

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ  
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З. ГЖИЦЬКОГО  
ВІДДІЛ ЗАОЧНОГО НАВЧАННЯ ЦЕНТРУ ПЕРЕПІДГОТОВКИ ТА  
ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему «Розробка технологічної операції ремонту рам вантажних  
автомобілів зварюванням»

Виконала: студентка групи Ат-51з

Спеціальності 274 Автомобільний транспорт  
(шифр і назва)

Сорокопудова Оксана Володимирівна  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ  
ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Освітній ступінь «Бакалавр»  
Спеціальність 274 Автомобільний транспорт  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
Машинобудування  
(назва кафедри)

\_\_\_\_\_

(підпис)

професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ  
(прізвище та ініціали)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студентці

Сорокопудовій Оксані Володимирівні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка технологічної операції ремонту рам вантажних автомобілів зварюванням»

Керівник роботи \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛНУП від 08 березня 2024 року №172/к-с

2. Строк подання студентом роботи до “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

3. Вихідні дані до работ: довідкова література, інтернетджерела технічні характеристики вантажних автомобілів, методики розробки технологічних процесів, типові технологічні процеси ремонту деталей зварюванням, методики розрахунку режимів зварювання, інструкції з охорони праці, технічні характеристики зварювальних апаратів та додаткового обладнання, витратних матеріалів.

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

4.1. Аналіз стану питання в теорії і практиці; 4.2. Технологічна частина; 4.3. Конструктивна частина; 4.4. Охорона праці; 4.5. Економічна оцінка роботи.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		Завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Швець О.П. доц. каф. машинобудування			
4	Городецький І.М. доц. каф. УПБВ			

7. Дата видачі завдання “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Аналіз стану питання в теорії і практиці	17.05.24	
2	Технологічна частина	26.07.24	
3	Конструктивна частина	06.09.24	
4	Охорона праці	25.10.24	
5	Економічна оцінка роботи	20.12.24	
6	Оформлення пояснювальної записки	21.02.25	
7	Оформлення графічної частини	10.03.25	

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Сорокопудова О.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Швець О.П.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Сорокопудова О. В.** «Розробка технологічної операції ремонту рам вантажних автомобілів зварюванням». /Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, 2025. 62 с.

Проведено аналіз конструкцій рам вантажних автомобілів. Проаналізовано основні дефекти, умови їх виникнення та технологічні процеси ремонту рам.

Запропоновано технологію відновлення роботоздатності тріснутої рами вантажного автомобіля методом зварювання тріщин та накладання ремонтних підсилюючих накладок.

Розраховано параметри процесу механізованого зварювання рам, вибрано необхідне обладнання для виконання ремонтного зварювання.

Розглянуто питання охорони праці під час виконання операцій зварювання.

Визначено собівартість технологічного процесу відновлення роботоздатності рами методом зварювання та підтверджено економічну доцільність вибору зварювального обладнання.

Табл. 5; рис. 24; бібліогр. джерел 27.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ В ТЕОРІЇ І ПРАКТИЦІ	6
1.1 Призначення рами вантажного автомобіля	6
1.2 Типи рам вантажівок	7
1.3 Переваги та недоліки рамної конструкції автомобіля	12
1.4 Типи з'єднань, які застосовуються в рамах автомобілів	13
1.5 Аналіз типових операцій ремонту елементів автомобільних рам	16
Висновки за розділом	22
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	23
2.1 Матеріали для виготовлення деталей рами та їх дефекти	23
2.2 Технологічний процес відновлення рам	24
2.3 Особливості процесу ремонту клепаних рам	26
2.4 Вимоги до якості з'єднань, виконаних ремонтним зварюванням	28
2.5 Розрахунок режимів і параметрів процесу механізованого ремонтного зварювання рами	29
Висновки за розділом	36
3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	37
3.1 Технологічні особливості ремонту рам зварюванням	37
3.2 Підсилення ушкоджених місць рам	41
Висновки за розділом	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	49
4.1 Аналіз вимог техніки безпеки під час зварювальних робіт	49
4.2 Моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків	51
4.3 Рекомендації щодо покращення безпеки праці	53
Висновки за розділом	53
5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ	54
5.1 Розрахунок капітальних вкладень	54
5.2 Кошторис витрат за виконання робіт	55
5.3 Розрахунок показників економічної ефективності	57
Висновки за розділом	58
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	59
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	60

## ВСТУП

Експлуатація вантажних транспортних засобів супроводжується впливом на них значних навантажень, під дією яких в елементах їх рам накопичуються внутрішні напруження, які в подальшому можуть призвести до появи дефектів у вигляді мікротріщин, деформацій та зломів. Проблема надійності рам авто актуальна для усіх видів транспортних засобів. В нашій країні ця проблема постає особливо гостро, оскільки вантажівки працюють на дорогах зі складним рельєфом та поганою якістю твердого покриття.

Майже у всіх конструкцій вантажних авто базовим елементом є рама, яка значну частину їх маси і значно впливає на його ресурс роботи. Основними факторами, які визначають роботоздатність рами є наявність в ній таких пошкоджень, як тріщини. Продовжити ресурс та відновити її роботоздатність можна шляхом ремонту різноманітними способами. Особливо це актуально для рамних конструкцій, виготовлених або відремонтованих з використанням процесів зварювання, оскільки даний спосіб може викликати зміни структури та фізико-механічних властивостей матеріалу її деталей.

Одним з най важливіших процесів ремонту пошкоджених елементів рамних конструкцій, а також відновлення небезпечних місць, в яких зародилися тріщини, є відновлення пошкодження основного металу за рахунок металургійних процесів зварювання та шляхом встановлення елементів підсилення.

Технології ремонту рамних конструкцій вантажних автомобілів характеризуються недостатністю чітких рекомендацій щодо виконання робіт з врахуванням підбору необхідних операцій та оптимального режиму роботи технологічного обладнання. Аналіз раніше виконаних досліджень показав необхідність розробки чітких методик виконання ремонту рам автомобілів методом електродугового зварювання.

## 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ В ТЕОРІЇ І ПРАКТИЦІ

Рама вантажівки - «скелет» автомобіля. Вона являє собою балкову конструкцію і виступає в ролі основи для кріплення двигуна, КПП, кабіни, ходової частини та інших елементів автомобіля. Вони бувають лонжеронні, Х-подібні, периферійні, просторові, хребтові та комбіновані.

Виготовляється рами з вуглецевих сталей. Далі розглянемо призначення, види та особливості рамних конструкції автомобілів, переваги та недоліки різних конструкцій несучих рам.

### 1.1 Призначення рами вантажного автомобіля

Рама вантажного автомобіля – це несуча конструкція, призначена для фіксації кузовної частини, агрегатів та механізмів транспортного засобу. Як правило, вона складається з поздовжніх балок коритоподібного перерізу і поперечок зі сталі. Елементи рами зкріплюються між собою за допомогою заклепок або болтів. До рами фіксуються такі елементи: кабіна; двигун із коробкою передач; підвіска; мости; запасне колесо; буксирний пристрій; гак для буксирування із запірним механізмом; кріплення для монтажу ресор; елементи кермового управління тощо. В комплексі всі ці системи формують шасі, що має закінчений вигляд і здатне переміщатися самостійно. Для кріплення кузова використовуються кронштейни на болтових з'єднаннях з прокладками з товстої гуми. Їхнє завдання полягає у гасінні вібрації, яка діє на водія та пасажирів. Такі типи рам - основа сучасних вантажних автомобілів. Хоча раніше рамні шасі були характерні і для легкових машин. Крім вантажних авто, на сьогодні індивідуальну потужну рамну конструкцію також мають позашляховики [11].

Рама вантажівки складає до 10-15 % її загальної маси. Додатково в процесі руху вона сприймає різні види навантажень, у тому числі на кручення та згин. Рамна конструкція повинна витримувати великі навантаження та бути максимально легкою. Ось чому для її виготовлення застосовується сталь із середнім чи низьким вмістом вуглецю.

До матеріалів рам ставлять такі основні вимоги:

- можливість холодного/гарячого зварювання;
- оптимальне співвідношення хрому, марганцю та інших елементів для підвищення міцності;
- товщина листової сталі для елементів рами вантажівок – 3...8 мм залежно від типу машини та заявленої вантажопідйомності.

## 1.2 Типи рам вантажівок

Під час аналізу будови рам вантажних автомобілів та їх характеристик необхідно враховувати їх тип та конструктивні особливості. Нижче наведемо основні варіанти, які застосовуються під час виготовлення вантажівок різної вантажопідйомності.

Лонжеронна - проста і надійна конструкція рами, яка складається з пари лонжеронів, що мають поздовжнє виконання і виготовлені з товстого металу. Для з'єднання лонжеронів застосовується дві та більше поперечні балки, що робить конструкцію схожою на сходи. Такий тип рами застосовується на багатьох вантажівках (наприклад, КрАЗ), позашляховиках і пікапах [11, 13].



Рисунок 1.1 – Лонжеронна автомобільна рама



При виготовленні лонжеронів застосовується метал високої міцності різного перерізу. Балки мають симетричне виконання, і не завжди є паралельними до дороги. Конструктивно вони здатні гнутися по вертикалі та горизонталі і можуть перебувати під кутом.

Для зниження центру тяжкості багато виробників застосовують вигин лонжеронів у вертикальній площині в області коліс. Така особливість покращує стійкість вантажного автомобіля на дорозі.

Лонжерони мають швелерну, 2-таврову або коробчасту конструкцію, що забезпечує більшу надійність та вантажопідйомність. Балки кріпляться зварюванням, а також клепаними та болтовими з'єднаннями.

Переваги лонжеронної рами:

- простота;
- технологічність;
- хороша жорсткість;
- захист дорогих вузлів при їзді бездоріжжям.

Недоліки:

- опущена підлога;
- велика маса;
- громіздкість.

Головна особливість лонжеронної Х-подібної рами у тому, що лонжерони, встановлені у центрі вантажівки, максимально зближуються. Наявного простору вистачає лише для установки приводного валу, який передає момент від двигуна до заднього моста. Ця ділянка рами буває закритою або відкритою. У першому випадку конструкція має вигляд труби, що зустрічається на автомобілях Дженерал Моторз 50-60-х років випуску. Другий варіант характерний для автомобілів Мерседес-Бенц 30-50-х років минулого століття, а також вантажівок [11].

У машинах з Х-подібним типом рами, як правило, встановлюється два кардани з двома або трьома шарнірами. Для транспортних засобів, що мають іншу конструкцію, такий варіант не застосовується. Х-подібний вид рами має переваги та недоліки розглянутої вище конструкції.



Рисунок 1.2 – Лонжеронна X-подібна автомобільна рама

Розглядаючи, які рами встановлюють на вантажних автомобілях, варто згадати про лонжеронну периферійну конструкцію. Її історія почалася ще в 60-х роках, а роль перших прототипів зіграли легкові автомобілі європейського виробництва. Особливість периферійних рам полягає у великій відстані між основними елементами. По суті вони знаходяться біля порогів машини, що дозволило опустити підлогу і знизити висоту автомобіля.



Рисунок 1.3 – Лонжеронна периферійна автомобільна рама

До її переваг відносять стійкість до бічних впливів, зручність конвеєрного складання, зменшення висоти автомобіля та вищу безпеку. Недоліками є складна конструкція, краще застосування для легкових автомобілів через меншу жорсткість та міцність.

Розробником конструкції хребетної рами є компанія «Татра» (Чехія), яка представила розробку ще у 20-х роках ХХ століття. Саме цей варіант рами ставився на автомобілі бренду. Сьогодні застосовується на вантажних автомобілях, які відрізняються великою прохідністю й мають два мости та більше. На легкових автомобілях такі рами не використовуються.

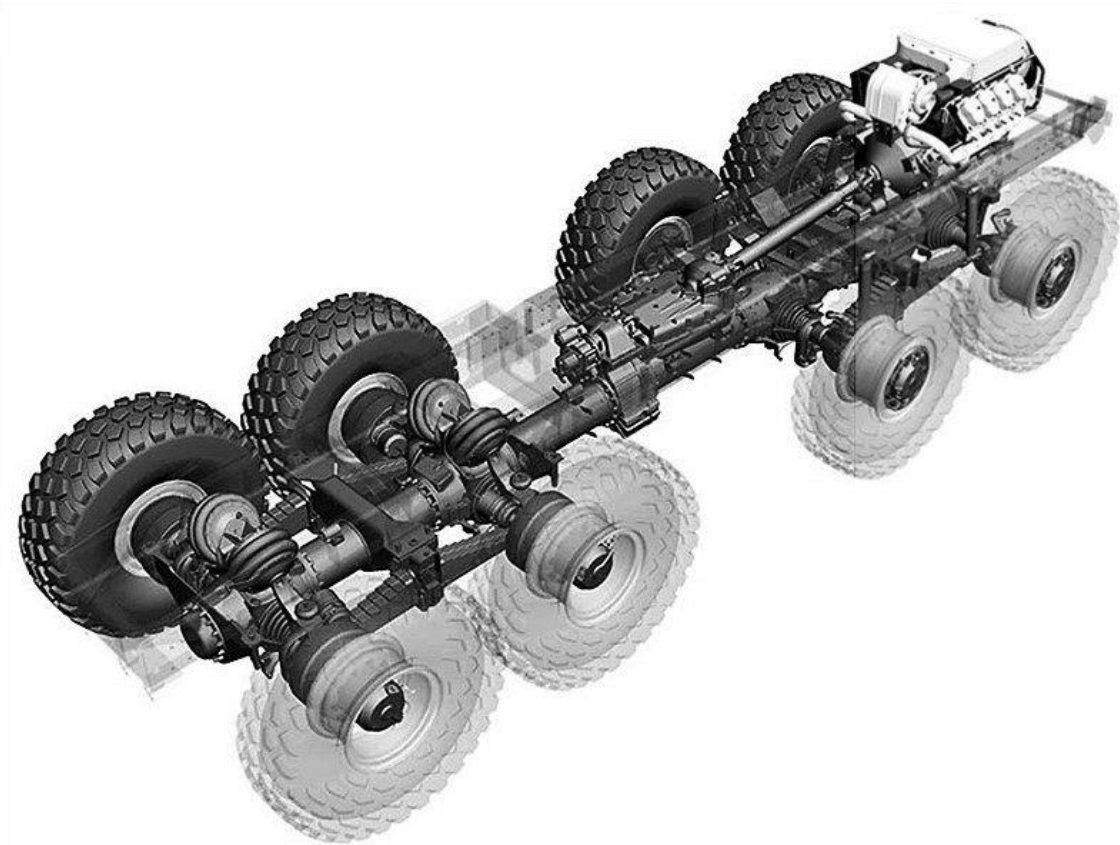


Рисунок 1.4 – Хребетна автомобільна рама

Головний вузол її конструкції є трансмісійна труба, яка йде центром і об'єднує картер двигуна та інші вузли: КПП, зчпний механізм та головну передачу. Усередині проходить вал невеликої товщини, який замінює кардан. Для монтажу хребтової рами на вантажівці потрібна наявність незалежної підвіски. Її плюси: жорсткість проти обертання; надійність конструкції;

здатність витримувати велику вагу; можливість створення різних модифікацій. Мінусами є: проблеми з доступом до основних вузлів під час ремонту; низька розгалуженість; висока ціна.

