

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університе

Механічний факультет

Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

Дипломна робота

бакалавра

Аналіз застосування сучасних вимірювальних технологій в
автомобільній галузі

Завідувач кафедри, д-р техн. наук, проф.

О. В. Полярус

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц.

О. С. Букреєва

Керівник, канд. техн. наук, доц.

Н. В. Діденко

Студент гр. ММ-41-16

О.Г. Василевський

Харків - 2020

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет механічний
Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності
Освітній рівень бакалавр
Галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»
Спеціальність: 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Метрології та БЖД
_____ О. В. Полярус
«___» _____ 2020 р

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Василевському Олексію Георгійовичу

1. Тема роботи "Аналіз застосування сучасних вимірвальних технологій в автомобільній галузі "
Керівник роботи Діденко Наталя Вікторівна, канд. техн. наук, доц.
Затверджені рішенням Вченої ради механічного факультету "___" лютого 2020 року, протокол № ___.
2. Строк подання студентом роботи 30.05.2020 р.
3. Вхідні дані до роботи: звіт з переддипломної практики.
4. Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Провести аналіз існуючих вимірвальних технологій контролю геометричних параметрів кузовів легкових автомобілів. 2. Провести статистичні дослідження та зробити рекомендації з використання результатів у виробництві.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Ілюстративний матеріал до дипломної роботи: 10 слайдів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 03 лютого 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	3-10 лютого 2020 р	
2	Аналіз стану питання і обґрунтування завдань дослідження	10-28 лютого 2020 р.	
3.	Аналіз і класифікація систем контролю геометрії кузова	2-13 березня 2020 р.	
4	Огляд існуючих стендів для контролю геометрії кузовів автомобілів	16-31 березня 2020 р.	
5	Аналіз застосування комп'ютерних систем контролю геометрії кузова	1-6 квітня 2020 р.	
6	Аналіз застосування оптичної системи контролю	6-13 квітня 2020 р.	
7	Отримання результатів проведення експериментальних досліджень.	13-24 квітня 2020 р.	
8	Формулювання висновків	27-30 квітня 2020 р.	
9	Оформлення пояснювальної записки	4-25 травня 2020 р.	
10	Підготовка презентації	25-27 травня 2020 р.	

Студент

_____ Василевський О.Г.

Керівник роботи

_____ Діденко Н. В.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 84 сторінок, 41 рисунок, 10 таблиць, 18 джерел, 1 додаток.
ВИМІРЮВАННЯ, КОМП'ЮТЕР, КОНТРОЛЬНА ТОЧКА, КУЗОВ,
ЛЕГКОВИЙ АВТОМОБІЛЬ, ОПТИЧНА СИСТЕМА, ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ

Об'єкт дослідження – кузов легкового автомобіля з порушеною геометрією.

Мета роботи – проаналізувати застосування сучасних вимірювальних технологій в автомобільній галузі.

Метод дослідження – статистичний аналіз точності контролю під час перевірки геометричних параметрів кузовів легкових автомобілів.

Розглянуті і проаналізовані конструкції та принципи дії стендів для контролю геометричних параметрів кузовів легкових автомобілів. Для підвищення точності вимірів обґрунтовано застосування вимірювальної системи контролю геометричних параметрів кузовів легкових автомобілів на основі одночасного застосування оптичної системи та персонального комп'ютеру.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз стану питання і обґрунтування завдань дослідження.....	9
1.1 Аналіз і класифікація систем контролю геометрії кузова.....	9
1.2 Огляд існуючих стендів для контролю геометрії кузовів автомобілів.....	26
1.3 Контроль точності геометричних параметрів.....	35
1.4 Висновки за розділом.....	38
2 Підвищення точності контролю геометричних параметрів кузовів автомобілів застосуванням сучасних технологій.....	40
2.1 Аналіз застосування комп'ютерних систем контролю геометрії кузова.....	40
2.2 Аналіз застосування оптичної системи контролю	43
2.3 Фізичні і математичні основи оптичних систем контролю.....	45
2.4 Контроль виробів складної форми у складі технологічних систем.....	54
2.5 Висновки за розділом.....	58
3 Проведення експериментальних досліджень.....	59
3.1 Програма та методика проведення експериментальних досліджень.....	59
3.2 Статистичний аналіз точності встановлення кузова автомобіля на стенд фірми CELETE	59
3.3 Висновки за розділом.....	70
Висновки.....	71
Перелік посилань.....	72
Додаток А. Ілюстративний матеріал до дипломної роботи.....	74

