МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи

магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Вдосконалення способу відновлення пошкоджень кузовів легкових автомобілів»

ХАІ.107.163т.220.274.4002497.ПЗ

Виконав: здобувач (ка) 2 курсу групи
№ 163т
Галузь знань 27 Транспорт
(код та найменування)
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код та найменування)
Освітня програма Автомобілі та транспорт
(найменування)
Середа.Є.Г.
(прізвище та ініціали здобувача (ки))
Керівник: Болдовський В.М.
(прізвище та ініціали)
Рецензент: Аргун Щ.В.

Харків – 2024

Лист завдання

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 78 с., 49 рис., 6 табл., 18 джерел.

Мета роботи – оптимізація методів відновлення пошкоджень кузовів легкових автомобілів.

Об’єкт дослідження – технології та методи, що застосовуються для відновлення структурної цілісності та зовнішнього вигляду кузовів легкових автомобілів.

Метод дослідження – порівняльний аналіз; теоретичні розрахунки.

У першому розділі кваліфікаційної роботи виконано аналіз конструктивних особливостей кузовів легкових автомобілів, експлуатаційних дефектів та способів їх відновлення.

У другому розділі виконано розробку технічного процесу відновлення елементів кузова легкового автомобіля

У третьому розділі розглянуто особливості відновлення пошкоджень кузовів стапельним методом

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та навколишнього середовища.

У п’ятому розділі розглянуто економічне обґрунтування доцільності застосування стапельного методу відновлення пошкоджень елементів кузова автомобіля.

КУЗОВ АВТОМОБІЛЯ, ПОШКОДЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КУЗОВА, ГЕОМЕТРІЯ, СТАПЕЛЬНІ РОБОТИ, РОЗРАХУНОК

ЗМІСТ

Вступ 5
1 Конструкторський розділ 6
1.1 Аналіз конструктивних особливостей кузовів легкових автомобілів 6
1.2. Матеріали для виготовлення елементів кузова 17
1.3 Основні експлуатаційні пошкодження елементів кузовів легкових автомобілів 23
2 Розробка технологічного процесу відновлення елементів кузова легкового автомобіля 28
2.1 Оцінка зміни властивостей матеріалів в процесі експлуатації автомобіля 28
2.2 Способи відновлення елементів кузовів та види і обсяг основних виконуваних робіт 29
2.3 Опис напружено-деформованого стану елементів кузова автомобіля 38
3 Особливості відновлення пошкоджень кузовів запропонованим способом ... 46
3.1 Інструменти і матеріали, які використовуються для відновлення пошкоджень кузовів 46
3.2. Спосіб відновлення пошкоджень елементів кузова автомобіля стапельним методом 57
4 Охорона праці та навколишнього середовища 66
4.1 Техніка безпеки при виконанні робіт з відновлення кузовів автомобілів 66
4.2 Характеристики системи освітлення 67
4.3 Характеристики системи опалення та вентиляції 68
4.4 Пожежна безпека 69
4.5 Параметри мікроклімату в приміщені 69
4.6 Вимоги з техніки безпеки 70
5 Техніко-економічне обґрунтування прийнятих інженерних рішень 72
5.1 Визначення витрат на закупівлю необхідного обладнання, пристосувань, інструментів 72
Висновки 77
Перелік посилань 78

ВСТУП

У світі постійного технологічного прогресу та постійних змін у транспортній індустрії, питання відновлення пошкоджень кузовів легкових автомобілів займає центральне місце в контексті пошуку ефективних та інноваційних методів.

Одним із традиційних способів відновлення є стапельний метод, який, хоча і довів свою ефективність, вимагає постійного вдосконалення та адаптації до нових вимог і стандартів.

Деформації елементів кузовів легкових автомобілів залежно від ступеня їхнього пошкодження усуваються різними способами, водночас відновлення ушкоджень можливе рихтуванням із подальшим фарбуванням, а також безфарбовим рихтуванням.

Вибір способу відновлення кузова залежить від площі та глибини пошкоджень.

Аналіз наявних способів відновлення пошкоджень елементів кузовів легкових автомобілів показав, що в основному їх усувають за допомогою спеціального ручного інструменту, а в разі значних ушкоджень - спеціальних стендів і установок.

Стапельний метод відновлення пошкоджень кузовів використовується для виправлення деформацій та відновлення геометрії кузова без необхідності розбирання внутрішніх елементів.

Однак, з урахуванням постійного розвитку матеріалів, конструкцій та дизайну автомобілів, важливо постійно адаптувати та вдосконалювати цей метод для забезпечення високої якості відновлення та відповідності сучасним вимогам.

Мета даного дослідження полягає в ретельному аналізі та вдосконаленні стапельного методу відновлення пошкоджень кузовів легкових автомобілів, враховуючи сучасні технологічні виклики та стандарти безпеки.

Вивчення новітніх матеріалів, методів інженерії та технологій ремонту допоможе забезпечити оптимальні результати у відновленні автомобільних кузовів, підвищуючи ефективність та якість процесу стапельного відновлення.

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз конструктивних особливостей кузовів легкових автомобілів

Щоб розібратися, з чого складається кузов легкового автомобіля, слід розглянути основні деталі, які входять до його пристрій. Для більш простого розуміння, пристрій кузова автомобіля можна умовно розділити на три відсіки. Загальна схема розташування частин наступна:

- моторна зона – призначена для розташування силового агрегату і додатково виконує функцію пасивної безпеки автомобіля;
- пасажирська частина – потрібна для розміщення пасажирів і органів управління автомобілем;
- багажний відсік – використовується для розташування багажу.

Розглянемо, з чого складається кожен з цих елементів більш докладно.

Моторна частина складається з наступних основних деталей (рисунок 1.1):

- передні верхня і нижня поперечки;
- фронтальні лонжерони;
- нижня поперечина для розташування двигуна.

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд кузова автомобіля

Схема моторного відсіку влаштована таким чином, що при зіткненнях енергію удару приймають на себе лонжерони і передня балка. Деформуючись,

вони зменшують навантаження на пасажирський відсік. Така конструкція підвищує шанси водія і пасажирів уберегтися від травм у дорожньо-транспортній пригоді.

Схема розташування деталей пасажирського відсіку легкового автомобіля наступна [7]:

- нижня передня балка під лобовим вікном;
- передня і задня поперечки даху;
- бічний лонжерон даху;
- передні, бічні і задні стійки;
- пороги;
- низ;
- підсилюють конструкції днища.

В інших джерелах назви деталей кузова можуть незначно відрізнятися, однак суті справи це не змінює. Наведена схема дозволяє в загальних рисах розібратися, з чого складається кузов і яке його пристрій.

Всі частини пасажирського відсіку легкового автомобіля мають необхідну жорсткість, яка забезпечує надійне кріплення облицювальних і функціональних деталей. Крім цього пристрій пасажирської частини робиться таким чином, щоб забезпечити максимальну пасивну захист у разі бічних зіткнень.

Багажний відсік легкового автомобіля складається з задньої панелі і крил. Схема цього відділення розроблена таким чином, що його пристрій дозволяє витримувати навантаження від корисного багажу, а також забезпечити пасивну безпеку в разі ударів в задню частину автомобіля.

Пристрій кузова легкових автомобілів залежить від моделі, виробника та інших деталей. Однак у більшості серійно випускаємих автомобілів схема розташування кузовних деталей приблизно однакова. Певні відмінності мають тільки спортивні автомобілі і прототипи концептуально нових моделей, вироблених в кількості декількох одиниць. Кузов таких автомобілів може мати іншу конструкцію.

Кузов автомобіля є однією з найважливіших частин автомобіля, що виконує кілька функцій одночасно. По-перше, він є несучою конструкцією, завдяки якій закріплюються і з'єднуються всі вузли і агрегати в конструкції автомобіля. По-друге, кузов надає автомобілю зовнішнього вигляду і захищає його внутрішні частини від зовнішніх впливів (рисунок 1.2).

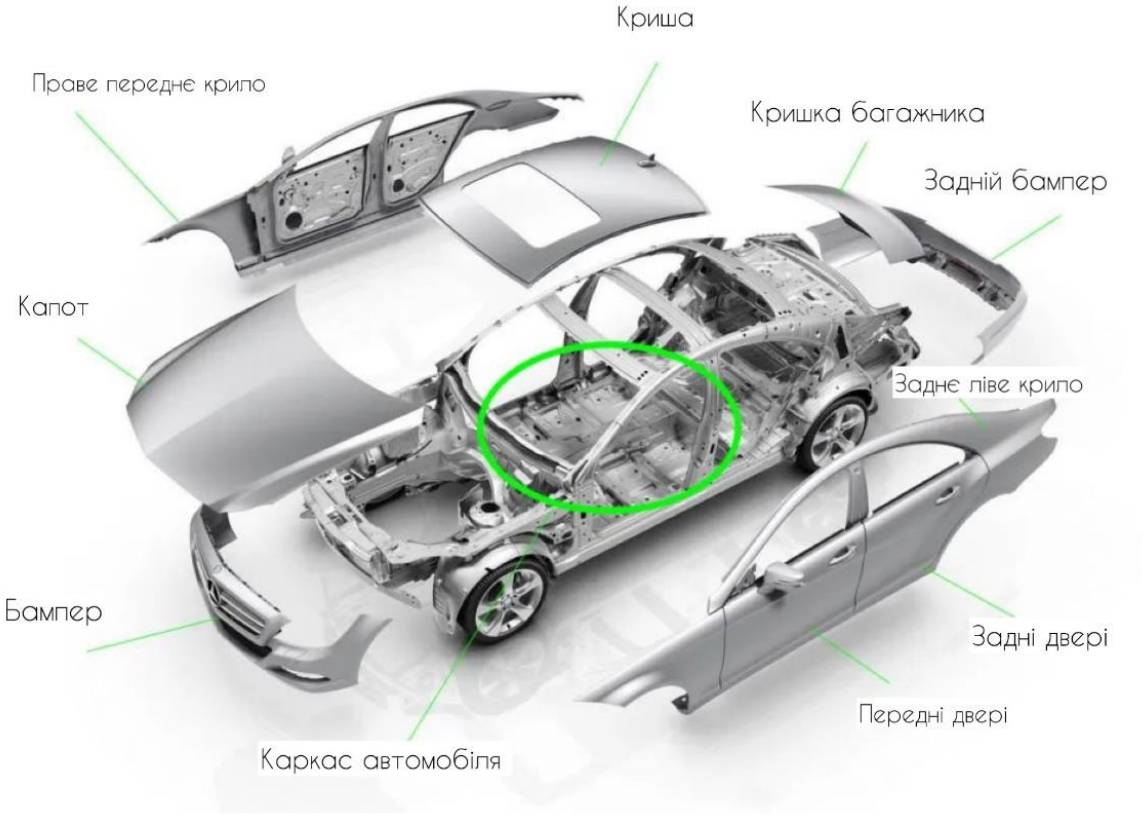

Рисунок 1.2 – Розбір кузовних деталей

У якості факту можна відзначити, що в перших десятиліттях розвитку автомобілебудування замість кузова використовували раму, до якої кріпили всі деталі. Однак у процесі розвитку автомобільної промисловості конструктори вирішили замінити раму на кузов щоб знизити загальну масу машини. Так з'явилася друга назва кузова - полегшена рамна конструкція.

Але це стосується саме легкових автомобілів. А от деякі позашляховики досі мають рамну конструкцію, яка є набагато витривалішою та практичнішою за кузовну й дозволяє встановлювати такий тюнінг як силові бампери, посилені пороги, великі ліфт-комплекти тощо.

Сучасний кузов складається з декількох основних складових, таких як:

1. Дах машини;

2. Підкапотний відсік для розміщення силового агрегату;

3. Передні та задні лонжерони – міцні металеві балки, що кріпляться до днища та виступають у якості опори для підвіски;

4. Днище – на нього приварюються різноманітні елементи посилення та навісні елементи, такі як передні та задні крила, капот, кришка багажного відділення та двері.

Важливо розуміти, що тип кузова є не лише функціональною частиною автомобіля, а й його візитною карткою. Тому автовиробники приділяють особливу увагу дизайну та якості кузова, щоб створити автомобіль, який буде як зручним і функціональним, так і привабливим ззовні та зможе задовольнити потреби кожного покупця.

Каркас кузова

Каркас кузова – це головна частина машини, адже в ній розміщуються пасажири та багаж, і до неї також кріпляться всі агрегати і системи, які приводять автомобіль в дію. Від кузова залежить зовнішній вигляд автомобіля, його функціональність та статус моделі. Знизу розташована ходова частина (підвіска), спереду (рідше ззаду) – двигун та трансмісія (рисунок 1.3).

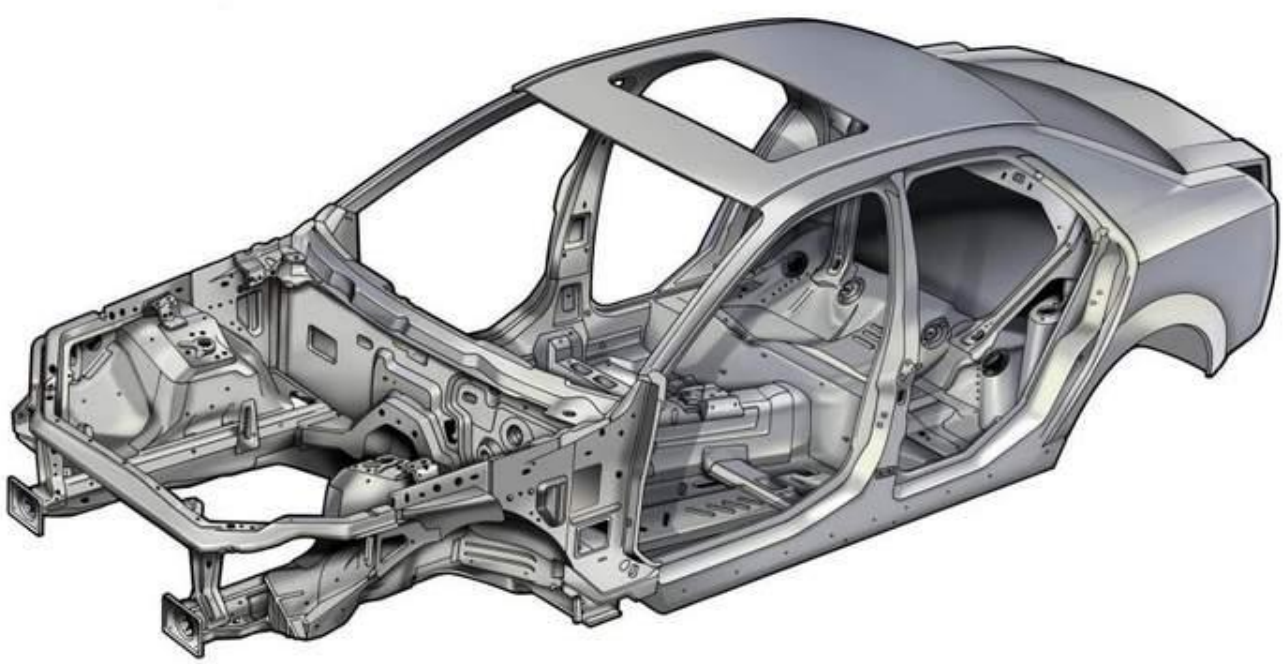

Рисунок 1.3 – Каркас кузова автомобіля

Ще одне важливе призначення кузова – захист пасажирів при дорожньо-транспортній пригоді. Сучасні кузови мають “м’які” передню і задню частини й жорстку, міцну капсулу салону, де сидять пасажири. У випадку дорожньо-транспортної пригоди передня або задня частини кузова легко зминаються, поглинаючи енергію удару. Натомість пасажири всередині не зазнають великих навантажень і не травмуються, вдаряючись о деталі інтер’єру.

Двері кузова

Двері легкових автомобілів представляють собою важливий елемент, обраний з урахуванням безпеки та комфорту. Конструкція дверей включає в себе використання різних матеріалів, таких як сталь, алюміній чи композитні сплави. Сучасні автомобілі вдаються до легких матеріалів для зменшення ваги, що призводить до поліпшення показників паливної ефективності (рисунок 1.4).

Замки дверей та системи безпеки розробляються для запобігання ненавмисних відкриттів під час руху та забезпечення високого рівня захисту в разі зіткнення. Технології контролю доступу можуть включати системи смарт-ключів та електронні засоби ідентифікації.

