

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### «Удосконалення методів контролю та відновлення геометричних параметрів кузова автомобіля»

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

Шифр **КвРАТ. 22107.01.21.00**

Виконав студент 4 курсу група АТ-22-1

  
Підпис

Владислав ШКЛЯРУК

Керівник к.т.н., доцент каф. ТАМ

  
Підпис

Сергій ПОСОНСЬКИЙ

Нормоконтролер к.т.н., доцент каф. ТАМ

  
Підпис

Олег БАБАК

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри ТАМ

10.06.2026р

Дата

  
Підпис


Олександр ДИХА

Хмельницький, 2026

# 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

  
15.04 Диха О.В.  
2026 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Шклярку Владиславу Дмитровичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: **Удосконалення методів контролю та відновлення геометричних параметрів кузова автомобіля.**

керівник роботи: Посонський Сергій Феліксович, доцент каф. ТАМ.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 20.01.2026 р. № 7 (Д 26)

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали курсових проектів, робіт, практики.

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

1) Аспекти конструкційних особливостей кузовів легкових автомобілів та їх умов роботи.

2) Аналіз пошкоджень елементів кузова.

3) Технологія ремонту і відновлення кузовів

5. Перелік графічного матеріалу (презентація):

Розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 15.04 2026 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/П	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1	<i>Аспекти конструкційних особливостей кузовів легкових автомобілів та їх умов роботи</i>	28.05.2026	<i>вик</i>
2	<i>Аналіз пошкоджень елементів кузова</i>	8.06.2026	<i>вик</i>
3	<i>Технологія ремонту і відновлення кузовів</i>	12.06.2026	<i>вик</i>
4	<i>Результати аналізу, висновки.</i>	14.06.2026	<i>вик</i>
5	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	16.06.2026	

Студент

  
Підпис

*Владислав ШКЛЯРУК*

Керівник кваліфікаційної роботи

  
Підпис

*Сергій ПОСОНСЬКИЙ*

## РЕФЕРАТ

Судент групи АТ-22-1: Шклярук В.Д.

Структура та обсяг пояснювальної записки. Кваліфікаційна робота на тему **«Удосконалення методів контролю та відновлення геометричних параметрів кузова автомобіля»** складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 11 найменувань, розміщених на 1 сторінці, та 1 додатку розміщеного на 14 сторінках. Роботу викладено на 61 сторінках, з них 56 сторінки основного тексту, на яких розміщено 40 рисунків.

У роботі розглянуто методи відновлення геометрії кузова автомобілів та сучасні засоби її контролю. Встановлено, що точність відновлення кузова є ключовим фактором, який впливає на безпеку, керованість і довговічність транспортного засобу.

Проаналізовано роботу стапельного обладнання, зокрема Rhone 2800 Evolution із силовим пристроєм Sevenne, що забезпечує створення необхідних зусиль для виправлення деформацій.

Досліджено можливості електронної системи Siver Data, яка дозволяє з високою точністю визначати координати контрольних точок кузова та підвищує ефективність діагностики. Також розглянуто шаблонні системи MZ та MZ+, які забезпечують відновлення геометрії без виконання вимірювань і є зручними у практичному застосуванні.





Встановлено, що поєднання сучасних вимірювальних і шаблонних систем дозволяє підвищити якість ремонтних робіт та забезпечити відповідність кузова заводським параметрам.

Проведений аналіз показав, що точність відновлення геометрії кузова є критично важливим фактором, який безпосередньо впливає на безпеку експлуатації транспортного засобу, його керованість, знос шин і ресурс елементів підвіски. Встановлено, що навіть незначні відхилення контрольних точок від нормативних значень можуть призводити до суттєвого погіршення експлуатаційних характеристик автомобіля.

*Ключові слова:* АВТОМОБІЛЬ, КУЗОВ, НЕСУЧІ СИСТЕМИ, ДЕФОРМАЦІЯ КУЗОВА, СТАПЕЛЬ, ШАБЛОННА СИСТЕМА ВИМІРЮВАНЬ, РЕМОНТ КУЗОВА, ВІДНОВЛЕННЯ ГЕОМЕТРІЇ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АСПЕКТИ КОНСТРУКЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КУЗОВІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ТА ЇХ УМОВ РОБОТИ	8
1.1 Основи класифікації кузовів.	8
1.2 Конструктивні елементи та матеріали	9
1.3 Умови навантаження кузова автомобіля під час експлуатації	14
1.4 Жорсткість кузова автомобіля	15
1.5 Поглинання енергії удару кузовом автомобіля	17
1.6 Сучасні методи підвищення міцності кузова	18
1.7 Вплив жорсткості кузова на експлуатаційні характеристики автомобіля.	18
2 АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ КУЗОВА	20
2.1 Пошкодження під час експлуатації.	20
2.2 Пошкодження кузова внаслідок ДТП	22
3 ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ І ВІДНОВЛЕННЯ КУЗОВІВ	31
3.1 Структурна схема технологічного процесу ремонту кузовів	31
3.2 Послідовність підготовчих операцій	33
3.3 Відновлення елементів кузова	39
3.3.1 Обладнання для кузовного ремонту.	39
3.3.2 Усунення локальних пошкоджень	40
3.3.3 Правка кузовів	43
3.3.4 Контрольно-вимірвальні системи геометрії.	49
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60
ДОДАТКИ	61

<b>КВРАТ. 22107.01.21.00</b>				
Зм	Арк	№ Докум.	Підпис	Дата
Виконав		Шклярук		
Перевір.		Посонський		
Н.контр.		Бабак		
Затвер.		Диха		
Удосконалення методів контролю та відновлення геометричних параметрів кузова автомобіля				
		Літера	Арквш	Арквшів
		4	6	1
ХНУ, АТ-22-1				

## ВСТУП

Сучасний автомобіль є складною технічною системою, у якій кузов виконує не лише функцію розміщення агрегатів і пасажирів, але й забезпечує жорсткість конструкції, пасивну безпеку та геометричну стабільність транспортного засобу. У процесі експлуатації автомобілі зазнають різноманітних механічних впливів, серед яких особливе місце займають дорожньо-транспортні пригоди, що призводять до деформації несучих елементів кузова.

Порушення геометрії кузова негативно впливає на експлуатаційні характеристики автомобіля, зокрема на керованість, стійкість, рівномірність зносу шин та ресурс вузлів підвіски. Крім того, відхилення від заводських параметрів можуть суттєво знизити рівень безпеки водія та пасажирів. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває питання точного відновлення геометрії кузова після пошкоджень.

Сучасні технології кузовного ремонту передбачають використання спеціалізованого обладнання - стапелів, силових пристроїв, а також систем контролю геометрії. Серед них важливе місце займають як електронні вимірювальні комплекси, що забезпечують високу точність визначення координат контрольних точок, так і шаблонні системи, які дозволяють відновлювати геометрію без виконання складних розрахунків.

Незважаючи на значний розвиток засобів діагностики та ремонту, питання підвищення точності, ефективності та технологічності процесів відновлення кузова залишається актуальним. Особливо це стосується впровадження сучасних цифрових систем вимірювання та оптимізації їх використання у практичній діяльності сервісних підприємств.

Метою даної роботи є вибір методів відновлення геометрії кузова автомобіля та аналіз сучасних засобів контролю її параметрів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) проаналізувати конструкцію кузова та вплив деформацій кузова на експлуатаційні характеристики автомобіля;
- 2) розглянути конструкцію та принцип дії стапельного обладнання;
- 3) оцінити можливості сучасних вимірювальних систем;
- 4) оцінити ефективність застосування шаблонних систем при кузовному ремонті.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

# 1 АСПЕКТИ КОНСТРУКЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КУЗОВІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ТА ЇХ УМОВ РОБОТИ

## 1.1 Основи класифікації кузовів.

Кузов легкового автомобіля є базовим конструктивним елементом транспортного засобу, який забезпечує розміщення водія, пасажирів та вантажу, а також слугує основою для монтажу основних агрегатів і систем автомобіля. До кузова кріпляться двигун, трансмісія, елементи підвіски, паливна система, електрообладнання та інші вузли автомобіля.

Основне функціональне призначення кузова полягає у забезпеченні безпечних та комфортних умов експлуатації транспортного засобу. Кузов повинен захищати пасажирів від впливу зовнішнього середовища (опадів, вітру, пилу, низьких температур), а також забезпечувати належний рівень пасивної безпеки під час дорожньо-транспортних пригод. У разі зіткнення конструкція кузова повинна поглинати значну частину енергії удару та мінімізувати ризик травмування людей у салоні.

За конструктивною компоновкою кузова легкових автомобілів поділяють на: трьохоб'ємні; двохоб'ємні; однооб'ємні.

Трьохоб'ємна компоновка передбачає наявність трьох відокремлених функціональних зон (рис. 1.1): моторного відсіку, пасажирського салону та багажного відділення. Такий тип кузова характерний для автомобілів типу седан. Відокремлення цих зон дозволяє зменшити проникнення шумів і запахів у салон, а також підвищує рівень безпеки, оскільки під час лобового або заднього удару частина енергії деформації поглинається моторним або багажним відсіком.

Перевагами трьохоб'ємної компоновки є підвищений акустичний комфорт, ефективніша теплоізоляція салону та вищий рівень пасивної безпеки. До недоліків можна віднести більшу загальну довжину автомобіля,

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що іноді ускладнює маневрування та паркування в умовах щільної міської забудови.

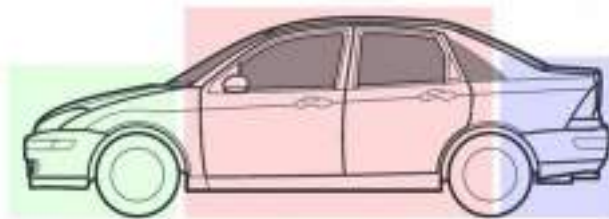


Рисунок 1.1 – Схема трьох об'ємного кузова

Двохоб'ємна конструкція кузова передбачає поділ автомобіля на два основні відсіки: моторний та вантажопасажирський. До такого типу належать автомобілі класу хетчбек та універсал, рис. 1.2. У даному випадку пасажирський салон та багажний відсік конструктивно поєднані в єдиний простір, що дає змогу збільшувати об'єм багажного відділення шляхом складання задніх сидінь.

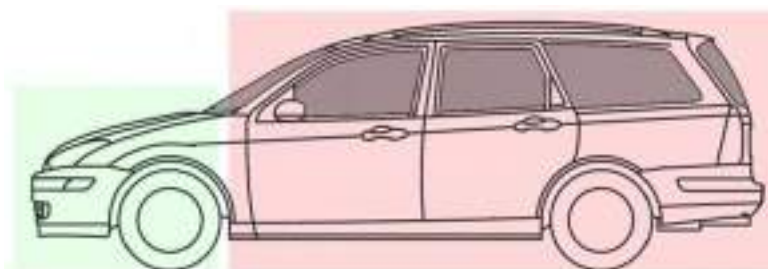


Рисунок 1.2 – Схема двох об'ємного кузова

Основною перевагою двохоб'ємної компоновки є універсальність використання внутрішнього простору автомобіля. Водночас таке конструктивне рішення може призводити до зниження акустичного комфорту, оскільки шуми від задньої підвіски та багажного відсіку легше передаються у салон. Крім того, незакріплений багаж під час аварійної ситуації може становити додаткову небезпеку для пасажирів.

