

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

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ АВТОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЇ М1
ШЛЯХОМ КОНТРОЛЮ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ НЕСУЧОГО КУЗОВА
В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІНАВТОЦЕНТР»**

Графічна частина

до магістерської кваліфікаційної роботи

зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

08-29.МКР.011.00.000

Керівник роботи к.т.н., доцент

Кашканов А.А.

Розробив студент гр. 1АТ-18м

Москаленко О.В.

Вінниця ВНТУ 2020

Мета роботи – зниження рівня дорожньо-транспортних пригод та випуск на лінію технічно справних автомобілів шляхом обґрунтування граничних відхилень геометричних параметрів несучого кузова ТЗ категорії М1 та їх контролю в процесі експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести теоретичне дослідження впливу зміни геометричних параметрів несучого кузова на активну безпеку автомобіля категорії М1;
- перевірити адекватність розроблених математичних моделей шляхом проведення дорожніх випробувань з оцінки впливу зміни геометричних параметрів несучого кузова на показники поворотності і стійкості автомобіля категорії М1;
- розробити практичні рекомендації за результатами виконаних досліджень та визначити рівень комерціалізації запропонованих рішень.
- розробити питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Наукова новизна одержаних результатів

Отримали подальший розвиток теоретичні підходи та методи оцінки експлуатаційних властивостей, що впливають на безпеку руху, які дозволяють враховувати вплив відхилень базових точок кріплення підвіски до несучого кузова на показники поворотності і стійкості автомобіля категорії М1.

Практичне значення одержаних результатів

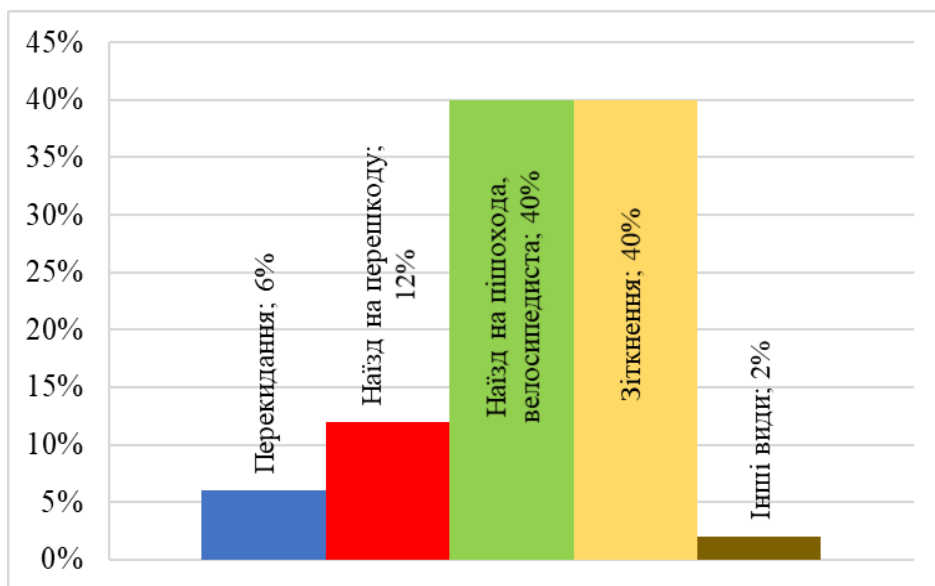
Одержані наукові результати можуть бути використані при обґрунтуванні заходів щодо забезпечення безпеки експлуатації транспортних засобів та упровадженні раціональної періодичності проведення технічного контролю з урахуванням умов експлуатації.