Важливою частиною конструкції є також дизайн дверей, який може впливати на аеродинаміку автомобіля. Деякі моделі включають в себе елементи, спроєктовані для зменшення опору повітря, що визначається формою дверей.

Узагальнюючи, двері легкового автомобіля визначаються технічними та естетичними аспектами, спрямованими на забезпечення безпеки та зручності для водія та пасажирів.

Рисунок 1.4 – Двері автомобіля

Капот

Капот легкового автомобіля є не лише захисним елементом, але й важливим компонентом, що впливає на загальну вагу автомобіля, аеродинаміку та охолодження двигуна (рисунок 1.5).

Щодо матеріалів, багато виробників вдаються до використання легких алюмінієвих сплавів чи композитних матеріалів для конструкції капоту. Це дозволяє знизити вагу автомобіля, що, в свою чергу, призводить до поліпшення показників паливної ефективності.

Крім того, дизайн капоту може впливати на аеродинаміку автомобіля. Деякі моделі враховують форму капоту для оптимізації потоку повітря і зниження опору в ході руху.

Технології охолодження також важливі для капотів. Вони можуть включати вентиляційні отвори, щоб забезпечити ефективне охолодження двигуна під час його роботи.

Узагальнюючи, капот легкового автомобіля відіграє ключову роль у забезпеченні ефективності та безпеки автомобіля, а його конструкція та матеріали мають велике значення для досягнення оптимальних показників.

Рисунок 1.5 – Капот автомобіля

Багажник

Багажник легкового автомобіля є важливим елементом, відповідальним за забезпечення простору для перевезення вантажів та особистих речей пасажирів. Аналіз конструктивних особливостей багажника включає кілька ключових аспектів (рисунок 1.6).

Об'єм багажного відділення зазвичай є одним з вирішальних факторів для покупців.

Конструкція багажника може бути різною, включаючи варіанти з можливістю збільшення об'єму шляхом складання задніх сидінь чи використання модульних систем.

Також важливим аспектом є ергономіка багажника, включаючи дизайн та механізми відкривання та закривання.

Електричні багажники, які відкриваються за допомогою кнопок або жестів, можуть підвищити зручність користування.

Деякі багажники можуть мати додаткові функції, такі як системи фіксації вантажу, що забезпечують безпечне розміщення предметів у багажному відділенні під час руху.

Узагальнюючи, конструкція багажника важлива для створення комфортного та функціонального простору для перевезення речей, і вона враховується виробниками при розробці нових моделей легкових автомобілів.

Рисунок 1.6 – Багажник автомобіля

Бампер

Бампери легкового автомобіля визначаються матеріалами та конструкцією, призначеними для амортизації ударів та захисту під час зіткнень.

Сучасні бампери використовують амортизуючі матеріали, дизайн для ефективної абсорбції ударів та враховують системи безпеки, такі як датчики відстані та автоматичне гальмування.

Вони також враховуються в естетичному дизайні автомобіля, сприяючи не лише безпеці, але і зовнішньому вигляду транспортного засобу (рисунок 1.7).

Рисунок 1.7 – Бампер автомобіля

Ходова частина

Головне у ходовій – колеса.

Через них автомобіль спирається на дорогу, вони ж тримають автомобіль на курсі, заданому водієм.

Сучасні конструктори намагаються розставляти колеса якомога ближче до кутів кузова, тому що так автомобіль буде найбільш стійким на дорозі.

До кузова осі коліс прикріплені не жорстко, а через важелі з шарнірами і пружинами – щоб кузов і пасажирів не трясло на вибоїнах.

Крім м’яких елементів – пружин (ресор) у ходовій частині є ще демпфуючі елементи – амортизатори.

Без них автомобіль буде дуже розгойдувати на нерівностях, а колеса погано триматимуться за дорогу.

На сучасних автомобілях існує кілька схем підвіски коліс, всі вони є компромісом між плавністю ходу та чутливою керованістю (рисунок 1.8).

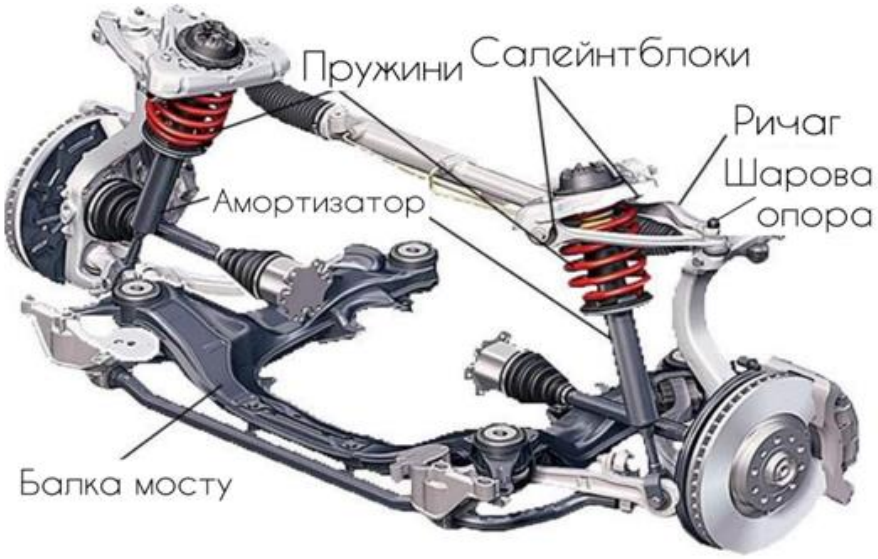

Рисунок 1.8 – Ходова частина

Основні типи кузовів автомобіля

Перш ніж розібрати, з чого складається кузов легкового автомобіля, потрібно виділити основні типи його виконання.

Легкові автомобіля серійного виробництва випускаються в таких основних типах:

- Седан;
- Хетчбек;
- Універсал.

Є й інші типи, але ці три є основними і найбільш поширеними.

Кузов типу седан є самими популярним. Серійний седан має четверо дверей для пасажирів, моторний та багажний відсік. Такий тип кузова є найбільш оптимальним для перевезення пасажирів і невеликого багажу (рисунок 1.9).

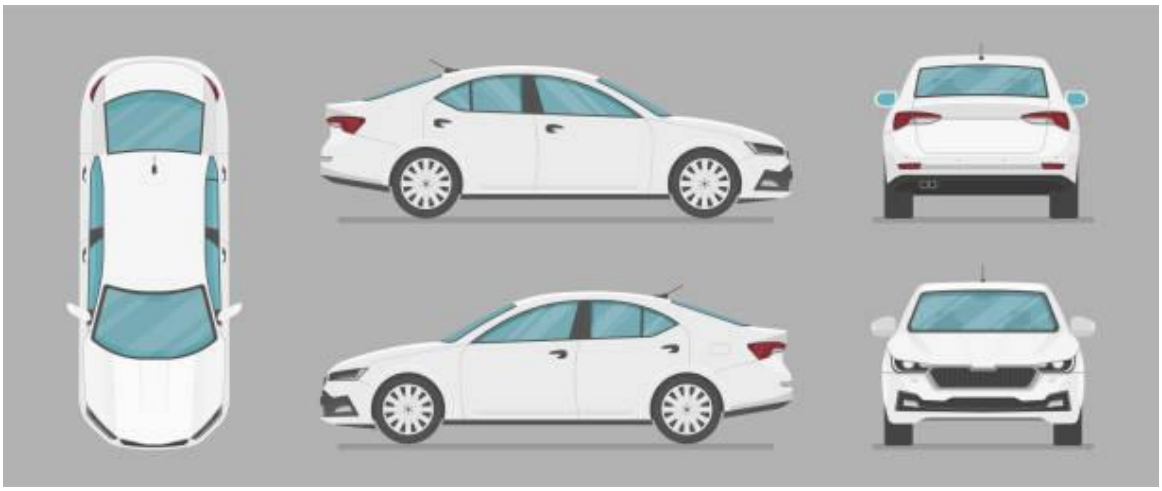

Рисунок 1.9 – Вигляд автомобіля з усіх боків

Хетчбек являє собою автомобіль з двома дверима для пасажирів, моторний відсік і багажне відділення, не поділене з салоном. Такий тип має обмеження по вантажу, що перевозиться, а також не дуже зручний для перевезення пасажирів. Однак таке виконання має свої переваги. Автомобілі в такому типі кузова мають більш низьку вагу і розміри, що позитивно позначається на його економічності щодо витрати палива (рисунок 1.10).

Рисунок 1.10 – Кузов хетчбек

Легкові автомобілі в кузові універсал розраховані на посилені навантаження. Багажне відділення таких автомобілів відрізняється збільшеним об'ємом, що не заважає залишатися салону в повноцінному розмірі. Пристрій універсала дає можливість ще більше розширити багажне відділення за рахунок складання задніх пасажирських сидінь (рисунок 1.11).

Рисунок 1.11 – Кузов універсал

Назва та опис типів кузовів легкових автомобілів наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Типи кузовів легкових автомобілів

Тип кузова	Опис
Седан	Автомобіль з двома рядами сидінь, зазвичай з чотирма дверима, з закритою кабіною.
Хетчбек	Автомобіль з двома рядами сидінь, п'ятьма дверима та відкритим багажником.
Купе	Зазвичай дводверний автомобіль зі спрощеним та спортивним дизайном.
Універсал	Автомобіль з розширеним багажним відділенням та п'ятьма дверима.
Кросовер	Автомобіль, який комбінує ознаки легкового та позашляховика, з великим просвітом.
Позашляховик	Автомобіль, призначений для їзди по непроїзних місцях, з високим кліренсом та силовою конструкцією.
Кабріолет	Автомобіль з відкритим верхом, зазвичай із складним або відкидним верхом.
Родстер	Легкий та спортивний автомобіль з двома дверима та обмеженим простором для пасажирів.
Мінівен	Автомобіль з великим пасажирським відділенням та великим об'ємом для багажу.
Пікап	Автомобіль з відкритим пасажирським відділенням та задньою кузовною частиною.
Купе-кросовер	Спортивний кросовер із зведеним дахом та спортивним виглядом.
Купе-кабріолет	Кабріолет із спортивними характеристиками та двома дверима.
Лімузин	Великий автомобіль із подовженою базою та розкішним пасажирським відділенням.

Кузов сучасного легкового автомобіля виготовляється з високоміцної сталі, яка проходить кілька етапів обробки. Невелика товщина використовуваного металу дозволяє набагато зменшити загальну вагу автомобіля, що позитивно позначається на його динаміці і економічності.

Незважаючи на маленьку товщину сталі, конструкція кузова розрахована таким чином, що він є одночасно і легким, і міцним.

На більшості сучасних автомобілів кузовні деталі скріплюються між собою точковим зварюванням. Це дозволяє забезпечити надійність з'єднання елементів і зменшити кількість крайок і гострих кутів, які найбільш уразливі по відношенню до корозії.

У перспективі автомобільна промисловість буде застосовувати лазерне зварювання деталей.

Такий підхід зводить до мінімуму наявність опуклостей і западин на швах, а конструкція кузова стане більш простою і надійною.

1.2. Матеріали для виготовлення елементів кузова

Ні в одному іншому елементі автомобіля не використано так багато різноманітних матеріалів, як в кузові.

Елементи кузовів легкових автомобілів виготовляються з різних матеріалів, як металів, так і неметалів (рисунок 1.12).

Рисунок 1.12 – Різноманітні матеріали в кузові автомобіля

Для виготовлення кузова необхідно сотні окремих частин, які потім потрібно з’єднати в одну конструкцію, що сполучає в собі всі частини сучасного автомобіля.

Для легкості, міцності, безпечності та мінімальної вартості кузова конструкторам необхідно весь час йти на компроміси, шукати нові технології, нові матеріали.

Розглянемо недоліки та переваги основних матеріалів, що використовуються при виготовленні кузовів автомобілів.

Сталь для виготовлення кузова автомобіля

Основні деталі кузова виготовляють із сталі, алюмінієвих сплавів, пластмас та скла.

Причому перевага віддається листової низьковуглецевій сталі товщиною 0,65…2 мм.

Завдяки застосуванню останньої вдалося знизити загальну масу автомобіля і підвищити жорсткість кузова.

Це викликане її високою механічною міцністю, недефицитностью, здатністю до глибокої витяжки (можна одержувати деталі складної форми), технологічністю з'єднання деталей зварюванням.

Недоліками цього матеріалу є висока щільність і низька корозійна стійкість, вимагає складних заходів щодо захисту від корозії.

Конструкторам потрібно, щоб сталь була міцною і забезпечувала високий рівень пасивної безпеки, а технологам потрібна хороша штампуємість. І головне завдання металургів – догодити і тим, і іншим. Тому розроблено новий сорт сталі, що дозволяє спростити виробництво і в подальшому отримати задані властивості кузова.

Виготовляється кузов в кілька етапів. З самого початку виготовлення із сталевих листів, які мають різну товщину, штампуються окремі деталі.

Після ці деталі зварюються в великі вузли і за допомогою зварювання збираються в одне ціле. Зварювання на сучасних заводах ведуть роботи.

Переваги сталі:

- низька вартість;
- висока ремонтопридатність кузова;
- відпрацьована технологія виробництва та утилізації;

Недоліки стали:

- найбільша маса;
- потрібно антикорозійний захист від корозії;
- обмежений термін служби.

Рисунок 1.13 – Кузов без фарби

Для покрашення властивостей матеріалів кузовів необхідно виконувати вдосконалення технологій виробництва і штампування, збільшення в структурі кузова частки високоміцних сталей. І застосування над високоміцних сплавів нового покоління. До них можна віднести TWIP-сталь з високим вмістом марганцю (до 20 %). Дана сталь володіє особливим механізмом пластичної деформації, завдяки якому відносне подовження може досягати 70 %, а межа міцності – 1300 МПа. Для прикладу: міцність звичайних сталей становить до 210 МПа, а високоміцних – від 210 до 550 МПа.

Алюміній для кузова автомобіля

Алюмінієві сплави для виготовлення автомобільних кузовів почали використовувати відносно недавно. Використовують алюміній при виготовленні всього кузова або його окремих деталей – капот, двері, кришка багажника.

Алюмінієві сплави застосовуються в обмеженій кількості. Оскільки міцність і жорсткість цих сплавів нижче, ніж у сталі, тому доводиться збільшувати товщину деталей і істотного зниження маси кузова отримати не вдається. Крім того, шумоізолююча здатність алюмінієвих деталей нижче, ніж сталевих, і потрібні більш складні заходи для досягнення акустичної характеристики кузова.

Початковий етап виготовлення алюмінієвого кузова схожий з виготовленням сталевого. Деталі спочатку штампуються з листа алюмінію, потім збираються в цілу конструкцію. Зварювання використовується в середовищі аргону, з'єднання на заклепках і/або з використанням спеціального клею, лазерне зварювання. Також до сталевого каркасу, який виготовлений з труб різного перерізу, кріпляться кузовні панелі.

Переваги:

- можливість виготовити деталі будь-якої форми;
- кузов легше сталевого, при цьому міцність однакова;
- легкість в обробці, вторинна переробка не становить праці;
- стійкість до корозії, а також низька ціна технологічних процесів.

Недоліки алюмінію:

- низька ремонтопридатність;
- необхідність в дорогих способи з'єднання деталей;
- необхідність спеціального обладнання;
- значно дорожче стали, так як енерговитрати набагато вище.

Склопластик і пластмаси

Під назвою склопластик мається на увазі будь-волокнистий наповнювач, який просочений полімерними смолами. Найбільш відомими наповнювачами вважаються – карбон, склотканина і келар (рисунок 1.14).

Близько 80 % пластмас, застосовуваних в автомобілях, припадає на п'ять типів матеріалів: поліуретани, полівінілхлориди, поліпропілени, АБС-пластики, склопластики. Решта 20 % складають поліетилени, поліаміди, поліакрилати, полікарбонати.

Із склопластиків виготовляють зовнішні панелі кузовів, що забезпечує суттєве зменшення маси автомобіля. З поліуретану роблять подушки і спинки сидінь, протиударні накладки. Порівняно новим напрямом є застосування цього матеріалу для виготовлення крил, капотів, кришок багажника.

Полівінилхлорид застосовують для виготовлення багатьох фасонних деталей (щити приладів, рукоятки) і оббивних матеріалів (тканини, мати). З поліпропілену роблять корпуси фар, рульові колеса, перегородки та багато іншого. АБС-пластики використовують для різних облицювальних деталей.

