

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«21» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Луциву Ігорю Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія ремонтного зварювання при відновленні кузовних деталей легкового автомобіля

Керівник роботи Гупка Андрій Богданович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року № 4/9-39

2. Термін подання студентом завершеної роботи 8 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи легковий автомобіль із пошкодженням заднього крила, для якого необхідно розробити технологічний процес відновлення кузовної деталі методом ремонтного зварювання та спроєктувати пристосування для фіксації ремонтних вставок під час виконання ремонтних робіт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Аналіз пошкоджень кузовних деталей легкового автомобіля. – А1;

Схема технологічного процесу відновлення кузовної деталі. – А1;

Операційно-технологічна карта відновлення заднього крила автомобіля. – А1;

Пристосування для фіксації ремонтних вставок. Загальний вигляд. – А1;

Деталювання пристосування для фіксації ремонтних вставок. – А1;

Розрахункова схема та результати конструкторських розрахунків пристосування для фіксації ремонтних вставок – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 21 січня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	29.01.2026	
2	Технологічний розділ	12.02.2026	
3	Конструкторський розділ	04.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	11.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	12.06.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра		

Студент

(підпис)

Ігор ЛУЦІВ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Андрій ГУПКА

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню та розробленню технології ремонтного зварювання при відновленні кузовних деталей легкового автомобіля.

У роботі проведено аналіз конструкції сучасних кузовів легкових автомобілів, розглянуто умови їх експлуатації та основні фактори, що впливають на виникнення пошкоджень. Проаналізовано основні види дефектів кузовних деталей, серед яких корозійні пошкодження, механічні деформації, тріщини, розриви металу та порушення геометрії кузова після дорожньо-транспортних пригод.

Виконано аналіз сучасних методів відновлення кузовних деталей автомобіля, включаючи рихтування, витягування на стапелі, встановлення ремонтних вставок, заміну пошкоджених панелей та ремонтне зварювання. Особливу увагу приділено аналізу способів зварювання, що застосовуються під час кузовного ремонту. Проведено порівняння контактного точкового, газового, ручного дугового та механізованого зварювання в середовищі захисних газів.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність використання механізованого зварювання MIG/MAG як найбільш ефективного способу відновлення кузовних деталей легкового автомобіля. Розроблено технологічний процес підготовки кузовної деталі до ремонту, виконання зварювальних робіт та контролю якості відновленого з'єднання.

У розділі безпеки життєдіяльності проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, характерних для кузовно-зварювальних робіт, розроблено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці та виконано розрахунок освітлення виробничої ділянки.

Практичне значення роботи полягає у розробленні технології ремонтного зварювання, яка може бути використана на станціях технічного обслуговування та ремонтних підприємствах для підвищення якості відновлення кузовів автомобілів, зниження витрат на ремонт та збільшення ресурсу експлуатації транспортних засобів.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ЗІСТ	5
ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Загальна характеристика сучасних кузовів легкових автомобілів	9
1.2 Основні пошкодження кузовних деталей легкового автомобіля	12
1.3 Методи відновлення кузовних деталей легкового автомобіля	16
1.4 Аналіз способів зварювання, які застосовуються під час кузовного ремонту	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	25
2.1 Підготовка автомобіля та пошкодженої кузовної деталі до ремонту	25
2.2 Розробка технологічної карти відновлення ремонтної частини заднього крила легкового автомобіля	27
2.3 Контроль якості виконуваних робіт після відновлення заднього крила	35
2.4 Вибір режимів MIG/MIG- зварювання ремонтної вставки заднього крила автомобіля	39
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	44
3.1 Обґрунтування необхідності розроблення пристосування	44
3.2 Функціональне призначення універсального пристосування	45
3.3 Принцип роботи універсального пристосування	47
3.4 Послідовність дій при використанні універсального пристосування	48
3.5 Переваги застосування універсального пристосування	50
3.6 Контрольне пристосування для перевірки геометрії ремонтної частини заднього крила	52
3.6.1 Функціональне призначення контрольного пристосування	53
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	57
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час виконання кузовно-зварювальних робіт	57

4.2 Вимоги безпеки під час виконання ремонтного зварювання кузовних деталей	58
4.3 Виробнича санітарія та мікроклімат ремонтної дільниці	59
4.4 Розрахунок штучного освітлення кузовно-зварювальної дільниці	59
4.5 Електробезпека під час виконання кузовно-зварювальних робіт	60
ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

ВСТУП

Автомобільний транспорт є однією з найважливіших складових транспортної системи України та відіграє важливу роль у забезпеченні перевезень пасажирів і вантажів. Надійність, довговічність та безпечність експлуатації автомобілів значною мірою залежать від технічного стану їхніх основних вузлів і систем, серед яких особливе місце займає кузов.

Кузов легкового автомобіля є складною просторовою конструкцією, яка виконує функції несучого елемента транспортного засобу, забезпечує розміщення пасажирів і вантажу, слугує основою для кріплення вузлів та агрегатів, а також бере участь у забезпеченні пасивної безпеки. У процесі експлуатації кузов постійно зазнає впливу атмосферних опадів, перепадів температури, дорожніх реагентів, механічних навантажень, вібрацій та ударів. Це призводить до виникнення корозійних пошкоджень, деформацій, тріщин і руйнування окремих кузовних елементів.

Особливо актуальною є проблема відновлення кузовів автомобілів після дорожньо-транспортних пригод та тривалої експлуатації. У багатьох випадках заміна пошкоджених кузовних деталей є економічно недоцільною, тому виникає необхідність застосування сучасних технологій ремонту та відновлення. Одним із найефективніших способів відновлення кузовних елементів є ремонтне зварювання, яке дозволяє усувати тріщини, встановлювати ремонтні вставки, замінювати пошкоджені ділянки та відновлювати несучу здатність кузовних конструкцій.

Сучасні технології кузовного ремонту висувають високі вимоги до якості зварних з'єднань, точності відновлення геометрії кузова та мінімізації термічного впливу на метал. У зв'язку з цим особливого значення набуває застосування механізованого зварювання в середовищі захисних газів MIG/MAG, яке забезпечує високу продуктивність, добру якість шва та можливість роботи з тонколистовими кузовними сталями.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи обумовлена необхідністю підвищення ефективності ремонтного відновлення кузовних деталей легкових автомобілів, забезпечення високої якості зварних з'єднань та зниження витрат

на виконання кузовного ремонту.

Практичне значення роботи полягає у розробленні технології ремонтного зварювання, яка може бути використана на підприємствах автомобільного транспорту та станціях технічного обслуговування для підвищення якості кузовного ремонту та продовження строку служби автомобілів.

1 ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика сучасних кузовів легкових автомобілів

Кузов легкового автомобіля призначений для кріплення вузлів та агрегатів, що забезпечують як переміщення автомобіля, так і комфорт пасажирів. Крім зазначеного кузов автомобіля забезпечує певні обсяги для розміщення пасажирів та вантажу, і до певних меж забезпечує їх безпеку. Також кузов сприймає механічні навантаження та експлуатаційні впливи, що продукуються вузлами та агрегатами автомобіля. На рисунку 1.1 показана схема найбільш поширеного кузова легкового автомобіля.



Рисунок 1.1 - Несучий кузов легкового автомобіля

Конструктивно кузов легкового автомобіля складається з підлоги, середньої та задньої боковин, зварних вузлів моторного відсіку, даху, зварних вузлів багажника. На кузов автомобіля навішуються двері, капот і кришка багажника, що забезпечують доступ всередину пасажирам, можливість розміщення вантажу та доступ до деяких вузлів та агрегатів.

Кожен елемент кузова, у свою чергу, складається із штампованих

деталей. Переважно для виготовлення даних деталей застосовується листовая сталь завтовшки 0,8 мм. Крім цього, для виготовлення деталей підлоги може бути застосована аналогічна листовая сталь більшої товщини.

Лицьові панелі кузова штампуються на пресовому обладнанні зі сталей марки 08 кп та 08 кп. В таблиці 1.1 приведено хімічний склад сталі 08 кп

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 08 кп

Вуглець	Марганець	Кремній	Нікель	Мідь	Сірка	Фосфор	Решта
0,05-0,11	0,25- ,5	0,03	до 0,25	до 0,25	0,04	0,035	Залізо

Крім вуглецю сталь 08 кп містить елементи розкислювачі, кремній та марганець. Кремній та марганець розчиняючись у ферриті зміцнюють сталь. Також сталь 08 кп містить шкідливі домішки: сірку та фосфор. Сірка утворює сполуку Fe S і викликає червоноламкість. Фосфор, розчиняючись у ферриті, викликає холодноламкість сталі. Основним компонентом сталі, що надає вирішальний вплив на її структуру та властивості, залишається вуглець. Зі збільшенням вмісту вуглецю твердість і міцність сталі підвищуються, а пластичність та ударна в'язкість значно знижуються. Оскільки більшість деталей кузова виготовляють методами холодного штампування, використовується пластична сталь, тобто сталь, що містить мало вуглецю.

Механічні характеристики сталі 08 кп показано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 08 кп

Межа міцності, МПа	Межа плинності, МПа	Відносне подовження, %	Відносне звуження, %
324	196	33	60

Сталь 08 кп відноситься до групи вуглецевих якісних сталей, що застосовуються при виготовленні деталей технологією холодного штампування з особливо складною витяжкою. В таблиці 1.3 приведено хімічний склад сталі 08 кп.

Таблиця 1.3 - Хімічний склад сталі 08 кп.

Вуглець	Марганець	Кремній	Нікель	Алюміній	Сірка	Фосфор
до 0,07	0,2-0,35	до 0,01	до 0,06	0,02-0,07	0,04	0,035

Крім вуглецю сталь 08кп містить елементи розкислювачі, кремній та марганець. Кремній та марганець розчиняючись у ферриті зміцнюють сталь. Також сталь 08 Ю містить шкідливі домішки, сірку та фосфор, проте їх вміст істотно менше, ніж у сталі 08кп.

Таблиця 1.4 - Механічні властивості листової сталі 08 кп товщиною 0,5-1,5 мм

Межа міцності, МПа	Межа плинності, МПа	Відносне подовження, %	Відносне звуження, %
255-350	205	34	60

У процесі експлуатації автомобіля на кузов, крім механічних факторів, діють атмосферні опади, зміни температури. При різноманітних дорожніх пригодах на кузов діють ударні навантаження. Особливо складною є експлуатація автомобіля в зимовий період. Для покращення зчеплення коліс автомобіля з дорожнім покриттям його обробляють різними хімікатами. Переважно це суміші солей. Наприклад до складу BIONORD UNIVERSAL включені хлориди кальцію та натрію, карбамід та формиат натрію. Хоча в деякі суміші додають інгібітори, проте корозійний вплив на кузов автомобіля залишається значним.

Спільна дія всіх вищезгаданих факторів може призвести до пошкодження деталей кузова. Якщо пошкодження торкнулося крім лакофарбового покриття безпосередньо металу, може знадобитися технологічний процес зварювання. При цьому слід пам'ятати, що сам кузов зварний. Щоправда, на підприємстві виготовлювачі при виробництві кузова застосовують контактне точкове зварювання. При ремонтних роботах кузова автомобіля застосовують ацетилено-кисневе зварювання та механізоване зварювання в середовищі вуглекислого газу.

Зварювання застосовують при різноманітних варіантах ушкодження кузова. За розмірами максимальних пошкоджень кузов отримує при аварійних зіткненнях. Найбільш небезпечні фронтальні зіткнення чи удари збоку. При цьому на кузов та його силові елементи діють значні навантаження, що призводять до деформацій, втрати вихідної геометрії окремих панелей кузова та силових елементів. Порушується геометрія прорізів дверей, які відхиляються від первісного становища стойки.

При незначних за силою ударних навантаженнях на кузов автомобіля можуть виникнути деформації, що візуально не виявляються. Вони виявляють себе заїданням при зачиненні дверей, що може призвести до порушення керованості автомобіля. Точні значення деформацій для цього випадку визначають при інструментальному контролі, на стендах та із застосуванням калібрів.

Якщо пошкодження кузова, що виникли в результаті аварій, не можливо виправити в результаті рихтування, тоді необхідною є заміна деталей. Без виконання зварювальних робіт у даній ситуації не обійтись. Також зварювальні роботи необхідні, якщо в результаті розвитку корозії пошкодження розвиваються до значних за площею розмірів.

