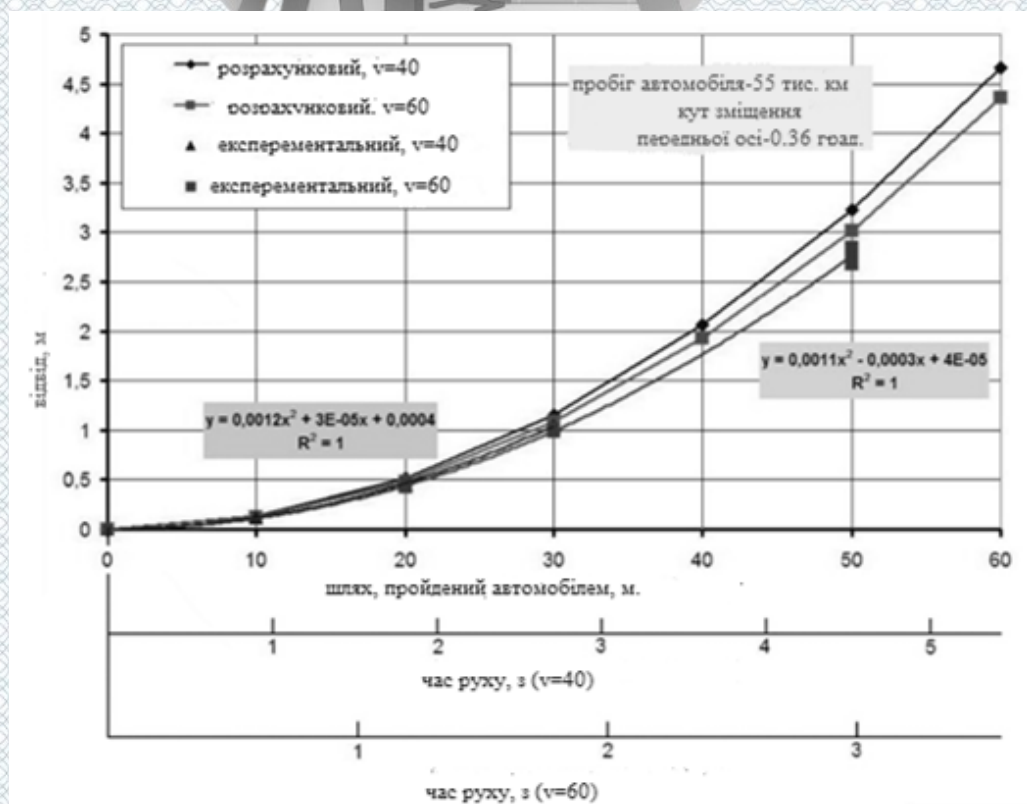


Рисунок 2.16 - Результати визначення відведення автомобіля ЗАЗ-1103 при наявності кутового зсуву передньої осі

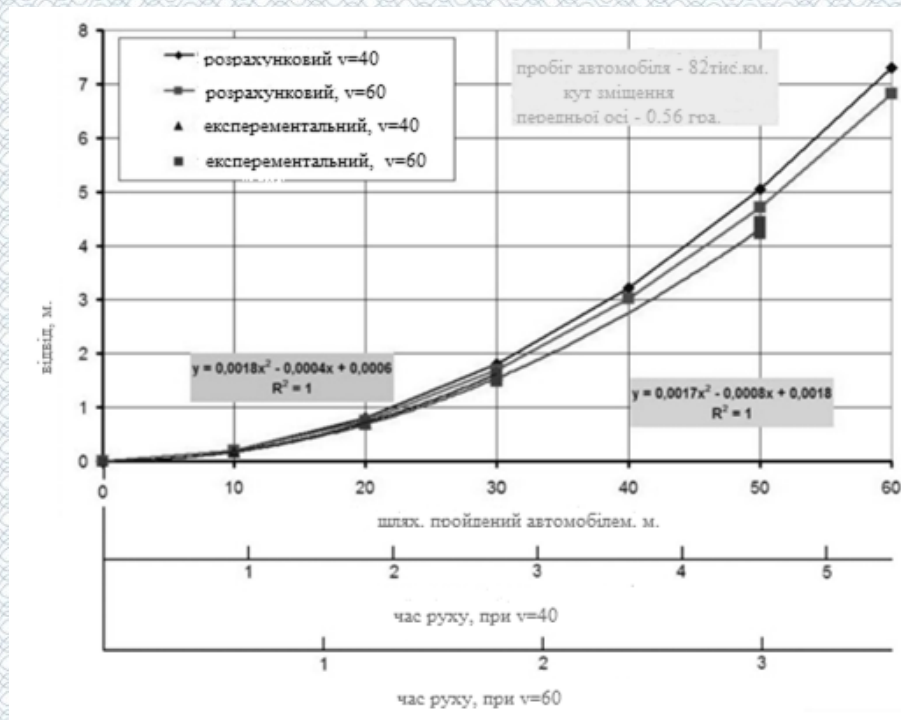


Рисунок 2.17 - Результати визначення відведення автомобіля ЗАЗ-110206 при наявності кутового зсуву передньої осі

Обробка результатів експериментальних досліджень показала, що при наявності відхилень точок кріплення підвіски від їх номінального положення збільшується відведення легкового автомобіля від заданої смуги руху. Відведення з прямолінійної траєкторії руху при швидкості руху 60 км / год склало:

- для автомобіля ЗАЗ-1103 (кутовий зсув передньої осі - 0,36 °) - 2,0 метра за 2,5 с;
- для автомобіля ЗАЗ-110206 (кутовий зсув передньої осі - 0,56 °) - 3,0 метра за 2,5 с.

Для перевірки достовірності визначення відведення автомобілів з заданого коридору руху оцінювалася розбіжність експериментальних і розрахункових даних. Зазначена розбіжність визначалася по середньому і максимальному значенню.

Середня величина розбіжності

$$\Delta B_c = \frac{\sum_{i=1}^n (B_{Ei} - B_{Pi})}{n}, \quad (2.39)$$

де B_{Ei} - величина параметра, визначеного в i -ій точці експерименту;

B_{Pi} - величина параметра, отримана розрахунковим шляхом і збігається в часі з експериментальною точкою;

n - кількість точок експерименту.

Відносна розбіжність експериментальних і розрахункових даних



$$\Delta = \frac{\Delta B_c}{B_c}, \quad (2.40)$$

де B_c - середня величина оцінюваного параметра.

Максимальне значення розбіжності

$$\Delta B_M = \max(|B_{Ei} - B_{Pi}|), \quad i = 1 \dots n. \quad (2.41)$$

Відносна максимальна розбіжність

$$\Delta_M = \frac{\Delta B_M}{B_{Ej}}, \quad (2.42)$$

де B_{Ej} - величина параметра, отриманого експериментально та відповідного точці максимального розбіжності j .

Величини розбіжностей експериментальних і теоретичних даних наведені в табл. 2.3. При оцінці адекватності математичної моделі за збігом результатів,

отриманих теоретично і експериментально, необхідно враховувати точність дослідних даних.

Таблиця 2.3 - Величини середньої та максимальної розбіжності експериментальних і розрахункових даних по визначенню відведення для автомобілів ЗАЗ-1103 «Славута» та ЗАЗ-110206 «Таврія-Нова»

Параметр	Середня				Максимальна			
	40 км/ч		60 км/ч		40 км/ч		60 км/ч	
	Величина, м	%	Величина, м	%	Величина, м	%	Величина, м	%
Відведення автомобіля ЗАЗ-1103 «Славута»	0,05	90,7	0,04	80,92	0,017	13,2	0,06	12,45
Відведення автомобіля ЗАЗ-110206 «Таврія-Нова»	0,08	10,2	0,15	90,11	0,105	13,13	0,203	13,65

Таким чином, за результатами виконаних досліджень можна прийти до таких висновків.

1. Встановлені базові точки несучої системи, відхилення від номінального положення яких приводить до порушення взаємного розташування осей легкового автомобіля. Ними є точки кріплення підвіски до основи несучої системи легкового автомобіля.

2. Розроблені математичні моделі, які дозволяють оцінити вплив відхилення базових точок на поворотність та стійкість легкового автомобіля.

3. Проведені експериментальні дослідження показали, що відхилення базових точок, які приводять до кутових зміщень осей, впливають на поворотність та стійкість легкового автомобіля.

4. Величини розходження експериментальних та теоретичних даних не перевищують 13,65 %, що свідчить про адекватність розроблених математичних моделей. Причиною такого розходження є бокове відведення коліс автомобіля, яке розраховується за математичними залежностями, а не визначається в ході експерименту.



РОЗДІЛ 3.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КОНТРОЛЮ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ НЕСУЧОГО КУЗОВА АВТОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЇ М1 В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

3.1 Визначення граничних відхилень базових точок

Аналіз нормативних вимог і вимог безпеки руху до керованості і стійкості легкового автомобіля як при сертифікації, так і в процесі експлуатації показав відсутність будь яких вимог по періодичності контролю геометрії несучих систем легкових автомобілів. Відсутні також і нормативи по граничних відхиленнях базових точок кріплення передньої і задньої підвіски до основи несучої системи щодо їх номінального положення, а також рекомендації по періодичності контролю їх взаємного положення.

Аналіз теоретичних і експериментальних досліджень показав, що відхилення базових точок, викликані зміною технічного стану несучої системи в процесі експлуатації, призводять до зсувів осей легкового автомобіля. В результаті порушення паралельності розташування передньої і задньої осі погіршуються поворотність і стійкість легкового автомобіля, знижується безпека руху.

Щоб забезпечити стабільність експлуатаційних властивостей і безпеку руху необхідно контролювати положення базових точок кріплення підвіски для запобігання виникнення критичних режимів руху. Для цього потрібно визначити граничні відхилення положення базових точок, після чого визначити періодичність контролю.

При визначенні граничних відхилень скористаємось аналітичними залежностями, приведеними в розділі 2. Приймаємо, що елементи підвіски не деформовані, кути встановлення коліс, а також люфти в колісних вузлах в нормі. Розглядаються лише кутові зміщення осей, оскільки лінійні зміщення не

приводять до відчутної зміни радіусів повороту (див. розділ 2). Встановлення граничних відхилень проведемо по двом критеріям, обраним в розділі 2.

Загальним обмежуючим фактором в обох випадках буде швидкість руху легкового автомобіля. Згідно з Постановою Кабінету міністрів України «Про правила дорожнього руху» від 10 жовтня 2001 року № 1306 і внесеними в неї змінами дозволеними швидкостями руху для автомобілів є: 60 км/г в межах населеного пункту, 90 км/г за його межами.

Ще одним обмежувальним фактором при розрахунках приймаємо коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою ϕ . В розрахунках будемо розглядати два випадки: $\phi = 0,8$ – сухе асфальтоване шосе, і $\phi = 0,32$ – сніжна вкатана дорога [29].

Відповідно до цього, граничні відхилення базових точок кріплення підвіски до несучої системи мають бути встановлені так, щоб забезпечити рух легкового автомобіля у встановленому діапазоні швидкостей і дорожніх умов.

Визначимо граничні значення кутових відхилень осей легкового автомобіля за критерієм зміни поворотності. Аналіз результатів розрахунків, проведених в розділі 2, показав, що, разом із зміною кутів повороту керованих коліс, при певних значеннях кутового зміщення осей настає момент, коли для здійснення повороту необхідно повертати кермо убік, протилежний до повороту. Такий випадок небезпечний тим, що після входу в поворот водій через час запізнювання реакції в мить, коли радіус повороту досягне граничного значення за швидкістю руху, і кутове зміщення осі, може вчасно не зреагувати на необхідність зміни напрямку повороту керованих коліс. Це може привести до відведення автомобіля з дорожнього полотна і його перекидання. Таким чином, граничними кутовими зміщеннями осей автомобіля вважатимемо такі зміщення, при яких з урахуванням обмежень за швидкістю руху і коефіцієнтом зчеплення коліс з дорогою кут повороту керованих коліс дорівнює нулю. У разі $\Theta < 0$ кутові зміщення осей вважаються неприпустимими, а легковий автомобіль -

непридатним до експлуатації, оскільки його технічний стан підвищує ризик виникнення ДТП.

Результати визначення граничних значень кутових зміщень осей за критерієм зміни поворотності для автомобіля ЗАЗ-1103 приведені на рис. 3.1. Принцип визначення граничних значень для інших автомобілів той же, тому результати розрахунків граничних значень для них не наводяться.