Переваги склопластику:

- при високій міцності маленький вагу;

– поверхня деталей володіє хорошими декоративними якостями;
– простота у виготовленні деталей, що мають складну форму;
– великі розміри кузовних деталей.

Недоліки склопластику:

– висока вартість наповнювачів;
– висока вимога до точності форм і чистоті;
– час виготовлення деталей досить тривалий;
– при пошкодженнях складність в ремонті.

Рисунок 1.14 – Пластикові елементи

Автомобільна промисловість не стоїть на місці і розвивається в догоду споживача, який хоче швидкий і безпечний автомобіль. Це призведе до того, що у виробництві авто використовуються нові, які відповідають сучасним вимогам матеріали.

Серцем кожного автомобіля є двигун, який за великим рахунком визначає динаміку всього транспортного засобу, не менш важливу роль відіграють інші компоненти, зокрема кузов. Матеріал, з якого він виготовлений, – це поєднання знань і досвіду в галузі хімії, фізики та матеріалознавства. Хоча сталь все ще

залишається основним матеріалом для кузовів автомобілів, використання композитів, полімерів і навіть деяких перероблених відходів стає все популярнішим. Більшість елементів кузова виготовлені з прокату.

Сталь – це сплав заліза і вуглецю. Додатково для поліпшення експлуатаційних характеристик кінцевого матеріалу вводяться модифікатори у вигляді добірних хімічних елементів, включаючи мідь, марганець, нікель і кобальт. Залежно від конструкції автомобіля, використовувана сталь буде мати дещо інший ваговий склад; наприклад, сталь, яка використовується в підшипниковій секції, виділяється низьким вмістом вуглецю. Крім того, для задоволення конкретних вимог інженери розробили спеціальні марки сталі, в тому числі такі, що забезпечують бажану пластичність або міцність готового виробу.

Алюміній можна використовувати, наприклад, для виготовлення рами автомобіля. Алюміній має деякі недоліки порівняно зі сталлю (наприклад, менша механічна міцність), але також менш сприйнятливий до вологи. Його використовують не в чистому вигляді, а тільки у вигляді сплавів. Тип і кількість добавок сплаву залежать від необхідних кінцевих властивостей. Найбільш часто використовувані добавки – це магній, кремній, мідь і марганець. Окремі сплави відрізняються за своїми параметрами, тому їх слід вибирати відповідно до вимог кінцевого елемента.

Таблиця 1.2 – Матеріали, з яких виготовляються елементи кузова

Елемент кузова	Матеріал
Каркас	Сталь або алюмінієвий сплав
Панелі дверей	Сталь або алюмінієвий сплав
Капот	Алюміній або композити
Панелі багажника	Сталь або алюмінієвий сплав
Бампери	Пластик або композити
Вікна	Скло
Панорамний дах	Скло або полікарбонат
Дзеркала	Пластик або метал

До популярних конструкційних матеріалів відносяться композити . Так ми називаємо матеріали, які складаються з більш ніж двох компонентів. Композитні матеріали для автомобільної промисловості виготовляються з використанням так званих недорогоцінних металів (заліза та його сплавів,

нікелевих сплавів, алюмінію, магнію, міді та ін.), основної кераміки (оксиду алюмінію, нітриду кремнію та ін.) і основи. полімери (термореактивні та хімічно тверді смоли, термопластичні матеріали та ін.).

Найбільш часто використовуваними композитами є скловолокно. Виготовляються шляхом додавання до скловолокна полімерного наповнювача. В останні роки особлива увага приділяється використанню композитів, армованих вуглецевим волокном, завдяки їхнім численним перевагам, особливо високій механічній міцності.

1.3 Основні експлуатаційні пошкодження елементів кузовів легкових автомобілів

Фізичні пошкодження металевих панелей автомобільного кузова, викликані ударами чи зіткненням, є невід'ємною частиною експлуатації транспортних засобів. Ці пошкодження можуть мати різні форми та ступені важкості, залежно від сили та напрямку удару.

Рисунок 1.15 – Пошкодження лівого крила автомобіля

Відзначимо основні аспекти таких пошкоджень:

Перш за все, удар чи зіткнення може викликати вм'ятини та деформації металевих панелей. Це може статися через контакт з іншими транспортними засобами, стаціонарними об'єктами чи навіть в результаті невеликих аварій. Наслідки включають порушення форми та структури кузова, що може впливати на його міцність та безпеку.

Додатково, такі ситуації часто ведуть до подряпин та лакофарбових пошкоджень, що відбуваються при терті або контакті з грубими поверхнями. Це може не лише погіршити зовнішній вигляд автомобіля, але й створити умови для ржавіння та корозії.

Руйнування кромок та з'єднань є іншою характерною проблемою. Удар може викликати розриви, тріщини або вибоїни в областях з'єднань, порушуючи цілісність кузова та стійкість конструкції.

Бампери, що знаходяться в першому ряді при зіткненні, часто піддаються деформації, що може включати зміщення, тріщини та вибоїни. Це може призвести до зменшення ефективності захисту від ударів та впливати на загальну безпеку автомобіля.

Особливу увагу слід приділити згинанню та перекрученню металевих панелей. Удари чи зіткнення можуть викликати згинання та перекручення, що може впливати на геометрію та стабільність автомобіля.

Фізичні пошкодження вимагають уважного огляду та відновлення для забезпечення не тільки естетичного вигляду, але і відновлення функціональності та безпеки кузова автомобіля. Ремонтні заходи можуть включати виправлення вм'ятин, реставрацію лакофарбового покриття, а також відновлення цілісності металевих елементів.

Корозія – основний вид зносу металевого корпусу кузова.

У металевих деталях кузова найчастіше зустрічається електрохімічний тип корозії, при якому відбувається взаємодія металу з розчином електроліту, адсорбованого з повітря, і яка з'являється в результаті як прямого попадання вологи на незахищені металеві поверхні кузова, так і в результаті утворення конденсату в його межобшівочном просторі (між внутрішніми і зовнішніми панелями дверей, бортів, даху і т.д.) (рисунок 1.16). Особливо сильно розвивається корозія в місцях, важкодоступних для огляду і очищення в невеликих зазорах, а також в відбортовку і загинах крайок, де періодично потрапляє в них волога може зберігатися тривалий час.

Рисунок 1.16 – Корозійне пошкодження

Так, в колісних нішах може збиратися бруд, сіль і волога, що стимулюють процес розвитку корозії; днище кузова недостатньо стійко до впливу чинників, що збуджують корозію.

На швидкість корозії великий вплив робить склад атмосфери, її забрудненість різними домішками (викидами промислових підприємств, такими, як двоокис сірки, що утворюється в результаті спалювання палива; хлористий амоній, що потрапляє в атмосферу внаслідок випаровування морів і океанів; тверді частинки у вигляді пилу), а також температура навколишнього середовища та інші.

Тверді частинки, що містяться в атмосфері або потрапляють на поверхню кузова з полотна дороги, викликають також абразивний знос металевої поверхні кузова.

З підвищенням температури швидкість корозії зростає (особливо при наявності в атмосфері агресивних домішок і вмісту вологи).

Зимові покриття доріг сіллю для видалення снігу та льоду, а також робота автомобіля на морських узбережжях призводять до збільшення корозії автомобіля.

Корозійні руйнування в кузові зустрічаються також в результаті контакту сталевих деталей з деталями, виготовленими з деяких інших матеріалів (дюралюмінію, каучуків, що містять сірчисті з'єднання, пластмасовими на

основі фенольних смол та іншими, а також в результаті контакту металу з деталями, виготовленими з дуже вологого пиломатеріалу, що містить помітну кількість органічних кислот.

Так, дослідження показали, що при контакті сталі з поліізобутіленом швидкість корозії металу в добу становить 20 мг /м^2 а при контакті цієї ж стали з силіконовим каучуком – 321 мг /м^2 на добу.

Цей вид корозії спостерігається в місцях постановки різних гумових ущільнювачів, в місцях прилягання до кузова хромованих декоративних деталей (обідків фар і т. д.).

До появи корозії на поверхні деталей кузова призводить також контактна тертя, що має місце при одночасному впливі корозійного середовища і тертя, при коливальному переміщенні двох поверхонь металу відносно один одного в корозійної середовищі.

Цим видом корозії схильні двері по периметру, крила в місцях приєднання їх до корпусу болтами і інші металеві частини кузова.

При фарбуванні автомобілів може мати місце забруднення ретельно підготовлених до фарбування поверхонь кузова вологими руками і забрудненим повітрям.

Це при недостатньо якісному покритті також призводить до корозії кузова.

Процес корозії кузовів відбувається або рівномірно на значній площі (поверхнева корозія), або роз'їдання йде в товщу металу, утворюючи глибокі місцеві руйнування – раковини, плями в окремих точках поверхні металу (точкова корозія).

Суцільна корозія менш небезпечна, ніж місцева, яка призводить до руйнування металевих частин кузова, втрати ними міцності до різкого зниження межі корозійної втоми і до корозійної крихкості, характерною для облицювання кузова.

Залежно від умов роботи, що сприяють виникненню корозії, деталі та вузли кузова можуть бути поділені на мають відкриті поверхні, звернені до полотна дороги (низ статі, крила, арки колеса, пороги дверей, низ облицювання радіатора), на які мають поверхні, які знаходяться в межах обсягу кузова (каркас, багажник, верх статі), і на що мають поверхні, які утворюють закритий ізольований об'єм (приховані частини каркаса, низ зовнішнього облицювання дверей та ін.).

Тріщини корпусу виникають при ударі внаслідок порушення технології обробки металу корпусу (ударна багаторазова обробка стали в холодному стані), поганої якості збірки при виготовленні або ремонті кузова (значні механічні зусилля при з'єднанні деталей), в результаті застосування низької якості стали, впливу втоми металу і корозії з наступною механічною навантаженням, дефектів складання вузлів і деталей, а також недостатньо міцній конструкції вузла.

Тріщини можуть утворюватися в будь-якій частині або деталі металевого корпусу, але найбільш часто - в місцях, схильних до вібрації.

Руйнування зварних з'єднань у вузлах, деталі яких з'єднані точковим зварюванням, а також в суцільних зварних швах кузова можуть статися через неякісну зварювання або впливу корозії і зовнішніх сил: вібрації корпусу під дією динамічних навантажень, нерівномірного розподілу вантажів при навантаженні і вивантаженні кузовів.

Знос в результаті тертя зустрічається в деталях арматури, осях і отворах петель, оббивці, в отворах клепаних і болтових з'єднань.

Вм'ятини і випучини в панелях, а також прогини і перекоси в кузові з'являються внаслідок залишкової деформації при ударі або неякісно виконаних робіт (складання, ремонту і т. п.).

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КУЗОВА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

2.1 Оцінка зміни властивостей матеріалів в процесі експлуатації автомобіля

Лакофарбові покриття автомобілів – це складна багатошарова система, складається з ґрунту, шпаклівки й емалі.

При доборі компонентів цієї системи враховують принцип, за яким кожен шар має виявити максимально східні для нього технічні властивості. Наприклад, ґрунтовка повинна мати адгезію до металу і водонепроникність, емаль зовнішнього шару має бути стійкою протидії агресивного навколишнього середовища, мати механічну міцність і високі декоративні властивості [6, 8, 11, 12].

Для пофарбування кузовів легкових автомобілів застосовують нові мела-міноалкідні емалі гарячого сушіння. Порівняно з нітроцелюлозними ці емалі мають кращі декоративні властивості, вищі атмосферостійкість, твердість, еластичність, стійкість проти періодичної дії мінерального масла, бензину та інших агресивних продуктів. Застосування таких емалей дало змогу підвищити загальну корозійну стійкість автомобільних покриттів і поліпшити їхні декоративні властивості. Однак треба брати до уваги, що забруднення навколишнього середовища внаслідок збільшення в атмосфері продуктів згоряння палива, викидів промислових підприємств не може не вплинути на руйнування лакофарбового покриття.

У лакофарбових покриттях автомобілів настають зміни хімічних і фізичних властивостей лакофарбових покриттів (старіння). Одним із проявів старіння покриттів є деструкція лакофарбового покриття: окислювальна, термічна і фотохімічна. У плівці лакофарбового покриття під дією кисню повітря,підвищеної температури й ультрафіолетового проміння відбуваються окислювальні процеси, розрив основного ланцюга макромолекул плівкоутворюючого полімеру та інші хімічні зміни. Втрачається еластичність покриття. Воно стає крихким, менш стійким проти деформації і вібрації. Під час експлуатації автомобіля утворюються мікротріщини.

У літній період на поверхні покриття настають різкі зміни температури, які спричиняють місцеві напруження, а потім і мікротріщини. Такі тріщини зменшують блиск, збільшують пилонагромадження. Через мікротріщини

проникає волога, яка ще більше руйнує покриття. Тріщини ширшають, поглиблюються і досягають поверхні металу. Починається корозія кузова автомобіля.

Це дуже небажаний процес. Лакофарбове покриття під час старіння зазнає й інших змін, які погіршують його якість. Так, під дією ультрафіолетового проміння тонкий поверхневий шар плівки окислюється з виділенням пігменту.

Цей процес називається «крейдінням». Змінюється колір, з'являється білястість, зменшується блиск, що в кінцевому підсумку погіршує декоративний вигляд лакофарбового. Руйнування лакофарбового покриття посилюють різні забруднення (тверді і рідкі матеріали, газ, пил, сажа, частинки асфальту, мінеральні масла і мастильні матеріали), які нагромаджуються на автомобілі при його експлуатації. Повністю запобігти старінню лакофарбового покриття неможливо, проте зменшити його руйнування можна правильним і кваліфікованим технічним обслуговуванням покриття.

2.2 Способи відновлення елементів кузовів та види і обсяг основних виконуваних робіт

2.2.1 Аналіз основних способів відновлення елементів кузовів

Для відновлення елементів кузова легкових автомобілів існує кілька основних способів, кожен із яких має свої переваги та недоліки.

1. PDR-технологія

PDR-технологія дозволяє виправити вм'ятини на різних елементах кузова шляхом впливу тиском, у результаті відновлюється геометрія пошкодженої деталі. Такий спосіб підходить не у всіх випадках (наприклад, він може бути непотрібним при серйозних деформаціях або в ситуаціях, коли фахівець не може зафіксувати інструменти та обладнання), а в залежності від складності пошкоджень можуть застосовуватися різні методи PDR.

Використовується для видалення невеликих дефектів без пошкодження лакофарбового покриття. Вимагає спеціальних інструментів та навичок майстра.

Види ремонту без фарбування

Видалення вм'ятин без фарбування може бути виконане різними способами залежно від того, який елемент кузова пошкоджений і які розміри та

глибина вм'ятини. Якщо вона має округлу форму, а її глибина не перевищує 5 міліметрів – можна застосувати один із таких методів:

Рисунок 2.1 – Видалення вм'ятин без фарбування (PDR-технологія)

1. На пошкодженій ділянці за допомогою спецклею фіксується аплікатор, за який чіпляється ліфтер і фахівець витягує вм'ятину. Після цього клей видаляється хімічним складом. Такий спосіб підходить для видалення невеликих вм'ятин за відсутності доступу до пошкодженої ділянки з внутрішньої сторони.

2. Якщо глибоке пошкодження і до пошкодженої деталі можна підлізти зсередини – застосовується метод вистукування за допомогою молотків, кернів або стеммерів. Завершальним етапом цього процесу є осадження опуклостей, що утворилися з зовнішнього боку, за допомогою молотка для блейдингу.

3. При невеликих вм'ятинах та відсутності сколів для виправлення використовують промисловий фен. Під дією фена пошкоджена ділянка нагрівається, після чого зі зворотного боку деталі на вм'ятину спрямовується потік стисненого повітря, внаслідок чого метал випрямляється.

Найдрібніші дефекти можна виправити за допомогою потужних магнітів. Їх встановлюють на пошкоджену область через прокладку з м'якого матеріалу (вона запобігає пошкодженню шару фарби). Переміщуючи магніт від країв вм'ятини до її центру, можна досягти повного вирівнювання поверхні.

Переваги технології

Методи PDR дозволяють виправити вм'ятини за короткий час: у більшості випадків на усунення дефекту йде від 30 хвилин до однієї години. Вартість таких робіт нижча, ніж усунення вм'ятин будь-яким іншим способом, тому що після випрямлення деталі кузова її не потрібно фарбувати (рисунок 2.2).