СТАТИСТИКА ДТП В УКРАЇНІ

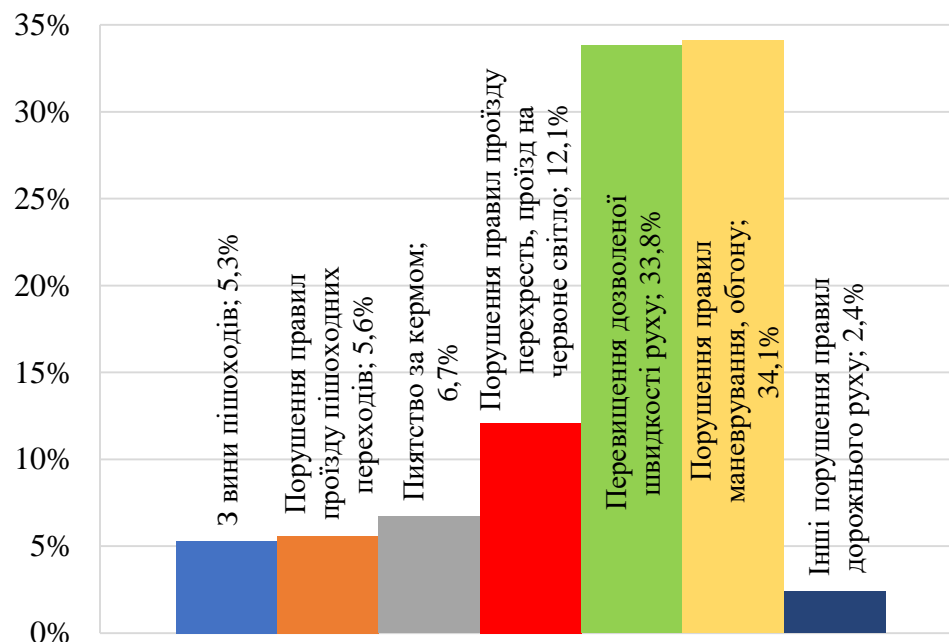
Кількість постраждалих в ДТП на дорогах України у 2019 р.

Показник	2019 рік	Зміна у % до 2018 року
Всього ДТП	160675	+7%
ДТП з постраждалими	26052	+7,2%
Загинуло в ДТП	3454	+3,1%
Постраждало в ДТП	32736	+6%
Всього ДТП за добу	440	+7,1%
Загинуло за добу	10	+11%
Постраждало за добу	90	+5,9%

Види ДТП з потерпілими



Зареєстровані причини ДТП з потерпілими



ФАКТОРИ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗМІНУ ПАРАМЕТРІВ НЕСУЧОГО КУЗОВА ТА АКТИВНУ БЕЗПЕКУ АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ М1

Причинно-наслідкові зв'язки механізму ДТП



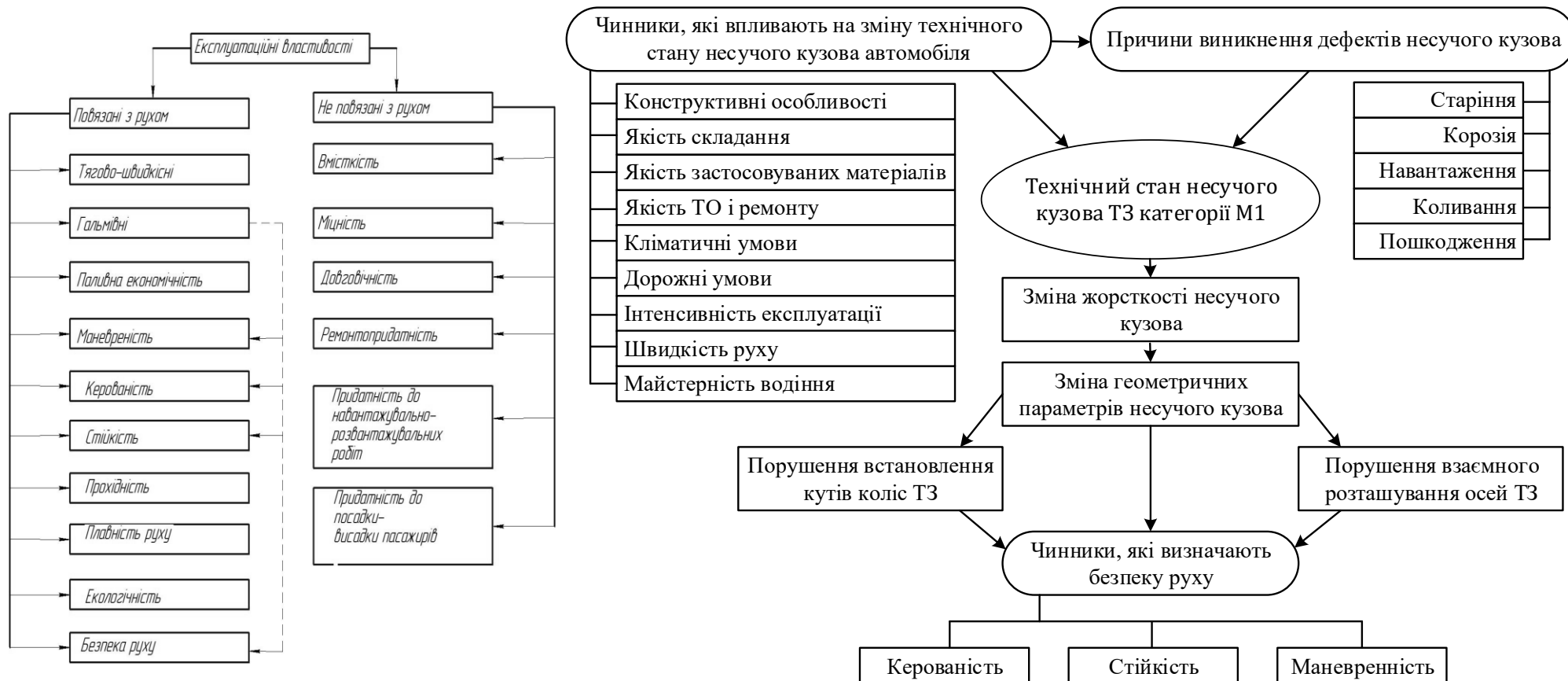
Тенденції зміни середнього віку автопарку в Україні



