

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу контролю геометричних  
розмірів кузова легкового автомобіля з порушеною геометрією

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-41  
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Микола КУЦІЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Тетяна ПИНДУС

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Марія СПРАВСЬКА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2024

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

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

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«29» січня 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Куцму Миколі Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу контролю геометричних розмірів кузова легкового автомобіля з порушеною геометрією

Керівник роботи Пиндус Т.Б., асистент.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » січня 2024 року № 4/7-73

2. Термін подання студентом завершеної роботи 17 червня 2024

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес контролю геометричних розмірів кузова легкового автомобіля

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

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

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Огляд існуючих конструкцій – А1;

Стенд для відновлення геометрії кузова автомобіля – А1;

Технологічна карта – А1;

Гідроциліндр – А1;

Підйомник-перекидач легкових автомобілів – А1;

Дільниця для ремонту кузову автомобіля – А1;

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 29.січня 2024р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів роботи                           | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1     | Загально-технічний розділ                     | 16.02.2024                     |          |
| 2     | Технологічний розділ                          | 15.03.2024                     |          |
| 3     | Конструкторський розділ                       | 19.04.2024                     |          |
| 4     | Безпека життєдіяльності, основи охорони праці | 10.05.2024                     |          |
| 5     | Оформлення графічної частини                  | 24.05.2024                     |          |
| 6     | Захист кваліфікаційної роботи бакалавра       | 26.06.2024                     |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Микола КУЦІЙ

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Тетяна ПИНДУС

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Розроблення технологічного процесу контролю геометричних розмірів кузова легкового автомобіля з порушеною геометрією».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра асистент Пиндус Т.Б.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 51 сторінки формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини 4 сторінок додатків.

Ключові слова: геометричні розміри, ремонт, кузов, пошкодження, точність.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| <b>Вступ</b> .....   | 6  |
| <b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....   | 7  |
| 1.1 Огляд використання комп'ютеризованих систем для перевірки геометрії кузова.....                              | 7  |
| 1.2. Постановка завдання на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра...  | 10 |
| <b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....  | 11 |
| 2.1 Розроблення ТП контролю геометричних розмірів кузова автомобіля.....   | 11 |
| 2.2 Розроблення ТП ремонту кузовних елементів авто.....  | 20 |
| 2.2.1 Корекція механічних пошкоджень.....  | 20 |
| 2.2.2 Корекція за допомогою теплової обробки.....  | 22 |
| 2.2.3 Випрямлення поверхонь в панелях за допомогою пластичних матеріалів.....                                    | 24 |
| 2.3 Використання оптичної системи контролю.....  | 28 |
| 2.4 Проведення контролю деталей зі складною геометрією в рамках технологічних процесів.....                      | 29 |
| <b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b> .....   | 34 |
| 3.1 Опис наявних установок для перевірки форм кузовів транспортних засобів.....                                  | 34 |
| <b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b> .....   | 43 |
| 4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори технологічного процесу малярно-кузовних робіт.....                  | 43 |
| 4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів..... | 44 |
| 4.3 Інструкція з охорони праці при роботі з лакофарбовими матеріалами...   | 47 |
| <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b> .....   | 49 |
| <b>БІБЛІОГРАФІЯ</b> .....  | 50 |
| <b>ДОДАТКИ</b>   |    |

## ВСТУП

У сучасному автомобілебудуванні точність геометричних параметрів кузова легкових автомобілів є критично важливою для забезпечення якості, безпеки та комфорту водіння. Пошкодження кузова внаслідок аварій чи інших впливів може призвести до серйозних змін у його геометрії, що, у свою чергу, впливає на загальні характеристики автомобіля. Відновлення таких пошкоджень вимагає не тільки високої точності ремонтних робіт, але й ретельного контролю геометричних параметрів кузова. Саме тому розроблення ефективного технологічного процесу контролю геометричних розмірів є актуальним і має велике практичне значення.

Ця кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробленню технологічного процесу, який дозволить з високою точністю визначати відхилення геометричних розмірів кузова від заводських норм. Це допоможе не тільки у відновленні кузова після пошкоджень, але й у підвищенні безпеки та забезпеченні довговічності автомобілів.

У роботі будуть використані різноманітні методи та засоби діагностики, включаючи оптичні та лазерні сканувальні системи, які забезпечують високу точність вимірювань. Аналізуючи поточні технології контролю та вдосконалюючи їх, планується розробити оптимальний процес, який буде відповідати сучасним вимогам до кузовного ремонту. Значна увага буде приділена також розробці програмного забезпечення для обробки отриманих даних та їх аналізу.

Мета цієї роботи полягає в розробці комплексного підходу до вимірювання та аналізу геометричних параметрів кузова, що дозволить значно покращити якість відновлювальних робіт та забезпечити високу надійність автомобілів на дорогах.

## 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Огляд використання комп'ютеризованих систем для перевірки геометрії кузова

У контексті сучасного ринку, з його інтенсивною конкуренцією та постійними технологічними удосконаленнями на виробничих підприємствах, особливо у автомобільній галузі, актуальним стає питання швидкого та ефективного контролю автомобілів. Більшість українських підприємств, дотримуючись традиційних методів, використовують для контролю різноманітні шаблони, щупи та інші контрольні інструменти, які часто не дозволяють здійснити точні вимірювання у специфічних місцях, визначених конструкторами, технологами та контролерами якісного відділу.

На виробництвах, де використовуються стаціонарні контрольні-вимірювальні системи (КВС), часто не вдається вимірювати об'єкти, що складно переміщати, або проводити виміри під час виробничого процесу. Внаслідок цього складно досягти бажаного економічного результату від використання таких високоартісних метрологічних установок. Варто відмітити, що виробничі процеси часто не вимагають такої високої точності, яку надають порталні системи.

Таким чином, численні компанії почали активно цікавитися новітніми комп'ютеризованими вимірювальними системами, які забезпечують вимоги, такі як:

- доступна ціна;
- висока точність вимірювань;
- універсальність застосування;
- значна мобільність;
- здатність до самостійної роботи у промислових умовах;
- легкість у навчанні персоналу та використанні вимірювальної техніки та її програмного забезпечення.

Електронно-механічна система (див. рис. 1.1. а) складається з консолі з комп'ютером і висувним шарнірно-важільним механізмом, на кінці якого

розміщена вимірювальна голка. Для визначення розташування контрольних точок необхідно торкнутися центру кожної точки голкою. Вимірювання виконуються шляхом контролю змін у положенні шарнірів важільної системи. Основним недоліком цього методу є необхідність переміщення всього блоку при вимірюванні передньої та задньої частин автомобіля.

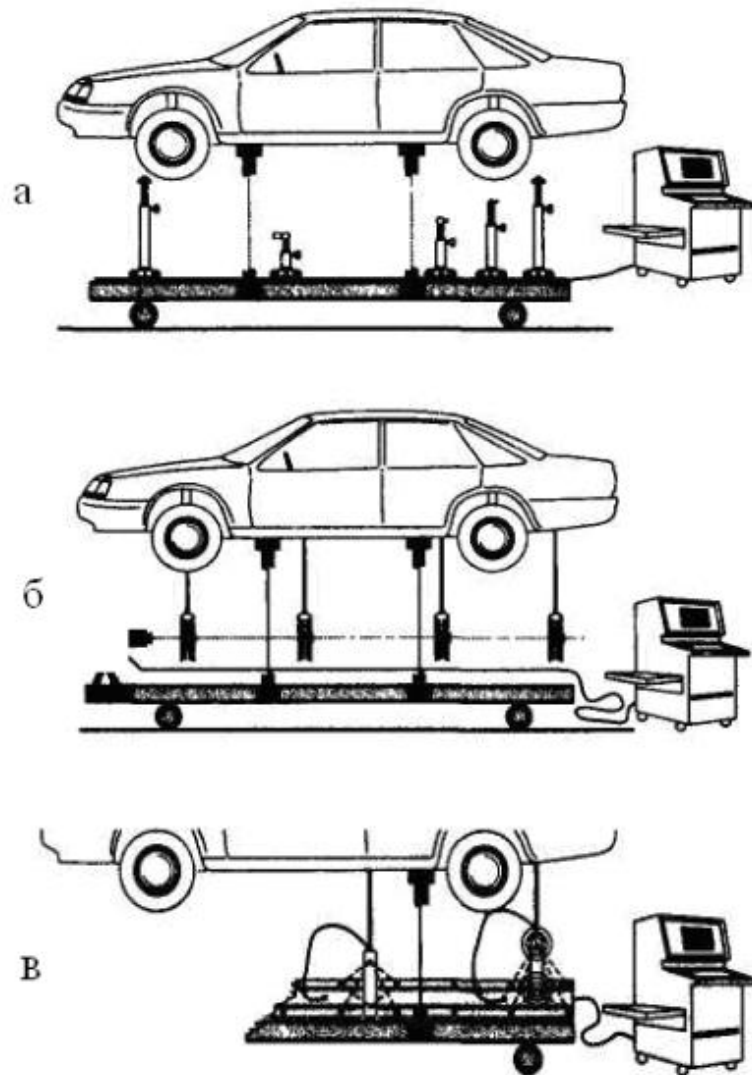


Рис. 1.1. Апарати з системами визначення параметрів: а. із електронно-механічною; б. із електронно-оптичною; в. із ультразвуковою.

Під час використання цифрової системи для оцінювання параметрів автомобільного кузова з використанням ультразвукової технології, під транспортний засіб розміщують випромінювач ультразвука. Ультразвукові хвилі спрямовуються до детекторів, які знаходяться на певних маркованих позиціях кузова і відбиваються від них назад. Цифровий прилад реєструє час, необхідний для повернення хвиль до свого випромінювача. Зафіксований час



допомагає обрахувати відстань, яку подолали ультразвукові хвилі, тим самим точно визначаючи локації відповідних місць на кузові.

Одним з ключових плюсів цієї системи є здатність неперервно моніторити стан одразу кількох пунктів на кузові. Це стає критично важливим, коли ушкоджені секції кузова співіснують з елементами, що не зазнали деформацій.

Методика функціонування електронно-оптичних детекторних систем аналогічна ультразвуковим методам. Основним елементом вимірювання є лазерний сканер та відбивачі, що прикріплюються до місць вимірювань. Фотоелементи сканера фіксують кут відбитого від цілі променя, дані аналізуються, а розраховані координати точок порівнюються з даними, що внесені до бази.

Ультразвукові та електронно-оптичні системи допомагають у моніторингу змін у визначених точках під час ремонту, слідкуючи за реконструкцією кузова. За результатами аналізу, перевагу надають оптичним детекторним системам, оскільки вони мають вищу універсальність та швидкість реакції. Значення оптичних контрольних систем значно зросло з впровадженням персональних комп'ютерів та компактних комп'ютерних камер. Це забезпечило можливість повної автоматизації усіх вимірювань, значно підвищивши їхню точність.



Рис. 1.2. Система оптичного визначення геометричних характеристик кузова легковика.

