

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Вдосконалення конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля

Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 27 Транспорт
Спеціальність: 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма: Автомобільний транспорт

Шифр: КРБАТ 26.22101.000. ПЗ

Виконав: студент 4 курсу,
група АТ-22-1

 Микола ПРОКОПЕЦЬ

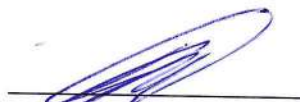
Керівник, д.т.н., професор

 Олександр ДИХА

Нормоконтролер, к.т.н., доцент

 Олег БАБАК

До захисту допускаю:
завідувач кафедри ТАМ

 Олександр ДИХА

10 06 2026 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: трибології, автомобілів та матеріалознавства
Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 27 Транспорт
Спеціальність: 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма: Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ
Олександр ДИХА



" 15" квітня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Прокопець Микола Олексійович

1. Тема роботи: Вдосконалення конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля

ерівник роботи: Диха Олександр Володимирович, д.т.н., проф.

Затверджено наказом університету від 20.01.2026 р. № 7

2. Строк подання студентом роботи на кафедру: 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- 1) Дані про системи зовнішнього контролю автомобілів
- 2) Технічні умови безпеки та ефективності дзеркал огляду автомобіля
- 3) Матеріали переддипломної практики.
- 4) Нормативно – технологічна документація стандартизованим методам випробувань моторних олів
- 5) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Стан питання щодо вдосконалення конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля
2. Випробування дзеркал заднього виду
3. Аналіз та пошук рішення щодо оптимізації конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля
4. Оцінка оглядовості дзеркала базової конструкції
5. Аналіз оглядовості дзеркала удосконаленої конструкції

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: 20 квітня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Стан питання щодо вдосконалення конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля	1.05.2026	
2	Випробування дзеркал заднього виду	15.05.2026	
3	Аналіз та пошук рішення щодо оптимізації конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля	30.05.2026	
4	Оцінка оглядовості дзеркала базової конструкції	10.06.2026	
5	Аналіз оглядовості дзеркала удосконаленої конструкції	12.06.2026	

Студент

 **Микола ПРОКОПЕЦЬ**

Керівник кваліфікаційної роботи

 **Олександр ДИХА**

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 64 сторінок, кількість рисунків - 42, таблиць - 4, додатків - 1 , кількість джерел згідно із переліком посилань - 20.

Студент гр. Ат-22-1 Прокопець М.О.





Тема «Вдосконалення конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля»

У роботі розглянуто питання підвищення безпеки експлуатації легкового автомобіля шляхом удосконалення конструкції дзеркала заднього виду з системою контролю сліпих зон. Проведено аналіз існуючих конструкцій та визначено їх основні недоліки, зокрема зменшення оглядовості через розміщення індикатора на відбивній поверхні. Виконано моделювання оглядовості у спеціалізованому програмному середовищі, що дозволило оцінити відповідність конструкції нормативним вимогам. Запропоновано нове конструктивне рішення з перенесенням індикатора, яке забезпечує покращення поля огляду. Результати дослідження підтвердили ефективність запропонованого підходу та можливість його практичного застосування.

Ключові слова: дзеркало заднього виду, сліпа зона, оглядовість, безпека руху, індикатор, моделювання, конструкція

Зміст

ВСТУП	6
1. Стан питання щодо вдосконалення конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля.....	8
1.1 Конструктивні особливості дзеркал заднього виду.....	8
1.2 Конструктивні елементи дзеркал заднього виду.....	9
1.3. Вимоги до дзеркал заднього виду.....	11
2. Випробування дзеркал заднього виду.....	14
2.1. Випробування дзеркал заднього виду для визначення здібності зображень.....	14
2.2. Процедура проведення випробування дзеркал.....	18
2.3. Процедура визначення радіусу кривизни, що відображає поверхні дзеркала.....	19
2.4. Випробування для визначення центру обертання та фактичного кута нахилу тулуба водія або пасажирів, що сидить в автомобілі.....	20
2.5. Вимоги до випробувань датчиків сліпих зон.....	24

					КРБАТ 26. 22101. 000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вдосконалення конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля			Літ.	Аркуш	Аркушів		
Розроб.	Прокопець									4	70	
Перевір.	Диха							ХНУ, гр. АТ-22-1				
Н.контр.	Бабак											
Затвер	Диха											

3.Аналіз та пошук рішення щодо оптимізації конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля.....	27
3.1.Аналіз діючих конструкцій бічних дзеркал заднього виду.....	27
3.2.Принцип роботи системи виявлення сліпих зон.....	32
3.2.Принцип роботи системи виявлення сліпих зон.....	41
4. Оцінка оглядовості дзеркала базової конструкції.....	45
5. Аналіз оглядовості дзеркала удосконаленої конструкції.....	54
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62
Додатки	64

Вступ

Автомобільні дзеркала заднього виду є важливим елементом системи керування транспортним засобом, від якого безпосередньо залежать комфорт і безпека руху. У конструкції легкового автомобіля передбачено внутрішнє дзеркало, що встановлюється в салоні (зазвичай на лобовому склі), а також зовнішні дзеркала, розміщені по обидва боки кузова. Сучасні транспортні засоби комплектуються лівим і правим зовнішніми дзеркалами, що забезпечують контроль дорожньої ситуації позаду та збоку автомобіля.

За даними відкритої статистики в Україні, загальна кількість зареєстрованих транспортних засобів перевищує кілька мільйонів одиниць і має тенденцію до зростання. Відповідно, збільшується інтенсивність дорожнього руху та, як наслідок, ризик виникнення дорожньо-транспортних пригод. За інформацією Національна поліція України, щороку в країні фіксуються десятки тисяч ДТП, унаслідок яких гинуть і травмуються тисячі людей.

У зв'язку з цим підвищення рівня безпеки транспортних засобів є одним із пріоритетних завдань сучасного автомобілебудування. Особливу увагу приділяють проблемі так званих «сліпих зон» — ділянок простору, які не відображаються в дзеркалах заднього виду та розташовані переважно збоку й позаду автомобіля. У цих зонах інші транспортні засоби можуть залишатися непоміченими водієм, що створює небезпеку під час виконання маневрів, зокрема перестроювання. У таких умовах підвищується ймовірність виникнення аварійних ситуацій як для водія, так і для інших учасників дорожнього руху.

Серед сучасних технічних рішень для виявлення транспортних засобів у сліпих зонах можна виділити системи BLIS (Blind Spot Information System) від

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компанії Volvo та Side Blind Zone Alert від Buick. Система BLIS базується на використанні камер, що може обмежувати її ефективність за складних погодних умов, таких як туман або інтенсивні опади. Натомість система Side Blind Zone Alert використовує радарні датчики, розміщені в зоні заднього бампера, що забезпечує більш стабільну роботу незалежно від видимості.

Разом з тим, одним із недоліків подібних рішень є значні габарити світлових індикаторів, які можуть займати до приблизно 10–15 % площі дзеркального елемента. Це призводить до зменшення ефективної площі огляду та потенційно знижує рівень безпеки. У зв'язку з цим актуальним є вдосконалення конструкції систем індикації сліпих зон з метою мінімізації їх впливу на оглядовість і підвищення загальної безпеки транспортного засобу.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення безпеки експлуатації легкового автомобіля шляхом удосконалення конструкції дзеркала заднього виду з системою контролю сліпих зон на основі аналізу оглядовості, моделювання в середовищі CAD/CAE та оптимізації розміщення індикатора.

Завдання роботи

1. Провести аналіз конструкцій дзеркал заднього виду та існуючих систем контролю сліпих зон, визначити їх переваги та недоліки.
2. Дослідити нормативні вимоги та методи випробувань дзеркал заднього виду, зокрема щодо оглядовості та відбивних характеристик.
3. Виконати моделювання оглядовості дзеркала базової конструкції в програмному середовищі CAD/CAE та оцінити відповідність нормативним вимогам.
4. Розробити удосконалену конструкцію дзеркала заднього виду з оптимізованим розміщенням датчика сліпих зон та підтвердити її ефективність шляхом розрахунків.

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.Стан питання щодо вдосконалення конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля

1.1 Конструктивні особливості дзеркал заднього виду

Світова автомобільна галузь постійно розвивається, пропонуючи споживачам широкий спектр транспортних засобів, здатних задовольнити різноманітні експлуатаційні потреби. При цьому одним із ключових критеріїв сучасного автомобіля є рівень безпеки його використання. Важливу роль у забезпеченні безпеки відіграють дзеркала заднього виду, які надають водієві візуальну інформацію про дорожню обстановку позаду транспортного засобу та сприяють безпечному керуванню.

З огляду на функціональне призначення, дзеркала заднього виду виконують декілька важливих завдань. Насамперед вони забезпечують контроль ситуації під час маневрування, зокрема при русі заднім ходом, зміні смуги руху, обгоні або об'їзді перешкод. Крім того, їх використання є необхідним у ситуаціях зупинки транспортного засобу на проїжджій частині чи під час відкривання дверей, коли існує ризик наближення інших учасників руху.

Зовнішні (бічні) дзеркала заднього виду встановлюються з правого та лівого боків автомобіля і доповнюють поле огляду, яке забезпечує внутрішнє дзеркало. Водночас навіть при їх використанні залишаються так звані «сліпі зони», які не потрапляють у поле зору водія та можуть створювати небезпечні ситуації під час маневрів. Для зменшення цього ризику застосовуються спеціальні системи допомоги водієві, що сигналізують про наявність об'єктів у таких зонах.

Оптичні характеристики бічних дзеркал можуть відрізнитися залежно від їх конструкції. Як правило, праве дзеркало має плоску відбивну поверхню, тоді

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

як ліве часто виконується асферичним, що дозволяє розширити зону огляду завдяки змінному радіусу кривизни. Водночас при використанні асферичних дзеркал необхідно враховувати, що відстань до об'єктів може візуально спотворюватися. Ознакою такого дзеркала є наявність розділової лінії між ділянками з різною кривизною.

Поширеним різновидом зовнішніх дзеркал є сферичні дзеркала, які мають опуклу форму відбивної поверхні. Завдяки цьому вони забезпечують більший кут огляду порівняно з плоскими дзеркалами, що дозволяє охоплювати ширшу область простору позаду та збоку транспортного засобу.

З метою забезпечення надійної роботи зовнішніх дзеркал у складних погодних умовах широко застосовуються системи електричного обігріву. Для цього використовують різні типи нагрівальних елементів, зокрема дротяні, плівкові або виконані у вигляді друкованих провідників. Такі елементи розміщуються безпосередньо за оптичним елементом і забезпечують запобігання запотіванню та обмерзанню поверхні дзеркала.

1.2 Конструктивні елементи дзеркал заднього виду

Більшість зовнішніх дзеркал заднього виду мають 4 основні характерні елементи:

- корпус дзеркала – може бути округлим, прямокутним чи овальною форми;
- дзеркальний елемент, покритий спеціальним шаром ударостійкого скла;
- пристрої, призначені для зручного виконання регулювання потрібного кута;

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– механізми кріплення, що забезпечують надійну фіксацію.

На Рисунку 1 представлено загальний вигляд дзеркала заднього виду.

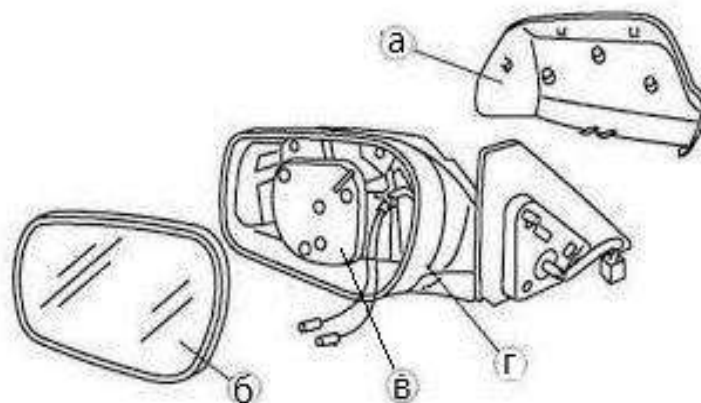


Рисунок 1 – Дзеркало заднього виду

Положення зовнішніх дзеркал заднього виду регулюється за допомогою спеціального механізму. Найпростіший – шарнірний механізм регулювання – у зовнішніх дзеркалах заднього виду використовувався у минулому столітті. Регулювання положення дзеркала проводиться зовні автомобіля, що дуже незручно.

Більш ефективними конструктивними рішеннями регулювання положення дзеркал є механізми важільного типу (з використанням кульового шарніра та штовхача) і тросові системи. У таких випадках налаштування положення дзеркал здійснюється з салону транспортного засобу, однак регулювання правого дзеркала залишається менш зручним. Подібні механізми, як правило, застосовуються у транспортних засобах бюджетного сегмента.

Значно вищий рівень зручності забезпечує використання електричного приводу, який дозволяє дистанційно змінювати положення зовнішніх дзеркал. Кожне дзеркало оснащується двома електродвигунами у поєднанні з механічною передачею, що забезпечує переміщення у вертикальній та горизонтальній площинах. Керування здійснюється з місця водія за допомогою

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідного перемикача. Додатковий електродвигун може застосовуватися для автоматичного складання дзеркал.

Функціональні можливості дзеркал із електроприводом значно розширюються при інтеграції електронної системи керування. Такі системи підвищують безпеку та зручність під час маневрування і паркування. Наприклад, при ввімкненні заднього ходу дзеркала можуть автоматично змінювати своє положення, опускаючись для покращення огляду зони біля автомобіля. Під час подачі сигналу повороту дзеркало з відповідного боку може змінювати кут нахилу для зменшення «сліпої зони». Крім того, передбачена функція автоматичного складання дзеркал при постановці транспортного засобу на охорону.

Система контролю сліпих зон (Blind Spot Detection) є важливим елементом активної безпеки, який сприяє безпечному виконанню маневрів. Вона інформує водія про наявність інших транспортних засобів у ділянках, що не потрапляють у поле його зору, зменшуючи ризик виникнення аварійних ситуацій під час перестроювання.