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

ВТК – відділ технічного контролю

ДТП - дорожньо-транспортна пригода

КВМ - контрольно-вимірювальна машина

ВСТУП

Кузов транспортного засобу це жорстка система, що служить для розміщення агрегатів, пасажирів, вантажу та захисту їх від зовнішніх впливів, функцією якої є сприйняття, передача та розподіл сил, таких як деформація, вібрація, що виникають під час руху автомобіля.

Компонування, форма, конструкція та технологія виробництва кузова дуже впливають на технічну характеристику автомобіля, на тягово-швидкісні якості та паливну економічність, безпеку руху та термін служби автомобіля. Жорсткість і міцність кузова збільшують термін служби автомобіля. Вихід з ладу кузова практично означає вихід з ладу всього автомобіля. Щоб відновити аварійний кузов, одного стенда з аксесуарами недостатньо. Необхідний також спеціальний вимірювальний інструмент, за допомогою якого можна визначити величину відхилення геометрії кузова й контролювати процес його відновлення.

Геометрія кузова – це комплекс всіх його форм і розмірів, розроблена на стадії розробки автомобіля й приймаюча в увагу не тільки естетичний фактор – зовнішній вигляд автомобіля – але й немаловажний фактор експлуатаційної безпеки. Конструкція кузова повинна забезпечувати не тільки його довговічність, але й правильність розташування внутрішніх агрегатів, щоб забезпечувати їх безпечно й правильне функціонування.

Якщо ще кілька десятиліть назад відновлення геометрії кузова проводилося за допомогою рулетки, то зараз їй на зміну прийшло високотехнологічне встаткування. При виконанні кузовного ремонту автомобіль встановлюється на стенд, проводиться точний вимір по всіх контрольних точках кузова. Після проведення вимірів до автомобіля приєднуються пристосування для виправки й здійснюється виправлення ушкоджених деталей кузова. Контроль над проведенням робіт постійно здійснюється за допомогою вимірювальних приладів. При необхідності процес може корегуватися. Задаються нові параметри. Для забезпечення точності вирівнювання процес контролюється постійно. Як тільки контрольні точки збігаються із заводськими параметрами, процес виправлення

вважається завершеним. По закінченню роботи обов'язково виконуються контрольні проміри. Якщо вони повністю збіглися із заводськими установками, процес відновлення геометрії кузова можна вважати завершеним.

Сучасні стенди, які використовуються для відновлення геометрії кузова автомобіля, оснащуються дуже точними вимірювальними системами. Всі координати контрольних точок зчитуються комп'ютерною програмою й виводяться на монітор.

Точність відновлення кузова особливо важлива при ремонті сучасних швидкісних автомобілів, тому що недотримання параметрів ставить під питання безпеку їзди на ній й складність маневрування на високій швидкості. У такій ситуації навіть мінімальна розбіжність із заводськими параметрами може зробити машину непередбаченою в керуванні. Потужний автомобіль зі скривленнями геометрії не може принести своєму власникові задоволення. Крім того, порушення геометрії кузова приводить до передчасного зношування багатьох деталей через нерівномірне навантаження, викликане кривизною.

Таким чином, найважливіше при кузовном ремонті – забезпечити автомобілю відновлення тієї геометрії кузова, що була закладена в ньому розробниками. Подібної точності сучасне вимірювальне встаткування дозволяє домогтися за рахунок того, що координати контрольних точок у просторі визначаються не тільки на початковій стадії, але й протягом всіх робіт.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ І ОБГРУНТУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз і класифікація систем контролю геометрії кузова

В процесі руху автомобіля, особливо по поганим дорогам, геометрія кузова зазнає змін. Особливо сильно це виявляється в результаті ДТП.