## **1.2 Постановка завдання на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра**

Розроблення технологічного процесу контролю геометричних розмірів кузова автомобіля. Проаналізувати та розробіть детальний план контролю геометричних розмірів кузова, використовуючи сучасні методики та технології. Запропонувати методи підвищення точності та ефективності цих процесів.

Розробити технологічного процесу ремонту кузовних елементів автомобіля. Сформулювати процедури для корекції механічних пошкоджень, корекції за допомогою теплової обробки, та випрямлення поверхонь за допомогою пластичних матеріалів. Описати, як оптичні системи контролю можуть бути інтегровані в процеси ремонту для підвищення їх точності та надійності. Обговорити виклики та можливі рішення для контролю деталей зі складною геометрією.

Опис наявних установок для перевірки форм кузовів транспортних засобів. Провести дослідження існуючих установок та технологій, використовуваних для перевірки форм кузовів. Визначити потреби для модернізації або впровадження нових технологій.

Аналізувати небезпечних та шкідливих виробничих факторів, пов'язаних з малярно-кузовними роботами, та розробка заходів безпеки. Ідентифікувати основні ризики та небезпеки, що виникають під час малярно-кузовних робіт. Розробити технічні та організаційні заходи для зменшення впливу цих факторів. Сформулювати інструкцію з охорони праці при роботі з лакофарбовими матеріалами, забезпечуючи здоров'я та безпеку працівників.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Розроблення ТП контролю геометричних розмірів кузова автомобіля

Процедура виконання вимірювань геометричних характеристик кузова з високою точністю включає наступні кроки:

- вимірювання площини симетрії транспортного засобу;
- перевірка симетрії відносно цієї площини для пунктів, визначених у технічній документації на ремонт кузова;
- обчислення відстаней між заданими точками.

Під час аналізу технічної документації автомобіля проводиться вивчення його конструкції, організаційної структури, а також компонентів і механізмів. Крім того, відбувається ознайомлення з методикою відновлення геометрії кузова.

Процедури відновлення геометрії кузова здійснюються кожним оператором у порядку. Ця послідовність має запобігати повторенню дій, мінімізувати кількість переходів між операціями та інтегрувати дії за принципом комплексної обробки, організуючи спільну роботу операторів для зменшення часу виконання. Персонал має бути ретельно навчений і знайомий з методикою відновлення кузова автомобіля.

Використовуючи вихідні статистичні дані (табл. 2.1), створюємо ряд статистики працездатності до відмови. З результатів, отриманих під час спостережень, формується інтервальний ряд, який записується у таблицю 2.2. Кількість інтервалів  $n$  для цього ряду встановлюється за допомогою формули.

$$n = \sqrt{N},$$

$$N = 57.$$

Одержимо

$$n = \sqrt{57} = 7,55.$$

Таблиця 2.1 – Точність базування кузовів автомобілів на стенді фірми SELETE

| Номер відмови | Марка автомобіля    | Точність, мм | Номер відмови | Марка автомобіля  | Точність, мм |
|---------------|---------------------|--------------|---------------|-------------------|--------------|
| 1             | 2                   | 3            | 4             | 5                 | 6            |
| 1             | Volkswagen Passat   | 0,29         | 13            | Chevrolet Aveo    | 0,91         |
| 2             | Dacia Logan         | 0,78         | 14            | BA3-2110          | 0,25         |
| 3             | Skoda Fabia         | 0,78         | 15            | Audi A3           | 1,45         |
| 4             | Audi                | 0,65         | 16            | Dacia Logan       | 0,82         |
| 5             | Opel Astra          | 0,15         | 17            | BA3-2111          | 1,35         |
| 6             | Suzuki Swift        | 0,86         | 18            | Opel Vectra       | 0,35         |
| 7             | 3A3-1102            | 1,11         | 19            | BA3-2107          | 1,33         |
| 8             | Mitsubishi Lancer 9 | 0,27         | 20            | Dacia Logan       | 0,71         |
| 9             | BA3-2107            | 0,85         | 21            | Opel Astra        | 0,62         |
| 10            | Ford Focus          | 1,06         | 22            | Chevrolet Aveo    | 1,21         |
| 11            | Suzuki Sx-4         | 0,69         | 23            | BA3-2105          | 0,21         |
| 12            | Mazda 3             | 0,47         | 24            | Volkswagen Passat | 0,95         |

| 1  | 2                   | 3    | 4  | 5                 | 6    |
|----|---------------------|------|----|-------------------|------|
| 25 | Nissan Tiida        | 0,97 | 42 | Skoda Fabia       | 1,25 |
| 26 | Skoda Fabia         | 0,27 | 43 | BA3-21114         | 1,39 |
| 27 | BA3-2107            | 1,18 | 44 | Lada Calina       | 0,61 |
| 28 | Dacia Logan         | 0,90 | 45 | BA3-2115          | 1,89 |
| 29 | BA3-2105            | 1,65 | 46 | Skoda Fabia       | 1,3  |
| 30 | Audi A4             | 0,88 | 47 | Volkswagen Passat | 0,41 |
| 31 | Suzuki Swift        | 1,28 | 48 | BA3-2110          | 0,75 |
| 32 | Mitsubishi Lancer 9 | 0,09 | 49 | BA3-21093         | 1,75 |
| 33 | BA3-2106            | 0,76 | 50 | 3A3-1102          | 0,32 |
| 34 | Opel Vectra         | 0,81 | 51 | Dacia Logan       | 1,42 |
| 35 | Chevrolet Aveo      | 1,42 | 52 | Opel Astra        | 0,76 |
| 36 | BA3-21103           | 1,78 | 53 | Chevrolet Aveo    | 0,60 |
| 37 | Opel Astra          | 0,34 | 54 | BA3-2110          | 0,83 |
| 38 | Mazda 626           | 0,27 | 55 | Mazda 3           | 1,09 |
| 39 | Volkswagen Passat   | 1,60 | 56 | BA3 2103          | 0,45 |
| 40 | Ford Focus          | 0,70 | 57 | BA3 2106          | 0,94 |
| 41 | Dacia Logan         | 0,41 |    |                   |      |

Таблиця 2.2. Формований інтервальний

| Інтервал<br>відхилень<br>базування<br>$A$ , мм | Кількість<br>випадків<br>$m_i$ | Дослідна вірогідність<br>$P_i$ | $\sum P_i$ | Середина інтервалу<br>$t_{ic}$ | $m_i \cdot t_{ic}$ | $t_{ic}^2$ | $m_i \cdot t_{ic}^2$ |
|--|--------------------------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|--------------------|------------|----------------------|
| 0-0,25   | 3                              | 0,053                          | 0,053      | 0,125                          | 0,375              | 0,0156     | 0,0469               |
| 0,26-0,5                                       | 11                             | 0,193                          | 0,246      | 0,375                          | 4,125              | 0,1406     | 1,5469               |
| 0,6-0,75                                       | 8                              | 0,1404                         | 0,386      | 0,625                          | 5                  | 0,3906     | 3,125                |
| 0,76-1   | 15                             | 0,263                          | 0,649      | 0,875                          | 13,125             | 0,7656     | 11,4844              |
| 1,01-1,25                                      | 6                              | 0,105                          | 0,754      | 1,13                           | 6,78               | 1,2769     | 7,6614               |
| 1,26-1,5                                       | 9                              | 0,158                          | 0,912      | 1,375                          | 12,375             | 1,8906     | 17,0156              |
| 1,6-1,75                                       | 3                              | 0,053                          | 0,965      | 1,625                          | 4,875              | 2,6406     | 7,9219               |
| 1,76-2   | 2                              | 0,035                          | 1,000      | 1,875                          | 3,75               | 3,5156     | 7,0313               |

Розмір інтервалу  $A$  становить

$$A = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{n}.$$

Одержимо

$$A = \frac{2 - 0}{7,55} = 0,26 \text{ мм.}$$

Для наступних обчислень встановлюємо  $A = 0,25 \text{ мм}$ . Обрахуємо середнє значення напрацювань до відмови  $t$  та стандартне відхилення, використовуючи інформацію з таблиці 2.2.

Кожен теоретичний розподіл (чи то диференціальна, чи інтегральна функція) містить кілька параметрів, таких як математичне сподівання, дисперсія та інші. Оскільки ці параметри зазвичай є невідомими, їх можна визначити за допомогою емпіричних даних, вставляючи емпіричні значення замість теоретичних у функцію розподілу. Далі потрібно обчислити ймовірності для середин кожного інтервалу. Отримані теоретичні частоти випадкової величини можна представити у вигляді сглаженої кривої.

Обчислюємо середній термін служби до відмови за допомогою формули.

$$\bar{t}_i = \frac{\sum m_i t_i}{\sum m_i}.$$

Одержимо.

$$\bar{t} = \frac{50,405}{57} = 0,88 \text{ мм.}$$

Розрахунок стандартного відхилення проводимо використовуючи наступну формулу:

$$\sigma^2 = a^2 - \bar{t}^2,$$

$$a^2 = \frac{\sum m_i (t_{ic})^2}{\sum m_i}.$$

$$a^2 = \frac{55,83}{57} = 0,98.$$

Таблиця 2.3 – Розрахунок вирівнювання емпіричного розподілу

| Середина інтервалу<br>$t_{ic}$ | Кількість<br>випадків<br>$m_i$ | $t_i - \bar{t}$ | $t = \frac{t_i - \bar{t}}{\sigma}$ | Функція щільності<br>розподілу | Вірогідність<br>інтервалів<br>$P_i = \left(\frac{\Delta t}{\sigma}\right) \cdot f(t)$ | Теоретична<br>частота $m_{ti}$ |
|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|
| 0,125                          | 3                              | -0,755          | -1,6778                            | 0,0973                         | 0,054056  | 3,08117                        |
| 0,375                          | 11                             | -0,505          | -1,1222                            | 0,2131                         | 0,118389  | 6,74817                        |
| 0,625                          | 8                              | -0,255          | -0,5667                            | 0,3391                         | 0,188389  | 10,73817                       |
| 0,875                          | 15                             | -0,005          | -0,0111                            | 0,3989                         | 0,221611  | 12,63183                       |
| 1,13                           | 6                              | 0,25            | 0,5556                             | 0,3410                         | 0,189444  | 10,79833                       |
| 1,375                          | 9                              | 0,495           | 1,1                                | 0,2179                         | 0,121056  | 6,90017                        |
| 1,625                          | 3                              | 0,745           | 1,6556                             | 0,1006                         | 0,055889  | 3,18567                        |
| 1,875                          | 2                              | 0,995           | 2,2111                             | 0,0347                         | 0,019278  | 1,09883                        |



Згідно із залежністю, розраховано стандартне відхилення  $\sigma$ , яке становить 0,45 мм. Також проведено оцінку коефіцієнта варіації відповідно до даної залежності.

$$\vartheta = \frac{\sigma}{t}$$

$$\vartheta = \frac{0,45}{0,88} = 0,51.$$

У сфері дослідження надійності існує численні моделі розподілу для опису експериментальних результатів стосовно відмов, включаючи розподіли такі як нормальний, логнормальний, експоненціальний, Вейбулл-Гнеденко, дифузійно-монотонний та дифузійно-немонотонний, рівномірний, геометричний, біноміальний, поліноміальний, Пуассон, Релея серед інших. При виборі підходящої моделі відмови аналізують статистичні дані. Однак, також важливо врахувати фізичні особливості досліджуваних даних, адекватність моделі для точного опису різних розподілів та їх параметрів, універсальність у застосуванні до різноманітних завдань та практичну зручність, що включає простоту формул для необхідних характеристик та легкість у застосуванні моделей для специфічних проблем. Особливо цінними є моделі з меншою кількістю параметрів та ті, чиї функції є добре відомими і широко представленими у формі таблиць. Давайте аналізувати приведення емпіричних даних до нормального розподілу, створюючи для цього таблицю 2.3.