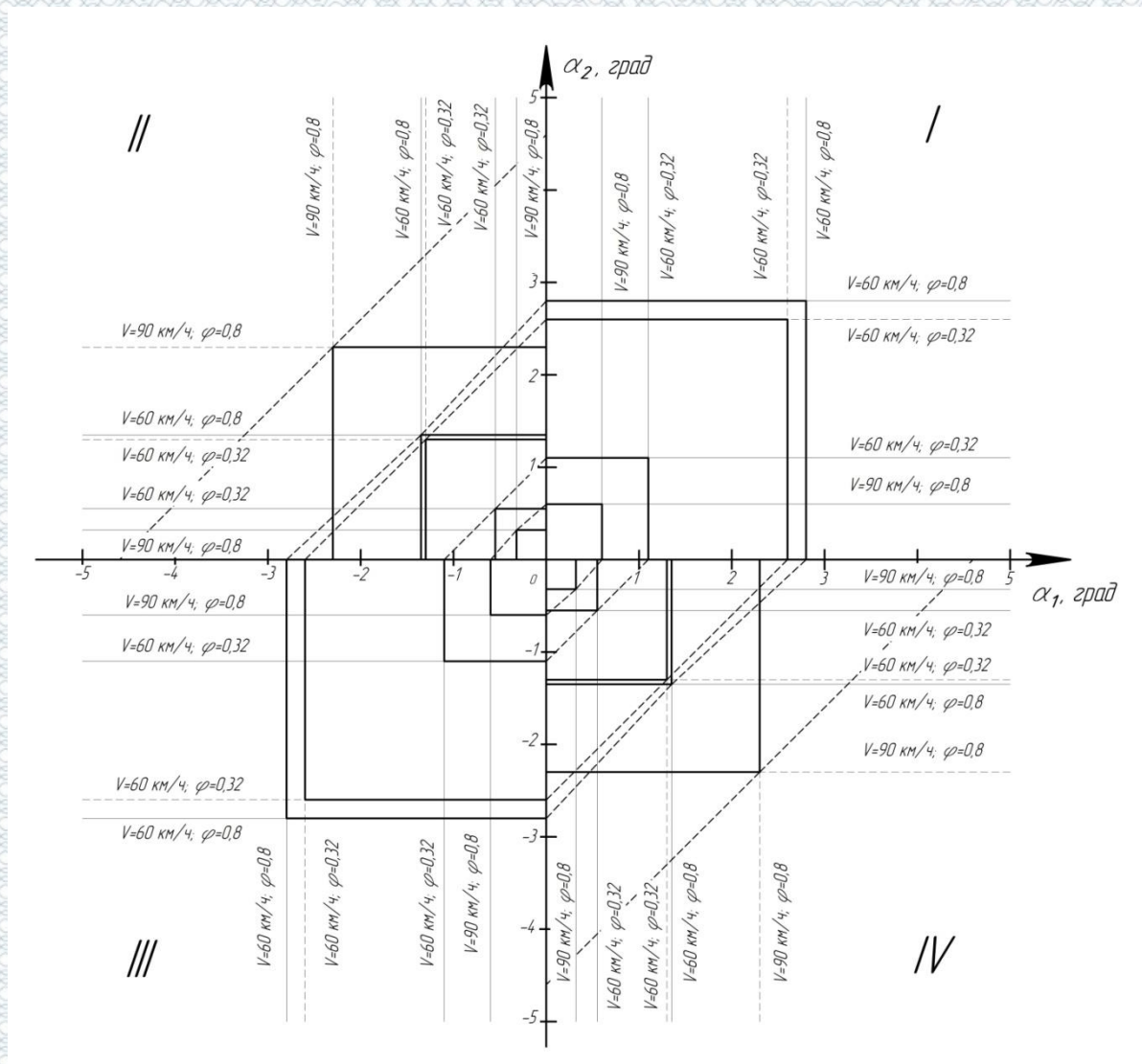


Рисунок 3.1 – Схема визначення обмежень кутових зміщень осей за критерієм зміни поворотності на прикладі автомобіля ЗАЗ-1103

Діаграма побудована так, щоб врахувати різні варіанти зміщень осей легкового автомобіля. У зонах II і IV розташовані обмеження для варіантів

одночасного зміщення осей в протилежних напрямках. Жирними лініями нанесені граничні значення кутових зміщень за умови одночасного зміщення осей в протилежні сторони на однаковий кут. Так, для умов $V=90$ км/г і $\varphi=0,8$ граничне кутове зміщення як передньої, так і задньої осі для автомобіля ЗАЗ-1103 складе $0^\circ 19'$.

У разі, якщо осі зміщені в різні боки на різні кути, зона допустимих значень кутових зміщень обмежена штриховою лінією і знаходиться між граничними значеннями кутових зміщень окремих осей за таких же граничних умов. Для автомобіля ЗАЗ-1103 ця зона знаходиться в межах $\alpha_1 = \alpha_2 = \pm 0^\circ 38'$. У такому разі, точка перетину допустимих відхилень кожної з осей окремо має бути в зоні, обмеженій штриховою лінією, або на самій лінії.

У зонах I і III розташовані граничні значення кутових зміщень для кожної осі окремо при різних значеннях обмежуючих чинників. Для автомобіля ЗАЗ-1103 за умов $V=90$ км/ч і $\varphi=0,8$ граничне кутове зміщення передньої або задньої осі складе $0^\circ 38'$. У разі, якщо обидві осі зміщено в один бік на однаковий кут, це еквівалентно лінійному зміщенню осей, яке не чинить істотного впливу на показники керованості і стійкості. Якщо ж напрями кутового зміщення осей співпадають, але значення зміщення різні, слід розглядати еквівалентний кут, який дорівнює різниці між значеннями кутових зміщень передньої і задньої осі.

Для забезпечення ефективної і безвідмовної експлуатації легкового автомобіля доцільно встановити жорсткі обмеження на кутові зміщення осей, що не допускають підбору різних комбінацій. Аналіз приведеної на рис. 4.1 діаграми показав, що з різних варіантів кутових зміщень осей найбільш жорсткі вимоги пред'являються для випадку одночасного зміщення передньої і задньої осей автомобіля в протилежних напрямках на однаковий кут при $V=90$ км/ч і $\varphi=0,8$. Значення $0^\circ 19'$ є граничним кутовим зміщенням передньої або задньої осі для автомобіля ЗАЗ-1103 за критерієм зміни поворотності. Технічний вплив

необхідно виконувати у разі, якщо кутове зміщення хоч би однієї з осей автомобіля досягло або перевищило граничне значення.

Визначимо граничні значення кутових відхилень осей легкового автомобіля за критерієм стійкості. Граничним в даному випадку рахуватимемо кутове зміщення осей, при якому в інтервалі 0,5 - 2,5 секунд руху відведення автомобіля з прямолінійної траєкторії перевищує 2 метри. Такого значення відведення прийняте виходячи з ширини смуги руху в 3,5 метри. Ширина легкового автомобіля прийнята в середньому рівною 1,5 метра. Таким чином, при відведенні понад 2 метри автомобіль може виїхати на смугу зустрічного руху, що може привести до зіткнення із зустрічно рухомим ДТЗ, або попаданню в кювет. Інтервал часу вибраний виходячи з часу запізнювання реакції водія, яке знаходиться в межах 0,5 - 2,5 секунди [27]. Отже, допустимими рахуватимемо кутові зміщення осей, при яких відхилення автомобіля від заданої смуги руху більш ніж на 2 метри відбувається за час $t > 2,5$ секунд.

Результати визначення граничних значень кутових зміщень осей за критерієм відведення з прямолінійної траєкторії руху для автомобіля ЗАЗ- 1103 приведені на рис. 3.2. Принцип визначення граничних значень для інших автомобілів той же, тому результати розрахунків граничних значень для них не наводяться.

Принцип побудови діаграми ідентичний з визначенням граничних відхилень за критерієм поворотності легкового автомобіля. Діаграма побудована так, щоб врахувати різні варіанти зміщень осей легкового автомобіля.

Аналіз приведеної на рис. 3.2 діаграми показав, що з різних варіантів кутових зміщень осей найбільш жорсткі вимоги пред'являються для випадку одночасного зміщення передньої і задньої осей автомобіля в протилежних напрямках на однаковий кут при $V = 90$ км/г і $\varphi = 0,32$. Значення $0^{\circ}9'$ є граничним кутовим зміщенням передньої або задньої осі для автомобіля ЗАЗ- 1103 за критерієм відведення з прямолінійної траєкторії руху. Технічну дію

необхідно виробляти у разі, якщо кутове зміщення хоч би однієї з осей автомобіля досягло або перевищило граничне значення.

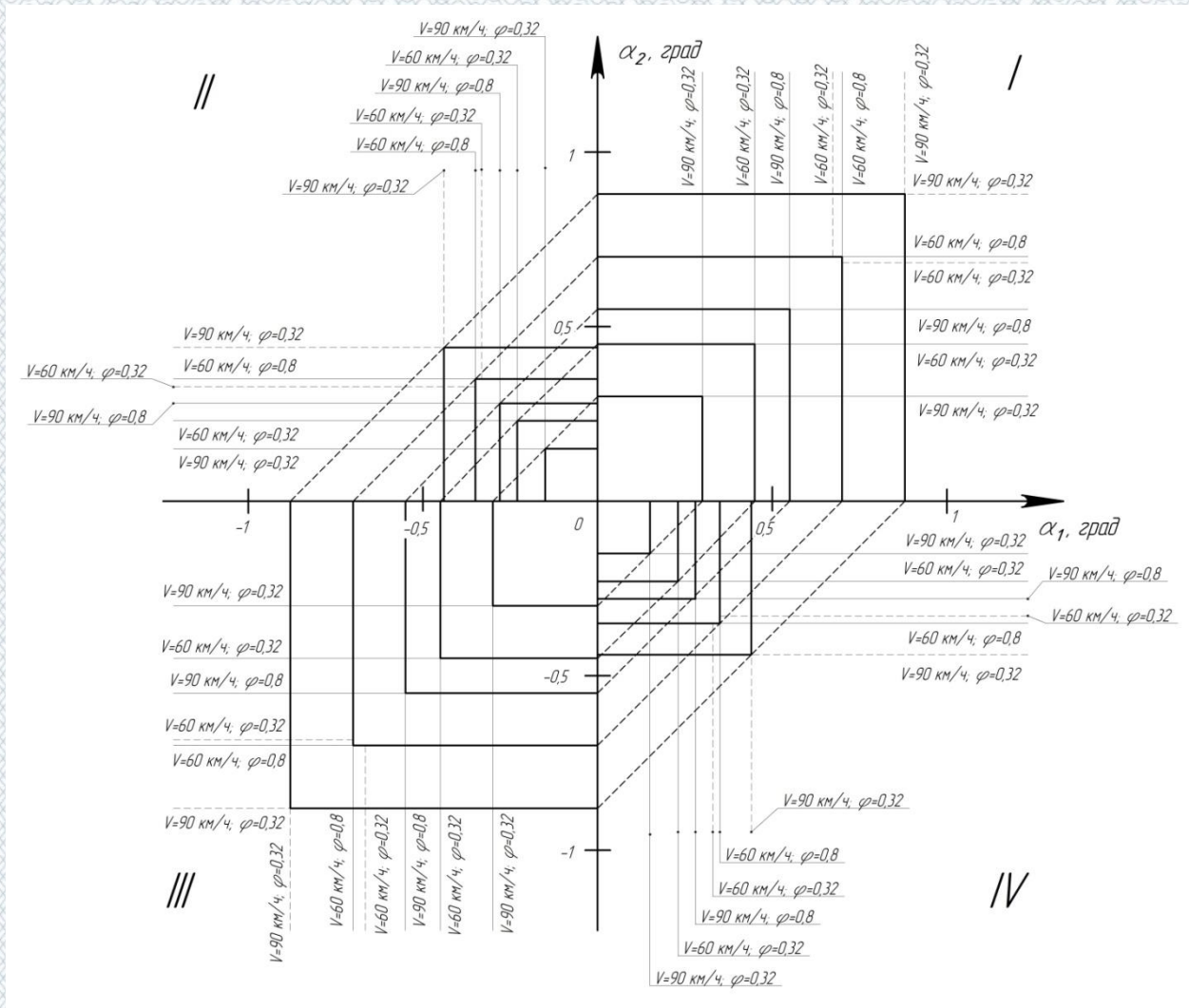


Рисунок 3.2 – Схема визначення обмежень кутових зміщень осей за критерієм стійкості на прикладі автомобіля ЗАЗ-1103.

Порівняння граничних кутових відхилень осей за критеріями поворотності і стійкості показані на рис. 3.3.

Аналіз результуючої схеми показав, що жорсткіші вимоги до граничних кутових зміщень осей пред'являються за критерієм відхилення від заданої смуги руху. Тому граничним для автомобіля ЗАЗ-1103 рахуватимемо кутове зміщення передньої або задньої осі на кут $0^{\circ}9'$.