1.3.Вимоги до дзеркал заднього виду

Дзеркала заднього виду повинні відповідати вимогам нормативного документа ДСТУ.46-99, а також затвердженій у встановленому порядку технічній документації. Усі дзеркала повинні забезпечувати можливість регулювання положення.

Контур відбивної поверхні має бути обрамлений захисним корпусом (кожухом або аналогічною конструкцією), причому радіус заокруглення по всьому периметру в будь-якому напрямку повинен бути не меншим ніж приблизно 2,5 мм.

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо дзеркало встановлюється на плоскій поверхні, то всі його елементи — як у робочому положенні, так і при регулюванні — а також деталі, що залишаються закріпленими після випробувань, повинні мати радіус заокруглення не менше 2,5 мм.

Конструкція кріплення дзеркала до транспортного засобу має забезпечувати таку геометрію, при якій уявний циліндр радіусом близько 50 мм, вісь якого збігається з віссю обертання або повороту дзеркала (що забезпечує його відхилення при ударі), частково проходить через площину кріплення.

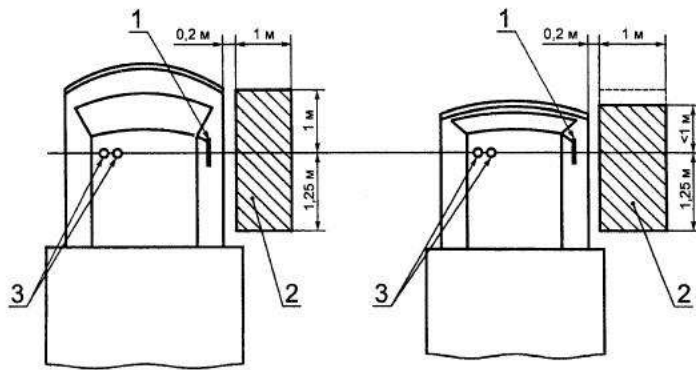
Зазначені вимоги не поширюються на окремі елементи зовнішніх дзеркал, виготовлені з матеріалів із твердістю за Шором А не більше 60 одиниць [1]. Аналогічно, вимоги до кронштейнів не застосовуються до внутрішніх дзеркал, якщо їх елементи виконані з матеріалів із твердістю менше 50 одиниць за Шором А та встановлені на жорстких опорах.

Для зовнішніх дзеркал бокового огляду (клас III) поле видимості повинно забезпечувати спостереження водієм частини горизонтальної поверхні дороги, що розташована збоку транспортного засобу. Це поле обмежується такими умовними площинами (рисунок 2):

- площиною, паралельною поздовжній вертикальній осі транспортного засобу, що проходить на відстані приблизно 0,2 м від крайньої точки габаритної ширини кабіни;
- задньою площиною, паралельною вертикальній площині через окулярні точки водія та розташованою приблизно на 1,3 м позаду;
- передньою площиною, паралельною аналогічній площині через очі водія, що знаходиться на відстані близько 1 м попереду.

У випадку, якщо передній край бампера розташований на відстані не менше 1 м від цієї умовної площини, саме він визначає передню межу поля огляду.

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – дзеркало бічного огляду; 2 – поле огляду лише на рівні дороги;
3 – окулярні точки.

Рисунок 2 – Поля огляду дзеркала заднього виду

Якщо дзеркала заднього виду складаються з декількох поверхонь, що мають різний ступінь вигину або утворюють між собою кут, то необхідно, щоб принаймні одна поверхня, що відбиває, забезпечувала таке поле огляду і мала такі розміри, які приписуються для того класу, до якого відносяться дані дзеркала.

Як висновок у розділі можна відзначити, що:

- Тип дзеркального елемента поділяють на плоскі, сферичні та асферичні. Останні два варіанти на даний момент є найбільш поширеними, але навіть вони не повною мірою здатні забезпечити безпеку маневрування автомобіля. Для вирішення цієї проблеми повсюдно застосовується система виявлення сліпих зон;
- згідно з технічними вимогами об'єктом дослідження вибирається дзеркало заднього виду класу (III), наводиться вимоги до конструкції та поля огляду дзеркал даного класу.

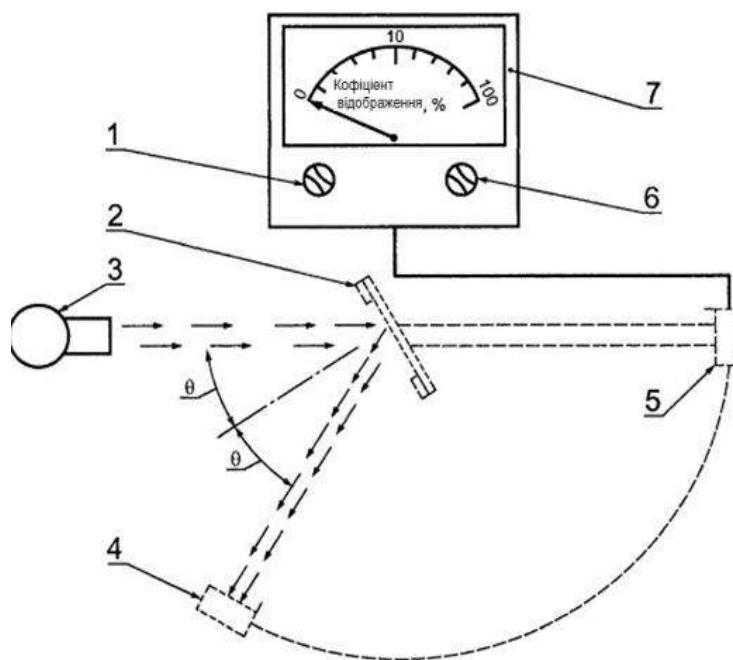
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.Випробування дзеркал заднього виду

2.1.Випробування дзеркал заднього виду для визначення відображає здібності

Вимоги до обладнання для випробування дзеркал:

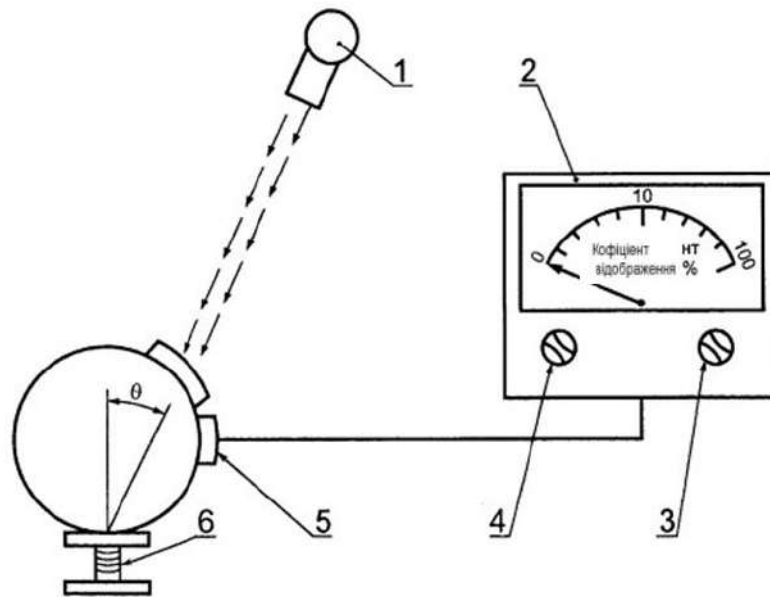
- обладнання має включати джерело світла, підставку для зразка, приймач з фотоелементом та індикатор (рисунок 3), а також засоби, необхідні для усунення впливу стороннього світла [6];
- для того, щоб полегшити зміну коефіцієнта відбиття неплоських (опуклих) дзеркал заднього виду, приймальний пристрій повинен включати кулю Ульбріхта [2], представлений на Рисунку 4.



1 – установка на нуль; 2 – штатив для закріплення зразка; 3 – джерело світла та коліматор; 4 – приймальний пристрій з фотоелементом у положенні для вимірювання та «непрямого» градуювання; 5 – штанга приймального пристрою у положенні для прямого градуювання; 6 – регулювання градуювання; 7 – регульований індикатор.

Рисунок 3 – Загальна схема приладу для вимірювання здатності, що відображає

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – джерело світла та коліматор; 2 – регульований індикатор; 3 – регулювання градування; 4 – установка на нуль; 5 – фотоелемент; 6 – штатив для закріплення зразка

Рисунок 4 – Загальна схема обладнання для вимірювання здатності, що відбиває, з використанням у приймальному пристрої кулі Ульбріхта

Спектральні параметри джерела випромінювання та приймальної системи повинні відповідати встановленим вимогам.

Джерело світла має відповідати стандарту типу МКС А та працювати у поєднанні з оптичною системою, яка формує світловий пучок із близькими до паралельних променями [11]. Для забезпечення стабільності характеристик випромінювання протягом усього періоду роботи доцільно застосовувати пристрій стабілізації напруги живлення лампи.

Приймальна система повинна включати фотоелектричний елемент, спектральна чутливість якого узгоджується з функцією денного зорового

сприйняття стандартного колориметричного спостерігача МКС (1931 р.).
Відповідні значення спектральних координат наведені у таблиці 1.

Допускається використання альтернативних комбінацій «джерело випромінювання – оптичний фільтр – приймач», за умови, що їх сумарна спектральна характеристика є еквівалентною стандартному випромінювачу МКС та відповідає умовам денного зору.

У разі застосування інтегруючої кулі (кулі Ульбріхта) її внутрішня поверхня повинна бути покрита дифузним матовим білим шаром із рівномірними відбивними властивостями без вибіркового спектрального впливу.

Таблиця 1 - Значення спектральних координат світла стандартного колориметричного спостерігача МКС

λ	\tilde{x}	\tilde{y}	Z
480	0.0024	0	0.0065
490	0.042	0.0002	0.0202
400	0.0244	0.0004	0.0679
420	0.0445	0.0022	0.2074
420	0.2444	0.0042	0.6456
440	0.2849	0.0226	2.4856
440	0.4484	0.024	2.7472
450	0.4462	0.048	2.7722
460	0.2928	0.06	2.6692
470	0.2954	0.092	2.2876
480	0.0956	0.249	0.824
490	0.042	0.208	0.4652
500	0.0049	0.424	0.272

Геометричні параметри проведення вимірювань передбачають формування падаючого світлового пучка під певним кутом до нормалі випробувальної поверхні. Зазвичай цей кут становить близько 25° (приблизно 0,44 рад) із

допустимими відхиленнями, однак його значення не повинно перевищувати орієнтовно 30° (0,53 рад). Вісь приймального пристрою повинна бути симетричною відносно цього кута, тобто утворювати з перпендикуляром до поверхні такий самий кут, як і падаючий пучок. Діаметр світлового пучка, що потрапляє на досліджувану поверхню, має бути не меншим ніж приблизно 20 мм для забезпечення коректності вимірювань.

Відбитий світловий потік повинен повністю або переважно потрапляти на чутливу поверхню фотоелемента, не перевищуючи її розмірів і водночас покриваючи не менше половини її площі. Бажано, щоб зона опромінення відповідала тій самій ділянці, яка використовується під час калібрування вимірювальної системи.

У разі використання інтегруючої кулі (кулі Ульбріхта) її діаметр повинен бути не меншим ніж приблизно 130 мм. Отвори для введення падаючого та відбитого світлових пучків повинні мати такі розміри, щоб не створювати перешкод для їх проходження. Фотоелемент у цьому випадку розміщується таким чином, щоб виключити пряме потрапляння як падаючого, так і відбитого світла на його поверхню.

Електричні характеристики системи «фотоелемент – індикатор» повинні забезпечувати лінійну залежність вихідного сигналу від інтенсивності світлового потоку, що сприймається. Для коректного налаштування та калібрування приладу передбачаються спеціальні засоби регулювання, які можуть бути електричними, оптичними або комбінованими. При цьому вони не повинні впливати на спектральні властивості системи чи порушувати її лінійність. Точність вимірювального комплексу має відповідати межам, що становлять приблизно $\pm 2\%$ від повного діапазону шкали або близько 10% від вимірюваного значення — залежно від того, яке з цих відхилень є меншим.

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція тримача зразка повинна забезпечувати таке встановлення, при якому осі джерела світла та приймального пристрою перетинаються безпосередньо в зоні відбивної поверхні. При цьому сама відбивна поверхня може бути розташована як на одній із площин зразка, так і всередині його структури — залежно від типу дзеркала (першої поверхні, другої поверхні або призматичного типу).

2.2.Процедура проведення випробування дзеркал для визначення відображає здібності

Прямий метод градуювання базується на використанні повітря як початкового еталона. Такий підхід застосовується для вимірювальних приладів, конструкція яких дозволяє виконувати налаштування всієї шкали шляхом орієнтації приймального елемента безпосередньо на оптичну вісь джерела випромінювання. У ряді випадків, зокрема при дослідженні поверхонь із низькою відбивною здатністю, виникає необхідність у введенні додаткової точки калібрування між крайніми значеннями шкали. Для цього в оптичний тракт встановлюється нейтральний світлофільтр із наперед відомим коефіцієнтом пропускання, після чого проводиться налаштування системи до досягнення відповідного показу індикатора. Після завершення калібрування фільтр обов'язково вилучається перед виконанням основних вимірювань відбивної здатності.

Непрямий метод градуювання використовується для приладів із фіксованою геометрією розташування джерела світла та приймального пристрою. У цьому випадку необхідно застосовувати попередньо відкалібрований еталон відбивної здатності, який перебуває у справному технічному стані. Найбільш доцільним є використання плоского дзеркала з

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнтом відбиття, максимально наближеним до характеристик досліджуваних зразків, що забезпечує підвищення точності вимірювань.

Під час визначення відбивної здатності опуклих дзеркал заднього виду застосовується спеціалізоване обладнання, у складі якого використовується інтегруюча куля (куля Ульбріхта). Принцип вимірювання полягає у порівнянні показів приладу для еталонного дзеркала з відомим коефіцієнтом відбиття та досліджуваного зразка. Величина коефіцієнта відбиття невідомого дзеркала визначається на основі співвідношення показів індикатора для еталонного та досліджуваного зразків, що дозволяє отримати кількісну оцінку відбивних властивостей поверхні.