Засновуючись на обчислених значеннях  $t$ , визначимо функцію щільності розподілу  $f(t)$ . Ймовірність для кожного інтервалу розташована в центрі цього інтервалу  $P_i = \left(\frac{\Delta t}{\sigma}\right) \cdot f(t)$ . Множачи  $P(t_i)$  на  $N$ , ми знаходимо  $m_{ti}$  – теоретичні частоти для кривої, яка була адаптована до нормального розподілу.

Після адаптації емпіричної кривої перевіримо, наскільки вона відповідає вибраному теоретичному розподілу. Завдяки наявності достатньої кількості спостережень ( $N$  більше 50), використаємо критерій згоди Пірсона. В рамках цього підходу створимо таблицю 2.4. Частоти, де кількість спостережень в інтервалі менше 5, будуть об'єднані.

Таблиця 2.4 – Зведені дані для визначення вірогідності згоди при чинності закону нормального розподілу

| Кількість випадків<br>$m_i$ | Теоретична частота $m_{ti}$ | $m_i - m_{ti}$ | $(m_i - m_{ti})^2$ | $\frac{(m_i - m_{ti})^2}{m_{ti}}$ |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|
| 3                           | 9,8294                      | 4,1706         | 17,3939            | 1,2424                            |
| 11                          |                             |                |                    |                                   |
| 8                           | 10,7382                     | -2,7382        | 7,4977             | 0,9372                            |
| 15                          | 12,6318                     | 2,3682         | 5,6084             | 0,3739                            |
| 6                           | 10,7983                     | -4,7983        | 23,0237            | 3,8373                            |
| 9                           | 6,9002                      | 2,0998         | 4,4092             | 0,4899                            |
| 3                           | 4,2845                      | 0,7155         | 0,5119             | 0,1024                            |
| 2                           |                             |                |                    |                                   |
| 57                          |                             |                |                    | 6,9831                            |

Значення критерію Пірсона  $\chi^2$  становить 6,9831, кількість ступенів свободи  $k$  визначається як  $6 - 2 - 1 = 3$ , з таблиці отримано, що  $P_k(\chi) = 0$ . Оскільки фактичний рівень імовірності згоди перебільшує зазначений поріг значущості  $P_k(\chi^2) = 0,1$ , припущення про нормальність розподілу прийнято. Функцію можна переглянути на діаграмі 2.1.

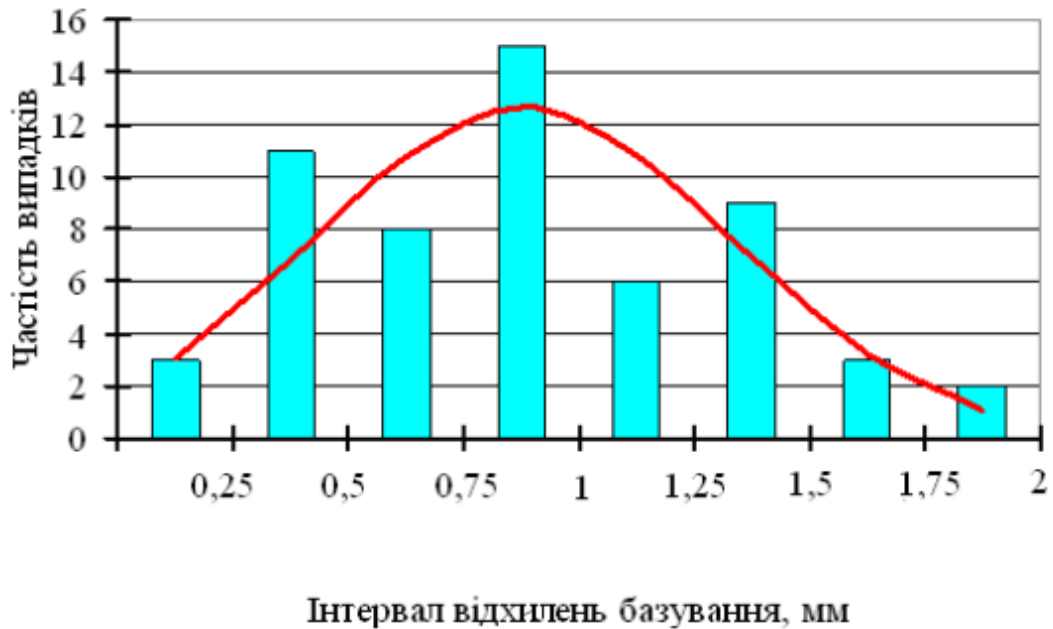


Рис. 2.1. Аналіз збігу емпіричних даних з нормальним розподілом.

З аналізу та статистичних вимірювань точності розміщення кузовів на стапелі встановлено, що найчастіше значення похибок знаходиться у межах від 0,5 мм до 1,5 мм при загальному розмаху від 0 мм до 2 мм. Використання оптичної системи контролю на даному обладнанні дозволило обмежити максимальні помилки до 1,25 мм. Втілення комп'ютеризованої системи разом з оптичною призвело до наступних поліпшень:

- скорочення діапазону помилок до 0,75 мм (див. рис. 2.2);
- зменшення кількості трудовитрат на контроль геометрії кузова;
- зниження вимог до кваліфікації персоналу.

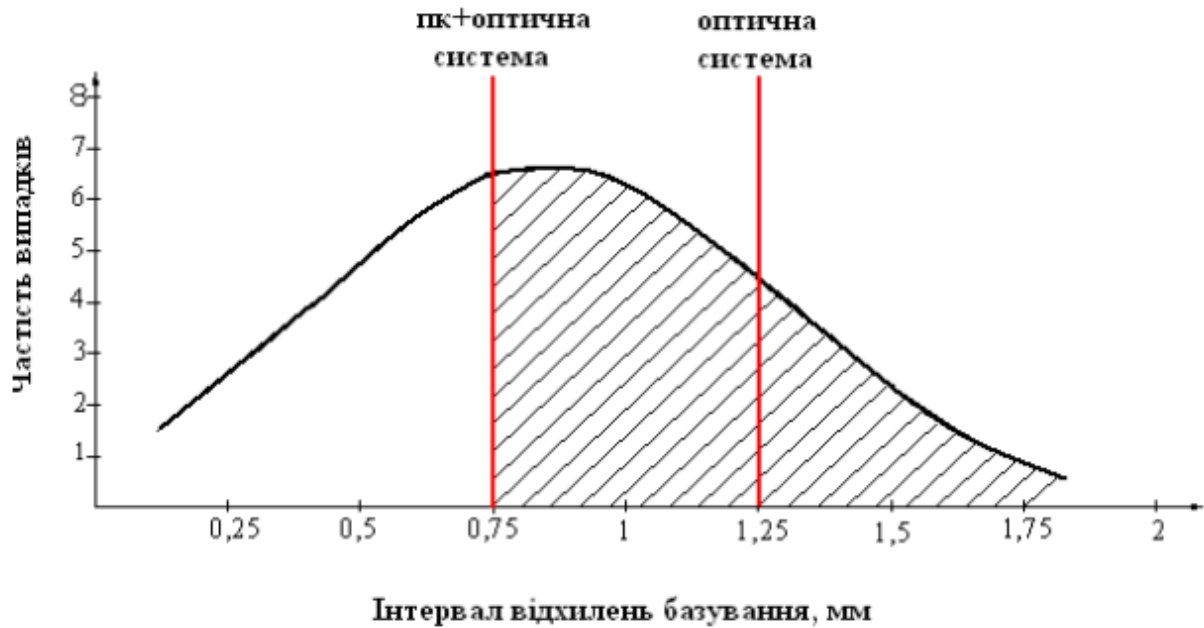


Рис. 2.2. Скорочення помилок у вимірах геометрії кузовів легкових машин за допомогою комп'ютеризованої та оптичної систем.

## 2.2 Розроблення ТП ремонту кузовних елементів авто

### 2.2.1 Корекція механічних пошкоджень

Корекція механічних пошкоджень. Вм'ятини на панелях кузова та обшивці, де метал не був розтягнутий після удару, зазвичай випрямляють методом висмикування або випресовування увігнутої ділянки до досягнення належного радіуса кривизни, а за потреби подальшим вирівнюванням виступів на поверхні. Бугри, що утворюються на панелях внаслідок значного розтягу металу, неможливо виправити вирівнюванням, оскільки під час цього процесу верхівка бугра може раптово втратити стійкість і переміститися на протилежний бік листа. Цей фактор, враховуючи необхідність усунення зайвого металу для корекції бугра, визначає метод виправлення.

Коригування бугра може здійснюватися як в холодному, так і в нагрітому стані. Видалення бугра в холодному стані базується на витяганні металу по концентричних кругах або радіусах від бугра до неушкодженої зони металу. Це створює плавний перехід від високої точки бугра до прилеглої поверхні панелі. З цією метою в напрямку від металу навколо бугра до вигнутої ділянки

поверхні наносять послідовні удари молотком у круговому порядку. При цьому сила удару знижується по мірі наближення молотка до краю бугра. Чим більше кіл піддається вирівнюванню на панелі, тим більш гладкий перехід буде здійснено від бугра до непошкодженої ділянки металу.

Корекція увігнутих ділянок, де метал залишився не розтягнутим, шляхом випресовування чи висмикування з подальшим вирівнюванням за допомогою легкого ударного навантаження мало впливає на фізико-механічні характеристики відновленої зони.

Під час виправлення молотком сильно розтягнутого металу в областях прямого удару за допомогою бойків зовнішні ущільнені сегменти будуть сильніше стиснуті. Це спричиняє виникнення значних розтягуючих напружень, які зростають від країв до центру, утворюючи відмінну схему напружень у розтягнутих зонах. Додатково, велика пластична деформація спричиняє зміцнення металу, підвищення його твердості, порушення внутрішньої та міжкристалічної цілісності зерен, а також появу залишкових напруг.

Суттєва пластична деформація, що виникає під час витягування металу для ліквідації опуклостей рихтуванням у холодному стані, розширює поверхню металу та знижує стабільність його окисного шару. Це призводить до зменшення корозійної стійкості металу. Таким чином, для корекції нерівних (хвилястих, неглибоких увігнутих) металевих панелей кузова та обшивки рекомендується, де це можливо, використовувати методи вирівнювання за допомогою спеціальних інструментів, видавлювання або витягування з використанням спеціальних пристосувань, а для виправлення опуклостей застосовувати нагрівання.