Розподіл ДТП за видами технічних несправностей ТЗ

Несправність	Кількість ДТП, %
Гальмівна система	47,1
Рульове керування	16,4
Шини	13,9
Прилади освітлення і сигналізації	7,4
Ходова частина	6,2
Дзеркала заднього огляду, склоочисники, дефекти скла	1,9
Зчипного пристрою	1,5
Інші	5,6

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. Металграфічне 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

Товариство з обмеженою відповідальністю «Вінавтоцентр» це автосервісне підприємство, яке спеціалізується на таких видах послуг:

- ремонт і відновлення автомобілів після ДТП;
- допомога при оформленні страхових випадків;
- можливість відновлення автомобілів без передчасних вкладень;
- повний спектр по фарбуванню автомобілів та аерографії;
- підбір та придбання запчастин.

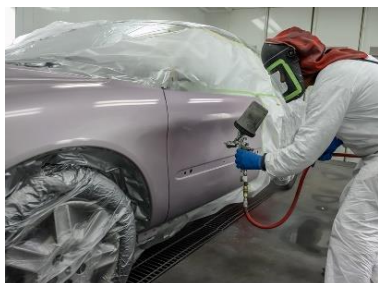
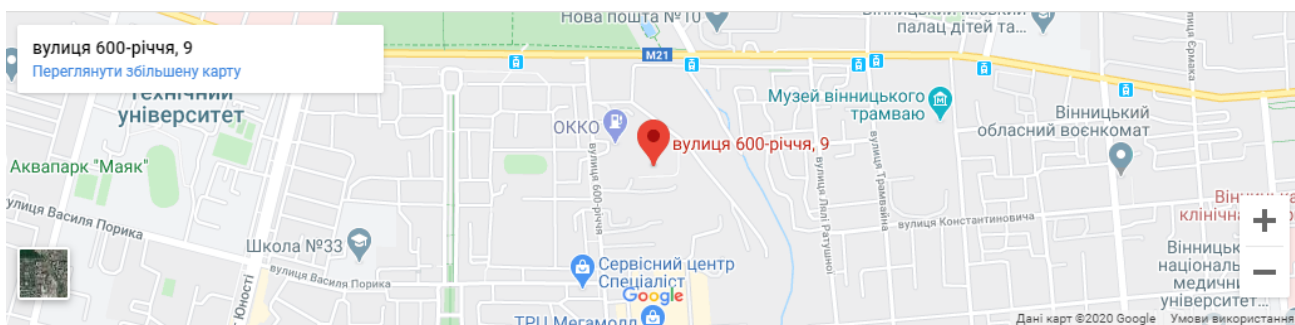
ТОВ «Вінавтоцентр» розташоване за адресою:

м. Вінниця, вул. 600-річчя, 9-Б

Відповідно до діючого Класифікатора видів економічної діяльності КВЕД-2010 підприємство має дозвіл на такі види діяльності:

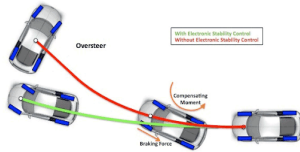
- 45.20 Технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів;
- 45.31 Оптова торгівля деталями та приладами для автотранспортних засобів;
- 68.20 Надання в оренду й експлуатацію власного чи орендованого нерухомого майна.

Схема розташування ТОВ та фотографії робочих приміщень

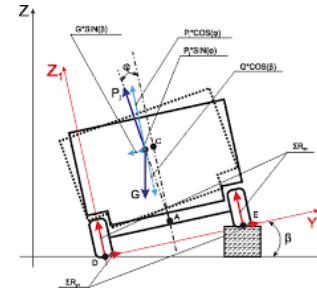


Критерії для оцінки впливу зміни геометричних параметрів несучої системи легкового автомобіля на показники керованості, стійкості і маневреності

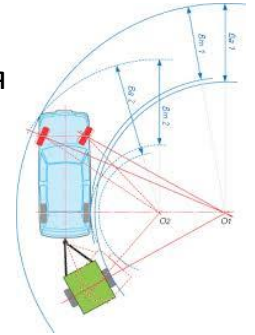
Керованість – це здатність автомобіля зберігати заданий водієм напрям руху чи змінювати його відповідно до втручань водія



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:

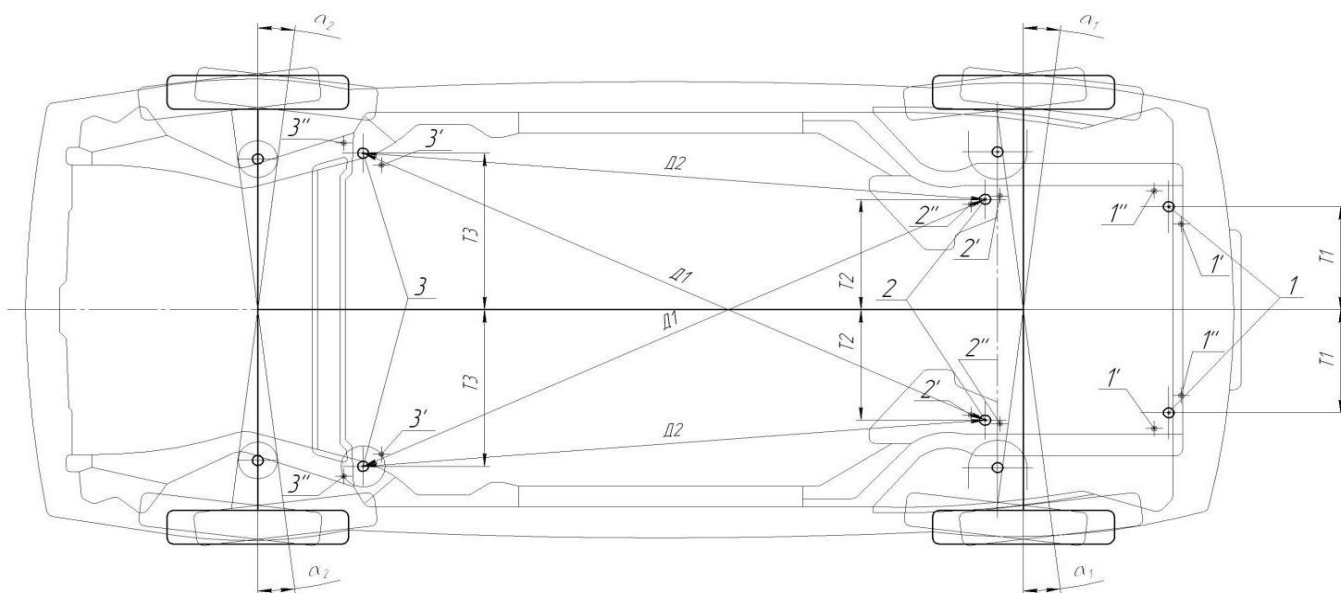
- кут повороту керованих коліс у функції кривизни траєкторії руху, градуси;
- лінійне відхилення від заданої смуги руху, м.