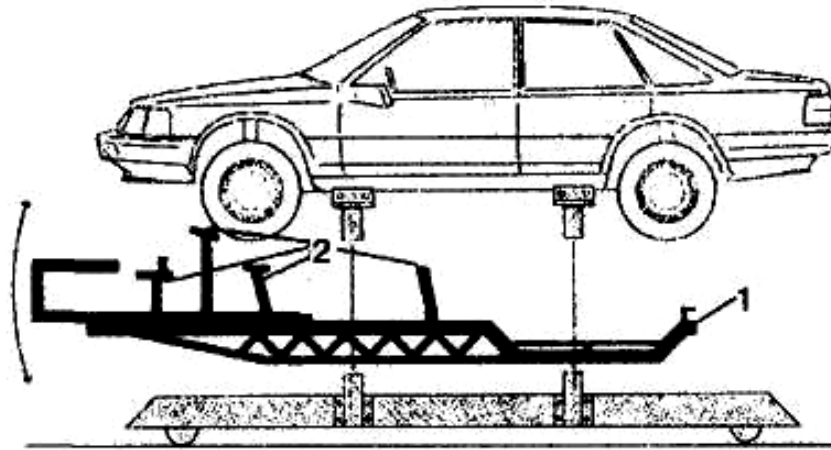
Контроль геометрії кузова відбувається по базовим точкам, закладених в його конструкції. Він здійснюється на підйомниках або стапелях з використанням спеціальних лінійок-калібрів по розроблених картах вимірів. Для нормальної експлуатації автомобіля дуже важливо забезпечити правильне розташування точок кріплення штанг заднього моста, передньої підвіски і осей верхніх важелів. Саме ці точки забезпечують правильне положення передніх і задніх коліс відносно кузова, що впливає на керованість автомобіля і його безпеку для оточуючих.

Для вимірювання положення точки кузова в просторі створюється жорстке з'єднання між контрольованою точкою кузова і базовою поверхнею. Таким чином, шукане положення точки по висоті визначається жорсткою і міцною вимірювальною лінійкою (контрольним шаблоном), що сприймає навантаження, яке створюється масою автомобіля. Роль вимірювальної базової поверхні виконує жорстка рамна основа стенда, до якої пригвинчують лінійки для вимірювання висоти, сполучені з косинцями. Для підвищення точності вимірювання косинець повинен бути жорстко приєднаний до контрольованої точки кузова. Для визначення геометричних параметрів кузова може знадобитися комплект, який складається більш ніж з 20 різних косинців. Висота кожного косинця точно відповідає відстані між базовою поверхнею і відповідною контрольованою точкою кузова. Рамна основа забезпечена великим числом отворів, просвердлених в напрямі, перпендикулярному базовій поверхні. Отвори впорядковані таким чином, що в них може бути встановлений будь-який з комплекту косинців, призначених для даної моделі автомобіля. Щоб не ослабити рамну основу за рахунок свердлення великої кількості отворів, частину їх свердлять в додаткових

поперечках, названих траверсами. Кожна траверса прикріплена до рамної основи чотирма болтами. Залежно від довжини автомобіля, що підлягає ремонту, кількість траверс може досягати шести. На траверсах закріплюються рихтувальні косинці. За допомогою спеціальних додаткових кріплень на стенді закріплюється автомобіль. Для кріплення використовують фланці, приварені до порогів автомобіля [1].

Характерними особливостями стенду є: підлягаючі контролю точки кузова повинні бути доступні, що може зажадати демонтаж окремих вузлів автомобіля, наприклад амортизації; для кожної конкретної моделі автомобіля використовується індивідуальний комплект косинців; до косинця не можна прикладати зусиль більших, ніж необхідно для відновлення первинної форми кузова. Для проведення такої роботи слід жорстко зафіксувати автомобіль за допомогою спеціальних кріплень; косинці, призначені для визначення геометричних параметрів окремих точок кузова, можуть також використовуватися як шаблони для точного позиціонування нових деталей при їх приварюванні до кузова.