Під час локального ремонту зазвичай панелі кузова та двері стають доступними для корекції після демонтажу відповідної оббивки в зоні ремонту. Для підтримки у важкодоступних місцях використовують зігнуті опори - лопатки, кінці яких можуть бути вставлені між внутрішніми та зовнішніми панелями кузова через щілини або сервісні отвори внутрішніх панелей.

Невеликі поверхневі вм'ятини іноді можна виправити без демонтажу оббивки кузова. У найглибшій точці вм'ятини просвердлюють отвір діаметром близько 6 мм, у який вставляють зігнутий край штанги, і витягують вдавлену

ділянку панелі до її первісного положення. Далі отвір заповнюють сплавом або епоксидною смолою. Вм'ятини в місцях, де складно або неможливо ввести необхідний для коригування інструмент (панель стійки вітрового вікна, центральна стійка кузова тощо), виправляють за допомогою штанги з зігнутим кінцем або вакуумного пристрою (вдавнена поверхня витягується до твердої пластини з відповідною кривизною).

Якщо після коригування вм'ятини на металевій поверхні з'являються нерівності, їх вирівнюють за допомогою шпаклівки.

При виявленні локальних деформацій кузова, затисканні дверей чи вікон, а також після ДТП проводять перевірку геометричних параметрів кузова. Методика перевірки включає пряме вимірювання: визначення відстаней між конкретними точками спотвореної частини за допомогою металевої рулетки; вимірювання кутів у вертикальній площині за допомогою кутомірного трикутника з рівнем або лінійки з кутомірором і градієнтом; визначення відхилень від горизонтальної площини за допомогою нівеліру та нівелірної лати. Також геометричні параметри можна перевірити за допомогою самоцентруючогося регулювального пристрою. Ступінь спотворення може бути визначений порівнянням пошкодженої частини з аналогічною непошкодженою на ідентичному кузові або протилежною боковою стороною того ж кузова. Виправлення перекручених геометричних розмірів (перекосів і вигинів) у кузові проводять, застосовуючи силу, спрямовану в протилежному напрямку до того, яке діяло під час аварії.

### **2.2.2 Корекція за допомогою теплової обробки**

Принцип термічної корекції полягає в нагріванні області панелі, що підлягає тепловому розширенню. Така ділянка стикається з опором холодного металу навколо, розширюється в бічному напрямку і стискається уздовж, тобто у площині панелі. Під час охолодження опуклість зменшується через стягування охолоджених ділянок, які звужують нагріту частину панелі. Щоб збільшити ефект стягування, зону нагріву слід розмістити максимально близько до вершини опуклості. Однак це може спричинити втрату стабільності

опуклості та переміщення її вершини на протилежний бік панелі, тому нагрівання проводять, рухаючись від країв опуклості до її центру.

Плями діаметром 20...30 мм розміщують уздовж довгих країв опуклості. Послідовність нагріву проводиться від найбільш твердих ділянок до м'якших. Відстань між центрами плям становить 70...80 мм.

Ефективніша корекція досягається за допомогою нагрівання панелі смугами шириною 20...30 мм (видима зона), які укладають відповідно до орієнтації опуклості, враховуючи поперечне зменшення металу. Якщо форма опуклості схожа на кульову, тоді нагрів проводять за допомогою перехресних смуг або смуг, розміщених уздовж схилів опуклості. Нагрівання кожної наступної смуги здійснюють після того, як попередня смуга повністю охолоне. Прискорити виправлення металу можна, використовуючи штучне охолодження. Повітряний шланг кріплять безпосередньо до пальника.

Коли доступно досягти опуклості з обох сторін панелі, для прискорення процесу виправлення використовують такий метод видалення опуклості в нагрітому стані. Найбільш розтягнуту ділянку нагрівають маленькими плямами, і за допомогою ударів дерев'яним молотком по периметру нагрітої зони «заганяють» надлишок металу до центру плями. Під вирівнювану ділянку ставлять опору, що покриває її площу. Цей метод дозволяє відновити первісну кривизну панелі на розтягнутій ділянці та значно зменшити її пластичність, витрачаючи мінімум часу.

Щоб уникнути різкого ущільнення ремонтваної ділянки при інтенсивному локальному нагріванні і зниженні його механічних властивостей, температура нагріву має становити 600...650°C (вишнево-червоний розігрів). Діаметр розігрітої зони має бути 20...30 мм, в залежності від розміру розтягнутої ділянки. Зі збільшенням розміру опуклості за однакової висоти прогину потрібна менша площа нагріву для корекції опуклості. Під час виправлення глибоких крутих ум'ятин найбільше деформовану зону розрізають, а після корекції зварюють. Ум'ятини в панелях кузова, виготовлених з листового дюралюмінію, складно відремонтувати, оскільки дюралюміній через наклеп та старіння значно твердіє. Видалення цих напруг відбувається шляхом відпускання металу в оброблюваній ділянці.

Відпущений дюралюміній стає гнучким та легко оброблюється під тиском. Процес відпускання включає нагрівання металу до 300...320°C, утримання при цій температурі від 45 до 60 хвилин, а потім поступове охолодження у воді або на повітрі. Оскільки дюралюміній при нагріванні не змінює колір, температуру нагріву для обезжирювання вимірюють за допомогою термочутливого маркера або термоіндикатора.

### **2.2.3 Випрямлення поверхонь в панелях за допомогою пластичних матеріалів**

Ремонт вм'ятин на панелях кузова та оперення за допомогою пластичних мас можливий двома способами: використанням методу наповнення та методу розпилення.

Для методу наповнення часто використовують епоксидні смоли. Також можна використовувати шпаклівку, до якої перед застосуванням додають отверджувачі.

Епоксидні суміші можна виготовляти безпосередньо у місці використання з базових компонентів, найчастіше з епоксидної смоли, пластифікатора, наповнювача та затверджувача. В полімерних сумішах епоксидні смоли виконують роль зв'язуючих елементів. Пластифікатори покращують ударну в'язкість та гнучкість затверділих епоксидних смол. Наповнювачі сприяють підвищенню теплопередачі, збільшують коефіцієнт лінійного розширення і зменшують усадку смол, що впливає на фізико-механічні та технологічні характеристики композиту.

Як наповнювачі використовують мікальну пудру, подрібнений азбест, порошок зі сталі або чавуну та інше. Тип та кількість затверджувача визначають швидкість та глибину зміни фізичного стану композиту. Для ремонту вм'ятин на кузовах та опереннях зазвичай застосовують амінні затверджувачі, які дозволяють композиції затвердіти без додаткового нагрівання при звичайних температурних умовах.

Для точного вимірювання і змішування компонентів, а також забезпечення дотримання норм безпеки, варто виготовляти епоксидну мастику



за допомогою автоматизованих систем зі спеціальним обладнанням. Такі установки оснащені міксером, пристроями для підготовки та дозування епоксидної смоли, а також для випарювання та дозування пластифікатора поліетиленполіаміну.

Використання таких установок забезпечує точне об'ємне дозування і механічне змішування компонентів, що значно покращує якість адгезивних сумішей. Це не тільки підвищує продуктивність процесу, але й важливо для поліпшення умов праці.

Час, необхідний для затвердіння складів при кімнатній температурі 18...23°C, становить 24 години, але він значно зменшується з підвищенням температури. Наприклад, при 40°C час затвердіння знижується до 10...12 годин, при 60°C - до 3...4 годин, при 80°C - до 1,5...2 годин, а при 100°C - до 0,5...1 години. Для прискорення сушіння відремонтованих ділянок можливе використання пересувного рефлекторного обладнання.

Підготовка поверхні пошкодженої зони перед ремонтом за допомогою епоксидних сумішей включає ретельне очищення від забруднень, обробку поверхні наждачним полотном або шліфувальним кругом на фібровій основі, та дегрезування за допомогою тканини, змоченої в органічному розчиннику (наприклад, ацетоні, бензині Б-70 чи іншому). Рухомість металевої поверхні в межах 4...5 класу чистоти підвищує адгезію до полімерного покриття. Епоксидну мастику наносять шпателем, легко змащеним гліцерином, щоб запобігти прилипанню мастики до інструменту.

Для вирівнювання поверхонь кузовів, кабін і оперення методом напилювання активно використовуються спеціальні порошки, які виробляються промисловістю і відповідають стандартам, призначеним для порошоків, що застосовуються у газопламеневому напилюванні.

Одним з ключових аспектів, що впливають на ефективність полімерних покриттів, є адгезія матеріалу до основи та її стабільність під час використання. Тривалість адгезії полімерних покриттів на металічних поверхнях суттєво залежить від температурних та часових умов, що застосовуються при створенні метало-полімерних зв'язків. Регулюючи температуру і час термічного оброблення, можна значно варіювати довговічність цих з'єднань та їхню

стабільність у експлуатаційних умовах. При створенні покриттів із термопластів основним технологічним параметром є температура попереднього нагрівання металу.

Якість виробів з полімерними покриттями значно залежить від ретельної підготовки поверхонь, що покриваються, та підготовки самого полімерного матеріалу. Недостатність систематизованих досліджень стабільності адгезійної довговічності полімерних покриттів під час використання часто призводить до застосування методик підготовки поверхонь, запозичених із суміжних галузей (наприклад, з лакофарбової або гальванічної обробки), які не враховують особливостей металополімерних систем. Втім, існують загальноприйняті методи підготовки, які сприяють спрощенню вибору технологічного рішення.

Перед будь-яким процесом підготовки поверхонь необхідне їх очищення від жирових забруднень, тобто проведення дегрезування. Зазвичай для цієї мети використовують органічні розчинники (такі як уайт-спірит, бензин тощо), а також спеціалізовані лужні розчини чи емульсії.

Застосування емульсійних засобів сприяло зниженню вартості процесу очищення і токсичності, зберігаючи при цьому високу ефективність. Для видалення іржі та окалини та забезпечення потрібної шорсткості рекомендується використання голкофрезеру. Поверхня, призначена для напилювання, має бути не тільки очищеною від жиру, чистою і сухою, але й відкритою, доступною для обробки, без забруднених зварних швів, гострих країв та кутів.

На металеві панелі, де окремі сегменти мають відмінні перетини без плавних перехідних зон, нанесення покриття ускладнене через різні температури, які відповідають температурі розплавлення нанесеного порошку.

Якість покриття значно залежить від умов теплової обробки, включаючи температуру під час проходження полімерних частинок через вогонь, температуру поверхні, а також температуру плавлення матеріалу. При ремонті вм'ятин на кузовних панелях для нанесення покриттів з полімерних порошкових матеріалів можна використовувати три основні методи: газопламеневий, тепловий та струменево-електростатичний.

Метод газопламеневого нанесення покриття включає використання спеціалізованого обладнання для газопламеневого напилювання термопластику на ремонтвану поверхню. Процес полягає у прогріванні поверхні відкритим полум'ям, через яке подається дисперсний полімерний матеріал. Під дією високої температури, частки полімеру м'якшають і плавляться, і при прогріванні поверхні до температури вище температури плавлення матеріалу, формують стійке покриття.