1.2 Основні пошкодження кузовних деталей легкового автомобіля

Кузов легкового автомобіля є складною просторовою конструкцією, яка під час його експлуатації сприймає статичні, динамічні, вібраційні, ударні та корозійні навантаження. На відміну від окремих агрегатів автомобіля, кузов одночасно виконує декілька важливих функцій: забезпечує розміщення пасажирів і вантажу, є основою для кріплення вузлів та агрегатів, формує зовнішній вигляд автомобіля, а також бере участь у забезпеченні пасивної безпеки. Тому будь-яке пошкодження кузовних деталей може впливати не лише на зовнішній стан транспортного засобу, а й на його жорсткість, геометрію, керованість, довговічність і безпеку експлуатації.

У процесі експлуатації кузов автомобіля постійно зазнає впливу

атмосферних опадів, перепадів температури, вологи, дорожнього пилю, бруду, піску, каміння, протижеледних реагентів, а також механічних навантажень, які виникають під час руху нерівною дорогою. Особливо інтенсивне руйнування кузовних елементів відбувається у зимовий період, коли дорожнє покриття обробляється солями та хімічними реагентами. У поєднанні з вологою ці речовини прискорюють розвиток корозійних процесів, особливо в місцях пошкодження лакофарбового покриття, зварних з'єднань, стиків панелей, порожнин порогів, арок коліс і днища автомобіля.

Основними видами пошкоджень кузовних деталей легкового автомобіля є корозійні пошкодження, механічні деформації, тріщини, розриви металу, пошкодження після дорожньо-транспортних пригод, руйнування лакофарбового покриття, порушення геометрії кузова та пошкодження зварних з'єднань.

Корозійні пошкодження є одним із найпоширеніших дефектів кузовів легкових автомобілів. Вони виникають унаслідок хімічної або електрохімічної взаємодії металу з навколишнім середовищем. Найбільш небезпечними умовами для розвитку корозії є підвищена вологість, наявність солей, забруднення поверхні, пошкодження захисного покриття та недостатня вентиляція закритих порожнин кузова.

Найчастіше корозія виникає в таких зонах кузова: пороги; колісні арки; нижні частини дверей; днище автомобіля; місця з'єднання панелей; зварні шви; внутрішні порожнини лонжеронів; кромки капота, крил і кришки багажника; місця кріплення підвіски та силових елементів.

Початковою стадією корозійного пошкодження є поява плям іржі (рис. 1.2) на поверхні металу. Якщо дефект своєчасно не усунути, корозія поширюється вглиб металу, зменшуючи його товщину. У подальшому це призводить до утворення наскрізних отворів, зниження міцності деталі та втрати її несучої здатності. Особливо небезпечною є корозія силових елементів кузова, таких як лонжерони, пороги, підсилювачі, стійки та елементи підлоги, оскільки їх пошкодження може вплинути на загальну жорсткість кузова та безпеку автомобіля.



Рисунок 1.2 – Корозійне пошкодження задньої арки легкового автомобіля

Корозійні пошкодження можуть бути поверхневими, місцевими або наскрізними. Поверхнева корозія зазвичай усувається шляхом механічного очищення, нанесення перетворювача іржі, ґрунтування та фарбування. Місцева корозія потребує глибшої обробки металу, а у випадку наскрізного руйнування пошкоджену ділянку необхідно вирізати та замінити ремонтною вставкою із застосуванням зварювання.

Механічні деформації кузова виникають унаслідок дії зовнішніх сил. Вони можуть бути результатом незначних ударів, зіткнень, падіння предметів, неправильного підйому автомобіля, експлуатації на дорогах із поганим покриттям або перевантаження транспортного засобу, що зображено на рисунку 1.3. До механічних деформацій належать вм'ятини, прогини, складки, перекоси, зміщення деталей і залишкові деформації металу.

За характером пошкодження механічні деформації можна поділити на локальні та загальні. Локальні деформації охоплюють невелику ділянку кузовної панелі та зазвичай не впливають на геометрію кузова. Прикладом таких пошкоджень є вм'ятини на дверях, крилах, капоті або кришці багажника. Такі дефекти часто можна усунути рихтуванням або безфарбовим видаленням вм'ятин, якщо не пошкоджено лакофарбове покриття.

Загальні деформації є більш небезпечними, оскільки вони охоплюють силові елементи кузова або змінюють просторове положення окремих частин автомобіля.



Рисунок 1.3 – Механічне пошкодження крила легкового автомобіля

Такі пошкодження можуть проявлятися у вигляді перекосу прорізів дверей, зміщення лонжеронів, порушення положення стійок, деформації підлоги або зміни контрольних розмірів кузова. У таких випадках перед виконанням зварювальних робіт необхідно провести вимірювання геометрії кузова та, за потреби, відновити її на рихтувальному стенді або стапелі.

Особливістю тонколистових кузовних деталей є те, що після деформації метал може втрачати початкову форму через залишкові напруження. Під час ремонту важливо не тільки усунути зовнішню вм'ятину, а й відновити правильне положення деталі відносно інших елементів кузова.

Тріщини в кузовних деталях виникають унаслідок дії втомних навантажень, ударів, вібрацій, корозійного ослаблення металу або порушення технології попереднього ремонту. Найчастіше тріщини утворюються в місцях концентрації напружень: біля отворів, згинів, зварних швів, точок кріплення підвіски, петель дверей, замків, підсилювачів і кронштейнів (рис.1.4).

Наявність тріщин є небезпечним дефектом, оскільки під час подальшої експлуатації автомобіля вони можуть збільшуватися. Це призводить до зниження міцності деталі, появи шумів, вібрацій, порушення герметичності кузова і навіть до руйнування окремих елементів. Особливо небезпечними є тріщини в силових елементах кузова, оскільки вони можуть впливати на роботу підвіски, точність встановлення агрегатів і безпеку руху. Перед ремонтом тріщини необхідно визначити її довжину, напрямок поширення та причину виникнення.



Рисунок 1.4 – Втомне руйнування кузовної частини автомобіля

Якщо тріщина утворилася через корозійне ослаблення металу, просте зварювання не забезпечить довговічного результату. У такому випадку пошкоджену ділянку доцільно вирізати і замінити ремонтною вставкою. Якщо ж тріщина має локальний характер і метал навколо неї зберіг достатню міцність, її можна усунути шляхом зварювання з попередньою підготовкою кромки і засвердлюванням кінців тріщини для запобігання її подальшому поширенню.

1.3 Методи відновлення кузовних деталей легкового автомобіля

Відновлення кузовних деталей легкового автомобіля є важливою складовою технологічного процесу ремонту, оскільки кузов впливає не лише на зовнішній вигляд транспортного засобу, а й на його жорсткість, геометрію, безпеку та довговічність. Вибір методу ремонту залежить від характеру пошкодження, його розмірів, місця розташування, стану металу, наявності корозії, а також від того, чи належить пошкоджена деталь до силових елементів кузова.

До основних методів відновлення кузовних деталей належать рихтування, витягування деформованих елементів на стапелі, локальне усунення пошкоджень, заміна окремих кузовних панелей, встановлення ремонтних вставок, зварювання, паяння, клейове з'єднання та подальша антикорозійна

обробка.

Незначні вм'ятини, які не супроводжуються розривом металу та значним пошкодженням лакофарбового покриття, можуть усуватися методом рихтування. Рихтування полягає у відновленні початкової форми кузовної деталі за допомогою спеціального інструменту, молотків, оправок, витяжних пристроїв або спотера. Приклад інструментів і обладнання для кузовного ремонту наведено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Обладнання для рихтування та витягування кузовних деталей автомобіля

Якщо пошкодження кузова супроводжується порушенням геометрії, використовують витягування на рихтувальному стенді або стапелі. Такий метод застосовується після дорожньо-транспортних пригод, коли деформуються пороги, лонжерони, стійки, підлога або інші силові елементи кузова. Стапель дає змогу зафіксувати автомобіль і прикласти контрольовані зусилля для відновлення заводських розмірів кузова. Приклад стапеля для відновлення геометрії кузова показано на рисунку 1.6. Таке обладнання використовується для фіксації пошкодженого автомобіля, вимірювання кузова та прикладання зусиль для повернення конструкції до розмірів виробника.



Рисунок 1.6 – Стапель для відновлення геометрії кузова автомобіля

У разі значного корозійного або механічного пошкодження окремої ділянки кузовної деталі застосовують встановлення ремонтної вставки. Для цього пошкоджену частину вирізають, зачищають кромки, виготовляють або підбирають ремонтний елемент відповідної форми, після чого його фіксують і приварюють до основної деталі. Такий метод широко використовується під час ремонту порогів, арок коліс, нижніх частин дверей, крил і панелей підлоги. Приклад зварювання ремонтної вставки кузовної панелі наведено на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Приварювання ремонтної вставки до кузовної панелі автомобіля

Заміна кузовної панелі виконується тоді, коли пошкодження є значним і відновлення деталі рихтуванням або локальним ремонтом є недоцільним. У такому випадку пошкоджену панель демонтують, висвердлюючи заводські точки контактного зварювання або вирізаючи пошкоджену ділянку. Нова або ремонтна деталь встановлюється на штатне місце з обов'язковою перевіркою зазорів, геометрії та правильності прилягання до суміжних елементів кузова.

Одним із найпоширеніших методів з'єднання кузовних деталей під час ремонту є механізоване зварювання в середовищі захисних газів MIG/MAG. Воно забезпечує достатню міцність з'єднання, високу продуктивність і можливість зварювання тонколистової сталі. При цьому важливо правильно підібрати режим зварювання, оскільки надмірне тепловиділення може призвести до пропалів, короблення металу та погіршення якості шва. Приклад виконання MIG-зварювання кузовної деталі автомобіля показано на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Виконання MIG/MAG-зварювання кузовної деталі автомобіля

Окрім зварювання, у сучасному кузовному ремонті можуть застосовуватися паяння твердими припоями та клейові з'єднання. Такі методи використовують переважно для зменшення теплового впливу на метал, збереження антикорозійного покриття та з'єднання елементів, для яких небажане інтенсивне нагрівання. Проте в силових зонах кузова вибір способу з'єднання має відповідати вимогам виробника автомобіля.

Після виконання ремонтних робіт обов'язковим етапом є антикорозійна обробка. Зварні шви та очищені ділянки металу необхідно захистити грунтом, герметиком, антигравійним покриттям або мастикою. Внутрішні порожнини порогів, лонжеронів і арок доцільно обробляти антикорозійними восковими складами. Це дозволяє підвищити довговічність відремонтованої деталі та запобігти повторному розвитку корозії.

Отже, вибір методу відновлення кузовної деталі залежить від виду пошкодження, стану металу та функціонального призначення елемента кузова. Для незначних дефектів доцільно застосовувати рихтування або локальний

ремонт, тоді як при наскрізній корозії, розривах металу та значних деформаціях необхідним є встановлення ремонтних вставок або заміна пошкоджених панелей із застосуванням ремонтного зварювання.

1.4 Аналіз способів зварювання, які застосовуються під час кузовного ремонту

Під час ремонту кузовних деталей легкового автомобіля важливе значення має правильний вибір способу зварювання. Кузов автомобіля виготовляється переважно з тонколистового металу, тому під час зварювання необхідно забезпечити достатню міцність з'єднання, мінімальне тепловиділення, відсутність пропалів, обмеження деформацій і збереження геометрії кузова. Неправильно вибраний спосіб зварювання або невідповідний режим може призвести до перегріву металу, короблення панелей, утворення тріщин, пор, непроварів і зниження довговічності відремонтованої деталі.

У кузовному ремонті застосовують декілька способів зварювання: контактне точкове зварювання, механізоване зварювання в середовищі захисних газів MIG/MAG, газове зварювання, ручне дугове зварювання покритими електродами, а також спеціальні методи з'єднання, зокрема MIG-паяння. Кожен із цих способів має свої переваги, недоліки та сферу використання.

Одним із основних способів з'єднання кузовних деталей при заводському виготовленні автомобіля є контактне точкове зварювання. Його застосовують для з'єднання листових елементів кузова, які накладаються один на один, наприклад панелей підлоги, порогів, арок, підсилювачів, стійок та інших деталей. Суть процесу полягає в тому, що деталі стискаються між електродами, через які проходить електричний струм великої сили. У місці контакту метал нагрівається до пластичного або розплавленого стану, після чого утворюється зварна точка.