2.3.Процедура визначення радіусу кривизни, що відображає поверхні дзеркала

Точки виміру.

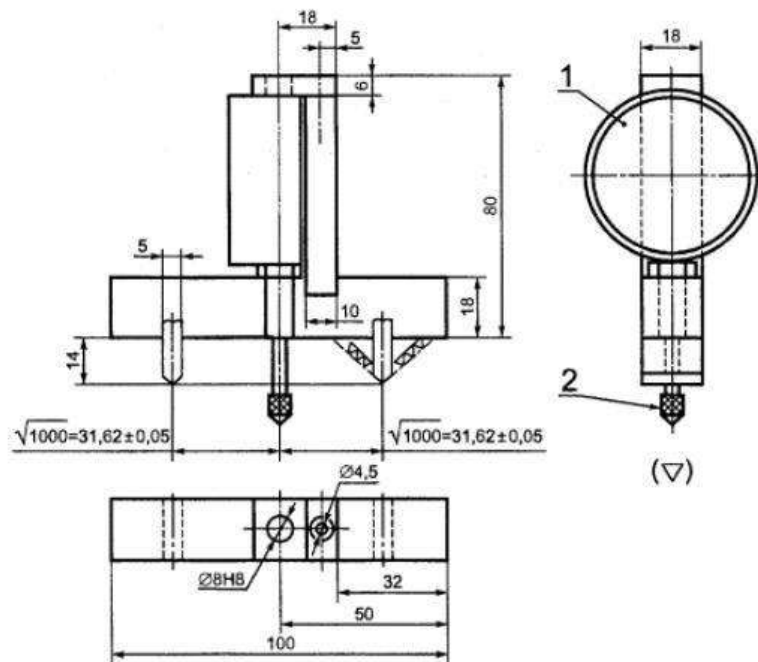
Вимірювання основних радіусів кривизни проводять у трьох точках, розташованих якомога ближче до $1/3$, $1/2$ і $2/3$ дуги поверхні, що відбиває, проходить через центр дзеркала і паралельної сегменту b , або перпендикулярної їй дуги, що проходить через центр дзеркала, якщо остання дуга довша.

Однак якщо розміри дзеркала не дозволяють зробити виміри у напрямках, технічні служби, на які покладено проведення випробувань, можуть провести виміри у цій точці у двох перпендикулярних напрямках, розташованих якомога ближче до визначених вище напрямків.

Устаткування.

Використовують прилад, який називається «сферометром», показаний на Рисунок 5.

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – компаратор; 2 – рухлива точка.

Рисунок 5 – Сферометр

Радіус кривизни r розраховують за такою формулою:

$$r = \frac{r_{p1} + r_{p2} + r_{p3}}{3}, \quad (2)$$

де r_{p1} – радіус кривизни першої точки виміру, мм;

r_{p2} – радіус кривизни другої точки вимірювання, мм;

r_{p3} – радіус кривизни третьої точки виміру, мм.

2.4. Випробування для визначення центру обертання та фактичного кута нахилу тулуба водія або пасажера, що сидить в автомобілі.

Опис об'ємного механізму визначення точки Н – центру обертання представлено нижче.

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Спинка та основа, представлені на Рисунку 6, виготовлені з арматурного пластику та металу [15]. Вони моделюють тулуб і стегна людини і кріпляться один до одного механічно у точці Н. На штир, укріплений у точці Н, встановлюють круговий сектор для вимірювання фактичного кута нахилу спинки. Регульований шарнір стегна, що з'єднується з основою тулуба, визначає центральну лінію стегна і є вихідною лінією для кругового сектора нахилу стегна [7].

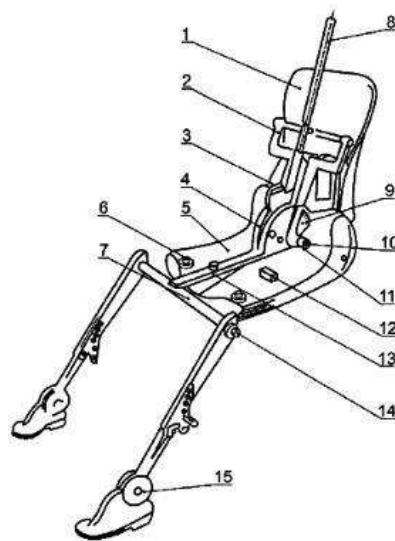
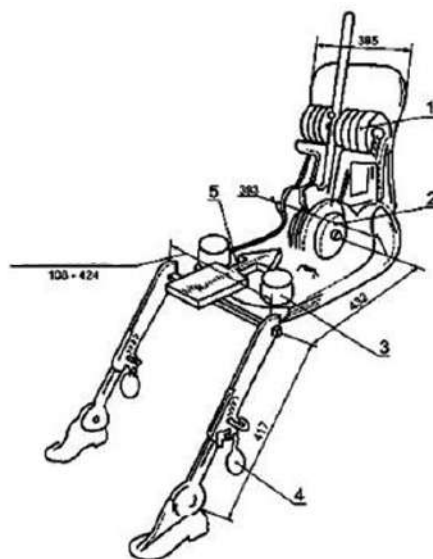


Рисунок 6 – Елементи об'ємного механізму визначення точки Н

Елементи, що моделюють ступні та гомілки, з'єднують з основою тулуба за допомогою колінного шарніра, який є поздовжнім продовженням регульованого кронштейна стегна. Для вимірювання кута згину коліна елементи гомілки та кісточки обладнані круговими секторами. Елементи, що моделюють ступні, мають градування для визначення кута нахилу ступні. Орієнтацію пристрою забезпечують за рахунок використання двох рівнів. Вантажі, які представлені на Рисунку 7, розміщені на тулубі, встановлюють у відповідних центрах тяжкості і забезпечують тиск на подушку сидіння, що дорівнює пасажиром-чоловіком вагою 76 кг [8]. Всі зчленування механізму

визначення точки Н повинні бути перевірені, щоб забезпечити їх вільний рух і виключити помітне тертя.



1 – спинні вантажі; 2 – сідничні вантажі; 3 – стегнові вантажі; 4 – ножні вантажі; 5 – напрямок та точка застосування навантаження.

Рисунок 7 – Розміри елементів та об'ємного механізму визначення точки Н та розподілу вантажів

Порядок встановлення об'ємного механізму:

Випробуваний транспортний засіб перед початком досліджень необхідно витримати при температурі 20 ± 10 °С (за вибором виробника) до досягнення температурою матеріалів сидінь значення, близького до кімнатного. Якщо сидіння раніше не експлуатувалося, його слід попередньо «підготувати» — двічі протягом однієї хвилини навантажити масою 70–80 кг (людиною або відповідним пристроєм) для формування робочої жорсткості подушки та спинки. За вимогою виробника допускається додаткове витримування

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комплектів сидінь у ненавантаженому стані не менше 30 хв перед встановленням вимірювального пристрою точки Н.

Транспортний засіб повинен бути встановлений у положення, визначене для проведення вимірювань. У разі наявності регульованого сидіння його спочатку переміщують у крайнє заднє положення, передбачене для нормального користування. Інші регулювання (за висотою, кутом нахилу тощо) встановлюють відповідно до рекомендацій виробника. Для складаних сидінь фіксація у вертикальному положенні повинна відповідати штатному режиму експлуатації.

Поверхню сидіння, що контактує з вимірювальним пристроєм, покривають бавовняною тканиною визначених параметрів. Якщо випробування проводяться поза транспортним засобом, опорна поверхня має імітувати характеристики підлоги транспортного засобу.

Вимірювальний механізм точки Н встановлюють таким чином, щоб його центральна площина збігалася з поздовжньою площиною сидіння. У разі необхідності допускається незначне зміщення механізму. Далі виконують фіксацію нижніх кінцівок пристрою та регулювання їх положення для забезпечення природного розташування ступнів відносно педалей. Горизонтальність механізму перевіряється за допомогою рівнів і при потребі коригується положенням опор.

Після цього здійснюють встановлення механізму у контакт зі спинкою сидіння. Залежно від умов контакту застосовують або вільне ковзання назад, або додаткове навантаження через шарнір. Далі прикладають контрольне зусилля 100 ± 10 Н, спрямоване відповідним чином, після чого спинку механізму доводять до контакту зі спинкою сидіння.

Наступний етап передбачає розміщення вантажів на корпусі механізму та перевірку його положення. Для усунення можливих похибок виконують цикли

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бокового розгойдування з невеликим кутом відхилення. У процесі цього необхідно уникати додаткових неконтрольованих навантажень та забезпечити вільне положення ступнів.

Після завершення стабілізації положення механізму здійснюють остаточне вирівнювання, контроль положення ступнів та перевірку горизонтальності. За потреби застосовують додаткові навантаження для точного встановлення механізму.

Далі проводять вимірювання координат точки Н у прийнятій тривимірній системі координат. Отримані значення порівнюють із розрахунковими координатами точки R та конструктивним кутом нахилу тулуба, визначеними виробником.

Результати вважаються допустимими, якщо координати точки Н знаходяться в межах просторової області з допуском 50 мм, а відхилення фактичного кута нахилу тулуба не перевищує 5°. У такому випадку розрахункові параметри використовують для оцінки відповідності конструкції встановленим вимогам.

2.5. Вимоги до випробувань датчиків сліпих зон

Метою проведення випробувань є виконання оптичних досліджень у межах кутів огляду світлодіодних елементів датчика сліпих зон. Суть методики полягає у визначенні показників яскравості (у кд/м²), кольорових характеристик (за координатами x, y та довжиною хвилі, що характеризує чистоту кольору), а також оцінці рівномірності світіння.

Для проведення вимірювань необхідно забезпечити відповідні умови середовища та використання спеціалізованого обладнання. Випробування

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здійснюються у затемненому приміщенні з рівнем освітленості не більше 1 лк, який контролюється люксометром. Вимірювальна апаратура повинна забезпечувати точність визначення яскравості не гірше 0,01 кд/м², а кольорових координат — до 0,01 та довжини хвилі — до 1 нм. При цьому роздільна здатність датчика має відповідати або перевищувати можливості людського ока в діапазоні відстаней 700–1800 мм.

Для позиціонування досліджуваного елемента застосовуються рухомі опори: сферична платформа, що дозволяє орієнтувати об'єкт у межах 180°, а також лінійна направляюча для точного налаштування відстані та забезпечення необхідної роздільної здатності не менше 9 пікселів/мм².

Процедура випробування передбачає встановлення дзеркала заднього виду відносно вимірювального пристрою з урахуванням оптимальної відстані, яка визначається параметрами приладу, а не фактичним положенням у транспортному засобі. Орієнтацію дзеркала виконують згідно з заданими виробником кутами огляду, використовуючи регульований кронштейн та лазерні покажчики.

Подальші вимірювання здійснюються як у денному, так і в нічному режимах із урахуванням електричних параметрів системи (напруга, струм). При обробці результатів враховується вся площа підсвіченої поверхні, за винятком крайових зон (мінус один піксель), що дозволяє уникнути впливу градієнтів яскравості та кольорових спотворень.

Для денних умов додатково створюється світловий потік, що забезпечує освітленість близько 45000 лк під кутом 30° до поверхні дзеркала. У цих умовах визначають яскравість світлодіода та фонові області для розрахунку коефіцієнта контрастності C_r , який повинен перевищувати 0,5 для забезпечення чіткої візуалізації. У разі необхідності застосовують захисні фільтри для запобігання перенасиченню датчика.

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт контрастності визначається як відношення різниці яскравостей світлодіода та фону до їх сумарного значення, де використовуються відповідні значення яскравості в кд/м².

Нормативні вимоги до яскравості датчика передбачають обмеження для транспортних засобів, що рухаються позаду: у денному режимі значення не повинно перевищувати 1500 кд/м², а в нічному — 150 кд/м². Робочі режими самого датчика характеризуються такими параметрами: при вимкненому стані — 0 кд/м², у денному режимі — 3000–4500 кд/м², у нічному — 300–450 кд/м².

Електричні характеристики датчика знаходяться в межах: напруга 12–14 В, струм 30–200 мА, частота роботи не менше 200 Гц. Час відгуку системи повинен забезпечувати досягнення не менше 90% максимальної яскравості за період, що не перевищує 10 мс після подачі сигналу.

Узагальнюючи результати розділу, можна зазначити, що наведено методику оцінювання відбивних властивостей дзеркал заднього виду, описано обладнання для визначення радіуса кривизни за допомогою сферометра, а також детально розглянуто процедуру встановлення параметрів положення людини в салоні транспортного засобу. Окрім цього, сформульовано вимоги до випробувань датчиків сліпих зон, включаючи необхідне обладнання та їх основні технічні характеристики.

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Аналіз та пошук рішення щодо оптимізації конструкції дзеркал заднього виду легкового автомобіля

3.1. Аналіз діючих конструкцій бічних дзеркал заднього виду

У цьому розділі наводиться оцінка світлової індикації системи контролю сліпих зон зовнішніх дзеркал за умов зовнішньої освітленості. Варто заздалегідь відзначити, що датчики сліпих зон мають два режими роботи: денний та нічний. Нижче наведено аналіз роботи індикатора кожного з режимів. Для аналізу світіння використовувався пристрій з ручним регулюванням яскравості з цифровою індикацією значень від 0 до 100 одиниць.

Для денного режиму рекомендується застосувати найбільшу можливу яскравість індикатора 100 одиниць для забезпечення максимальної помітності в умовах яскравих сонячних відблисків. Варто відзначити, що навіть при максимальній яскравості індикатора світло сонячних відблисків може перекривати свічення індикатора, що добре видно на малюнках 8 і 9.



Рисунок 8 – Перекриття сонячними відблисками індикатора сліпих зон

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 9 – Вигляд відблисків із салону автомобіля

Для умов низького освітлення рекомендується застосувати яскравість індикатора 3 одиниці, що забезпечить достатню видимість індикатора, і при цьому не виникатиме відволікаючого і подразнюючого ефекту від його надмірної яскравості. Світіння індикатора може перекриватися світлом фар автомобілів, наступних позаду, як показано на рисунках 10 і 11.