Перед нанесенням покриття поверхню ділянки підігрівають до температури 215...220°C без застосування полімеру. Деталі з невеликою теплоємністю (товщина стінки 1...2 мм) можна прогріти одним повільним проходом газопламеневого пальника. Для деталей з більшою теплоємністю необхідно здійснити три або чотири проходи. Після прогріву активують подачу полімеру та здійснюють рівномірний обдув нагрітої зони. Покриття наносять із швидкістю переміщення пальника-розпилювача 1,5 м/хв. Перший тонкий шар порошку розгладжують металевою ковзанкою, після чого наносять другий та подальші шари до рівномірного заповнення нерівностей. Кожен новий шар також розгладжують ковзанкою для створення щільного монолітного шару. Для запобігання прилипання ковзанки до пластмаси її потрібно періодично охолоджувати у воді під час нагрівання.

Для забезпечення високоякісного покриття критично важливо дотримуватися рекомендованої температури попереднього нагріву оброблюваного металу. Недостатньо нагрітий метал не сприятиме належному розтіканню та адгезії порошку до вирівнюваної поверхні. Занадто висока температура може призвести до утворення окалини на металі та значного зниження адгезії полімеру до металу. Для моніторингу температури металу перед нанесенням термопластику можна використовувати термоіндикатор, термохромовий олівець або термометричний датчик.

Як пальне для газів використовують ацетилен, природний газ, та суміш пропану і бутану. Перевагу надають ацетилену через його здатність створювати вищу температуру полум'я та виділяти менше водяних парів, які можуть сприяти окисленню полімерних матеріалів.

Останнім часом у використанні полімерних матеріалів почали застосовувати техніку плазменого напилювання. Хоча процес відбувається при високій температурі плазми, полімер розкладається тільки частково через дуже короткий час контакту з плазмою в інертному середовищі. Висока температура плазми швидко нагріває тонкий поверхневий шар металу, що сприяє зниженню енергетичних затрат. Техніка плазменого напилювання дозволяє наносити різноманітні полімери.

Отже, процедура плазменого напилювання технічно нескладна, проте отримання високоякісного покриття є досить складним завданням.

### **2.3 Використання оптичної системи контролю**

Оптичні системи контролю мають більшу швидкість дії порівняно з електронно-механічними. Зазвичай ці системи використовують два підходи: тіньовий і контроль за відбитим світлом. У тіньовому методі вимірюються параметри тіні об'єкта, а в методі з відбитим світлом - амплітудно-фазові характеристики світла, що відбивається, за якими встановлюються характеристики контрольованої поверхні.

Для точного вимірювання кузова легкового автомобіля з точністю, що відповідає довжині хвилі світла, використовують ефекти інтерференції та дифракції світла, а також методи голографії. Однак впровадження цих методів потребує складного технічного обладнання.

Розглянемо метод оптичного контролю, який є ідеальним для точного бездотикового визначення геометричних характеристик кузова автомобіля. Цей метод використовується для вимірювання тих частин кузова, які можуть бути освітлені світлом. Основна схема оптичного контролю включає: 1 – джерело монохроматичного світла, 2 – дзеркала, 3 – лінзи, 4 – дифракційна решітка, 5 – коригувальні дзеркала, 6 – кузов легкового автомобіля, 7 – телевізійна камера, 8 – інтерфейсна плата, 9 – комп'ютер. Система захищена від зовнішнього світла і пилу, стійка до вібрацій. Доступ забезпечений тільки до місця розташування кузова. Комп'ютер обробляє дані і виводить результати вимірювань у вигляді таблиць на екрані та друкує відхилення для кожного перерізу поверхні.

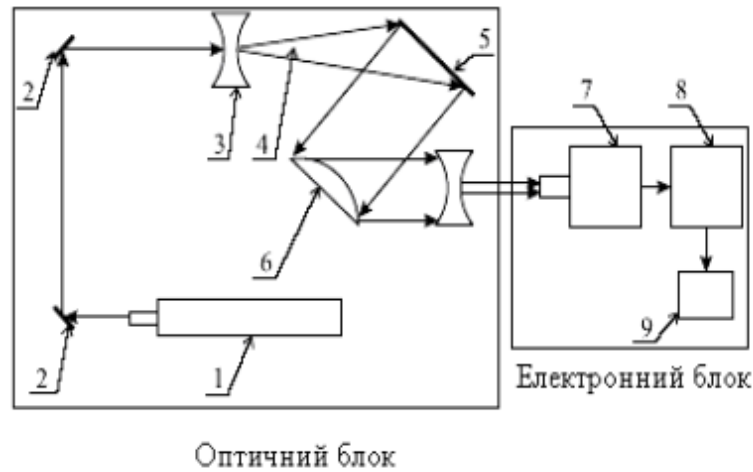


Рис. 2.3. Система оптичного моніторингу.

Відеокамера захоплює зображення у формі числового масиву, де кожен елемент відображає інтенсивність світлового потоку, що досягає кожного сенсора фотоматриці. Відеокамера підключена до комп'ютера, де проводиться аналіз отриманих даних. Масштабування зареєстрованих зображень відбувається за допомогою стандартної фігури, що мінімізує вплив механічних вібрацій і забезпечує необхідну швидкість обробки. Система контролю (див. рис. 2.3) також включає джерело освітлення, закріплене на стабільній основі, для оптимального освітлення контрольованої поверхні кузова.

#### 2.4 Проведення контролю деталей зі складною геометрією в рамках технологічних процесів

В рамках технологічного комплексу оптична система може використовуватися для моніторингу геометричних розмірів поверхні та визначення меж контура кузова. Для аналізу геометричних параметрів та їх відхилень залучимо основні координатні системи, в рамках яких проводиться обробка оптичних зображень.

Основною системою координат, яка використовується для визначення геометричних параметрів поверхні та її неточностей, є координатна система деталі (XYZ)д. Для лопатей турбінних двигунів ось  $Z_d$  орієнтована уздовж осі лопатки, ось  $X_d$  розташована вздовж "ширини" поверхні лопатки, а ось  $Y_d$  формує праву систему координат і направлена уздовж "товщини" лопатки.

Зазвичай опуклу сторону поверхні лопатки називають спинкою, а ввігнуту — коритом.

На площину  $Z_dOXd$  падає паралельний пучок світла під кутом до цієї площини, проходячи через дифракційну решітку у напрямку, позначеному стрілкою  $B$  (див. рис. 2.4). Внаслідок цього на площині  $Z_dOXd$  формується візерунок з паралельних збродоподібних ліній. Ці лінії залишаються паралельними одна одній, а також, згідно з конструкцією дифракційної решітки (див. рис. 2.5), паралельними осі  $OXd$ .

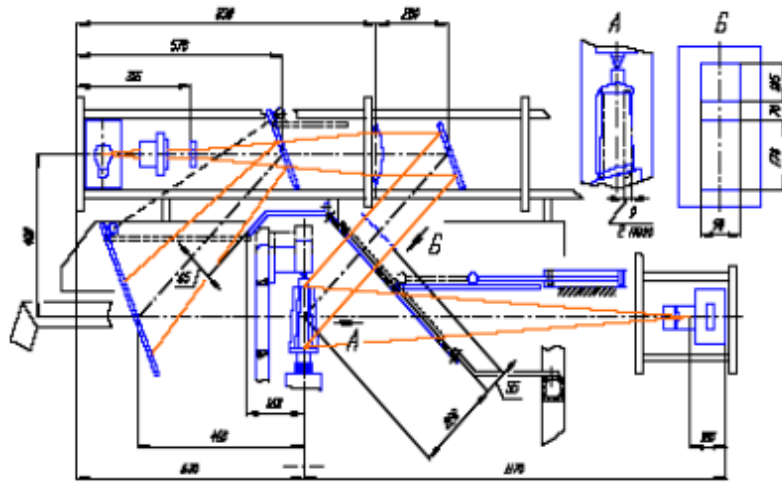


Рис. 2.4. Дизайн оптичної системи в рамках роботизованого верстата.

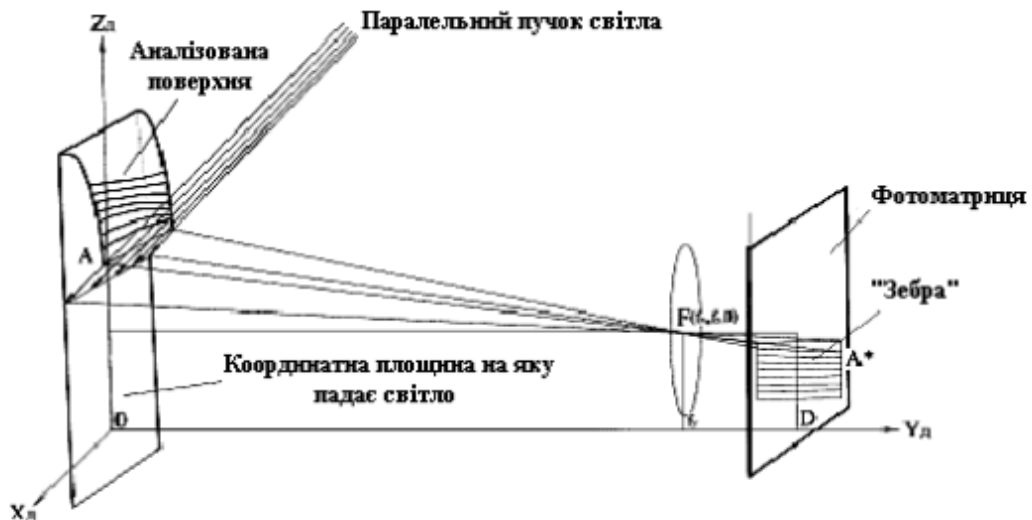


Рис. 2.5. Відбиття світла від скомплікованої поверхні.

Рівняння площин, уздовж яких паралельні пучки світла проходять через дифракційну решітку, формуючи паралельні лінії (зебру) на площині  $Z_dOXd$ , можна виразити наступним чином:

$$y \cos(\alpha) - z \sin(\alpha) + c_i \sin(\alpha) = 0,$$

На відстані  $OD$ , яка для системи, зображеної на (рис. 2.4), становить 1120 мм, у площині паралельній  $Z_dOХ_d$  розміщена фотоматриця, на яку проєктується малюнок.

Промені, які відбиваються від поверхні, проходять через оптичну систему з фокусною відстанню  $f$  та досягають фотоматриці. Вважається, що кожен відбитий промінь проходить через фокус (точку  $F$ ) з координатами  $(0, y_f, z_f)$ , встановленими у координатній системі  $(XYZ)_d$ . Для забезпечення симетричності перетворень, фокус позиціонується на площині  $Z_dOУ_d$ .

Паралельність площини, на якій розміщена фотоматриця, до площини  $Z_dOХ_d$  має бути досягнута за допомогою спеціального регулювання, яке забезпечує симетричність зображень точок на фотоматриці, які розташовані симетрично в площині  $Z_dOХ_d$ , відносно перпендикуляра, що проведено з точки  $F$  до площини  $Z_dOХ_d$ .