Однооб'ємні кузови характеризуються відсутністю чіткого поділу внутрішнього простору на окремі функціональні зони. Пасажирський та

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

вантажний відсіки формують єдиний простір, що забезпечує максимальне використання внутрішнього об'єму автомобіля. Подібна компоновка характерна для мінівенів, мікроавтобусів та деяких компактних міських автомобілів, рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Схема одно об'ємного кузова.

Основною перевагою одно об'ємних кузовів є висока місткість та можливість трансформації салону. Це дозволяє ефективно використовувати транспортний засіб для перевезення як пасажирів, так і вантажів.

### 1.2 Конструктивні елементи та матеріали.

Конструкція кузова сучасного автомобіля повинна відповідати ряду суперечливих вимог. З одного боку необхідно забезпечити високу міцність і жорсткість конструкції для гарантування безпеки пасажирів, а з іншого – зменшити масу автомобіля для підвищення економічності, зниження витрати палива та покращення динамічних характеристик.

Для досягнення оптимального поєднання цих характеристик застосовуються такі напрямки удосконалення конструкції кузовів [3]: використання легких конструкційних матеріалів; застосування високоміцних сталей; оптимізація товщини кузовних панелей; впровадження нових технологій з'єднання деталей; підвищення точності складання конструкції.

У більшості сучасних легкових автомобілів застосовується несучий кузов, рис. 1.4. Така конструкція являє собою систему штампованих панелей і силових елементів, з'єднаних між собою переважно точковим зварюванням.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Завдяки такому рішенню забезпечується достатня жорсткість конструкції при відносно невеликій масі.

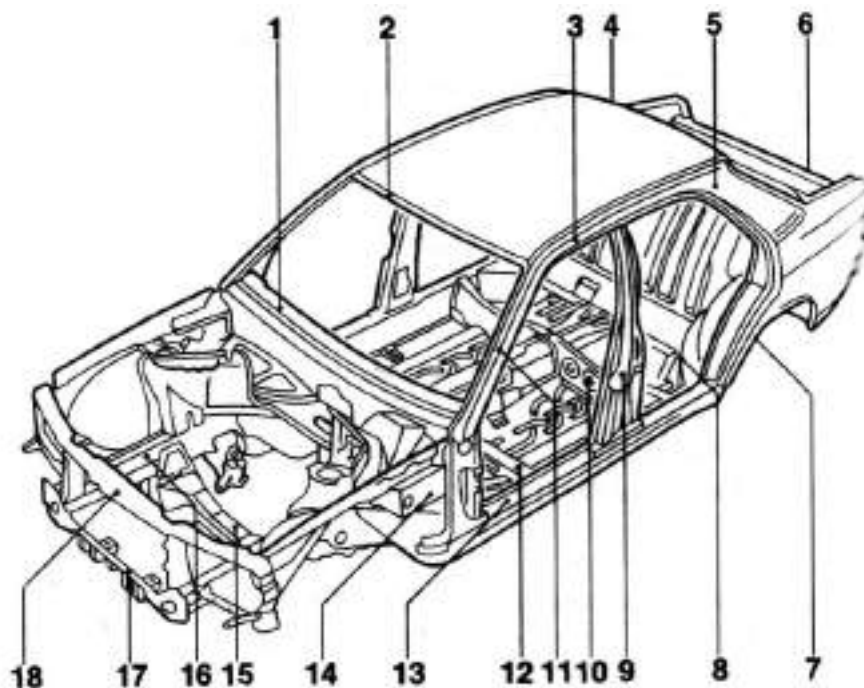


Рисунок 1.4 – Кузов легкового автомобіля:

- 1 – підвіконна балка; 2 – передня балка даху; 3 – лонжерон даху; 4 – задня балка даху; 5 – задня стійка кузова; 6 – задня панель; 7 – підлога в задній частині кузова; 8 – задній лонжерон; 9 – середня стійка кузова; 10 – поперечка під заднім сидінням; 11 – передня стійка; 12 – поперечка під сидінням водія; 13 – поріг; 14 – надколесная ніша; 15 – поперечна балка кріплення двигуна; 16 – передній лонжерон; 17 – передня поперечина; 18 – поперечка радіатора

Несучий кузов одночасно виконує функції рами, тому всі навантаження, що виникають під час руху автомобіля, сприймаються його силовими елементами – лонжеронами, поперечинами, порогами та стійками. Така конструкція має високу жорсткість на кручення і вигин, що позитивно впливає на керованість автомобіля.

Разом із тим несучий кузов є досить чутливим до передачі вібрацій і шумів від силового агрегату та ходової частини. Тому під час проектування

										Арк.
										10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТ 24.21144.000. ПЗ					

значна увага приділяється застосуванню шумо- та віброізоляційних матеріалів.

Основними матеріалами, що використовуються при виготовленні кузовів легкових автомобілів, є: низьковуглецева листовая сталь; високоміцні та надвисокоміцні сталі; алюмінієві сплави; полімерні матеріали; композиційні матеріали, рис 1.5.



Рисунок 1.5 – Застосування сталі різної міцності:

■ – середньої; ■ – високої; ■ – надвисокої; ■ – ультрависокої міцності

Найбільш поширеним матеріалом залишається листовая низьковуглецева сталь товщиною приблизно 0,6...2,5 мм. Вона характеризується високою пластичністю, що забезпечує можливість глибокого штампування складних форм кузовних панелей. Крім того, сталь добре піддається зварюванню та має достатні міцнісні характеристики.

Основними недоліками сталевих матеріалів є значна густина та схильність до корозії. Саме тому при виробництві кузовів широко застосовується оцинкування сталевих листів та нанесення багат шарових антикорозійних покриттів.

З метою зниження маси автомобіля у конструкції кузовів дедалі ширше використовуються алюмінієві сплави. Вони мають значно меншу густину

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТ 24.21144.000. ПЗ				

порівняно зі сталлю, що дозволяє зменшити масу конструкції. Однак використання алюмінію потребує застосування спеціальних технологій з'єднання, оскільки традиційні методи зварювання не завжди забезпечують необхідну міцність з'єднань.

У випадках поєднання алюмінієвих та сталевих деталей використовуються механічні способи з'єднання, такі як: болтові з'єднання; заклепкові з'єднання; комбіновані клеєві технології.

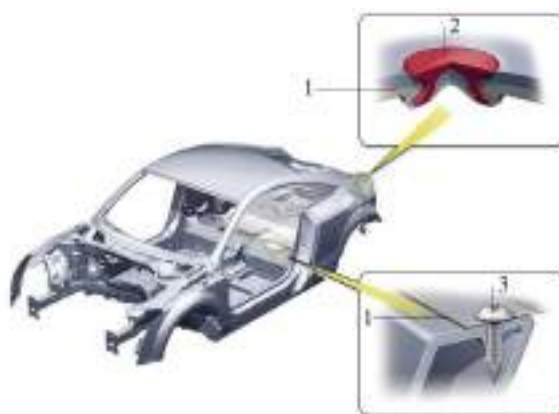


Рисунок 1.6 – Методи з'єднань алюмінієвих і сталевих деталей кузова:

1 – клей; 2 – заклепка; 3 – болт

Такі методи дозволяють уникнути виникнення контактної корозії між різнорідними металами та забезпечити достатню міцність з'єднання.

Важливим елементом конструкції сучасного кузова є система зон програмованої деформації. Передня та задня частини автомобіля проектується таким чином, щоб у разі зіткнення вони деформувалися, поглинаючи значну частину енергії удару. При цьому пасажирський відсік повинен залишатися максимально жорстким, забезпечуючи захист людей у салоні.

Для підвищення ефективності поглинання енергії удару застосовуються спеціальні силові елементи – лонжерони, підсилювачі, деформаційні коробки та енергопоглинаючі модулі, рис. 1.7.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

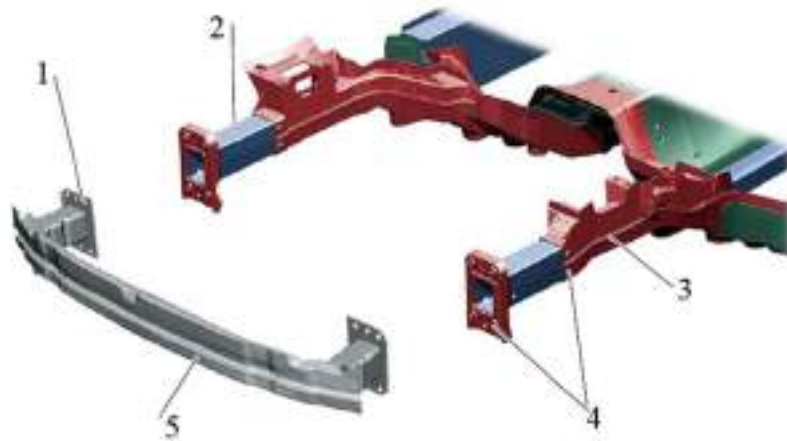


Рисунок 1.7 – Передня частина кузова з поглиначем енергії деформації:  
 1 – поглинач енергії; 2 – лонжерон 1; 3 – лонжерон 2; 4 – болтове з'єднання;  
 5 – поперечка бампера

Останніми роками значного поширення набули сучасні технології з'єднання кузовних деталей. До них належать: лазерне зварювання; клеєві з'єднання; самопробивні заклепки; гвинтові з'єднання.

Застосування лазерного зварювання дозволяє отримувати високоякісні шви з мінімальною деформацією металу. Це особливо важливо при з'єднанні зовнішніх кузовних панелей, де висуваються підвищені вимоги до точності та якості поверхні.

Окремим напрямком розвитку конструкції автомобільних кузовів є використання полімерних і композиційних матеріалів. Такі матеріали характеризуються малою масою, високою корозійною стійкістю та добрими енергопоглинаючими властивостями.

Сучасні автомобілі містять значну кількість пластикових елементів, які використовуються як у внутрішній обробці салону, так і в зовнішніх кузовних деталях. Наприклад, бампери, облицювання, елементи панелей та деякі силові деталі можуть виготовлятися з полімерних композицій.

Перспективним напрямком розвитку автомобільного кузовобудування є застосування багатошарових композитних матеріалів, а також металевих пінистих структур, які поєднують високу міцність із малою масою.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Використання таких матеріалів дозволяє значно зменшити масу автомобіля та покращити його енергопоглинаючі властивості.

Таким чином, сучасні тенденції розвитку конструкції кузовів легкових автомобілів спрямовані на підвищення рівня безпеки, зниження маси транспортних засобів, покращення аеродинамічних характеристик та забезпечення високого рівня комфорту пасажирів.

### 1.3 Умови навантаження кузова автомобіля під час експлуатації.

У процесі експлуатації кузов автомобіля зазнає дії різноманітних механічних, динамічних та вібраційних навантажень. Ці навантаження виникають під час руху транспортного засобу, роботи силового агрегату, взаємодії коліс із дорожнім покриттям, а також під час маневрування, гальмування та розгону автомобіля.

Основними видами навантажень, що діють на кузов автомобіля, є: статичні навантаження; динамічні навантаження; ударні навантаження; вібраційні навантаження; термічні навантаження.

Статичні навантаження виникають під дією власної маси автомобіля, маси пасажирів і вантажу. Ці навантаження передаються через елементи підвіски на силові елементи кузова, зокрема на лонжерони, поперечини та пороги.

Динамічні навантаження виникають під час руху автомобіля нерівною дорогою. У таких умовах кузов піддається періодичним деформаціям, що призводить до виникнення змінних напружень у матеріалі конструкції. Повторювані цикли навантаження можуть спричинити втомне руйнування металу, особливо у місцях концентрації напружень [2].