Рисунок 2.2 – Видалення вм’ятини на кузові автомобіля

Більшість способів такого виправлення вм'ятин підходять для використання у власному гаражі чи дворі. Достатньо лише придбати необхідний інструмент для роботи. Але за відсутності навичок та додаткового обладнання самостійне виправлення дефектів може не дати позитивного результату. За таких робіт фахівці використовують для освітлення галогенну лампу, під світлом якої добре видно зміни поверхні деталі. Якщо вирівнювання відбувається нерівномірно - спостерігаються спотворення відбитого світла (при якісному виконанні роботи відображення буде рівномірним) [3].

При необхідності можна поєднати кілька методів, у результаті ефективність робіт підвищується, і усунути у такий спосіб можна навіть глибокі вм'ятини.

Коли метод не застосовується

Безбарвний ремонт кузова в деяких випадках неактуальний. Насамперед це ситуації, коли спостерігається не лише деформація деталі, а й утворення на ній тріщин та заломів. Це стосується і деталей з перекосами геометрії, які утворюються внаслідок непрямого та тривалого впливу (рисунок 2.3).

Рисунок 2.3 – Вм’ятина на кузові автомобіля

Також фахівець не зможе виконати роботу, якщо раніше пошкоджений елемент піддавався рихтуванню та піддавався ремонту з подальшим шпаклюванням та фарбуванням. У таких випадках після витягування вм'ятини старий шар фарби та шпаклівки відвалиться, і будуть потрібні додаткові роботи з відновлення деталі. Це стосується і кузовів, пофарбованих з порушенням технології або використанням неякісної фарби. У разі виникає ризик відходження шару фарби від металу [1].

Не підлягають відновленню PDR-технологією та автомобілі, вік яких становить понад 15 років: за цей час через втому металу змінюються його властивості, тому при механічному впливі проблема може лише погіршитися.

Крім того, відновленню таким способом не підлягають певні елементи кузова через неможливість дістатися внутрішніх поверхонь. Це двері, краї кришки капота, багажне обрамлення, пороги.

2. Холодний метод ремонту:

Застосовується для відновлення пластикових елементів, використовуючи холод. Ефективний для усунення тріщин та подряпин.

Холодні методи ремонту в автомобільній промисловості зазвичай вказують на техніки, що не вимагають великих теплових впливів або використання високих температур для виправлення пошкоджень. Такі методи можуть включати:

Холодне випрямлення металу: Виправлення пошкоджень кузова або деформацій без використання теплового впливу. Це може включати в себе ручні чи механічні техніки.

Використання спеціальних інструментів: Використання холодних інструментів, таких як важкі молотки, ложки для випрямлення, для відновлення форми деталей без застосування тепла.

Холодна зварка: Використання методів зварювання, які не включають плавлення металу. Наприклад, точкова чи газова зварка може бути використана для з'єднання металевих деталей.

Використання адгезивів і клейових технологій:

Використання спеціальних клеїв та адгезивів для відновлення пошкоджених частин кузова без застосування тепла.

Холодні методи можуть бути ефективними для певних типів пошкоджень, але вибір методу також залежить від характеру і серйозності пошкоджень.

Перед використанням будь-якого методу важливо враховувати специфічні умови і вимоги для конкретної ситуації [4, 5].

3. Тепловий метод виправлення (Heat Repair):

Використовує теплові джерела для виправлення деформацій та м'якого кузову. Ефективний для робіт зі складними формами.

Тепловий метод виправлення кузова автомобіля, також відомий як "пластичне випрямлення" або "холодне виправлення", є технікою виправлення пошкоджень кузова без застосування фарби і лакофарбового покриття.

Цей метод використовує тепло для м'якої і пластичної корекції деформацій і вигинів на металевих частинах автомобільного кузова.

Основний принцип полягає в тому, що метал нагрівається до температури, на якій він стає більш м'яким і пластичним, а потім знову охолоджується, залишаючись у новому формованому стані.

Це дозволяє виправляти вигини, вм'ятини та інші невеликі пошкодження без потреби в розбиранні або заміні частин.

Важливо відзначити, що тепловий метод використовується для легких пошкоджень, і великі або складні деформації можуть вимагати інших методів виправлення або навіть заміни пошкоджених деталей.

Крім того, важливо дотримуватися правил безпеки при роботі з вогнем та тепловими джерелами.

2.2.2 Види і обсяг основних виконуваних робіт

1. Зняття та розбірка:

2. Зняття ушкоджених деталей.

3. Розбірка елементів для доступу до внутрішніх підсистем.

Дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) є непередбачуваними подіями, які можуть призвести до значних пошкоджень автомобілів.

Після таких подій виникає необхідність в комплексному відновленні та ремонті транспортних засобів.

Один з важливих етапів цього процесу – зняття пошкоджених деталей з автомобіля з метою подальшого відновлення (рисунок 2.4).

Рисунок 2.4 – Автомобіль який потрапив в дтп

4. Оцінка пошкоджень

Перший етап після ДТП – оцінка пошкоджень автомобіля.

Фахівці проводять детальний огляд, визначаючи обсяг та ступінь пошкоджень, і виносять рішення про відновлення або заміну деталей.

Рисунок 2.5 – Огляд дефекту на бампері

5. Зняття пошкоджених деталей

Після оцінки починається процес зняття пошкоджених деталей.

Це може включати кузовні елементи, фари, бампери, крила та інші деталі, які підлягають відновленню чи заміні.

6. Огляд структурних елементів

Після зняття пошкоджених деталей проводиться огляд структурних елементів автомобіля для виявлення хованих пошкоджень.

Цей етап важливий для гарантії повного відновлення та безпеки автомобіля.

7. Ремонт або заміна

Фахівці визначають, які пошкоджені деталі можна відремонтувати, а які потребують повної заміни.

Важливо використовувати якісні запчастини для забезпечення тривалої експлуатації автомобіля.

8. Відновлення кузова

Після зняття та заміни деталей виконується відновлення кузова.

Це включає виправлення будь-яких вигинів або деформацій на кузові автомобіля.

Рисунок 2.6 – Рихтовка крила

9. Фінальні етапи та висновки

Після виправлення кузова важливим етапом є фарбування. Це відновлює зовнішній вигляд автомобіля та запобігає корозії.

Рисунок 2.7 – Фарбування автомобіля

10. Складання та тестування

Після фарбування проводиться збірка автомобіля. Фахівці перевіряють правильність встановлення деталей та здійснюють тестування, щоб впевнитися в його безпеці та ефективності.

11. Заключні висновки

Зняття пошкоджених деталей – це складний, але важливий етап відновлення автомобіля після ДТП. Виконання цих робіт професійними фахівцями гарантує не тільки естетичний зовнішній вигляд.

2.3 Опис напружено-деформованого стану елементів кузова автомобіля

Напружено-деформований стан визначається дією зовнішніх сил та внутрішніх напружень у матеріалах, з яких виготовлені елементи кузова.

Розглядаючи елементи кузова, важливо враховувати типові види напружень, які виникають внаслідок експлуатації автомобіля. Зіткнення, динамічне навантаження, термічні зміни – усі ці фактори можуть призводити до появи напружень в різних ділянках кузова.

Механічні напруження можуть виникати внаслідок ударів, стиснення чи розтягнення. У разі зіткнення автомобіля має місце локалізована дія сил, що може викликати деформацію конкретних елементів, наприклад, передньої частини або заднього бампера.

Деформація також може бути викликана корозією, зносом матеріалів чи неправильною конструкцією. Розглядаючи особливості деформації, важливо визначити, які частини кузова найбільше піддаються дії напружень та як це може впливати на загальну стабільність автомобіля.

Процес деформації елементів кузова також пов'язаний із змінами їхніх механічних властивостей. Наприклад, пластичні матеріали можуть змінювати свою форму під впливом напружень та залишатися в такому стані після відновлення. Термічні ефекти також можуть викликати зміни властивостей матеріалів.

Важливо розглядати елементи кузова як частину інтегрованої системи, де напружено-деформований стан одного елемента може впливати на інші частини автомобіля. Це дозволяє розробляти ефективні технології відновлення, спрямовані на відновлення не лише зовнішнього вигляду, але й механічної стійкості та безпеки автомобіля в цілому.

Показаний типовий графік залежності напруження, яке виникає в тілі при деформації від величини відносного видовження.

При малих деформаціях напруження зростає лінійно із видовженням. Цю область кривої називають областю пружних деформацій. Якщо зняти прикладену силу, то тіло повертає свої розміри й форму. При зростанні деформації реакція тіла втрачає лінійність, а ще при більшій деформації починається область пластичності. При такій деформації тіло вже не повертає собі попередні розміри й форму. В цій області проявляється явище повзучості — зміни розмірів тіла з часом при незмінній силі розтягу. В цій області тіло сильно розтягається при незначному збільшенні прикладеної сили. При певній деформації наступає руйнування (рисунок 2.8).

Рисунок 2.8 – Залежність деформації елементу кузова від зусилля

В залежності від величини області пластичної деформації матеріали поділяються на пластичні й крихкі. У крихких матеріалів область пластичної деформації дуже вузька. Крихкість речовин сильно залежить від температури. При низьких температурах тіла схильні руйнуватися при менших навантаженнях. Особливо це стосується полімерних матеріалів, які при високих температурах надзвичайно пластичні, а на морозі легко ламаються.

Іншими характеристиками реакції матеріалів на деформацію є міцність і твердість.

Розрахунок напружено-деформованого стану автомобіля включає в себе використання різних формул та законів механіки матеріалів. Однак, без конкретної задачі та конкретних параметрів це може бути важко надати докладні формули. Однак, ось кілька загальних підходів та понять, які можуть використовуватися при розрахунках:

1. Закон Гука для еластичної деформації: Закон Гука визначає залежність напруження від деформації для еластичних матеріалів. Формула цього закону виглядає так:

$$\sigma=E\cdot\varepsilon, \tag{2.1}$$

де σ – напруження, МПа;

E – модуль Юнга (матеріальна константа),

ε – деформація.

2. Формули для пластичної деформації: У пластичній області можна використовувати різні моделі пластичності, такі як модель Пруссака-Рейса, модель флюенсу та інші. Однією з основних формул для пластичної деформації є:

$$\varepsilon p=E\sigma \tag{2.2}$$

де εp – пластична деформація,

σ – напруження,

E – модуль Юнга.

3. Закони збереження імпульсу та моменту: При зіткненні автомобіля важливо враховувати закони збереження імпульсу та моменту, які можуть використовуватися для аналізу руху та деформації автомобіля під час зіткнення.

Ці формули є загальними і можуть бути модифіковані в залежності від конкретних умов та вимог.

Кузов легкового автомобіля являє собою складну конструкцію, що складається з великої кількості пластин різної форми. Під час експлуатації автомобіля в елементах кузова виникають механічні напруження, спричинені навантаженнями на стиснення, розтягнення, вигин тощо.

З метою перевірки надійності деталей кузова необхідно виконати розрахунки на міцність і жорсткість, для цього визначають напруження і деформації пластинок довільної форми, з яких складається кузов легкового

автомобіля. Таким чином, усі розрахунки зводяться до розрахунку механічного напруження у всіх пластинках, що становлять загальний каркас кузова [1].

Розглянемо пластину довільної форми, що шарнірно спирається по контуру і навантажену розподіленим по всій площі навантаженням з інтенсивністю г, зосередженими силами Р1, Р2, Р3 ... Рп і моментами m1, m2, m3 ... mn (рисунок 2.9).

Розіб'ємо пластинку, що розглядається, на смужки, розташовані у двох взаємно перпендикулярних площинах, і розглянемо дві з них (рисунок 2.10). Позначимо силу взаємодії двох смужок у місці їхнього зіткнення (точка С) через R.

Тоді можна написати таке рівняння сумісності деформацій

$$\omega_{1q} - \omega_{1R} - \omega_{2R}=0, \qquad (2.1)$$

де ω_{1q} – прогин у точці С першої смужки від прикладених зовнішніх навантажень;

ω_{1R} – прогин у точці С першої смужки від реактивної сили R;

ω_{2R} – прогин у точці Со другої смужки від реактивної сили R.

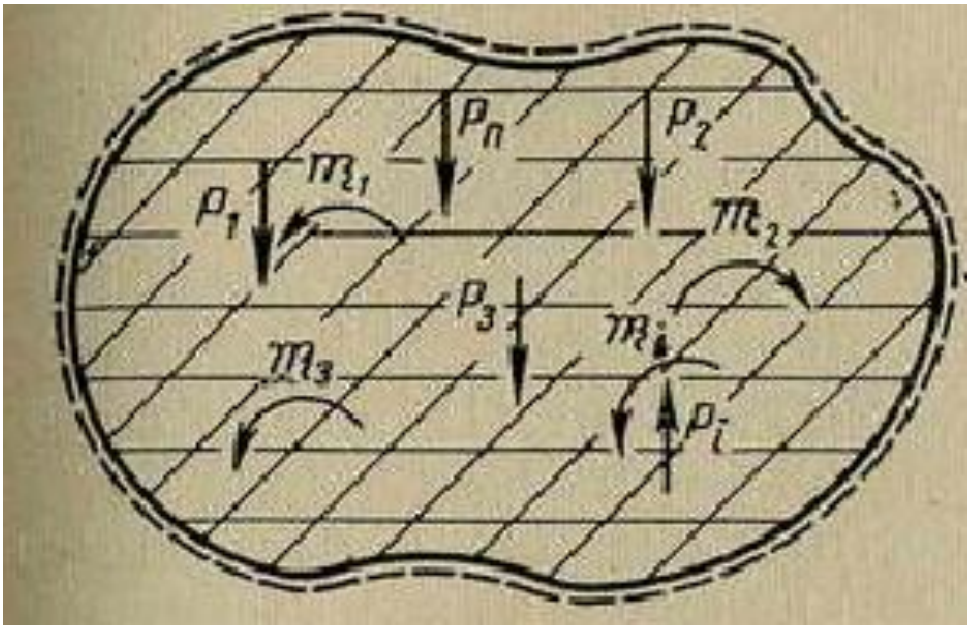

Рисунок 2.9 – Схема навантаження пластини довільної форми

Прогини смужок обчислюються за відомими формулами опору матеріалів. У разі якщо смужка 1 навантажена тільки рівномірно розподіленим навантаженням г, то рівняння (2.1) перепишеться в такому вигляді

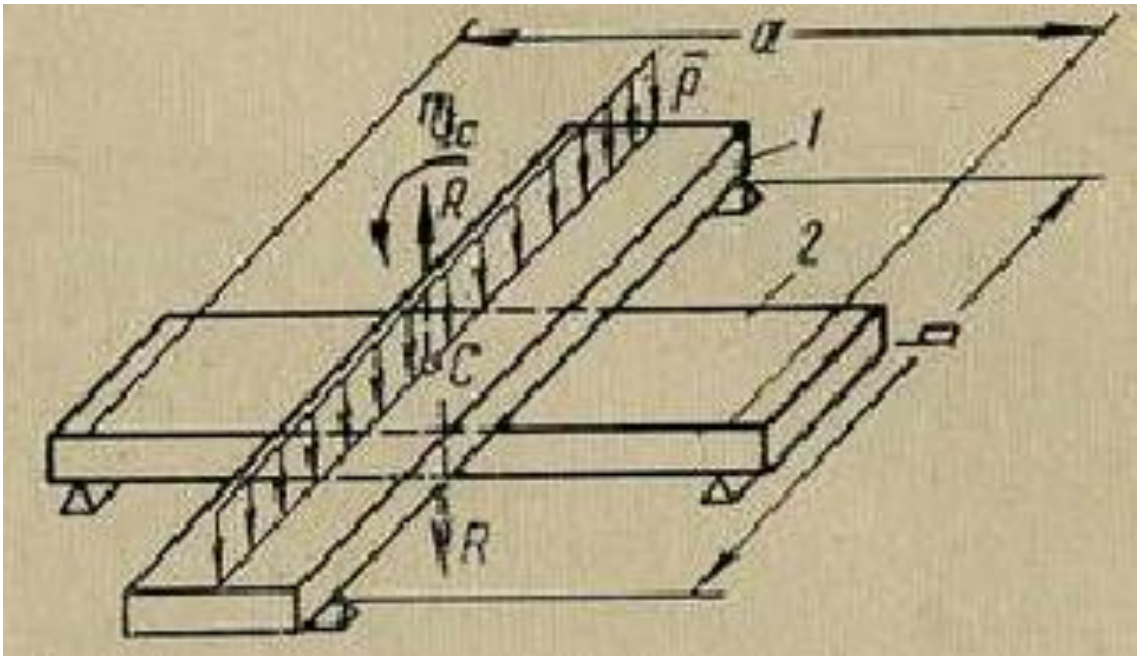

Рисунок 2.10 – Схема навантаження смужок

$$\frac{5}{384}\times\frac{pb^4}{E_1J_1}-\frac{Rb^3}{48E_1J_1}=\frac{Ra^3}{48E_2J_2}, \tag{2.2}$$