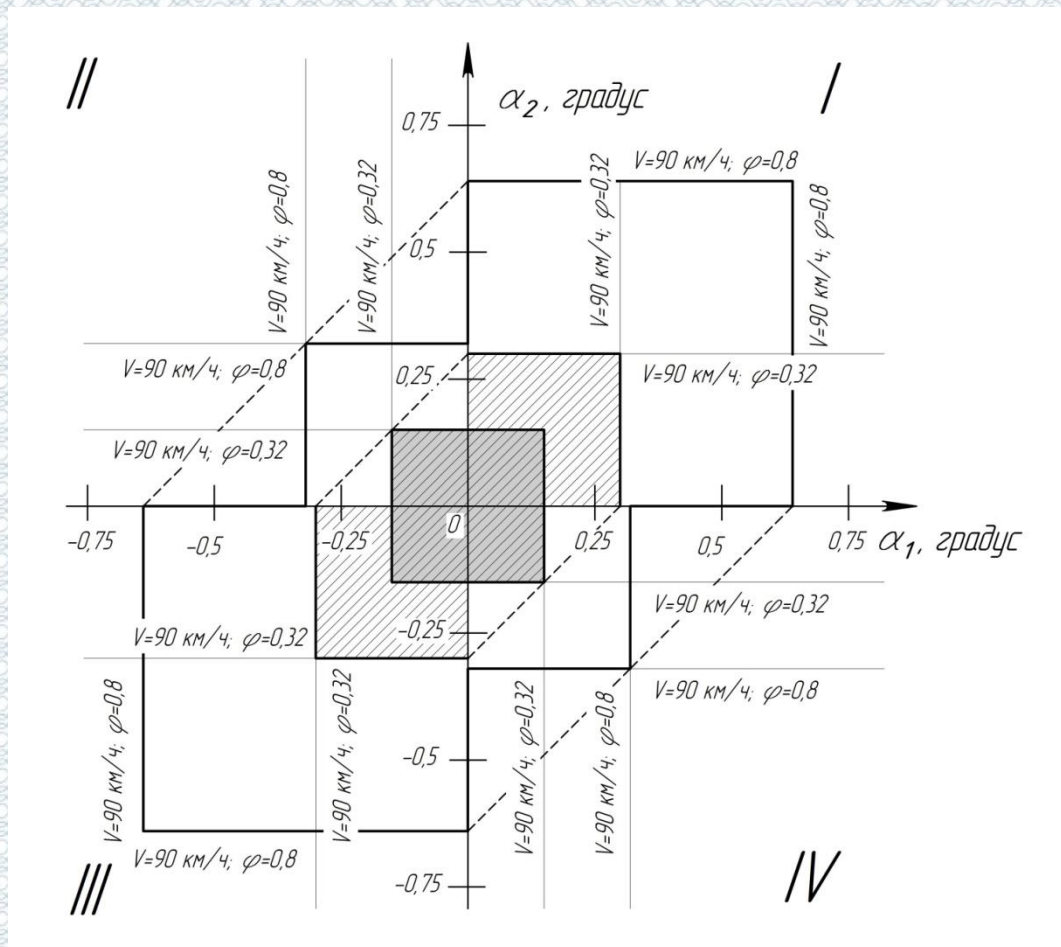


Рисунок 3.3 – Результируюча схема визначення граничних кутових зміщень осей на прикладі автомобіля ЗАЗ-1103.

Так само визначаються граничні кутові відхилення осей і для інших моделей легкових автомобілів. Виходячи з отриманих граничних кутових відхилень осей виконується розрахунок граничних лінійних відхилень базових точок кріплення підвіски до несучої системи спираючись на залежність (2.4), а також геометричні параметри несучої системи легкового автомобіля. Прийняті значення граничних лінійних відхилень базових точок кріплення підвіски для автомобілів ЗАЗ-1103 і ЗАЗ Lanos приведені на рис. 3.4 - 3.5, і в таблиці. 3.1 - 3.2. Значення приведені для найбільшого допустимого відхилення хоч би однієї з базових точок кріплення підвіски. Якщо хоч би одна з них має відхилення, що перевищує встановлене, це свідчить про перевищення допустимого кутового зміщення осі і вимагає коригувальних дій.

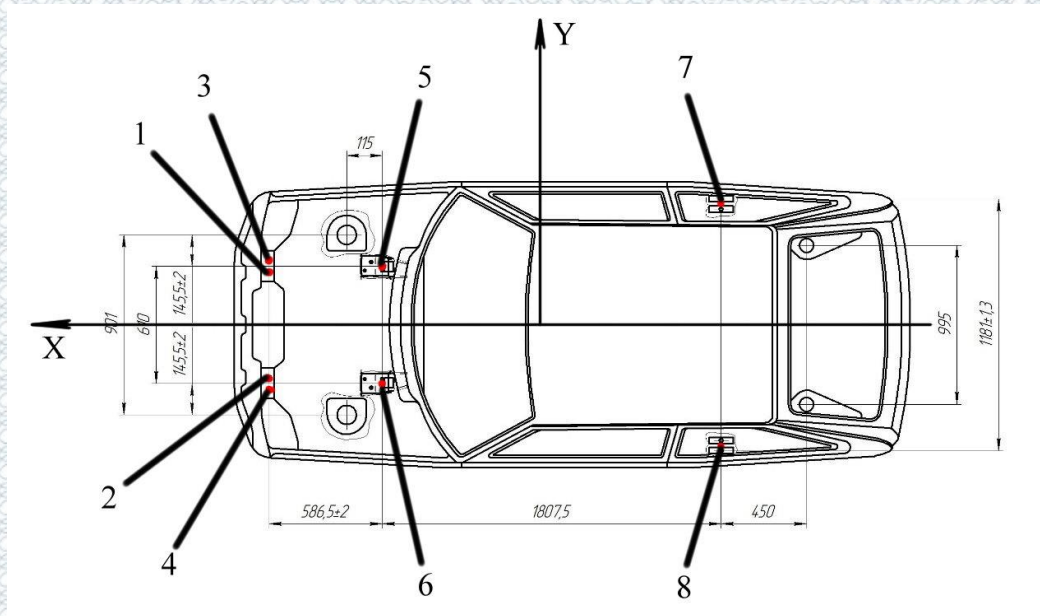


Рисунок 3.4 – Розташування базових точок кріплення підвіски на автомобілі ЗАЗ- 1103.

Таблиця 3.1 – Значення граничних відхилень базових точок кріплення підвіски до основи несучої системи автомобіля ЗАЗ-1103

Лінійні відхилення контрольних точок		
Номер контрольної точки	Значення відхилення, мм (не більш)	
	X	Y
1	±1,74	±2,48
2	±1,5	
3	±1,5	
4	±1,74	
5	±1,6	±0,6
6		
7	±3,1	±2,1
8		

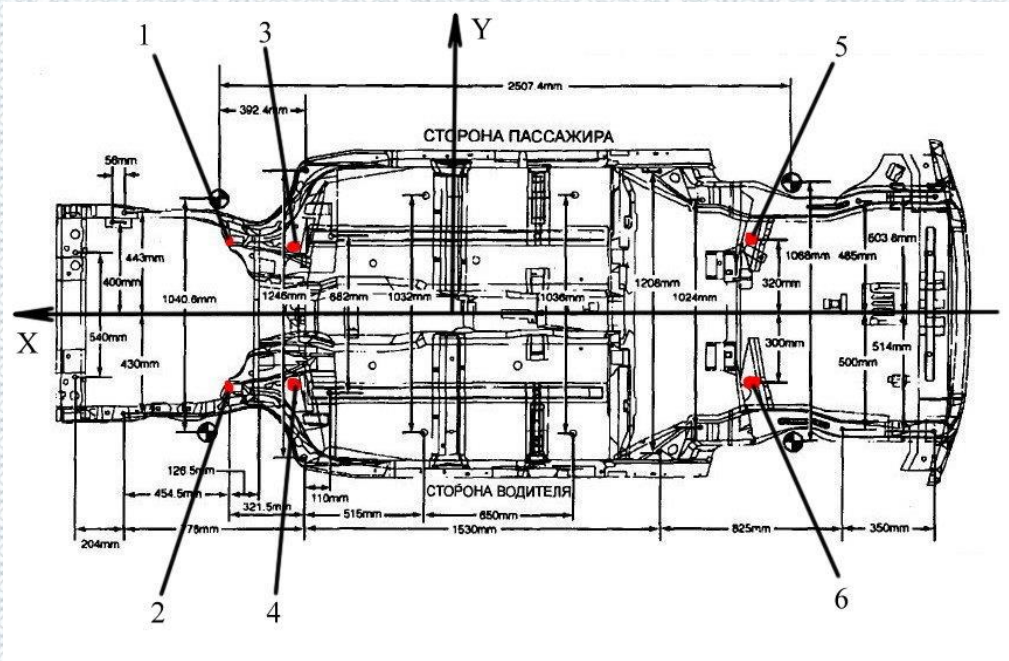


Рисунок 3.5 - Розташування базових точок кріплення підвіски на автомобілі ЗАЗ Lanos

Таблиця 3.2 - Значення граничних відхилень базових точок кріплення підвіски до основи несучої системи автомобіля ЗАЗ Lanos

Лінійні відхилення контрольних точок		
Номер контрольної точки	Значення відхилення, мм (не більше)	
	X	Y
1	$\pm 2,4$	$\pm 0,51$
2	$\pm 2,4$	$\pm 0,51$
3	$\pm 2,3$	$\pm 3,04$
4	$\pm 2,3$	$\pm 3,04$
5	$\pm 2,4$	$\pm 1,6$
6	$\pm 2,3$	$\pm 1,6$

3.2 Визначення періодичності контролю технічного стану несучої системи автомобілів категорії М1

Для забезпечення стабільності експлуатаційних властивостей необхідно проводити контроль несучої системи легкового автомобіля в процесі експлуатації. Це дозволить виявити і своєчасно усунути відхилення базових точок кріплення підвіски, що в свою чергу дозволить уникнути появи кутових зміщень осей і підвищить безпеку руху.

Для визначення періодичності контролю несучої системи легкового автомобіля скористаємося існуючими методами визначеннями періодичності ТО.

Аналіз робіт [41-44] показав, що розроблено і використовується значна кількість різних методів визначення періодичності ТО. Всі існуючі методи визначення періодичності ТО можна розподілити на: найпростіші (метод аналогії по прототипу); аналітичні, засновані на результатах спостережень і основних закономірностях ТЕА; імітаційні, засновані на моделюванні випадкових процесів.

При цьому, серед методів в технічній експлуатації автомобілів найбільш поширеними є методи по допустимому рівню безвідмовності; по закономірності зміни параметра технічного стану та його допустимому значенню; техніко-економічний метод та економіко-імовірнісний метод.

До найважливіших нормативів технічного забезпечення транспортного процесу належить витрата запасних частин, експлуатаційних матеріалів, обмінного фонду агрегатів та ін. Ці нормативи використовують для планування робіт з ТО і ремонту автомобілів в автотранспортних і автообслуговуючих підприємствах.

Розрахуємо періодичність контролю основи несучої системи легкового автомобіля на прикладі автомобілів ЗАЗ-1103 і ЗАЗ Lanos.

Граничні відхилення базових точок кріплення підвіски до основи несучої системи автомобілів ЗАЗ-1103 і ЗАЗ Lanos наведені раніше в табл. 2.1 - 2.2.

Для розрахунку періодичності контролю підстави несучої системи цих автомобілів скористаємося методом визначення періодичності ТО по закономірності зміни параметра технічного стану та його допустимому значенню, поясненнями, наведеними в [41], статистичними даними з [45] за формулою

$$L_{\text{ТО}} \cong \frac{Y_{\text{ПД}} - Y_{\text{Н}}}{a_{\text{ПД}}}; \quad a_{\text{ПД}} = \mu \cdot \bar{\alpha}, \quad (3.4)$$

де $\bar{\alpha}$ – середня інтенсивність зміни параметра технічного стану;

$Y_{\text{Н}}$ – початкове відхилення контрольної точки щодо її номінального положення;

$Y_{\text{ПД}}$ – граничнодопустиме відхилення точки щодо її номінального положення;

μ – коефіцієнт максимально допустимої інтенсивності зміни параметра технічного стану, перевищення якого означає, що ризик відмови до направлення виробу на обслуговування буде більше заданого, тобто $F_2 > F_{\text{Д1}}$.

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

Для нормального закону розподілу

$$\mu = 1 + t_{\text{Д}} \cdot \nu, \quad (3.5)$$

де $t_{\text{Д}} = (a_{\text{ПД}} - a) / \sigma$ – нормальне відхилення, відповідне довірчого рівню ймовірності;

ν – коефіцієнт варіації.