Перевагами контактного точкового зварювання є висока продуктивність, невелика зона термічного впливу, відсутність присадного матеріалу та

можливість отримання акуратних з'єднань без значного пошкодження зовнішньої поверхні кузовної деталі. Саме тому цей спосіб широко застосовується при виробництві кузовів автомобілів. У ремонтних умовах контактне точкове зварювання також може використовуватися, але для цього необхідне спеціальне обладнання, доступ до обох сторін деталей і точне дотримання режимів зварювання. Недоліком цього способу є обмежене застосування при ремонті важкодоступних ділянок кузова та неможливість якісного виконання з'єднання, якщо немає доступу для встановлення електродів.

Механізоване зварювання в середовищі захисних газів MIG/MAG є одним із найбільш поширених способів, які застосовуються під час кузовного ремонту. При цьому способі електродний дріт автоматично подається в зону зварювання, а дуга горить між дротом і деталлю. Зона зварювання захищається газом, що запобігає окисненню розплавленого металу. Для зварювання сталевих кузовних деталей найчастіше використовують вуглекислий газ або суміші аргону з вуглекислим газом.

Перевагами MIG/MAG-зварювання є висока продуктивність, можливість зварювання тонколистового металу, зручність виконання коротких швів і прихваток, достатня міцність з'єднання, а також можливість роботи в умовах станцій технічного обслуговування. Цей спосіб добре підходить для встановлення ремонтних вставок, заміни порогів, арок, крил, панелей підлоги та інших кузовних елементів. При правильному виборі режиму зварювання MIG/MAG дає змогу отримати якісне з'єднання з мінімальним коробленням металу.

Разом з тим MIG/MAG-зварювання має певні недоліки. Основними з них є ймовірність пропалів тонкого металу, розбрикування електродного металу, утворення пор при недостатньому газовому захисті, а також необхідність ретельного очищення поверхні від фарби, іржі, мастила та герметика. Крім того, надмірне тепловиділення може спричинити деформацію кузовної панелі, тому під час зварювання тонколистової сталі доцільно використовувати короткі шви, точкове накладання швів або імпульсний режим.

Газове зварювання раніше широко застосовувалося під час ремонту кузовів автомобілів, особливо для з'єднання тонколистових сталевих деталей. Суть цього способу полягає в нагріванні металу полум'ям, яке утворюється під час згоряння горючого газу в кисні. Газове зварювання не потребує складного електричного обладнання, дозволяє плавно нагрівати метал і може застосовуватися для деяких ремонтних операцій.

Однак для сучасного кузовного ремонту газове зварювання має суттєві недоліки. Основним із них є значне тепловиділення, через яке збільшується зона термічного впливу, виникає короблення тонколистового металу, знижується якість поверхні та ускладнюється подальше відновлення форми деталі. Через це газове зварювання поступово втратило значення як основний спосіб ремонту кузовних елементів і використовується обмежено.

Ручне дугове зварювання покритими електродами також може застосовуватися для ремонту металевих конструкцій автомобіля, однак для кузовних деталей легкових автомобілів воно є малоприматним. Це пояснюється тим, що кузовні панелі мають малу товщину, а ручне дугове зварювання характеризується відносно високим тепловиділенням і меншою стабільністю процесу. При зварюванні тонкого металу покритими електродами існує значний ризик пропалів, утворення грубого шва, деформації панелі та погіршення зовнішнього вигляду деталі.

Ручне дугове зварювання доцільніше застосовувати для товстіших елементів, допоміжних конструкцій, кронштейнів або ремонтних робіт, які не пов'язані з тонколистовими зовнішніми панелями кузова. Для ремонту порогів, арок, дверей, крил і панелей підлоги цей спосіб поступається механізованому зварюванню в середовищі захисних газів.

Окремо слід відзначити MIG-паяння, яке використовується у сучасному кузовному ремонті для з'єднання оцинкованих і високоміцних сталей. На відміну від звичайного зварювання, під час паяння основний метал не розплавляється повністю, а з'єднання утворюється за рахунок присадного матеріалу з нижчою температурою плавлення. Це дозволяє зменшити тепловий вплив на кузовну деталь, краще зберегти цинкове покриття та зменшити ризик

деформації металу.

MIG-паяння доцільно застосовувати там, де необхідно зменшити нагрівання деталі та зберегти антикорозійні властивості оцинкованої сталі. Проте цей спосіб потребує відповідного обладнання, спеціального присадного дроту та дотримання технологічних рекомендацій виробника автомобіля. У силових елементах кузова його застосування повинно бути обґрунтованим і відповідати вимогам ремонтної документації.

В таблиці 1.5 приведені характеристики основних способів зварювання, які застосовуються при кузовному ремонті автомобіля.

Таблиця 1.5 - Характеристики основних способів зварювання

Спосіб зварювання	Переваги	Недоліки	Доцільність застосування
Контактне точкове зварювання	Висока продуктивність, мала зона нагріву, якісне з'єднання листових деталей	Потрібен доступ з двох сторін і спеціальне обладнання	Заміна панелей, з'єднання фланців, ремонт заводських точок
MIG/MAG-зварювання	Продуктивність, зручність, можливість зварювання тонкого металу, добра якість шва	Ризик пропалів і деформацій при неправильному режимі	Ремонтні вставки, пороги, арки, підлога, крила
Газове зварювання	Простота обладнання, плавний нагрів	Велика зона нагріву, короблення металу	Обмежене застосування в сучасному кузовному ремонті
Ручне дугове зварювання	Простота, доступність обладнання	Високе тепловиділення, грубий шов, ризик пропалів	Не рекомендується для тонколистових кузовних панелей

MIG-паяння	Мале тепловиділення, збереження цинкового покриття, менші деформації	Потрібні спеціальні матеріали й обладнання	Оцинковані та високоміцні сталі, сучасний кузовний ремонт
------------	---	---	--

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що для ремонтного зварювання кузовних деталей легкового автомобіля найбільш доцільним є застосування механізованого зварювання в середовищі захисних газів MIG/MAG. Цей спосіб забезпечує достатню міцність з'єднання, високу продуктивність, можливість роботи з тонколистовим металом і придатність для умов станції технічного обслуговування. Для зменшення теплового впливу на метал доцільно застосовувати короткі шви, прихватки, точкове зварювання напівавтоматом або імпульсний режим. Контактне точкове зварювання доцільно використовувати для з'єднання фланців і панелей за наявності доступу з обох сторін, тоді як газове та ручне дугове зварювання для сучасного кузовного ремонту мають обмежене застосування.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Підготовка автомобіля та пошкодженої кузовної деталі до ремонту

Підготовка автомобіля до кузовно-зварювального ремонту є початковим і важливим етапом технологічного процесу, оскільки від якості підготовчих робіт залежить точність дефектації, зручність виконання ремонтних операцій, якість зварного з'єднання та безпека працівника. Перед початком ремонту необхідно забезпечити вільний доступ до пошкодженої ділянки кузова, очистити поверхню від забруднень, демонтувати елементи, які можуть заважати виконанню робіт, а також захистити суміжні частини автомобіля від механічного та теплового пошкодження.

Першою операцією є зовнішнє миття автомобіля. Кузов очищають від пилу, бруду, залишків дорожніх реагентів, мастильних матеріалів та інших забруднень. Особливу увагу приділяють зоні пошкодження, колісним аркам, порогам, днищу та місцям з'єднання кузовних панелей. Миття дає змогу точніше визначити межі пошкодження, виявити приховані осередки корозії, тріщини, вм'ятини та інші дефекти. Для очищення може застосовуватися апарат високого тиску, щітки, мийні засоби та стиснене повітря для видалення вологи з важкодоступних місць.

Після миття автомобіль встановлюють на робоче місце або автомобільний підйомник. Використання підйомника забезпечує доступ до нижньої частини кузова, порогів, арок коліс, днища, лонжеронів і місць кріплення підвіски. Перед підніманням автомобіля необхідно перевірити правильність встановлення опор підйомника в штатних точках, щоб не допустити додаткового пошкодження порогів або елементів днища. Автомобіль має бути надійно зафіксований, а робоча зона очищена від сторонніх предметів.

Перед виконанням зварювальних робіт обов'язково відключають акумуляторну батарею. Це необхідно для захисту електронних блоків керування, електропроводки, датчиків, мультимедійних систем та інших

електричних споживачів від можливого пошкодження зварювальним струмом. Спочатку від'єднують мінусову клему акумулятора, після чого, за потреби, від'єднують плюсову клему. Якщо зварювальні роботи виконуються поблизу електронних блоків або джгутів проводки, їх додатково демонтують або відводять убік від зони нагрівання.

Наступним етапом є демонтаж елементів, які ускладнюють доступ до пошкодженої кузовної деталі. Залежно від місця ремонту можуть демонтуватися пластикові накладки, молдинги, ущільнювачі, локери, бризковики, декоративні панелі, частини обшивки салону, шумоізоляція, сидіння, килимове покриття, ліхтарі, бампери або інші навісні елементи. Демонтаж необхідно виконувати обережно, щоб не пошкодити кріплення, пластикові фіксатори та суміжні деталі. Зняті елементи доцільно складати в окрему тару або промаркувати для полегшення подальшого складання.

Особливу увагу приділяють захисту скла, салону, електропроводки та легкозаймистих матеріалів. Під час зварювання і шліфування утворюються іскри, бризки розплавленого металу, абразивний пил і висока температура, які можуть пошкодити скло, лакофарбове покриття, обшивку салону, пластикові деталі та електричні дроти. Тому суміжні поверхні закривають вогнестійкими екранами, зварювальними ковдрами або металевими листами. Електропроводку, паливні та гальмівні трубки, які знаходяться поблизу зони ремонту, необхідно відвести або захистити від перегрівання.

Після забезпечення доступу до пошкодженої ділянки виконують попереднє очищення зони ремонту. Із поверхні металу видаляють залишки лакофарбового покриття, ґрунту, антикорозійної мастики, герметика, іржі, бруду та інших забруднень. Для цього використовують кутову шліфувальну машину, дротяні щітки, абразивні круги, шліфувальні насадки, скребки або спеціальні засоби для зняття покриттів. Очищення виконують не тільки в місці майбутнього зварювання, а й на прилеглих ділянках, щоб забезпечити якісний огляд металу та надійний контакт під час зварювання.

Під час очищення необхідно визначити фактичні межі пошкодження. Корозія часто поширюється під шаром фарби, герметика або антикорозійного

покриття, тому видима зовні ділянка дефекту може бути меншою за реальну. Якщо після очищення виявляється стоншення металу, наскрізні отвори, тріщини або розшарування, межі ремонту розширюють до ділянки з міцним металом. Це важливо для того, щоб ремонтна вставка або нова кузовна панель приварювалася не до ослабленої корозією ділянки, а до придатної основи.

Перед зварюванням поверхню обов'язково знежирюють. Знежирення необхідне для видалення залишків мастила, силікону, воскових складів, мийних засобів та інших речовин, які можуть погіршити якість зварного з'єднання. Наявність забруднень у зоні зварювання може спричинити утворення пор, непроварів, нестабільне горіння дуги та зниження міцності шва. Для знежирення використовують спеціальні знежирювачі, антисиліконові засоби, ацетон або інші дозволені розчинники. Після обробки поверхня має бути сухою, чистою і готовою до подальшої розмітки, вирізання пошкодженої частини або встановлення ремонтної вставки.

Отже, підготовка автомобіля та пошкодженої кузовної деталі до ремонту включає комплекс операцій, спрямованих на забезпечення безпечного й якісного виконання кузовно-зварювальних робіт. До них належать миття автомобіля, встановлення його на підйомник, відключення акумуляторної батареї, демонтаж елементів, що заважають ремонту, захист скла, салону й електропроводки, очищення металу від фарби, іржі та мастики, а також знежирення поверхні. Якісне виконання підготовчих робіт дає змогу точно визначити межі пошкодження, зменшити ризик дефектів зварювання та забезпечити довговічність відновленої кузовної деталі.