Конструктивно просторова рама складається зі зварного каркаса, при створенні якого використовуються труби. У процесі створення конструкції робляться відсіки, в яких встановлюються та кріпляться головні елементи автомобіля, у тому числі кабіна. Додатково рама відіграє роль кузова, який у таких автомобілях не передбачається. Це зумовлено кріпленням обшивки безпосередньо на труби.

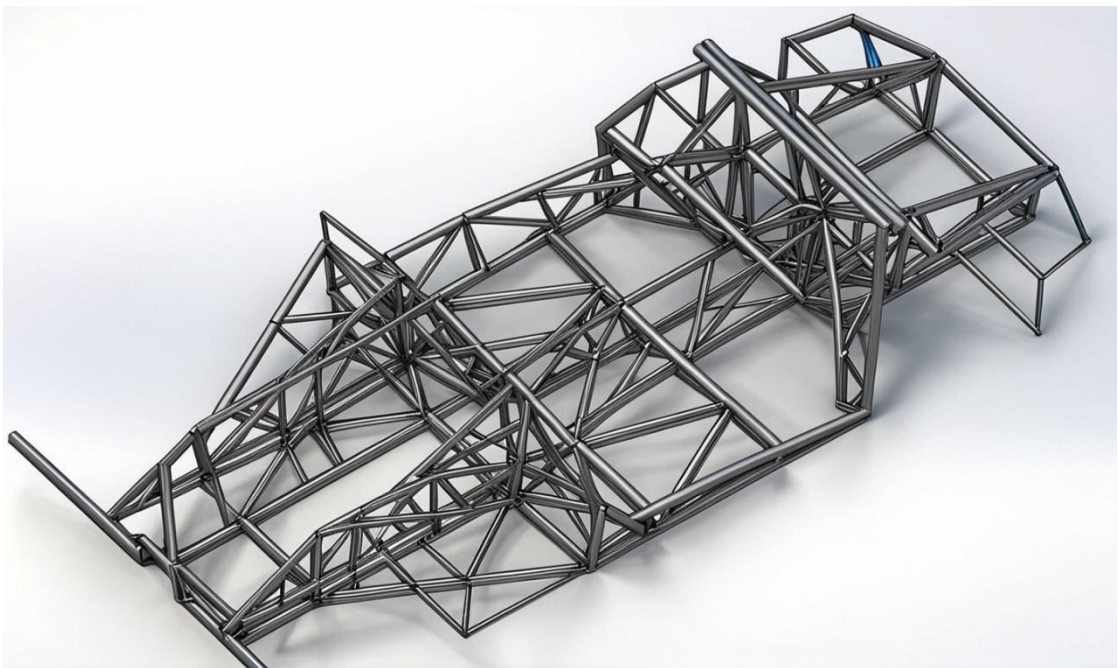


Рисунок 1.5 – Просторова автомобільна рама

Просторова рама вважається найбільш складною за конструкцією та, як правило, застосовується для спортивних авто. Її переваги: невелика вага; висока міцність; надійний захист водія та пасажирів. Мінуси: складність виготовлення; висока ціна.

Вище розглянуті основні варіанти рам вантажних автомобілів, які відрізняються порівняльною простою конструкцією та надійністю. В окрему їх категорію входять комбіновані варіанти рамних конструкцій, які поєднують різні види рам. У них використовуються елементи хребтових та лонжеронних рам, а саме балки та лонжеронів. Виготовляються із застосуванням товстого



металу для рами вантажівки, що відповідає вимогам жорсткості. Конструктивно такі пристрої мають такий вигляд:

- 1 - лонжерони - знаходяться спереду та ззаду;
- 2 - труба розташована в центрі, але без приводного валу всередині;
- 3 - з'єднання балки та лонжеронної конструкції - жорстке.

Один із їх представників є вилчасто-хребтова рама. Нерідко виробники поєднують Х-подібний варіант конструкції та несучу основу.

Можливі й інші варіанти рам, наприклад, вбудовані. Їхня особливість у тому, що вони є частиною кузовної конструкції і робляться одночасно з ним. При цьому лонжерони знаходяться тільки перед авто і використовуються для кріплення двигуна.

Альтернативним варіантом є поєднання кузова та підрамника. Головною особливістю такої конструкції є кріплення до кузова за допомогою болтів, а функціональне навантаження таке саме, як у розглянутій вище конструкції.

### 1.3 Переваги та недоліки рамної конструкції автомобіля

З проведеного вище аналізу зрозуміло, що призначення рам вантажних автомобілів – це створення бази для встановлення основних елементів транспортного засобу. Вона сприймає на себе основні навантаження як під час руху, так і під час стоянки автомобіля. Ось чому при їх виготовленні висуваються ряд вимог, які стосуються міцності, жорсткості, ваги і правильності форми. При цьому рамна конструкція має свої переваги та недоліки.

До переваг рамної конструкції можна віднести [27]:

- простоту виконання у порівнянні з самонесучими конструкціями;
- високу міцність, яка не дозволяє руйнуватись конструкції навіть під надмірними навантаженнями;
- підвищення комфортності транспортного засобу, краща ізоляція від шумів і вібрацій;

- невеликий опір крученню, що забезпечується завдяки правильно підібраній товщині металевих поперечок/лонжеронів;
- збільшення дорожнього просвіту;
- можливість встановлення мостів, що забезпечує кращу прохідність;
- більш зручний ремонт автомобіля завдяки доступності основних вузлів;
- відсутність перекосу кузовних елементів під час руху бездоріжжям;
- простіше складання на заводі, що знижує собівартість складання та підсумкову ціну авто;
- можливість змінювати кузов автомобіля та його дизайн, створювати різні модифікації шасі;
- простота відновлення у разі аварії. Це обумовлено тим, що в процесі ремонту не потрібно дотримуватися високої точності, а саму раму легко відновити або поміняти.

До недоліків рамних конструкцій слід віднести:

- велику вагу, що негативно впливає на витрату палива та динаміку;
- гірша пасивна безпека через труднощі поділу автомобіля на різні зони;
- підвищення центру тяжкості, через що підвищується ризик перекидання при великому завантаженні та виконанні різких маневрів;
- зменшення салону через необхідність створення відстані між лонжеронами та підлогою;
- чутливу підвіску, яка негативно впливає на рівень комфорту під час руху поганими дорогами.

Незважаючи на незначні недоліки, рамна конструкція є одним із найкращих рішень для вантажних автомобілів. Вона забезпечує хорошу вантажопідйомність, надійність та доступ до основних механізмів для ремонту. Розробники розуміють, що вантажним автомобілям не потрібна велика жорсткість на кручення. Крім того, обмежені можливості лонжеронної рами в плані деформацій покращує прохідні якості автомобіля під час руху бездоріжжям.

#### 1.4 Типи з'єднань, які застосовуються в рамах автомобілів

Вибір способу складання рами впливає на конструкцію її несучих елементів. Залежно від обраної технології виготовлення та складання вузли рамних конструкцій мають свої конструктивні особливості. На рис. 1.6 показані деякі способи кріплення поперечок закритого прямокутного профілю до лонжерону коритчастого перерізу. Поперечки та косинки клепаних вузлів виконуються зі спеціальними відгинами, через які здійснюється клепання. Зварні конструкції таких відгинів не мають [13].

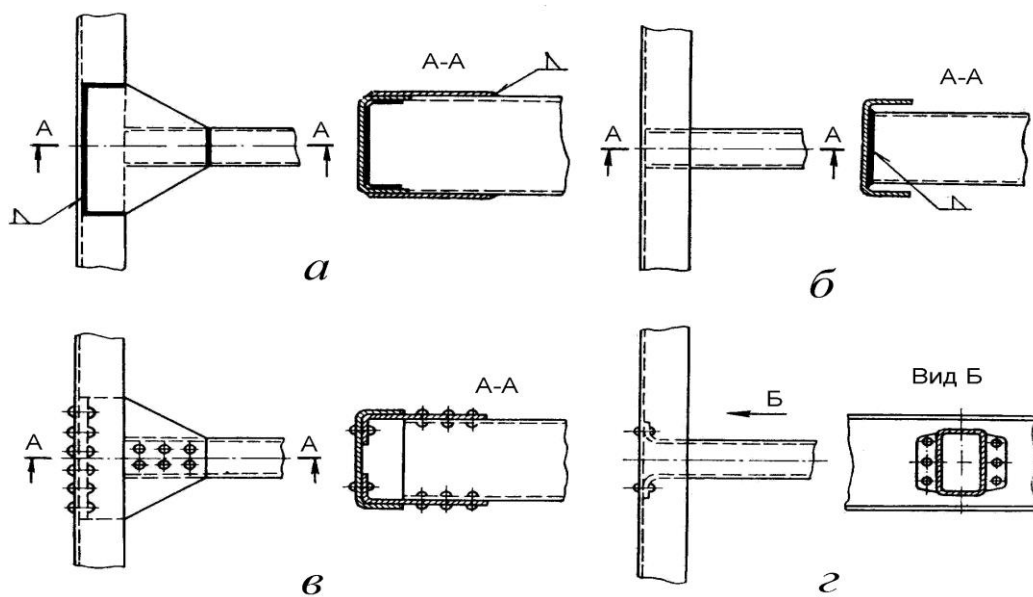


Рисунок 1.6 - Конструкції вузлів кріплення елементів рам автомобілів  
 а, б – складання здійснюється за допомогою зварювання; в, г – складання  
 здійснюється за допомогою заклепок

Як вже згадувалось раніше, матеріалами для виготовлення рам транспортних засобів є різні сталі. Вибір виду та марки сталі диктується рядом міркувань, основні з яких визначаються експлуатаційними та технологічними вимогами. З огляду на виконання експлуатаційним вимогам сталь повинна забезпечувати конструкціям несучих елементів необхідну міцність впродовж усього терміну експлуатації. За технологічними вимогами сталь повинна забезпечувати можливість виготовлення рамних конструкцій із застосуванням сучасних методів виробництва деталей та їх складання. Так, сталь повинна

піддаватись холодному та гарячому згинанню, тобто, мати достатню пластичність, стабільні механічні характеристики. Для зварних конструкцій необхідною властивістю є хороша зварюваність.

У сучасному виробництві для виготовлення несучих конструкцій використовуються вуглецеві та низьколеговані сталі. На вибір вуглецевих і низьколегованих сталей вирішальний вплив мають вимоги економічного та технологічного характеру. Для таких металомістких конструкцій у крупносерійному та масовому виробництві, якими є рами транспортних засобів, застосування легованих сталей з високими механічними характеристиками пов'язане з великим збільшенням витрат дефіцитних матеріалів, ускладненням технологічного процесу та здорожчанням продукції. З іншого боку, вуглецеві і низьколеговані сталі, будучи дешевшими, виявляються і значно технологічнішими у виробництві. Завдяки своїм властивостям ці сталі легше піддаються гнуттю та холодному штампуванню, краще зварюються. Остання властивість особливо важлива, оскільки створює перспективи заміни більшості клепаних конструкцій зварними. Все це робить вуглецеві та низьколеговані сталі найбільш підходящими для виготовлення несучих конструкцій транспортних засобів.

Низьколеговані сталі, які гірше піддаються зварюванню, застосовуються переважно в клепаних конструкціях. У виробництві кузовів легкових автомобілів широко впроваджуються низьколеговані і навіть леговані листові сталі із тимчасовим опором  $\sigma_g = 830$  МПа. Характеристики деяких сталей, які застосовуються у автомобілебудуванні наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристики матеріалів рам

Марка сталі	Марка авто	Товщина прокату, мм	Тимчасовий опір $\sigma_g$ , МПа	Межа текучості $\sigma_T$ , МПа	Відносне подовження, %
25ПС	ГАЗ	6,0	380...550	280	24
08КП		5,0	330...410	200	35
12ГС		4,0	480...540	360	18
14Г2	ЗІЛ	-	480...560	340...380	18
30Т		6,4	500	360	18
19ХГС	МАЗ	8,0	600...650	400...450	16...18



Рами сучасної вантажної техніки збираються здебільшого за допомогою зварювання, що накладає певний відбиток на вибір їх матеріалів. Тут переважно застосовуються вуглецеві сталі звичайної якості Ст3, Ст4, Ст5 та якісні вуглецеві сталі 0,8; 10; 15 [12].

Несучі конструкції транспортних засобів під час руху дорогами та бездоріжжям перебувають у умовах впливу змінних у часі навантажень. Ці навантаження можуть призводити до утворення та розвитку втомних тріщин у їх конструкціях.

Характерними дефектами рам є деформації лонжеронів і поперечок, пошкодження кронштейнів, ослаблення посадки заклепок в отворах, знос отворів, тріщини через отвори та суцільному металі. Залежно від виду дефектів та їх числа ремонт рам виконують при повному або частковому розбиранні. Останній виконують за наявності на них невеликої кількості дефектів у вигляді ослаблення заклепувальних з'єднань, зносу отворів та тріщин. Повне розбирання рам здійснюють за наявності великої кількості дефектів або значних деформацій.

### 1.5 Аналіз типових операцій ремонту елементів автомобільних рам

Ремонт рам з відновленням їхньої просторової геометрії та інші, складніші ремонтні операції потрібно виконувати у майстернях, які мають необхідне обладнання, яке гарантує дотримання технічних умов, а технологічну і контрольну оснастку можна використовувати в повній мірі. Розглянемо ремонт деяких типових дефектів рам автомобілів.

Рамні конструкції транспортних засобів представляють собою складні складальні одиниці, виконані з різного прокатного профілю: смуг, кутників, швелерів, труб різного розміру та січення, з'єднаних між собою зварюванням, болтами чи заклепками. Рами машин значно відрізняються за своєю конструкцією одна від одної, однак їх окремі елементи та з'єднання подібні між собою.

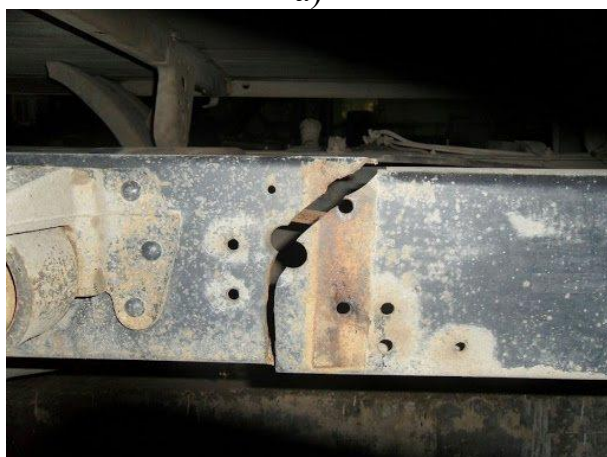
Рама - основний несучий елемент машин. Несправності окремих елементів рам викликають розхитування і деформацію всієї рами, що є причиною зміщення передавальних механізмів та робочих органів машини. Це порушує правильність регулювання, може позначитися на працездатності машини. Тому при ремонті машин обов'язково потрібно оглядати та перевіряти їхні рами.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рисунок 1.7 – Основні види поломок та дефектів автомобільних рам  
 а – корозія елементів рами; б – викривлення рами; в – тріщина елемента рами по концентраторах напружень; в – поперечна тріщина лонжерона;  
 г - відривання елементів рами в місцях з'єднань; скриті дефекти в місцях з'єднання елементів рами та приєднання до неї вузлів автомобіля

При необхідності ремонту, якщо є можливість, раму не рекомендується розбирати на окремі елементи. Вигнуті балки і поперечини, які мають розтяжки, виправляють натягуванням цих розтяжок. Якщо на рамі машини установлені нерегульовані розтяжки, то перед деформівною правкою рами один кінець розтяжки звільняють, а після закінчення ремонту рами знову закріплюють його на своє місце.