Звідси

$$R=\frac{240}{384}\times\frac{\overline{pb}}{(1+\frac{a_3}{b_3}\times\frac{E_1J_1}{E_2J_2})}. \tag{2.3}$$

Співвідношення прогинів

$$\alpha=\frac{\omega_{1R}}{\omega_{2q}}=\frac{1}{1+\frac{a^3}{b^3}\times\frac{E_1J_1}{E_2J_2}}. \tag{2.4}$$

Зокрема коли $E_1J_1=E_2J_2$,

$$\alpha=\frac{\omega_{1R}}{\omega_{2q}}=\frac{1}{1+\frac{a_3}{b_3}}. \tag{2.5}$$

Значення коефіцієнта α для різних відношень довжин смужок подано нижче в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнта α

$\frac{a}{b}$	1	2	3	4	5
α	0,5	0,11	0,0357	0,00377	0,001

З формул (2.3), (2.4), (2.5) і наведеного вище висновку видно, що зі збільшенням відношення швидко зменшується сила взаємодії між смужками R, а загальний прогин смужок досить точно збігається з прогином смужки 1 від дії тільки заданого навантаження. Очевидно, рівнянь (2.1) можна скласти стільки, скільки клітин у пластині (див. рисунок 2.9), і, розв'язавши їх спільно, знайти невідомі реакції R для кожної точки дотику двох рядів смужок. Такий розв'язок задачі буде громіздким. Для деяких задач можна скористатися іншим способом переходу від прогинів і напружень у смужках до пластини. Найбільші напруження під час кульового і циліндричного вигину пластинок товщиною t визначаються за формулою

$$\sigma = \frac{m}{\omega} = \frac{6m}{t^2}\ , \tag{2.6}$$

а зміна радіуса кривизни:

при шаровом згині

$$\frac{1}{p} = \frac{m}{E't} = \frac{12m(1-\mu)}{Et^3}; \tag{2.7}$$

При циліндричному згині

$$\frac{1}{p} = \frac{m}{E't} = \frac{12m(1-\mu^2)}{Et^3}; \tag{2.8}$$

У формулах (2.7) і (2.8) через позначено наведені (розрахункові) модулі пружності для випадку кульового і циліндричного вигинів.

Таким чином, коли нормальні напруження у двох взаємно перпендикулярних напрямках дорівнюють ($\sigma_x = \sigma_y$), приведений модуль

пружності для пластинки $E' = \frac{E}{1-\mu}$; а коли друга напруження дорівнює нулю

(σ_x=0, $\sigma \neq 0$), приведений модуль пружності $E' = \frac{E}{1-\mu^2}$.

Перший випадок має місце при $\frac{a}{b} = 1$, а другий при $\frac{a}{b} = \infty$. Наближену формулу приведеного модуля пружності для пластини з різним відношенням $\frac{a}{b}$ можна записати на підставі рівності (2.9)

$$E' = \frac{E}{1-\beta}, \tag{2.9}$$

где $\beta = \mu\left(\frac{1}{1+\frac{a^3}{b^3}}\right)$.

Ця формула справедлива за умови $\mu \leq \beta < \mu^2$.

Якщо з формули (2.9) β вийшло менше, то в розрахунках приблизно необхідно приймати $\beta = \mu^2$.

Використовуючи залежність (2.4) або (2.5) і (2.9), можна написати загальну наближену формулу для обчислення прогинів і напружень у пластині

$$\omega_n = \omega_á[1-\alpha][1-\beta]; \tag{2.10}$$

$$\sigma_n = \sigma_á[1-\alpha], \tag{2.11}$$

де $\varpi_á$ – прогин балки, навантаженої тим навантаженням, що і полоска пластинки;

$\sigma_á$ – напруга в балці, навантаженій тим самим навантаженням, що й смужка пластинки.

Нижче наведено приклади на порівняння точності формул (2.10) і (2.11) для розрахунку еліптичних і прямокутних пластинок з відомими розв'язками задач теорії пружності.

Еліптична пластинка, защемлена по контуру, навантажена розподіленим по всій площі навантаженням постійної інтенсивності $\bar{p}$ = const.

Товщину пластинки позначаємо буквою t.

Максимальний прогин ϖ_0 і найбільші напруження σ_x і σ_y при точному розв'язанні задачі визначається за такими формулами теорії пружності

$$\varpi_0 = \frac{3\bar{p}(1-\mu^2)b^4}{(3\frac{b^4}{a^4}+2\frac{b^2}{a^2}+3)32Et^2}; \tag{2.12}$$

$$\sigma_x = \frac{2E\varpi_0 t}{1-\mu^2}\left(\frac{1}{a^2}+\frac{\mu}{b^2}\right); \tag{2.13}$$

$$\sigma_y = -\frac{2E\varpi_0 t}{1-\mu^2}\left(\frac{1}{b^2}+\frac{\mu}{a^2}\right). \tag{2.14}$$

З таблиці 2.1 видно, що точність наближення рішень за рівняннями (2.10) і (2.11) повністю задовільна для практичних цілей.

У такий самий спосіб визначаються прогини і напруження в будь-якій точці пластини.

3 ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ КУЗОВІВ ЗАПРОПОНОВАНИМ СПОСОБОМ

3.1 Інструменти і матеріали, які використовуються для відновлення пошкоджень кузовів

При виправленні деформацій кузов автомобіля, що ремонтується, повинен бути жорстко зафіксований. Для цього використовується таке обладнання, як стапель. На стапелі можна виконувати роботи з виправлення геометрії різних елементів кузовів легкових автомобілів, починаючи від деформацій середнього ступеня і закінчуючи складними пошкодженнями елементів кузовів.

Для розташування необхідного обладнання обирається приміщення на станції технічного обслуговування автомобілів – ділянка кузовного ремонту.

Ділянка кузовного ремонту проектується у відповідності до всіх вимог до таких виробничих приміщень [2].

Приклад розташування автомобіля на стапелі під час виконання рихтувальних робіт наведено на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Приклад розташування автомобіля на стапелі під час виконання рихтувальних робіт

Для виконання робіт з рихтування елементів кузовів автомобілів необхідно використовувати різні види інструментів і обладнання. Нижче наводяться пояснювання і опис основних видів обладнання, пристосувань і інструментів для виконання робіт з відновлення кузовів легкових автомобілів.

Зварювальний апарат

На станціях технічного обслуговування автомобілів найчастіше використовується обладнання для зварювання напівавтоматом. Зварювання здійснюється за допомогою дроту, що подається автоматично.

Рисунок 3.2 – Зварювальний апарат

Кутова шліфувальна машинка

Кутова шліфувальна машина необхідна при ремонті кузова. Використовується для різання і зачистки металу. Загальний вигляд кутової шліфувальної машинки наведено на рисунку 3.3.

Рисунок 3.3 – Кутова шліфувальна машинка

Компресор

Для виконання різних робіт під час рихтування або фарбування елементів кузовів необхідно застосовувати компресор. Загальний вигляд компресору наведено на рисунку 3.4.

Рисунок 3.4 – Загальний вигляд компресору

В більшості випадків достатньо компресора з продуктивністю на виході 250 л в хвилину (350 л/хв для фарбопультів HVLP) і тиском 8-10 атмосфер і ресивером 50 літрів. Щоб пофарбувати весь кузов за один раз, потрібен більш продуктивний компресор.

Фарбопульти

Для виконання фарбувальних робіт потрібно використовувати пістолет-розпилювач. Загальний вигляд пістолету-розпилювача наведено на рисунку 3.5.

Найбільш поширеними фарбопультами є розпилювальні системи HVLP і LVLP.

Розпилювачі HVLP характеризуються високим відсотком перенесення матеріалу, що розпилюється, на поверхню, відсутністю туману при фарбуванні.

За рахунок тиску на виході повітря менше обдуває навколишній простір і не піднімає ніякого іншого пилу і сміття. Вимагає високої продуктивності компресора.

Рисунок 3.5 – Загальний вигляд пістолету-розпилювача

Обприскувачі LVLP є більш новою розробкою, що характеризується високим відсотком перенесення матеріалу, що розпилюється, на поверхню, при цьому не вимагають високої потужності компресора, на відміну від обприскувачів HVLP.

Бажано мати кілька фарбопультів з різними форсунками для розпилення різних матеріалів.

Для фарбування металік потрібен малярський пістолет з соплом 1,2 мм – 1,3 мм, для нанесення лаку або при використанні акрилових видів фарб – 1,4 мм – 1,5 мм, для грунтовок – 1,5 – 2 мм.

Серед виробників фарбопультів можна навести наступних: DeVilbiss (Великобританія), SATA (Німеччина), Iwata (Японія).

Дриль

Для виконання висвердлювання точок контактного зварювання при заміні кузовних панелей, а також для виконання певних свердлильних робіт необхідно використовувати ручну дриль.

В комплекті до дрилі використовуються різні типи насадок для зачистки металу. Загальний вигляд ручної дрилі наведено на рисунку 3.6.

Рисунок 3.6 – Загальний вигляд ручної дрилі

Шліфувальна машинка

Для виконання підготовчих робіт необхідно використовувати ексцентрикові (орбітальні) шліфувальні машини, які є найбільш ефективними при кузовному ремонті. Крім зворотно-поступальних рухів, вони також роблять кругові рухи, що підвищує продуктивність і менше забиває наждачний папір на підошві верстата. Загальний вигляд ексцентрикової (орбітальної) шліфувальної машинки наведено на рисунку 3.7.

Рисунок 3.7 – Шліфувальна машинка

Спотер

Для виконання робіт з усунення пошкоджень елементів кузову використовується апарат однобічної точкового зварювання – спотер.

Спотер є дуже зручним пристроєм для усунення пошкоджень елементів кузовів. Загальний вигляд спотеру наведено на рисунку 3.8.

Рисунок 3.8 – Загальний вигляд спотеру

При випрямленні спотер дуже допомагає у витягуванні місць, які мають обмежений доступ. Також спотером зручно осаджувати розтягнутий метал.

Шліфувальний брусок

Для підготовки зашпакльованої поверхні використовуються шліфувальні бруски і рубанки різного розміру. Загальний вигляд шліфувального бруска і рубанка наведено на рисунку 3.9.

Рисунок 3.9 – Шліфувальний брусок

Полірувальна машина

Використання полірувальної машини має важливе значення при кузовному ремонті. На початковому етапі, на невеликих обсягах, можна використовувати дриль зі спеціальною насадкою для полірування кругів. Важливими параметрами для якісного полірування є потужність (1000-1500 Вт) і наявність регулятора швидкості. На різних етапах полірування потрібні різні оберти. Полірувальна машина має такі функції, як плавний пуск і компенсатор потужності. Загальний вигляд ручної полірувальної машини наведено на рисунку 3.10.

Рисунок 3.10 – Полірувальна машина

Плавний пуск зручний тим, що можна приступати до полірування на будь-якій швидкості, попередньо приклавши полірувальний круг до поверхні, не боячись зіпсувати лак з різкого старту.

Компенсатор потужності підтримує постійну кількість обертів при зміні рівня навантаження на машину. Тобто він не дозволить відтерти лак сильним натиском.

Інфрачервона сушка

Інфрачервона сушка потрібна для прискореного висихання ремонтних покриттів. Крім того, за допомогою інфрачервоної сушки шпаклівка і ґрунтовка дають просідання вже в процесі ремонту, ділянки ремонту не дадуть просідання в подальшому, в процесі експлуатації автомобіля. Загальний вигляд інфрачервоної сушки наведено на рисунку 3.11.

Рисунок 3.11 – Інфрачервона сушка

Комплект гідравлічних відтяжок

Також для виконання робіт з усунення пошкоджень несучих елементів кузова потрібно використовувати комплект гідравлічних відтяжок.

В комплекті є гідроциліндр, що створює 10-тонне навантаження. У комплект входять різні насадки і подовжувачі. Загальний вигляд комплекту гідравлічних відтяжок наведено на рисунку 3.12.

Рисунок 3.12 – Комплект гідравлічних відтяжок

Захоплювач для кузовних робіт

Захоплювач для кузовних робіт є спеціальним пристроєм, призначеним для вирівнювання та відновлення елементів металевого кузова автомобіля після пошкоджень. Він включає регульовану конструкцію, системи тяги та присосок для вирівнювання, а також може мати гідромеханічну систему для точного контролю сили. Цей інструмент допомагає у відновленні форми кузова, забезпечуючи швидке та точне виправлення деформацій та вигинів. Загальний вигляд захоплювача для кузовних робіт наведено на рисунку 3.13.

Рисунок 3.13 – Захоплювач для кузовних робіт

Набір для вимірювання геометрії кузова автомобіля

Тривимірна вимірювальна система дозволяє точно визначити зміни в геометрії кузова автомобіля. Загальний вигляд набору для вимірювання геометрії кузова автомобіля наведено на рисунку 3.14.

Рисунок 3.14 – Набір для вимірювання геометрії кузова автомобіля

Телескопічна лінійка виконана з полегшеного алюмінієвого сплаву, а насадки з міцного нейлону, завдяки чому вага лінійки складає всього 1,2 кг. Лінійка застосовна для вимірювання діагональних розмірів, вимірювань довжині і висоти всіх типів автомобілів.

Можливе використання з усіма видами стапелів, а також підйомниками. Наявність різних насадок, трикулачні магнітного кріплення і водяного рівня дають можливість проводити вимірювання одній людині.

Приклад контролю геометрії кузова за допомогою вимірювальної лінійки наведено на рисунку 3.15.

Рисунок 3.15 – Приклад контролю геометрії кузова за допомогою вимірювальної лінійки

Схема контрольних точок кузова автомобіля є важливим засобом для ретельного аналізу та оцінки стану автомобіля.

Її використання допомагає виявити не лише видимі, але й потенційні пошкодження, що можуть виникнути в результаті дорожніх пригод чи інших впливів.

Схема визначає ключові точки на кузові, які підлягають увазі при оцінці структурної цілісності автомобіля.

Приклад розташування контрольних точок і розміри геометрії кузова автомобіля наведено на рисунку 3.16.

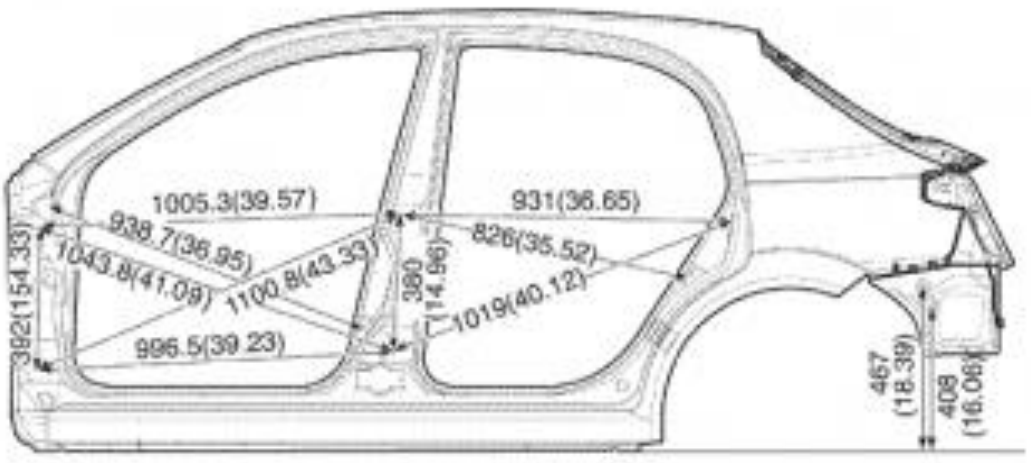

Рисунок 3.16 – Контрольні точки і розміри геометрії кузова автомобіля

Набір для вимірювання геометрії кузова автомобіля використовується для діагностики пошкоджень, забезпечуючи точне місцезнаходження деформацій або пошкоджень, що дозволяє ремонтникам ефективно виправляти проблеми. Це особливо важливо під час ремонту після аварії, коли необхідно враховувати і відновлювати структурну міцність кузова.