2.2 Розробка технологічної карти відновлення ремонтної частини заднього крила легкового автомобіля

Для розроблення технологічної карти, як приклад, приймаємо відновлення пошкодженої ремонтної частини заднього крила легкового автомобіля. Такий вид ремонту часто виконується у випадку корозійного пошкодження нижньої частини заднього крила або колісної арки, а також після

локальних механічних пошкоджень. Якщо пошкодження має обмежений характер і не поширюється на силові елементи кузова, доцільно не замінювати все заднє крило, а вирізати дефектну ділянку та встановити ремонтну вставку.

Ремонтна частина заднього крила повинна відповідати формі кузовної панелі, мати однакову товщину металу з основною деталлю та забезпечувати правильне прилягання до суміжних елементів. Особливу увагу під час ремонту необхідно приділяти підготовці зони зварювання, правильному висвердлюванню заводських точок, підрізанню пошкодженої ділянки, фіксації ремонтної вставки, мінімальному тепловиділенню під час зварювання та якісному антикорозійному захисту після завершення робіт.

Для прикладу приймаємо такі вихідні дані:

об'єкт ремонту - заднє крило легкового автомобіля;

характер пошкодження - корозійне пошкодження нижньої частини крила в зоні колісної арки;

спосіб ремонту - вирізання пошкодженої частини та встановлення ремонтної вставки;

товщина металу кузовної панелі — 0,8–1,0 мм;

спосіб з'єднання — MIG/MAG-зварювання;

зварювальний дріт — Св-08Г2С діаметром 0,8 мм;

захисний газ — CO₂ або суміш Ar+CO₂;

спосіб накладання шва - короткими ділянками або точками з охолодженням між проходами.

Таблиця 2.1 — Технологічна карта відновлення ремонтної частини заднього крила легкового автомобіля

№ пп	Назва операції	Обладнання	Інструмент	Матеріали	Технічні вимоги
1	Встановлення автомобіля	Автомобільний підйомник	Противідкатні упори, домкрат за	—	Автомобіль має бути надійно зафіксований. Повинен бути

	на робоче місце	або ремонтний пост	потреби		забезпечений вільний доступ до заднього крила та колісної арки
2	Миття та очищення зони ремонту	Апарат високого тиску, компресор	Щітки, серветки, стиснене повітря	Вода, мийний засіб	Поверхня заднього крила, арки та прилеглих ділянок має бути очищена від бруду, солей, пилу та мастильних забруднень
3	Відключення акумуляторної батареї	—	Ключ для клем АКБ	—	Перед зварювальними роботами необхідно від'єднати мінусову клему акумулятора для захисту електронних систем автомобіля
4	Демонтаж елементів, що заважають ремонту	Підйомник	Набір ключів, викрутки, знімачі кліпс	—	Демонтувати колесо, підкрилок, пластикові накладки, ущільнювачі, частину обшивки багажника або салону за потреби
5	Захист суміжних деталей	—	Захисні екрани, зварювальна ковдра, малярна стрічка	Вогнестійке покриття, картон, плівка	Скло, салон, електропроводка, паливні та гальмівні трубки мають бути захищені від іскор, пилу та нагрівання
6	Первинна	—	Ліхтар,	—	Визначити межі

	дефектація заднього крила		лінійка, маркер, штангенциркуль за потреби		корозії, тріщин, розривів або деформацій. Оцінити стан металу навколо пошкодженої ділянки
7	Видалення лакофарбового покриття та мастики	—	Кутова шліфувальна машина, дротяна щітка, абразивний круг, скребок	Абразивні матеріали	Очищення виконати до чистого металу на відстані не менше 20–30 мм від майбутньої лінії різку та зони зварювання
8	Розмітка дефектної ділянки	—	Маркер, лінійка, лекало, шаблон	—	Лінію різку наносити по міцному металу. Передбачити припуск для підгонки ремонтної вставки та уникнути зварювання по корозійно ослабленому металу
9	Висвердлювання заводських точок зварювання	—	Дриль, фреза для точкового зварювання, кернер	Свердло або фреза $\varnothing 6-8$ мм	Заводські точки необхідно висвердлювати без пошкодження суміжної панелі або внутрішнього підсилювача. Центри точок попередньо накернити

10	Підрізання пошкодженої частини заднього крила	—	Кутова шліфувальна машина, пневмоножиці або ножиці по металу	Відрізний круг	Пошкоджену ділянку вирізати по розмітці. Не допускати перегрівання металу та пошкодження внутрішньої арки або підсилювача
11	Видалення вирізаної частини та зачистка кромки	Верстак за потреби	Плоскогубці, тонке зубило, напилки, шліфувальний круг	Абразивні матеріали	Кромки мають бути рівними, без задирок, залишків корозії, фарби, герметика та мастики
12	Підготовка ремонтної вставки заднього крила	Верстак	Ножиці по металу, молоток, оправка, лекало, напилки	Ремонтна вставка або листована сталь 0,8–1,0 мм	Вставка має повторювати форму заднього крила та колісної арки. Зазор між вставкою й основною панеллю має бути рівномірним
13	Примірювання та підгонка ремонтної вставки	—	Затискачі, магнітні фіксатори, маркер, напилки	—	Вставка повинна щільно прилягати до кузовної панелі без перекосів. Не допускаються значні зазори та виступи вставки над поверхнею крила
14	Підготовка	—	Абразивний	Знежир	Поверхні знежирити.

	поверхонь до зварювання		круг, дротяна щітка, серветки	ювач, антисилі кон, зварювальний ґрунт	Внутрішні поверхні та перекривні фланці обробити зварювальним ґрунтом, якщо вони після зварювання будуть важкодоступними
15	Фіксація ремонтної вставки	—	Струбцини, затискачі, магнітні тримачі	—	Ремонтна вставка має бути надійно зафіксована. Перед прихопленням перевірити форму арки, рівність поверхні та зазори
16	Прихоплення ремонтної вставки	MIG/MAG-напівавтомат	Зварювальний пальник, затискач маси	Дріт Св-08Г2С Ø0,8 мм, CO ₂ або Ar+CO ₂	Прихватки виконувати з інтервалом 30–50 мм по периметру вставки. Після прихоплення перевірити положення деталі
17	Основне зварювання ремонтної вставки	MIG/MAG-напівавтомат	Зварювальний пальник	Дріт Св-08Г2С Ø0,8 мм, захисний газ	Зварювання виконувати короткими ділянками або окремими точками з чергуванням місць зварювання. Не допускати пропалів,

					пор, тріщин і перегрівання металу
18	Охолодження та контроль деформацій	—	Повітряний обдув, контрольна лінійка	—	Після зварювання перевірити відсутність короблення панелі. Примусове різке охолодження водою не рекомендується, щоб не створювати додаткових напружень
19	Зачистка зварного шва	—	Кутова шліфувальна машина, пелюстковий круг, напилек	Абразивні круги	Шов зачистити до плавного переходу з основним металом. Не допускати надмірного стоншення металу та пошкодження прилеглої поверхні
20	Контроль якості зварного з'єднання	—	Лупа, лінійка, шаблон, лампа	—	Перевірити відсутність пропалів, пор, тріщин, непроварів, гострих виступів і залишкових деформацій
21	Герметизація шва	—	Шпатель, пістолет для герметика	Шовний герметик	Зварний шов і стики мають бути герметизовані для запобігання потраплянню вологи в зону ремонту

22	Антикорозійний захист внутрішньої та зовнішньої поверхні	Компресор або пістолет-розпилювач	Пензель, розпилювач	Антикорозійний ґрунт, мастика, віск для порожнин	Внутрішні порожнини арки та заднього крила обробити антикорозійним складом. Зовнішню поверхню підготувати до шпаклювання і фарбування
----	--	-----------------------------------	---------------------	--	---

Таблиця 2.2 - Орієнтовна трудомісткість ремонтних операцій

№ операції	Назва операції	Основний час на виконання операції, хв
1	Встановлення автомобіля на робоче місце	10
2	Миття та очищення зони ремонту	20
3	Відключення акумуляторної батареї	5
4	Демонтаж елементів, що заважають ремонту	30
5	Захист суміжних деталей	10
6	Первинна дефектація заднього крила	15
7	Видалення лакофарбового покриття та мастики	25
8	Розмітка дефектної ділянки	10
9	Висвердлювання заводських точок зварювання	20
10	Підрізання пошкодженої частини	25
11	Видалення вирізаної частини та зачистка кромки	20
12	Підготовка ремонтної вставки	35
13	Примірювання та підгонка вставки	25
14	Підготовка поверхонь до зварювання	15
15	Фіксація ремонтної вставки	10
16	Прихоплення вставки	15

17	Основне зварювання ремонтної вставки	25
18	Охолодження та контроль деформацій	10
19	Зачистка зварного шва	25
20	Контроль якості зварного з'єднання	10
21	Герметизація шва	15
22	Антикорозійний захист	20
Разом		400

Загальна трудомісткість всіх виконуваних ремонтних робіт складає:

$$T=400 \text{ хв} = 6,7 \text{ год}$$

Отже, орієнтовна трудомісткість ремонту заднього крила автомобіля становить:

$$T \approx 6,7 \text{ люд./год}$$

2.3 Контроль якості виконаних робіт після відновлення заднього крила

Контроль якості виконаних робіт є завершальним етапом технологічного процесу відновлення заднього крила легкового автомобіля. Його метою є перевірка правильності встановлення ремонтної частини, якості зварного з'єднання, відповідності геометрії кузова, рівномірності зазорів між суміжними елементами та готовності відремонтованої ділянки до подальшого антикорозійного захисту, шпаклювання, ґрунтування і фарбування.

Після виконання зварювальних робіт насамперед перевіряють якість зварного шва. Контроль проводять візуальним оглядом, за потреби із застосуванням лупи, лінійки або шаблона зварника. Зварний шов має бути рівномірним, без пропусків, пропалів, тріщин, пор, напливів, непроварів і значних підрізів. Особливу увагу звертають на місця початку та закінчення шва, оскільки саме в цих зонах найчастіше виникають дефекти. Якщо виявлено пори, непровари або тріщини, дефектну ділянку необхідно зачистити та повторно проварити з дотриманням правильного режиму зварювання.

Важливим показником якості є відсутність надмірного перегріву металу. Під час ремонту заднього крила зварювання виконується по тонколистовій сталі, тому при неправильному режимі можливе короблення панелі, утворення хвиль, зміна форми арки або порушення прилягання ремонтної вставки. Після зварювання поверхню крила перевіряють візуально та за допомогою контрольної лінійки. Поверхня має мати плавний перехід між основною деталлю і ремонтною вставкою, без різких виступів, западин і перекосів.

Після зачистки зварного шва перевіряють якість механічної обробки. Шов не повинен мати гострих кромek, залишків наплавленого металу або надмірно виступати над поверхнею кузовної панелі. Разом з тим не допускається надмірне сточування металу, оскільки це може зменшити міцність з'єднання. Зачищена ділянка повинна бути підготовлена до нанесення антикорозійного ґрунту, герметика та подальших малярних робіт.

Окремо контролюють правильність встановлення ремонтної частини заднього крила відносно суміжних кузовних елементів. Для цього перевіряють зазори між заднім крилом і дверима, бампером, заднім ліхтарем, кришкою багажника або іншими деталями, залежно від конструкції автомобіля. Зазори мають бути рівномірними по всій довжині стику, без різких звужень, перекосів або зміщення площин. Нерівномірні зазори можуть свідчити про неправильне встановлення ремонтної вставки, залишкову деформацію кузова або порушення геометрії крила.

Особливо важливо перевірити зазор між заднім крилом і задніми дверима. Двері повинні вільно відкриватися і закриватися, не зачіпаючи відремонтовану ділянку. При закритих дверях площина дверей і площина заднього крила мають знаходитися на одному рівні або відповідати заводській формі кузова. Якщо двері виступають або, навпаки, западають відносно крила, необхідно перевірити положення крила, ремонтної вставки та навісних елементів.

Також перевіряють прилягання заднього бампера до відремонтованої частини крила. Бампер повинен встановлюватися без надмірного натягу, перекосу або зазору. Місця кріплення бампера не повинні бути зміщені, а пластикові елементи мають щільно прилягати до металевої кузовної панелі.

Якщо після ремонту бампер не стає на штатне місце, це може свідчити про неправильне формування ремонтної вставки або залишкову деформацію задньої частини кузова.