Ударні навантаження виникають у результаті різких змін швидкості руху автомобіля, наприклад під час наїзду на перешкоди або дорожні

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

нерівності. Такі навантаження можуть значно перевищувати статичні сили, що діють на конструкцію кузова.

Крім механічних навантажень, кузов автомобіля зазнає дії температурних впливів, пов'язаних із сезонними змінами кліматичних умов. Перепади температур можуть спричиняти термічні деформації елементів кузова, що також впливає на його довговічність.

Особливо складними є навантаження, що виникають під час аварійних ситуацій. У цьому випадку кузов повинен ефективно поглинати енергію удару та забезпечувати збереження життєвого простору пасажирів [3].

#### 1.4 Жорсткість кузова автомобіля.

Однією з основних характеристик кузова автомобіля є його жорсткість. Під жорсткістю кузова розуміють здатність конструкції протидіяти деформаціям під дією зовнішніх навантажень.

Розрізняють два основні види жорсткості кузова:

- 1) жорсткість на вигин;
- 2) жорсткість на кручення.

Жорсткість кузова значною мірою визначає: керуваність автомобіля; рівень шуму та вібрацій; довговічність конструкції; безпеку пасажирів.

Жорсткість кузова на вигин. Під час руху автомобіля нерівною дорогою кузов піддається вигинним деформаціям. Жорсткість кузова на вигин можна оцінити за формулою:

$$k_b = \frac{F}{\delta} \quad (1.1)$$

Де  $k_b$  – жорсткість кузова на вигин, Н/м;  $F$  – прикладена сила, Н;  $\delta$  – величина прогину конструкції, м.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з теорією опору матеріалів, прогин балки, що моделює кузов автомобіля, визначається залежністю:

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI} \quad (1.2)$$

де  $L$  – довжина кузова, м;  $E$  – модуль пружності матеріалу, Па;  $I$  – момент інерції поперечного перерізу,  $\text{м}^4$  [4].

Таким чином, збільшення моменту інерції перерізу силових елементів кузова дозволяє суттєво підвищити його жорсткість.

Жорсткість кузова на кручення. Жорсткість кузова на кручення характеризує здатність конструкції протидіяти скручуванню під дією моментів сил, що виникають при русі автомобіля по нерівній дорозі.

Крутильну жорсткість визначають за формулою:

$$k_t = \frac{M}{\varphi} \quad (1.3)$$

де  $k_t$  – жорсткість кузова на кручення,  $\text{Н}\cdot\text{м}/\text{рад}$ ;  $M$  – крутний момент,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ ;  $\varphi$  – кут закручування, рад.

Для призматичних елементів конструкції кут закручування визначається за залежністю:

$$\varphi = \frac{ML}{GJ} \quad (1.4)$$

де  $G$  – модуль зсуву матеріалу;  $J$  – полярний момент інерції перерізу;  $L$  – довжина елемента [5].

Висока крутильна жорсткість кузова забезпечує стабільну роботу підвіски та покращує керованість автомобіля.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

### 1.5 Поглинання енергії удару кузовом автомобіля.

Одним із найважливіших завдань конструкції кузова є забезпечення ефективного поглинання енергії під час дорожньо-транспортної пригоди.

У разі зіткнення кінетична енергія автомобіля повинна бути перетворена в енергію пластичної деформації елементів кузова. Кінетична енергія автомобіля визначається за формулою:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (1.5)$$

де  $m$  – маса автомобіля, кг;  $v$  – швидкість руху, м/с [6].

Під час аварії ця енергія поглинається конструктивними елементами кузова – зонами програмованої деформації. Робота пластичної деформації може бути визначена за формулою:

$$A = F dx \quad (1.6)$$

де  $F$  – сила деформації;  $x$  – переміщення точки прикладання сили.

У спрощеному вигляді поглинена енергія може бути визначена як:

$$E = F_{avg} \cdot s \quad (1.7)$$

де  $F_{avg}$  – середня сила деформації;  $s$  – хід деформації конструкції [7].

Чим більша довжина зони деформації, тим більше енергії може бути поглинуто без різкого зростання перевантажень, що діють на пасажирів.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.6 Сучасні методи підвищення міцності кузова.

Підвищення міцності та жорсткості кузова автомобіля є одним із основних напрямів розвитку автомобільної техніки. Для досягнення цієї мети застосовуються різні інженерні рішення.

Одним із найбільш ефективних методів є використання високоміцних сталей. Такі матеріали дозволяють зменшити товщину металу без втрати міцності конструкції, що сприяє зниженню маси автомобіля [8].

Іншим важливим напрямком є використання комп'ютерного моделювання. Сучасні програмні комплекси дозволяють моделювати процеси деформації кузова під час аварійних ситуацій та оптимізувати конструкцію ще на етапі проектування.

Метод кінцевих елементів широко застосовується для аналізу напружено-деформованого стану кузова. За допомогою цього методу визначаються найбільш навантажені ділянки конструкції та оптимізується геометрія силових елементів [9].

Крім того, для підвищення жорсткості кузова використовують: підсилювачі силових елементів; коробчасті профілі; багат шарові конструкції; структурні клеї.

Застосування структурних клеїв дозволяє не лише підвищити міцність з'єднань, а й покращити розподіл навантажень між елементами кузова.

## 1.7 Вплив жорсткості кузова на експлуатаційні характеристики автомобіля.

Жорсткість кузова безпосередньо впливає на експлуатаційні характеристики автомобіля. Зокрема, недостатня жорсткість може призводити до: погіршення керованості автомобіля; появи додаткових шумів

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

і вібрацій; прискореного зносу елементів підвіски; виникнення тріщин у кузовних елементах.

Підвищення жорсткості кузова дозволяє значно покращити точність керування автомобілем, оскільки геометрія підвіски зберігається навіть при значних навантаженнях.

Крім того, жорсткий кузов сприяє більш рівномірному розподілу навантажень між елементами конструкції, що позитивно впливає на довговічність транспортного засобу [10].

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## 2 АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ КУЗОВА

### 2.1 Пошкодження під час експлуатації.

У процесі тривалої експлуатації автомобіля кузов піддається впливу різноманітних факторів зовнішнього середовища, а також механічних навантажень, що виникають під час руху транспортного засобу. До таких факторів належать атмосферні опади, перепади температур, дія ультрафіолетового випромінювання, дорожні реагенти, абразивні частинки пилу та піску, а також вібраційні та ударні навантаження. У результаті цього відбувається поступова деградація матеріалів кузова та захисних покриттів, що призводить до появи різних видів дефектів і пошкоджень [1–3].

Найбільш характерними несправностями кузова легкових автомобілів та кабін вантажних автомобілів є пошкодження механічного типу, ураження корозією, а також порушення антикорозійного або лакофарбового покриття. До механічних пошкоджень відносяться вм'ятини, тріщини, розриви металу, пробоїни та деформації силових елементів кузова [2,4].

Вм'ятини виникають унаслідок локальної пластичної деформації металу під дією ударних або статичних навантажень. Найчастіше вони утворюються при незначних дорожньо-транспортних пригодах, падінні сторонніх предметів на поверхню кузова або при неправильному виконанні ремонтних робіт. Залежно від характеру деформації розрізняють прості вм'ятини, які не мають різких заломів металу, та складні, що супроводжуються утворенням складок, гострих перегинів і порушенням жорсткості панелей кузова [3].

Тріщини металу належать до поширених дефектів елементів кузова. Вони можуть виникати внаслідок перевищення допустимих напружень у матеріалі, які з'являються при циклічних навантаженнях, вібрації або локальних ударах. Особливо часто тріщини формуються в місцях

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

концентрації напружень – поблизу зварних швів, кріпильних елементів, а також у зонах переходу від однієї геометричної форми до іншої [4–6].

Розриви та пробоїни є більш серйозними пошкодженнями металевих панелей кузова. Прості розриви можуть бути усунені шляхом зварювання після попереднього вирівнювання металу. У випадку значних пошкоджень застосовується метод встановлення ремонтних вставок або повної заміни пошкодженого елемента кузова [2].

Ще одним видом пошкоджень є відрив деталей кузова. Такі дефекти характеризуються частковим або повним відривом фрагмента металу внаслідок ударного навантаження. При значних обривах відновлення здійснюється шляхом встановлення нових вставок складного профілю або заміни всієї деталі [1].

Особливе місце серед експлуатаційних пошкоджень займає корозія кузова, яка є результатом хімічної або електрохімічної взаємодії металу з навколишнім середовищем. Корозійні процеси призводять до поступового руйнування металу та зниження міцності кузовних елементів [5].

За характером прояву корозія може бути:

- 1) рівномірною, коли метал руйнується по всій поверхні з приблизно однаковою швидкістю;
- 2) місцевою, що проявляється у вигляді окремих корозійних осередків, точкових уражень або раковин.

Місцева корозія є більш небезпечною, оскільки вона здатна за короткий час призвести до утворення наскрізних отворів у металевих елементах кузова [6].

Залежно від механізму виникнення розрізняють електрохімічну та хімічну корозію.

Електрохімічна корозія виникає у випадках, коли різні метали контактують між собою через електроліт (воду, розчин солей або кислот). При цьому формується гальванічна пара, в якій один метал виконує роль

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

анода і поступово руйнується. У кузовах автомобілів такий процес можливий при контакті сталевих деталей з алюмінієвими або мідними елементами конструкції [5,7].

Хімічна корозія виникає внаслідок прямої взаємодії металу з агресивними компонентами навколишнього середовища – киснем, сірчистими газами, солями та іншими речовинами. Особливо інтенсивно цей процес відбувається в умовах підвищеної вологості та при використанні протижеледних реагентів на дорогах [6].

Окрім зазначених дефектів, у кузовах автомобілів часто спостерігаються порушення зварних і клепаних з'єднань. Ослаблення точкових зварних швів або руйнування суцільних зварних з'єднань призводить до зниження жорсткості конструкції кузова та появи сторонніх шумів під час руху автомобіля [4].

Також у процесі експлуатації можливе зношування шарнірних з'єднань, наприклад у петлях дверей. Це відбувається внаслідок тертя та поступового розширення отворів під дією циклічних навантажень [3].

Важливу роль у виникненні пошкоджень відіграють і конструктивні особливості виконання кузова. Недостатня жорсткість окремих елементів або невдале розташування силових вузлів можуть спричиняти концентрацію напружень і прискорене руйнування металу. Крім того, деякі конструктивні рішення ускладнюють виконання ремонтних робіт і призводять до необхідності заміни цілих вузлів кузова [7].

## 2.2 Пошкодження кузова внаслідок ДТП.

На відміну від експлуатаційних дефектів, аварійні пошкодження виникають раптово внаслідок дорожньо-транспортних пригод або значних ударних навантажень. Найбільш характерними є деформації, що виникають під час фронтальних, бокових або кутових зіткнень автомобілів [2,8].

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Під час фронтального зіткнення найбільших деформацій зазнає передня частина кузова. У таких випадках пошкоджуються передні лонжерони, панель передка, капот, крила, брызговики та елементи передньої підвіски. Ударне навантаження передається вздовж силових елементів кузова, що призводить до деформації стійок кузова, підлоги та даху [8].

Якщо зіткнення відбувається під кутом, то деформації поширюються нерівномірно. У зоні удару виникають значні стискаючі напруження, тоді як у протилежній частині кузова виникають розтягуючі сили. Це призводить до перекосів дверних прорізів, зміщення лонжеронів та порушення геометрії кузова [9].