Основною метою подальших розробок у області правильного і вимірювального устаткування є удосконалення важких косинців. В результаті було створене устаткування, яке використовується таким чином. Автомобіль фіксується на стенді за допомогою чотирьох універсальних кріплень. Перевірка відповідності реальних геометричних параметрів кузова заданим значенням здійснюється за допомогою відносно легких зварювальних шаблонів 2 (рис. 1.1), які кріпляться на спеціальному тримачі 1. Останній може підійматися або опускатися, завдяки чому всі зварювальні шаблони можна привести в зіткнення з відповідними точками кузова. Шаблони скріпляють з цими точками на кузові, що забезпечує високу точність зварювання.



1 – тримач зварювальних шаблонів; 2 – зварювальні шаблони

Рисунок 1.1 – Стенд із зварювальними шаблонами

Система зварювальних шаблонів складається з правильної плити, укомплектованої чотирма універсальними або спеціальними вузлами кріплення. Ці вузли розташовані так, щоб можна було надійно зафіксувати основу кузова автомобіля в місцях, що знаходяться під стійками дверей.

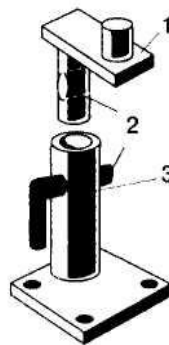
Комплект зварювальних шаблонів монтують на тримачі шаблонів. Шаблони найчастіше складаються з двох елементів, завдяки чому скорочується число специфічних для кожного автомобіля деталей. Тримачі зварювальних шаблонів, встановлені на загальну рамну основу, дозволяють використовувати будь-який комплект зварювальних шаблонів (аналогічно вищеописаним базовим елементам двоелементних рихтувальних косинців).

В більшості ситуацій ремонту підлягає або передня, або задня частини кузова, але стенд буває укомплектований тримачами лише наполовину. На одній стороні тримач має поворотну опору. Протилежна сторона тримача, укомплектована зварювальними шаблонами, розташовується під основою автомобіля. Таким чином, тримач в неробочому стані підвішений під основою кузова похило, маючи опору лише з одного боку.

Для приварювання нових деталей або контролю відрихтованих елементів кузова тримач повертають так, щоб він виявився паралельним основі кузова. Тим самим одночасно задається правильне позиціонування зварювальних шаблонів по відношенню до контрольованих точок кузова. Для підйому і опускання тримача служить швидкодійний підйомний механізм. Паралельне розташування тримача перевіряється рівнем.

Характерні особливості стенду із зварювальними шаблонами: необхідність вільного доступу до точок кузова, просторове положення яких підлягає контролю і зварюванню; для конкретної марки автомобіля повинен використовуватися індивідуальний комплект зварювальних шаблонів; міцність шаблонів недостатня, щоб витримати масу автомобіля; вони значно легші за косинці, але витримують масу нових елементів кузова, що приварюють. В порівнянні з одноелементними косинцями робота із зварювальними шаблонами більш зручна. Тому замість одноелементних косинців застосовують двоелементні і багатоелементні косинці, закріплені на жорсткій платформі.

Кожен двоелементний косинець, прикріплений до рами стенду в потрібному положенні, складається зі стійки 3 (рис. 1.2) і змінного наконечника 1. Стійка постійно закріплена на рамі стенду. В отвори стійки 3 і наконечника 1 вставляють фіксуєчий стрижень 2. Якщо необхідно відремонтувати кузов автомобіля іншої моделі, то замінюють, відповідно, наконечник 1. Комплект двоелементних косинців прикріплюють до стенду в певному положенні в такій же послідовності, як і при використанні звичайних косинців. Спочатку до стенду пригвинчують траверси, а потім на них фіксують стійку, що є нижньою частиною косинців. Наконечники, розташовані у верхній частині косинців, вставляють в стійку, використовуючи телескопічний принцип, а потім приєднують до кузова автомобіля в контрольованих точках. Після цього закріплюють автомобіль на стенді за допомогою універсальних або спеціальних кріпильних елементів.