За формулою (3.5) знайдемо коефіцієнт максимально допустимої інтенсивності зміни параметра технічного стану

$$\mu = 1 + 1,28 \cdot 0,15 = 1,19.$$

Періодичність контролю визначимо по залежності (3.4):

- для автомобіля ЗАЗ Lanos

$$L_D \cong \frac{Y_{ПД} - Y_H}{\mu \cdot \bar{\alpha}} = \frac{2,4 - 0}{1,19 \cdot 0,04} = 50,42 \text{ тис. км};$$

- для автомобіля ЗАЗ-1103

$$L_D \cong \frac{Y_{ПД} - Y_H}{\mu \cdot \bar{\alpha}} = \frac{1,5 - 0}{1,19 \cdot 0,05} = 25,2 \text{ тис. км.}$$

Таким чином, для своєчасного попередження виходу базових точок кріплення підвіски за допустимі межі, необхідно проводити контроль основи несучої системи автомобіля ЗАЗ Lanos з періодичністю в 50 тис. км, а ЗАЗ-1103 - 25 тис. км. Такі періодичності відповідають періодичності проходження технічного обслуговування даними моделями автомобілів.

Описана методика визначення періодичності контролю основи несучої системи легкового автомобіля по базових точках кріплення підвіски придатна і до інших марок легкових автомобілів.

3.3 Практичні рекомендації за результатами виконаних досліджень

Результати досліджень можуть бути застосовані як на етапі експлуатації, так і на етапі проектування легкових автомобілів.

На етапі проектування нового легкового автомобіля здійснюється встановлення допустимих відхилень базових точок кріплення підвіски до несучої системи і періодичність їх контролю.

На першому етапі, на підставі параметрів майбутнього автомобіля, по приведеним в розділі 2 аналітичним залежностям виконується розрахунок граничних відхилень базових точок кріплення підвіски до несучої системи. Розрахунок виконується за умовою відведення легкового автомобіля із заданого коридору руху. Граничні значення кутових зміщень осей встановлюються так, щоб відведення легкового автомобіля із заданого коридору руху при максимально можливих кутах відведення коліс за 2,5 секунди не перевищувало 2-х метрів. Далі отримані граничні кутові відхилення осей перераховують в граничні відхилення базових точок кріплення підвіски до несучої системи.

На етапі ресурсних випробувань дослідних зразків з періодичністю 10 тис. км пробігу виконують контроль положення базових точок кріплення підвіски до несучої системи і будують діаграму. При прискорених випробуваннях контроль виконується з періодичністю, еквівалентною 10 тис. км пробігу.

Далі, по залежностях (3.4) і (3.5) виконується розрахунок періодичності контролю положення базових точок кріплення підвіски. Прийняті значення округляються в меншу сторону до періодичності проходження регламентного технічного обслуговування.

Наприклад, для автомобіля ЗАЗ Lanos періодичність контролю склала 50,42 тис. км. Для того, щоб гарантувати безвідмовну роботу легкового автомобіля, отримане значення необхідно округлити в меншу сторону. Отримаємо 50 тис. км пробігу до контролю положення базових точок кріплення підвіски. Економічно недоцільно в міжрегламентний період здійснювати роботи по контролю, а тим більше по відновленню геометричних параметрів несучої системи.

У разі, якщо $L_d < 100$ тис. км, доцільно прийняти заходи по підвищенню жорсткості несучої системи і довести L_d до 100 тис. км, підвищивши тим самим якість продукції, що випускається, і забезпечивши надійну експлуатацію несучої системи в гарантійний період.

На етапі експлуатації рішення приймаються по наступному алгоритму.

Проводячи зі встановленою періодичністю контроль положення базових точок кріплення підвіски до несучої системи оператор порівнює поточні значення координат базових точок X_T з граничними X_{II} . Якщо $X_T \geq X_{II}$, вимагається проведення робіт по відновленню геометричних параметрів несучої системи.

При детальнішому обстеженні необхідно виявити наявність ушкоджень несучих елементів, якими, як правило, являються лонжерони, стійки, подовжні і поперечні бруси основи. Пошкоджені елементи вимагають заміни. Їх правка, за вимогами заводів-виробників і забезпечення безпеки пасажирів, не допускається. Інші дефекти можливо усунути правкою.

Після відновних операцій несуча система повторно піддається контролю. Якщо дотримується умова

$$X_T = X_{II} \pm \Delta, \quad (3.6)$$

де Δ - допуск на положення базової точки після відновних операцій, то автомобіль допускається до подальшої експлуатації. Якщо умова не виконується, вимагається проведення додаткових ремонтних робіт з наступним повторним контролем.

У разі, якщо, виконується прогнозування пробігу автомобіля до наступного контролю. Прогнозування здійснюється за залежністю

$$L_K^I = L \left(\frac{X_{II} - X_0}{X_T - X_0} - 1 \right), \quad (3.7)$$

де L'_K – скоректований пробіг до наступного контролю, тис. км;

L – поточне значення пробігу автомобіля, тис. км;

X_{II} – граничне значення контролюваного параметра, мм;

X_0 – початкове значення контролюваного параметра, мм;

X_T – поточне значення контролюваного параметра, мм,

приймаючи лінійний характер зміни контролюваного параметра.

Якщо $L'_K \geq L_{TO-1}$, то допускається подальша експлуатація автомобіля до наступного регламентного технічного обслуговування. Якщо ця умова не дотримується, то необхідно провести ремонтні роботи по відновленню геометричних параметрів несучої системи.

3.4 Розрахунок рівня комерціалізації розробок

Ефективності використання розробок оцінюється такими показниками як ефективність вкладених інвестицій та період їх окупності. В процесі оцінювання цих показників визначаються: сума, дохідність та її індекс, строк окупності впровадження розробки. Економічні показники можна визначити з використанням програмного забезпечення «Інвестиційний аналіз (бізнес-план)», «Project Expert» тощо.

Методичні рекомендації з розроблення бізнес-плану підприємств (наказ Міністерства економіки від 06.09.2006 № 290) визначають методику прогнозування фінансових результатів та встановлення порогу рентабельності.

В даній МКР вартість витрат, необхідних для виконання наукових досліджень із забезпечення підвищення безпеки руху автомобілів категорії М1 шляхом контролю зміни параметрів несучого кузова в умовах СТО «Автородина» будемо визначати з урахуванням таких поточних і інвестиційних витрат:

– витрати, необхідні для підготовки робочого плану виконання досліджень із забезпечення підвищення безпеки руху автомобілів – 9400 грн.;

– витрати на виконання теоретичних досліджень із забезпечення підвищення безпеки руху автомобілів в умовах експлуатації – 24200 грн.;

– витрати пов'язані з придбанням, транспортуванням, монтажем, наладкою та освоєнням нового обладнання, проведенням експериментів і обробкою експериментальних даних – 142000 грн.;

– витрати пов'язані з набором та навчанням персоналу – 6800 грн.;

– витрати пов'язані зі створенням виробничих площ, які пов'язані з комерціалізацією розробок – 15680 грн.;

– витрати пов'язані з необхідністю підвищення безпеки роботи з обладнанням – 5100 грн.;

– інші видатки – 3120 грн.

Отже поточна вартість витрат становить – 206300 грн.

Поточна вартість прибутків PV , яка враховує строк окупності заходів за 3 роки, планові надходження прибутку в розмірі 100000 грн., ставку дисконтування 10 % буде складати:

$$PV = \sum_{t=0}^n PV_t = \frac{100000}{(1 + 0,1)^1} + \frac{100000}{(1 + 0,1)^2} + \frac{100000}{(1 + 0,1)^3} = 248700(\text{грн.})$$

Оцінка суми поточної вартості прогнозованого грошового потоку NPV , який враховує ставку дисконтування буде становити:

$$NPV = PV - I = 248700 - 206300 = 42400(\text{грн.})$$

Таким чином, впровадження результатів виконаних наукових досліджень із забезпечення безпеки руху автомобілів категорії М1 шляхом контролю зміни параметрів несучого кузова виправдане.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу літературних джерел та статистичної інформації встановлено, що близько 70% експлуатованих в Україні автомобілів мають вік понад 10 років. В основному це автомобілі з низькою жорсткістю несучої системи на кручення. В процесі експлуатації несучі системи цих автомобілів більшою мірою піддаються деформаціям, які призводять до зміщення осей, порушення кутів установки коліс, а отже, до погіршення показників поворотності і стійкості, що може суттєво знизити рівень безпеки руху.

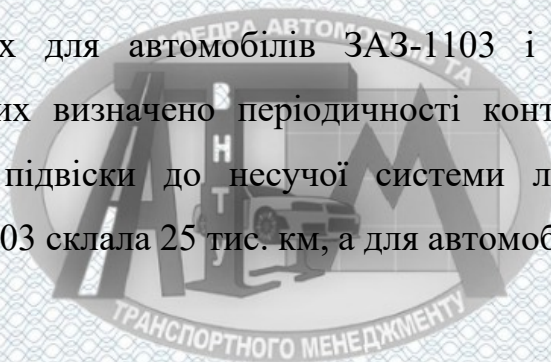
2. Відсутня оцінка впливу зміни геометричних параметрів несучої системи на експлуатаційні властивості, що характеризують безпеку руху легкового автомобіля, не обґрунтовані граничні відхилення геометричних параметрів несучої системи в процесі експлуатації легкового автомобіля, а також періодичність їх контролю.

3. Удосконалені математичні моделі дозволили науково обґрунтувати вплив зміни положення базових точок кріплення підвіски до несучої системи на показники поворотності і стійкості легкового автомобіля. Аналіз цих моделей показав, що відхилення базових точок викликають: відмінності між кутами повороту керованих коліс при проходженні поворотів однакового радіуса; збільшення мінімального радіуса повороту; необхідність повороту рульового колеса в сторону, протилежну повороту, для коригування траєкторії руху в повороті і запобігання відведення легкового автомобіля з дорожнього полотна; збільшення відхилення від заданої смуги руху та зменшення часу на коригування траєкторії руху водієм, що прискорює його стомлюваність і підвищує ризик виникнення ДТП.

4. В ході експериментальних досліджень підтверджено адекватність розроблених математичних моделей оцінки впливу відхилення базових точок на поворотність і стійкість легкового автомобіля. Різниця між кутами повороту керованих коліс при проходженні зовнішнього та внутрішнього поворотів

досягає для автомобіля ЗАЗ-1103 (кутовий зсув передньої осі - $0,36^\circ$) - 0,94 градуси; відхилення від заданої смуги руху при швидкості руху 60 км / год склало для автомобіля ЗАЗ-1103 (кутовий зсув передньої осі - $0,36^\circ$) - 2,0 метра за 2,5 с. Величини розбіжностей експериментальних і теоретичних даних не перевищують 13,16% при дослідженні зміни кута повороту керованих коліс і 13,65% при дослідженні відхилення автомобіля, що свідчить про адекватність розроблених математичних моделей.

5. На основі математичних моделей можливо визначити значення граничних відхилень базових точок кріплення підвіски до основи несучої системи легкового автомобіля від їх номінального положення, що підтверджено отриманням даних для автомобілів ЗАЗ-1103 і ЗАЗ Lanos. На підставі статистичних даних визначено періодичності контролю положення базових точок кріплення підвіски до несучої системи легкових автомобілів: для автомобіля ЗАЗ-1103 склала 25 тис. км, а для автомобіля ЗАЗ Lanos – 50 тис. км.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кашканов А.А., Кашканова А.А., Никончук О.В. Безпека руху на автомобільному транспорті України в сучасних умовах. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», 15.10.2024 - 14.06.2025, Вінниця: ВНТУ. [Ел. ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/view/22890/18875>.
2. Road traffic injuries. World Health Organization. Website. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/> (accessed 10.12.2024).
3. Статистика. Патрульна поліція України. Веб-сайт. URL: <http://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (дата звернення 10.12.2024).
4. Кашканова А. А., Біліченко В. В. Аспекти забезпечення безпеки дорожнього руху в транспортних системах міст України. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2024. №1(22). С. 170-181. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1358>.
5. Кашканов А. А., Пальчевський О. В. Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2022. №1(18). С. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.
6. Кашканова А. А., Біліченко В. В. Проблемні питання науково-методичного забезпечення аудиту безпеки дорожнього руху. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2024. №2(23). С. 97-108. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i23.1531>.
7. Rune Elvik. Risk factors as causes of accidents: Criterion of causality, logical structure of relationship to accidents and completeness of explanations. Accident Analysis & Prevention. Volume 197, March 2024, 107469. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107469>.
8. Розподіл кількості ДТП за видами технічних несправностей транспортних засобів // Тернопільський науково-дослідний експертно-

криміналістичний центр МВС України. URL: <https://www.ndekc.te.ua/news/rol-tehnchnogo-stanu-transportnih-zasobv-u-zabezpechenn-bezpeki-dorozhnogo-ruhu> (дата звернення 10.12.2024).