Розглянемо комплексну поверхню, яка розміщена таким чином, що всі промені, відбиті від неї, влучають у об'єктив телекамери. Паралельні промені, проходячи через прозорі смуги дифракційної решітки, створюють плоскі перерізи, які перетинають поверхню, формуючи лінії, які відображаються на фотоматриці (див. рис. 2.5).

Оптична система здатна ідентифікувати координати точок на поверхні у тривимірному просторі  $(XYZ)$ . Відображені на фотоматриці зєброві штрихи, які відбиваються від аналізованої поверхні, формують деформовані зєброві лінії. У цьому контексті аналізуються неперервні координати ліній на площині фотоматриці, отримані після обробки границь між світлими і темними смугами та їхньої апроксимації згідно з раніше описаною методикою. Координати точок на фотоматриці визначаються в тривимірній координатній системі  $(XYZ)$ .

За допомогою координат точок "зєбрових" ліній, встановлених у площині  $Z_fOХ_f$ , визначаються позиції цих ліній на досліджуваній поверхні (див. рис. 2.5) в тривимірній системі  $(XYZ)$ . Опишемо процедуру визначення координат для однієї з точок на поверхні, такої як точка  $A$  (див. рис. 2.5), яка утворюється в результаті перетину площини паралельних променів з поверхнею. Координати цієї точки на фотоматриці (т.  $A^*$ ) задаються як  $A^*(x_{A^*}, y_{A^*}, z_{A^*})$ .

Коли відомі ці координати, то формула лінії, яка з'єднує точки F і A\* у тривимірній системі координат (XYZ), набирає наступного вигляду:

$$\frac{(x - xf)}{(x^*_{A} - xf)} = \frac{(y - yf)}{(y^*_{A} - yf)} = \frac{(z - zf)}{(z^*_{A} - zf)}.$$

Позиції точки A на поверхні, які кореспондують з її координатами на фотоматриці, визначаються місцем перехрестя лінії з відповідною площиною паралельних променів. Спільне розв'язання системи рівнянь, сформульованих, веде до результату.

$$\begin{cases} y \cos \alpha - z \sin \alpha + c_i \sin \alpha = 0 \\ \begin{cases} (z^*_{A} - zf)(y - yf) = (y^*_{A} - y_i)(z - zf), \\ (y^*_{A} - yf)(x - xf) = (x^*_{A} - x_i)(y - yf) \end{cases} \end{cases}$$

Відносно x, y та z можна встановити позиції точки A на поверхні. Враховуючи, що  $y_{A^*}$  дорівнює OD і  $x_f$  дорівнює 0, ми отримуємо формулу, яка дозволяє прямо обчислити z-координату точки A, користуючись параметрами з фотоматриці та відомими властивостями променів. Це дає нам змогу точно визначити просторове розташування точки A, використовуючи однорідні координатні перетворення для перекладу двовимірних даних у тривимірний простір, забезпечуючи точність і надійність вимірювань.

$$\begin{cases} x_A = \frac{x^*_{A}(D + (zf + c_i) \operatorname{tg} \alpha)}{(z^*_{A} - zf) \operatorname{tg} \alpha - (y^*_{A} - D)} \\ y_A = \frac{(z^*_{A} - zf)D - (y^*_{A} - D)(zf + c_i)}{(z^*_{A} - zf) \operatorname{tg} \alpha - (y^*_{A} - D)} \operatorname{tg} \alpha. \\ z_A = \frac{(z^*_{A} - zf)(D + c_i \operatorname{tg} \alpha) - zf(y^*_{A} - D)}{(z^*_{A} - zf) \operatorname{tg} \alpha - (y^*_{A} - D)} \end{cases}$$

Таким же чином можна розрахувати координати всіх точок збрових ліній на досліджуваній поверхні, базуючись на їхніх координатах у площині, де розміщена фотоматриця. Цей процес включає перетворення двовимірних координат, зареєстрованих фотоматрицею, у тривимірні координати за допомогою математичних алгоритмів і триангуляції, що дозволяє точно



відтворити геометричні особливості аналізованої поверхні. Цей метод особливо ефективний для точного мапування поверхонь зі складними візерунками або нерівностями, забезпечуючи високу точність вимірювань і значно розширюючи можливості застосування оптичних систем у різноманітних наукових та промислових сферах.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Опис наявних установок для перевірки форм кузовів транспортних засобів

Сьогодні для ефективного та оперативного відновлення автомобілів використовують передові технології, матеріали та обладнання останнього покоління. Асортимент обладнання для авторемонтних майстерень досить широкий, від універсальних до спеціалізованих рішень. Наприклад, перевірка та відновлення оригінальних характеристик кузова ефективніше проводиться на спеціалізованому устаткуванні для вирівнювання кузова (стапелі), що сприяє зекономленню часу.

Стапелі застосовують для всіх типів ремонту кузова, від легких пошкоджень до виправлення геометрії шасі. У комплектації обладнання для виправлення кузова зазвичай є ліфтова платформа, дві тягові вежі, а також різноманітні лебідки та інші аксесуари. Ліфтові платформи різняться характеристиками, що надає їм унікальних властивостей. На деяких платформах присутні прямокутні отвори для монтажу обладнання. Використання платформи дозволяє додавати до стенду додаткові елементи, такі як блоки, ланцюги та гідравлічні циліндри, розширюючи таким чином можливості апаратури. В деяких моделях стапелів можуть бути елементи, що виступають з боків, які використовуються для підтримки та переміщення тягового обладнання. Дві тягові вежі також вносять свої особливості у дизайн, залежно від положення точки прикладання сили, що впливає на величину зусилля і довжину ходу. З підвищенням точки зусилля зменшується, а хід збільшується, а зі зниженням - навпаки. Конструкція завжди має холостий хід, який не залежить від точки прикладання сили.

Рихтувальний стенд SIVER E (див. рис. 3.1.а) вважається вдалим вибором серед стапелів, оскільки включає в себе передові технології в області ремонту кузовів. Його структура забезпечує швидке розміщення і знімання автомобілів вагою до 3,5 тон. Башти силового блоку з тяговою силою 5 або 10 тон з

легкістю переміщуються по периметру платформи і оснащені ефективною системою блокування.

Кузовний стапель SIVER C (див. рис. 3.1.б) сконструйований з великою прямокутною платформою та баштовими силовими блоками. Цей стенд також забезпечує можливість швидкого монтажу та демонтажу автомобілів з максимальною масою до 3 тон.

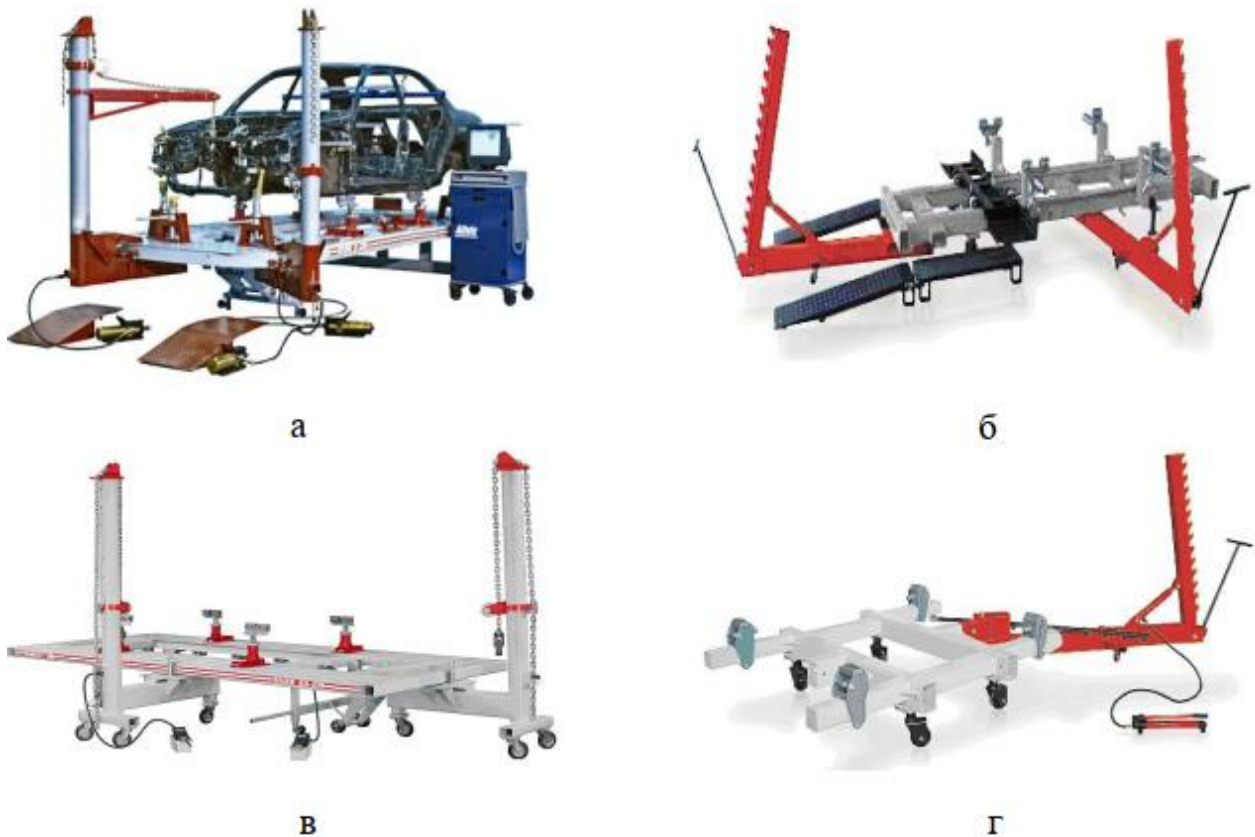


Рис. 3.1. Виправляльні стенди компанії SIVER.

Виправляльний стенд SIVER B (див. рис. 3.1. в) вже понад 15 років використовується для ремонту пошкоджених кузовів на невеликих автосервісах. Основні переваги стенду SIVER B включають перевірену надійність, портативність і простоту у зберіганні.

Виправляльний стенд SIVER A (див. рис. 3.1. г) розроблений для ремонту кузовів пасажирських авто з масою до 2000 кг. Платформа зі затисками для фіксації кузова налаштовується як за довжиною, так і за шириною, що дозволяє кріпити різноманітні моделі автомобілів. Компактні розміри стенду та легкість зняття силових елементів мінімізують необхідний простір для зберігання.

Основні технічні параметри стендів компанії SIVER наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Технічні параметри виправляльних стендів компанії SIVER.

| Технічні характеристики            | SIVER E  | SIVER A | SIVER B | SIVER C  |
|------------------------------------|----------|---------|---------|----------|
| Довжина платформи, м               | 5,2      | 1,9     | 3,8     | 4,9      |
| Ширина платформи, м                | 2,1      | 1,5     | 1,0     | 2,1      |
| Висота платформи, м                | 67       | 67      | 67      | 67       |
| Тягове зусилля стійки, т           | 5 або 10 | до 10   | до 10   | 5 або 10 |
| Максимальна вантажопідйомність, кг | 3500     | 2000    | 2000    | 3000     |
| Вага стенда в зборі, кг            | 2000     | 560     | 1000    | 1600     |

Стенд компанії Професіонал (див. рис. 3.2) розроблено для корекції ушкоджень кузовів пасажирських авто будь-яких брендів, оснащених бортовими порогами. У випадках, коли пороги не мають бортової кромки, застосовують спеціальні адаптери.