Ремонт рам, як правило, вимагає повного розбирання машини автомобіля та проводиться під час капітального ремонту. При цьому зустрічаються такі дефекти рам: ослаблення болтових та заклепаних з'єднань, руйнування зварних швів, знос отворів та опорних поверхонь, тріщини та обриви косинок, які з'єднують елементи рами, тріщини та руйнування поперечних зв'язок і стійок, тріщини та руйнування поздовжніх балок, вигини та скручування поздовжніх балок та поперечних зв'язок, загальний перекис рами.

Основні операції з усунення дефектів рам - виправлення, вирівнювання, заварювання тріщин та зламів з накладенням накладок, наплавлення зношених поверхонь з подальшою обробкою їх до номінального розміру або виготовлення нових деталей тощо [12, 13].

Вигин брусів виправляють за допомогою гідравлічного або гвинтового пристроїв (рис. 1.8). Перед правкою визначають межі згину та відзначають їх крейдою. Пристосування розміщують так, щоб траверса 5 з ланцюгами 3 і шток силового циліндра 2 знаходилися проти місця і більшого вигину.

Щоб уникнути вм'ятин між штоком і вигнутою ділянкою рами встановлюють металеву прокладку товщиною 5...10 мм і довжиною 150...300 мм.

Під дією сили, яка передається через шток, брус вирівнюється. Якщо прогин рами понад 30 мм на 1 м довжини, то ділянку, яку необхідно правити, попередньо прогрівають зварювальним пальником до 800...850 °С.

Якщо брус або кутник пошкоджено в місці сполучення з поперечними кутниками або осями, його необхідно замінити.

При незначних згинах застосовують більш прості пристосування, використовуючи як опору двотаврові балки №16...№22. Невеликий вигин можна

виправити молотком або кувалдою на плиті, пресом або ковальським молотом. При ковальській правці деформованих деталей використовують балку двотаврового перерізу, встановлену на підставки або ковадло. Після виправлення деталей слід перевірити косинцем, шнуром або на перевірочній плиті.

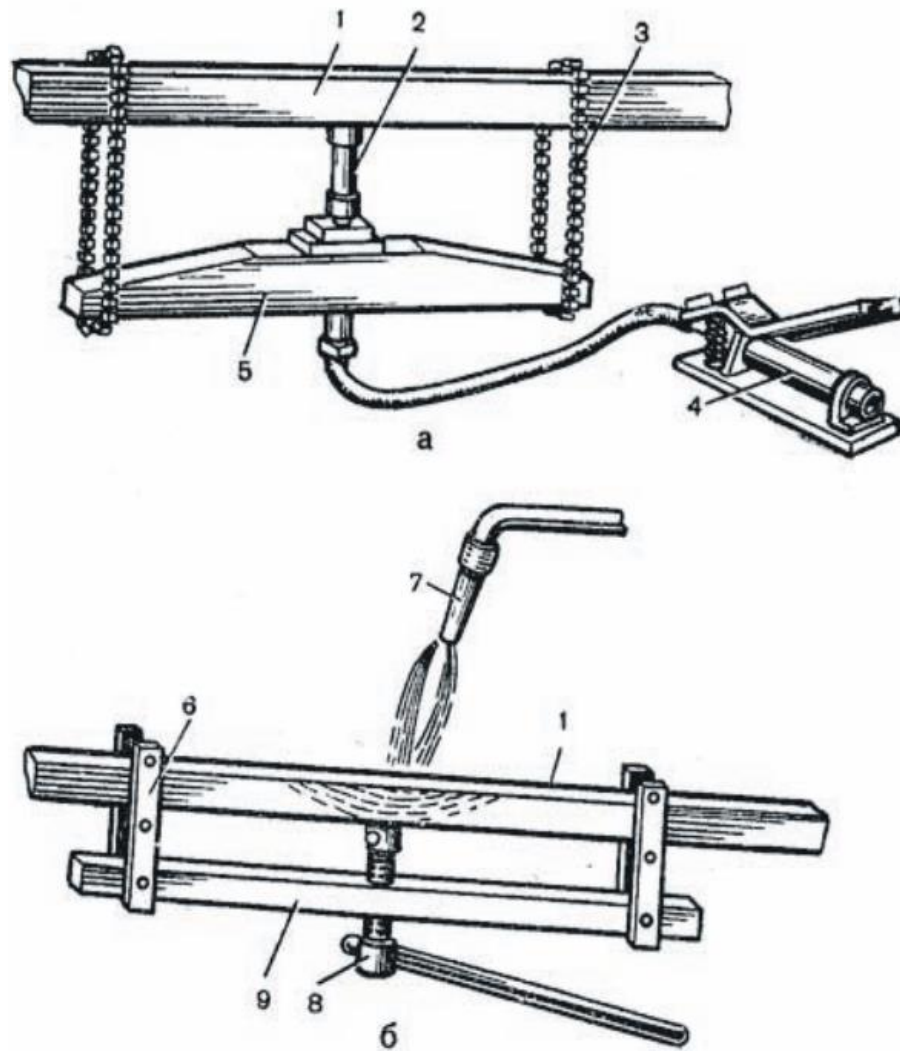


Рисунок 1.8 - Виправлення рами гідравлічним (а) пристосування та гвинтовим (б) пристосуванням

- 1 – деформована ділянку рами; 2 – шток силового циліндра; 3 – ланцюг;  
 4 – гідропривід; 5 – траверса; 6 – скоба; 7 – наконечник пальника; 8 – гвинт;  
 9 – брус

Прогин швелерних балок рам допускається до 3 мм на всій довжині, прогин балок рами – не більше 10 мм. Прямокутність рами перевіряють по діагоналі на всій довжині рами. Різниця діагоналей повинна бути не більше 10



мм, непаралельність повздовжніх швелерних балок однієї рами одна відносно іншої – не більше 5 мм. Неплощинність між собою опор під вузли автомобіля не має перевищувати 1,0 мм. Слід контролювати, щоб поперечні і повздовжні швелери рами розташовувалися під прямим кутом [17].

Перед заваркою тріщину в елементі рами зачищають, визначають її межі, кінці засвердлюють і після цього заварюють. Якщо тріщина превивищує половину ширини балки, то її заварюють із застосуванням підсилюючої накладки (рис. 1.9).

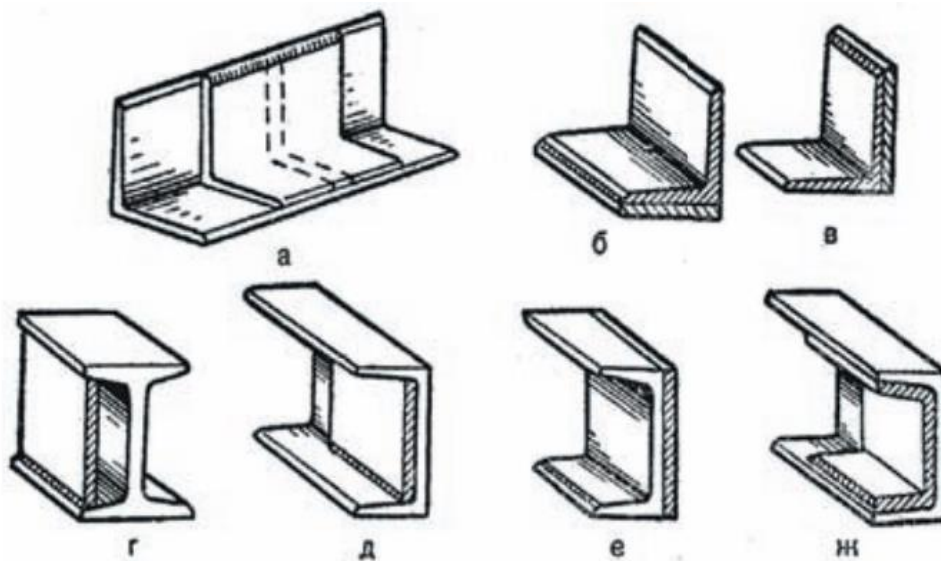


Рисунок 1.9 - Накладки для посилення деталей рам, які застосовуються під час ремонту: а, б, в – кутники; г – балка двотаврова, д, е, ж – балки та поперечки зі швелерів

Довжину накладки вибирають такою, щоб вона перекрила тріщину на 100...150 мм, а товщина її має бути рівною товщині основної деталі при встановленні накладок з одного боку або половині товщини при їх встановленні з двох сторін. Висота накладки залежить від профілю та номеру балки. Накладки не повинні виступати за габарити основної деталі.

Перед приварюванням підсилюючих накладок тріщини заварюють і зварні шви зачищають рівно з основним металом. Потім накладку підганяють за місцем, зачищають нерівності, знімають фаски для накладання зварного шва і притискають струбцинами або захватами. Накладку прихоплюють зварювання в кількох місцях. Після цього її приварюють поздовжніми швами, оскільки

поперечні шви послаблюють міцність основного металу. В окремих випадках доцільно застосовувати фігурні накладки.

Скрученість бруса чи балки визначають звісом 3 (рис. 1.10, б) та вимірювальною лінійкою.

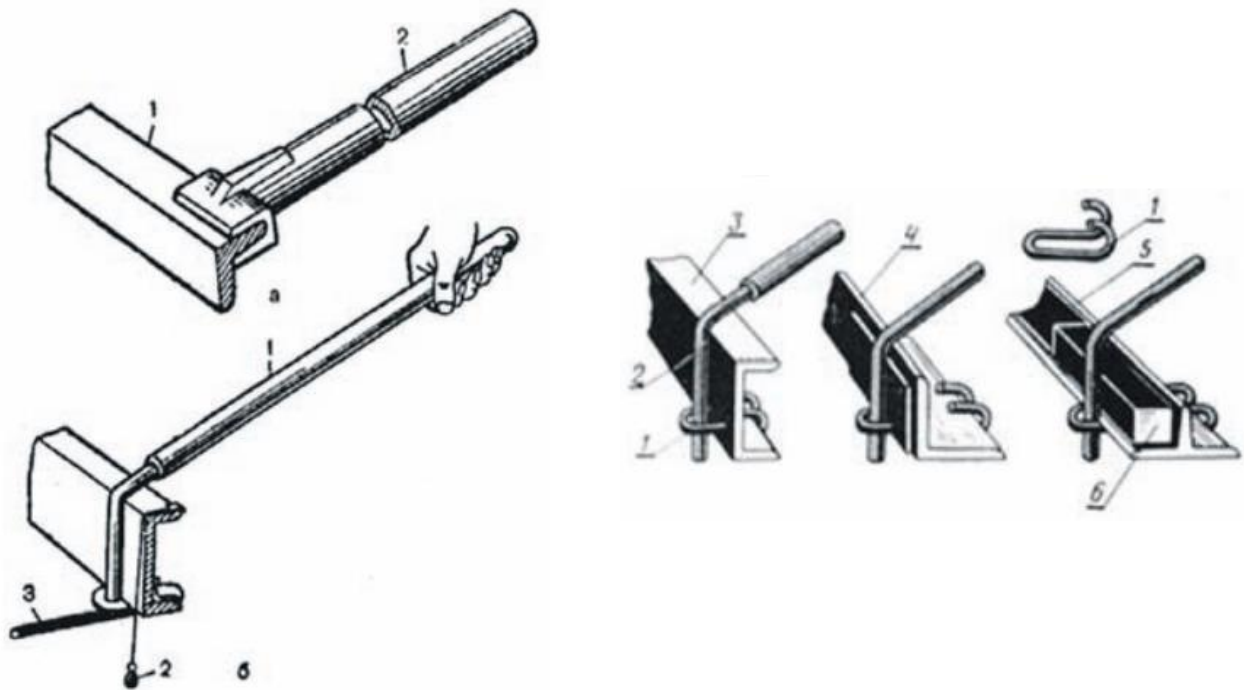


Рисунок 1.10 - Виправлення деталі рами:

а - правка кутків малого перерізу спеціальним ключем: 1 – кутник;

2 – спеціальний ключ;

б – правка рами при скручуванні: 1 – важіль; 2 - звис; 3 – захват;

в – правка скручених брусів рам за допомогою скоби-важеля: 1 – скоба-захват; 2

– важіль з подовжувачем; 3 – швелер; 4 – кутник; 5 – таврова балка;

6 – накладка

Невеликі вигини та скручування деталей рам усувають правкою в холодному стані. Під час виправлення в холодному стані деталь трохи прогинають у напрямку, протилежному вигину, враховуючи пружні деформації. Наприклад, якщо стріла прогину дорівнює 55 мм, то смугу вигинають у бік, протилежний вигину, на 10 - 15 мм [12].

При значній скрученості деформовану ділянку деталі нагрівають у горні або газовим пальником до 800 – 850 °С. Тривалість наступного гартування – 10...12 с.

При усуненні таких деформацій застосовують важіль 1 та захват 3. Кутники дрібного профілю можна виправляти спеціальним ключем (рис. 1.10, а). Після виправлення деталь перевіряють за допомогою шнура, відвісу та лінійки.

### Висновки за розділом

Під час тривалої експлуатації вантажних автомобілів можуть виникати такі дефекти рам: ослаблення болтових та заклепаних з'єднань, руйнування зварних швів, знос отворів та опорних поверхонь, тріщини та обриви косинок, які з'єднують елементи рами, тріщини та руйнування поперечних зв'язок і стійок, тріщини та руйнування поздовжніх балок, вигини та скручування поздовжніх балок та поперечних зв'язок, загальний перекіс рами. В умовах сучасного автомобілебудування існуючі технології дозволяють виготовляти рами авто зварними. Це й визначає можливі способи їх ремонту. На перевагу способу ремонту рам методами зварювання говорить і той факт, що для їх виготовлення застосовуються низьколеговані та леговані сталі, які добре піддаються зварюванню.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Матеріали для виготовлення деталей рами та їх дефекти

Для виготовлення елементів та складових рам вантажного автотранспорту, причепів та іншої вантажної спецтехніки використовуються різноманітні марки конструкційних сталей та чавунів. Сфери застосування та взаємне поєднання цих матеріалів в конструкціях рам автомобілів вітчизняного виробництва наведені в таблиці 2.1 [27].