Після виконання робіт з виправлення геометрії кузова можна порівняти стан кузова автомобіля з вихідними контрольними точками у відповідності до схеми вимірювання і розташування контрольних точок, щоб впевнитися в правильності відновлення і відсутності прихованих пошкоджень (рисунок 3.17).

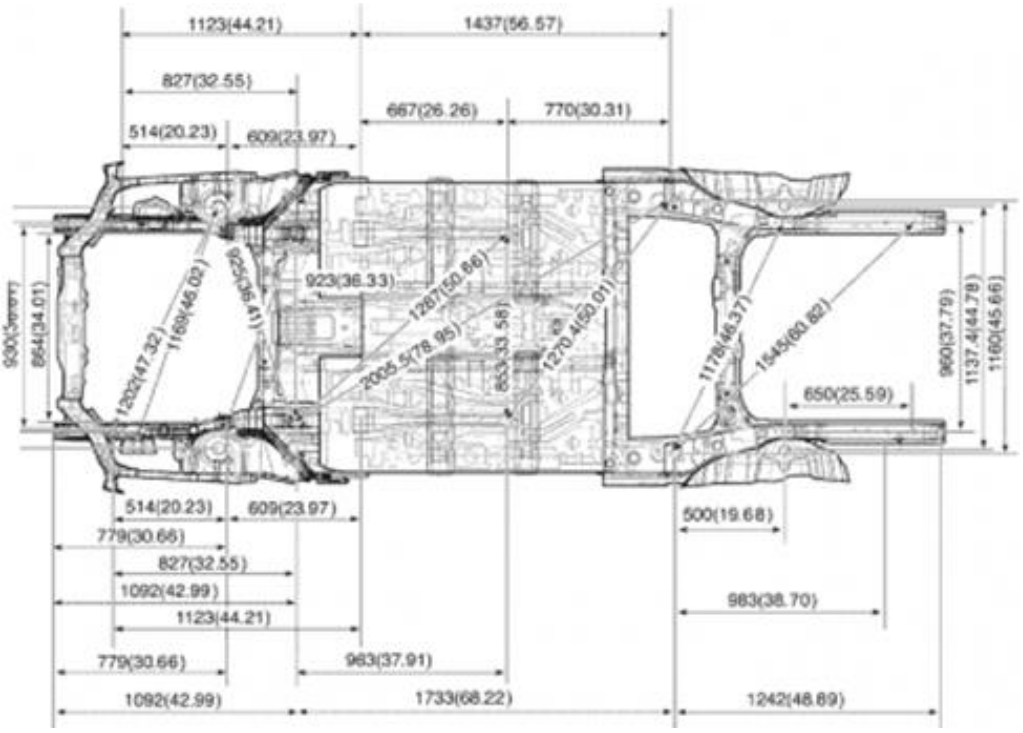

Рисунок 3.17 – Вимірювальні (контрольні) точки кузова автомобіля

Схема контрольних точок кузова автомобіля використовується при визначенні вартості страхового відшкодування. Схема надає документацію пошкоджень, що є важливим елементом при узгодженні відшкодування зі страховою компанією (рисунок 3.18).

Схема контрольних точок кузова автомобіля стає необхідною при технічному аудиті автомобіля, оскільки вона дозволяє виявляти потенційні проблеми з кузовом, які можуть виникнути внаслідок експлуатації або неправильного ремонту.

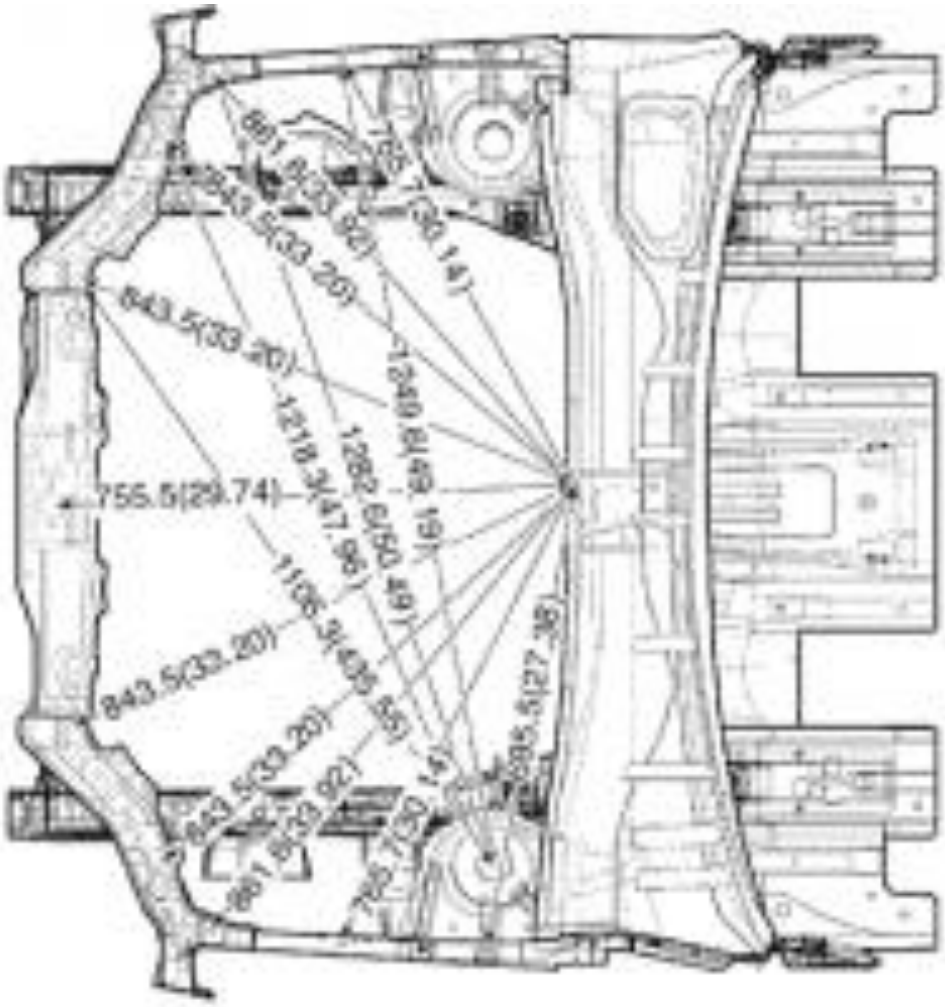

Рисунок 3.18 – Вимірювальні точки автомобіля

Узагальнюючи, схема контрольних точок кузова є важливим інструментом для забезпечення безпеки та ефективності автомобіля, а також для оптимізації процесів ремонту та обслуговування.

3.2. Спосіб відновлення пошкоджень елементів кузова автомобіля стапельним методом

Відновлення пошкоджень середнього та великого ступеня потрібно виконувати за допомогою спеціального обладнання, одним з яких є рихтувальний стенд – стапель.

Загальний вигляд стапелю наведено на рисунку 3.19.

Рихтувальний стенд призначений для відновлення геометрії кузова автомобіля.

Стапель для рихтування кузовів автомобілів відіграє ключову роль у процесі кузовного ремонту, забезпечуючи необхідну підтримку та стабільність для ефективної відтяжки та вирівнювання пошкоджених деталей.

Головна мета використання стапеля полягає в тому, щоб забезпечити точність та контроль над положенням автомобіля під час процесу відновлення.

Рисунок 3.19 – Загальний вигляд стапелю

Використання стапеля дозволяє уникнути відхилень та забезпечити високу якість відновлення після аварій чи інших ушкоджень.

Основні переваги використання стапеля включають його надійність, можливість регулювання для різних типів автомобілів і пошкоджень, а також збереження точності та вирівнювання на кожному етапі робіт.

Загалом, стапель для рихтування визначається своєю важливою роллю в відновленні структури кузова автомобіля та забезпеченні безпеки та ефективності процесу ремонту.

Основні параметри стапеля наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні параметри стапеля

Характеристики:	
Вантажопідйомність:	3500 кг
Вага:	2300 кг
Висота платформи:	540 мм
Ширина платформи:	2200 мм
Довжина платформи:	5600 мм
Максимальний тиск гідравлічної системи:	70 МПа
Максимальне зусилля гідравлічної системи:	10 т
Робочий тиск:	5 – 8 атм.
Робочий діапазон вежі:	360°

Стапель має класичну овальну конструкцію з великою платформою. Простора і широка платформа 5,6 х 2,2 м дозволяє закріпити широкий спектр моделей автомобілів від малолітражок до позашляховиків і легких вантажівок вагою до 3500 кг.

Платформа стапеля виготовлена з високоміцного сталевого профілю.

Стапель оснащений гідравлічним механізмом нахилу платформи для швидкої і легкої установки автомобіля.

Платформа має велику кількість пазів для кріплення фіксуючих затискачів, що дозволяє швидко і надійно закріпити кузов будь-якої конструкції. Робоча висота платформи 540 мм забезпечує легкий доступ до будь-якої частини автомобіля.Стапель комплектується двома силовими пристроями «вежами», одна з яких оснащена підйомною балкою для витяжки вгору.

Пневмогідравлічні система високого тиску створює зусилля розтягування до 10 тонн.

Конструкція стапеля дозволяє переміщати «вежі» на роликах по платформі, уздовж периметра стенду по рейкових напрямних і фіксувати їх в будь-якій точці, забезпечуючи робочу зону в 360° навколо кузова автомобіля.

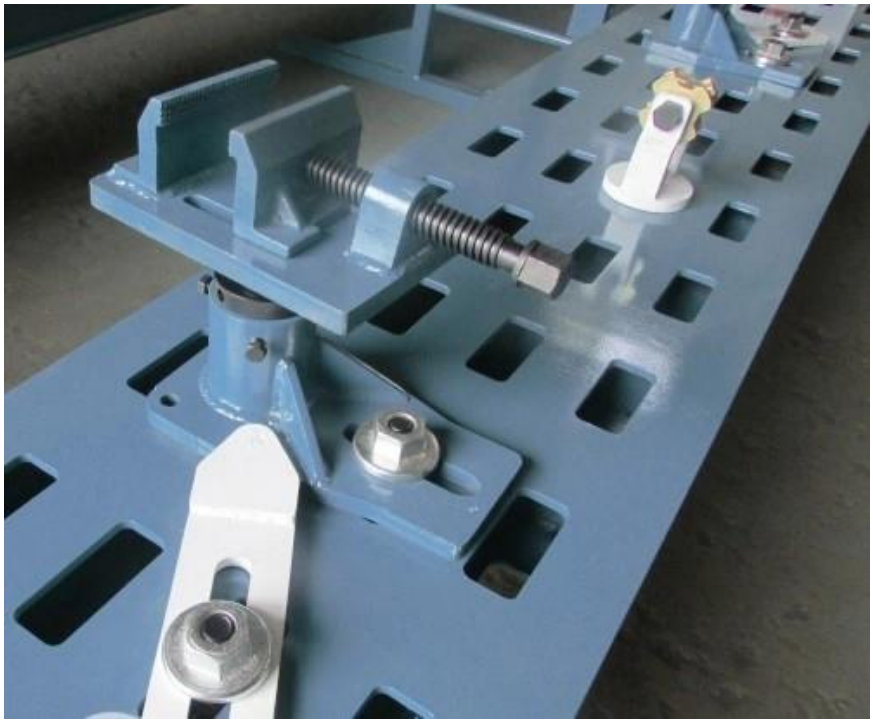

Рисунок 3.20 – Кріплення стапеля

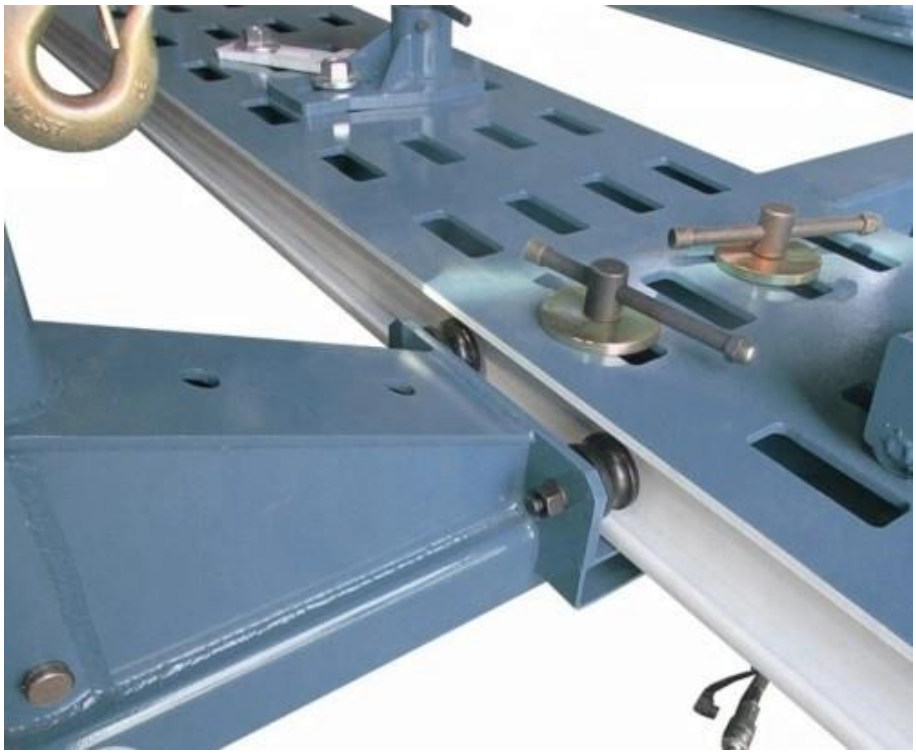

Рисунок 3.21 – Роликова платформа

Фіксація силових пристроїв можлива по всьому периметру платформи за допомогою спеціальних кріплень. Набір аксесуарів, що входять в комплектацію, дозволить виконати ремонт кузовів автомобілів будь-якої складності. Для зручності розміщення всіх пристосувань використовується пересувний візок.

Загальний вигляд комплекту пристосувань для виконання кузовного ремонту стапельним методом наведено на рисунку 3.22.

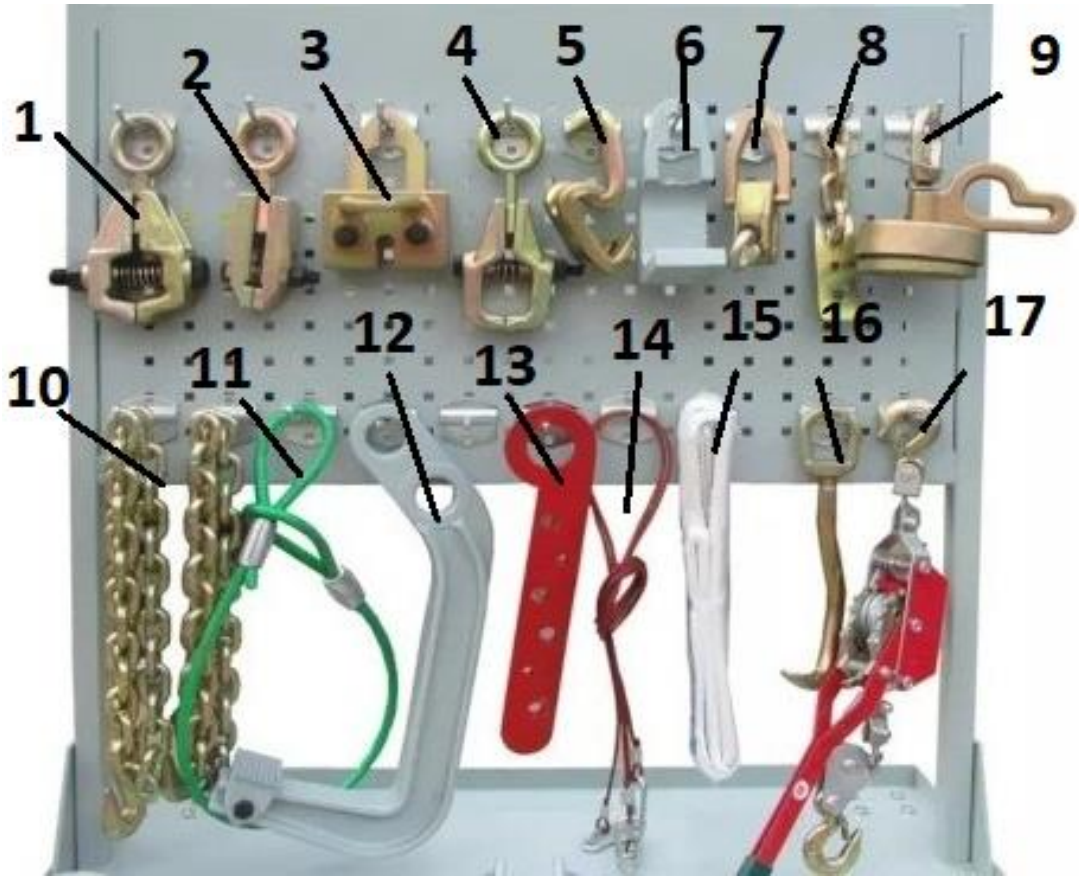

Рисунок 3.22 – Комплект пристосувань для виконання кузовного ремонту стапельним методом:

1, 4, 7 – захват самозажимний; 2 – кузовний захват самозажимний 5 т; 3 – кузовний захват двофункційний; 5, 6, 8 – гак для рихтування; 9 – кузовний захват для вирівнювання геометрії кузову, двохфункційний; 10 – ланцюг рихтувальний; 11, 14 – троси металеві; 12 – крюк витяжний 4 т; 13 – кронштейн для рихтування; 15 – трос; 16 – захват для кузовних робіт (гак, 3т.); 17 – лебідка ручна

Кузовний захват самозажимний для кузовних робіт (рисунок 3.22, позиції 1, 4, 7).