У зоні заднього ліхтаря або фари необхідно перевірити точність прилягання кузовної панелі до світлотехнічного елемента. Ліхтар має встановлюватися без перекосу, зазори між ним і крилом повинні бути рівномірними, а ущільнювачі мають забезпечувати герметичність. Неправильне положення заднього крила в цій зоні може призвести до проникнення вологи, появи шумів, вібрацій і подальшого розвитку корозії.

Після встановлення або примірювання суміжних деталей перевіряють загальну геометрію відремонтованої ділянки. Контроль виконують шляхом порівняння форми відновленої частини з непошкодженою стороною автомобіля, використанням шаблонів, лінійки або візуального огляду під різними кутами освітлення. Форма колісної арки повинна бути симетричною, плавною та відповідати контуру кузова. Не допускаються хвилі, западини, перекоси та порушення лінії арки.

Окрему увагу приділяють герметичності з'єднань. Після зварювання та зачистки місце ремонту повинно бути герметизоване, особливо якщо воно розташоване в зоні колісної арки, де на кузов діють вода, бруд, пісок і дорожні реагенти. Шовний герметик має наноситися суцільним шаром без пропусків, тріщин і відшарувань. Внутрішня частина крила та арки повинна бути оброблена антикорозійним складом.

Якість виконаних робіт також оцінюють за відсутністю залишкових дефектів після ремонту. До таких дефектів належать хвилястість панелі, зміщення ремонтної вставки, нерівномірний шов, пропуски герметика, залишки іржі, незахищені ділянки металу, а також пошкодження сусідніх деталей під час шліфування або зварювання. Усі виявлені дефекти необхідно усунути до початку малярних робіт.

Для систематизації перевірки доцільно використовувати карту контролю якості виконаних робіт.

Таблиця 2.3 — Контроль якості відновлення заднього крила легкового автомобіля

№	Об'єкт контролю	Метод контролю	Технічні вимоги
1	Зварний шов	Візуальний огляд, лупа, шаблон зварника	Шов має бути без тріщин, пор, пропалів, непроварів, значних підрізів і пропусків
2	Зона термічного впливу	Візуальний огляд	Не допускається значне короблення, перегрівання, хвилястість або втрата форми панелі
3	Зачистка шва	Візуальний огляд, контрольна лінійка	Повинен бути плавний перехід до основного металу; не допускається надмірне стоншення металу
4	Форма заднього крила	Візуальний контроль, шаблон, порівняння з протилежною стороною	Форма крила і колісної арки має відповідати заводському контуру кузова
5	Зазор між крилом і задніми дверима	Вимірювання лінійкою або щупами	Зазор має бути рівномірним по всій довжині, двері не повинні зачіпати крило
6	Зазор між крилом і бампером	Візуальний контроль, примірювання бампера	Бампер має встановлюватися без перекосу, надмірного натягу або зміщення кріплень
7	Зазор між крилом і заднім ліхтарем	Візуальний контроль, пробне встановлення ліхтаря	Ліхтар має щільно прилягати, без перекосу; зазори повинні бути рівномірними
8	Зазор між крилом і кришкою багажника	Візуальний контроль, вимірювання	Зазор має відповідати суміжним елементам і бути рівномірним
9	Герметизація шва	Візуальний огляд	Герметик має бути нанесений суцільно, без пропусків, тріщин і відшарувань
10	Антикорозійний захист	Візуальний огляд	Оголений метал, внутрішні порожнини та зона шва мають бути повністю захищені ґрунтом, мастикою або восковим складом
11	Робота дверей, бампера і ліхтаря	Пробне встановлення та перевірка функціонування	Двері повинні відкриватися без зачіпання, бампер і ліхтар мають ставати на штатні місця
12	Готовність до	Візуальний огляд	Поверхня повинна бути

	малярних робіт		очищена, знежирена, без іржі, гострих виступів і незахищених ділянок металу
--	----------------	--	---

Після завершення контролю якості виконаних ремонтних робіт складають висновок про придатність відновленої деталі до подальших операцій. Якщо зварний шов не має дефектів, ремонтна вставка встановлена правильно, зазори між крилом, дверима, бампером, заднім ліхтарем і кришкою багажника є рівномірними, а зона ремонту захищена від корозії, деталь можна передавати на шпаклювання, ґрунтування та фарбування.

Отже, контроль якості після відновлення заднього крила включає перевірку зварного шва, форми кузовної панелі, рівномірності зазорів, правильності встановлення суміжних деталей, герметизації та антикорозійного захисту. Якісне виконання цих операцій забезпечує не лише належний зовнішній вигляд автомобіля, а й довговічність ремонту, герметичність кузова та безпечну експлуатацію транспортного засобу.

2.4 Вибір режимів MIG/MAG-зварювання ремонтної вставки заднього крила автомобіля

Під час відновлення заднього крила легкового автомобіля особливу увагу необхідно приділяти правильному вибору режимів MIG/MAG-зварювання. Заднє крило належить до тонколистових кузовних панелей, тому при надмірному тепловиділенні можливе короблення металу, утворення хвиль на поверхні, пропали, погіршення зовнішнього вигляду деталі та зниження якості зварного з'єднання. Саме тому режим зварювання повинен забезпечувати достатнє проплавлення кромки ремонтної вставки та основної панелі, але без перегрівання металу.

Для відновлення ремонтної частини заднього крила доцільно застосовувати механізоване зварювання в середовищі захисних газів MIG/MAG. Цей спосіб забезпечує стабільне горіння дуги, можливість роботи з тонколистовим металом, високу продуктивність і достатню міцність з'єднання.

Крім того, MIG/MAG-зварювання зручно застосовувати в умовах станції технічного обслуговування, оскільки воно дозволяє виконувати як прихватки, так і короткі зварні шви по периметру ремонтної вставки.

Ремонтна вставка заднього крила приварюється до основної кузовної панелі, товщина якої зазвичай становить 0,8–1,0 мм. Для такого металу не рекомендується застосовувати високі значення зварювального струму, оскільки це може призвести до пропалювання кромки. Тому зварювання необхідно виконувати на понижених режимах, короткими ділянками або окремими точками, з поступовим заповненням стику.

Для виконання процесу зварювання приймаємо наступні параметри режиму, які приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Режими MIG/MAG-зварювання ремонтної вставки заднього крила автомобіля

Параметр	Значення
Товщина металу кузовної панелі, мм	0,8–1,0
Діаметр зварювального дроту, мм	0,8
Марка зварювального дроту	Св-08Г2С
Сила зварювального струму, А	45–80
Напруга дуги, В	16–19
Витрата захисного газу, л/хв	8–10
Виліт зварювального дроту, мм	8–12
Полярність	Зворотна
Захисний газ	CO ₂ або суміш Ar+CO ₂
Тип шва	Короткими ділянками / точками
Довжина окремої ділянки шва, мм	10–20
Інтервал між прихватами, мм	30–50
Спосіб охолодження	Природне охолодження на повітрі
Положення зварювального шва	Переважно нижнє або вертикальне, залежно від розташування ділянки

Вибір зварювального дроту діаметром 0,8 мм пояснюється тим, що він забезпечує стабільне формування шва при зварюванні тонколистової сталі. Використання дроту більшого діаметра може збільшити тепловиділення та ускладнити зварювання тонкого металу. Дріт Св-08Г2С є поширеним присадним матеріалом для зварювання низьковуглецевих сталей у середовищі вуглекислого газу або газових сумішей.

Сила зварювального струму приймається в межах 45–80 А. Нижня межа використовується для прихваток і зварювання ділянок із меншою товщиною металу, а верхня - для коротких швів у місцях, де необхідне краще проплавлення. При цьому зварювальник повинен контролювати стан металу і не допускати перегрівання кромки. Якщо під час зварювання з'являються пропали або сильне короблення, струм і напругу необхідно зменшити.

Напруга дуги приймається в межах 16–19 В. При занадто низькій напрузі дуга буде нестабільною, можливі непровари та надмірне накопичення металу шва. При надмірній напрузі збільшується розбризкування металу, ширина шва і зона термічного впливу. Тому напруга повинна забезпечувати стабільне горіння дуги та рівномірне формування шва без значного розбризкування.

Витрата захисного газу становить 8–10 л/хв. Такий діапазон достатній для захисту зварювальної ванни від впливу кисню та азоту повітря. Недостатня витрата газу може спричинити утворення пор у шві, а надмірна витрата не покращує якість зварювання і призводить до перевитрати газу. При роботі в зоні протягів або біля відкритих воріт станції технічного обслуговування необхідно додатково захищати місце зварювання від руху повітря.

Виліт зварювального дроту приймається 8–12 мм. Занадто великий виліт погіршує стабільність дуги, а занадто малий може ускладнити контроль зварювальної ванни та збільшити перегрівання наконечника пальника. Дотримання правильного вильоту дроту є важливою умовою отримання рівномірного шва.

Для зварювання ремонтної вставки застосовується зворотна полярність, тобто електродний дріт підключається до плюсового полюса джерела

живлення. Така полярність забезпечує стабільне горіння дуги і нормальне перенесення електродного металу під час MIG/MAG-зварювання.

Зварювання ремонтної вставки заднього крила необхідно виконувати не суцільним довгим швом, а короткими ділянками або окремими точками. Це пояснюється тим, що заднє крило є зовнішньою кузовною панеллю, яка легко деформується від нагрівання. Оптимально спочатку виконати прихватки по периметру вставки з інтервалом 30–50 мм, після чого поступово заповнювати проміжки між ними короткими швами довжиною 10–20 мм.

Зварювання слід виконувати з чергуванням місць накладання шва. Наприклад, після виконання короткої ділянки в одній частині вставки наступну ділянку виконують на протилежному боці. Такий порядок дозволяє рівномірно розподілити теплове навантаження і зменшити ймовірність короблення металу. Не рекомендується проварювати одну сторону вставки суцільним швом за один прохід, оскільки це майже завжди призводить до перегрівання і деформації панелі.

Схематично послідовність зварювання можна описати так: спочатку виконують прихватки в кутах ремонтної вставки, потім - по середині кожної сторони, після чого додають проміжні прихватки. Після перевірки положення вставки та рівності поверхні виконують короткі зварні ділянки між прихватками. Кожну наступну ділянку бажано накладати після часткового охолодження попередньої.

Під час зварювання необхідно контролювати зазор між ремонтною вставкою та основною панеллю. Зазор має бути рівномірним і мінімальним. Надмірний зазор ускладнює формування шва, збільшує ризик пропалів і потребує більшої кількості присадного металу. Якщо вставка погано підігнана, перед зварюванням необхідно повторно виконати підгонку, а не намагатися компенсувати зазор наплавленням металу.

Перед початком основного зварювання доцільно виконати пробні прихватки на зразку металу такої самої товщини. Це дозволяє перевірити правильність налаштування напівавтомата, стабільність дуги, якість захисту газом і відсутність пропалів. Після пробного зварювання оцінюють форму шва,

глибину проплавлення та кількість розбризкування. За потреби коригують струм, напругу, швидкість подачі дроту і витрату газу.

Для зменшення теплових деформацій не рекомендується охолоджувати шов водою, оскільки різке охолодження може спричинити додаткові внутрішні напруження. Більш доцільним є природне охолодження на повітрі або короткі технологічні паузи між накладанням окремих ділянок шва. Також потрібно уникати надмірного шліфування після зварювання, оскільки це може стоншити метал у зоні з'єднання.

Якість вибраного режиму зварювання оцінюють за зовнішнім виглядом шва, відсутністю пропалів, пор, тріщин, непроварів і значних деформацій панелі. Правильно виконаний шов має бути рівномірним, без грубих напливів і різких переходів. Після зачистки місце з'єднання повинно мати плавний перехід до основного металу та бути придатним до подальшого нанесення ґрунту, герметика, шпаклівки і лакофарбового покриття.