Таблиця 2.1 – Матеріали, які застосовуються виготовлення деталей рам

Матеріал		
Поздовжні балки	Поперечки	Кронштейни
30Г	Ст 25	КЧ35
Ст 25, 12ГС	Ст 15	КЧ35
19ХГС	Ст 20кп	КЧ35

В процесі експлуатації автомобілів деталі рами можуть отримувати різноманітні дефекти. Найпоширенішими з них є:

- тріщини;
- погнутість балок;
- ослаблення заклепкових з'єднань;
- зношування отворів під заклепками;
- руйнування накладок, приварених у місцях підсилення чи ушкодження.

Основною причиною появи тріщин є втомне руйнування. Воно спричиняє до 80% таких дефектів. Також їм сприяє концентрація напружень поблизу отворів та заклепкових з'єднань. Для руйнувань, що з'являються внаслідок дії статичних та динамічних навантажень, характерною ознакою є пластична деформація поблизу зламу (наприклад, розрив отворів під болти кріплення елементів рами).

Руйнування поперечок рами виникають під дією деформації кручення. З цієї причини також можуть руйнуватися й поздовжні балки рам в місцях клепаних з'єднань першої поперечини та поперечини буксирного гака.



Пошкодження від дії згинальних навантажень з'являються на полицях поздовжніх балок та на їх вертикальній стінці. Величину такої деформації (погнутість поздовжніх балок) визначають кривизною їх верхньої полиці. Так, наприклад, для автомобілів марки КамАЗ допустимий згин не повинен перевищувати 2 мм на 1000 мм балки, або 5 мм по всій її довжині.

Згідно ТУ на капітальний ремонт автомобіля поздовжні балки рами вибраковують, якщо на ній є одна тріщина, розповсюджена більше як на половину її перерізу, або три тріщини – менші за половину перерізу балки.

## 2.2 Технологічний процес відновлення рам

Під час ремонту рам автомобілів на спеціалізованих ремонтних підприємствах реалізується індустріальний метод ремонту, який передбачає виконання наступних технологічних переходів:

- очищення та знежирення в гарячому миючому розчині;
- повне розбирання рами;
- дефектоскопія та дефектування;
- відновлення пошкоджених деталей;
- складання поздовжніх балок з кронштейнами;
- повне складання рами з використання замінних елементів;
- фарбування.

За наявності тріщин в балках та поперечинах рам застосовують наступну схему типового технологічного процесу:

- вирізають дефектну ділянку за шаблоном (під кутом 45 °);
- виготовляють вставку або додаткову ремонтну деталь (ДРД) з вибракованого лонжерона;
- зачищають кромки абразивним диском;
- приварюють вставку встик;
- зачищають зварювальні шви, забезпечивши посилення шва не більше 2 мм над поверхнею балки;
- зони термічного впливу обробляють методом наклепу.

Найкращу якість та ефективність в умовах ремонтних заводів дає зварювання в середовищі захисного вуглекислого газу. Воно має ряд переваг перед іншими способами, зокрема забезпечує мінімальну деформацію лонжеронів. Малі розміри дуги та зварювальної ванни дозволяють заварювати шви у всіх просторових положеннях. Крім того даний спосіб забезпечує високу міцність з'єднань.

Товщина перерізу балок і поперечок рам, а також їх матеріали, дозволяють проводити зварювання з одного боку без попереднього підігріву. Для забезпечення якісного провару зварних кромок зварювання виконують на постійному струмі зворотної полярності зі швидкістю зварювання 25...30 м/год. Як плавкий електрод використовують зварювальний дріт СВ-08Г2С діаметром 1,2...1,4 мм. Для якісного плавлення такого дроту зварювальне джерело має забезпечувати силу зварювального струму 140...160 А при напрузі зварювання 22...24 В [7].

Високу втомну міцність зварних швів також забезпечує газокисневе зварювання. Проте існує вимога до щільної підгонки стиків зварних деталей без обробки кромок. Але механічна обробка швів після зварювання не виконується.

Тріщини на поперечинах рам також заварюють. Якщо вони проходять через отвори для заклепок кріплення поперечок, то необхідно проводити вирізання ушкодженої частини.

В біляшовній зоні зварного з'єднання відбувається концентрація напружень, а також погіршується структура матеріалу (волокниста структура, яка утворюється під час прокатування сталі, руйнується), збільшується розмір зерен. Тому межа витривалості зварного з'єднання в стику нижча, ніж у зварюваного металу.

Зони термічного впливу зварювальних швів та місця можливого виникнення наступних тріщин рекомендується зміцнювати наклепом. Межа міцності при цьому підвищується до 90% від номіналу (після зварювання вона знижується на 25...40 %). Для наклепу використовують пневмомолотки зі сферичним бойком радіусом 4,5 мм. Відбиток на обробленій поверхні повинен

дорівнювати 3 мм з перекриття відбитків на одна третю. У особливих випадках наклеп дозволяється виконувати вручну слюсарним молотком ( $R = 2...3$  мм).

При зношуванні отворів та утворенні тріщин, які проходять через отвори під кронштейни, їх відновлюють після заварювання. Цей процес передбачає виконання таких операцій:

- зачищають поверхню сталеву шліткою по обидва боки на 10...15 мм від отвору;
- підкладають під деталь мідну пластину;
- заварюють отвір;
- свердлять отвір кондуктором з діаметром меншим за номінальний на 1 мм;
- доводять діаметр отвору до номінальної прошивкою. При цьому фаски на кромках не зрізають, а формують обтисканням.

Погнуті деталі рами правлять у холодному стані під пресом. Після складання виправлених та ремонту зварюванням поздовжні балки вантажних автомобілів повинні відповідати наступним вимогам:

- кривизна верхньої полиці не більше ніж 2 мм на довжині 1000 мм або 5 мм на всій її довжині;
- кривизна вертикальної стінки не більше ніж 2 мм на довжині 1000 мм або 10 мм на всій її довжині;
- різниця стріл прогину поздовжніх балок однієї рами не більше 6 мм;
- скручування (перекіс) рами по довжині не повинно перевищувати 10 мм.

### 2.3 Особливості процесу ремонту клепаних рам

Для клепання застосовують пневмо- та гідроустановки. Перевагами процесу гідроклепання є менший шум під час роботи, відсутність нагрівання заклепок, можливість виконання роботи одним працівником (для пневмоклепання потрібно 2 особи) та вища якість клепання (без нагріву краще заповнюється отвір, відбувається більш правильне формування головки заклепки) [3].

Розігріта заклепка охолоджується від зіткнення з холодним металом, а її виступаючий кінець охолоджується повільніше, тому й деформується легше ніж тіло заклепки. Однак пневматичне klepanня більш пристосоване для роботи у важкодоступних місцях.

Діаметр стрижня заклепки підбирають з умовою  $D_3 = (1,8...2,2) \cdot h$ , де  $h$  - товщина склепаних деталей.

Діаметр головки заклепки заклепки має становити  $D_{гол} = (1,5...1,7) \cdot D_3$ .

Заклепки нагрівають в електропечі або електричними кліщами до температури 1050...1100 °С. Головки заклепок повинні мати геометрично правильну форму, без перекосів, напливів та тріщин.

Під час контролю якості klepanня на проміжку, який дорівнює двом діаметрам стрижня заклепки, щуп завтовшки 0,05 мм не повинен проходити. На відстані між заклепками до 60 мм не повинен проходити щуп завтовшки 0,6 мм; при більшій відстані – 1,2 мм.

Для kleпки рам також застосовують гідравлічні установки, які дозволяють обтискати заклепки без нагріву. Обтискають заклепки підвісною kleпальною скобою, яку підвішують над робочим місцем на консольній балці з пружинним врівноважуючим блоком чи противагою. Усі скоби оснащують робочим циліндром 50...100 кг. Для заклепок Ø 12...13 мм потрібно мати скобу з максимальне зусилля 20...25 т. Продуктивність їх роботи - 10...15 циклів на хвилину. В них автоматично вмикається зворотний хід та зупинка.

Для розбирання заклепкових з'єднань застосовують пневматичні рубальні молотки, газове та повітряно-дугове (плазмове) різання. Зрубвання пневмомолотком голівок заклепок супроводжується значним шумом. Недоліком газового різання є оплавлення основного металу та зміна його структури у зоні термічного впливу. При повітряно-дуговому різанні ці недоліки відсутні, оскільки плазмова дуга розплавляє метал головки заклепки, а стиснене повітря тиском 0,4...0,5 МПа здуває розплавлений метал, одночасно охолоджуючи сполучені деталі. Після різання головки заклепку вибивають з отвору пневматичним молотком.

## 2.4 Вимоги до якості з'єднань, виконаних ремонтним зварюванням

Відремонтовані зварюванням деталі і конструкції рам повинні мати високу міцність і надійність на весь майбутній термін їх експлуатації. Тому до якості їх ремонту методами зварювання ставляться такі ж вимоги, як і до звичайних зварних з'єднань, які виконують під час виготовлення рам автомобілів.

Враховуючи вище вказане зварні шви, якими заварювались тріщини і підсилення для них повинні відповідати наступним вимогам: мати форму і розміри, які відповідають вимогам, вказаним конструктором на робочих креслениках, норм і стандартів на них; не повинні мати дефектів у вигляді тріщин, напливів, пропалів, незаварених кратерів, а також містити пор, шлакових включень і подрізів, які виходять за межі вказаних допусків [21].

У стикових і кутових зварних швах, які працюють на розтягування або розрив, а також в усіх швах, якими заварені тріщини, за винятком вакуумнощільних і корозійностійких швів, допустимою є наявність одиничних дефектів діаметром не більше 1 мм для металу товщиною до 20 мм і не більше 5 % товщини для деталей з металу товщиною понад 20 мм в кількості до двох дефектів на ділянці зварного шва довжиною 200 мм при відстані між дефектами не менше 45 мм.

В стикових і кутових зварних швах, які працюють на стиск, допускаються одиничні їх дефекти діаметром не більше 2 мм в кількості до 6 дефектів на ділянці шва протяжністю 400 мм при заданій відстані між дефектами не менше 10 мм.

Допустимо залишати без виправлення поверхневі пори і шлакові включення, які зосереджені на довжині не більше 10 мм, при відстані між дефектними не менше 500 мм. Також можуть залишатися подрізи, розташовані вздовж напрямку дії на приварений елемент рами силового навантаження, глибиною не більше 0,5 мм і шириною до 2 мм при плавному перерізі самого подрізу.

Підрізи шва більшої глибини або підрізи неплавного перерізу видаляють методом зачистки з наступним заварюванням механізованим або аргонодуговим способом. Виправлення методом зачистки застосовують для підрізів глибиною не більше 1,5 мм на елементах товщиною до 20 мм і глибиною не більше як 8% від товщини металу більше 20 мм. Якщо ж дані умови не виконуються, або ж використовується метал товщиною менше 8 мм, виправлення підрізів виконують аргонодуговою обробкою або заварюванням з послідуочим зачищенням шва.

Підрізи, розташовані в поперек напрямку дії силового навантаження, не допускаються і повинні виправлятися аргонодуговим зварюванням або ж заварюванням іншим способом з послідуочим зачищенням поверхні шва.

Непровари зварних швів в стикових з'єднаннях елементів рам з поперечними (або косими) відносно до напрямку дії силового навантаження швами в відремонтованій конструкції не допускаються. Сліди від замикання зварювальних електродів на вільних поверхнях основного металу деталей рами також не допускаються. Ї потрібно видаляти механічним способом. Для деталей з металу товщиною до 5 мм видалення слідів замикання повинно здійснюватися на глибину не менше 0,3 мм.

## 2.5. Розрахунок режимів і параметрів процесу механізованого ремонтного зварювання рами

До параметрів режиму механізованого дугового зварювання в захисних газах, які визначаються розрахунковим методом, відносяться: зварювальний струм ( $I_{зв}$ ), напруга на дузі ( $U_{д}$ ), швидкість зварювання ( $V_{зв}$ ), діаметр ( $d_{д}$ ) і швидкість подачі електродного дроту ( $V_{пд}$ ). Інші параметри процесу, це: захисне середовище (вид газу), рід і полярність струму, виліт електрода ( $l$ ), кут нахилу електрода та виробу, початкова температура виробу, витрата захисного газу і ряд інших встановлюють, з умов зварювання конкретних виробів чи марки сталі.

Зварний шов характеризується (рис. 2.1) глибиною проплавлення ( $H$ ), шириною шва ( $e$ ), висотою посилення ( $g$ ), коефіцієнтом форми провару ( $\psi_{\text{пр}}=e/H$ ) та коефіцієнтом форми велика ( $\psi_{\text{в}}=e/g$ ).

Розрахунок режиму зварювання завжди проводиться для конкретних випадків, коли відомі марка сталі, спосіб зварювання, обрані зварювальні матеріали: марка захисного газу, марка зварювального дроту та інші дані по шву і технологічному процесу. До початку розрахунку за кресленням, рекомендаціями відповідних ГОСТів або ТУ встановлюють вид з'єднання, форму підготовки кромки та розміри конструктивних елементів підготовки кромки, а також шва зварного з'єднання. Вибрані форма, розміри підготовки кромки і шва зображують на креслениках в натуральну величину або в масштабі зі збереженням оптимальних розмірів за глибиною провару, шириною шва, висотою посилення, площею перерізу наплавленого металу. Потім проводять розрахунок режиму зварювання з умови забезпечення обраних за відповідним ГОСТом або ТУ розмірів шва в послідовності, що визначається типом з'єднання.

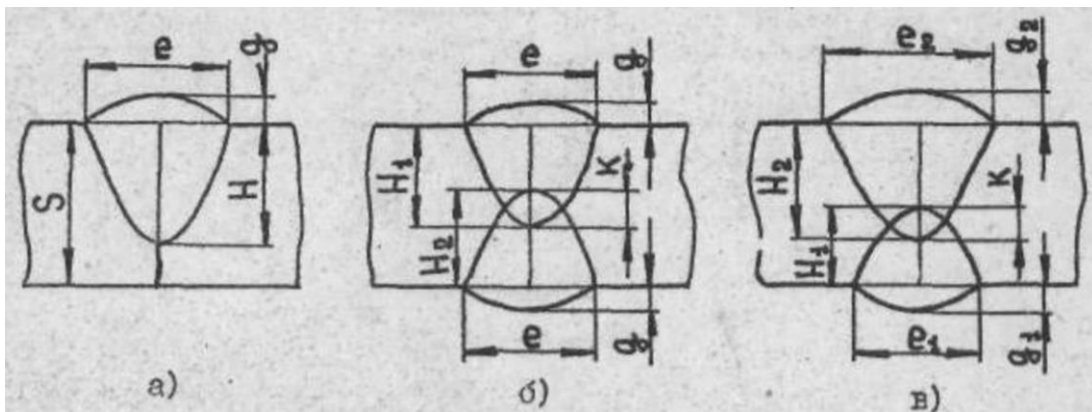


Рисунок 2.1 – Стикові шви

а – односторонній; б – двохсторонній симетричний; в – двохсторонній несиметричний

Односторонні чи двосторонні зварні шви використовуються для зварювання тріщин в рамних конструкціях автомобілів. На початку

розрахунків встановлюють необхідну глибину провару  $H$  в мм. При односторонньому однопрохідному зварюванні (рис. 2.1,а):

$$H = (0,7 \dots 0,8) \cdot S. \quad (2.1)$$

Якщо  $H > (0,7 \dots 0,8) \cdot S$ , то проплавлення скачкоподібно збільшиться і може статися пропал металу [25].