1 – наконечник (головка) косинця; 2 – фіксуючий стрижень; 3 – стійка косинця

Рисунок 1.2 – Двоелементний косинець

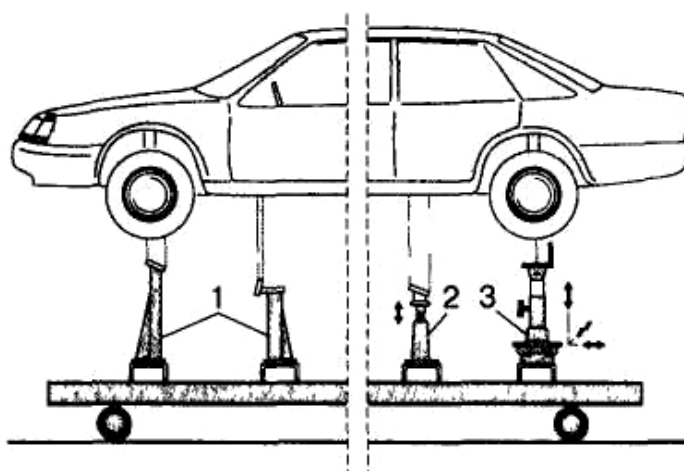
Для вимірювання витягають вставлений до упору в стійку наконечник, поки він не торкнеться поверхні кузова в контрольованій точці. Якщо кузов в цьому місці не деформований, то встановлюють фіксуючий стрижень через відповідні отвори в стійці і направляючої наконечника. Фіксуючий стрижень повинен входити в ці отвори вільно, без зусилля. Отвори розташовані так, щоб забезпечити необхідну висоту косинця. Далі наконечник прикручують до кузова, не допускаючи надмірного люфта або надмірно щільного притиску. Послідовність операцій по монтажу двоелементних косинців і порядок вимірювань з їх допомогою геометрії кузова такі ж, як для звичайних косинців.

Характерними особливостями стану з двоелементними косинцями є:

- можливий доступ до будь-якої точки кузова (в деяких випадках потрібен демонтаж відповідних агрегатів);
- для автомобілів різних моделей повинні застосовуватися індивідуальні косинці з легкозамінними наконечниками;
- косинці при приварюванні нових деталей кузова виконують функцію тільки установочних елементів. Правка за допомогою цього стану може виконуватися лише при установці додаткових універсальних кріплень.

Крім двоелементних косинців застосовуються косинці, що працюють за принципом універсальної механічної системи і складаються з трьох або більш елементів. Два варіанти виконання такої системи приводяться нижче.

Стійка переміщається по направляючим рами в будь-яке бажане положення і фіксується. Висота регулюється за допомогою фіксуючого стрижня, що вставляється в отвори косинця. Щоб забезпечити приєднання цієї системи до будь-яких контрольних точок кузова, необхідний індивідуальний для кожної марки автомобіля комплект невеликих змінних наконечників (рис. 1.3).



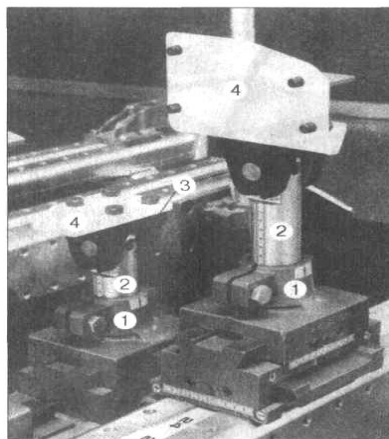
1 – одноелементні ; 2 – двоелементний; 3 – багатоелементний

Рисунок 1.3 – Косинці

В цілях скорочення кількості змінних наконечників, прикріплених до кузова, застосовуються лише декілька наконечників, що розрізняються формою, які можуть використовуватися для ремонту кузова будь-якого автомобіля. Вони з'єднуються із стрижнем, забезпеченим шкалою для вимірювання висоти, за допомогою спеціального кріплення (універсального адаптера) кубічної форми (рис. 1.4). Одна з граней куба використовується для його прикріплення до вимірювального стрижня, вільними залишаються п'ять граней, до яких можуть бути приєднані універсальні [2-4].