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.

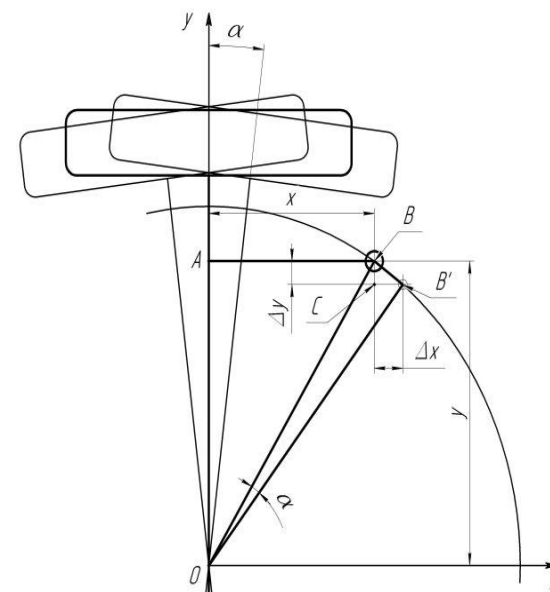
Теоретичні підходи щодо оцінювання впливу зміни параметрів несучої системи легкового автомобіля на безпеку руху

Схема контролю точок кріплення підвіски до несучої системі 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

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

Значення кута повороту керованих коліс

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

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

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

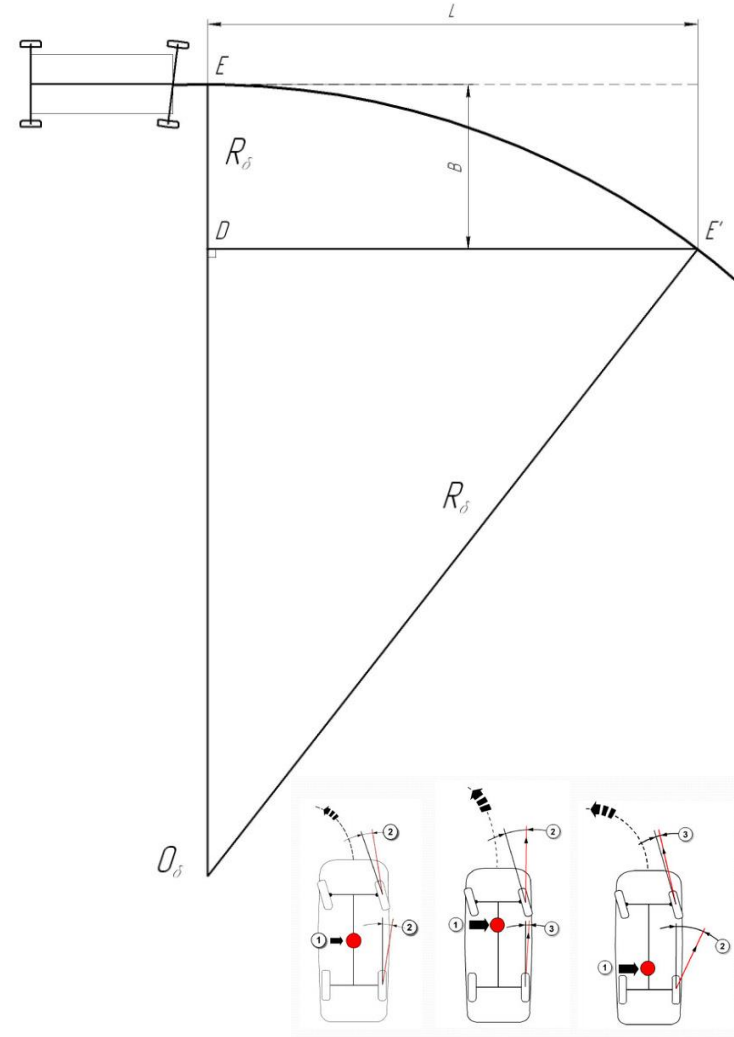
Розрахунок значення відхилення легкового автомобіля від заданої смуги руху визначимо виходячи зі схеми

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

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.