Рисунок 10 – Перекриття індикатора сліпих зон світлом фар

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



Рисунок 11 – Вид на індикатор із салону

Індикатор помаранчевого кольору в дзеркалі може помилково сприйматися іншими учасниками руху як покажчик повороту. У зв'язку з чим краще застосувати червоний колір світіння індикаторів, як показано на Рисунку 12 [10].



Рисунок 12 – Приклад застосування індикатора червоного кольору в автомобілях Mercedes-Benz

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 25.22101.000. ПЗ

Арк.

29

На новий проект автомобіля планувалося установка сферичного дзеркала, представленого на Рисунку 13, з датчиком сліпих зон, що займає досить велику площу дзеркального елемента і має помаранчевий колір індикації світлодіода.

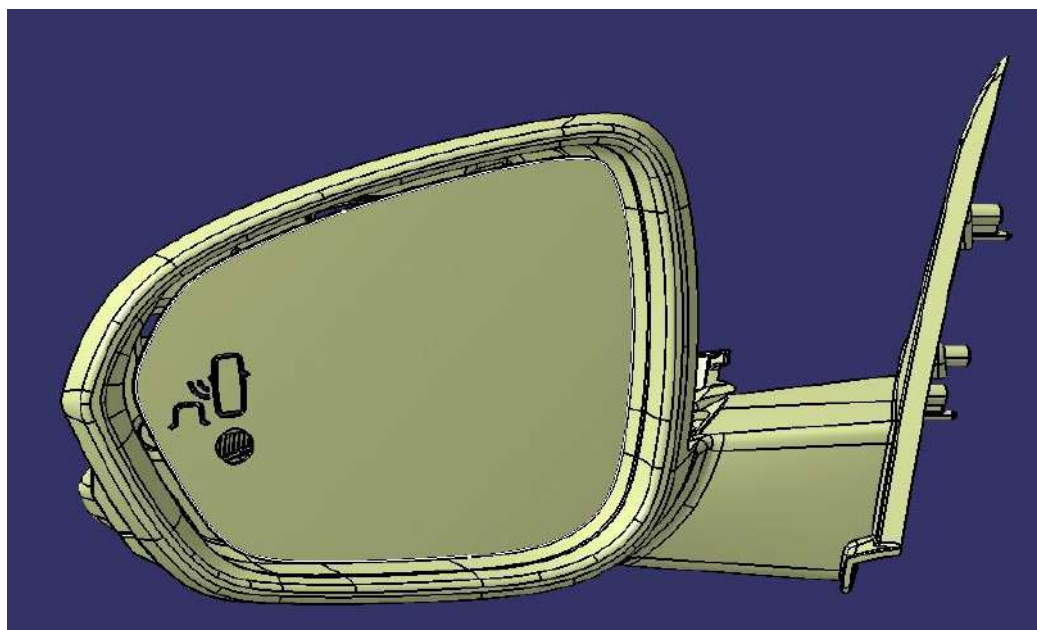


Рисунок 13 – Базова конструкція датчика сліпих зон.

Перенесення індикатора з відбивної поверхні дзеркала на його внутрішню частину або на основу кріплення забезпечує його чітку видимість за будь-яких умов освітлення, незалежно від зовнішніх джерел світла, що можуть потрапляти на дзеркало. Таке конструктивне рішення також дозволяє уникнути хибної інтерпретації сигналу індикатора іншими учасниками дорожнього руху, зокрема як сигналу покажчика повороту. У результаті знижується ймовірність неправильного сприйняття маневрів транспортного засобу та, відповідно, ризик виникнення аварійних ситуацій. Зазначений аспект доцільно враховувати під час розроблення конструкції дзеркал заднього виду, оснащених системами контролю сліпих зон.



Рисунок 14 – Приклад застосування індикатора винесеного на внутрішню стінку дзеркала у автомобілях AUDI



Рисунок 15 – Приклад застосування індикатора, винесеного на основу стійки А в автомобілях NISSAN

Провівши аналіз на основі даних про вимоги до дзеркал заднього виду, їхню номенклатуру, можна зробити наступний висновок: для забезпечення максимальної оглядовості необхідно задіяти всю корисну площу дзеркального елемента.

У базовій конструкції дзеркала заднього виду датчик контролю сліпих зон займає значну частину відбивної поверхні, що, за результатами аналізу

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

існуючих технічних рішень, не повністю відповідає вимогам забезпечення безпеки маневрування транспортного засобу. Зокрема, зберігається ймовірність погіршення сприйняття сигналу індикатора через вплив сонячних відблисків або світла фар автомобілів, що рухаються позаду.

Крім того, розміщення датчика безпосередньо на дзеркальному елементі призводить до зменшення ефективної площі огляду для водія, що підтверджується результатами розрахунків оглядовості, наведеними у розділі 4. Додатковим фактором є використання помаранчевого кольору індикації, який може сприйматися неоднозначно та потенційно створювати передумови для помилкового трактування сигналів іншими учасниками дорожнього руху.

З урахуванням зазначених недоліків було сформульовано задачу удосконалення конструкції датчика сліпих зон, спрямовану на підвищення оглядовості дзеркала заднього виду та покращення безпеки експлуатації транспортного засобу, що розробляється.

3.2. Принцип роботи системи виявлення сліпих зон

BSW (Blind Spot Warning) – система допомоги водію, функцією якої є виявлення та контроль транспортних засобів навколо: наприклад, що наближаються збоку або ззаду розташовані в сліпій зоні. При наближенні до транспортного засобу система BSM попереджає водія про їхню присутність за допомогою звукових або візуальних сигналів [7]. Такі системи ефективні в ситуаціях, коли водій намагається змінити смугу руху або звернути на смугу, зайняту іншими транспортними засобами, які не видно, отже, вони знаходяться в сліпій зоні. За допомогою встановлених сенсорів, контрольованих системою, автомобіль здатний розрізнити кілька транспортних засобів одночасно. Система BSW контролює

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

присутність транспортного засобу в радіусі дії сенсорів, так і їхнє максимальне зближення з транспортним засобом, на якому змонтована дана система [10].

В даний час розрізняють декілька типів сенсорів систем BSW:

- радары, що представлені на Рисунку 16;
- відеокамери, представлені Рисунку 17;
- комбіновані системи.



Рисунок 16 – Розташування сенсорів у вигляді радарів на автомобілі



Рисунок 17 – Дзеркало заднього виду із сенсором сліпої зони у вигляді камери

Найбільш поширеним типом системи контролю сліпих зон є та, яку виробники автомобілів пропонують у стандартній комплектації або як опція на певних рівнях комплектації.

Незважаючи на те, що деякі з виробників пропонують ці системи безкоштовно, більшість продовжують резервувати їх для більш дорогих транспортних засобів. У результаті вони зазвичай налаштовуються на замовлення для конкретної моделі [30]. У таблиці 2 представлені деякі назви пропонованих автовиробниками систем моніторингу сліпих зон, а також сенсори, що використовуються в них.

Таблиця 2 – Системи моніторингу сліпих зон різних марок автомобілів

Марка автомобіля	Назва систем контролю сліпих зон	Тип сенсора системи контролю сліпих зон
Mercedes Benz	Blind Spot Assist	Радар
Mercedes Benz	Active Blind spot Assist	Радар
Buick	Side Blind zone alert	Радар
Volvo	Blind Spot Information system	Дві камери
Форд	Blind spot Information system	Радар
Volkswagen	Blind Spot monitor	Радар

Наприклад, система Active Blind Spot Assist Mercedes Benz може попереджати водія при зміні смуги руху, застосовуючи вибіркоче гальмування до окремих колес, і запобігати можливому зіткненню. На Рисунку 18 представлено роботу радарних датчиків Active Blind Spot Assist від Mercedes Benz. Радарні датчики системи Active Blind Spot Assist контролює положення дороги з обох боків і позаду автомобіля. Якщо автомобіль виявлено у сліпій зоні, то у відповідному зовнішньому дзеркалі з'являється червоний трикутник. Якщо водій не помічає попередження і подає сигнал про зміну смуги руху, індикатор починає блимати і лунає звукове попередження [23], [26]. При спробі водієм змінити смугу руху, незважаючи на попередження, система може знову попередити водія за допомогою конкретних коригувальних заходів гальмування. Якщо водій, як і раніше, не реагує, система може допомогти вивести автомобіль із небезпечної зони.



Рисунок 18 – Датчики сліпих зон Active Blind Spot Assist від Mercedes Benz

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Active Blind Spot Assist працює на швидкості понад 30 км/год [16]. Операції гальмування можуть виконуватись у діапазоні швидкостей від 30 до 200 км/год. Система BLIS від FORD, наприклад, виявляє автомобілі у сліпих зонах, але не пішоходів, велосипедистів чи інші об'єкти. На Рисунку 19 представлена робота сенсорів системи BLIS від FORD [23].

Volvo використовує дві камери для роботи системи Blind Spot Information system, представленої на Рисунку 20, що охоплюють площу 3 м збоку від дзеркала заднього виду та 9,5 м ззаду. Вони встановлюються у нижній частині корпусу дзеркала заднього виду [28], [29].



Рисунок 19 – Радіус дії датчиків система BLIS від FORD

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

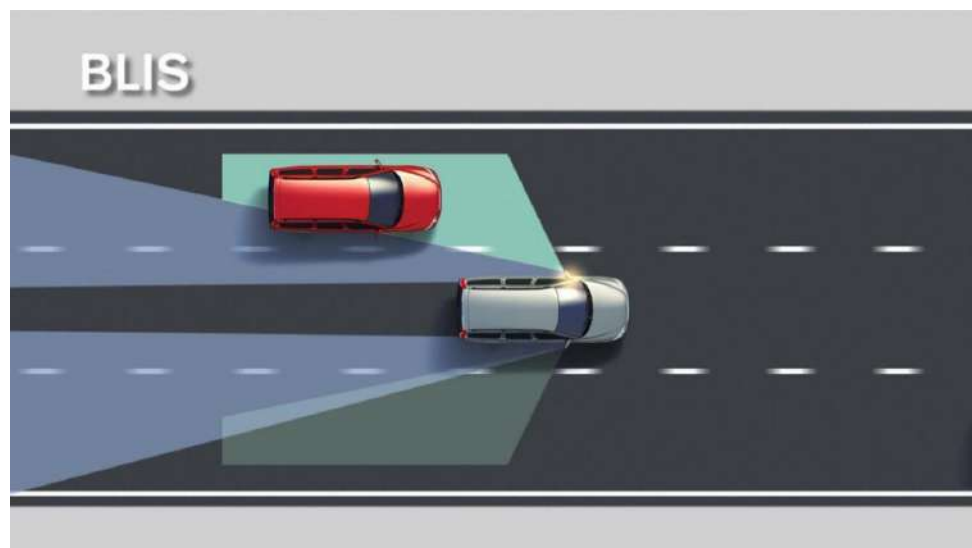


Рисунок 20 – Радіус дії датчиків Blind Spot Information system

Вуіск використовує два радари, які вмонтовані у задній бампер транспортного засобу. Радіус дії радарів охоплює 3 м збоку автомобіля та 5 м ззаду. Даною системою оснащено дзеркало заднього виду базової конструкції [21], [22]. На Рисунку 21 представлено роботу системи Side Blind zone alert від Вуіск.



Рисунок 21 – Радіус дії датчиків Side Blind zone alert

Однією з найбільш важливих характеристик, які відрізняються в різних системах, є точність датчиків: наскільки однозначно вони можуть ігнорувати помилкові сигнали тривоги (об'єкти, які не становлять небезпеки). Високоякісні датчики, як правило, забезпечують більш високу точність, але для зниження частоти помилкових спрацьовувань також потрібен удосконалений контролер, запрограмований на максимально можливе розрізнення позитивних та помилкових спрацьовувань [12].

Що ж до сегменту легкових автомобілів, то класі легких комерційних автомобілів система контролю сліпих зон викликає мало інтересу. Однак збільшення габаритних розмірів автомобіля призводить до того, що збільшується сліпа зона автомобіля. У зв'язку з цим актуальним є використання системи, яка може відстежувати задні сліпі зони транспортного засобу та допомагати водію при зміні смуги руху на сусідні смуги.

Система попередження водія про транспортні засоби у «сліпих» зонах складається з наступних компонентів:

- задній лівий радар;
- задній правий радар;
- блок керування BSW;
- індикатори системи BSW.

Обидва радари встановлені в задньому бампері так, щоб у зоні їхнього охоплення виявилася зонами роботи системи BSW, а блок управління системою знаходяться всередині салону автомобіля. Також система BSW отримує сигнал від датчика дощу та світла для коригування яскравості світіння світлодіода системи BSW. На Рисунку 22 представлено розташування датчика дощу та світла в автомобілі.

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 22 – Датчик дощу та світла, розташований у тримачі внутрішнього дзеркала

Водночас система BSM забезпечує такі функції:

- виявлення об'єктів у сліпій зоні транспортного засобу;
- оцінку відносної швидкості руху транспортного засобу, що використовується;
- візуальне та звукове попередження водія про можливе зіткнення з транспортним засобом у сліпій зоні;
- самодіагностику системи;
- візуальне подання водієві інформації про статус роботи системи;
- візуальне подання водієві інформації про помилку роботи системи.