При двосторонньому зварюванні необхідно забезпечити суцільність провару перерізу, тому згідно з рис. 2.1, б, в:

$$H_1 + H_2 = S + K, \quad (2.2)$$

де  $K$  - перекриття, яке зазвичай дорівнює 2 - 5 мм [7].

Коли за умовами роботи не потрібно отримувати наскрізний провар, глибину провару задають на 2 - 3 мм менше половини товщини металу.

Якщо шов симетричний, то за рис. 2.1.б:

$$H_1 + H_2 = \frac{S+K}{2}, \quad (2.3)$$

а якщо несиметричний, то глибина проплавлення шва меншого січення дорівнює (рис. 2.1,в)

$$H_1 = (0,3 \dots 0,35) \cdot S \quad (2.4)$$

якщо  $H_1 < (0,3 \dots 0,35) \cdot S$ , то при виконанні шва більшого перерізу з іншого боку можливий пропал, оскільки  $H_2 > (0,7-0,8) \cdot S$ .

$$H_1 = (0,3 \dots 0,35) \cdot 8 = 2,4 \dots 2,8 \text{ мм}$$

Для зварювання деталей відповідної товщини визначають необхідну величину зварювального струму  $I_{зв}$ , яка забезпечує задану глибину провару  $H_1$  за формулою:

$$I_{зв} = \frac{H_1}{k_h} \cdot 100, \quad (2.5)$$

де  $k_h$  - коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від умов проведення зварювання. Для механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу



дротом діаметром 1,2 мм на постійному струмі зворотньої полярності коефіцієнт пропорційності становить  $k_h = 2,1 \text{ мм/100А}$  [7].

$$I_{зв} = \frac{2,6}{2,1} \cdot 100 = 123,8 \text{ А}$$

Визначимо діаметр електродного дроту за формулою (мм):

$$d_d = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}}, \quad (2.6)$$

де  $j$  - допустима щільність струму, А/мм<sup>2</sup>, яка при механізованому зварюванні стикових швів без скосу кромки залежить від діаметра електрода. Для розрахунків приймаємо  $j = 90 \dots 400 \text{ А/мм}^2$ .

$$d_d = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{123,8}{120}} = 1,15 \text{ мм}$$

Отримане розрахункове значення діаметра дроту заокруглюється до найближчого стандартного. Приймаємо  $d_d = 1,2 \text{ мм}$  [9].

Визначимо напругу на дузі:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_d^{0,5}} \cdot I_{зв} \pm 1. \quad (2.7)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,2^{0,5}} \cdot 123,8 \pm 1 = 25,6 \dots 26,6 \text{ В.}$$

Визначимо необхідну швидкість зварювання за умови забезпечення такої форми шва, при якій останній матиме високу роботу здатність та стійкість до кристалізаційних тріщин. Це можливо, коли коефіцієнт форми ванни  $\varphi = L/e$  ( $L$  - довжина ванни,  $e$  - ширина ванни) на різних режимах зварювання залишається незмінним. Відповідно до теорії поширення тепла при зварюванні для збереження геометричної подоби ванни необхідно забезпечити

$$I_{зв} \cdot U_{зв} = A = \text{const}. \quad (2.8)$$

Для отримання швів необхідної форми, які мають високу технологічну міцність, значення  $A$  для дроту 1,2 мм приймаємо у межах 2000-5000 А·м/год.

Тоді швидкість зварювання визначається як :

$$V_{зв} = \frac{A}{I_{зв}}, \text{ А} \quad (2.9)$$

При цьому необхідно мати на увазі, що при механізованому зварюванні без застосування особливих технологічних прийомів швидкість зварювання має знаходитися в межах 15 - 60 м/год, а розрахункові значення швидкості зварювання повинні заокруглюватися до найближчих, які можна встановити на вибраному для зварювання автоматі.

$$V_{зв} = \frac{3000}{123,8} = 24,2 \text{ м/год}$$

Розраховуємо погонну енергію за формулою (2.10), приймаючи значення ефективного к.к.д. нагрівання виробу дугою при зварюванні у вуглекислому газі  $\eta = 0,80 - 0,84$ .

$$q_{п} = \frac{0,24 \cdot I_{зв} \cdot U_{д} \cdot \eta}{V_{зв}}, \quad (2.10)$$

де  $V_{зв}$  - швидкість зварювання, см/с.

$$q_{п} = \frac{0,24 \cdot 123,8 \cdot 25 \cdot 0,83}{24,2} = 25,47 \text{ кел/см}$$

Визначимо коефіцієнт форми провару:

$$\psi_{пр} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{зв}) \cdot \frac{d_{д} \cdot U_{д}}{j_{зв}} \quad (2.11)$$

де  $K'$  – коефіцієнт, який залежить від роду і полярності струму. Для розрахунку приймаємо  $K' = 0,92$ .

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 123,8) \cdot \frac{1,2 \cdot 25}{120} = 3,64$$

Для механізованого зварювання  $\psi_{пр}$  повинен перебувати в межах 0,8 - 4. При меншому значенні виходитимуть шви, схильні до утворення гарячих тріщин, при великих - занадто широкі шви з малою глибиною провару, що нерационально з точки зору використання теплоти дуги та призводить до збільшених деформацій.

Визначимо глибину провару  $H$  при зварюванні низьковуглецевих і низьколегованих сталей в середовищі вуглекислого газу:

$$H = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\psi_{\text{пр}}}}, \quad (2.12)$$

$$H = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{25,47}{3,64}} = 0,044 \text{ см}$$

Визначимо ширину шва:

$$e = \psi_{\text{пр}} \cdot H \quad (2.13)$$

$$e = 3,64 \cdot 0,044 = 0,16 \text{ см}$$

Встановимо виліт електрода, який при зварюванні у вуглекислому газі вибирають у межах 10 - 20 мм [7].

Далі визначимо коефіцієнт наплавлення, який при зварюванні у вуглекислому газі становитиме:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot (1 - \psi), \quad (2.14)$$

де  $\psi$  – коефіцієнт втрат.

$$\alpha_{\text{н}} = 9,07 \cdot (1 - 0,194) = 7,31$$

Коефіцієнт розплавлення розраховують за формулою:

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{I_{\text{зв}}} \cdot \frac{l}{d_{\text{д}}^2}, \quad (2.15)$$

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{123,8} \cdot \frac{10}{1,2^2} = 9,07$$

Коефіцієнт втрат у діапазоні щільностей струму 60...320 А/мм<sup>2</sup> дорівнює:

$$\psi = 4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2 \quad (2.16)$$

$$\psi = 4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 120 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 120^2 = 0,194$$

Визначають швидкість подачі електродного дроту

$$V_{\text{пд}} = \frac{4 \cdot \alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{зв}}}{\pi \cdot d_{\text{д}}^2 \cdot \gamma}$$

де  $\gamma$  - питома вага металу, г/см<sup>3</sup>.

$$V_{\text{пд}} = \frac{4 \cdot 7,31 \cdot 123,8}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,86} = 32,44 \text{ м/год}$$

Швидкість подачі електродного дроту кінцево приймають з урахуванням технічної характеристики автомата, на якому буде проводитися зварювання.

Визначимо площу наплавленого металу

$$F_{\text{н}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{зв}}}{3600 \cdot v_{\text{зв}} \cdot \gamma} \quad (2.17)$$

$$F_{\text{н}} = \frac{7,31 \cdot 123,8}{3600 \cdot 24,2 \cdot 7,86} = 13,22 \text{ мм}^2$$

При зварюванні у вуглекислому газі висота валика в діапазоні режимів, що забезпечують задовільне формування шва, коефіцієнт повноти валика змінюється у вузьких межах і практично дорівнює  $\mu_{\text{в}} = 0,73$ . Тоді висота валика дорівнює:

$$g = \frac{F_{\text{н}}}{0,73 \cdot e}, \text{ мм} \quad (2.18)$$

де  $e$  - ширина шва, мм

$$g = \frac{13,22}{0,73 \cdot 16} = 1,13 \text{ мм}$$

Визначимо загальну висоту шва  $C$  (мм)

$$C = H + g \quad (2.19)$$

$$C = 4,4 + 1,13 = 5,53 \text{ мм}$$

Визначають коефіцієнт форми посилення

$$\psi_{\text{в}} = \frac{e}{g} \quad (2.20)$$

$$\psi_{\text{в}} = \frac{16}{1,13} = 14,2$$

Для добре сформованих швів  $\psi_{\text{в}}$  повинен знаходитися в межах 7 ... 10. Малі значення  $\psi_{\text{в}}$  мають місце при вузьких і високих швах, такі шви не мають плавного сполучення з основним металом і мають незадовільну працездатність при змінних навантаженнях. Великі значення  $\psi_{\text{в}}$  відповідають широким і

низьким посилення, такі шви небажані з тих же причин, що і шви з надмірно великим значенням  $\psi_{\text{пр}}$ , а також у зв'язку з можливим зменшенням перерізу шва порівняно з перерізом основного металу через коливання рівня рідкої ванни.

Якщо отримані в розрахунку розміри шва задовольняють наші вимоги, то аналогічно розраховують режим зварки з іншого боку. При необхідності коригують режим зварювання.

### Висновки за розділом

В даному розділі проаналізовано існуючі методи ремонту дефектів автомобільних рам в залежності від їх складності та місця розташування. Для ремонту рам пропонується виконання двох основних методів ремонту, а саме зварювання тріщин та приварювання підсилюючих накладок в місцях ремонту. Ремонтне зварювання пропонується виконувати методом електродугового зварювання в середовищі вуглекислого газу. Цей метод є високопродуктивним за рахунок часткової механізації, зручний у виконанні і контролі, а використання для захисту зварювальної ванни захисного газу  $\text{CO}_2$  дозволяє отримати необхідний якісний провар деталей більшої товщини.

### 3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Технологічні особливості ремонту рам зварюванням

Для рамних конструкцій з низьковуглецевих та низьколегованих сталей найбільш характерними видами ушкоджень є:

- тріщини, суцільний розрив, переломи та надриви листового і профільного металу елементів конструкції;
- корозійне руйнування елементів конструкцій точкового, лінійного або площинного характеру;
- локальне зменшення товщини металу внаслідок тертя під дією вібрації закріплених на конструкції деталей, вузлів і агрегатів.

Як вже згадувалось раніше, елементи балочних конструкцій рам з листового і профільного металу (тавр, двотавр, швелер, кутник, тощо) можуть мати повздовжні та поперечні тріщини, на стінці, тріщини і надриви на полицях профілів, які виходять, як правило, на край їх перерізу.

Ремонтне зварювання тріщини виконують за стандартною технологією – кінці тріщини розсвердлюють, розробляють кромки тріщини після чого заварюють саму тріщину. До особливостей ремонту рам вантажних автомобілів і причепів відноситься заварювання тріщин, які проходять через заклепкові з'єднання. Під час ремонту зварюванням тріщин таких з'єднань спочатку видаляють заклепки та заварюють утворені отвори. Після цього заварюють всю тріщину і знову свердлять отвори під заклепки. При цьому, на внутрішній поверхні отворів не повинно бути слідів непровару.

Різниця по ширині і висоті зварного шва в різних його перерізах має бути не більше 2 мм при умові плавного переходу від одного перерізу до іншого по всій довжині шва. У випадку повторного заварювання дефектної ділянки шва допускається збільшення ширини на 4 мм відносно вирубаної частини попереднього шва. При заварюванні тріщини по старому зварному шву її кінці необхідно попередньо засвердлити, а метал раніше наплавленого шва повністю

видалити. На вертикальній стінці елемента рами зварний шов слід накладати знизу ввверх.

Тріщини, довжина яких перевищує 300 мм при їх однопрохідному зварюванні необхідно заварювати зворотно ступінчатим способом с довжиною окремих ступеней 150 - 200 мм. Тріщини, які виходять на кромку листа або полицю профільного металу, потрібно заварювати у напрямку від їх кінця до кромки. При цьому, якщо тріщина заварюється зворотньо-ступінчатим способом, то кожен окрему ступінь слід зварювати в напрямку від кромки до кінця тріщини [5].

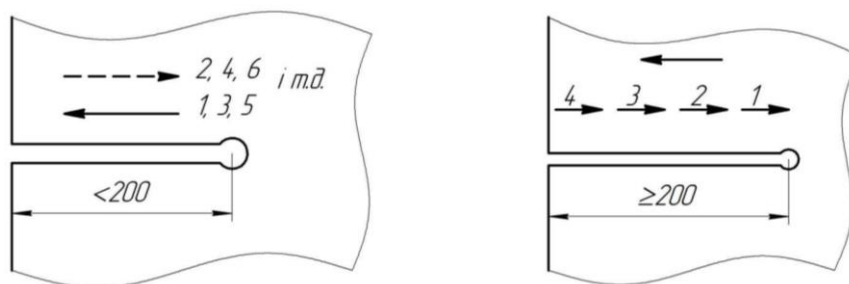


Рисунок 3.1 - Заварювання тріщини, яка виходить на край полиці

Після повного заварювання тріщини потрібно підварити корінь шва зі зворотнього боку, попередньо підрубавши вершину шва до повного видалення непроварів, шлаку і підтікань.

Шви після зварювання зачищають до площини основного металу як зі сторони розробки, так і з зворотнього боку. Місцеві зовнішні виступи в швах, які виникли в місцях підварювання й перекривання окремих ділянок шва, повинні бути згладжені механічною зачисткою до утворення плавних переходів.

Заварювання тріщини, які розташована на одній з полиць коробчастого елемента рами, виконують наступним чином (рис. 3.2).

Спочатку розробляють кромки тріщини, насвердлюють отвори на її кінцях і, при наявності зміщення кромки, фіксують тріщину прихватками. Після цього, з метою зменшення напружень в зварному шві, перед заварюванням з тріщини вирубують прилеглі до її кінців ділянки 2 кутових швів 1 на довжину 100 - 150 мм. Потім заварюють саму тріщину стиковим швом, а після цього – вирубані ділянки кутового шва. Попереднє вирубування прилеглих до тріщини

ділянок кутових швів на довжину 150 мм дозволяє практично повністю зняти напруження в стиковому шві.

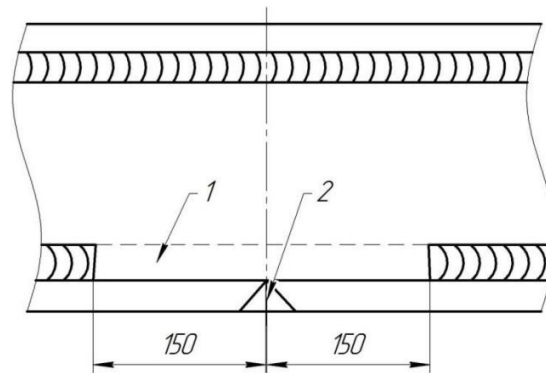


Рисунок 3.2 - Схема підготовки до заварювання тріщини в полці балки коробчастого перерізу

Заварювання тріщини чи перелому балки, або ж приварювання встик двох нових її частин виконують з послідуочим підсиленням балки з двох її сторін вигнутою і пласкою накладками, які перекривають стик деталей не менше ніж на 100 мм з кожного боку (рис. 3.3, а), або кутниками і пласкою накладкою (рис. 3.3, б) [3, 5, 23].