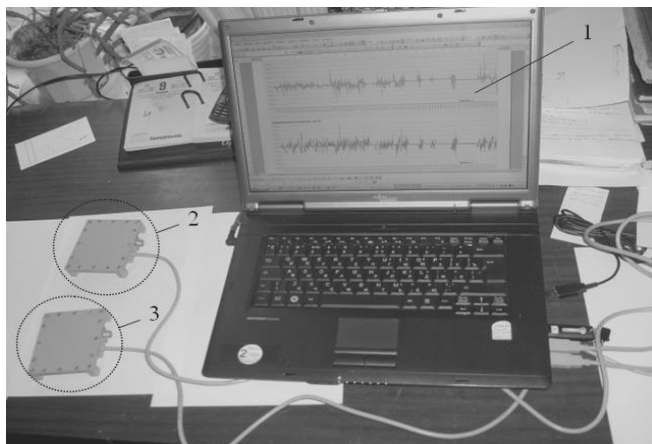
ПРОГРАМА-МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



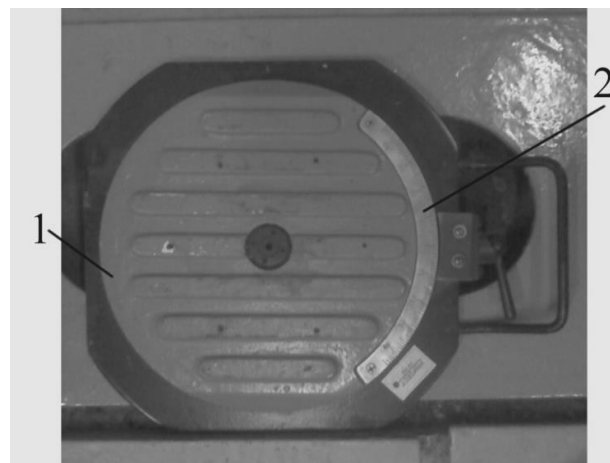
Вимірювальний комплекс NAJA Evolution



1 - дротяний 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

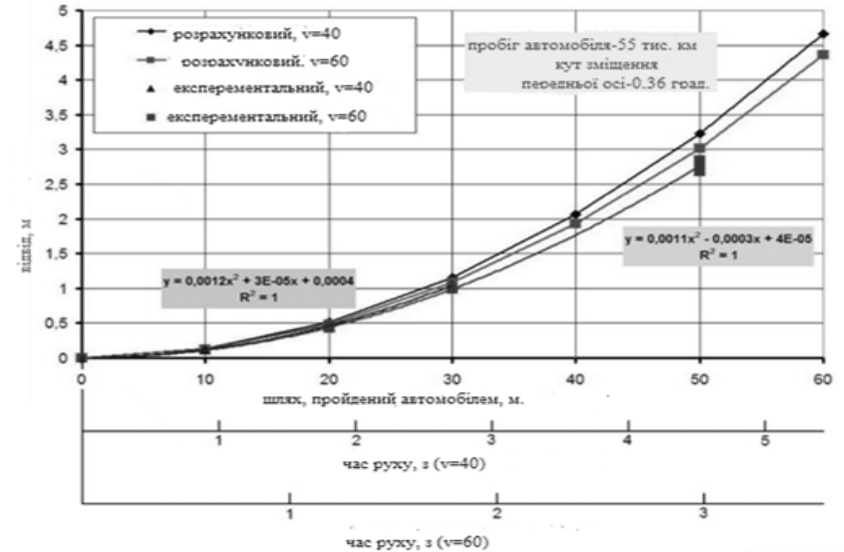
Величина середньої і максимальної розбіжності експериментальних і розрахункових даних для автомобіля ЗАЗ-1103 «Славута» с пробігом 7 тис. км