9. Міністерство інфраструктури України. Директорат з безпеки на транспорті. Аналіз аварійності на транспорті України за 2020 рік. URL: <https://mtu.gov.ua/files/bezpeka/Аналіз%20аварійності%20на%20транспорті%20України%20за%202020%20рік.pdf> (дата звернення 10.12.2024).

10. AASHTO Green Book. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th Edition, 2018, 1047 p.

11. Правила дорожнього руху України. Київ : Укрспецвидав, 2024. 64 с.

12. Кашканов А. А. Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод : монографія [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2018. 160 с. ISBN 978-966-641-740-7.

13. Биков О.М. Оцінка остаточного ресурсу кузова легкового автомобіля в експлуатаційних умовах: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Биков Олексій Михайлович. Харків: ХНАДУ, 2010. 160 с.

14. Heinz Heisler. Advanced Vehicle Technology: second edition / Heinz Heisler. – London: College of North West London, Willesden Centre, 2002. – 663 p.

15. Колісні транспортні засоби: вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання ДСТУ 3649:2010. [Прийнято та надано чинності: наказ Держспоживстандарту України від 28 грудня 2010 р. № 630]. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2011. 32 с.

16. Засоби транспортні дорожні. Стійкість. Методи визначення основних параметрів випробуваннями: ДСТУ 3310-96. – [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1996. – 29 с. – (Національний стандарт України).

17. Автомобілі легкові. Кузови. Приймання до ремонту і видача після ремонту. Порядок: ДСТУ 2324-93. – [Чинний від 1995-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1993. – 4 с. – (Національний стандарт України).

18. Торяник С.А. Обґрунтування граничних відхилень геометричних параметрів несучої системи легкового автомобіля: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Торяник Сергій Анатолійович. Харків: ХНАДУ, 2013. 176 с.
19. Jazar R.N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. 2nd Ed. NY: Springer, USA, 2014. DOI: 10.1007/978-1-4614-8544-5.
20. Сахно В. П., Макаров В.А., Костенко А.В. Курсова стійкість руху автомобілів та її характеристики. Проблеми транспорту : зб. наук. праць. Київ : НТУ. 2009. С. 222-230.
21. Буренніков Ю. А., Кашканов А. А., Ребедайло В. М. Автомобілі: робочі процеси та основи розрахунку : навчальний посібник МОНМС України. Вінниця: ВНТУ, 2013. 283 с.
22. Системологія на транспорті: підручник у 5 кн. / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін.; за заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. – Київ : Знання України, 2009.
23. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles. John Wiley & Sons, 2001. 528 p.
24. Burckhardt M. Fahrwerktechnik: Radschlupf-Regelsysteme. Wurzburg: Vogel, 1993. 432 p.
25. Dixon J. C. Tires, Suspension, and Handling. Second ed. 1996, Warrendale, Pa: Society of Automotive Engineers. 621 p.
26. Reimpell J., Betzler J. W. The Automotive Chassis: Engineering Principles. Oxford: ButterworthHeinemann, 2001. 456 p.
27. Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005. 621 p.
28. Кошарний М. Ф. Основи механіки та енергетики автомобіля: навч. посіб. К. : Вища шк., 1992. 200 с.
29. Волков В. П., Вільський Г. Б. Теорія руху автомобіля : підручник. Суми: Університетська книга, 2010. 320 с.
30. Основенко М. Ю., Сахно В. П. Автомобілі : навчальний посібник. К. : НМК ВО, 1992. 344 с.

31. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобілів та тракторів: Навч. посібн. Суми.: Сумський національний аграрний університет, 2015. 213 с.
32. Бакуліч О. О., Дзюба О. П., Єресов В. І. та ін. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник. За заг. ред. В.П. Поліщука. Київ: Знання України, 2012. 467 с.
33. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. 720 с.
34. Макаренко М.Г., Орлов В.Ф., Павленко В.О. Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Частина 1 / за ред. М.Г. Макаренко. Київ: "Грамота", 2005. 348 с.
35. Бабіч Б.С. Технічне обслуговування й ремонт кузовів автомобілів. К.: Либідь, 2007. 304 с.
36. Формальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів. Львів: Львівська політехніка, 2017. 324 с.
37. Костенко А.В. До питання про вплив геометрії кузова легкового автомобіля на стійкість та керованість / А.В. Костенко // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – Донецьк, 2011. – Випуск 4. – С. 58-65.
38. Пат. 51031 Україна, МПК G01P 3/00 25.06.2010. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях / Подригало М. А., Коробко А. И., Клец Д. М., Файст В.Л.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. університет. № u201001136; заявл. 04.02.10; опубл. 25.06.10, Бюл. №12.
39. Подригало М. А., Клец Д. М., Коробко А. І. Метрологічне забезпечення динамічних (кваліметричних) випробувань автомобілів. Перспективи розвитку озброєння і військової техніки сухопутних військ : п'ята Всеукраїнська науково-технічна конференція Академії сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного, 15-17 травня 2012 р. : збірка тез доповідей. Львів, 2012. С. 316-317.

40. Васілевський О. М., Кучерук В. Ю., Володарський Є. Т. Основи теорії невизначеності вимірювань : підручник. Вінниця : ВНТУ, 2015. 230 с. ISBN 978-966-641-632-5.
41. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. К.: Знання-Прес, 2003. 511с.
42. Кукурудзяк Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Технологія обслуговування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2023. 227 с.
43. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах. Кеперчук В.Є., Лудченко О.А. К. Логос. 1995. 348с.
44. Кукурудзяк Ю. Ю., Рудь О. В., Кукурудзяк Л. В. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту: навчальний посібник. Вінниця : ПП "Едельвейс і К", 2010. 336 с.
45. Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:21. [Електронний ресурс]. URL: <https://iq.vntu.edu.ua/repository/getfile.php/3091.pdf>.

ДОДАТОК А (обов'язковий). Ілюстративна частина



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

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО РЕМОНТУ КУЗОВІВ
АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ М1 В УМОВАХ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ «АВТОРОДИНА» МІСТО ВІННИЦЯ**

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

Керівник роботи д.т.н., професор



Кашканов А.А.

Розробив студент гр. 2АТ-23м



Никончук О.В.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

Мета роботи – підвищення якості відновлювального ремонту кузовів автотранспортних засобів категорії М1 в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «Автородина» місто Вінниця».

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- обґрунтувати розробки з підвищення якості відновлювального ремонту кузовів автотранспортних засобів категорії М1;
- дослідити вплив зміни параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 на безпеку руху;
- розробити методику визначення показників контролю зміни параметрів несучого кузова автомобілів категорії М1 в процесі експлуатації.

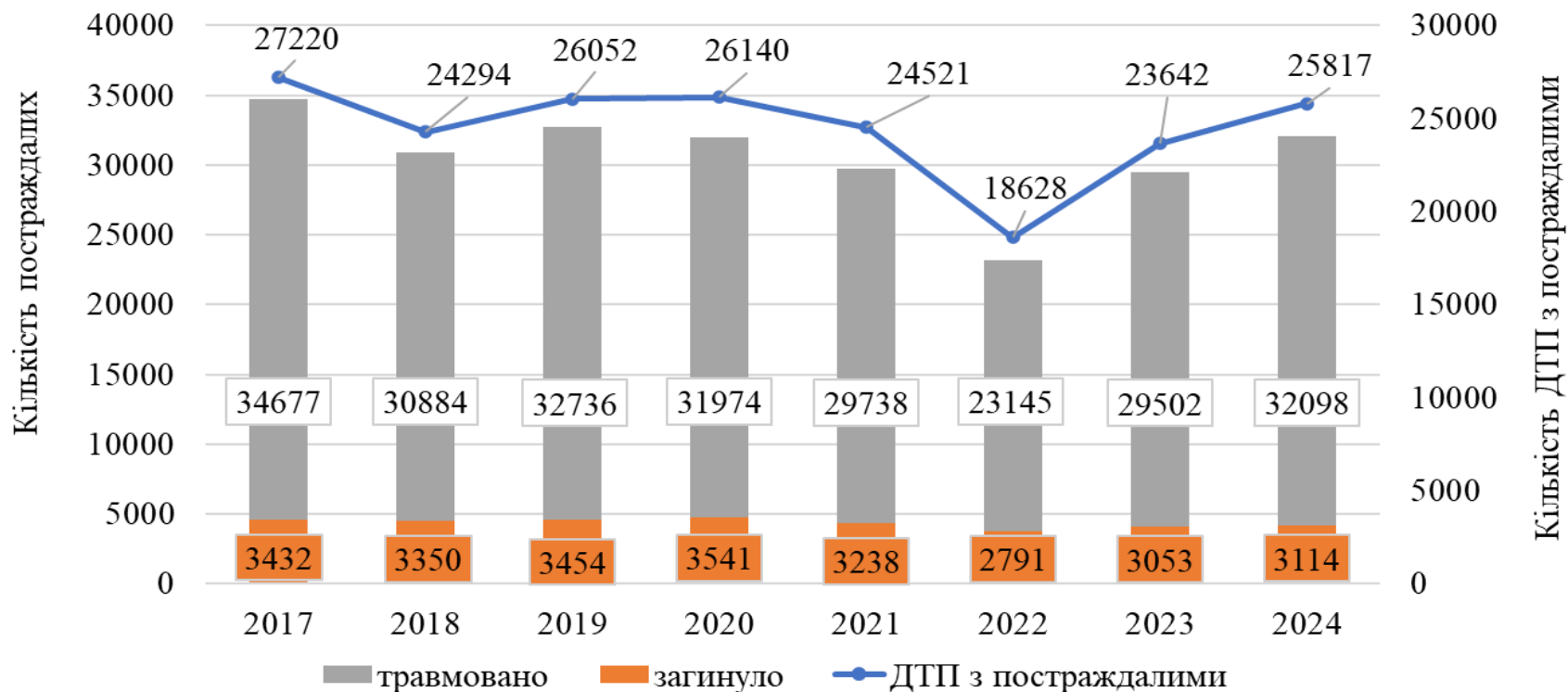
Наукова новизна одержаних результатів

Отримали подальший розвиток теоретичні підходи та методи оцінки експлуатаційних властивостей автомобілів категорії М1, які впливають на безпеку руху.

Практичне значення одержаних результатів

На підставі отриманих наукових результатів запропоновано систему заходів спрямованих на зниження рівня аварійності в країні. Отримані наукові результати можуть бути використані при обґрунтуванні заходів щодо забезпечення безпеки експлуатації транспортних засобів категорії М1 та упровадженні при проведенні технічного контролю з урахуванням умов експлуатації.

СТАТИСТИКА ДТП В УКРАЇНІ

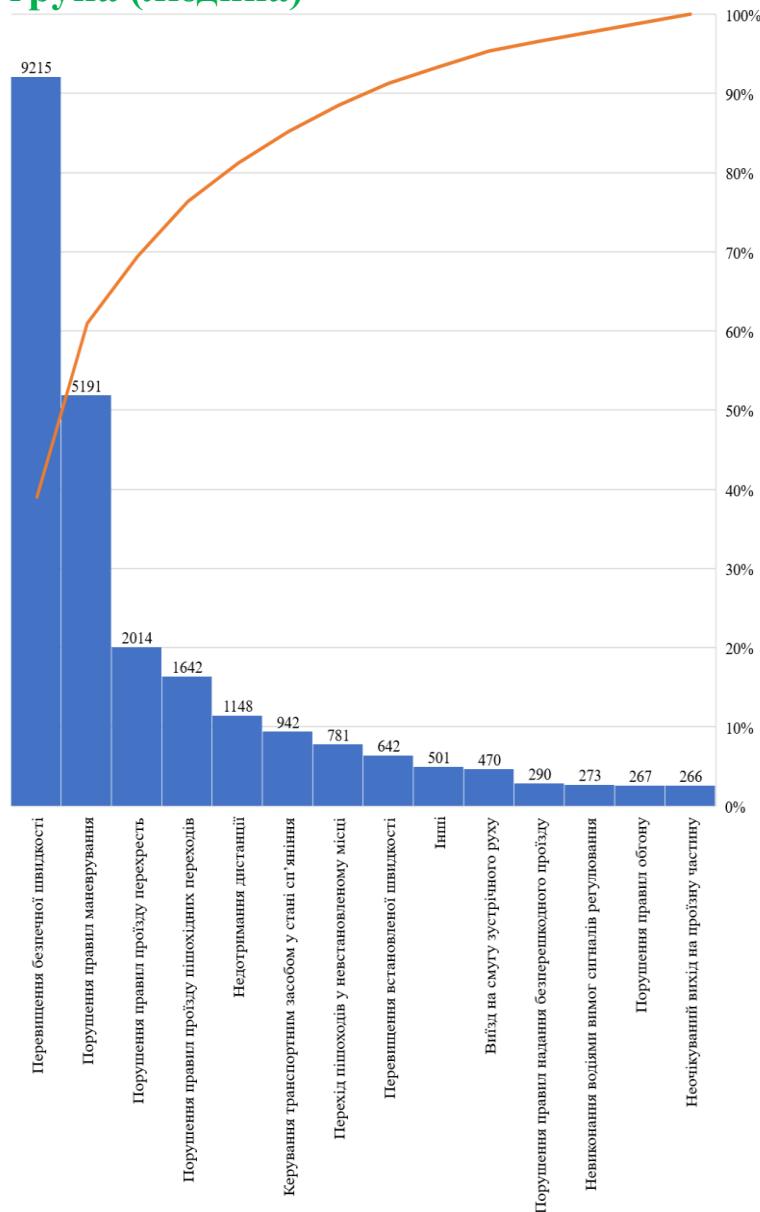


Аналіз причинно-наслідкових зв'язків механізму ДТП дозволяє виділити три групи причин виникнення аварійних ситуацій:

- 1 група – недотримання учасниками руху діючих ПДР та помилки водіїв в управлінні ТЗ;
- 2 група – порушення правил експлуатації транспортних засобів (ТЗ) та їх несправність;
- 3 група – поганий стан дорожнього покриття і незадовільна організація дорожнього руху.

ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ

1 група (людина)



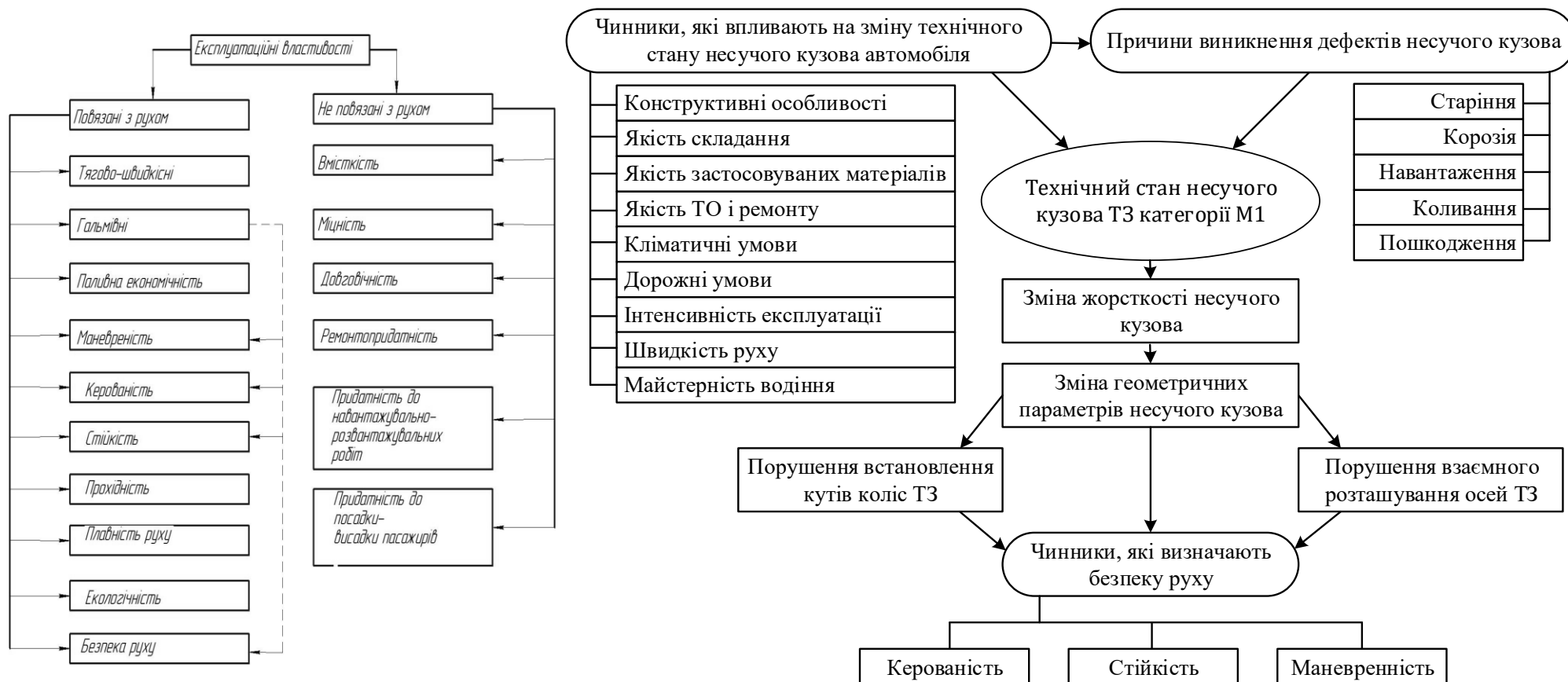
2 група (ТЗ)

Несправність	Кількість ДТП, %
Гальмівна система	31.8
Рульове керування	13.6
Шини	14.3
Прилади освітлення і сигналізації	20.2
Інші	20.1

3 група (дорога)

- ☐ наявність на покритті ямок та руйнувань (42 %);
- ☐ слизьке покриття (16%);
- ☐ нерівне покриття (11 %);
- ☐ ожеледиця (10 %);
- ☐ наявність перешкод на проїзній частині (8 %);
- ☐ незадовільний стан узбіччя (3 %);
- ☐ відсутність дорожніх знаків (2 %);
- ☐ ніч, штучне освітлення відсутнє (1 %);
- ☐ невідповідність транспортного огороження нормативним вимогам (1 %);
- ☐ наявність дерев, рекламоносіїв, розміщених з порушенням чинних норм (1 %).

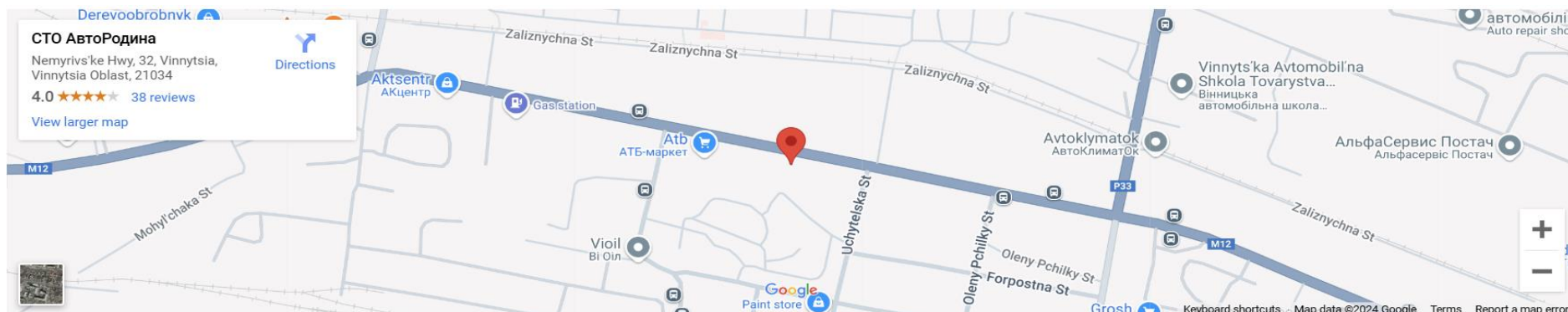
Взаємозв'язок технічного стану несучого кузова з експлуатаційними властивостями автомобіля, які впливають на безпеку руху



Методи контролю технічного стану кузовів легкових автомобілів

Методи контролю	Особливості
1. Візуального огляду	Візуальний огляд місць корозійних руйнувань та деформацій кузова
2. Ваговий	Визначення ваги металу, втраченої в результаті корозійних руйнувань
3. Визначення глибини осередків руйнування	Передбачає використання різних індикаторів, мікроскопів, магнітних вимірювачів
4. Дослідження властивостей продуктів корозії	Лабораторний метод що передбачає використання спеціального обладнання
5. Визначення товщини поперечного перерізу деталей кузова	Розміри перерізів визначають за зразками, що вирізаються з конструкції, гамма-товщиноміром
6. Металографічне дослідження структури матеріалу	Лабораторний метод що передбачає використання спеціального обладнання
7. Дослідження відносних коливань кузова	Оцінюється жорсткість кузова на основі експлуатаційних або стендових випробувань з використанням тензодатчиків або віброакустичної апаратури
8. Визначення зміни механічних властивостей деталей кузова	Лабораторний метод що передбачає використання спеціального обладнання
9. Визначення геометричних параметрів кузова	Порівняння фактичних координат місцерозташування контрольних базових точок кузова з рекомендованими виробником

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЯЛЬНОСТІ БАЗОВОГО ПІДПРИЄМСТВА



Станція технічного обслуговування (СТО) автомобілів «Автородина» це автосервісне підприємство, яке знаходиться за адресою: м. Вінниця, Немирівське шосе, 32.

Підприємство спеціалізується на таких видах послуг:

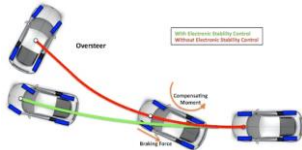
- ☐ шиномонтаж та балансування;
- ☐ ремонт двигунів, коробок перемикачання передая;
- ☐ зварювальні та кузовні роботи;
- ☐ токарні роботи;
- ☐ ремонт ходової частини;
- ☐ розвал/сходження;
- ☐ ремонт електрообладнання.

На СТО «Автородина» працює кваліфікована команда майстрів з багаторічним досвідом, яка використовує сучасне обладнання відомих брендів і може провести повну діагностику автомобіля. На СТО функціонує автомагазин де здійснюється торгівля деталями та приладдям для автотранспортних засобів.

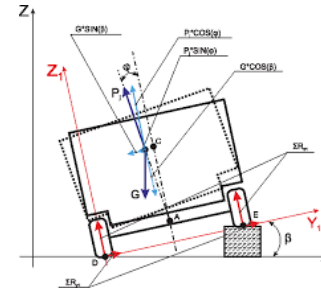


Критерії для оцінки впливу зміни геометричних параметрів несучої системи легкового автомобіля на показники керованості, стійкості і маневреності

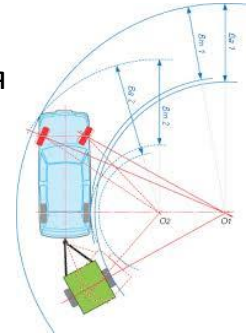
Керованість – це здатність автомобіля зберігати заданий водієм напрям руху чи змінювати його відповідно до втручань водія



Стійкість автомобіля – здатність автомобіля зберігати рух по заданій траєкторії, протидіючи силам, що викликають його занесення і перекидання в різних дорожніх умовах



Маневреність – здатність автомобіля швидко змінювати напрямок руху на мінімальній площі



З усіх існуючих на сьогоднішній день показників керованості, стійкості і маневреності розглядаємо ті, які характеризують рух автомобіля в штатних режимах руху. Такими показниками є:

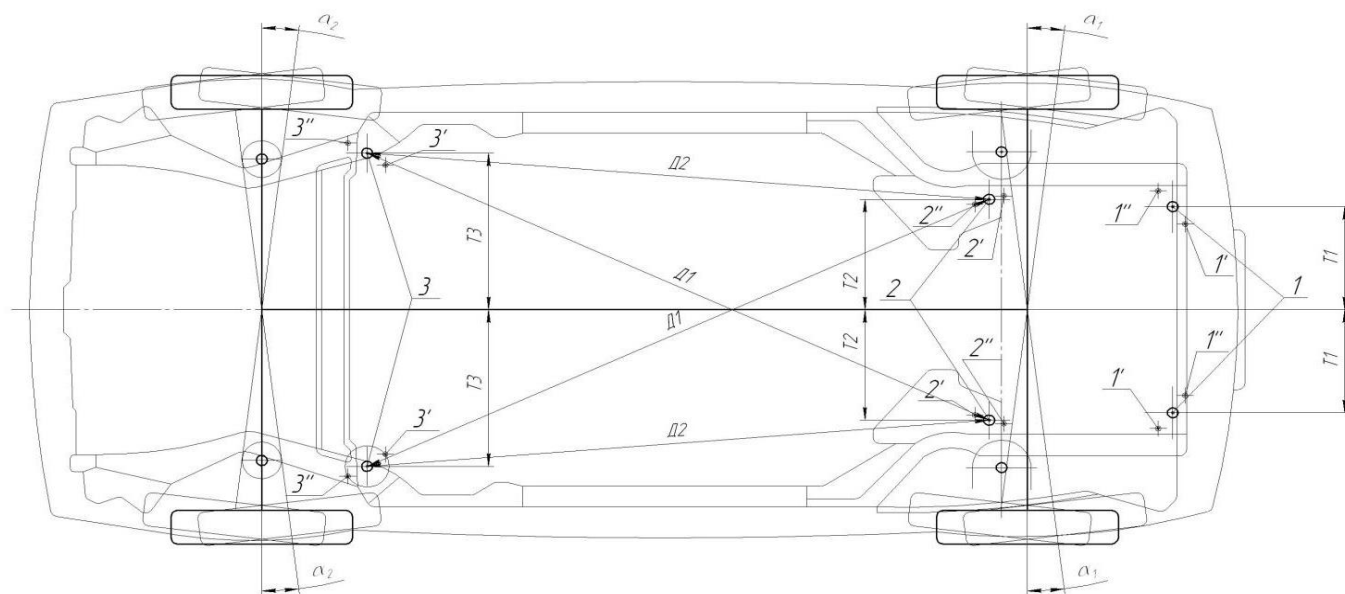
- кут повороту керованих коліс у функції кривизни траєкторії руху, градуси;
- лінійне відхилення від заданої смуги руху, м.