Блок-схема роботи датчика сліпих зон представлена Рисунку 23

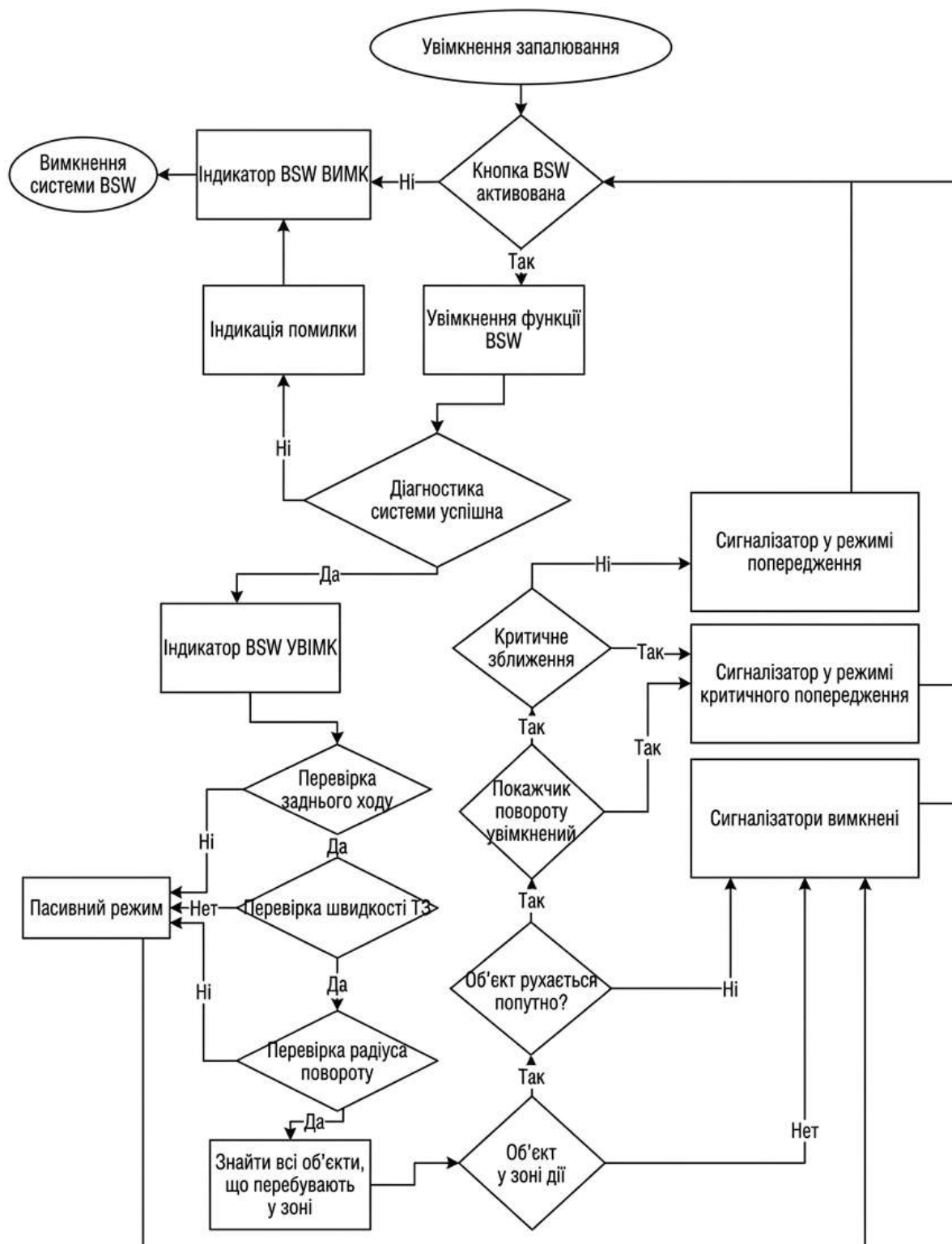


Рисунок 23 – Функціональна схема роботи BSW

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.3.Огляд можливостей програми CAD/CAE

Відповідність транспортного засобу вимогам стандартів є обов'язковою частиною проектування автомобілів. CAD/CAE надає рішення для ефективного та впевненого підтвердження відповідності конструкції та архітектури автомобіля міжнародним стандартам та нормам. CAD/CAE, доступна як розширення, успішно використовується OEM-виробниками та постачальниками по всьому світу і може бути встановлена як комплексне рішення або як окремі субпродукти для конкретних областей застосування. Різні модулі CAD/CAE аналізують найважливіші дані про автомобіль, такі як зони удару, оглядовість водія, положення пасажирів та зони склоочисників. Програма CAD/CAE включає ряд модулів необхідних для виконання певних видів завдань.

CAD/CAE OVA: модуль, представлений на Рисунку 24, призначений для розробки та перевірки комплектації транспортного засобу.

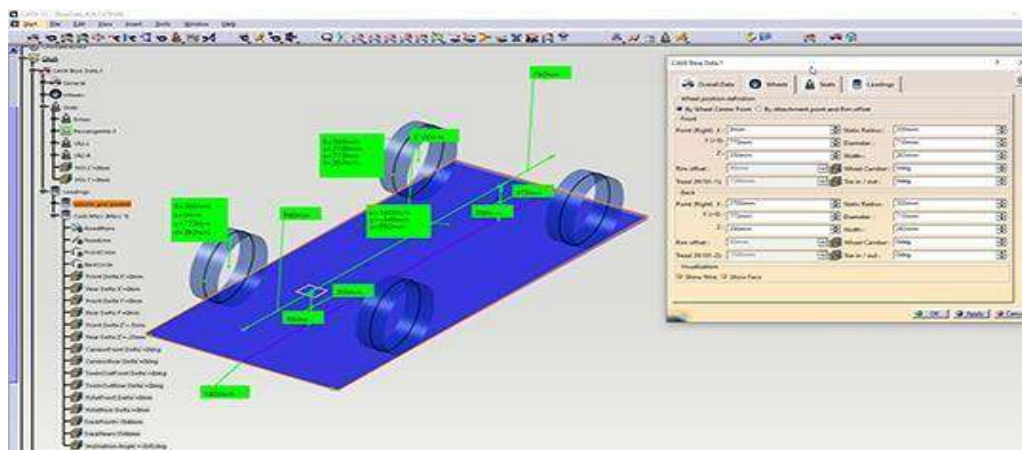


Рисунок 24 – Інтерфейс модуля CAD/CAE

Цей модуль дозволяє забезпечити правильне розміщення компонентів на ранній стадії розробки транспортного засобу – від ламп, номерних знаків та ременів безпеки. Чи є місця розміщення компонентів у межах встановлених проектних обмежень. Цей модуль необхідний для визначення обмежень

розмірів автомобіля, коліс, а також для конфігурації навантаження коліс на землю.

Цей модуль, представлений Рисунку 25, створює 2D-шаблон манекена у різних відсоткових розмірах.

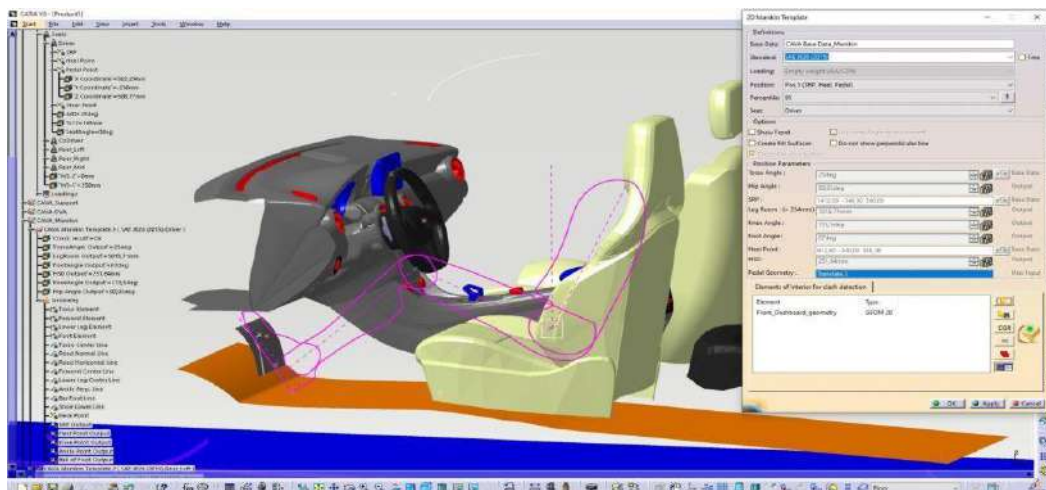


Рисунок 25 – Інтерфейс модуля CAD/CAE Manicp

Цей модуль забезпечує практичні методи позиціонування для конкретних цілей, як описано у стандарті SAE J826. Дозволяє визначити опорну точку сидіння на основі опорних точок п'яти, підлоги та педалі та/або рекомендованих кутів суглобів, геометрію педалі та точку п'яти на основі опорних точок сидіння, геометрії підлоги та кутів суглобів. Дає можливість виміряти простір для ніг на задніх сидіннях і також перевірити, чи немає збігу з геометрією (переднє сидіння, панель приладів і т.д.).

CAD/CAE : При проектуванні автомобіля необхідно враховувати безліч норм та вимог щодо прямого та непрямого зору водія. CAD/CAE надає низку функціональних можливостей для аналізу та оцінки законодавчих вимог, а також візуальних аспектів ергономіки та комфорту водія чи пасажирів. За допомогою CAD/CAE , вікна яких представлені на малюнках 26 та 27, можна оцінити такі аспекти, як, наприклад, які ділянки дороги видно водію, чи зможе

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проведено аналіз діючих конструкцій, в ході якого були виявлені ризики засвітлення світлодіода сонячними відблисками або світлом фар автомобілів, що ззаду йдуть;
- описано принцип роботи систем виявлення сліпих зон від різних автовиробників;
- наведено докладний опис модулів програмного забезпечення CAD/CAE, необхідного для розрахунку на оглядовість дзеркал заднього виду.

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Оцінка оглядовості дзеркала базової конструкції

Базова конструкція дзеркала заднього виду оснащена датчиком сліпих зон (BSW – Blind spot warning), яка через своє розташування заважає водієві об'єктивно оцінювати ситуацію на дорозі під час виконання маневрів на автомобілі.

Для доказу вищесказаного було проведено моделювання оглядовості в програмі CAD/CAE. Базовим автомобілем був обраний проект автомобіля, що розробляється, і прототип сферичного дзеркала для нього, який представлений на Рисунку 28.

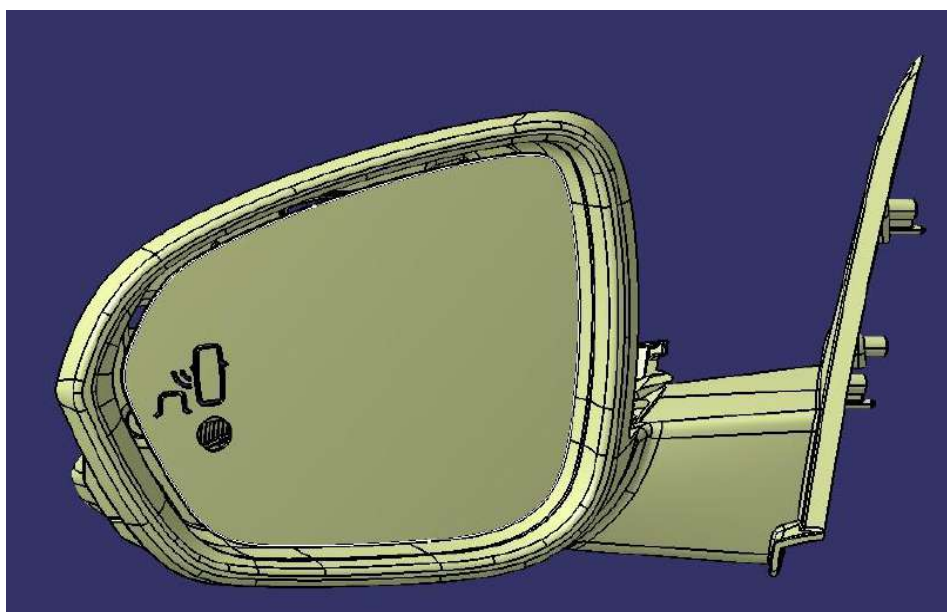


Рисунок 28 – Дзеркало базової конструкції

Всі дані в подальшому моделюванні оглядовості дзеркала заднього виду були обрані виходячи зі схеми місткості проекту автомобіля, що представлена на Рисунку 29.

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

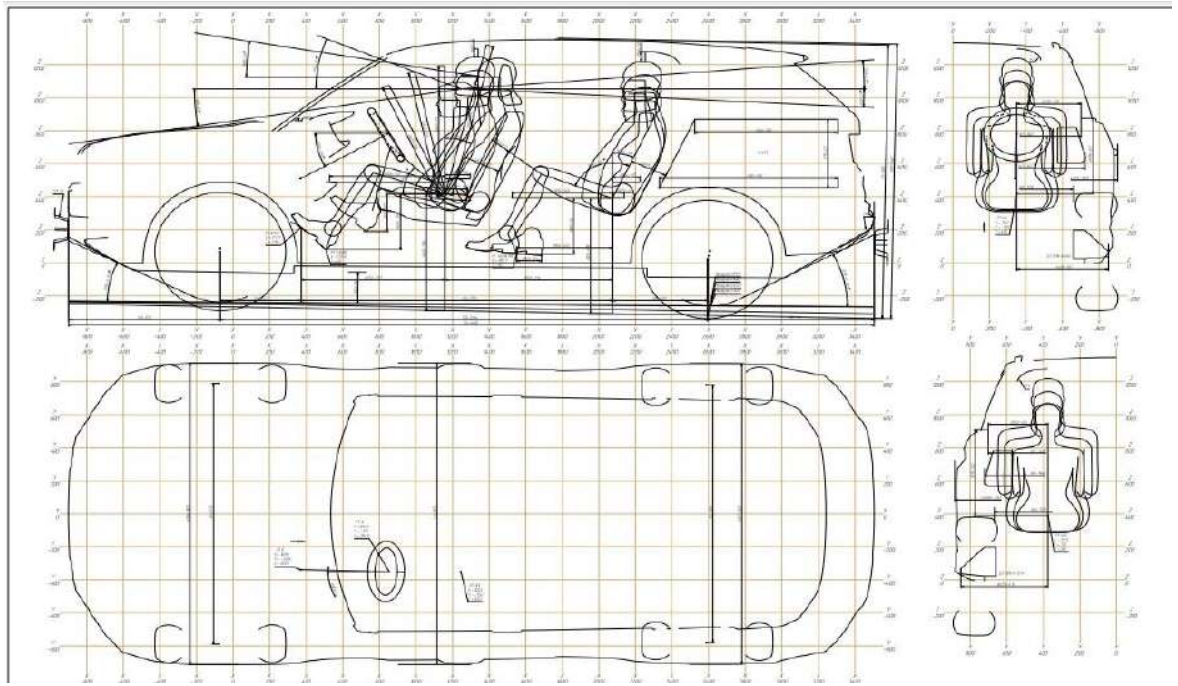


Рисунок 29 – Геометричні параметри проекту, що розробляється

Ескізна компоновка – це первинне графічне опрацювання конструкції автомобіля з дотриманням масштабних геометричних пропорцій. За її результатами видають перші графічно оформлені документи, які є вихідною інформацією для подальших проектних робіт. Результатом ескізного компонування є схема місткості.