Рис. 3.2. Обладнання для корекції кузова від компанії Професіонал.

Структура стенду заснована на монолітній зварній рамі, до якої приєднуються регульовані затискачі та тягові модулі. Автомобіль в'їжджає на стенд через спеціальні підйомні платформи.

Функціональні характеристики включають:

- ніжне налаштування затискачів за довжиною та шириною;
- три рівні налаштування висоти затискачів;
- монтаж тягових модулів на раму за допомогою клинового фіксатора;
- високу точність напрямку дії сили витягу завдяки ручному гідравлічному насосу.

Стенд компанії Майстер (див. рис. 3.3) розроблено для коригування кузовів автомобілів. Основа стенду - це мобільна складана рама, до якої приєднуються регульовані затискачі та тягові елементи. Раму стенду можна під'їхати під автомобіль для його монтажу.



Рис. 3.3. Обладнання для корекції кузова від компанії Майстер.

Стенд з лінійки Майстер відзначається порівняно з Професіоналом модульною структурою каркасу, що робить його придатним для застосування в обмежених за розміром просторах майстерень. Основні специфікації обладнання з каталогів Майстер та Професіонал зібрані в таблиці 3.1.

Таблиця 1.2 – Специфікації обладнання компаній Професіонал та Майстер.

| Технічні характеристики            | Професіонал   | Майстер       |
|------------------------------------|---------------|---------------|
| Зусилля на штоку гідروциліндрів, т | 10            | 10            |
| Кількість силових пристроїв        | 1-3           | 1             |
| Габаритні розміри, мм              | 3900x1100x800 | 1920x1450x800 |
| Розмір робочої зони, мм            | 8000x5100     | 6000x5000     |
| Маса, кг                           | 1200          | 1000          |

Конструкція стапеля NORDBERG AUTOMOTIVE BAS-1 (зображено на рис. 3.4) створена з міцного сталевого профілю. Товщина конструкції становить 100 мм. Вона обладнана випуклими краями на зовнішніх та внутрішніх боках, які використовуються як направляючі для монтажу силового обладнання. Процес монтажу чи демонтажу транспортного засобу на стапель є швидким і не потребує використання підйомника. Також не потрібне вирівнювання автомобіля відносно осі каркаса, що значно зменшує час монтажу та оптимізує використання робочого простору. Дві потужні силові вежі з міцними кріпленнями легко фіксуються, дозволяючи виконувати силові втручання у різних напрямках та ефективно працювати з будь-якою частиною кузова.



Рис. 3.4. Рамний стенд NORDBERG AUTOMOTIVE BAS12-1.

Повний оберт на 360° дозволяє застосовувати силу під будь-яким кутом. Вежі працюють без зайвих рухів. Набір із чотирьох затискачів швидко та ефективно утримує транспортний засіб.

Широкий вибір затискачів та аксесуарів дозволяє виконувати різні роботи. Силові вежі оснащені потужною та надійною гідравлікою та мають ролики, які легко переміщуються вздовж рейкових напрямних на платформі без зусиль. Висока точність телескопічної мірної лінійки, обладнаної магнітними фіксаторами на шарнірній підвісці, спрощує вимірювання навіть незначних змін. Інструкції щодо вимірювань регулярно оновлюються в електронній базі даних. У комплект входять: платформа з міцної листової сталі з вантажопідйомністю 3,5 тонни; 2 силові пристрої з силою тяги 10 тонн; 2 електрогідравлічні насоси; телескопічна мірна лінійка з електронною базою даних; мобільний стенд з комплектом обладнання на 16 елементів.

Ключові специфікації стенду NORDBERG AUTOMOTIVE BAS12-1 вказані в таблиці 3.2.

Стенд компанії Fast (рис. 3.5) розроблений для коригування кузовів пошкоджених легкових авто, мікроавтобусів та позашляховиків з вагою до 3 тонн. Обладнання має під'їзні ремпи та вбудований гідравлічний ліфт, що спрощує розміщення транспортного засобу для кузовних робіт. У стандартну комплектацію входять дві гідравлічні стійки, які уможливають ремонт не лише бокових ушкоджень, але й випрямлення деформованого даху. Керування стійками здійснюється через пневматичні насоси (виробництва SPX Power Team, США), мінімізуючи ризик травм працівників під час роботи. Платформа

стенду забезпечує вільний доступ до переміщення стійок по периметру автомобіля з їх надійним кріпленням на обраній позиції. Комплект інструментів та пристосувань, що входять до набору, дозволяє відновити кузов до оригінального стану, повністю ліквідовуючи дефекти.

Таблиця 3.2. Специфікації рамного стенду NORDBERG AUTOMOTIVE BAS12-1.

| Найменування параметра             | Значення параметра |
|------------------------------------|--------------------|
| Довжина платформи, мм              | 5190               |
| Ширина платформи, мм               | 2120               |
| Робоча висота платформи, мм        | 570                |
| Тиск в гідравлічній системі, МПа   | 70                 |
| Максимальна сила тяги башти, кН    | 95                 |
| Кут прикладання зусилля            | 360°               |
| Максимальна вантажопідйомність, кг | 3000               |
| Загальна вага устаткування, кг     | 2300               |



Рис. 3.5. Обладнання компанії Fast для виправлення пошкоджених кузовів авто.

Стапель компанії MAXIMA-800 (див. рис. 3.6) розроблений для експрес-виправлення мінорних ушкоджень кузовів авто та ідеально підходить для невеликих ремонтних майстерень з обмеженим простором.

Основною перевагою цього обладнання є його компактність, завдяки якій звільняється чимала частина робочої зони під автомобілем. Стапель оснащений ножичним ліфтом, який дозволяє ефективно підіймати та тягнути кузов на необхідну висоту.

Автомобіль розміщується на стенді без допомоги в'їзних шляхів. Набір із чотирьох стандартних затискачів забезпечує швидке та надійне фіксування

транспортного засобу. Стенд МАХІМА створений для здійснення ремонту з високою точністю у короткі терміни.



Рис. 3.6. Стенд компанії МАХІМА-800

Стенди МАХІМА вирізняються наступними ключовими експлуатаційними характеристиками:

легкість у використанні;

комплексне оснащення пристосуваннями, спеціальним обладнанням та різноманітними аксесуарами;

здатність виконувати всі типи ремонтних робіт, пов'язані з корекцією геометрії кузова (рами) автомобіля.

Основні характеристики стендів МАХІМА-800 включають:

швидке та легке монтаж/демонтаж транспортного засобу;

заряджання автомобіля на стенд без необхідності в'їзних шляхів;

силова вежа обертається навколо платформи на 360°;

плоска платформа дозволяє вимірювати автомобіль з високою точністю;

універсальні затискачі швидко і міцно утримують автомобіль;

всі вирівнювальні роботи можна виконати з використанням міцних ланцюгів та аксесуарів.

Ключові специфікації обладнання компаній FAST і МАХІМА-800 вказані в таблиці 3.3.

Стенди компанії Trommelberg (див. рис. 3.7) використовуються для корекції геометрії кузовів автомобілів з ушкодженнями різного ступеня складності.



Таблиця 3.3. Специфікації стендів компаній FAST і MAXIMA-800.

| Технічні характеристики          | FAST          | MAXIMA-800 |
|----------------------------------|---------------|------------|
| Зусилля гідравлічних насосів, т  | 10            | 10         |
| Тиск споживаного повітря, МПа    | 0,8           | 0,8        |
| Габаритні розміри, мм            | 5180x2100x560 | 2875x815   |
| Вантажопідйомність платформи, кг | 3000          | 2500       |
| Мас стендів в зборі, кг          | 2500          | 1300       |



Рис. 3.7. Стенди на платформі компанії Trommelberg: а – Стапель В19 G (Trommelberg); б – Стапель В22 G (Trommelberg).

Платформи стендів оснащені довгими шлицями, що дозволяє розміщувати чотири анкерні стійки в будь-якій точці платформи. Присутність шлиців сприяє ефективному використанню повної площі платформи під час рихтувальних робіт. Анкерні стійки забезпечують легке та швидке закріплення кузова ремонтваного транспортного засобу. Стійки монтуються за допомогою одного болта та мають можливість регулювання висоти. Дві силові стійки з гідравлічним механізмом і тяговою силою до 10 тонн легко переміщуються по периметру платформи, дозволяючи прикладати тягову силу до будь-якої частини кузова. Висота дії тягової сили регулюється швидко за допомогою переміщення хому́та з шківом. Зручність заїзду та виїзду автомобіля досягається завдяки гідравлічному підйомному пристрою для піднімання або опускання одного боку платформи (односторонній ліфт). Контроль за підйомом

та опусканням виконується через пневмогідравлічний насос відомого виробника ENERPAC.

Ключові специфікації платформних стендів компанії Trommelberg зазначені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Специфікації платформних стендів компанії Trommelberg.

| Технічні характеристики            | Стапель В19 G | Стапель В22 G |
|------------------------------------|---------------|---------------|
| Довжина платформи, мм              | 5500          | 5500          |
| Ширина платформи, мм               | 2100          | 2100          |
| Висота платформи, мм               | 560           | 360-600       |
| Тягове зусилля стійок, т           | 2x10          | 2x10          |
| Робочий тиск повітря, МПа          | 0,8           | 0,8           |
| Максимальна вантажопідйомність, кг | 3500          | 3500          |
| Вага, кг                           | 2500          | 2500          |

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори технологічного процесу малярно-кузовних робіт**

Шкідливий виробничий фактор – це фактор, вплив якого може привести до погіршення стану здоров'я, зниження працездатності робітника.

Небезпечний виробничий фактор – виробничий фактор, дія якого за певних умов може привезти до травм або іншого раптового погіршення здоров'я працівника.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори за своєю дією поділяються на наступні групи:

- хімічні;
- фізичні;
- психофізіологічні;
- біологічні.

Роботи по підготовці поверхні для малярно-кузовних робіт на усіх своїх стадіях повинні бути безпечними.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для процесів підготовки і фарбування поверхні в проєктованому цеху зумовлені використанням токсичних лакофарбованих речовин (ЛФР), знежирювальних розчинів, утворенням в повітрі робочої зони лакофарбових аерозолів та виділенням парів розчинників як при нанесенні, так і при сушці покриттів.