Бокові зіткнення є особливо небезпечними для конструкції автомобіля, оскільки бічні елементи кузова мають меншу енергопоглинальну здатність. У результаті удару деформуються центральні стійки, пороги, бокові панелі кузова та двері, що може призвести до значних змін геометрії каркаса салону [8,9].

У більшості випадків після аварії виникають деформації так званих силових елементів кузова, які неможливо визначити лише візуальним оглядом. Тому для оцінки технічного стану кузова застосовують різні методи вимірювання геометричних параметрів конструкції [7].

Одним із найбільш поширених методів є метод діагональних вимірів, який полягає у визначенні відстаней між симетрично розташованими контрольними точками кузова. Якщо значення діагоналей відрізняються, це свідчить про перекося кузова [10].

Порушення геометрії кузова може проявлятися у вигляді: перекося дверних прорізів; зміщення лонжеронів; деформації підлоги кузова; порушення зазорів між кузовними панелями.

Залежно від характеру та складності пошкоджень перекося кузова класифікують на кілька категорій: перекося прорізів, перекося малої складності, середньої складності, складний перекося та перекося особливої складності. Така

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

класифікація дозволяє визначити обсяг необхідних ремонтних робіт та доцільність відновлення кузова [8].

При фронтальному зіткненні автомобіля (рис. 2.1) пошкодження концентруються у передній частині кузова, зокрема на лівому передньому крилі, передньому лонжероні та лівій фарі. Внаслідок удару деформуються капот, панель передка, передні крила, брызговики, лонжерони, а також елементи рами вітрового вікна та дах. Лінії деформації на малюнку відображені пунктиром. При цьому деформації поширюються не лише на видимі деталі, а й передаються на передні, центральні та задні стійки з обох сторін кузова, передню і задню ліві двері, заднє ліве крило та задню панель багажника.

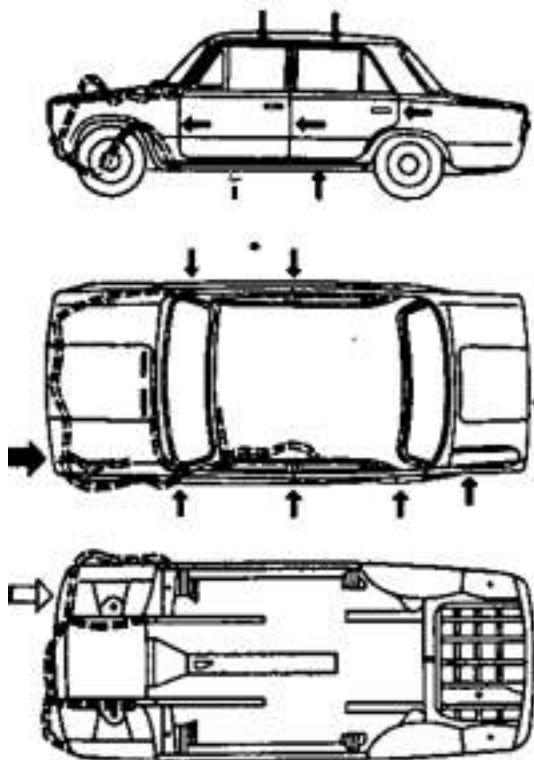


Рисунок 2.1 – Фронтальне зіткнення передньою частиною кузова

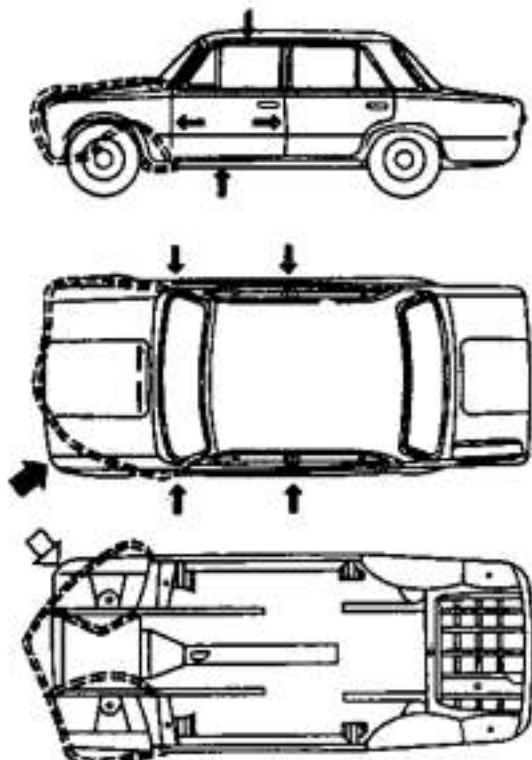


Рисунок 2.2 – Зіткнення передньою лівою частиною кузова під кутом 40-45°

У разі удару під кутом 40–45° відносно фронтальної частини кузова (рис. 2.2) пошкодження передаються на передні крила, капот, панель передка,

										Арк.
										24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТ 24.21144.000. ПЗ					



боковини піддаються розтягуючим зусиллям, а центральні та задні стійки – стискаючим.

Невидимі деформації силових елементів кузова встановлюють за допомогою вимірів: перевіряють наявність перекосів в особових деталях, виступів однієї деталі щодо іншої та неприпустимих зазорів у з'єднаннях дверей, капота або кришки багажника. Зазвичай ушкодження призводять до порушення геометрії отворів, лонжеронів і каркаса салону.

Порушення геометрії (перекіс) – це відхилення геометрії контрольних точок і отворів понад допустимі межі. Розміри контрольних базових точок визначені технічними умовами (ТУ) і ремонтно-технічними матеріалами (РТМ). Залежно від складності пошкоджень, перекоси кузова класифікують на п'ять типів:

1. порушення геометрії дверних або віконних прорізів (рис. 2.5);
2. порушення геометрії малої складності (рис. 2.6) – пошкодження отворів капота, кришки багажника або задніх дверей без порушення геометрії основи кузова;
3. порушення геометрії середньої складності (рис. 2.7) – одночасне порушення геометрії прорізів капота і багажника або пошкодження лонжеронів без зміни каркаса салону;
4. складне порушення геометрії (рис. 2.8) – порушення допустимих меж передніх та/або задніх лонжеронів, можлива деформація каркасу;
5. особливо складне порушення геометрії (рис. 2.9) – значні ушкодження передніх і задніх лонжеронів та каркасу салону.

Для визначення перекосу основи кузова часто доводиться знімати внутрішню обшивку, що закриває тунель статі або арки коліс. Аварія може викликати складки на підлозі та інших деталях кузова, які розташовані в зоні удару або між точками зварювання. Довгі деталі кузова більш схильні до деформації.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Виявити видимі ушкодження можна візуально, але для повної оцінки стану кузова рекомендується огляд на підйомнику з обмацуванням пальцями, оскільки вони дозволяють відчутти складки, непомітні очам.

Деформації кузова можуть порушити правильність положення коліс, що негативно впливає на стійкість автомобіля та прискорює знос шин. Тому після аварії слід перевірити розвал-сходження мостів. Контроль базових та контрольних точок здійснюють методами діагональних замірів або із застосуванням рамкових пристосувань і спеціальних стендів (стапелів).



Рисунок 2.5 – Перекіси проїомів:

а – перекіс прорізу бокової двері; б, в – перекіс отвору вітрового вікна



Рисунок 2.6 – Перекіси кузова малої складності:

а - перекіс отвору капота; б – перекіс отвору кришки багажника; в – перекіс отвору задніх дверей хетчбека.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



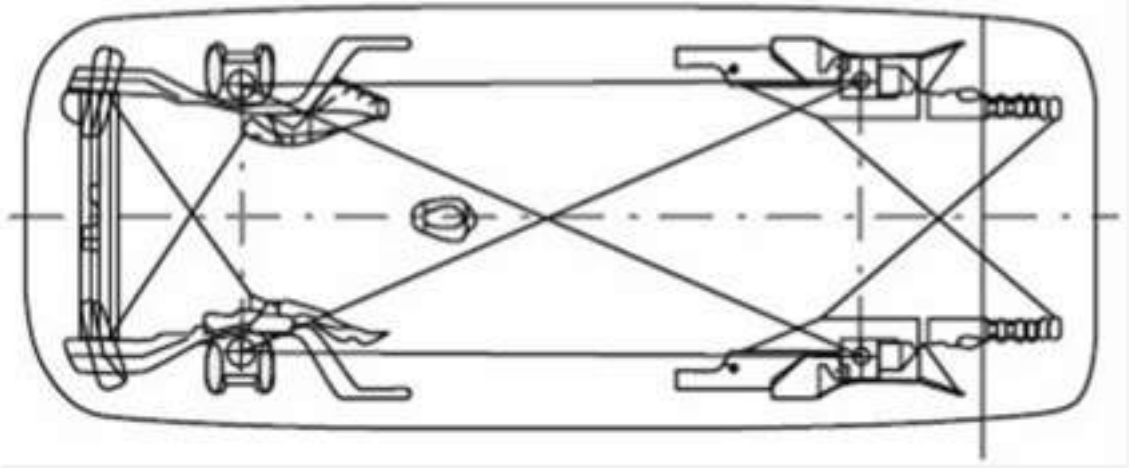


Рисунок 2.10 – Схема вимірів для визначення перекосу основи кузова (виміри проводяться як в діагональному, так і в поздовжньому напрямках)

Усунення перекосу включає відновлення геометрії прорізів, лонжеронів та каркасу кузова за допомогою правки, витягування, усадки та рихтування до первинних параметрів. Деформації, що поширюються по зв'язаних елементах кузова, вимагають застосування спеціального обладнання та комбінації ручних і гідравлічних методів рихтування із постійним контролем геометрії.

Таким чином, навіть незначні на перший погляд пошкодження можуть призвести до серйозного порушення геометрії кузова та його базових точок, що обов'язково потрібно враховувати при відновленні автомобіля після аварії [9–12].

Для відновлення геометрії кузова застосовуються спеціальні ремонтні технології, зокрема витягування елементів кузова на гідравлічне стапельних стендах, рихтування деформованих елементів, а також часткова або повна заміна пошкоджених деталей. Після завершення ремонтних операцій обов'язково проводиться контроль геометрії кузова та перевірка параметрів установки коліс [6].

Силу, необхідну для виправлення деформації, можна оцінити за залежністю:

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$F = k \cdot \Delta x \quad (2.1)$$

Де  $F$  – прикладене зусилля, Н;  $k$  – жорсткість елемента кузова, Н/м;  $\Delta$  – величина деформації, м.

Жорсткість кузова визначається конструктивними особливостями автомобіля, матеріалом елементів та їх геометрією. Для більшості легкових автомобілів значення жорсткості кузова знаходиться в межах  $2 - 5 \times 10^6$ , Н/м

При відновленні геометрії кузова застосовують такі методи: холодне рихтування; рихтування з локальним нагріванням; витягування деформованих елементів гідравлічними пристроями; заміну пошкоджених панелей.

Вибір методу залежить від характеру пошкодження та товщини металу. У випадку значних деформацій окремі елементи кузова доцільно замінювати новими, оскільки багаторазове пластичне деформування призводить до зниження міцності металу [4].

Таким чином, аналіз дефектів і пошкоджень кузовів автомобілів свідчить, що їх виникнення зумовлене як тривалою експлуатацією транспортного засобу, так і аварійними навантаженнями. Своєчасне виявлення дефектів, застосування сучасних методів діагностики та використання ефективних технологій ремонту дозволяють відновити геометричні параметри кузова та забезпечити безпечну експлуатацію автомобіля.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ І ВІДНОВЛЕННЯ КУЗОВІВ

### 3.1 Структурна схема технологічного процесу ремонту кузовів

Технологічні процеси ремонту кузова транспортного засобу відрізняються між собою складом технологічного обладнання, засобами механізації та характером пошкоджень, що виникають у процесі експлуатації транспортних засобів. Основні відмінності зумовлені конструктивними особливостями кузовів, матеріалами їх виготовлення та характером навантажень, які діють на несівні елементи конструкції під час руху автомобіля [1–3].