Схема місткості - це компонування, яке визначає основні геометричні параметри автомобіля; розміщення в салоні людей різної репрезентативності; основні вимоги до оглядовості, досяжності; розташування передніх та задніх сидінь; положення кермового колеса та інших органів управління; розміщення паливного бака та запасного колеса; габарити моторного та багажного відділень.

На Рисунку 30 представлено вікно модуля CAD/CAE OVA "Base Data", в якому необхідно задати параметри землі автомобіля у вкладці Overall Data:

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

У вкладці Overall Data необхідно заповнити розміри автомобіля. Відповідно до карти вимірів їх величина дорівнює:

- Vehicle Width (W103) – ширина автомобіля: (1824 мм);
- Overhang front (L104) – довжина автомобіля від його переднього бампера до середини (838 мм);
- Overhang back (L105) – довжина автомобіля від його середини до заднього бампера (845 мм).

Після введення параметрів кузова автомобіля програма CAD/CAE моделює землю, представлену у вигляді синього прямокутника, показаного Рисунок 31.

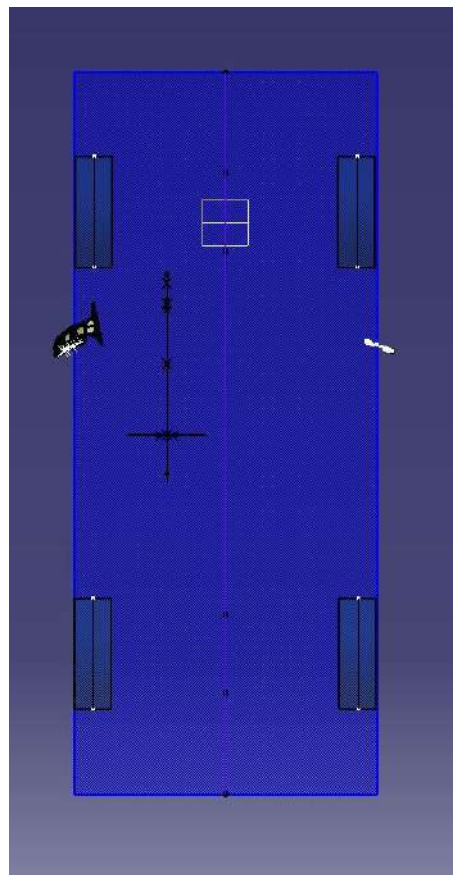


Рисунок 30 – Моделювання кордонів автомобіля у CAD/CAE

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі у вкладці *Wheels* необхідно задати геометричні параметри коліс транспортного засобу відповідно до даних, отриманих з карти вимірів (рисунок 32). Зокрема, визначаються параметри переднього та заднього коліс, а також координати їх центрів у просторовій системі координат.

Координати центрів коліс по осі *X* становлять приблизно -65 мм для переднього колеса та 2600 мм для заднього. По осі *Y* ці значення знаходяться в межах $790-800$ мм, а по осі *Z* — близько 48 мм для переднього та 7 мм для заднього колеса.

Основні геометричні характеристики колеса задаються такими параметрами: статичний радіус становить приблизно 333 мм, діаметр — близько 665 мм, а ширина колеса — орієнтовно 228 мм.

Після введення зазначених параметрів програмне середовище автоматично формує тривимірну геометричну модель коліс транспортного засобу. Результат побудови геометрії представлено на рисунку 33.

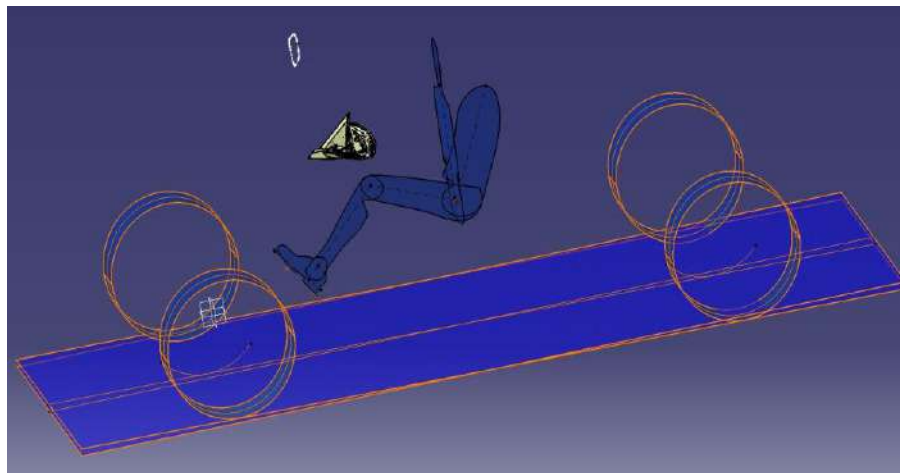


Рисунок 31 – Колеса автомобіля у CAD/CAE

У вкладці *Seats* задаються координати характерних точок, необхідних для побудови геометричної моделі манекена водія на основі даних карти вимірів (рисунок 34). Зокрема, визначається положення центру обертання

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тулуба та стегон водія, яке становить приблизно 1275 мм по осі X, -350 мм по осі Y та 380 мм по осі Z.

Також задається координата точки контакту ноги з педальним вузлом (Heel Reference Point), яка знаходиться на рівні близько 480 мм по осі X, -350 мм по осі Y та 80 мм по осі Z.

Положення кермового колеса визначається через координати його центра, що становлять приблизно 865 мм по осі X, -350 мм по осі Y та 767 мм по осі Z. Крім того, задається положення точки педалі (Pedal Reference Point), координати якої дорівнюють приблизно 360 мм по осі X, -350 мм по осі Y та 226 мм по осі Z. На основі введених параметрів програмне середовище формує просторову модель манекена водія, яка використовується для подальших розрахунків і представлена на рисунку 35.

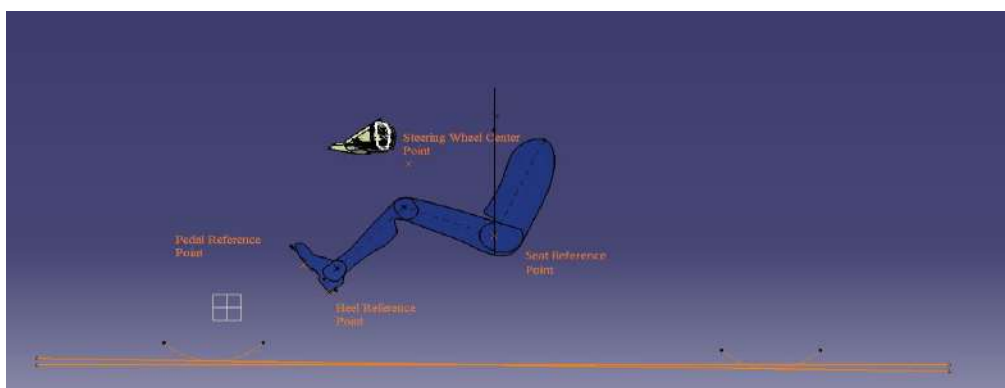


Рисунок 32 – Манекен з точками вкладки Seats

У вкладці Loadings (рисунок 33) задаються параметри навантаження транспортного засобу на опорну поверхню. Для проведення розрахунків обирається режим, що відповідає порожньому автомобілю з водієм та пасажиром, маса кожного з яких приймається приблизно 75 кг. Такий варіант навантаження є типовим і використовується під час оцінювання оглядовості дзеркал заднього виду.

У відповідному вікні параметрів задаються координати центрів коліс, аналогічно до тих, що були визначені на попередньому етапі у вкладці, присвяченій геометрії коліс.

Додатково в налаштуваннях активується опція відображення передньої частини манекена, що дозволяє візуалізувати положення тулуба водія. Для подальших розрахунків обирається положення сидіння водія, оскільки аналіз оглядовості виконується саме з його точки зору.

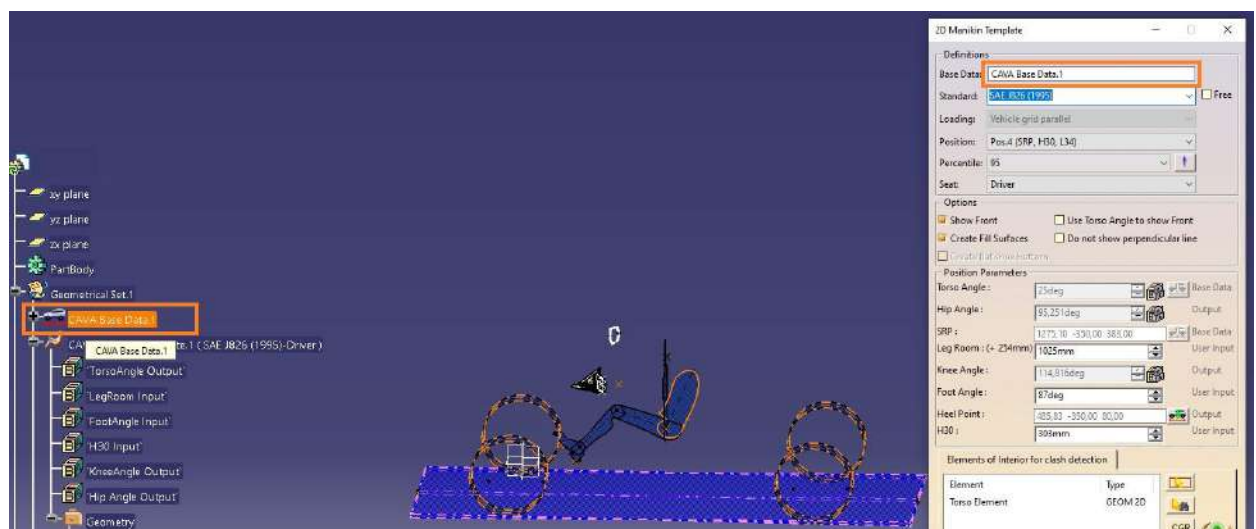


Рисунок 33 – Вибір Base Data

Для виконання розрахунку оглядовості дзеркала заднього виду необхідно додати геометрію дзеркала заднього виду та частини кузова автомобіля. З метою спрощення розрахунку та підвищення швидкості обробки вступних даних програмою CAD/CAE було вирішено використовувати не всю геометрію кузова автомобіля, а лише ту частину, яку бачить водій у дзеркалі заднього виду.

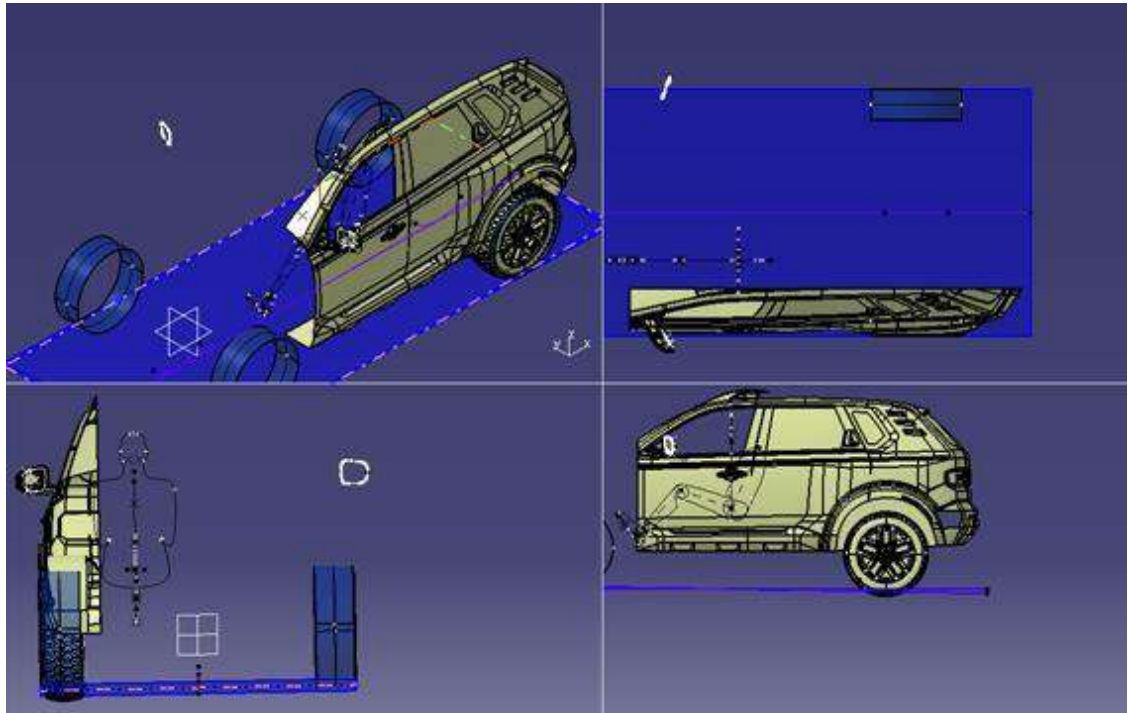


Рисунок 34 – Частина кузова автомобіля із дзеркалом заднього виду базової конструкції (Surface 5)

Необхідно встановити параметри в модулі «CAD/CAE Mirror».

У вкладці Definition, вводяться такі дані дзеркала заднього виду:

- Тип дзеркального елемента – Spherical (Сферичний);
- Radius – радіус дзеркального елемента (1260 мм);
- Rotation Point – точка обертання дзеркального елемента (Point 3, ця точка завантажується в CAD/CAE з 3D моделі дзеркала); Contour – контур поверхні дзеркального елемента (Curve 12, контур створюється інженером до розрахунку).

Вступні дані для модуля CAD/CAE Mirror представлені Рисунку 42.