Виділемо найбільш впливові небезпечні фактори:

1. Виробничий шум призводить до розладу нервової та серцево-судинної системи, втрати гостроти слуху, зниженню реакції та працездатності - це може призвести до шумової хвороби;
- 2) Незахищеність рухомих елементів обладнання та машин, обертаючі частини - можуть викликати травмування та загибель людини;
- 3) Відділення часток оброблюваного матеріалу та інструменту. При обробці деталей на металоріжучих станках, загостренні інструменту на

абразивних дисках та інших роботах можливе відділення часток оброблюваного матеріалу та інструменту, а це може призвести до травмування робітників;

4) Шкідливі хімічні речовини - дана категорія небезпечних виробничих факторів обумовлена утворенням токсичних речовин та газів (вплив паливно-мастильних матеріалів (ПММ), розчинників );

5) Використання вибухо- та пожежонебезпечних матеріалів. Небезпека вибуху та пожеж може виникати при технологічних процесах, пов'язаних з використанням та збереженням ПММ; можливість пожеж та вибухів визначається вибухо- та пожежонебезпечними характеристиками речовин (температура спалаху та запалення, нижні та верхні концентрації меж запалення);

6) підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання, яке може пройти через тіло людини;

7) недостатнє природне та штучне освітлення призводить до підвищення зорової втоми, великої кількості помилок, втрати зору, зниженню продуктивності праці та збільшенню ймовірності травмування.

#### **4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів**

Застосовуються наступні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників: від впливу шуму застосовуються протишумні навушники при роботі на автоматах і пневмоінструментах; рухомі елементи, приводні та передаточні механізми повинні бути обладнані захисними кожухами; при обробці деталей на металоріжучих станках, загостренні інструменту на абразивних дисках, та інших подібних роботах робітник повинен мати захисні окуляри, прибрати волосся під головний убір, всі гудзики на спецодязі повинні бути застібнутими;

Засоби захисту від аеродисперсних систем та шкідливих хімічних речовин: видалення шкідливих та небезпечних речовин з повітряного середовища за допомогою загальнообмінної вентиляції; застосування засобів

індивідуального захисту органів дихання (респіратори та інші засоби); забезпечення захисту шкіряних покривів від потрапляння аерозольних частинок, які можуть мати велику швидкість та високу температуру; використання засобів захисту очей; для локалізації та видалення шкідливих та небезпечних речовин із зони їх утворення може бути впроваджена організацією місцевих відсмоктувачів.

Заходи захисту від підвищеної напруги.

Згідно НПАОП 40.1 - 1.21 - 98 струмоведучі частини установок, що експлуатуються, повинні мати огороження зі спеціальним блокуванням, змінювати напругу при відкриванні захисних частин. Конденсаторні батареї великої ємності повинні розташовуватись або в сусідньому блокувальному приміщенні, або поза приміщенням в спеціальній сталій шафі. Всі конденсаторні батареї повинні бути обов'язково заекрановані та забезпечені засобом для автоматичного розрядження конденсаторів при зніманні екранів.

Заходи щодо техніки безпеки повинні базуватися на підставі вимог "Положення про розробку інструкцій з охорони праці", затвердженого наказом Держнагляду з охорони праці України №9 від 29.01.1998 року з метою забезпечення безпечних умов праці при виконанні робіт по обслуговуванню деталей з матеріалів.

Згідно цим вимогам розробляють профілактичні заходи по запобіганню випадків травматизму.

1. Рухомі частини обладнання повинні бути закриті кожухами. Забороняється працівникам знаходитись на вантажі або під ним.

2. Усі робітники, що працюють з лакофарбовими матеріалами та виконують малярно-кузовні роботи, повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям і індивідуальними захисними засобами: халат чи комбінезон, хустка чи берет, спеціальні рукавички, окуляри з щільно прилягаючою до обличчя оправою, респіратор ПРБ-5, ПРБ-5МП чи "Пелюсток".

3. Виробничі приміщення в яких виготовляються вироби з лакофарбових матеріалів, повинні бути обладнані обмінною припливно-витяжною вентиляцією, що забезпечує шестикратний обмін повітря за годину. Робочі столи обладнані місцевими бортовідсмоктувачами.

4. Для запобігання утворення статичної енергії передбачити заземлення зон, помостів і робочих площадок, ручок дверей, поручнів, сходи і рукояток приладів. Щоб уникнути утворення статичної електрики в процесі знежирення арматури передбачити введення в бензин антистатичної протизношувальної присадки типу "Сигбол".

5. Клеї, розчинники зберігати в герметично закритих ємкостях з кольорового металу, з нанесеною на них інформацією, у кількостях, що не перевищують добового запасу.

6. У виробничих приміщеннях двічі за зміну роботи вологе прибирання.

7. У випадку одержання травми, необхідно негайно повідомити майстра чи керівника підрозділу, зберегти обстановку місця події нещасного випадку, якщо це не загрожує життю і здоров'ю поруч працюючих і обов'язково звернутися в медсанчастину (МСЧ) для надання першої медичної допомоги і реєстрації даного нещасного випадку.

8. У випадку появи працівника на робочому місці в стадії алкогольного чи наркотичного сп'яніння, адміністрація не допускає його до роботи, направляє його в наркологічний кабінет або складає відповідний акт. Адміністрація має право звільнити працівника з підприємства за появу на роботі в стадії сп'яніння, згідно статті 40 пункту 7 Кодексу законів України про працю Працівник зобов'язаний: знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці, правила поведіння з машинами, механізмами, устаткуванням і іншими засобами виробництва стосовно даної професії, користатися засобами колективного й індивідуального захисту; дотримуватися інструкцій з охорони праці, передбачених колективним договором і правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємств (стаття 14 закону України «Про охорону праці»).

9. За порушення законодавства й інших нормативних актів про охорону праці, створення перешкод для діяльності посадових осіб, органів державного нагляду і представників профспілок, винні працівники залучаються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної і кримінальної відповідальності відповідно до законодавства (стаття 44 закону України «Про охорону праці»).

### **4.3 Інструкція з охорони праці при роботі з лакофарбовими матеріалами**

Дана інструкція розроблена на основі вимог „Положення про розробку інструкцій з охорони праці”, затвердженого наказом Держнагляду з охорони праці України №9 від 29 січня 1998 року з метою забезпечення безпечних умов праці при виконанні робіт з лакофарбовими матеріалами.

#### 1. Загальні положення:

а) до роботи з лакофарбовими матеріалами допускаються особи, що досягли 18 років;

б) особи, що пройшли медичний огляд;

в) такі, що вивчили інструкцію з техніки безпеки, пройшли інструктаж з охорони праці, атестовані і мають посвідчення на право роботи; повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на квартал;

г) усі працюючі з лакофарбовими матеріалами, повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям і індивідуальними захисними засобами: халат чи комбінезон, хустка чи берет, спеціальні рукавички, окуляри з щільно прилягаючою до обличчя оправою, респіратор ПРБ-5, ПРБ-5МП чи "Пелюсток".

#### 2. Вимоги безпеки перед початком роботи:

а) одягти й упорядкувати спецодяг і засоби захисту, отримані відповідно до галузевих норм індивідуального захисту;

б) перевірити наявність і справність заземлення обладнання й оснащення;

в) увімкнути в приміщенні припливо-витяжну вентиляцію;

г) підготувати необхідний справний інструмент для роботи;

д) при виявленні яких-небудь несправностей повідомити майстра і до роботи не приступати аж до усунення цих несправностей .

#### 3. Вимоги безпеки під час виконання роботи:

а) виконувати тільки ту роботу, що доручена майстром чи адміністрацією цеху;

б) очищення поверхні оснащення й устаткування від набігів сполучного та клеїв робити інструментом, виготовленим з матеріалів, що не утворюють іскор при ударі;

в) не допускати потрапляння смол і розчинників на шкіру рук, обличчя чи в очі; клей, розчинник, що потрапив на шкіру, необхідно терміново видалити м'яким ватним тампоном, після чого вимити руки гарячою водою з милом і змастити маззю на основі ланоліну чи вазеліну; не дозволяється мити руки органічними розчинниками.

г) не зберігати їжу, особисті речі на ділянці; не приймати їжу на робочих місцях;

д) не захарашувати робоче місце на підходах до нього використані серветки складати в ємкості з кришкою, наприкінці зміни, ємності вивезти з приміщення.

#### 4. Вимоги безпеки після закінчення роботи:

а) упорядкувати робоче місце, інструмент;

б) залишки легкозаймистих речовин (ЛЗР: бензин, ацетон і т.д. ) винести у відведене для збереження місце;

в) зняти спецодяг і засоби захисту, забрати їх в індивідуальну шафу;

г) вимкнути вентиляцію;

д) про появу будь-яких несправностей доповісти майстру;

е) вимити обличчя і руки теплою водою з милом, прийняти душ.

Наповнювачі та зв'язуючі, що використовуються при виготовленні та блуговуванні конструкцій з нанесенням лакофарбових матеріалів, відносяться, як правило, до категорії шкідливих, пожежо- та вибухонебезпечних речовин. Тому, працюючи з ними, необхідно суворо дотримувати усі інструкції та вимоги з техніки безпеки, охорони праці та протипожежні заходи. Потрібно пам'ятати, що життя людини – найважливіше, а вірне та добросовісне виконання встановлених вимог і правил дозволить його зберегти.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Ця бакалаврська робота зосереджена на аналізі і розробці технологічних процесів перевірки і ремонту геометрії кузова автомобілів. Вона включає наступні основні розділи:

Загально-технічний розділ обговорює використання комп'ютеризованих систем для перевірки геометрії кузовів, що є важливим для забезпечення якості в автомобільній промисловості.

Технологічний розділ включає розроблення технологічних процесів (ТП) контролю геометричних розмірів та ремонту кузовних елементів, з використанням методів механічної корекції, теплової обробки, та пластичних матеріалів для випрямлення поверхонь.

Конструкторський розділ описує установки для перевірки форм кузовів, що підкреслює інженерний підхід до розробки і вдосконалення обладнання для контролю якості.

Розділ безпеки життєдіяльності і основи охорони праці розглядає небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також заходи для зменшення їх впливу, включаючи інструкцію з охорони праці при роботі з лакофарбовими матеріалами.

**БІБЛІОГРАФІЯ**

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Технічний опис. Фарби і матеріали / Кушелюс Артурас. – К.:, Альтерпрес, 2002. – 300 с. 4. Бабіч Б. С., Луцик В. В. Технічне обслуговування й ремонт металевих кузовів автомобілів. – К.: Либідь, 2001. – 460 с.
3. Локальний ремонт і фарбування авто ChipsAway [Електронний ресурс].
4. 1. Коробочка О.М., Рудасьов В.Б. Прогресивні технології відновлення і ремонту кузовних деталей автомобілів. «Системні технології», 2002 р.
5. Гнатов А.В., Аргун Щ.В. Сучасні технології зовнішнього магнітноімпульсного кузовного ремонту автомобілів / Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2015. – № 4. – С.103-108.
6. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
7. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
8. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.
9. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
10. Кузьмінський Р.Д., Шарibuра А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с

11. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
12. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
13. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
14. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
15. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
16. 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» /Укл. к.т.н. Д.З.Шматко – Кам'янське : ДДТУ, 2020 р – 88 с.
17. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.
18. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Курс лекцій: Навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів всіх спеціальностей за освітньо-кваліфікаційним рівнем "бакалавр" / А.І. Ткачук, О.В. Пуляк. – Перевидання, доповнене та перероблене. – Кропивницький: ПП "Центр оперативної поліграфії "Авангард". – 2017. – 184с.