Технологічний процес ремонту кузова включає сукупність взаємопов'язаних операцій, спрямованих на відновлення геометричних параметрів, міцності та експлуатаційних характеристик кузова після механічних пошкоджень, корозійного зносу або аварійних деформацій. Загальна схема технологічного процесу ремонту кузова наведена на рисунку 3.1.

Кузови автомобілів, що надходять у ремонт, повинні відповідати вимогам технічних умов на приймання і ремонт автомобілів відповідної конструкції кузова [4]. Технічні умови визначають допустимі пошкодження, рівень комплектності кузова та перелік елементів, які обов'язково повинні бути присутні під час приймання автомобіля в ремонт.

Як правило, перевіряють наявність: дверей; скла з рамками та ущільнювачами; внутрішньої оббивки салону; механізмів підйому скла; замкових механізмів; освітлювальних приладів; елементів системи вентиляції та опалення; склоочисників; декоративних елементів.

Некомплектні кузови або кузови, пошкодження яких перевищують допустимі норми, встановлені технічними умовами, як правило, до ремонту не приймаються [5].

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після приймання автомобіля виконується зовнішнє очищення кузова (мийка), яке проводять у спеціально обладнаному приміщенні перед розбиранням автомобіля на агрегати. Метою цієї операції є видалення забруднень, дорожніх відкладень та мастильних матеріалів, що ускладнюють подальший контроль технічного стану.

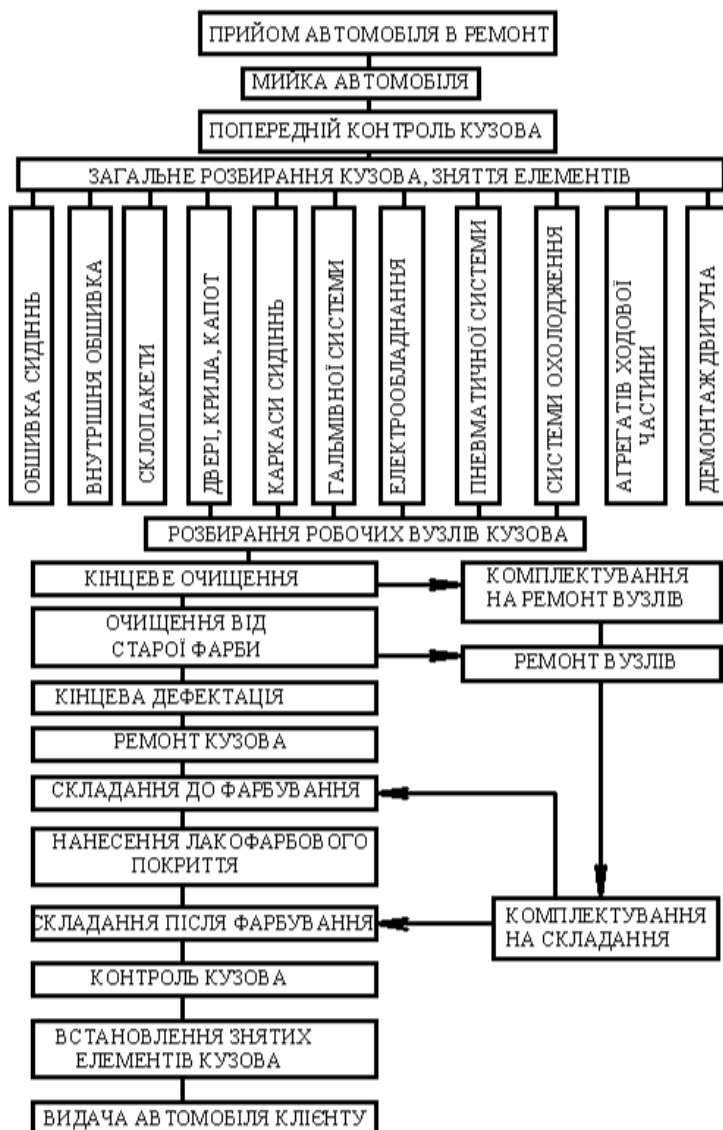


Рисунок 3.1 – Типова схема техпроцесу відновлення кузова

Після миття кузов піддається контролю попередньому, під час якого виконують зовнішній огляд вузлів і деталей, що підлягають демонтажу. Основною метою попереднього контролю є визначення технічного стану

деталей та недопущення накопичення у виробничих приміщеннях непридатних деталей.

На наступному етапі проводиться демонтаж кузова, під час якого демонтуються: внутрішні панелі оздоблення; скла та ущільнювачі; декоративні елементи; арматура; агрегати ходової частини (у випадку несучого кузова).

Зняті вузли та деталі залежно від їх технічного стану направляють: на склад придатних деталей; у ремонтні відділення; на склад металобрухту.

Після демонтажу кузова проводиться контрольне миття днища для остаточного очищення від забруднень.

На наступному етапі виконується видалення штатної фарби, після чого кузов проходить ретельний контроль, під час якого визначають: характер деформацій; ступінь корозійного пошкодження; необхідність заміни окремих елементів; трудомісткість ремонтних робіт.

Результати контролю заносять до сортувально-контрольної відомості, у якій деталі поділяються на три групи:

1. придатні до подальшої експлуатації;
2. такі, що потребують ремонту;
3. непридатні до використання.

На основі цієї відомості визначається технологічний маршрут ремонту кузова та розраховується вартість відновлювальних робіт [6].

Після завершення підготовчих операцій кузов надходить на ремонтну ділянку, де виконують відновлення геометрії кузова, рихтування, зварювання, заміну пошкоджених панелей та нанесення захисних покриттів.

### 3.2 Послідовність підготовчих операцій.

Початковою підготовчою операцією є очищення його поверхні від забруднень, пилу та мастильних матеріалів. Для цього застосовують

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

спеціальні мийні установки, які забезпечують ефективне очищення поверхні кузова перед проведенням подальших технологічних операцій.

За умовами експлуатації мийні установки поділяються на: пересувні; стаціонарні.

Всі механізовані установки для мийки транспортних засобів (рис. 3.2) складається з наступних основних систем: гідравлічна, що включає: насосне обладнання; трубопроводи; колектори із соплами; систему подачі миючого розчину; та механічна система, що включає: привід обертання щіток; механізм переміщення колекторів; систему керування.

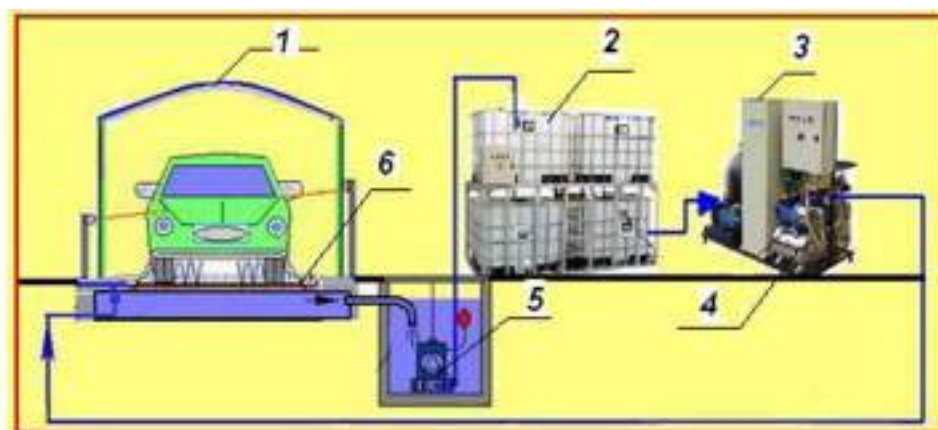


Рисунок 3.2 – Схема струминної автоматичної мийки автомобіля:  
1 – камера; 2 – баки; 3 – пульт керування; 4 – гідро магістраль; 5 – фільтри очищення; 6 – струмені води

Основним робочим органом струминної машини є форсунки, через які під тиском подається вода або миючий розчин. Використання сучасних синтетичних мийних засобів дозволяє значно підвищити ефективність очищення поверхні кузова [8].

Якщо автомобіль не може пересуватися самостійно, то для мийки обирають мийні машини пересувного типу (рис. 3.3), які забезпечують очищення поверхні кузова у важкодоступних місцях за допомогою струменів води високого тиску.

Раціональний технологічний процес миття автомобіля включає наступні операції:

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

1. попереднє змочування поверхні водою;
2. нанесення мийного розчину;
3. механічну або струминну обробку;
4. промивання чистою водою;
5. сушіння стисненим повітрям.



Рисунок 3.3 – Пересувна мийна машина

Тривалість виконання цих операцій становить від 1 до 3 хвилин, залежно від типу автомобіля та ступеня його забруднення [9].

Другим етапом є розбирання кузова. Розбирання може бути: частковим; повним.

Часткове розбирання виконують у випадках, коли пошкоджені лише окремі елементи кузова. Повне розбирання проводять під час капітального ремонту автомобіля або при значних аварійних пошкодженнях кузова.

Важливою умовою виконання розбирання є дотримання послідовності операцій згідно технології, що запобігає пошкодженню деталей та елементів кузова.

Під час розбирання часто виникають труднощі з демонтажем корозійно пошкоджених різьбових з'єднань. Для їх демонтажу застосовують:

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нагрівання гайок газовим полум'ям; механічне різання болтів; свердління головок болтів; використання спеціальних проникаючих мастил.

Такі мастильні матеріали мають високу проникну здатність і сприяють руйнуванню корозійних продуктів у різьбових з'єднаннях.

Третім етапом є видалення фарби і продуктів корозії. Старі лакофарбові покриття можуть бути видалені трьома основними способами: механічним; хімічним; абразивним (піскоструминним).

Піскоструминне очищення полягає у впливі абразивних частинок, що подаються струменем стисненого повітря через спеціальне сопло на поверхню металу [10]. Орієнтовно 90 % приладів, що приймають участь в піскоструминних роботах з великим обсягом деталей, працюють за гравітаційним принципом, тому вони повинні мати конічне дно з кутом ухилу більше  $35^\circ$  для забезпечення вільного стікання абразивного матеріалу, рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд піскоструминного апарату

В пістолеті піскоструминному змішується абразив та повітря. Тиск повітря створюється за допомогою компресора, що дозволяє сипучому

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

абразиву засмоктуватись через розрядження в інжекторі піскоструминного пістолета.

Підбір правильного сопла піскоструминного пістолета суттєво впливає на результат очищення. Для кожної області застосування існує своє сопло. Довговічність сопел в першу чергу залежить від її матеріалу виготовлення, наприклад при роботі з піском сопла з кераміки можуть працювати лише до 2 год.; з чавуну до 8 год., з карбіду вольфраму до 300 год., а з карбіду бору до 1000 год.

Продуктивність піскоструминного процесу залежить від тиску повітря та витрати абразиву і може бути визначена за залежністю:

$$Q = k \cdot P \cdot A \quad (3.1)$$

де  $Q$  – продуктивність очищення, м<sup>2</sup>/год;  $P$  – тиск стисненого повітря, МПа;  $A$  – площа оброблюваної поверхні;  $k$  – коефіцієнт ефективності процесу.