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

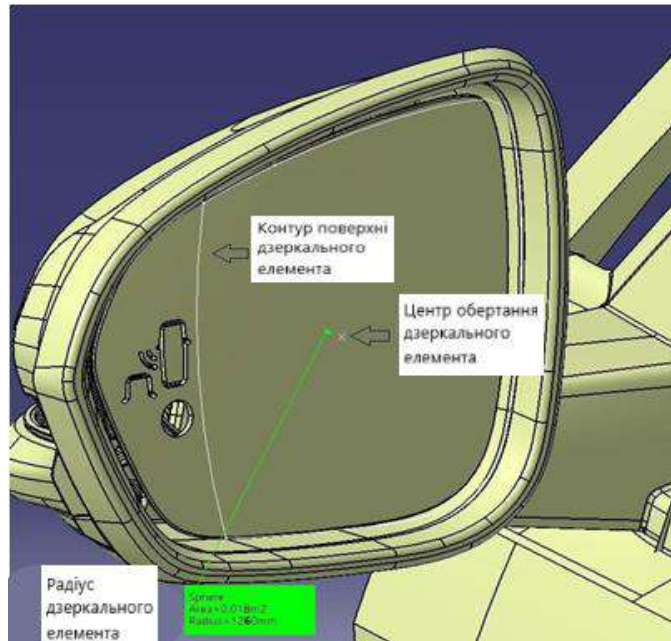


Рисунок 35 – Дзеркало базової конструкції

Ділянка дзеркального елемента, на якій розміщується датчик контролю сліпих зон, через конструктивні особливості не є відбивною поверхнею, тому не включається до контуру відбивної області типу Curve 12.

У вкладці Elements необхідно задати такі параметри:

- визначити перекривну поверхню, тобто геометрію частини кузова автомобіля (Surface 5), яка відобразиться в межах контуру дзеркального елемента;
- активувати функцію *on mirror surfaces* для побудови відбитої геометрії на поверхні дзеркала;
- увімкнути параметр *use for blocking calculation* для врахування кузова під час аналізу зон перекриття;
- обрати режим *indirect*, оскільки кузов розташований позаду дзеркального елемента відносно напрямку поширення променів.

У вкладці Visualization налаштовуються параметри відображення результатів моделювання:

- *Show elements on perpendicular plane behind car* — відображення проєкції кузова на площині позаду автомобіля;

- *Show rays* — побудова додаткових променів для визначення граничних зон видимості дзеркала;
- *Show minimal instruction field on mirror surface* — визначення вільної (неперекритої) області дзеркального елемента;
- *Create geometry for result / create mirror surface* — побудова геометрії відбитих променів у розрахунковому полі;
- *Representation (all)* — відображення всіх згенерованих променів;
- *Eye (both)* — моделювання променів від обох очей водія;
- *Consider blocking elements* — врахування елементів, що можуть обмежувати огляд;
- *Show visible area as surface on (IF)* — формування видимої області у вигляді поверхні на вимірювальній площині.

У результатах візуалізації наведено розрахункову модель та позначено активовані параметри. У вкладці Rotation представлено результати перевірки, зокрема частку покриття інструктивним полем контуру дзеркального елемента.

Інструктивне поле (Instruction Field) являє собою трапецієподібну область, що формується програмним середовищем і характеризує ступінь перекриття контуру дзеркала. За результатами розрахунку частка перекриття становить приблизно 56 % для лівого ока та 32 % для правого, при цьому середнє значення, яке враховується програмою, дорівнює близько 32 %.

Отримане середнє значення перевищує допустимий рівень ($\approx 10\%$), що свідчить про недостатню оглядовість. Це означає, що лише близько 68 % інструктивного поля фактично є видимими в межах дзеркального елемента. Такий результат не відповідає нормативним вимогам і унеможлиблює сертифікацію (омологацію) даного типу дзеркала.

Згідно з установленими критеріями, не менше $\approx 90\%$ інструктивного поля повинно бути доступним для огляду, тобто відображатися в межах дзеркального елемента.

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

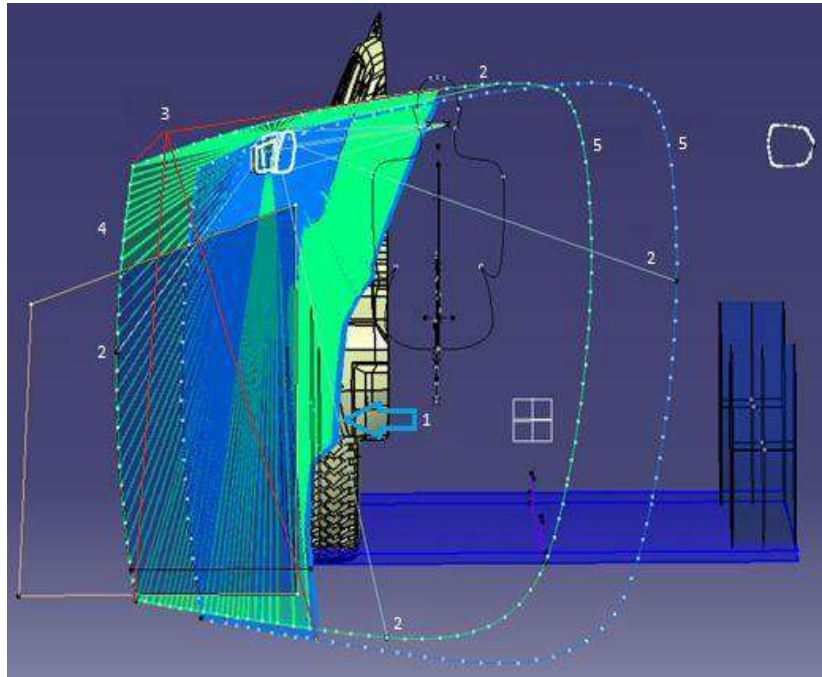


Рисунок 35 – Результат моделювання оглядовості дзеркала базової конструкції

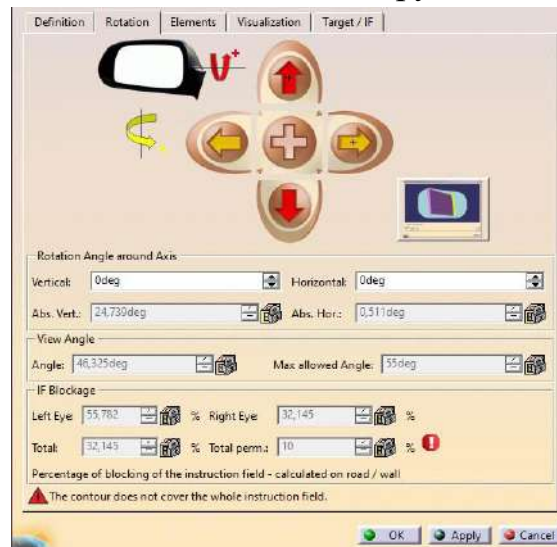


Рисунок 36 – Результат перевірки оглядовості дзеркала базової конструкції

На рисунках 37 та 38 представлена візуалізація перевірки оглядовості.

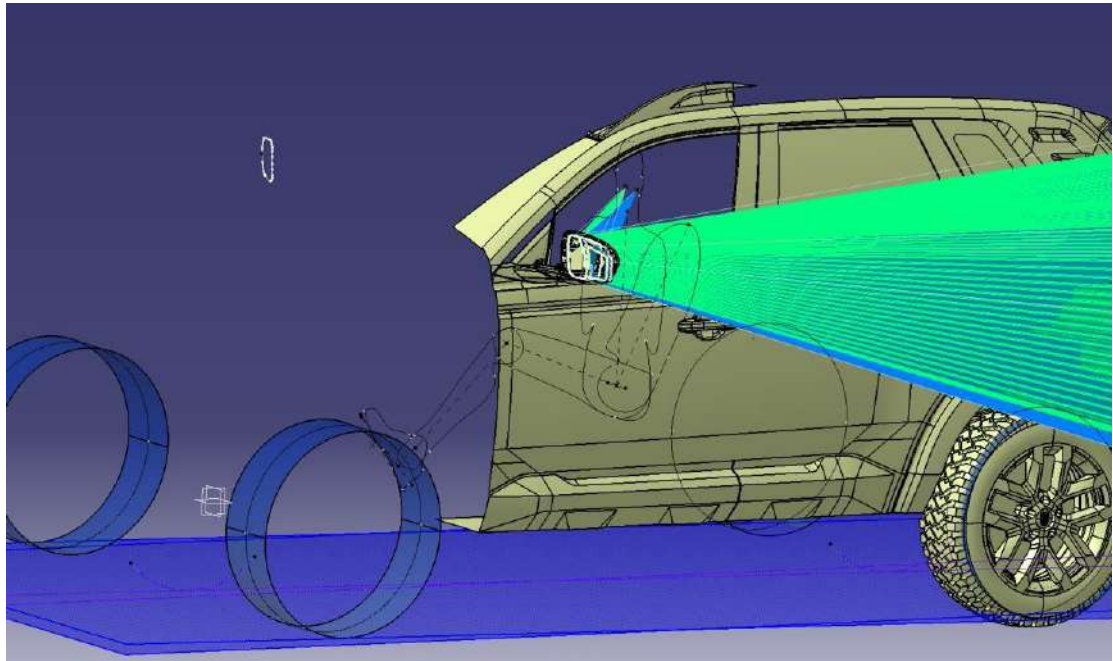


Рисунок 37 – Бічний вид візуалізації моделювання дзеркала базової конструкції

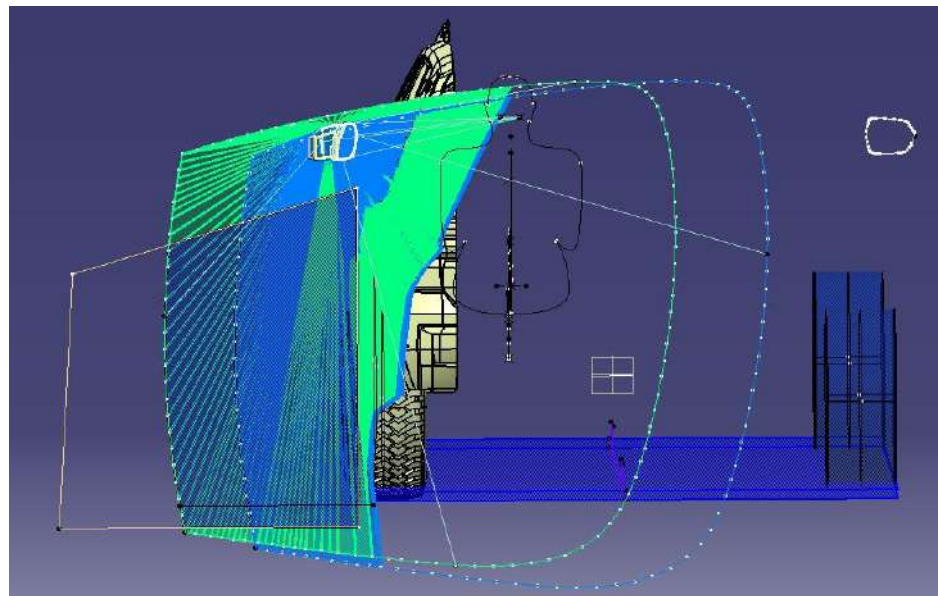


Рисунок 38 – Основний вид візуалізації моделювання дзеркала базової конструкції

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Як висновок по розділу можна відзначити, що базова конструкція датчика сліпих зон не задовольняє вимогам оглядовості. Для підтвердження цього було виконано таке:

- проаналізовано базову конструкторську конструкцію датчика сліпих зон;
- провівши розрахунок на обзорність базової конструкції, з докладним описом процесу введення даних та описом функцій модулів програми CAD/CAE;
- проведено аналіз головного показника розрахунку, яким є відсоток покриття для лівого та правого ока, який у середньому обчислювався програмою CAD/CAE як 32 %, що у результаті відповідає вимогам оглядовості.

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Аналіз оглядовості дзеркала удосконаленої конструкції

У ході аналізу проведеного розрахунку на перевірку оглядовості дзеркала базової конструкції виявлено неприпустимі показники величин покриття інструктивним полем контуру дзеркального елемента. Для вирішення цієї проблеми пропонується нова конструкція датчика сліпих зон, яка передбачає під собою перенесення індикатора за дзеркальний елемент, тим самим звільняючи корисне місце дзеркального елемента і досягаючи максимальної оглядовості. Дзеркало нової конструкції представлено Рисунку 39.

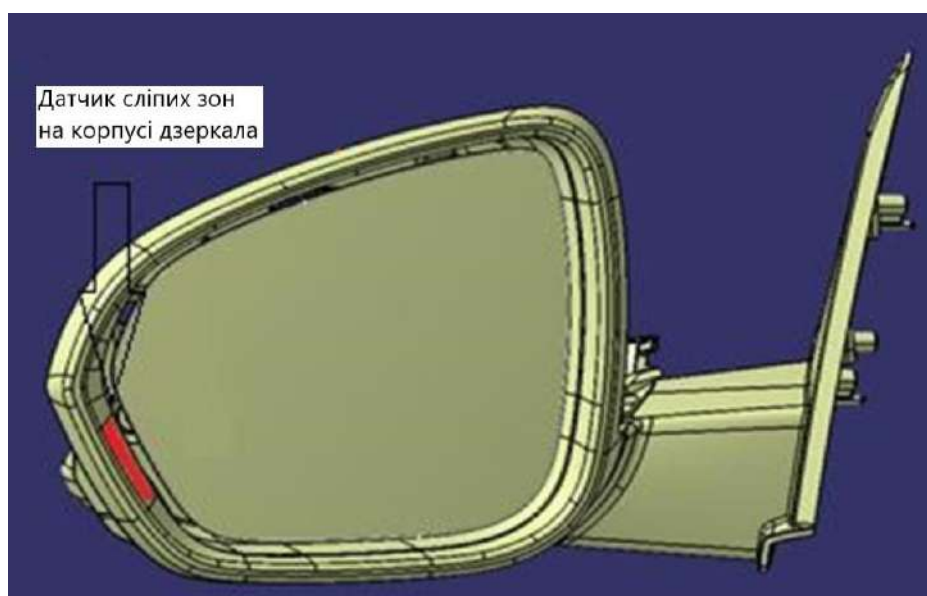


Рисунок 39 – Дзеркало з перенесеним датчиком сліпих зон

Аналіз оглядовості дзеркала нової конструкції проводили з такими ж вступними параметрами як і під час перевірки дзеркала базової конструкції, за винятком контуру дзеркального елемента. Зважаючи на те, що датчик сліпих зон був перенесений з дзеркального елемента, площа контуру вільної поверхні, що відображає, представлена на Рисунку 50, стала більше, що сприяло

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поліпшенню показників покриття інструктивним полем контуру дзеркального елемента.