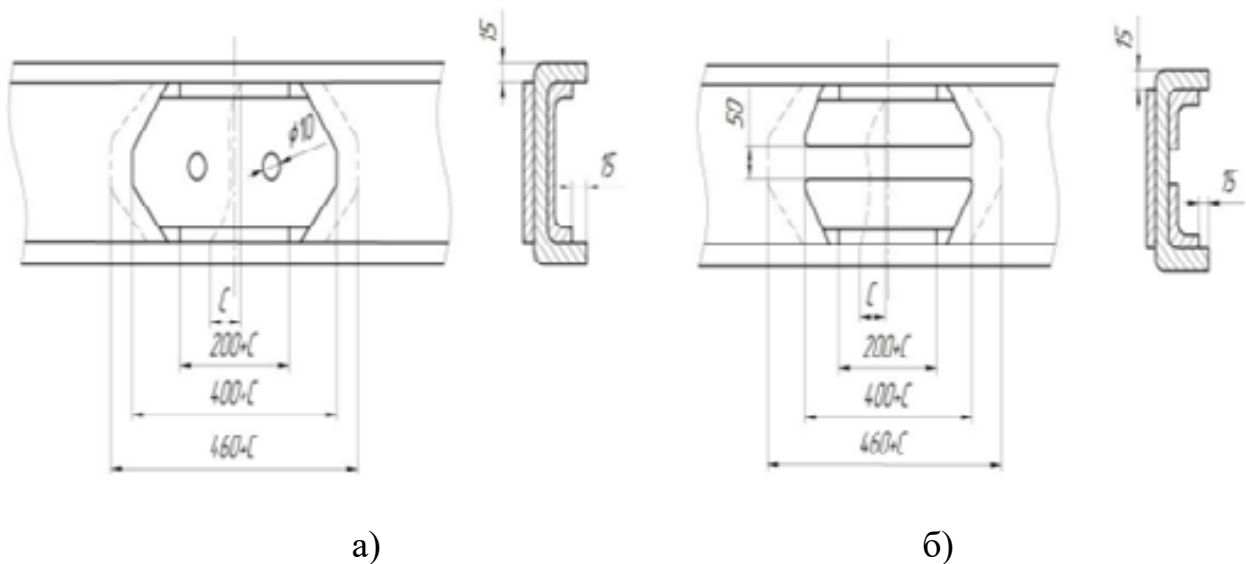


Рисунок 3.3 - Конструктивне підсилення під час зварюванні переломів або зварного з'єднання швелерів встик

Заварювання тріщин, які утворилися в горизонтальній полиці лонжерона, виконують з підсиленням пошкодженого місця накладкою з кутника (рис. 3.4).



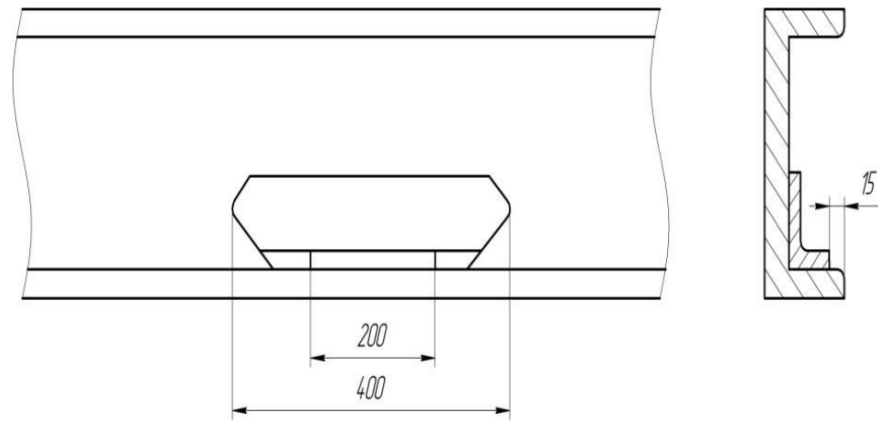


Рисунок - 3.4. Підсилення горизонтальної полиці з завареною тріщиною

Повздовжні тріщини на вертикальних стінках балок зварюють з наступним підсиленням пласкою накладкою (рис. 3.5 ), яка має перекривати тріщину на 100 мм з кожного боку, і обварюванням накладки по периметру зворотно ступінчастим способом з простановкою електрозаклепок.

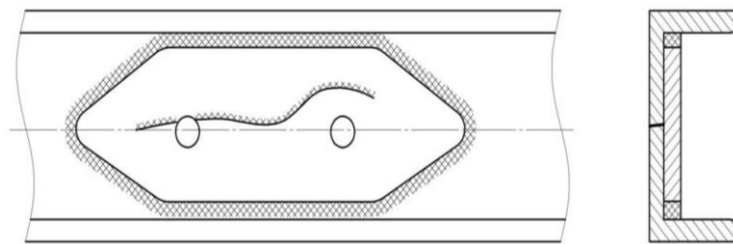


Рисунок 3.5 - Підсилення повздовжньої тріщини швелера

Поперечні тріщини, що переходять з горизонтальної полиці на вертикальну стінку балки, зварюють з наступним підсиленням вигнутою або двома кутовими накладками (рис. 3.6) [1].

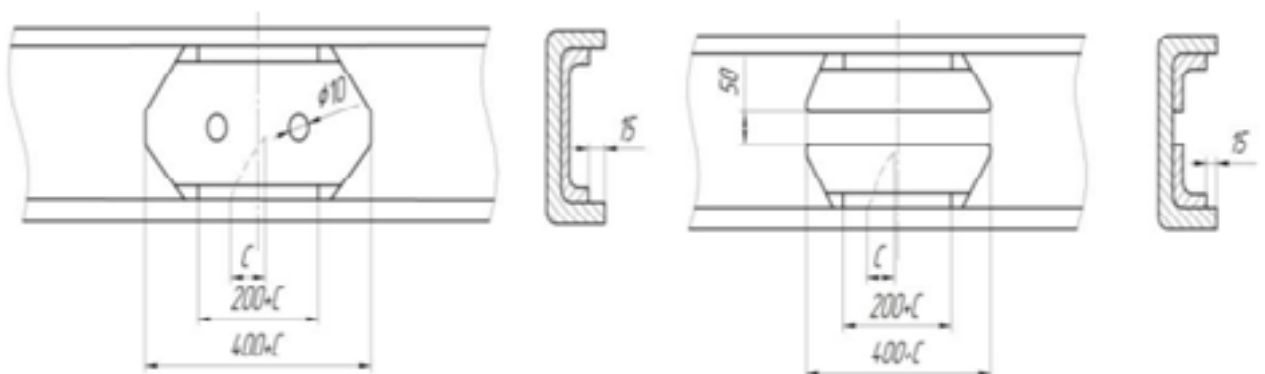


Рисунок 3.6 - Підсилення швелера після заварювання поперечних і похилих тріщин, що переходять з полки на вертикальну стінку

Якщо накладка 1 (рис. 3.7) товщиною  $a$  має розміри більше  $300 \times 200$  мм, то для щільного її прилягання до пошкодженого місця рами треба поставити електрозаклепки 2 на відстані 150 - 200 мм одна від одної.

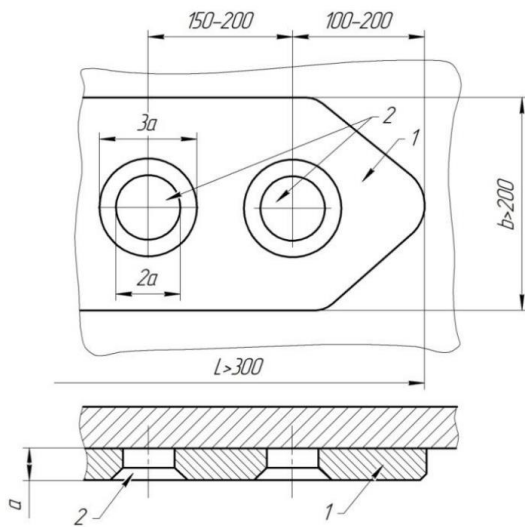


Рисунок 3.7 - Підсилення накладки електрозаклепками

1 – накладка; 2 - електрозаклепка

### 3.2. Підсилення ушкоджених місць рам

Під час заварюванні тріщин в елементах рами з отриманням гарантованого повного провару і забезпеченням необхідної форми шва, яка відповідає вимогам стандартів або робочих креслень виробника, в місці виправлення ушкодження відбувається відновлення конструктивної міцності рами автомобіля. Тому ремонтне зварювання тріщини елементів рам є достатнім для відновлення конструкції деталі із забезпеченням її подальшої нормальної експлуатації відповідно до технічних умов виробника.

Під час ремонту зварюванням пошкоджень рам, які могли виникнути внаслідок недостатньої первісної міцності окремих елементів або усієї конструкції, для забезпечення подальшої експлуатації виробу без можливості виникнення повторних ушкоджень дефектне місце рами після зварювання в ній тріщини обов'язково необхідно підсилувати.

Обов'язковому підсиленню також підлягають заварені тріщини деталей, коли робітник не може гарантувати повний провар у ремонтному з'єднанні.

Винятком можуть становити тільки такі дефектні місця, в яких підсилення може зашкодити або змінити конструктивні особливості рами в місці пошкодження. В такому випадку зварювання тріщини мають виконувати найбільш кваліфіковані робітники (зварники).

Підсилення ушкоджених місць рами можна умовно розділити на технологічні і конструктивні. До технологічних підсилень зварних з'єднання відносять аргонодугове обплавлення підсилення шва з метою утворення плавного його переходу до поверхні основного металу, поверхнева пластична деформація шва проковуванням чи іншими методами, які здатні забезпечити підвищення опору матеріалу крихкому і втомному руйнуванню.

До конструктивного підсилення зварного з'єднання відносять підсилення ушкоджених місць за рахунок зміни конструкції і розмірів деталей, що здійснюють за допомогою встановлення підсилюючих накладок, ребер жорсткості, косинок чи інших конструктивних елементів різноманітної форми та товщини.

Конструктивне підсилення може бути простим, до якого входить тільки одна деталь і складним, яке складається з декількох деталей (рис. 3.8).

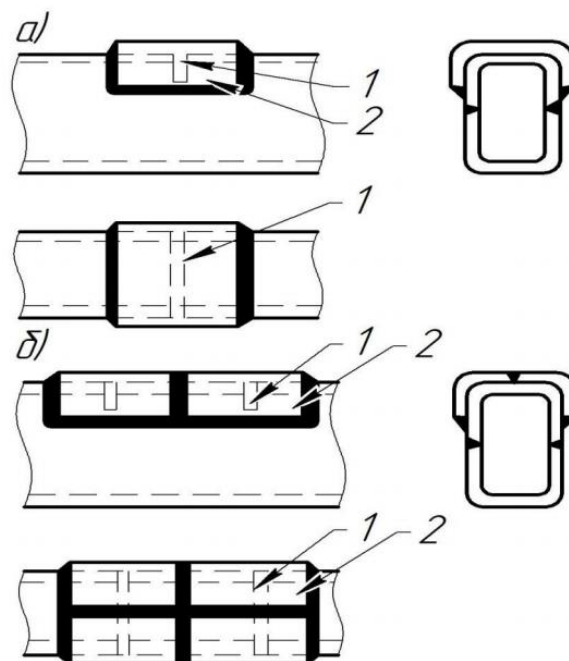


Рисунок 3.8 - Схеми конструктивних підсилень швів після зварювання тріщини

а – просте підсилення; б – складне підсилення;

1 – заварена тріщина; 2 – накладка

Підсилення, як правило, підлягають пошкодженні місця рами із завареними тріщинами. Однак, в деяких випадках можуть проводити конструктивне підсилення конструкції як профілактичний захід в місцях можливого формування тріщин. Такі місця визначають на підставі накопиченого досвіду експлуатації автомобілів.

Найбільш поширеним є конструктивне підсилення рами шляхом встановлення накладок, які перекривають заварені тріщини і приварюється до пошкодженого місця деталі або несучого елемента конструкції рами. Лобові і косі кутові шви, які розташовані в поперек до напрямку дії основного силового навантаження на раму, якими приварюється підсилююча накладка, а також ділянки металу основної деталі, які прилягають до шву, повинні піддаватись проковуванню з метою підвищення опору до втомного руйнування.

Конструктивне підсилення елемента рами повинно мати таку ж форму і розміри, щоб під час приварювання його в місці підсилення в ньому не виникало зосередження кількох швів на малій площі. При цьому проміжок  $L$  основного металу (рис. 3.9) між зварними кутовими швами, розташованими нормально до напрямку дії навантажувальної сили, або косими кутовими швами повинен бути не менше 50 мм [26].

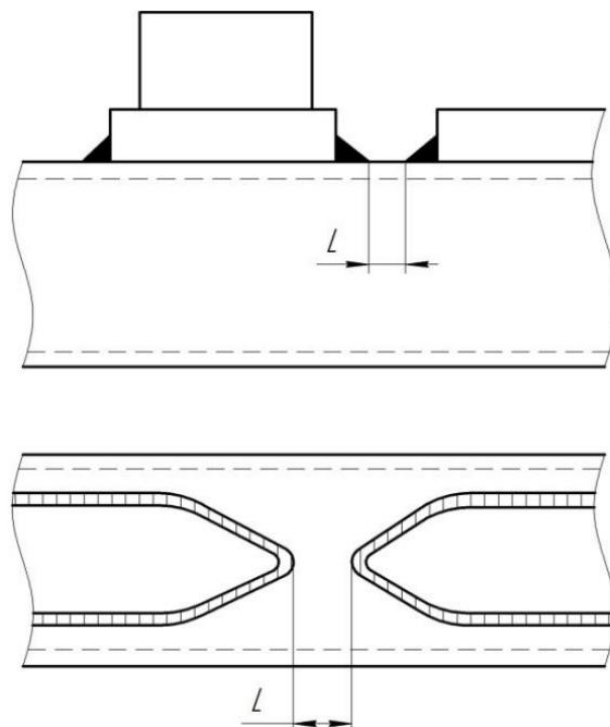


Рисунок 3.9 - Розташування двох кутових швів при приварюванні накладки

Вимога дотримання заданої відстані між двома кутовим зварними швами пояснюється тим, що при меншій відстані  $L$  спостерігається зниження втомного опору зварного з'єднання. При  $L = 50$  мм і більше вплив близького розташування зварних швів на втомний опір з'єднання буде незначним. У випадку, коли неможливо виконати дану вимогу, зварні шви та проміжок на основному металі між цими швами повинні бути оброблені поверхневим деформуванням методом наклепування.

Конструктивне підсилення, приварене кутовими швами, рекомендується приварювати по всьому контуру (див. рис. 3.9). При цьому мають використовуватися не тільки флангові (повздожні) шви, оскільки це може викликати зниження втомного опору зварного з'єднання.