Максимальне зусилля складає 3 т.

Особливість конструкції захвату: посилення затяжки збільшує жим губ. Призначений для роботи у важкодоступних місцях Виготовлений з кованої хроммолібденовая легованої сталі. Затягується одним болтом. Захват застосовується для рихтувальних робіт з використанням стапельній системи.

Кузовний захват самозажимний для кузовних робіт 5 т (рисунок 3.22, позиція 2).

Двостороння металева пряжка. Дозволяє одночасно натягувати кузов автомобіля у двох напрямках. Зубчасті щелепи підвищують впевненість у захопленні листового металу. Система самозатягування використовує збільшення притискної сили щелеп за рахунок клина, поміщеного у вушний шип пряжки.

Кузовний захват двофункційний для кузовних робіт (рисунок 3.22, позиція 3).

Призначений для роботи у важкодоступних місцях. Захват застосовується при кузовних роботах. Виготовлений з кованої хроммолібденової легованої сталі. Затягується двома болтами.

Двостороння металева пряжка. Дозволяє одночасно натягувати кузов автомобіля у двох напрямках. Зубчасті щелепи підвищують впевненість у захопленні листового металу.

Гак для рихтування (рисунок 3.22, позиція 5, 6, 8)

Застосовується для ефективного кріплення розтяжки до кузова, капота, дверних стійок та елементів ходової частини. Гак фіксується в потрібному місці, потім за допомогою ланцюга витягується. Зручний для роботи з обмеженим доступом. Виготовлений з кованої хроммолібденової легованої сталі

Кузовний захват для вирівнювання геометрії кузову, двохфункційний (рисунок 3.22, позиція 9)

Легкий, швидкий і надійний метод витягування чашок стійок. Розроблено для корекції геометричних розмірів стійок до заводських специфікаціям. Навантаження до 3т. Захват застосовується при кузовних роботах.

Виготовлений з кованої хроммолібденової легованої сталі. Затягується одним болтом.

Ланцюги рихтувальні (рисунок 3.22, позиція 10).

Часто в процесі ремонту використовуються ланцюги рихтувальні, які витримують великі навантаження. Вони зазвичай виготовляються з високоміцної сталі, оцинкованої, але можуть відрізнятися між собою за наступними критеріями:

- Товщиною;
- Довжиною;
- Формою гака для захоплення;
- Тонажністю;
- Профілем.

Троси металеві (рисунок 3.22, позиція 11, 14)

Крюк витяжний 4 т (рисунок 3.22, позиція 12)

Робоче навантаження: 4 т.

Застосовується для захоплення капота, дверних стійок та елементів ходової частини. Зручний для роботи з обмеженим доступом. Виготовлений з кованої хроммолібденової легованої сталі, що підвищує надійність, зносостійкість і збільшує тривалість терміну служби. Захват застосовується для рихтувальних робіт з використанням стапельній системи.

Кронштейн для рихтування (рисунок 3.22, позиція 13)

Кронштейн фіксується в потрібному місці болтами потім з допомогою ланцюга витягується. Зручний для роботи з обмеженим доступом. Виготовлений з кованої хроммолібденової легованої сталі

Трос (рисунок 3.22, позиція 15).

Захват для кузовних робіт (гак, 3т.) (рисунок 3.22, позиція 16)

Застосовується для ефективного кріплення розтяжки до кузова у важко доступних місцях. Гак фіксується в потрібному місці , потім з допомогою ланцюга з крюком витягується. Зручний для роботи з обмеженим доступом. Виготовлений з кованої хроммолібденової легованої сталі.

Лебідка ручна (рисунок 3.22, позиція 17)

Лебідка ручна – це вантажопідйомне засіб, який працює з підвищенням тягового зусилля на вихід через передавальні механізми, за допомогою гнучкого троса або ланцюга. Зараз лебідки використовуються в багатьох сферах виробництва, також і в стапельній сфері.

Найважливіші характеристики лебідки:

Вантажопідйомність може становити від 100 кг до кількох тонн. Ціна лебідки великою мірою залежить від цього параметра.

Тягове зусилля вказується у лебідок, які можуть тягнути вантаж у горизонтальному положенні (автомобільна, важіль та ін.). Воно також вимірюється у тоннах (до 7,7 т).

Довжина троса в барабані може становити від 1,5 до 15 м, цей параметр вказує на яку висоту можна підвісити обладнання.

Ручна лебідка (механічна) приводиться у дію зусиллями людини. Має невелику вантажопідйомність (до 4 т), переміщення вантажу відбувається повільно. Проте вона не вимагає додаткових джерел енергії. Буває барабанною, черв'ячною, важільною або тяговою.

Набір кузовних захватів для відтяжок кузова автомобіля – це комплект спеціальних інструментів, розроблених для фіксації та утримання пошкоджених деталей автомобільного кузова під час виконання процедур з рихтування та відновлення. Склад такого набору може включати в себе різноманітні типи захватів, такі як клішні для фіксації металевих листів, захвати з вакуумом для легких панелей чи скла, монтажні захвати для надійного тримання окремих деталей, захвати для рихтування з регульованими елементами та інші.

Цей набір розроблено для забезпечення точного та безпечного утримання елементів кузова під час ремонтних робіт, дозволяючи фахівцям здійснювати ефективні відтяжки та відновлення форми автомобільних деталей. Враховуючи різноманіття завдань у кузовному ремонті, правильний вибір та використання різних типів кузовних захватів забезпечує якісний та ефективний відновлювальний процес.

При відновленні геометрії кузова виконуються попередні види робіт: підготовка пошкодженого елемента кузова і визначаються розміри та

захоплення пошкодження. Після цього виконується виправлення геометрії кузова автомобіля.

1. Підготовка пошкодженого елемента кузова є ключовим етапом у процесі його відновлення. Спочатку пошкоджена область очищається від бруду, пилу та залишків фарби, забезпечуючи чіткий доступ для ремонту. Визначаються розміри та глибину пошкодження, а при необхідності проводиться розбірку для видалення внутрішніх пошкоджень. Поверхня піддається підготовці до зварювання, включаючи видалення окислень та фарби. Забезпечуються необхідні заходи безпеки, такі як використання захисного спорядження та окулярів. Усі ці кроки створюють оптимальні умови для ефективного відновлення та ремонту пошкодженого елемента кузова.

2. Визначення розмірів та захоплення пошкодження є критичним етапом при ремонті кузова автомобіля. На початку цього процесу необхідно детально проаналізувати пошкоджений елемент, спрямований на визначення його розмірів, форми та глибини пошкодження.

Розміри пошкодження визначаються для того, щоб точно визначити масштаб проблеми та розрахувати обсяг робіт, необхідних для ефективного відновлення. Аналізується зовнішній вигляд та розташування пошкоджень, а також можливі внутрішні або приховані дефекти.

Захоплення пошкодження включає в себе оцінку, наскільки далеко або глибоко пройшло пошкодження всередину елемента. Це дозволяє зрозуміти, чи необхідно проводити додаткові роботи всередині для повного відновлення структури.

В результаті цього аналізу отримується повний обсяг інформації про пошкодження елементів кузова, що є ключовою інформацією для визначення методів та інструментів, які слід використовувати під час подальшого ремонту.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніка безпеки при виконанні робіт з відновлення кузовів автомобілів

4.1.1 Одяг та захисні засоби

Під час відновлення кузова автомобіля слід дбати про безпеку працівників [9, 10]. Рекомендований одяг та захисні засоби включають у себе:

- захисний комбінезон, що повністю покриває тіло, робочий одяг, стійкий до механічних впливів;
- рукавиці для захисту рук;
- робоче взуття для захисту ніг.

Захисні засоби включають окуляри або захисний шолом для очей, фільтруючі респіратори для запобігання вдиханню шкідливих парів, навушники або беруші для захисту слуху, маску для обличчя або шолом із системою подачі повітря, захисні нарукавники та наколінники для додаткового захисту рук та колін, захисний фартух для захисту тіла від бризок матеріалів.

Поза тим, важливо також використовувати вентиляційну систему для забезпечення свіжого повітря та періодично перевіряти та замінювати захисне обладнання. Окрім того, повинні бути доступні засоби першої допомоги для надання необхідної допомоги у випадку травм або поранень.

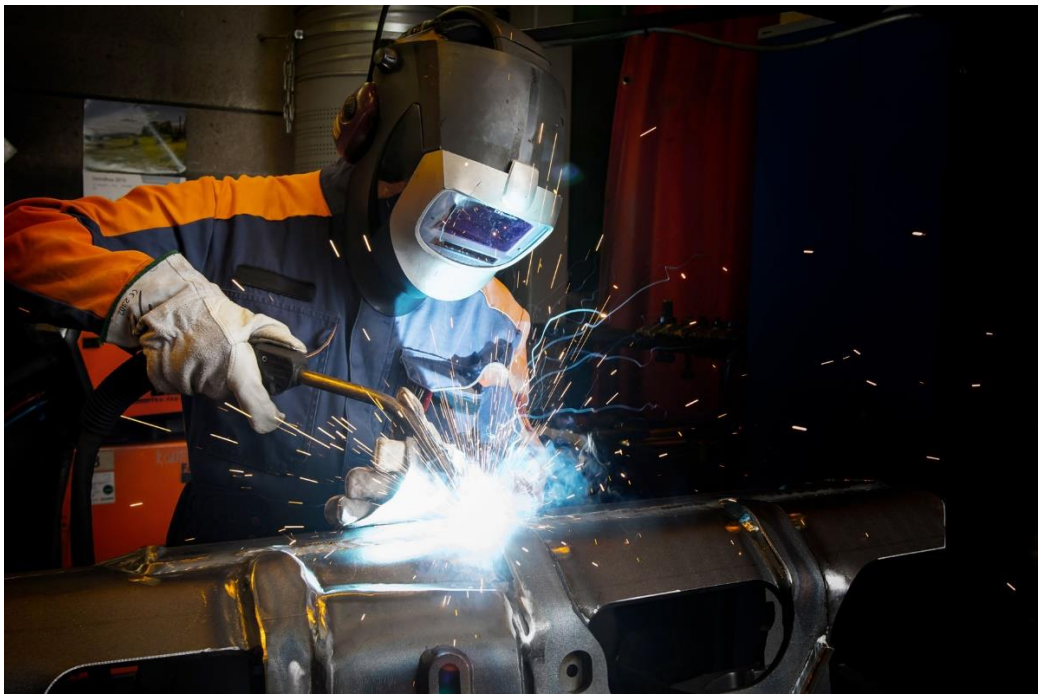

Рисунок 4.1 – Виконання зварювальних робіт кузова автомобіля

4.1.2 Вентиляція та робоче середовище:

Під час відновлення кузова автомобіля важливо мати належну вентиляцію та комфортне робоче середовище. Рекомендації включають в себе забезпечення ефективної системи вентиляції для виведення шкідливих парів та аерозолів, використання системи відведення для очищення повітря від пилу, контроль температури та освітлення, управління шумом, а також організацію робочого простору для максимальної зручності та продуктивності працівників.

4.2 Електробезпека

Електробезпека – це система заходів та правил, спрямованих на запобігання травмам, пожежам та іншим негативним наслідкам при роботі з електричним устаткуванням. Ключові принципи включають у себе ретельне вивчення інструкцій, уникання роботи в умовах вологості, відключення електроприладів перед обслуговуванням, використання захисного одягу та ізольованих рукавичок, регулярну перевірку шнурів та вилок на пошкодження, обережне використання електроінструментів, освітлення робочого місця та постійне навчання з питань електробезпеки. Ці заходи сприяють створенню безпечного робочого середовища при взаємодії з електричним обладнанням.

4.2 Характеристики системи освітлення

Система освітлення в приміщенні, де виконуються роботи з відновлення кузовів автомобілів, важлива для забезпечення безпеки та ефективності робіт. Її характеристики повинні враховувати специфіку завдань, зокрема інтенсивність освітлення для точного виконання робіт та уникнення помилок. Рівномірність освітлення важлива для створення рівномірного світлового розподілу по всій робочій зоні, уникнення тіней та недостатньо освітлених областей. Напрямок освітлення має бути орієнтований так, щоб уникнути блискіток та відблисків на поверхнях і спрямовувати світло на необхідні ділянки робочого простору [17].

Важливим є вибір температури кольору світла для точного визначення кольорів та деталей при роботі. Можливість регулювання яскравості або напрямку світла важлива для адаптації до конкретних завдань та потреб робочого процесу. Використання стійких до вібрацій та ударостійких світлових джерел допомагає уникнути випадкових відключень. Енергоефективність та

використання технологій зменшення споживання електроенергії є важливими аспектами.

Крім того, розгляд можливостей використання додаткових елементів безпеки, таких як аварійне освітлення чи світлові сигнали, може забезпечити додаткові засоби безпеки в робочому просторі. Ефективна система освітлення гарантує оптимальні умови праці та сприяє уникненню недоліків та покращенню якості відновлення кузовів автомобілів.

4.3 Характеристики системи опалення та вентиляції

Характеристики системи опалення та вентиляції в приміщенні де виконуються роботи з відновлення кузовів, відіграють важливу роль у забезпеченні комфортних, безпечних та ефективних умов праці. Наявність ефективної системи опалення важлива для того, щоб забезпечити комфортну температуру в приміщенні під час всіх сезонів та враховувати можливі зміни температурного режиму у робочому просторі. Здатність налаштовувати та утримувати оптимальну температуру є ключовою для забезпечення зручних умов праці, особливо під час робіт з відновлення кузовів, де важлива точність та концентрація.

Окрім того, важлива ефективна система вентиляції для постійного обміну повітря в приміщенні та видалення випарів, диму та інших шкідливих речовин, що можуть виникати під час відновлювальних робіт. Система фільтрації повітря визначається для утримання чистого та безпечного середовища в приміщенні, зокрема враховуючи використання матеріалів та розчинників, які можуть мати потенційно шкідливий вплив на здоров'я працівників.

Можливість регулювання системи опалення та вентиляції стає важливою для адаптації до змінних умов роботи та забезпечення зручного робочого середовища. Система управління опалюванням та вентиляцією повинна бути надійною та дозволяти автоматизований контроль та оптимізацію енергоспоживання. Використання матеріалів та технологій, стійких до забруднень від пилу та інших частинок, допомагає забезпечити тривалу та ефективну роботу системи.

Усі ці аспекти спрямовані на створення оптимальних умов праці для виконання відновлювальних робіт з кузовами автомобілів, забезпечуючи високий рівень комфорту, безпеки та ефективності у робочому середовищі.

4.4 Пожежна безпека

Пожежна безпека при виконанні робіт з відновлення кузовів автомобілів є невід'ємною складовою безпечного робочого середовища. Враховуючи особливості цієї галузі, важливо вживати ефективні заходи для попередження та управління пожежами, забезпечуючи захист працівників та майна [15, 18].