Оптимальний тиск для піскоструминного очищення металевих поверхонь становить: 0,65 – 0,7 МПа, що забезпечує ефективне видалення корозії та підготовку поверхні до нанесення нового покриття.

Четвертим етапом є дефектоскопія кузова. Після видалення старого лакофарбового покриття проводять детальний контроль технічного стану кузова автомобіля. Метою цієї операції є визначення придатності окремих елементів до подальшої експлуатації, виявлення пошкоджених деталей та встановлення необхідного обсягу ремонтних робіт. Якість виконання дефектоскопії безпосередньо впливає на ефективність і довговічність подальшого ремонту кузова.

Для виявлення пошкоджень елементів кузова, а також контролю якості нових деталей і зварних з'єднань застосовують різні методи неруйнівного контролю. Найпростішим способом оцінювання стану кузова є візуальний огляд поверхонь деталей. Його виконують без спеціального обладнання або з

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

використанням допоміжних оптичних засобів, наприклад луп із багаторазовим збільшенням. За допомогою такого контролю можна визначити наявність поверхневих тріщин, корозійних уражень металу, деформацій та інших видимих дефектів.

Для більш точного аналізу технічного стану кузова застосовують вимірювальні інструменти, шаблони та спеціальні пристрої. Вони дозволяють визначати відхилення геометричних параметрів деталей від номінальних значень, встановлених виробником автомобіля. За допомогою таких вимірювань можна виявити перекоси, прогини та інші зміни форми елементів конструкції.

Водночас слід зазначити, що звичайний візуальний контроль дає змогу виявити лише відносно великі пошкодження. У багатьох випадках у несучих елементах кузова виникають мікротріщини або так звані волосяні тріщини, які неможливо побачити неозброєним оком. Для їх виявлення використовують спеціальні методи неруйнівної дефектоскопії.

Одним із поширених способів виявлення дрібних тріщин є капілярний метод контролю, що ґрунтується на фізичних властивостях рідин проникати в найменші порожнини та мікротріщини. До таких методів належать мелокеросиновий та люмінесцентний способи контролю.

Гас характеризується високою змочувальною здатністю та низьким поверхневим натягом, завдяки чому він легко проникає у мікродефекти металу. Суть методу полягає в тому, що досліджувану поверхню змочують гасом, після чого її ретельно витирають або висушують потоком стисненого повітря. Далі на поверхню наносять водний розчин крейди. Крейда інтенсивно вбирає залишки гасу, який проник у мікротріщини, у результаті чого на крейдяному покритті з'являється характерна жирна смуга, що повторює форму дефекту.

У сучасній практиці також використовують спеціальні промислові комплекти для капілярного контролю, що складаються з проникаючих

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

барвників та проявників. Такі матеріали дозволяють виявляти тріщини шириною приблизно від 0,005 мм та глибиною до 0,4 мм [9–10].

Для правильного визначення технології ремонту кузова, виготовленого з тонколистової сталі, важливим є встановлення глибини корозійного пошкодження металу. З цією метою застосовують гамма-товщиноміри, робота яких базується на вимірюванні інтенсивності гамма-випромінювання, що проходить через метал. Такі прилади дають змогу вимірювати товщину металевих листів у діапазоні від 0 до 16 мм, причому тривалість одного вимірювання зазвичай не перевищує 30 секунд.

### 3.3 Відновлення елементів кузова.

#### 3.3.1 Обладнання для кузовного ремонту.

Сучасний розвиток технологій кузовного ремонту спрямований на підвищення ефективності відновлення пошкоджених автомобілів та зниження матеріальних витрат. Основні тенденції вдосконалення кузовного ремонту полягають у наступному [9–10, 12]:

- 1) відновлення навіть складно пошкоджених кузовів, що дозволяє економити до 75 % металу порівняно з виготовленням нового кузова;
- 2) застосування методів контролю геометрії кузова за контрольними точками без повного розбирання автомобіля, що дає змогу зменшити трудомісткість ремонтних робіт приблизно на 45 %;
- 3) широке використання обладнання для контактної точкового зварювання та зварювання у середовищі захисних газів;
- 4) впровадження панельних і крупноблочних методів ремонту кузовів;
- 5) застосування спеціалізованих стендів з гідравлічним приводом, які забезпечують витягування деформованих ділянок кузова;

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

б) використання механізованого інструменту з електричним або пневматичним приводом, що підвищує продуктивність праці та якість виконання ремонтних операцій.

Обладнання, яке застосовується для кузовного ремонту, можна поділити на кілька основних груп:

- обладнання для правки кузова та деталей оперення;
- засоби контролю геометричних параметрів кузова;
- зварювальне обладнання;
- спеціалізований інструмент;
- допоміжне обладнання.

У сучасних ремонтних комплексах передбачено використання спеціальних стендів для контролю геометрії кузова, а також обладнання для рихтування і виправлення деформованих панелей.

Промисловістю різних країн випускається широкий спектр обладнання для правки кузовів, від простих універсальних інструментів, призначених для локального усунення пошкоджень без демонтажу автомобіля, до складних систем з пристроями для жорсткої фіксації автомобіля та створення багатовекторних силових навантажень.

### 3.3.2 Усунення локальних пошкоджень.

Для усунення локальних пошкоджень елементів кузова автомобіля, зокрема невеликих вм'ятин на панелях оперення, застосовують спеціалізовані механічні пристрої. Використання таких пристроїв дозволяє виконувати вирівнювання поверхні без демонтажу елементів кузова, що значно скорочує трудомісткість ремонтних робіт та зменшує їх тривалість.

Запропонований механічний пристрій призначений для локального виправлення деформованих ділянок металевих панелей кузова. Його

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

конструкція включає корпус зі змінними опорними елементами, рухомий шток, важільний механізм переміщення та вузол фіксації штока, рис. 3.5.

Основним робочим елементом пристрою є шток, який може вільно переміщуватися вздовж осі корпусу. На нижньому кінці штока розміщено приварюваний наконечник, що забезпечує тимчасове з'єднання з поверхнею деформованої панелі кузова. Верхня частина штока обладнана рукояткою, за допомогою якої здійснюється його переміщення та керування робочим процесом.

Переміщення штока відносно корпусу здійснюється за допомогою важільного механізму. Важіль встановлений на осі обертання та забезпечує передачу зусилля на шток. У вузлі з'єднання штока з важільним механізмом використано спеціальну шайбу, яка може заклинюватися на поверхні штока. Ця шайба підпружинена відносно корпусу, що забезпечує її притискання до опорної поверхні.

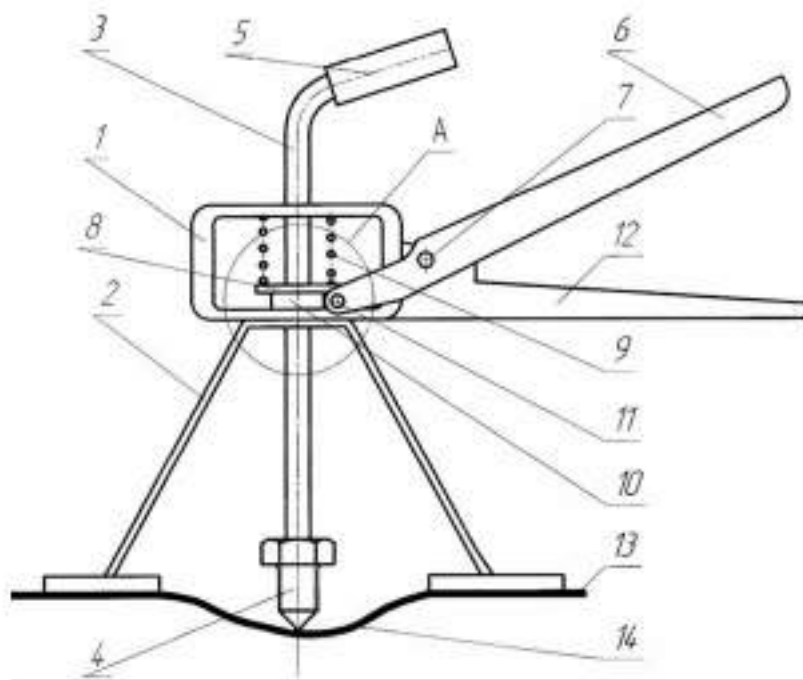


Рисунок 3.5 – Схема пристрою усунення незначних деформацій кузова.

Робоча частина штока має гладку циліндричну форму, що забезпечує його вільне переміщення під час підготовки пристрою до роботи.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Конструкція вузла з'єднання дозволяє змінювати режим роботи залежно від положення важеля.

На початковому етапі підготовки пристрою до роботи шток переміщують у верхнє положення таким чином, щоб приварюваний наконечник знаходився вище рівня опорної площини пристрою. Після цього пристрій встановлюють над зоною пошкодження кузова.

За допомогою рукоятки шток опускають до контакту наконечника з поверхнею деформованої ділянки. У цей момент заклинювальна шайба перебуває у вільному стані, оскільки її отвір має невеликий зазор відносно діаметра штока. Завдяки цьому шток може переміщуватися без значного опору.

Після встановлення наконечника на поверхню кузова подається короткочасний зварювальний імпульс, у результаті чого наконечник надійно приварюється до металу панелі.

На наступному етапі оператор натискає на важільний механізм. Під дією важеля заклинювальна шайба змінює своє положення та фіксується на штоку. У результаті цього шток починає переміщуватися вгору разом із привареним наконечником, створюючи витягувальне зусилля. Це зусилля спрямоване на вирівнювання деформованої ділянки кузова.

Під час переміщення штока долається опір пружини, що забезпечує стабільність роботи механізму. Внаслідок дії витягувального зусилля відбувається поступове виправлення вм'ятини на поверхні кузова.

Після завершення операції виправлення наконечник відокремлюють від поверхні металу шляхом обертання штока за рукоятку. Далі пристрій переміщують до іншої ділянки пошкодження, де процес повторюється.

Важливою особливістю даного пристрою є те, що у підготовчому режимі шток може вільно переміщуватися вздовж своєї осі. Це дозволяє швидко адаптувати пристрій до різних глибин та форм вм'ятин без додаткового регулювання або переналаштування конструкції.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Таким чином, застосування даного механічного пристрою забезпечує ефективно усунення локальних деформацій кузова автомобіля. До основних переваг конструкції можна віднести простоту використання, швидке налаштування на різні параметри пошкоджень та підвищення продуктивності виконання кузовних ремонтних робіт [20].

### 3.3.3 Правка кузовів.

Переносні установки для правки кузовів зазвичай оснащуються гідравлічним приводом. Залежно від конструкції та призначення вони можуть створювати зусилля робочого органу від 4000 до 20000 кгс.

Основним недоліком переносних пристроїв є обмежені можливості усунення складних деформацій та перекосів кузова. Це пояснюється недостатньою жорсткістю кріплення силових елементів до автомобіля.

Для усунення цього недоліку використовується метод зовнішнього витягування, який передбачає жорстке закріплення автомобіля на спеціальному стенді та прикладання сили, напрямленої протилежно до тієї, що спричинила деформацію.

Залежно від конструкції обладнання для реалізації цього методу поділяють на три групи:

1. обладнання, яке не потребує спеціального робочого місця;
2. стенди для правки кузовів з анкерним кріпленням до фундаменту;
3. установки для правки кузовів, суміщені з підйомниками.

До першої групи належать мобільні установки, які не потребують спеціально підготовленого робочого місця. Прикладом такого обладнання є установка БС-71. Однак використання подібних пристроїв часто потребує додаткового підйомного обладнання для встановлення автомобіля на опори.