Для підвищення втомної міцності ремонтного зварного з'єднання лобові та косі кутові шви, якими приварюють підсилюючі елементи, повинні мати ввігнуту форму поверхні (рис. 3.10, в) з плавним переходом до основному металу. Лобові і косі кутові шви рекомендується виконувати з відношенням більшого катета до меншого від 1,5 до 2 (рис. 3.10, б). При цьому більший катет повинен бути направлений вздовж лінії дії зусилля, яке сприймається цими швами.

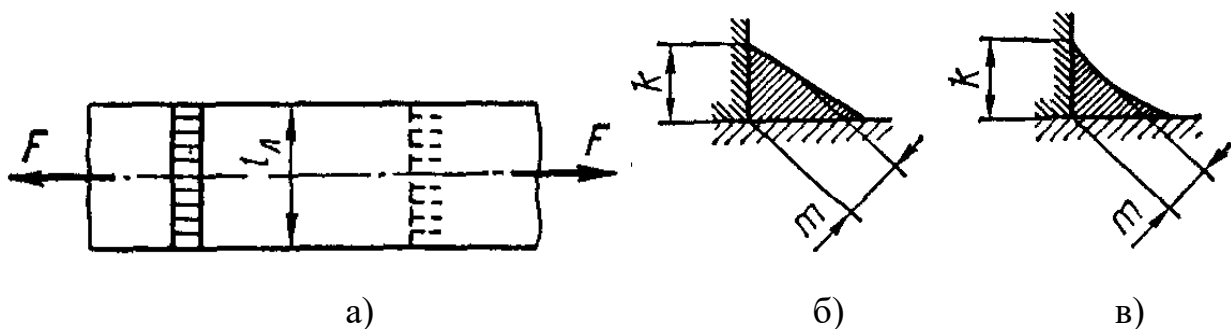


Рисунок 3.10 – Лобовий зварний шов

Надання кутовим швам ввігнутої форми профілю та забезпечення плавного їх переходу до основному металу, а також виконання стикових зварних швів без підсилення повинно, як правило, виконуватись з підбором відповідних режимів зварювання та відповідним розташуванням зварного з'єднання. При

необхідності також має виконуватись обробка швів механічним або аргонодуговим способом.

Накладки для підсилення місць ремонту в рамах повинні виготовлятися з тих же марок сталі, що й деталі та елементи конструкцій рами, які підлягають підсиленню, або ж з їх замінників, вказаних в технологічних вимогах. Накладні деталі повинні виготовлятися таким чином, щоб при встановленні їх на місце приварювання напрямок прокатки в накладках співпадав з напрямком дії основного силового навантаження.

Для отримання високих механічних властивостей підсилюючих деталей та виключення можливості появи в них тріщин під час виготовлення згинанням, штамповкою чи куванням, дані операції необхідно виконувати в гарячому стані після нагрівання заготовки до температури 900...1100 °С і завершувати процес формування при температурі 750 °С (червоний колір гартування).

Виявлені в деталях підсилення викривлення, які перевищують допустимі відхилення від заданих розмірів, виправляють холодною або гарячою правкою. Холодну правку можна застосовувати, якщо максимальна величина залишкових деформацій деталі для підсилення не перевищують 1 %. При деформаціях більш як на 1% допускається тільки гаряча правка з виконанням операцій нагріву до температур, вказаних вище.

Підготовка кромки деталі для конструктивного підсилення до зварювання може здійснюватися механічним способом або термічним різанням. Нерівності різку (шорсткість) заготовки не повинні перевищувати 1 мм. Виправлення кромки деталі після її плазмового чи газового різання шляхом підварювання кромки не допускається. Виправлення та зачистку кромки виконують абразивним інструментом таким чином, щоб риси при обробці торця деталі були направлені вздовж її кромки. Вільні кромки також повинні піддаватися механічній обробці. У підсиленних елементах рам, які працюють на розтягування, вільні кромки, утворені під час різання ножицями, також повинні бути механічно оброблені шляхом стругання, фрезерування тощо.

Деталі для конструктивного підсилення місць зварювання тріщин перед встановленням під зварювання мають бути сухі, очищені від бруду, іржі,

консерваційного мастила. Зварювані кромки і прилеглі до них зони основного металу також повинні бути зачищені до металевого блиску шириною не менше 25 мм (див. рис. 3.11).



Рисунок 3.11 – Підготовка тріщини під зварювання

Перед складанням під зварювання деталі для підсилення місць ремонту повинні бути попередньо перевірені. Прилягання підсилюючих накладок до основної деталі або елемента конструкції рами має бути щільним. Допускаються лише місцеві зазори, величина яких не повинна перевищувати 1,5 мм. Постановка

додаткових елементів з більшим зазором категорично забороняється.

Для забезпечення наведених вище вимог слід застосовувати спеціальні складально-зварювальні пристосування (рис. 3.12). Конструктивне підсилення з основним елементом конструкції, як правило, фіксують прихватками в місцях розташування основних швів. Розміри прихваток повинні бути мінімальними (не більше 1/3 перерізу шва) і забезпечувати їх повторне розплавлення під час накладання основних швів. Прихватки виконують тими ж видами та матеріалами зварювання, що і при зварюванні основних швів [2].



Рисунок 3.12 – застосування зварювальної оснастки для складання елементів рами під зварювання

Для забезпечення високої якості ремонту необхідно, щоб очистка, складання елементів і кінцеве зварювання здійснювались послідовно без суттєвих перерв. Правильності складання підсилюючого елемента з деталлю рами перевіряється і приймається майстром. Кутіві шви



з'єднання підсилень з низьковуглецевих і низьколегованих сталей найчастіше зварюють методом ручного дугового зварювання електродами типу E42A-Ф або E50A-Ф, порошковими і суцільними електродними дротами в захисному газі чи без захисту (при використанні самозахист них дротів). Цим самим вдається отримати в металі швів потрібний хімічний склад і механічних властивостей.

Для запобігання виникнення високого напружень у з'єднаннях рекомендується виконувати шви у такій послідовності:

- зварюють у вільному стані стикові шви, розташовані перпендикулярно до напрямку дії силових навантажень;
- зварюють інші стикові шви;
- зварюють кутові шви – спочатку поперечні, потім косі і повздовжні.

Техніка виконання кожного окремого шва – це безперервне зварювання зразу всього шва, зварювання гіркою, зворотно–поступове зварювання тощо підбирають під кожен окремий випадок з метою мінімізації рівня напружень і залишкових деформацій. Приклад техніки виконання підсилюючої накладки ілюструє рисунок 3.13.

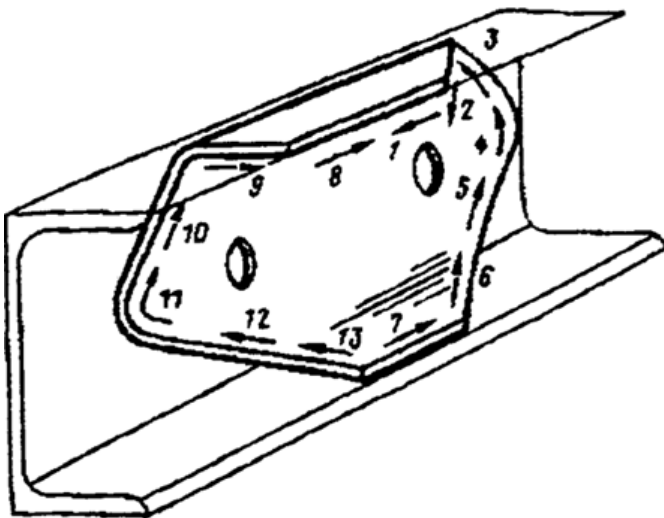


Рисунок 3.13 - Техніка приварювання підсилюючої накладки

Накладання швів поверх прихваток слід виконувати тільки після ретельного їх зачищення останніх від шлаку. При цьому забороняється запалювати дугу на основному металі за межами шва і виводити кратер на основний метал. Режим приварювання підсилюючих елементів повинен забезпечувати отримання швів з розмірами, які передбачені

конструктором та вказані в кресленнях технологічної документації, а також мінімальними деформаціями деталей рами та підсилюючих вузлів.



## Висновки за розділом

Розглянувши основні вимоги до технології підготовки зварних з'єднань і їх безпосереднього виконання в даному розділі ми запропонували чіткі рекомендації щодо розробки тріщин рам, зачистки зони зварювання, підготовки вибору розмірів і форми підсилюючих накладок та необхідної техніки виконання зварних швів та з'єднань. Дотримання запропонованих методик дозволить забезпечити високу продуктивність та якість ремонту рам зварюванням.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Аналіз вимог техніки безпеки під час зварювальних робіт

До роботи зварювальником допускати осіб, які досягли 18-річного віку, навчені і атестовані на II кваліфікаційну групу з електробезпеки, пройшли медичний огляд, вступний і первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці, які вже оволоділи безпечними методами виконання робіт і пройшли перевірку знань вимог охорони праці.

Зварювальник повинен бути забезпечений необхідними засобами індивідуального захисту відповідно до типових норм.

Перебуваючи на зварювальній ділянці необхідно:

- звертати увагу на сигнали, що подаються з зварювальниками;
- не стояти і не проходити під автомобілем в момент його піднімання підйомником, а також між верстатами та станками для виправлення дефектів, близько біля джерез живлення та газозварювального обладнання;
- під час руху по ділянці користуватися тільки встановленими проходами, що не перелазити через обладнання.

Перед початком роботи обов'язково слід одягти спецодяг, перевірити справність обладнання, електропроводки, трубопроводів та газової арматури, наявність і справність заземлення.

Витяжна вентиляція повинна бути встановлена над столом для зварювання.

Про всі помічені недоліки, несправності в обладнанні і про виниклі небезпеки повідомити майстру. До роботи можна приступати тільки після усунення всіх несправностей і дозволу майстра.

Не слід дивитися на дугу незахищеними очима. Необхідно користуватися захисною маскою зі світлофільтром.

Забороняється залишати без нагляду установку з підключеними стисненим повітрям і включеним напругою.

Під час роботи забороняється тримати шланги під пахвою, на плечах або затискати ногами. Забороняється допускати зіткнення шлангів з струмопровідними проводами.

При перегрів зварювального апарата робота повинна бути зупинена до повного його охолодження.

Не допускати попадання на шланги іскор, вогню або важких предметів, а також впливу високих температур.

Забороняється приєднання до шлангів вилок, трійників і т.п. для живлення декількох апаратів.

Не допускати проведення ремонту апаратури у робочому стані. У разі несправності негайно припинити роботу і повідомити майстру.

При щоденному обслуговуванні необхідно перевіряти справність підвідних проводів; справність контактних затискачів і роз'ємів на панелі з затискачами; заземлення джерела живлення; заземлення зварної конструкції або столу.

Справність захисних засобів слід перевіряти перед кожним застосуванням. Захисні засоби, у яких закінчився термін чергового випробування, застосовувати забороняється.

Для запобігання виникненню пожеж необхідно дотримуватися таких вимог:

- не захарашувати доступи і проходи до протипожежного інвентарю, вогнегасників, гідрантів;
- зберігати горючі та легкозаймисті речовини в спеціально відведених місцях з дотриманням заходів пожежної безпеки;
- палити тільки в спеціально відведених місцях, забезпечених протипожежним інвентарем і урнами;
- використаний обтиральний матеріал зберігати в металевому ящику з щільно закривається кришкою;
- не підходити з відкритим вогнем до шлангів і балонів;
- не чистити і не прати робочий одяг бензином і іншими легкозаймистими рідинами.

При виникненні ситуацій, які можуть привести до аварій і нещасних випадків (наприклад, при пробіі ізоляції в ланцюзі, протіканні шлангів), необхідно припинити роботу, відключити подачу електроенергії, вивести з небезпечної зони людей і повідомити про виниклу ситуацію керівнику робіт.

При виникненні аварії негайно вжити заходів з надання потерпілим першої допомоги, викликати машину швидкої допомоги.

При виявленні пожежі негайно повідомити в пожежну охорону по телефону 101, сповістити керівництво і до прибуття пожежних приступити до ліквідації вогнища пожежі наявними засобами в залежності від загорівся матеріалу.

При нещасному випадку надати потерпілому першу долікарську допомогу, повідомити про подію керівництву. По можливості зупинити обстановку, якщо це не призведе до аварії або травмування інших людей. При необхідності викликати бригаду швидкої допомоги по телефону 103 або допомогти доставити потерпілого в медичний заклад.

#### 4.2. Моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків

Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистично залежними або незалежними.

*Статистично залежні події* - це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо кожна з двох подій, що входять до однієї моделі, може з'явитися незалежно одна від одної, то такі події є статистично незалежними. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні – послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок протікання (перебігу) події [6].

Таблиця 4.1 - Логічна модель виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час зварювання

Вид роботи, виробничий підрозділ	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
1	2	3	4	5	6
Зварювання елементів рами автомобіля, зварювальна дільниця	НУ <sub>1</sub> - порушення ізоляцій. НУ <sub>2</sub> - відсутність заземлення.	НД - Поява струму на корпусі зварювального апарата	НС – Контакт зварювальника з корпусом зварювального апарата	Т - Ураження струмом зварювальника	Заземлення струмоведучих частин і якісна їх ізоляція
НУ <sub>1</sub> → НУ <sub>2</sub> → НД → НС → Т					
Зварювання елементів рами автомобіля, зварювальна дільниця	НУ- відсутність або несправність штучної вентиляції робочого місця	НД - знаходження працівника в загазованій зоні без засобів захисту	НС- вдихання оператором шкідливих газів	Т – отруєння оператора шкідливими газами З – виробниче захворювання	Обладнання робочого місця штучною вентиляцією
НУ → НД → НС → Т (3)					
Зварювання елементів рами автомобіля, зварювальна дільниця	НУ – підвищений рівень яскравості світла тощо	НД - робота без засобів індивідуального захисту	НС – вплив спалахів дуги на органи зору зварювальника	З – виробниче захворювання	Робота в засобах індивідуального захисту (окулярах, захисному щитку тощо)
НУ → НД → НС → З					
Зварювання елементів рами автомобіля, зварювальна дільниця	НУ – висока температура деталей та заготовок і обладнання	НД - робота без спеціального одягу	НС – зварювальника гарячими поверхнями	Т – отримання опіків	Робота в спецодезії та рукавицях
НУ → НД → НС → З					

Логічна модель може стати основою для розробки графічної моделі виникнення травмонебезпечної чи аварійної ситуації.

### 4.3 Рекомендації щодо покращення безпеки праці

Для запобігання небезпеки ураження електричним струмом необхідно, щоб джерела живлення мали автоматичні пристрої, що відключають їх при обриві дуги протягом не більше 0,5 с.

З метою зменшення небезпеки ураження електричним струмом зварювальнику слід дотримуватися наступних заходів [19]:

- надійна ізоляція всіх, проводів, пов'язаних з живленням джерела струму і зварювальної дуги;

- надійний пристрій електродотримача з гарною ізоляцією, яка гарантує, що не буде випадкового контакту струмоведучих частин електродотримача зі зварним виробом або руками зварника;

- робота у справно-сухому спецодязі і рукавицях. При роботі в тісних відсіках і замкнутих просторах обов'язкове використання гумових калош і килимків, джерел освітлення з напругою не більше 6-12 В;

Для запобігання небезпеки ураження бризками розплавленого металу і шлаку використовують спецодяг (брюки, куртку і рукавиці) з брезентової або спеціальної тканини. Куртки при роботі не слід вправляти у штани, а взуття повинне мати гладкий верх, щоб бризки розплавленого металу не потрапляли всередину одягу, так як в цьому випадку можливі важкі опіки.