Передусім, необхідно дотримуватися вимог щодо електробезпеки. Застосування електроінструментів та обладнання повинно відбуватися відповідно до встановлених норм та правил, уникати перевантаження електричних мереж та регулярно перевіряти їхню технічну справність.

У зоні відновлювальних робіт слід додержуватися правил зберігання та використання легкозаймистих матеріалів та розчинників. Вони повинні бути у спеціально відведених та вентильованих приміщеннях, з використанням безпечних контейнерів та системи заземлення, щоб уникнути небезпеки виникнення пожеж.

Особлива увага має приділятися системі пожежогасіння. Використання вогнегасників, вогнетривких матеріалів та систем автоматичного сповіщення може значно зменшити ризик пожежі та допомогти у швидкому виявленні та тушінні загорянь.

Працівники повинні бути належно підготовлені до дій у випадку пожежі. Проведення регулярних навчань, надання інструкцій щодо використання засобів індивідуального захисту та евакуаційних шляхів є ключовими елементами забезпечення безпеки

Необхідно також враховувати можливість виникнення пожежі внаслідок експлуатаційних дефектів автомобілів, які піддаються відновленню. Тривала практика безпеки та використання високоякісних матеріалів може допомогти у запобіганні таких ситуацій.

В цілому, ефективна система пожежної безпеки при відновленні кузовів автомобілів включає в себе комплекс заходів, спрямованих на попередження, виявлення та ліквідацію пожеж з метою забезпечення безпеки працівників та збереження майна.

4.5 Параметри мікроклімату в приміщені

Параметри мікроклімату в приміщені де виконуються роботи з відновлення кузовів автомобілів, є важливим аспектом забезпечення

комфортних та безпечних умов праці для працівників. Ефективний контроль та підтримка оптимальних параметрів мікроклімату грають ключову роль у забезпеченні якісної та продуктивної діяльності.

Температура в приміщенні повинна бути регульована таким чином, щоб забезпечити зручні умови для працівників, уникати перегрівання або охолодження. Важливо також враховувати можливі теплові навантаження від обладнання та інструментів [16].

Вологість повітря грає значущу роль у комфорті працівників та у виключенні можливості корозії обладнання. Оптимальні рівні вологості підтримують здоровий стан шкіри та дихальних шляхів працівників.

Ефективна вентиляція є ключовою для забезпечення постійного обміну повітря та видалення випарів, які можуть виникати під час відновлення кузовів. Це не лише покращує якість повітря, але і допомагає уникнути небезпеки від збільшення концентрації шкідливих речовин.

Освітлення є важливим фактором для забезпечення безпеки та ефективності робіт. Налаштоване світло допомагає уникнути напруження очей та покращує точність виконання завдань

Важливо також враховувати можливість шуму в приміщенні та застосовувати заходи для його зменшення, оскільки великі рівні шуму можуть негативно впливати на концентрацію та здоров'я працівників.

Загалом, підтримка оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні є важливою складовою забезпечення не лише комфорту, але і безпеки та продуктивності у робочому середовищі під час виконання робіт з відновлення кузовів автомобілів.

4.6 Вимоги з техніки безпеки

Техніка безпеки при зварюванні та роботі з металом кузова є пріоритетом для запобігання травмам та негативним наслідкам. Носіння відповідного захисного одягу, вентиляція робочого простору, перевірка наявності горючих речовин, безпечне використання зварювального обладнання та дотримання електробезпеки є важливими аспектами. Уникання контакту з гарячими поверхнями та ретельна підготовка до робіт допомагають створити безпечне робоче середовище при обробці металу кузова автомобіля.

Зберігання та обробка матеріалів для кузовів автомобіля включає створення оптимального простору для зберігання з урахуванням температури та вологості. Під час обробки проводять очищення, демонтаж, видалення фарби, вирівнювання поверхонь та ремонт пошкоджень. Особлива увага приділяється підготовці поверхонь для нанесення покриття, забезпечуючи стійкість та естетичний вигляд матеріалів.

Техніка безпеки при виправленні деформацій та зварюванні кузова автомобіля – це невід'ємна складова робіт, спрямованих на запобігання травм та забезпечення якісного ремонту.

Ключові аспекти включають використання захисного одягу та засобів, належну вентиляцію робочого простору, перевірку міцності матеріалів перед роботою, безпечне використання зварювального обладнання, уникання зайвого впливу на кузов, захист від випромінювання, належне освітлення робочого місця та дотримання правил електробезпеки. Ці заходи спрямовані на створення безпечного та продуктивного середовища для ремонту автомобільних кузовів.

Систематичне прибирання робочого місця – ключова практика для уникнення випадкових травм та забруднень. Це включає видалення зайвого обладнання, очищення робочого столу від залишків та обрізків, організацію зберігання інструментів, підтримання чистоти видимих поверхонь та безпечне зберігання хімічних речовин. Ця практика сприяє забезпеченню безпеки та ефективності на робочому місці.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ

5.1 Визначення витрат на закупівлю необхідного обладнання, пристосувань, інструментів

З метою організації роботи кузовної ділянки на станції технічного обслуговування автомобілів необхідно визначити вартість всіх видів обладнання, пристосувань, інструментів і витратних матеріалів, що використовуються для відновлення кузовів автомобілів.

Вартість інструментів, пристосувань і обладнання для кузовного ремонту може значно варіюватися в залежності від бренду, якості і функціональності. Необхідно враховувати конкретні потреби кузовного ремонту та обсяг робіт, які планується виконати. В таблиці 5.1 наведені дані вартості обладнання, пристосувань, інструментів та витратних матеріалів, необхідних для організації робітна ділянці з кузовного ремонту автомобілів.

Таблиця 5.1 – Вартість обладнання, пристосувань, інструментів та витратних матеріалів

Тип обладнання, пристосувань, інструментів та витратних матеріалів	Вартість, грн.
Стапель з комплектом приладдя	400000
Зварювальний апарат	30000
Кутова шліфувальна машинка	2000
Компресор	25000
Пістолет-розпилювач (фарбопульт)	2500
Дриль	1500
Орбітальна шліфувальна машинка	4500
Спотер	30000
Шліфувальні бруски	3000
Полірувальна машинка	5000
Інфрачервона сушка	30000
Комплект гідравлічних відтяжок	10000
Набір для вимірювання геометрії кузова автомобіля	20000
Захоплювач для кузовних робіт	30000

Для визначення обсягу стапельних робіт на станції технічного обслуговування (СТО) потрібно врахувати ряд факторів. Стапельні роботи, такі як рихтування та випрямлення кузова, можуть відрізнятися за складністю і тривалістю.

Для планування роботи на кузовній ділянці виконаємо наступні припущення.

Середній час на роботу:

Середній час на рихтування та випрямлення одного автомобіля становить 10 годин.

Режим роботи станції технічного обслуговування:

Режим роботи станції технічного обслуговування становить 8 годин на день. Враховуючи це, можна припустити, що за один робочий день може бути виконано одну стапельну роботу.

Місячний обсяг виконання рихтувальних робіт:

За місяць припадає 22 або 23 робочих днів (з урахуванням вихідних). Тоді місячний обсяг стапельних робіт складе приблизно 22 роботи на місяць.

Річний обсяг виконання рихтувальних робіт:

Якщо станція технічного обслуговування працює протягом 11 місяців на рік, річний обсяг робіт може складати близько 242 роботи на рік (22 роботи на місяць з урахуванням 11 місяців роботи підприємства).

Однак реальні значення будуть залежати від багатьох факторів, таких як складність робіт, кількість робочих годин на день, обсяг робіт на окремих автомобілях і так далі. Точні значення слід визначати на основі конкретного аналізу обставин роботи станції технічного обслуговування.

Капіталовкладення в проєкт ділянки для виконання кузовного ремонту становить наступні показники:

Капіталовкладення на початковому етапі організації ділянки кузовного ремонту становлять:

1. Оренда приміщення – 15000 грн.;
2. Придбання обладнання, пристосувань, інструментів, витратних матеріалів – 600000 грн.;
3. Маркетинг – 30000 грн.;
4. Резервний фонд – 50000 грн.;
5. Оформлення документів і дозволів – 10000 грн.

Планується, що розміри щомісячних витрат будуть становити наступні значення:

1. Оренда приміщення – 15000 грн.;

2. Закупівля витратних матеріалів – 10000 грн.;

3. Маркетинг – 5000 грн.;

4. Комунальні платежі – 10000 грн.;

5. Податки – від 5000 грн.

6. Заробітна плата – 30000 грн.

Разом щомісячні витрати становлять близько 75000 грн.

Рентабельність проєкту

При плануванні витрат та прибутків потрібно враховувати середню планує завантаженість робіт на ділянці кузовного ремонту.

Прибуток від виконаних робіт залежить від складності виконаних робіт та їх кількості.

Якщо щомісяця виконувати кузовний ремонт для 22 автомобілів, можна розраховувати на надходження коштів в розмірі близько 200 тис. грн. і отримання прибутку (за врахуванням щомісячних витрат) 125 тисяч.

Період окупності від впровадження проєкту може складати 3 роки.

При розробці проєкту роботи ділянки кузовного ремонту необхідно враховувати ризики, які можуть відбуватись за різних обставин.

До основних ризиків цього проєкту відносяться:

1. Незручний вибір місця розташування станції технічного обслуговування. Якщо завантаження роботою буде низьким, в цьому випадку потрібно організовувати цю ділянку в іншому місці;

2. Висока конкуренція – важливо продумати свої конкурентні переваги та створювати привабливі пропозиції для клієнтів.

3. Ринкова нестабільність, падіння платоспроможності.

В певних умовах клієнти починають економити, шукати підприємства, де виконують такі ж самі види робіт але дешевше.

4. Складнощі з формуванням кваліфікованих працівників, можлива плинність кадрів.

5. Дефіцит розхідників.

Щоб не допустити простоїв в роботі ділянки кузовного ремонту потрібно знайти надійні підприємства-постачальники необхідних інструментів та витратних матеріалів.

Крім цього бажано щоб на ділянці кузовного ремонту були певні запаси основних витратних матеріалів.

Таблиця 5.2 – Ціни на виконання робіт з кузовного ремонту автомобілів

Вид виконуваних робіт	Вартість виконання робіт, грн.
Встановлення автомобіля на стапель	від 2000
Усунення нескладного перекосу	від 6000
Усунення середнього перекосу	від 10000
Усунення сильного перекосу	від 16000
Зняття / встановлення мотора	від 6000
Рихтування переднього крила	від 2000
Рихтування заднього крила	від 4000
Рихтування дверей	від 4000
Рихтування передньої панелі	від 6000
Рихтування задньої панелі	від 6000
Рихтування капоту	від 4000
Рихтування кришки багажника	від 4000
Рихтування даху	від 8000
Рихтування порогу	від 6000
Заміна лонжерона	від 8000
Заміна передньої панелі (болти)	від 6000
Заміна передньої панелі (зварювання)	від 8000
Заміна переднього крила на кріпильній арматурі (болтах)	від 500
Заміна заднього крила (зварювання)	від 8000
Заміна порога	від 8000
Заміна бампера переднього \ заднього	від 800
Розбирання бампера	від 1200
Заміна зовнішньої \ внутрішньої арки заднього крила	від 6000
Заміна даху	від 14000
Заміна передньої стійки	від 6000
Заміна середньої стійки	від 8000
Заміна задньої панелі	від 8000
Заміна дна багажного відсіку	від 12000
Зняття/встановлення накладки порогу	від 600
Заміна підкрильників	від 600
Заміна нижньої поперечки	від 6000

Продовження таблиці 5.2

Зварювання задньої частини кузова	від 20000
Зварювання передньої частини кузова	від 20000
Демонтаж торпедо	від 6000
Заміна дверей	від 600
Часткове розбирання дверей	від 800
Повне розбирання дверей	від 1200
Заміна капоту	від 600
Розбирання капоту	від 600
Заміна кришки багажника	від 600
Розбирання панелі двірників	від 800
Заміна фари передньої	від 300
Заміна фари задньої (стопа)	від 300
Заміна підсилювача бампера	від 400
Заміна лобового скла	від 2500
Заміна заднього скла	від 2500
Повне розбирання автомобіля для повного фарбування	від 10000
Зварювання	800 – перша година; 600 – кожна наступна

Проєкт ділянки з кузовного ремонту автомобілів і правильної організації її роботи достатньо прибутковий вид діяльності, враховуючи значну кількість автомобілів, що експлуатується на дорогах України.

ВИСНОВКИ

На підставі виконаної кваліфікаційної роботи зроблені наступні висновки:

1. Виконано аналіз конструктивних особливостей кузовів легкових автомобілів та їхніх експлуатаційних дефектів виявлено різноманіття конструкційних особливостей, які впливають на міцність, а також типові дефекти, такі як корозія та механічні пошкодження.

2. Розглянуті методи відновлення кузовів, включаючи зварювання та рихтування, антикорозійний захист і фарбування. Обґрунтовано переваги і недоліки існуючих методів відновлення геометрії кузовів легкових автомобілів.

3. Виконано проєктування ділянки для кузовного ремонту легкових автомобілів стапельним методо. Обґрунтовано перелік необхідного обладнання, пристосувань, інструментів і витратних матеріалів, необхідних для виконання робіт з відновлення пошкоджень елементів кузовів легкових автомобілів.

4. Розглянуті питання з охорони праці та навколишнього середовища, здійснено аналіз та систематизацію заходів, спрямованих на забезпечення безпеки праці та дотримання екологічних стандартів у контексті відновлення кузовів автомобілів. Визначено ключові принципи охорони праці, включаючи використання захисного обладнання та сучасних технік безпеки.

5. Виконано планування ділянки кузовного ремонту в умовах станції технічного обслуговування автомобілів. Визначені витрати на закупівлю необхідного обладнання, пристосувань та інструментів, а також виконано планування завантаження ділянки кузовного ремонту.

Планується, що період окупності проєкту ділянки кузовного ремонту в умовах станції технічного обслуговування буде становити 3 роки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Авторов І.П., "Технології відновлення кузовів автомобілів", видавництво "Автомобільна преса" 2007. – 53 с.

2. Докуніхін В.З., Кущеевська Н.Ф., Малишев В.В. Технологічне проєктування автотранспортних підприємств / за ред. В.З. Докуніхіна. Київ: Університет "Україна", 2021. – 143 с.

3. Дудніков А. А., Писаренко П. В., Біловод О. І. Проектування технологічних процесів сервісних підприємств / за ред. А. А. Дуднікова. Київ: "Нова книга", 2017. – 400 с.

4. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ: "Знання-прес", 2003. – 513 с.

5. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління. Київ: Ікант-Прес, 2004. – 478 с.

6. Майстер В.А. , "Актуальні аспекти відновлення кузовів легкових автомобілів", видавництво "Автосервіс і техніка"2007. – 76 с.

7. Омєлічев О.В. Підручник з будови автомобіля. Посібник для автомобілістів-початківців, 2023.

8. Ремонтов Л.Р. , "Інноваційні методи відновлення автомобільних кузовів", видавництво "Технічна література" 2005. – 74 с.

9. Пістун І.П., Березовецький А.П., Городецький І.М. Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. Львів: «Тріада плюс», 2009. – 320 с.

10. Пістун І.П., Хом'як В.В., Хом'як Й.В. Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. Суми: «Університетська книга», 2005. – 374 с.

11. Спеціаліст Г.С. "Сучасні техніки відновлення лакофарбового покриття кузовів", журнал "Автомобільний світ" 2002. – 146 с.

12. Технік Д.М. , "Сучасні технології відновлення автомобільних кузовів", журнал "Технічні новини в автосервісі", том 8, номер 4, 2013. – 237 с.

13. Турченюк М.О. Методичні вказівки для виконання контрольних робіт з дисципліни "Планування діяльності АТП" для студентів спеціальності 7.07010102 "Організація перевезень і управляння на транспорті". Рівне: НУВГП, 2013. – 42 с.

14. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів. Львів: Львівська політехніка, 2017. – 324 с.

15. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. [Чинний від 2017-06-01]. Вид. офіц. Київ, 2017. – 35 с.

16. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. Вид. офіц. Київ, 1999. – 21 с.

17. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019 03-01]. Вид. офіц. Київ, 2018. – 48 с.

18. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. Зі змінами №1. [Чинний від 2014-11-13]. Вид. офіц. Київ, 2014. – 51 с.