Отже, для відновлення ремонтної вставки заднього крила легкового автомобіля найбільш доцільно застосовувати MIG/MAG-зварювання дротом Св-08Г2С діаметром 0,8 мм у середовищі CO₂ або суміші Ar+CO₂. Рекомендовані режими зварювання: сила струму 45–80 А, напруга дуги 16–19 В, витрата газу 8–10 л/хв, виліт дроту 8–12 мм. Зварювання необхідно виконувати короткими ділянками або точками з чергуванням місць накладання шва, що дозволяє зменшити тепловиділення, уникнути пропалів тонколистового металу та запобігти коробленню зовнішньої кузовної панелі.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування необхідності розроблення пристосування

Під час відновлення пошкодженої частини заднього крила легкового автомобіля важливим етапом є точна розмітка лінії різку на кузовній панелі та ремонтній вставці. Від правильності виконання цієї операції залежить якість підгонки вставки, рівномірність зазору, зручність зварювання та обсяг подальших рихтувальних і малярних робіт.

На практиці лінію різку часто наносять вручну за допомогою лінійки, маркера або шаблона. Такий спосіб має певні недоліки, оскільки форма заднього крила є криволінійною, а пошкоджена ділянка може мати деформації, корозійні отвори або нерівні кромки. Унаслідок цього виникає похибка розмітки, ремонтна вставка може не збігатися з вирізаною ділянкою кузова, а між деталями утворюються нерівномірні зазори.

Для підвищення точності розмітки запропоновано застосувати універсальний регульований шаблон-кондуктор для розмітки лінії різку заднього крила за реперними точками, загальний вигляд якого наведено на рисунку 3.1.

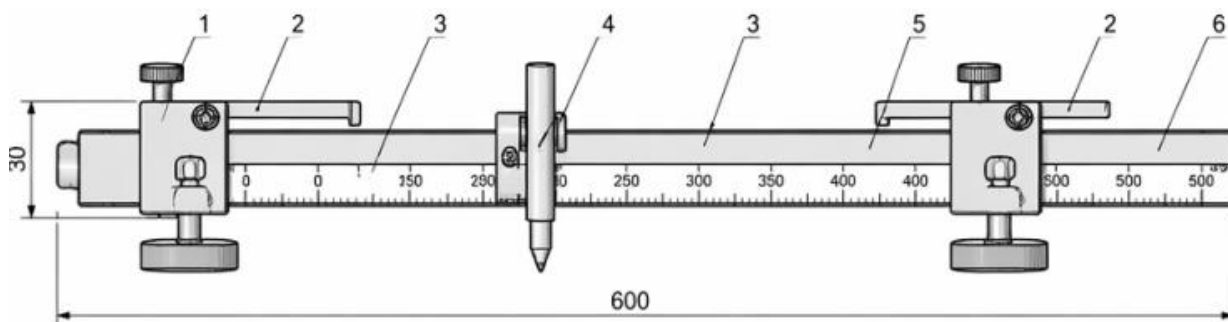


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд універсального регульованого шаблона-кондуктора:

1 – основна напрямна планка; 2 – рухома каретка з фіксатором; 3 – регульовальний упор; 4 – тримач маркера; 5 – шкала вимірювання; 6 – магнітний тримач; 7 – гнучка шаблонна лінійка; 8 – притискна накладка; 9 – гвинт фіксації М6; 10 – гайка-баранчик М6.

Запропоноване пристосування дозволяє виконувати розмітку не довільно, а з прив'язкою до реперних точок кузова: краю колісної арки, отвору кріплення бампера, нижнього фланця або інших технологічних елементів. Завдяки цьому забезпечується точніше перенесення лінії різку з кузова автомобіля на ремонтну вставку.

3.2 Функціональне призначення універсального пристосування

Універсальний шаблон-кондуктор призначений для розмітки лінії різку на пошкодженому задньому крилі легкового автомобіля та на ремонтній вставці. Його використання дає змогу забезпечити однаковий контур вирізу на кузові й ремонтній деталі, що значно полегшує подальше встановлення вставки перед зварюванням.

Пристосування застосовується під час ремонту заднього крила у випадках:

- корозійного пошкодження нижньої частини крила;
- пошкодження колісної арки;
- необхідності встановлення ремонтної вставки;
- часткової заміни кузовної панелі;
- підгонки ремонтної деталі перед MIG/MAG-зварюванням.

Основним призначенням даного пристосування являються:

- точне визначення місця різку на кузові автомобіля;
- перенесення лінії різку на ремонтну вставку;
- забезпечення рівномірного зазору між вставкою і основною панеллю;
- зменшення похибки підгонки;
- скорочення часу підготовчих операцій;
- підвищення якості зварного з'єднання;
- зменшення обсягу шпаклювальних робіт після зварювання.

Загальна будова пристосування, яке показано на рисунку 3.1, складається з основної напрямної планки, рухомих кареток, регулювальних упорів, тримача маркера або чертилки, шкали вимірювання, магнітних тримачів і гнучкої шаблонної лінійки.

Основні елементи універсального пристосування приведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні елементи універсального шаблона-кондуктора

Позиція на рис. 3.1	Найменування	Кількість	Матеріал	Призначення
1	Основна напрямна планка	1	Алюмінієвий профіль	Базовий елемент пристосування, на якому встановлюються рухомі каретки, шкала та розмічальний вузол
2	Рухома каретка з фіксатором	2	Сталь 45	Забезпечує переміщення упорів уздовж напрямної та їх фіксацію у потрібному положенні
3	Регульовальний упор	3	Сталь Ст3	Служить для базування пристосування за реперними точками кузова
4	Тримач маркера або чертилки	1	Алюміній	Призначений для нанесення лінії різку на кузовну панель або ремонтну вставку
5	Шкала вимірювання	1	Гравіювання на планці	Дозволяє контролювати відстань від реперної точки до лінії різку
6	Магнітний тримач	2	Магніт, сталь	Забезпечує тимчасову фіксацію пристосування на металевій поверхні кузова
7	Гнучка шаблонна лінійка	1	Пружинна сталь	Дозволяє повторити криволінійний контур колісної арки
8	Притискна накладка	3	Гума або поліуретан	Захищає поверхню кузова від подряпин і забезпечує м'який контакт
9	Гвинт фіксації М6	4	Сталь 45	Забезпечує затиск і фіксацію рухомих елементів
10	Гайка-баранчик М6	4	Сталь 45	Дозволяє швидко фіксувати елементи вручну без додаткового інструменту

3.3 Принцип роботи універсального пристосування

Принцип роботи універсального шаблона-кондуктора полягає у базуванні пристрою за реперними точками кузова та перенесенні заданої лінії різку на пошкоджену панель і ремонтну вставку.

Схема встановлення пристосування на задньому крилі автомобіля наведена на рисунку 3.2.

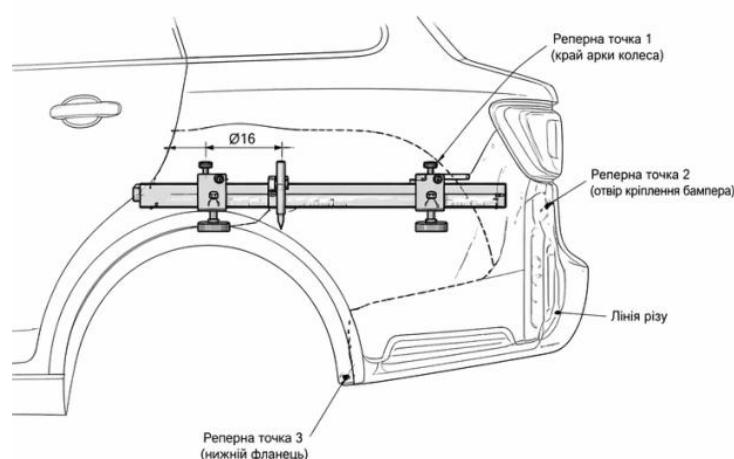


Рисунок 3.2 – Схема встановлення шаблона-кондуктора на задньому крилі автомобіля за реперними точками

Перед початком розмітки пошкоджену ділянку заднього крила очищають від бруду, фарби, іржі та мастики. Потім вибирають реперні точки, які не були пошкоджені під час експлуатації або дорожньо-транспортної пригоди. Такими точками можуть бути край колісної арки, отвір кріплення бампера, нижній фланець, край заднього ліхтаря або інші технологічні елементи кузова.

Після вибору реперних точок шаблон-кондуктор встановлюють на кузов. Рухомі каретки переміщують по напрямній планці до необхідного положення, а регульовальні упори суміщають із вибраними реперними точками. Після цього каретки фіксують гвинтами та гайками-баранчиками.

Далі за допомогою шкали виставляють положення тримача маркера. Розмічальний елемент переміщують уздовж напрямної та наносять лінію різку

на кузовну панель. Якщо лінія різку має криволінійну форму, застосовують гнучку шаблонну лінійку, яка дозволяє повторити контур колісної арки.

Після нанесення лінії різку на кузові пристосування переносять на ремонтну вставку. Її встановлюють за тими самими реперними відстанями або за відповідними кромками ремонтної деталі. Це дозволяє перенести контур різку на вставку з мінімальною похибкою. Після обрізання ремонтна вставка повинна точно відповідати вирізаній ділянці заднього крила.

3.4 Послідовність дій при використанні універсального пристосування

Послідовність використання шаблона-кондуктора під час ремонту заднього крила повинна забезпечувати точне базування пристрою за реперними точками, правильне нанесення лінії різку на кузовну панель і перенесення цього контуру на ремонтну вставку. Перед застосуванням пристосування необхідно переконатися, що вибрані реперні точки не мають деформацій і можуть використовуватися як надійна база для розмітки.

Спочатку пошкоджену ділянку заднього крила очищають від фарби, іржі, мастики, герметика та інших забруднень. Очищення виконують до чистого металу, щоб чітко бачити межі пошкодження та не допустити розмітки по ослабленій корозією ділянці. Після цього визначають зону, яка підлягає вирізанню, і вибирають непошкоджені реперні точки кузова. Як реперні точки можуть використовуватися край колісної арки, отвір кріплення бампера, нижній фланець або край суміжної кузовної панелі.

Далі шаблон-кондуктор встановлюють на заднє крило автомобіля. Регульовальні упори суміщають із вибраними реперними точками, після чого рухомі каретки фіксують на напрямній планці за допомогою гвинтів. Це дозволяє зберегти положення пристосування та уникнути зміщення під час нанесення лінії різку. Після фіксації кареток виставляють тримач маркера або чертилки на потрібну відстань від реперних точок.

Після перевірки правильності встановлення пристосування на кузовній панелі наносять лінію різку. Лінія повинна проходити по міцному металу, з відступом від пошкодженої або корозійно ослабленої ділянки. Якщо контур різку має криволінійну форму, використовують гнучку шаблонну лінійку, яка дозволяє повторити форму колісної арки.

Після нанесення лінії різку на задньому крилі пристосування переносять на ремонтну вставку. Завдяки тому, що положення кареток і упорів уже зафіксоване, контур можна перенести на вставку з мінімальною похибкою. На ремонтній вставці наносять відповідну лінію обрізання, після чого виконують підрізання вставки та пошкодженої частини кузова за нанесеними лініями.

Після обрізання ремонтну вставку встановлюють у підготовлений отвір заднього крила та перевіряють рівномірність зазору по всьому периметру. Вставка не повинна виступати над поверхнею крила або западати відносно основної панелі. Якщо в окремих місцях зазор є нерівномірним, виконують мінімальну підгонку кромки. Лише після цього вставку фіксують затискачами, виконують прихватки і переходять до зварювання.

Типова послідовність дій при використанні шаблона-кондуктора:

1. Очистити пошкоджену ділянку заднього крила від фарби, іржі, мастики та забруднень.
2. Визначити межі пошкодження та вибрати непошкоджені реперні точки кузова.
3. Встановити шаблон-кондуктор на заднє крило автомобіля.
4. Сумістити регульовальні упори з вибраними реперними точками.
5. Зафіксувати рухомі каретки на напрямній планці.
6. Виставити тримач маркера на потрібну відстань.
7. Нанести лінію різку на пошкоджену кузовну панель.
8. Перенести пристосування на ремонтну вставку без зміни положення упорів.
9. Нанести відповідну лінію обрізання на ремонтній вставці.
10. Обрізати пошкоджену частину кузова та ремонтну вставку за нанесеними лініями.

11. Встановити ремонтну вставку в отвір і перевірити рівномірність зазору.

12. За потреби виконати мінімальну підгонку кромки перед прихопленням і зварюванням.