Обидва обраних критерія характеризують систему «водій-автомобіль-дорога», показуючи, як зміна геометричних параметрів несучої системи легкового автомобіля позначиться на роботі водія. З їх допомогою можливо оцінити зміну:

- кута повороту рульового колеса для здійснення маневру заданого радіуса;
- часу, відведений водієві на коригування траєкторії руху автомобіля.

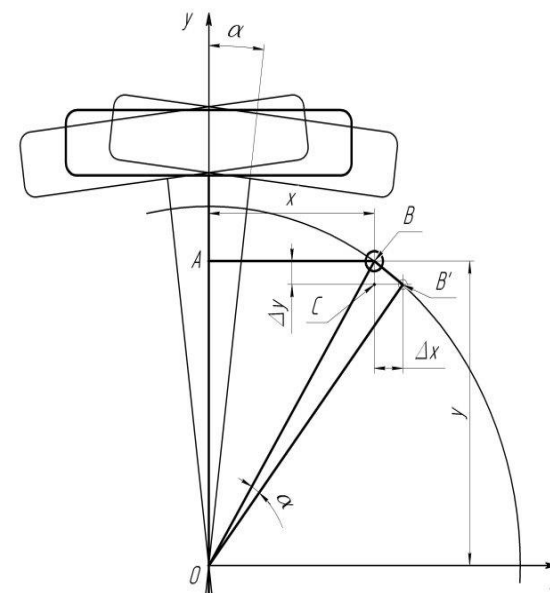
Теоретичні підходи щодо оцінювання впливу зміни параметрів несучої системи легкового автомобіля на безпеку руху

Схема контролю точок кріплення підвіски до несучої системи легкового передньопривідного автомобіля



1- перетин осей переднього болта кріплення розтяжки передньої підвіски з поверхнею панелі рамки радіатора; 2 - центр шарніра важеля передньої підвіски; 3 - перетин осі заднього болта кріплення важеля задньої підвіски з поверхнею заднього лонжерона; Д1- Д2 - діагональні розміри для контролю взаємного розташування осей; 1', 2', 3', 1'', 2'', 3'' - відхилення контрольних точок щодо їх номінального положення

Визначення кутового зміщення осі при відхиленні базової точки



$$(BB')^2 = OB^2 + (OB')^2 - 2 \cdot OB \cdot OB' \cdot \cos \alpha$$

$$OB^2 = (OB')^2 = OA^2 + AB^2$$

$$(BB')^2 = BC^2 + (CB')^2$$

$$\alpha = \arccos \left(\frac{2 \cdot x^2 + 2 \cdot y^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2}{2 \cdot x^2 + 2 \cdot y^2} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

Оцінка впливу кутових зміщень осей на поворотність легкового автомобіля

Критерій стійкості руху

$$V_{зан} = \sqrt{R_{\delta} \cdot \varphi \cdot g} \cdot \sqrt[4]{1 - R_{x2}^2 \cdot \frac{L^2}{a^2 \cdot m^2 \cdot \varphi^2 \cdot g^2}}$$

Схема визначення відхилення легкового автомобіля від заданої смуги руху при наявності кутового зміщення осей автомобіля

Радіус повороту автомобіля

$$R_{\delta} = \frac{L}{tg(\Theta - \delta_1) + tg\delta_2}$$

Значення кута повороту керованих коліс

$$\Theta_B = \left[\arctg \left(\frac{L}{R_{\delta}} - tg \left(\frac{m_2 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y2}} \right) \right) - \arccos \left(\frac{2 \cdot x_1^2 + 2 \cdot y_1^2 - \Delta x_1^2 - \Delta y_1^2}{2 \cdot x_1^2 + 2 \cdot y_1^2} \right) \right] \cdot \frac{180}{\pi} + \frac{m_1 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y1}}$$

Зміна кута повороту керованих коліс в залежності від кута зсуву задньої осі легкового автомобіля

$$\Theta_B = \arctg \left[\frac{L}{R_{\delta}} - tg \left(\frac{m_2 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y2}} + \arccos \left(\frac{2 \cdot x_2^2 + 2 \cdot y_2^2 - \Delta x_2^2 - \Delta y_2^2}{2 \cdot x_2^2 + 2 \cdot y_2^2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} \right) \right] \times \frac{180}{\pi} + \frac{m_1 \cdot V_{зан}^2}{R_{\delta} \cdot K_{Y1}}$$

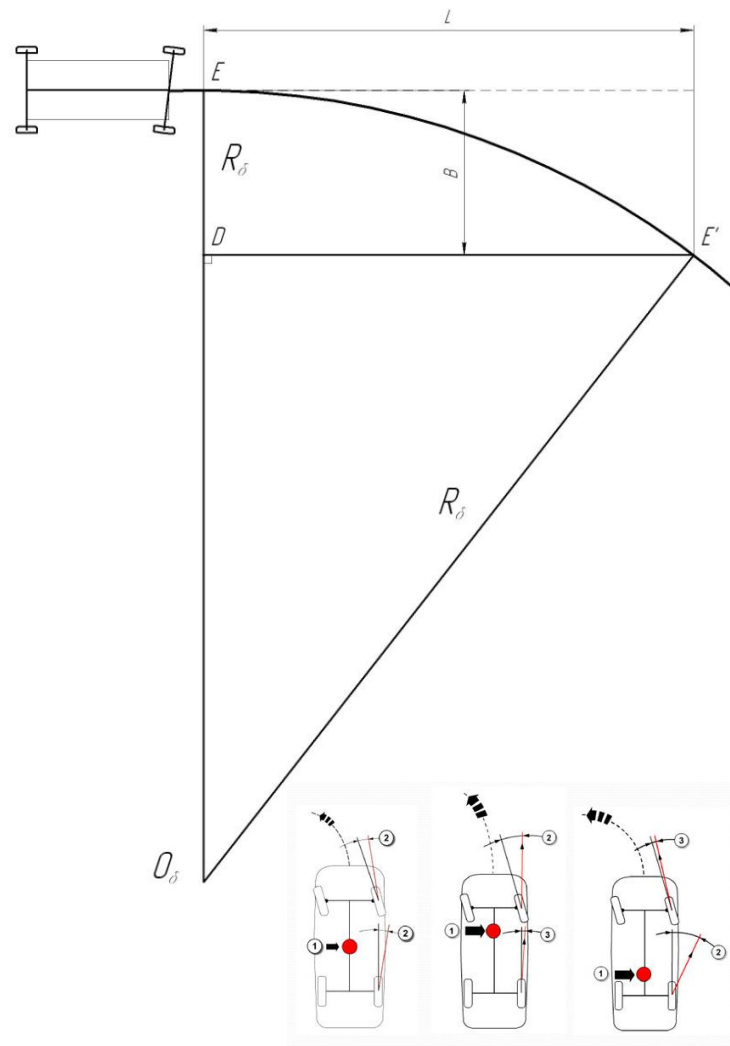
Розрахунок значення відхилення легкового автомобіля від заданої смуги руху визначимо виходячи зі схеми

$$B = ED = O_{\delta}E - O_{\delta}D \quad \text{або} \quad B = R_{\delta} - \sqrt{R_{\delta}^2 - L^2}$$

Коли автомобіль рухається з постійною швидкістю

$$B = R_{\delta} - R_{\delta} \cdot \cos \left(\frac{V \cdot t \cdot 360}{2 \cdot \pi \cdot R_{\delta}} \right), \quad \text{де } V - \text{швидкість руху автомобіля;}$$

t - час руху автомобіля.



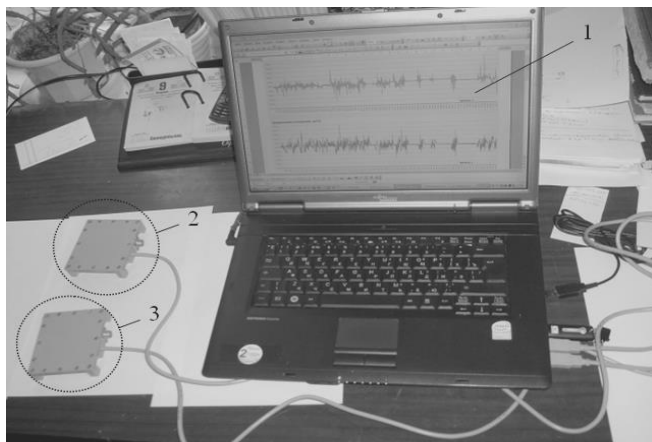
ПРОГРАМА-МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



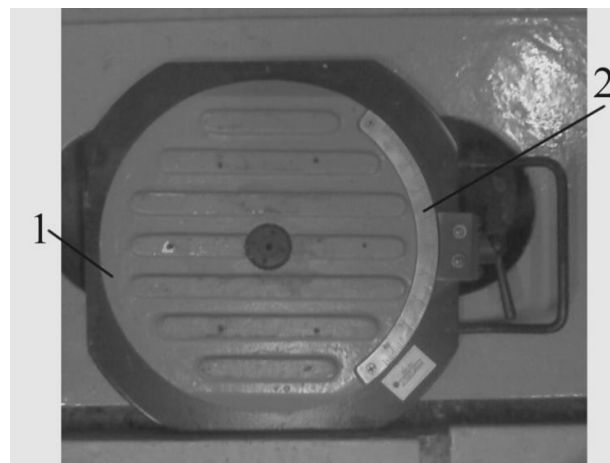
Вимірювальний комплекс NAJA Evolution



1 - дрітаний потенціометр з коліщатком;
2 - цифровий мультиметр



1 - ноутбук для обробки та архівації даних;
2 - датчик прискорень MMA7260QT № 445;
3 - датчик прискорень MMA7260QT № 446



поворотна платформа стенда
установки керованих коліс
1 - поворотний круг; 2 - шкала

Результати перевірки адекватності розроблених математичних моделей

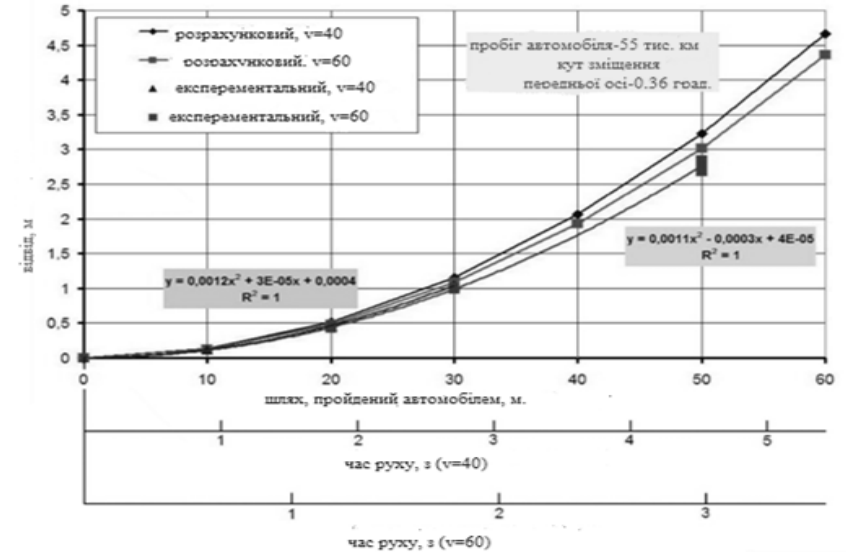
Величина середньої і максимальної розбіжності експериментальних і розрахункових даних для автомобіля ЗАЗ-1103 «Славута» с пробігом 7 тис. км

Параметр	Середня		Максимальна	
	Величина, град	%	Величина, град	%
Кут повороту керованих коліс	0,53	5,25	2,06	7,17