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

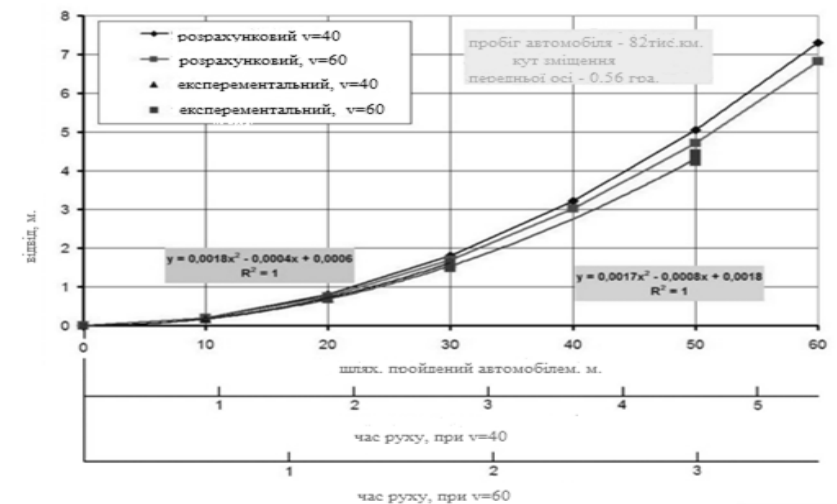
Величини середньої та максимальної розбіжності експериментальних і розрахункових даних для автомобілів ЗАЗ-1103 «Славута» та ЗАЗ-110206 «Таврія-Нова»

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



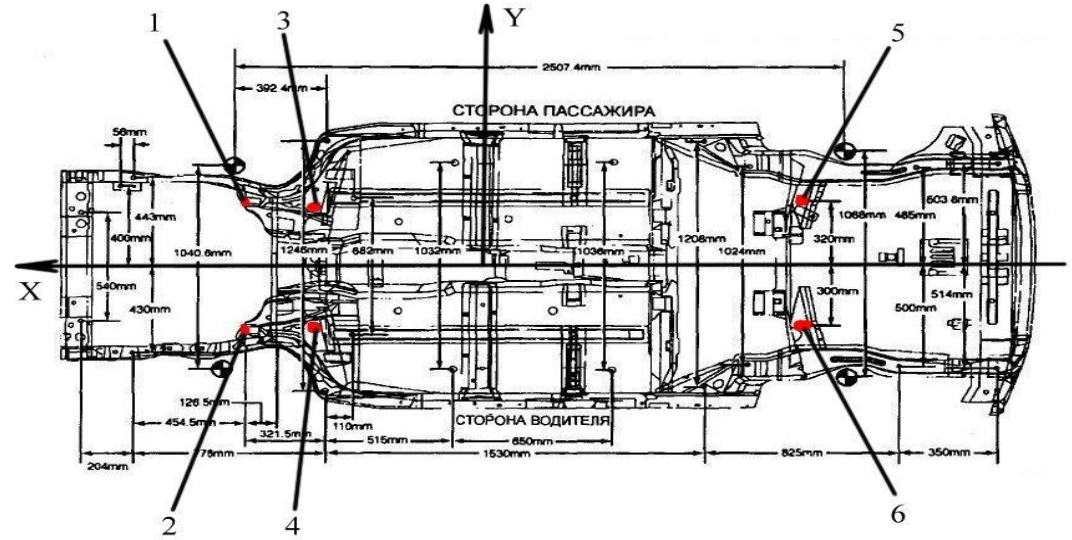
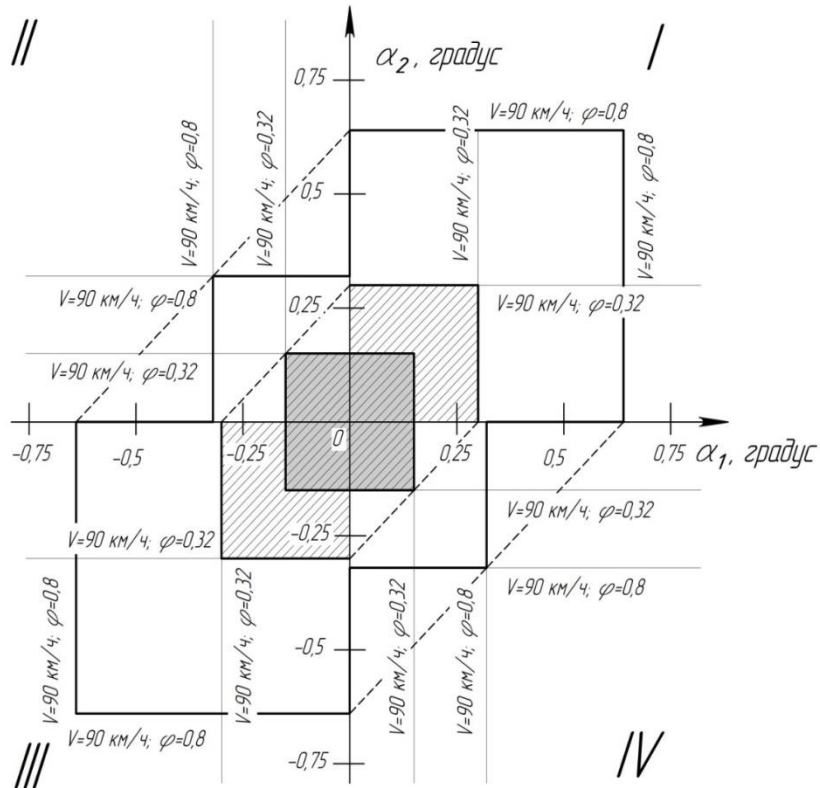
Результати визначення відведення автомобіля ЗАЗ-110206 при наявності кутового зсуву передньої осі