Таким чином, використання шаблона-кондуктора дозволяє виконати розмітку кузова і ремонтної вставки за єдиною базою, що підвищує точність підгонки, зменшує зазор між деталями та полегшує подальше зварювання.

3.5 Переваги застосування універсального пристосування

Застосування універсального шаблона-кондуктора під час ремонту заднього крила дозволяє підвищити точність виконання підготовчих операцій і покращити якість встановлення ремонтної вставки. Основна перевага пристосування полягає в тому, що лінія різки наноситься не довільно, а з прив'язкою до реперних точок кузова. Це дає змогу забезпечити однакове положення лінії різки як на пошкодженій кузовній панелі, так і на ремонтній вставці.

Під час ручної розмітки існує ризик неточного перенесення контуру, особливо якщо деталь має криволінійну форму, як у випадку із заднім крилом або колісною аркою. Використання шаблона-кондуктора зменшує цю похибку, оскільки пристосування фіксується відносно сталих елементів кузова: краю арки, отвору кріплення бампера, нижнього фланця або інших непошкоджених ділянок. Завдяки цьому ремонтна вставка точніше відповідає вирізаній частині крила.

Важливою перевагою є забезпечення рівномірного зазору між ремонтною вставкою та основною кузовною панеллю. Рівномірний зазор полегшує виконання прихваток і зварювання, зменшує ризик пропалів тонколистового металу та дозволяє отримати більш якісний зварний шов. Якщо зазор є нерівномірним або занадто великим, зварювання ускладнюється, збільшується кількість присадного металу, зростає ризик перегрівання кромки і деформації панелі.

Крім того, використання пристосування скорочує час на підгонку ремонтної вставки. Без шаблону працівнику часто доводиться кілька разів приміряти вставку, підрізати її, коригувати кромки та перевіряти зазор. При застосуванні шаблону-кондуктора контур вирізу на кузові та вставці формується за єдиною базою, тому кількість додаткових підгінних операцій зменшується.

Застосування пристосування також позитивно впливає на якість подальших малярних робіт. Точніше встановлена ремонтна вставка має менші перепади по площині з основною панеллю, тому після зварювання потрібно менше шпаклівки для вирівнювання поверхні. Це підвищує довговічність ремонту, оскільки надмірний шар шпаклівки може з часом розтріскуватися або відшаровуватися.

Основними перевагами застосування універсального шаблону-кондуктора являється:

- забезпечення точної розмітки лінії різку за реперними точками;
- можливість однакового перенесення контуру на кузовну панель і ремонтну вставку;
- зменшення похибки ручної розмітки;
- забезпечення рівномірного зазору між вставкою та основною панеллю;
- скорочення часу на підгонку ремонтної вставки;
- зменшення ризику утворення великих зазорів під час зварювання;
- зниження ймовірності пропалів тонколистового металу;
- покращення якості зварного з'єднання;
- зменшення обсягу подальшого шпаклювання;
- підвищення загальної якості кузовного ремонту;
- можливість багаторазового використання пристосування під час ремонту різних кузовних елементів;
- простота конструкції та можливість виготовлення в умовах ремонтної майстерні.

Отже, запропоноване пристосування дозволяє зробити процес розмітки більш точним, повторюваним і зручним для виконавця робіт. Його

застосування є доцільним під час ремонту заднього крила легкового автомобіля, оскільки воно підвищує якість підгонки ремонтної вставки, зменшує трудомісткість підготовчих операцій і покращує кінцевий результат кузовного ремонту.

3.6 Контрольне пристосування для перевірки геометрії ремонтної частини заднього крила

Після встановлення ремонтної вставки заднього крила важливо перевірити правильність її положення відносно основної кузовної панелі. Навіть при точній розмітці та акуратному зварюванні тонколистовий метал може деформуватися від нагрівання, а ремонтна вставка може незначно виступати або западати відносно площини крила. Це призводить до порушення форми колісної арки, збільшення шару шпаклівки та погіршення якості кузовного ремонту.

Для контролю геометрії ремонтної частини заднього крила запропоновано застосувати контрольне пристосування, загальний вигляд якого приведено на рисунку 3.3.

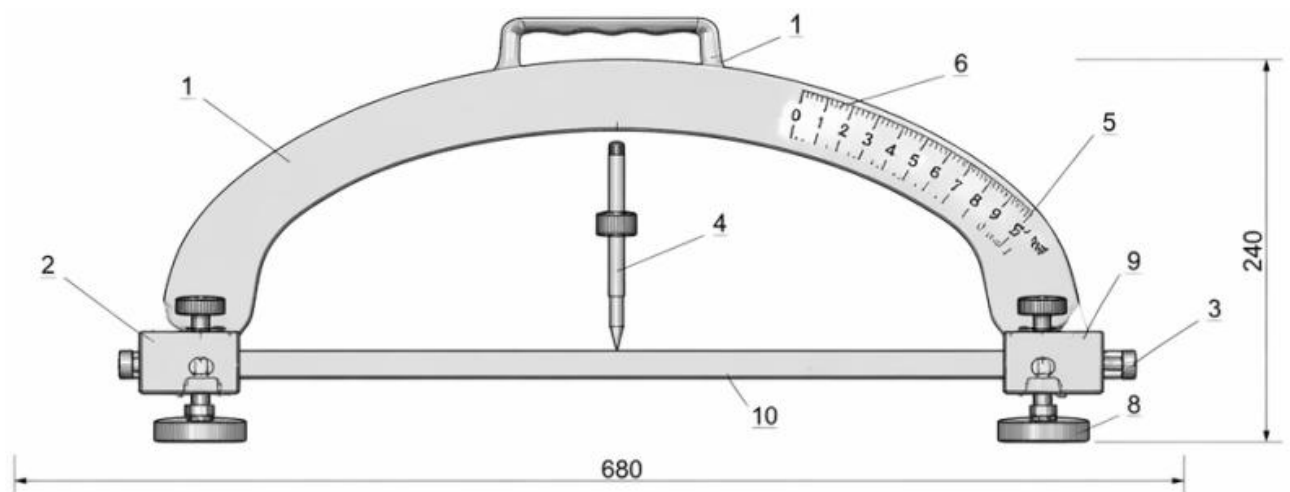


Рисунок 3.3 – Контрольне пристосування для перевірки геометрії ремонтної частини заднього крила

1 — дугоподібна шаблонна планка; 2 — опорний упор по краю арки; 3 — базовий упор по нижньому фланцю; 4 — регульовальний щуп; 5 — шкала відхилення 0–10 мм; 6 — ручка для утримання; 7 — гумова захисна накладка; 8

— магнітний фіксатор; 9 — фіксуючий гвинт; 10 — контрольна лінійка площини.

Дане універсальне контрольне пристосування призначене для перевірки відповідності відновленої ділянки заднього крила заданому контуру. Пристосування дозволяє контролювати форму колісної арки, положення ремонтної вставки відносно основної кузовної панелі, а також виявляти виступання, западання або хвилястість поверхні після прихоплення, зварювання і зачистки шва.

Основна ідея роботи пристосування полягає в тому, що воно базується на непошкоджених ділянках кузова, а дугоподібна шаблонна планка повторює правильний контур колісної арки. Якщо після встановлення пристосування між шаблоном і поверхнею ремонтної частини є відхилення, його можна виміряти за допомогою регульовального щупа і шкали.

3.6.1. Функціональне призначення контрольного пристосування

Контрольне пристосування використовується для перевірки якості встановлення ремонтної вставки заднього крила на різних етапах ремонту:

- після попереднього примірювання ремонтної вставки;
 - після виконання прихваток;
 - після основного MIG/MAG-зварювання;
 - після зачистки зварного шва;
 - перед нанесенням шпаклівки, ґрунту та лакофарбового покриття.
- За допомогою контрольного пристосування можна перевірити:
- відповідність форми ремонтної частини контуру заднього крила;
 - симетричність і плавність лінії колісної арки;
 - наявність виступання або западання вставки;
 - рівність поверхні після зварювання;
 - відсутність значного короблення тонколистової панелі;
 - потребу в додатковому рихтуванні перед малярними роботами.

Схема використання контрольного пристосування на задньому крилі автомобіля наведена на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Схема використання контрольного шаблона під час перевірки ремонтної частини заднього крила

1 — дугоподібна шаблонна планка; 2 — опорний упор по краю арки; 3 — базовий упор по нижньому фланцю; 4 — регулювальний щуп;

Основні елементи контрольного пристосування приведені на рисунку 3.5.

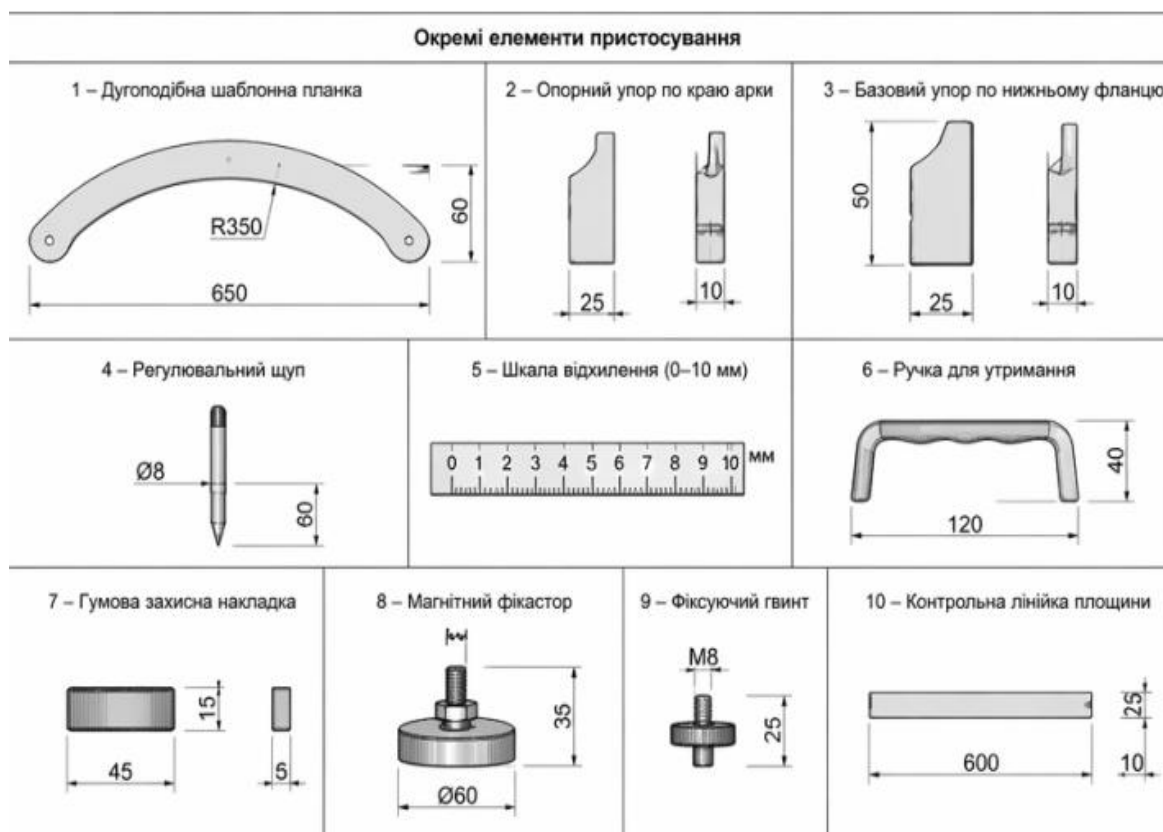


Рисунок 3.5 – Деталювання контрольного пристосування

Принцип роботи контрольного пристосування полягає у порівнянні фактичної форми відремонтованої ділянки заднього крила з еталонним контуром шаблонної планки. Пристосування встановлюють на кузов автомобіля так, щоб опорний упор по краю арки та базовий упор по нижньому фланцю спиралися на непошкоджені ділянки кузова.

Після встановлення пристосування дугоподібна шаблонна планка повинна повторювати правильний контур колісної арки. Регулювальний щуп підводять до поверхні ремонтної частини і за шкалою визначають величину відхилення. Якщо щуп показує нульове або мінімальне відхилення, форма відновленої ділянки відповідає заданому контуру.