До другої групи належать стаціонарні стенди, основу яких становить рама з профільованої сталі, закріплена у фундаменті. У пазах рами

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлюють кронштейни, ланцюги та силові гідроциліндри. За допомогою гідравлічних приводів створюється зусилля правки, що може досягати 10 тс.

Останнім часом широкого поширення набули спеціалізовані стапелі, які дозволяють виконувати перевірку геометрії кузова за допомогою механічних або оптичних вимірювальних систем.

Під час використання оптичних вимірювальних систем у контрольних точках шасі встановлюють спеціальні датчики або магнітні кріплення. За їх допомогою визначають координати контрольних точок з точністю до  $\pm 1$  мм. Таке обладнання є компактним і може застосовуватися як у складі ремонтних комплексів, так і окремо.

Найбільш поширеними у практиці кузовного ремонту залишаються універсальні механічні системи контролю геометрії кузова за контрольними точками.

Універсальний стапель «Rhone Evolution 2800», рис. 3.6, призначений для відновлення геометрії кузовів автомобілів після дорожньо-транспортних пригод або інших механічних пошкоджень. Конструкція обладнання забезпечує виконання комплексу операцій, пов'язаних із фіксацією транспортного засобу, вимірюванням геометричних параметрів кузова та прикладанням необхідних зусиль для усунення деформацій. Застосування такого обладнання дозволяє виконувати як підготовчі, так і основні ремонтно-відновлювальні роботи з високою точністю [21].

Стапельна система дозволяє виконувати підйом автомобіля на необхідну висоту для проведення арматурних, монтажних або демонтажних операцій. Крім того, конструкція платформи забезпечує зручний доступ до нижньої частини кузова, що особливо важливо під час проведення вимірювальних або діагностичних процедур. Використання підйомного механізму також полегшує встановлення автомобіля у робоче положення та створює сприятливі умови для прикладання тягових зусиль у різних напрямках.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

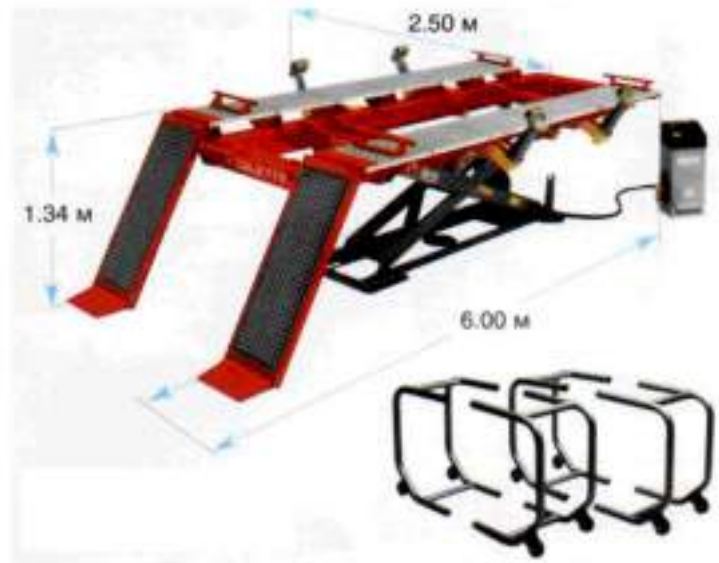


Рисунок 3.6 – Стапель Rhone 2800 Evolution з підйомником.

Основним елементом стапеля є міцна металева рама, на якій розміщується автомобіль під час ремонту. Рама оснащена системою кріплень, що дозволяє жорстко зафіксувати кузов транспортного засобу у визначених точках. Найчастіше фіксація здійснюється через підпорогові затискачі, які встановлюються на відбортовку порогів кузова. Такий спосіб кріплення забезпечує надійну фіксацію автомобіля та запобігає його зміщенню під час прикладання силових навантажень.

Для створення виправляючих зусиль у конструкції використовується силовий пристрій «Sevene», рис. 3.7, який працює на основі пневмогідравлічного приводу. Джерелом енергії для гідравлічного циліндра є насосна установка, що приводиться в дію стисненим повітрям. При подачі повітря до системи відбувається підвищення тиску робочої рідини, внаслідок чого шток гідравлічного циліндра висувається і створює тягове зусилля, яке передається через ланцюг або інші тягові елементи до деформованої ділянки кузова.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



Рисунок 3.7 – Силовий пристрій Sevene

Максимальне тягове зусилля силового пристрою становить приблизно 10000 кг, що дозволяє ефективно усувати навіть значні деформації силових елементів кузова. Конструкція рами стапеля передбачає наявність спеціальних гнізд для встановлення силового пристрою. Завдяки цьому оператор може змінювати положення тягової стійки та прикладати зусилля під різними кутами залежно від характеру пошкодження.

Після встановлення силової стійки в одне з монтажних гнізд рами вона повертається на необхідний кут і фіксується за допомогою спеціального стопорного пальця. Така система кріплення запобігає випадковому зміщенню або випадінню силового пристрою під час роботи, що є важливою умовою безпечної експлуатації обладнання.

Для полегшення встановлення транспортного засобу на платформу стапеля конструкція передбачає можливість невеликого нахилу рами. Завдяки цьому автомобіль може заїжджати на платформу своїм ходом або за допомогою допоміжних пристроїв, наприклад ручної лебідки. Після розміщення автомобіля платформа повертається у горизонтальне положення, а транспортний засіб закріплюється за допомогою затискачів., рис. 3.8.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46



платформа може бути зафіксована на будь-якому рівні за допомогою механізму блокування. Це забезпечує стабільне положення автомобіля під час виконання ремонтних операцій.

Опускання платформи здійснюється натисканням відповідної кнопки на пульті керування. Перед початком опускання підйомний механізм автоматично піднімає платформу на незначну висоту для розблокування стопорних механізмів, після чого починається плавне опускання.

У випадку виникнення аварійної ситуації передбачено режим аварійного опускання. Для цього підйомні платформи піднімаються на невелику висоту, після чого механічні стопори розблоковуються. Щоб уникнути повторного блокування, під стопорні елементи встановлюють спеціальні прокладки або шайби.

Після встановлення автомобіля на платформу і його надійної фіксації розпочинається процес виправлення деформацій кузова., рис. 3.9. Силовий пристрій створює контрольоване тягове зусилля, яке передається до деформованої ділянки кузова через ланцюг або інші тягові елементи. Залежно від характеру пошкодження зусилля може прикладатися в різних напрямках, що дозволяє поступово відновлювати початкову геометрію кузова.



Рисунок 3.9 – Комплект для сильно пошкоджених автомобілів

Таким чином, стапель із силовим пристроєм є ефективним обладнанням для відновлення геометрії кузовів автомобілів. Його

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

конструкція забезпечує можливість надійної фіксації транспортного засобу, прикладання значних тягових зусиль та виконання ремонтних робіт із високою точністю. Використання такого обладнання дозволяє суттєво підвищити якість кузовного ремонту та скоротити тривалість відновлювальних робіт.

### 3.3.4 Контрольно-вимірювальні системи геометрії.

Вимірювальна система Data Siver призначена для контролю геометричних параметрів кузова автомобіля під час виконання ремонтно-відновлювальних робіт [12]. Основними її функціями є визначення контрольних розмірів пошкодженого кузова, а також фіксація фактичного стану конструкції у випадках, коли візуальна оцінка є недостатньою або неможливою.

Принцип роботи системи базується на безконтактному визначенні координат точок у просторі. Це досягається шляхом реєстрації положення спеціальної мішені за допомогою відеокамер та подальшої обробки отриманих даних із побудовою тривимірної моделі (рис. 3.10). В основі функціонування лежить принцип стереозору, аналогічний людському бінокулярному сприйняттю: для визначення відстані до об'єкта використовуються два незалежні джерела зображення. У даному випадку їх роль виконують дві камери, розташовані на протилежних кінцях вимірювальної балки.

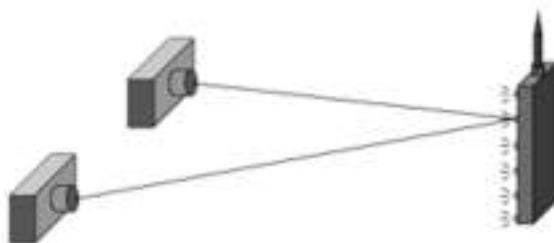


Рисунок 3.10 – Схема роботи пристрою Data Siver.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Система здатна обчислювати просторові координати об'єкта за умови його одночасної видимості обома камерами. Як маркер використовується спеціальна мішень, обладнана світлодіодами, розташованими у визначеній конфігурації. Для проведення вимірювання достатньо доторкнутися щупом мішені до контрольної точки кузова - після цього система автоматично визначає її положення у тривимірному просторі.

Завдяки застосуванню цифрової обробки сигналів досягається висока швидкість та точність вимірювань. Похибка визначення координат не перевищує 1 мм, що дозволяє використовувати систему для точного контролю геометрії кузова. Наявність метрологічної сертифікації підтверджує достовірність отриманих результатів, що дає можливість використовувати їх як офіційні дані при взаємодії з клієнтами або страховими організаціями.

Конструктивно вимірювальний модуль виконаний у вигляді жорсткої балки, всередині якої розміщено відеокамери (рис. 3.11). Балка має двошарову будову: зовнішній корпус виконує захисну функцію, а всередині розташована високоточна штанга з камерами. Таке конструктивне рішення мінімізує вплив зовнішніх механічних навантажень і підвищує надійність системи під час експлуатації.



Рисунок 3.11 – Вимірювальний блок з відеокамерами

Мішень-указка оснащена набором яскравих світлодіодів (рис. 3.12), які формують добре розпізнавану конфігурацію для камер. Живлення здійснюється від автономних джерел - батарей типу АА. Передача команд до

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

комп'ютера відбувається без використання радіосигналів - застосовується оптичний спосіб обміну інформацією.



Рисунок 3.12 – Мішень зі світлодіодами

Для розширення функціональних можливостей система комплектується набором змінних щупів (рис. 3.13), що дозволяють проводити вимірювання у важкодоступних місцях. До них належать:

- базовий щуп, який забезпечує максимальну точність і використовується у стандартних умовах;
- поворотний бічний щуп, що може змінювати положення та застосовується для вимірювання вертикальних поверхонь або у разі обмеженого простору;
- подовжений щуп, призначений для роботи в умовах наявності перешкод між камерою та точкою вимірювання;
- щуп збільшеної довжини, який використовується для доступу до глибоко розташованих елементів конструкції.



Рисунок 3.13 – Змінні щупи.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Заміна щупів може виконуватися без переривання процесу вимірювання. Вибір активного інструмента фіксується системою автоматично після натискання відповідної кнопки на мішені.

До складу комплексу також входить комутаційний блок, який забезпечує живлення вимірювального модуля та взаємодію з комп'ютером. Він включає джерело живлення та інтерфейсну плату для передачі даних і керуючих сигналів.

Таким чином, система Data Siver є сучасним високоточним засобом контролю геометрії кузова, що дозволяє значно підвищити якість діагностики та ефективність ремонтних робіт.

Робота з вимірювальною системою передбачає послідовне виконання кількох етапів, що забезпечують точне визначення геометричних параметрів кузова автомобіля.

#### 1. Ініціалізація проєкту.

На початковому етапі необхідно створити новий проєкт у програмному середовищі системи. Для цього обирається відповідна модель автомобіля з наявної бази даних, після чого вносяться відомості про транспортний засіб та його власника (рис. 3.14). Така процедура дозволяє забезпечити коректне використання еталонних геометричних параметрів.