РЕЗУЛЬТАТИ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІ 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

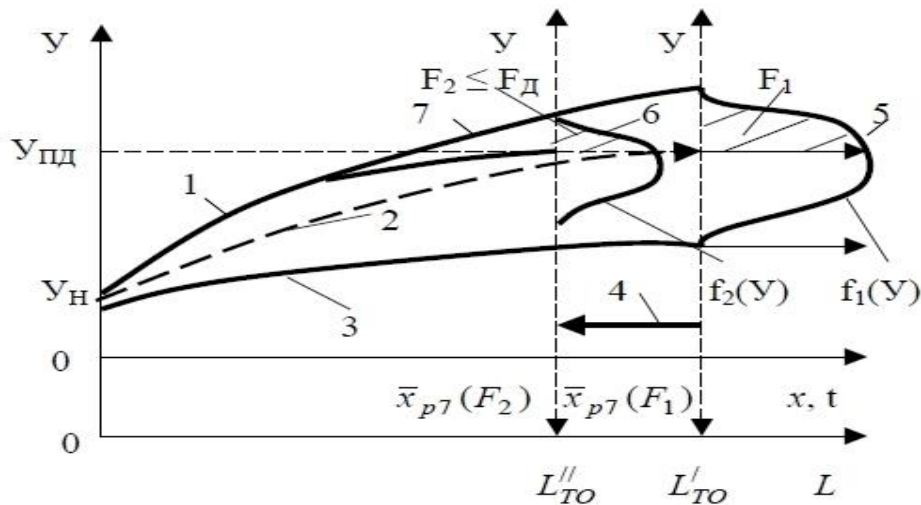


Лінійні відхилення контрольних точок		
Номер контрольної точки	Значення відхилення, мм (не більше)	
	X	Y
1	±2,4	±0,51
2	±2,4	±0,51
3	±2,3	±3,04
4	±2,3	±3,04
5	±2,4	±1,6
6	±2,3	±1,6

Визначення періодичності контролю основи несучої системи легкового автомобіля

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

Визначення періодичності ЛТО за допустимим значенням і зміною параметра технічного стану



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

$$t_D = (a_{ПД} - a) / \sigma$$

$$X_T = X_{ПД} \pm \Delta$$

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

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 9 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.