Якщо ремонтна вставка виступає над площиною крила, це буде видно за щупом і контрольним зазором між шаблоном та поверхнею. Якщо вставка западає всередину, утворюється збільшений проміжок між шаблонною планкою і поверхнею деталі. У такому випадку потрібно виконати додаткове рихтування або корекцію положення вставки до остаточного завершення ремонту.

Під час використання пристосування допускається така послідовність контролю:

- встановити шаблон на непошкоджену ділянку заднього крила;
- зафіксувати положення шаблона за допомогою опорних упорів і магнітних фіксаторів;
- підвести регулювальний щуп до поверхні ремонтної вставки;
- визначити відхилення за шкалою;
- перевірити форму арки у кількох точках по довжині ремонтної частини;
- за потреби виконати рихтування або корекцію положення вставки;
- повторно перевірити геометрію після виправлення дефектів.

Принцип перевірки полягає у порівнянні поверхні ремонтної частини з еталонною формою шаблона. У процесі контролю шаблон встановлюють за опорними упорами на непошкоджених ділянках кузова. Після цього регулювальним щупом перевіряють відстань між шаблонною планкою і поверхнею ремонтної частини.

Для оцінювання результату контролю приймаються наступні умови:

0 мм - поверхня відповідає еталонному контуру;
відхилення до ± 1 мм - допустиме для подальших малярних робіт;
відхилення більше ± 1 мм - потрібна додаткова корекція або рихтування.

Такий спосіб контролю дозволяє вчасно виявити дефекти форми до нанесення шпаклівки і фарби. Це зменшує ймовірність повторного ремонту та підвищує якість відновлення заднього крила.

Застосування контрольного пристосування має такі переваги:

дозволяє швидко перевірити форму ремонтної частини заднього крила;
забезпечує контроль за реперними ділянками кузова;
дозволяє виявити виступання або западання ремонтної вставки;
допомагає контролювати правильність форми колісної арки;
зменшує обсяг подальшого шпаклювання;
підвищує якість підготовки деталі до фарбування;
дає можливість контролювати деформації після зварювання;
має просту конструкцію;
може бути виготовлене з доступних матеріалів;
може багаторазово використовуватися під час ремонту аналогічних кузовних деталей.

Отже, контрольне пристосування для перевірки геометрії ремонтної частини заднього крила є доцільним доповненням до технологічного процесу ремонту. Його використання дозволяє підвищити точність контролю, зменшити кількість дефектів після зварювання та забезпечити якісну підготовку відновленої деталі до малярних робіт.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час виконання кузовно-зварювальних робіт

Відновлення кузовних деталей легкових автомобілів належить до робіт підвищеної небезпеки, оскільки під час їх виконання використовуються зварювальне обладнання, електроінструмент, шліфувальні машини, підймальні пристрої, стиснене повітря, горючі гази та легкозаймісті матеріали.

Технологічний процес ремонтного зварювання включає операції дефектування кузова, демонтажу пошкоджених елементів, вирізання дефектних ділянок, підготовки кромки, виготовлення ремонтних вставок, механізованого зварювання в середовищі захисних газів, шліфування зварних швів, антикорозійної обробки та фарбування.

Під час виконання зазначених робіт на працівника можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

До фізичних факторів належать підвищений рівень шуму та вібрації від роботи кузовних шліфувальних машин, компресорів і рихтувального обладнання, підвищена температура зварювальної дуги, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання, недостатня освітленість робочої зони, а також небезпека ураження електричним струмом.

Механічну небезпеку становлять обертові частини електроінструменту, відлітання металевих частинок і абразиву, гострі кромки кузовних деталей, падіння інструменту та переміщуваних елементів кузова.

Під час механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу утворюються зварювальні аерозолі, оксиди металів, чадний газ та інші шкідливі речовини. Їх накопичення в робочій зоні може негативно впливати на органи дихання та загальний стан працівника.

Особливу небезпеку становлять роботи в замкнених порожнинах кузова, де можливе накопичення шкідливих газів та недостатній повітрообмін.

Важливим фактором є пожежна небезпека. Під час зварювання виникають бризки розплавленого металу та іскри, які можуть спричинити займання лакофарбових матеріалів, антикорозійних покриттів, мастил, паливних залишків або обшивки автомобіля.

Таким чином, виконання кузовно-зварювальних робіт потребує обов'язкового дотримання вимог охорони праці та застосування комплексу заходів безпеки.

4.2 Вимоги безпеки під час виконання ремонтного зварювання кузовних деталей

До виконання зварювальних робіт допускаються особи віком не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання з охорони праці, інструктаж та перевірку знань правил безпечного виконання зварювальних робіт.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність зварювального напівавтомата, редукторів, газових шлангів, кабелів живлення, захисного заземлення та вентиляційного обладнання.

Перед зварюванням кузова автомобіля необхідно:

- від'єднати акумуляторну батарею;
- демонтувати або захистити електронні блоки керування;
- видалити поблизу місця ремонту горючі матеріали;
- очистити поверхню металу від фарби, мастила та корозії;
- перевірити відсутність витоку палива.

Під час зварювання забороняється виконувати роботи без захисної маски, рукавиць та спецодягу. Працівник повинен використовувати зварювальний щиток із автоматичним світлофільтром.

Для зменшення деформацій кузова зварювання необхідно виконувати короткими ділянками з перервами для охолодження металу. Не допускається тривале нагрівання тонколистових кузовних панелей.

Після завершення зварювання необхідно провести огляд місця виконання робіт з метою виключення можливого займання.

4.3 Виробнича санітарія та мікроклімат ремонтної дільниці

Сприятливі санітарно-гігієнічні умови є важливою складовою безпечної праці під час кузовного ремонту.

Температура повітря в приміщенні в холодний період року повинна підтримуватися в межах 16–18 °С, а в теплий період не перевищувати 28 °С. Відносна вологість повітря повинна становити 40–60 %, а швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с.

Для видалення зварювальних аерозолів і пилу на дільниці повинна бути передбачена припливно-витяжна вентиляція. Безпосередньо біля місця зварювання рекомендується встановлювати місцеві відсмоктувачі.

Рівень шуму в робочій зоні не повинен перевищувати 80 дБА. Для його зниження застосовують своєчасне технічне обслуговування обладнання, гумові вібропоглинаючі опори та використання засобів індивідуального захисту органів слуху.

Особливу увагу необхідно приділяти освітленню робочих місць. Недостатня освітленість ускладнює виявлення дефектів та може стати причиною травмування працівника.

4.4 Розрахунок штучного освітлення кузовно-зварювальної дільниці

Для проведення кузовно-зварювальних робіт приймаємо площу виробничої дільниці:

довжина приміщення – 8 м;

ширина приміщення – 6 м.

Площа приміщення:

$$S = 8 \times 6 = 48 \text{ м}^2.$$

Нормована освітленість для ремонтно-зварювальних робіт становить:

$$E = 300 \text{ лк.}$$

Необхідний світловий потік визначаємо за формулою:

$$\Phi = (E \cdot S \cdot k \cdot z) / \eta$$

де:

$$E = 300 \text{ лк};$$

$$S = 48 \text{ м}^2;$$

$k = 1,5$ – коефіцієнт запасу;

$z = 1,1$ – коефіцієнт нерівномірності;

$\eta = 0,55$ – коефіцієнт використання світлового потоку.

Тоді:

$$\Phi = (300 \cdot 48 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / 0,55 = 43200 \text{ лм.}$$

Для освітлення дільниці приймаємо світлодіодні світильники потужністю 50 Вт зі світловим потоком 6000 лм.

Необхідна кількість світильників:

$$N = 43200 / 6000 = 7,2.$$

Приймаємо 8 світлодіодних світильників.

Фактичний світловий потік:

$$\Phi_f = 8 \cdot 6000 = 48000 \text{ лм.}$$

Отримане значення забезпечує нормативні умови освітлення робочих місць.

4.5 Електробезпека під час виконання кузовно-зварювальних робіт

Зварювальні напівавтомати працюють від електричної мережі напругою 220 або 380 В, тому питання електробезпеки мають особливе значення.

Основними причинами ураження електричним струмом є пошкодження ізоляції кабелів, відсутність заземлення, дотик до струмоведучих частин та експлуатація несправного обладнання.

Для забезпечення електробезпеки необхідно:

- виконати захисне заземлення корпусів обладнання;
- використовувати автоматичні вимикачі та пристрої захисного вимкнення;
- регулярно контролювати стан кабелів і зварювальних рукавів;
- заборонити виконання робіт у вологому одязі або мокрому взутті;

– проводити ремонт обладнання лише після його повного відключення від мережі.

Працівники повинні знати порядок надання домедичної допомоги при ураженні електричним струмом.

4.6 Пожежна безпека під час ремонтного зварювання

Кузовно-зварювальні роботи належать до пожежонебезпечних робіт через наявність відкритої електричної дуги, іскор та розплавленого металу.

Найбільшу небезпеку становлять залишки паливно-мастильних матеріалів, лакофарбові покриття, пластикові елементи оздоблення та антикорозійні матеріали.

Для запобігання пожежам необхідно:

- очищати місце зварювання від горючих матеріалів;
- застосовувати вогнестійкі екрани;
- забезпечити постійний контроль місця проведення робіт;
- утримувати в справному стані електромережу та зварювальне обладнання;
- забезпечити ділянку первинними засобами пожежогасіння.

На ділянці повинні бути встановлені порошкові вогнегасники ВП-5 або ВП-9, ящики з піском та пожежний інвентар.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз конструкції сучасних кузовів легкових автомобілів та особливостей їх експлуатації. Встановлено, що кузов є одним із найбільш відповідальних елементів автомобіля, який сприймає механічні, вібраційні, ударні та корозійні навантаження протягом усього терміну експлуатації транспортного засобу.

Проаналізовано основні пошкодження кузовних деталей, серед яких найбільш поширеними є корозійні руйнування, механічні деформації, тріщини, розриви металу та порушення геометрії кузова. Визначено, що значна частина пошкоджень може бути усунена шляхом відновлення кузовних елементів без їх повної заміни.

Розглянуто сучасні методи відновлення кузовних деталей автомобіля, включаючи рихтування, витягування на стапелі, встановлення ремонтних вставок, заміну пошкоджених панелей та ремонтне зварювання. Встановлено, що вибір методу ремонту залежить від характеру пошкодження, стану металу та функціонального призначення кузовного елемента.

Проведено аналіз основних способів зварювання, які застосовуються під час кузовного ремонту. На основі порівняння технологічних можливостей різних способів зварювання встановлено, що найбільш доцільним для відновлення кузовних деталей легкового автомобіля є механізоване зварювання в середовищі захисних газів MIG/MAG, яке забезпечує високу якість зварного з'єднання, достатню продуктивність та можливість роботи з тонколистовим металом.

Розроблено технологію ремонтного зварювання кузовних деталей легкового автомобіля, яка включає підготовку пошкодженої ділянки, виготовлення ремонтної вставки, виконання зварювальних робіт, контроль якості зварного шва та подальшу антикорозійну обробку відремонтованої поверхні.

У розділі безпеки життєдіяльності виконано аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що виникають під час кузовно-зварювальних робіт, розроблено комплекс заходів щодо забезпечення безпечних умов праці та

пожежної безпеки, а також виконано розрахунок освітлення виробничої дільниці.

Розроблена технологія ремонтного зварювання дозволяє забезпечити якісне відновлення кузовних деталей легкових автомобілів, підвищити довговічність відремонтованих елементів, знизити витрати на ремонт та покращити техніко-економічні показники роботи підприємств автомобільного сервісу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі : О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, А.Б. Гупка, Р.В. Хорошун. – Тернопіль : ФОП «Паляниця В.А.», 2022. – 61 с .

2. Техніко – економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

3. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

4 Підручник з будови автомобіля. Видання третє. виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с

5. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

6. Oleg Lyashuk ,Andrii Gupka, Yuriy Pyndus , Vasily Gupka, Mariia Sipravska, Andrzej Wozniak, Mikola Stashkiv The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine (ICCP T 2019), Ternopil, Ukraine, May 28-29, 2019.

7. O. Liashuk O. Livitskyi, V. Aulin , S. Lysenko , A. Hrynkiv, A.Gypka Parameters of the lubrication process during operational wear of the crankshaft bearings of automobile engines Problems of Tribology, V. 27, No 4/106-2022, 69-81.

8. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для

студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.

9. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с