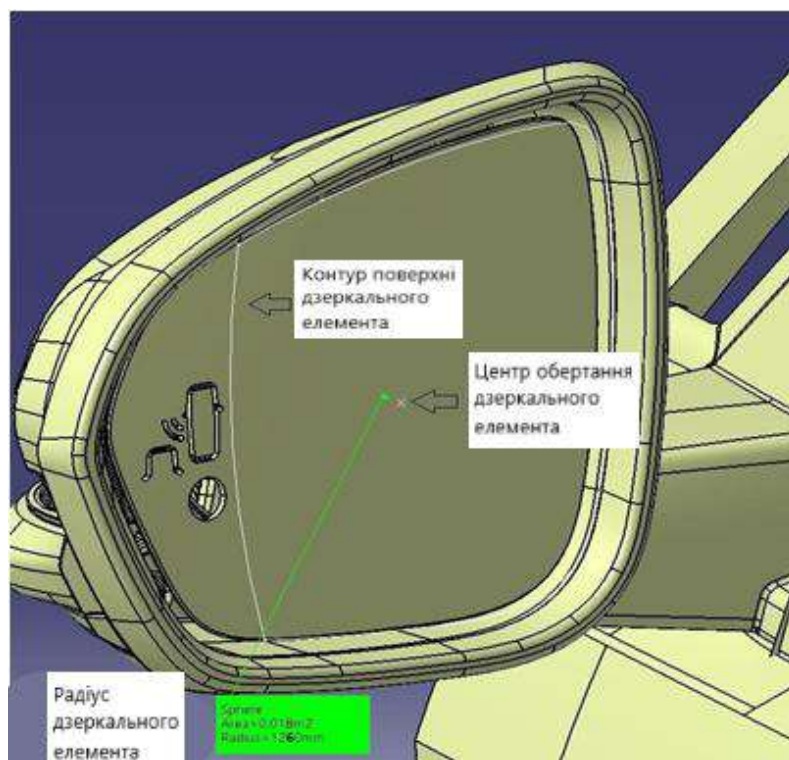
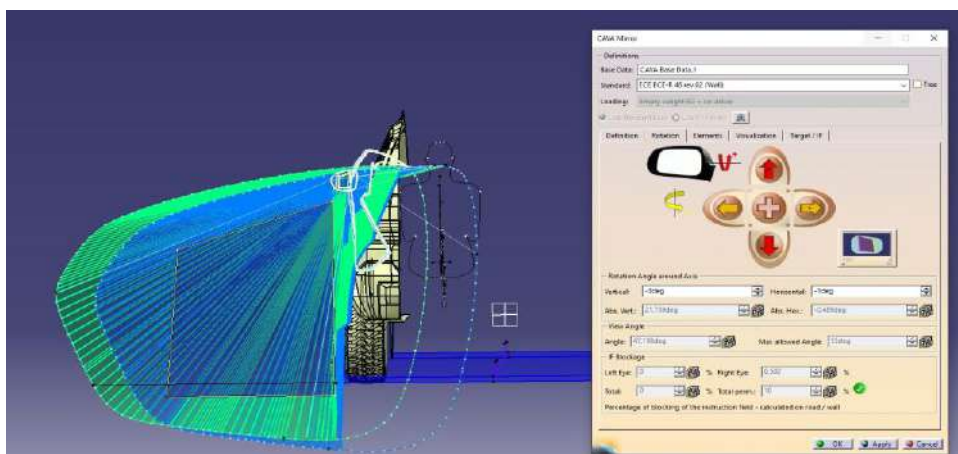


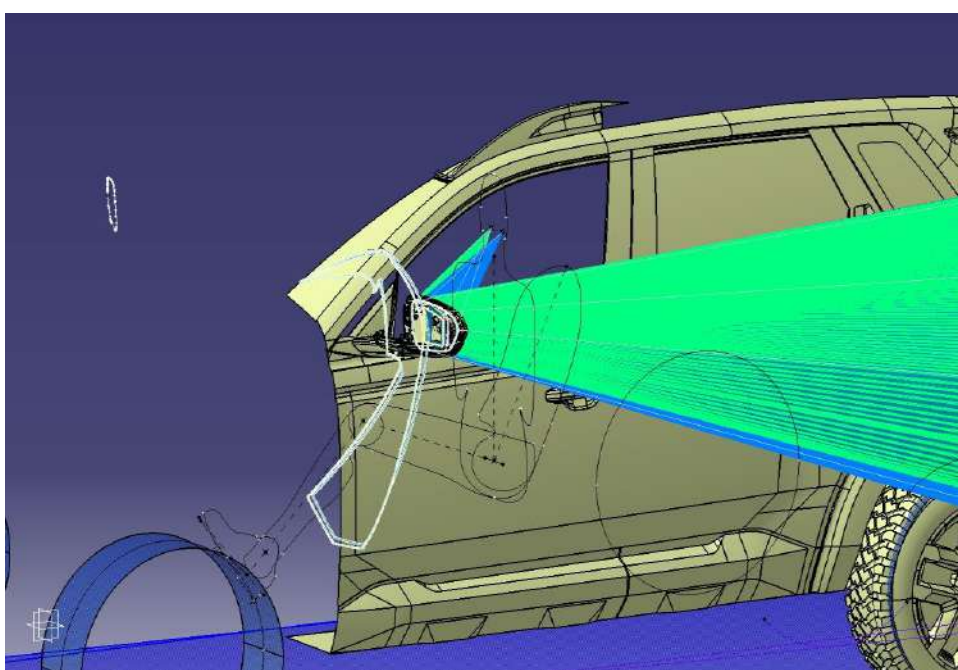
Рисунок 40 – Контур дзеркального елемента нової конструкції, виділений білою лінією

За результатами перевірки, наведеними на рисунку 40, значення покриття інструктивного поля для лівого та правого ока у пункті IF Blockage становили відповідно приблизно 0 % та 0,5 %, при цьому середнє значення є практично нульовим. Отриманий показник суттєво нижчий за допустиме граничне значення, яке становить близько 10 %.

Таким чином, досліджувана конструкція дзеркала відповідає встановленим вимогам, а її використання допускається з точки зору нормативної оцінки (омологації). Підсумкова візуалізація результатів розрахунку представлена на рисунку 41.



а



б

Рисунок 41 – Результат перевірки оглядовості дзеркала нової конструкції: а – вид ззаду; б – вид збоку

На Рисунку 42 представлений загальний вигляд дзеркала заднього виду нової конструкції з перенесеним датчиком сліпих зон із дзеркального елемента на внутрішню частину корпусу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

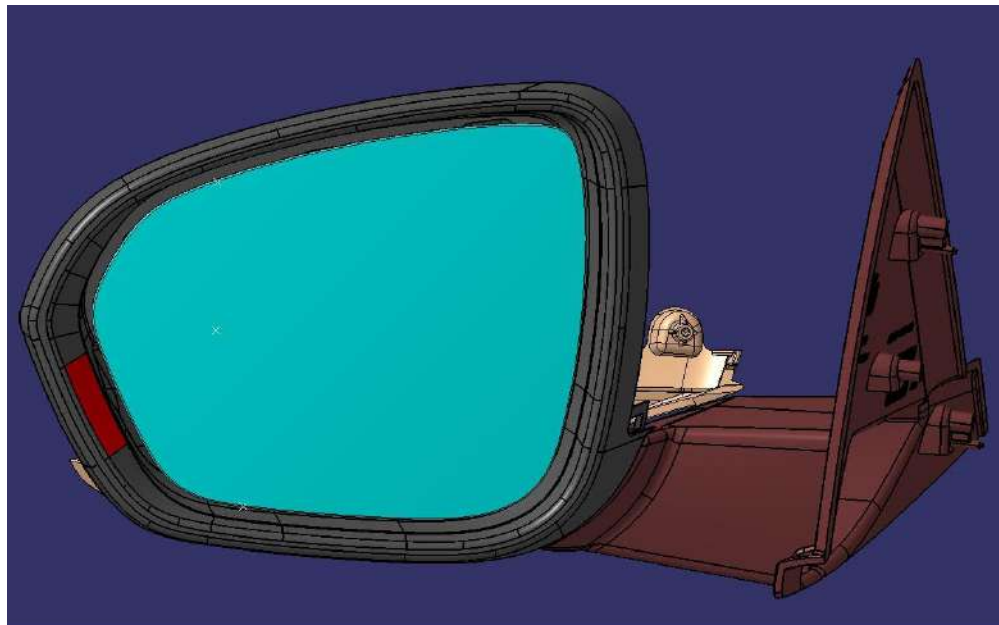


Рисунок 42 – Дзеркало нової конструкції з перенесеним датчиком сліпих зон

Як висновок у розділі можна відзначити, що запропонована нова конструкція датчика сліпих зон повністю задовольняє вимогам оглядовості.

Для підтвердження цього було виконано таке:

- проаналізовано базову конструкцію датчика сліпих зон та запропоновано нову, яка вимагає підтвердження розрахунком;
- виконано розрахунок, головним показником якого є відсоток покриття для лівого та правого ока, що в середньому обчислюється програмою CAD/CAE як 0 %, що в результаті відповідає вимогам оглядовості;
- запропоновано нове місце для монтажу датчика сліпих зон, а саме внутрішню частину корпусу дзеркала заднього виду, оскільки цей варіант більш оптимальний та візуально зручний для контролю водієм ситуації на дорозі під час виконання маневрів.

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз показав, що базові конструкції дзеркал заднього виду з інтегрованими індикаторами сліпих зон мають суттєві недоліки, зокрема зменшення оглядовості та можливість перекриття індикатора зовнішніми світловими впливами.
2. Результати моделювання підтвердили, що базова конструкція не відповідає нормативним вимогам за показником покриття інструктивного поля, який значно перевищує допустимі значення.
3. Запропонована конструкція з перенесенням індикатора за межі дзеркального елемента дозволяє повністю звільнити відбивну поверхню та підвищити ефективність оглядовості.
4. Отримані результати розрахунків показали, що удосконалена конструкція забезпечує відповідність вимогам стандартів та може бути рекомендована до впровадження у сучасні транспортні засоби.

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Сахно В. П. Автомобілі: Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посіб. Київ : ВТФ «Перун», 2014. 272 с.
2. Поляков Ю. О. Вплив аеродинамічних характеристик елементів кузова на безпеку руху легкового автомобіля. *Вісник Національного транспортного університету*. 2018. № 41. С. 112–119.
3. Кравченко О. П., Сирота В. М. Удосконалення оглядовості водія через дзеркала заднього виду в умовах обмеженої видимості. *Автомобільний транспорт*. 2019. Вип. 44. С. 45–52.
4. Подригало М. А. та ін. Системний аналіз конструкцій дзеркал заднього виду сучасних легкових автомобілів. *Механіка та машинобудування*. 2020. № 2. С. 88–97.
5. Маруніч О. С. Дослідження аеродинамічного шуму від зовнішніх дзеркал автомобіля при високих швидкостях. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2021. № 23. С. 140–147.
6. Левченко В. П. Оптимізація форми корпусу дзеркал заднього виду для зниження коефіцієнта лобового опору. *Наукові нотатки*. 2017. Вип. 58. С. 104–110.
7. Грищук О. К. Використання цифрових камер як альтернатива традиційним дзеркалам заднього виду: переваги та недоліки. *Сучасні технології в машинобудуванні*. 2022. № 17. С. 31–39.
8. Коваленко М. Г. Ергономічне обґрунтування розміщення органів оглядовості в салоні легкового автомобіля. *Проектування та виробництво*. 2019. № 3. С. 55–62.
9. Бондаренко С. В. Аналіз надійності механізмів автоматичного складання дзеркал у сучасних легкових авто. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2020. № 1. С. 12–18.

					КРБАТ 25.22124.000. ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 10.ДСТУ UN/ECE R 46-04:2018. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пристроїв непрямого огляду та механічних транспортних засобів щодо встановлення цих пристроїв. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 84 с.
- 11.Hucho W. H. Aerodynamics of Road Vehicles: From Fluid Mechanics to Vehicle Engineering. 4th ed. Warrendale : SAE International, 2013. 930 p.
- 12.Schmidt C., Tarlton J. The evolution of automotive rear-: from mirrors to cameras. *Journal of Automobile Engineering*. 2021. Vol. 235, Iss. 4. P. 889–902.
- 13.Walker G. Human Factors in Automotive Engineering and Technology. London : CRC Press, 2017. 384 p.
- 14.Kim J., Lee S. Aerodynamic noise reduction of automotive side-view mirrors using bio-inspired serrated edges. *International Journal of Automotive Technology*. 2019. Vol. 20. P. 543–551.
- 15.Isobe A. Development of Camera Monitor System to replace side mirrors. *SAE Technical Paper*. 2017. No. 2017-01-0043.
- 16.Flannagan M. J. Rearview mirror technologies. *Driver Perception and Performance*. 2015. Vol. 12. P. 115–124.
- 17.Zhang L., Gao Y. Optimization of external mirror shape for drag reduction using CFD. *Automotive Innovation*. 2020. Vol. 3, Iss. 2. P. 156–165.
- 18.He X., Tan G. Research on the blindness of rearview mirrors based on intelligent vehicle systems. *Sensors and Actuators*. 2018. Vol. 270. P. 45–53.
- 19.Nilsson J. Evaluation of digital side-view mirrors in heavy and light vehicles. *Applied Ergonomics*. 2021. Vol. 90. 103254.
- 20.Wang Y. Smart Rearview Mirrors: Integration of LCD and Camera Systems. *Advanced Vehicle Technologies*. 2022. Vol. 5. P. 210–219.

					КРБАТ 25.22101.000. ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		