### Висновки за розділом

Аналіз умов роботи працівників показав високу ймовірність травматизму під час виконання зварювальних робіт. Складність операцій також підвищують і габаритні розміри та маса деталей. З метою зниження травматизму необхідно чітко дотримуватися правил безпеки праці на виробництві та постійно здійснювати перевірку їх дотримання робітниками.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ

### 5.1 Розрахунок капітальних вкладень

До складу капітальних вкладень на виконання операцій ремонту рами автомобіля включаються витрати на придбання, доставку, монтаж нового обладнання, будівельні роботи, тощо:

$$K = C_{об} + C_{дм} + C_{тр} + C_{буд}, \quad (5.1)$$

де  $C_{дм}$  - витрати на монтаж та демонтаж обладнання, грн.;

$C_{буд}$  - вартість будівельних робіт,  $C_{буд} = 0$  грн;

$C_{об}$  - вартість обладнання, яке планується придбати, грн.;

$C_{тр}$  - витрати на транспортування обладнання, грн.;

Витрати на монтаж обладнання приймаються рівними 8 % від вартості обладнання, грн.

$$C_{дм} = 0,04 \cdot C_{об}, \quad (5.2)$$

Для виконання ремонтного зварювання планується використовувати зварювальний апарат Tesla Weld 327 змонтований на візку, який має живлення від стандартної трифазної мережі змінного струму 380 В. З апаратом використовують балони із захисним газом, то ж монтажні роботи не передбачаються, а отже  $C_{дм} = 0$  грн.

Також планується придбання набору гідравлічного обладнання для рихтування 15T GEKO PREMIUM.

Прийнявши ринкову вартість зварювального апарата Tesla Weld 327 рівною 36678 грн та вартість набору 15T GEKO PREMIUM в розмірі 15699 грн визначимо витрати на транспортування, прийнявши їх в розмірі 2,5 % від вартості устаткування, грн.

$$C_{тр} = 0,025 \cdot C_{об}, \quad (5.3)$$

$$C_{тр} = 0,025 \cdot (36678 + 15699) = 1309,43 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення, грн.

$$K = 36678 + 15699 + 1309,43 = 53686,43 \text{ грн.}$$

Як бачимо, сумарні капіталовкладення на виконання операцій ремонту рам, а саме придбання нового обладнання становитимуть 53686,43 грн.

## 5.2 Кошторис витрат за виконання робіт

Кошторис витрат на виконання робіт визначає загальну суму витрат виробничого підрозділу на плановий період та необхідний для розрахунку собівартості робіт підрозділу. У проектах з ТО та ТР автомобілів кошторис зазвичай складається за економічними елементами: заробітна плата робітників, нарахування на соціальне страхування, матеріали, запасні частини, накладні витрати.

До фонду заробітної плати включаються фонди основної зарплати. Він в свою чергу включає всі види оплати праці за фактично відпрацьований час.

Для розрахунку приймемо кількість робітників, зайнятих на ділянці кузовного ремонту - слюсарі 6 розряду в кількості 2 чол., з поміж яких зварювальник – 1 людина.

Заробітна плата робітників складатиме:

$$Z_o = C_{\text{год}} \cdot T \quad (5.4)$$

де  $C_{\text{год}}$  - годинна тарифна ставка робочого відповідного розряду, грн. Для розрахунків приймаємо  $C_{\text{год}} = 150$  грн.

$T$  - річний обсяг робіт, люд.год.

$$T = t_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot D \cdot n, \quad (5.5)$$

де  $t_{\text{зм}}$  – тривалість зміни, год;  $K_{\text{зм}}$  – коефіцієнт використання часу зміни,  $K_p = 80$  % [20];  $D$  – кількість робочих днів в році, ( $D = 259$  днів);  $n$  – кількість зварювальників, грн.

Тоді

$$T = 8 \cdot 0,8 \cdot 259 \cdot 1 = 1657,6 \text{ люд.год.}$$

Затрати на основну заробітну плату робітника тоді становитимуть:

$$Z_o = 150 \cdot 1657,6 = 248640 \text{ грн.}$$

Нарахування на зарплатню визначимо за формулою:

$$H_z = Z_o \cdot \Pi_{\text{пз}} / 100, \quad (5.6)$$



де  $\Pi_{\text{нз}}$  - відсоток нарахування на заробітну плату, грн. При утриманні із зарплат працівників 18% податку на доходи фізичних осіб (ПДФО) та 1,5% військового збору (ВЗ) для розрахунків можемо записати:

$$H_3 = 248640 \cdot 0,18 + 248640 \cdot 0,015 + 248640 \cdot 0,22 = 103185,6 \text{ грн}$$

Середньомісячна заробітна плата робітника, грн.

$$Z_{\text{міс}} = Z_0 / (n \cdot 12), \quad (5.7)$$

$$Z_{\text{міс}} = 248640 / (1 \cdot 12) = 20720 \text{ грн.}$$

Під час розрахунку роботи крім прямих виробничих витрат, необхідно враховувати також накладні витрати.

Вартість силової електроенергії на рік визначається за формулою:

$$C_e = W_e \cdot C_{e0}, \quad (5.8)$$

де  $W_e$  - потреба в силіній електроенергії. При споживанні зварювальним апаратом  $w_e = 8,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$  матимемо

$$W_e = w_e \cdot D \cdot t_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}} = 8,8 \cdot 259 \cdot 8 \cdot 0,3 = 5470,08 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$C_{e0}$  – вартість 1 кВт·год. силової електроенергії,  $C_{e0} = 8,4 \text{ грн.}$

Тоді

$$C_e = 5470,08 \cdot 8,4 = 45948,67 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт обладнання можна прийняти 5% від його вартості, а виробничих будівель 3% вартості будинків [18, 20]. Тоді

$$C_{\text{тро}} = 0,05 \cdot C_{\text{об}}, \quad (5.9)$$

$$C_{\text{тро}} = 0,05 \cdot 53686,43 = 2684,32 \text{ грн.}$$

Для визначення загального кошторису виконання робіт всі результати розрахунків зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Основні статті затрат

Статті затрат	Сума, грн
Основна заробітна плата	248640
Нарахування на заробітну плату	103185,6
Вартість електроенергії	45948,67
Вартість обслуговування і ремонту нового обладнання	2684,32
Всього	400458,59

### 5.3 Розрахунок показників економічної ефективності

Передбачуваний прибуток підрозділу з урахуванням всіх відрахувань, визначимо за формулою:

$$\Pi = T_o \cdot C_{\text{год}}, \quad (5.10)$$

де  $C_{\text{год}}$  - мінімальна вартість нормогодини роботи для клієнта, грн.  $C_{\text{год}} = 350 \dots 810$  грн;

$$\Pi = 1657,6 \cdot 580 = 961408 \text{ грн.}$$

Чистий прибуток визначається за формулою:

$$\Pi_{\text{ч}} = \Pi - Z_{\text{н}}, \text{ грн} \quad (5.11)$$

де  $Z_{\text{н}}$  - накладні затрати, грн;

$$\Pi_{\text{ч}} = 961408 - 400458,59 = 560949,41 \text{ грн.}$$

Рентабельність капітальних вкладень становитиме:

$$P = \frac{100 \cdot \Pi_{\text{ч}}}{K}, \quad (5.12)$$

де  $K$  - капітальні вкладення, грн;

$$P = \frac{100 \cdot 560949,41}{53686,43} = 1044,9 \%$$

Термін окупності капітальних вкладень, років

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Pi_{\text{ч}}} = \frac{53686,43}{560949,41} = 0,096 \text{ роки} \quad (5.13)$$

Техніко-економічні показники представлені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Техніко-економічні показники

Показники	Значення
Трудомісткість робіт, люд год.	1657,6
Кількість робітників, осіб.	2
Середньомісячна заробітна плата, грн/міс.	20720
Накладні витрати, грн	400458,59
Орієнтовний дохід, грн	961408
Чистий дохід, грн	560949,41
Капітальні вкладення, грн	53686,43
Термін окупності, років	0,1

В результаті проведеного економічного розрахунку запропоноване виконання операцій ремонту рам вантажних автомобілів зварюванням встановлено, що затрати на придбання нового обладнання окупляться за 0,1 року.

### Висновки за розділом

Для розрахунку економічної ефективності виконання ремонту рам зварюванням розглядався процес заварювання тріщин з наступним накладанням підсилюючих накладок. Роботи виконують два працівники. Сумарні річні затрати на виконання заданих робіт складуть для підприємства понад 400 тисяч гривень. Врахувавши попит на виконання даних робіт встановлено, що річний чистий дохід планується в розмірі біля 500 тис. грн, а необхідні капіталовкладення окупляться вже за неповних два місяці.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Ремонт рами автомобіля є важливим технологічним завданням під час відновлення його роботоздатності. Найважливішими напрямками вдосконалення даного процесу є застосування прогресивних технологічних процесів, нового, більш досконалого у технологічному плані обладнання для пунктів ремонту і станцій технічного обслуговування автомобілів з урахуванням фактичної потреби за видами робіт.

Основними ушкодженнями рам, з якими автомобілів надходять на ремонт, є корозія елементів рами, викривлення рами, тріщини елементів рами по концентраторах напружень, поперечні тріщина лонжеронів, відривання елементів рами в місцях з'єднань та скриті дефекти в місцях з'єднання елементів рами та приєднання до неї вузлів автомобіля.

Зварювання в середовищі захисного газу набуло найбільшого поширення в кузовному ремонті через хороші показники міцності зварювальних швів, можливість виконання у всіх просторових положеннях, низький тепловий вплив метал, можливість зварювання деталей із зазором, високу швидкість роботи та незначні витрати на доопрацювання зварювальних швів.

Одним з прогресивних шляхів ремонту рам зварюванням є використання зварювального обладнання, яке дозволяє виконувати з'єднання листового металу товщиною 8-10 мм. Це дозволяє розширити спектр виконуваних робіт завдяки меншій обробці зварного з'єднання, створювати менші деформації деталі завдяки широкому діапазону регулювань параметрів процесу, зниженню можливості непровару, забезпеченню хорошого ущільнення вздовж шва.

В результаті економічного обґрунтування ефективності виконання операції ремонту рами зварюванням встановлено, що для її виконання підприємство потребує капіталовкладень на суму 53686,43 грн. При щоденному його використанні СТО окупить всі капітальні вкладення за 0,1 року.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Балабан М.О. Удосконалення технології кузовного ремонту легкових автомобілів: кваліфікаційна робота. Дубляни: ЛНУП, 2024. 57 с.
2. Березін Л.Я., Хоменко М.М., Карпенко А.С. Засоби технологічного оснащення зварювального виробництва. Навчальний посібник. Чернігів: ЧДТУ, 2003. 142 с.
3. Божидарнік В.В., Гусєв А.П. Основи технології виробництва і ремонту автомобілів. Луцьк: Надстир'я, 2007. 314 с.
4. Дмитрук Д.Р. Удосконалення процесу технічного обслуговування транспортних засобів з розробкою дільниці для ремонту кузова автомобіля : кваліфікаційна робота. Дубляни: ЛНУП, 2023. 67 с.
5. Коробочка О.М., Рудасьов В.Б. Прогресивні технології відновлення і ремонту кузовних деталей автомобілів. «Системні технології», 2002 р. 127 с.
6. Городецький І. В, О. Тимочко. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР "Магістр" студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.
7. Гуменюк І.В. Іваськів О.В., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: Підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
8. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 48 с.
9. ДСТУ EN ISO 14171:2015 Зварювальні матеріали. Дроти електродні суцільні й порошкові та комбінації дрiт електродний/флюс для дугового зварювання під флюсом нелегованих та дрібнозернистих сталей. Класифікація (EN ISO 14171:2010, IDT; ISO 14171:2010, IDT): [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=82838](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82838).
10. Квасницький В. В. Спеціальні способи зварювання. Навчальний посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 437 с.

11. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-те вид. Київ: Либідь, 2006. 400 с.
12. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ: Знання – Прес, 2003. 511 с.
13. Макаренко М.Г., Орлов В.Ф., Павленко В.О. Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Частина 1 / за ред. М.Г. Макаренко. Київ: "Грамота", 2005. 348с.
14. Максимова С.В., Зволінський І.В., Юрків В.В. Геометричні параметри паяного шва та його структура при плазмовому паянні оцинкованої сталі. Автоматичне зварювання, №6, 2020. С. 35-39. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.06.06>
15. Матвієнків О.М. Збереження захисного покриття при з'єднанні оцинкованих труб дуговим паянням. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ: всеукр. наук.-техн. журн. Івано-Франківськ: Факел, 2016 , № 4. С. 7-14.
16. Матвієнків, О. М. Напружено-деформований стан MIG-паяних з'єднань оцинкованих труб. Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, (1(54)). І. Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. с. 23–30.
17. Музичук В. І., Анісімов В. Ф. Організація робіт підприємств технічного обслуговування. Навчальний посібник. Вінниця: ФОП Горбачук І.П., 2012. 240 с
18. Організація та технологія технічного сервісу машин»: навчальний посібник. За ред. О.М. Шокарева. Мелітополь, ТОВ «ФОРВАРДПРЕСС», 2019. 307 с.
19. Пістун І.П., Березовецький А.П., Городецький І.М. Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. Львів: «Тріада плюс», 2009. 320 с.
20. Польшаков В.І, Сахно Є.Ю. Економіка організація та управління технічним обслуговуванням і ремонтом машин. Київ: «Центр навчальної літератури», 2004. 328 с.

21. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2007. 348 с.
22. Сокол М., Ханенко Г. Українська класифікація легкових автомобілів. прикладні аспекти маркетингової діял. ;1, 2012. С. 33-37.
23. Стадницький В.М. Обґрунтування параметрів обладнання для зварювання рам вантажних причепів: кваліфікаційна робота. Дубляни: ЛНУП, 2023. 67 с.
24. Сукач О.М., Миронюк О.С., Паславський Р.І., Шевчук В.В. Методичні рекомендації для виконання кваліфікаційних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Львів: Львівський національний університет природокористування, 2023. 50 с.
25. Швець О.П. Вивчення обладнання для механізованого зварювання в середовищі захисних газів (MIG/MAG): методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2018р. 19 с.
26. Шматко Д.З. Конспект лекцій з дисципліни “Прогресивні технології відновлення і ремонту кузовних деталей автомобілів” для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» за освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт». Кам'янське : ДДТУ, 2020. 88 с.
27. Рами автомобілів: види, призначення, будова.  
[https://uk.avtotachki.com/ramy-avtomobiley-vidy-naznachenie-ustroystvo/#google\\_vignette](https://uk.avtotachki.com/ramy-avtomobiley-vidy-naznachenie-ustroystvo/#google_vignette)