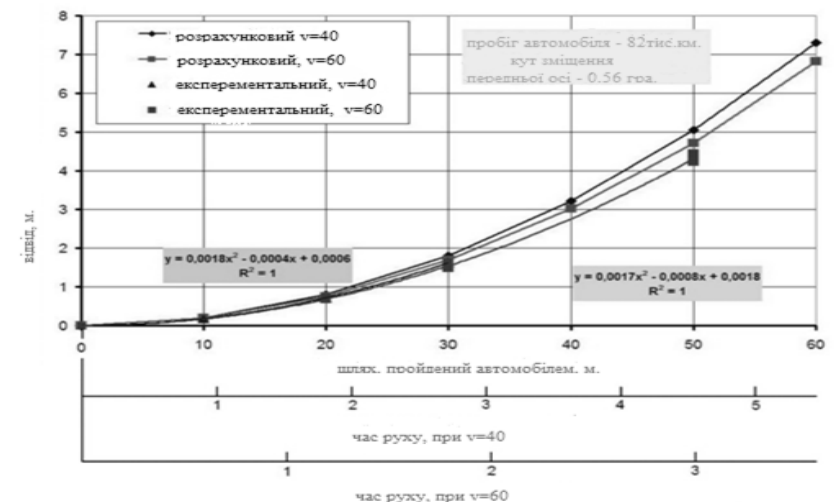
Величини середньої та максимальної розбіжності експериментальних і розрахункових даних для автомобілів ЗАЗ-1103 «Славута» та ЗАЗ-110206 «Таврія-Нова»

Параметр	Середня				Максимальна			
	Внутрішній поворот		Зовнішній поворот		Внутрішній поворот		Зовнішній поворот	
	Величина, град	%	Величина, град	%	Величина, град	%	Величина, град	%
Кут повороту керованих коліс ЗАЗ-1103	0,54	7,7	0,216	6,72	1,32	10,2	0,47	7,26
Кут повороту керованих коліс ЗАЗ-110206	0,37	4,4	0,428	12,2	1,82	10,44	0,82	13,16

Результати визначення відведення автомобіля ЗАЗ-1103 при наявності кутового зсуву передньої осі

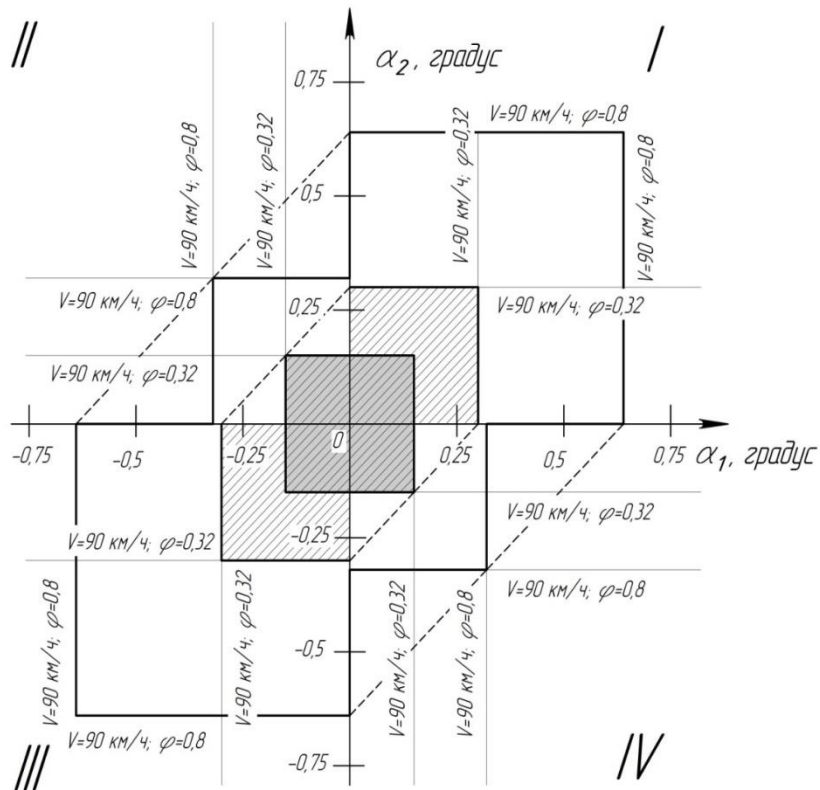


Результати визначення відведення автомобіля ЗАЗ-110206 при наявності кутового зсуву передньої осі

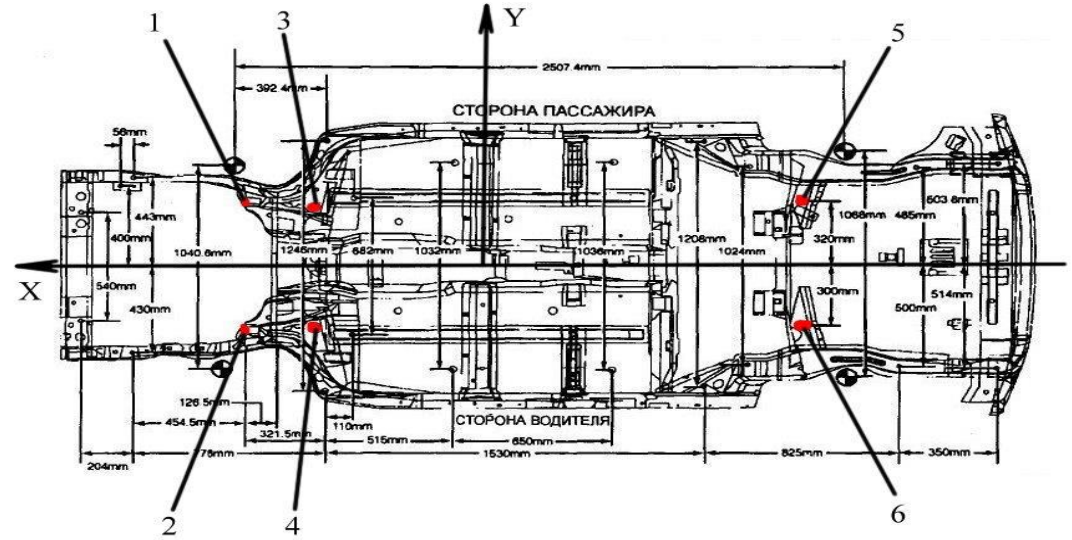


РЕЗУЛЬТАТИ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

Результуюча схема визначення граничних кутових зміщень осей на прикладі автомобіля ЗАЗ-1103.



Значення граничних відхилень базових точок кріплення підвіски до основи несучої системи автомобіля ЗАЗ Lanos

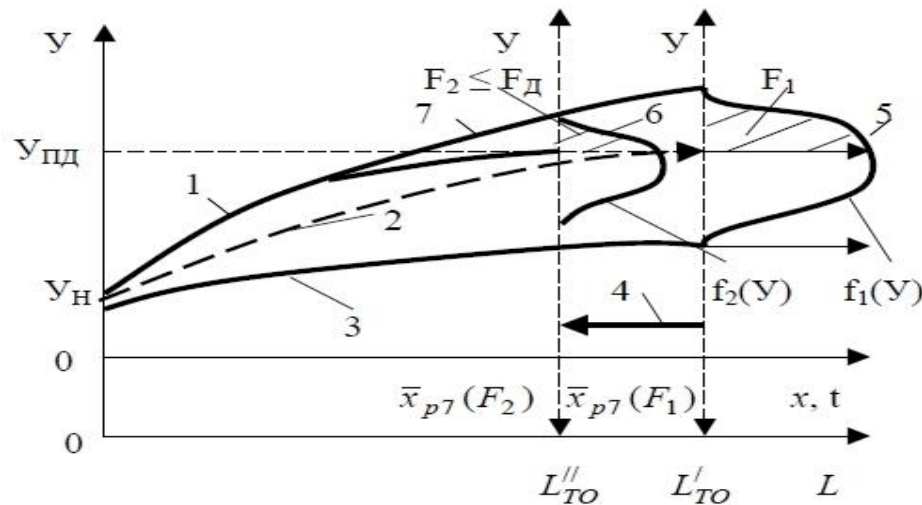


Лінійні відхилення контрольних точок		
Номер контрольної точки	Значення відхилення, мм (не більше)	
	X	Y
1	±2,4	±0,51
2	±2,4	±0,51
3	±2,3	±3,04
4	±2,3	±3,04
5	±2,4	±1,6
6	±2,3	±1,6

Визначення періодичності контролю основи несучої системи легкового автомобіля

Ймовірність безвідмовної роботи: $P_D \{x_i \geq L_0\} \geq R_D = \gamma$

Визначення періодичності LTO за допустимим значенням і зміною параметра технічного стану



$$\mu = 1 + t_D \cdot v$$

$$t_D = (a_{ПД} - a) / \sigma$$

$$X_T = X_{ПД} \pm \Delta$$

$$L'_K = L \left(\frac{X_{ПД} - X_0}{X_T - X_0} - 1 \right)$$

Періодичність контролю ТО для автомобіля ЗАЗ Lanos

$$L_D \cong \frac{Y_{ПД} - Y_H}{\mu \cdot \bar{\alpha}} = \frac{2,4 - 0}{1,19 \cdot 0,04} = 50,42 \text{ тис.км}$$

$\bar{\alpha}$ – середня інтенсивність зміни параметра технічного стану;

Y_H – початкове відхилення контрольної точки щодо її номінального положення;

$Y_{ПД}$ – граничнодопустиме відхилення точки щодо її номінального положення;

μ – коефіцієнт максимально допустимої інтенсивності зміни параметра технічного стану, перевищення якого означає, що ризик відмови до направлення виробу на обслуговування буде більше заданого, тобто $F_2 > F_{Д1}$.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу літературних джерел та статистичної інформації встановлено, що близько 70% експлуатованих в Україні автомобілів мають вік понад 10 років. В основному це автомобілі з низькою жорсткістю несучої системи на кручення. В процесі експлуатації несучі системи цих автомобілів більшою мірою піддаються деформаціям, які призводять до зміщення осей, порушення кутів установки коліс, а отже, до погіршення показників поворотності і стійкості, що може суттєво знизити рівень безпеки руху.
2. Відсутня оцінка впливу зміни геометричних параметрів несучої системи на експлуатаційні властивості, що характеризують безпеку руху легкового автомобіля, не обґрунтовані граничні відхилення геометричних параметрів несучої системи в процесі експлуатації легкового автомобіля, а також періодичність їх контролю.
3. Удосконалені математичні моделі дозволили науково обґрунтувати вплив зміни положення базових точок кріплення підвіски до несучої системи на показники поворотності і стійкості легкового автомобіля. Аналіз цих моделей показав, що відхилення базових точок викликають: відмінності між кутами повороту керованих коліс при проходженні поворотів однакового радіуса; збільшення мінімального радіуса повороту; необхідність повороту рульового колеса в сторону, протилежну повороту, для коригування траєкторії руху в повороті і запобігання відведення легкового автомобіля з дорожнього полотна; збільшення відхилення від заданої смуги руху та зменшення часу на коригування траєкторії руху водієм, що прискорює його стомлюваність і підвищує ризик виникнення ДТП.
4. В ході експериментальних досліджень підтверджено адекватність розроблених математичних моделей оцінки впливу відхилення базових точок на поворотність і стійкість легкового автомобіля. Різниця між кутами повороту керованих коліс при проходженні зовнішнього та внутрішнього поворотів досягає для автомобіля ЗАЗ-1103 (кутовий зсув передньої осі - $0,36^\circ$) - $0,94$ градуси; відхилення від заданої смуги руху при швидкості руху 60 км/год склало для автомобіля ЗАЗ-1103 (кутовий зсув передньої осі - $0,36^\circ$) - $2,0$ метра за $2,5$ с. Величини розбіжностей експериментальних і теоретичних даних не перевищують $13,16\%$ при дослідженні зміни кута повороту керованих коліс і $13,65\%$ при дослідженні відхилення автомобіля, що свідчить про адекватність розроблених математичних моделей.
5. На основі математичних моделей можливо визначити значення граничних відхилень базових точок кріплення підвіски до основи несучої системи легкового автомобіля від їх номінального положення, що підтверджено отриманням даних для автомобілів ЗАЗ-1103 і ЗАЗ Lanos. На підставі статистичних даних визначено періодичності контролю положення базових точок кріплення підвіски до несучої системи легкових автомобілів: для автомобіля ЗАЗ-1103 склала 25 тис. км, а для автомобіля ЗАЗ Lanos – 50 тис. км.

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



**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Підвищення якості відновлювального ремонту кузовів
автотранспортних засобів категорії М1 в умовах станції технічного
обслуговування автомобілів «Автородина» місто Вінниця

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 70 % Схожість 30 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібно):

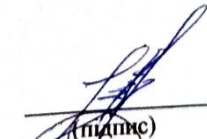
- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної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

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

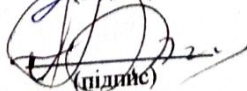
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Никончук О.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Кашканов А.А.
(прізвище, ініціали)