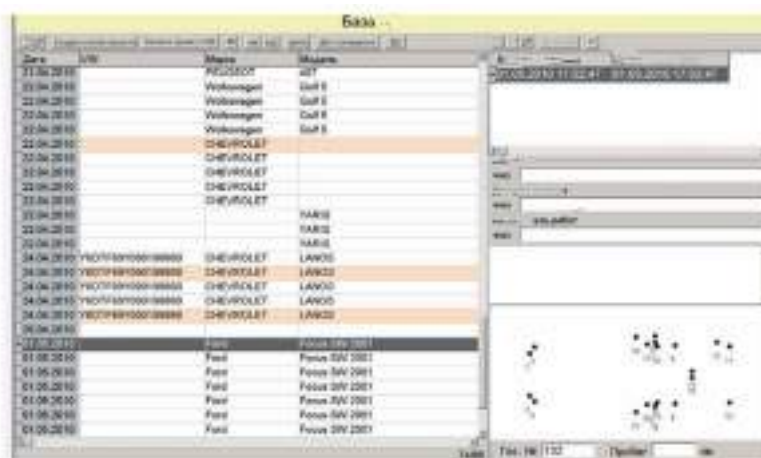


Рисунок 3.14 – Оформлення замовлення в Siver Data.

## 2. Попередня оцінка стану кузова.

Далі виконується візуальний огляд автомобіля з метою визначення зон пошкодження та ділянок, які залишилися без деформацій (рис. 3.15). Використовуючи довідкову інформацію з бази даних, обирають контрольні точки для подальших вимірювань. Особливу увагу приділяють вибору базових точок у неушкодженій частині кузова - зазвичай їх має бути не менше трьох, оптимально 4–6. У пошкоджених зонах визначають ключові елементи для контролю, такі як лонжерони, вузли кріплення підвіски та інші силові елементи конструкції.

## 3. Виконання вимірювань.

Процес вимірювання здійснюється відповідно до підказок програмного забезпечення (рис. 3.16). Обрані точки фіксуються у довільній послідовності, з урахуванням зручності доступу. Після обробки зображень, отриманих з камер, система визначає просторові координати світлодіодної мішені та положення щупа. Для отримання результату достатньо доторкнутися щупом до контрольної точки - її координати автоматично розраховуються та передаються в комп'ютерну систему.

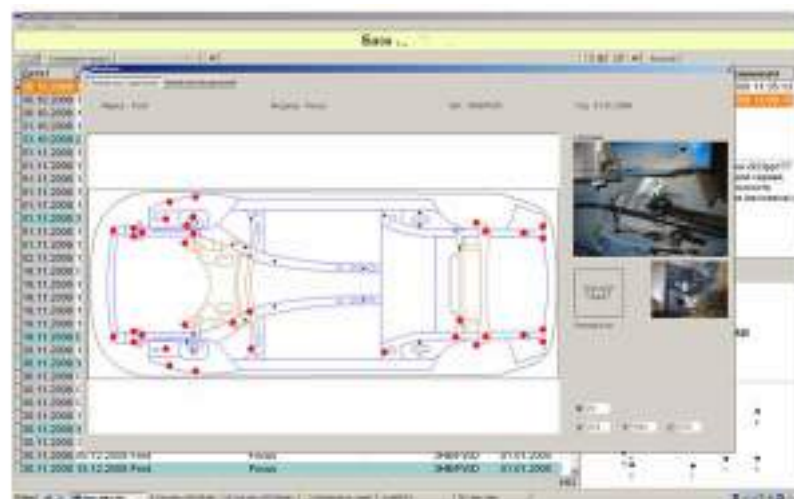


Рисунок 3.15 – Карта контрольних точок геометрії кузова

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53



Сучасна електронна система контролю геометрії кузова Data Siver має низку суттєвих переваг:

- відсутність необхідності встановлення додаткових елементів безпосередньо на автомобіль;
- можливість проведення швидкої діагностики без попереднього встановлення автомобіля на стапель;
- відсутність складних механічних вузлів і лазерних компонентів, що підвищує надійність і спрощує обслуговування;
- можливість довільного розташування вимірювальної балки, а також автономність мішені, що забезпечує зручність у роботі;
- незалежність від конкретного стапеля, що дозволяє використовувати систему на різних робочих постах;
- відсутність потреби у використанні змінних адаптерів, що скорочує час підготовки до вимірювань та виключає ризик їх втрати.

Шаблонна система ZM, є альтернативним підходом до контролю геометрії кузова під час ремонтно-відновлювальних робіт. На відміну від електронних або вимірювальних комплексів, ця система не потребує виконання вимірювань чи розрахунків, що дозволяє виключити можливі похибки, пов'язані з людським фактором.

Концепція роботи системи базується на принципі однозначності результату: якщо елементи кузова правильно встановлюються відносно шаблонів, це означає відповідність геометрії заводським параметрам; у протилежному випадку конструкція вважається деформованою. Такий підхід часто формулюють як: «або відповідає нормі, або ні».

До складу системи входять опорні стійки та поперечні балки, які монтуються на рамі стапеля. Для кожної моделі автомобіля передбачено індивідуальний набір шаблонів (рис. 3.18), що встановлюються відповідно до спеціальної інсталяційної карти на стійках системи (рис. 3.19). Геометрія

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

розташування цих елементів точно відтворює положення контрольних точок кузова, визначених виробником.



Рисунок 3.18 – Комплект шаблонів і інсталяційна карта для Renault

Після встановлення всіх складових системи та відповідних шаблонів виконується суміщення контрольних точок кузова з вершинами шаблонів. Для цього до деформованих ділянок прикладаються зусилля – як тягові, так і стискаючі – у визначеній послідовності. Таким чином здійснюється відновлення початкової геометрії конструкції.



Рисунок 3.19 – Стійки MZ

Застосування правильно підібраної інсталяційної карти гарантує, що після завершення ремонтних робіт геометричні параметри кузова відповідатимуть заводським характеристикам. Завдяки високій точності та

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

надійності система ZM широко використовується в сертифікованих сервісних центрах і підтримується більшістю провідних автовиробників.

Стійки системи встановлюються на поперечні елементи стапеля (рис. 3.20) і слугують основою для кріплення шаблонів. Вони виготовлені з міцних матеріалів із підвищеною корозійною стійкістю, що забезпечує тривалий термін експлуатації навіть за інтенсивного використання.



Рисунок 3.20 – Встановлення системи MZ на стапелі Sevienne

Система ZM plus є модернізованою версією базового комплексу ZM і має аналогічне призначення та принцип дії. Вона також дозволяє виконувати відновлення геометрії кузова без застосування вимірювальних приладів. Основною відмінністю є розширена комплектація: до набору входить комплект із 34 штоків різної довжини разом з опорними елементами (рис. 3.21).

Завдяки цьому при роботі з системою ZM plus для конкретної моделі автомобіля достатньо використовувати лише відповідний набір вершин шаблонів (рис. 3.22), без необхідності додаткового підбору основ і штоків. Це значно спрощує процес підготовки до ремонту та підвищує універсальність системи, рис. 3.23.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.21 – Комплект з 34 штоків різної висоти



Рисунок 3.22 – Комплект вершин для ремонту конкретного автомобіля

Отже, шаблонні системи ZM та ZM plus забезпечують ефективне відновлення геометрії кузова за рахунок точного відтворення заводських параметрів без виконання складних вимірювальних процедур, що робить їх зручними та надійними у використанні.

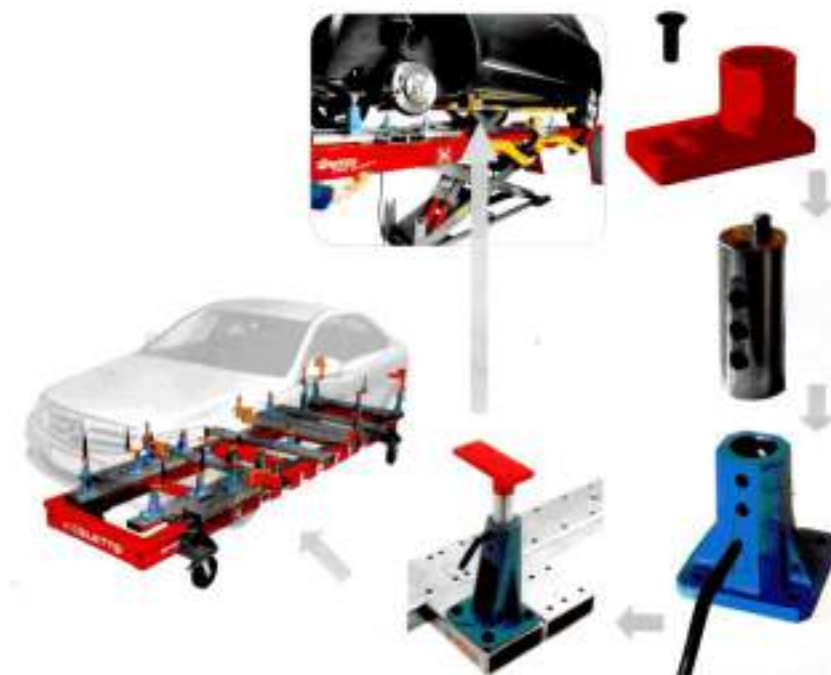


Рисунок 3.23 – Процес встановлення системи MZ + на стапелі

## ВИСНОВКИ

1) Точність відновлення кузова є ключовим фактором, який впливає на безпеку, керованість і довговічність транспортного засобу.

2) Проаналізовано роботу стапельного обладнання, стапеля із силовим пристроєм Sevenne, що забезпечує створення необхідних зусиль для виправлення деформацій.

3) Проаналізовано можливості електронної системи Data Siver, яка дозволяє з високою точністю визначати координати контрольних точок кузова та підвищує ефективність діагностики. Також розглянуто шаблонні системи ZM, що забезпечують відновлення геометрії без виконання вимірювань і є зручними у практичному застосуванні.

4) Встановлено, що поєднання сучасних вимірювальних і шаблонних систем дозволяє підвищити якість ремонтних робіт та забезпечити відповідність кузова заводським параметрам.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Говорущенко М. Я. Технічна експлуатація автомобілів : підручник. Київ : Вища школа, 2004. 527 с.
2. Бажинов О. В., Смирнов О. П., Серіков С. А. Конструкція автомобілів : підручник. Харків : ХНАДУ, 2015. 450 с.
3. Reimpell J., Stoll H., Betzler J. The Automotive Chassis: Engineering Principles. 2nd ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2001. 456 p.
4. Gillespie T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale : SAE International, 1992. 495 p.
5. Bosch. Automotive Handbook. 9th ed. Stuttgart : Robert Bosch GmbH, 2014. 1544 p.
6. Hucho W. H. Aerodynamics of Road Vehicles. 4th ed. Warrendale : SAE International, 1998. 432 p.
7. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : підручник. Київ : Знання, 2007. 478 с.
8. Hallquist J. O. LS-DYNA Theory Manual. Livermore : Livermore Software Technology Corporation, 2006. 970 p.
9. European New Car Assessment Programme (Euro NCAP). Assessment Protocol – Adult Occupant Protection. Brussels : Euro NCAP, 2023. 120 p.
10. Limpert R. Motor Vehicle Accident Reconstruction and Cause Analysis. New York : LexisNexis, 2012. 640 p.
11. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до технічного стану та методи контролювання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2011. 42 с.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ДОДАТКИ

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61