У пристрої Globaljig адаптер називають також кубічною різьбовою головкою або просто кубом. Наконечники можуть бути укріплені в чотирьох різних положеннях на кожній з п'яти гранях куба. Таким чином, для кожного наконечника можливі 20 різних положень. Косинці в зборі ковзають по

полозкам і можуть бути пересунуті по ширині в будь-яке положення. У свою чергу, полозки встановлені на зсунутих в поздовжньому напрямі поперечках. Положення наконечника в поздовжньому і поперечному напрямках може бути встановлене за відповідними шкалами з точністю до 2 мм. Такий стенд можна використовувати для безпосереднього відновлення первинної форми кузова.



1 – переміщуваний по полозках тримач для фіксації стійки, косинця; 2 – стрижень зі шкалою для регулювання висоти; 3 – універсальний адаптер для кріплення наконечника; 4 – наконечник (підходить для установки на кузов автомобіля будь-якої моделі)

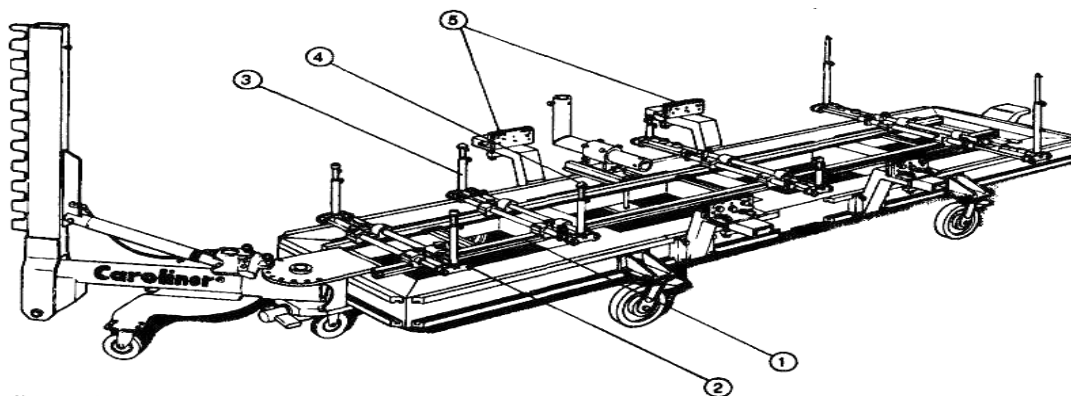
Рисунок 1.4 – Багатоелементний косинець із спеціальним універсальним адаптером для контролю автомобільних кузовів

Стійки багатоелементних косинців складаються з нижньої опорної частини і встановленої на ній рухомої каретки. Залежно від конструкції каретка може зміщуватися в одному або двох (по довжині і ширині) напрямках. Можливо зміщення завдяки використанню з'єднання типу «ластівчин хвіст». Лінійка для вимірювання висоти є масивним стрижнем, що вставляється в каретку. Точна установка косинця по висоті здійснюється завдяки вимірювальній шкалі, нанесеній на стрижень. На верхньому кінці вимірювального стрижня фіксують наконечник косинця, який без особливих проблем можна з'єднати за допомогою різьбового елемента з відповідною точкою кузова, якщо останній в цьому місці не

деформований. Викривлення кузова встановлюється як відхилення вимірних в цій точці значень довжини, ширини і висоти від відповідних параметрів, вказаних в листі контролю.

Таким чином, для стану з багатоелементними косинцями характерне те, що замість комплекту спеціальних косинців, використаних для кузова автомобіля певної моделі, застосовується декілька універсальних адаптерів, що входять до складу основного оснащення.

Системою вимірювання, придатної для будь-яких автомобілів без демонтажу, може служити система, що працює а механічним принципом (рис. 1.5).



1 – вимірювальний місток; 2 – вимірювальна каретка; 3 – гільза для вимірювального наконечника; 4 – вимірювальний наконечник; 5 – затискачі для кріплення кузова

Рисунок 1.5 – Стенд з механічною системою вимірювання

Шасі автомобіля кріплять за допомогою чотирьох універсальних затискачів до рами стану (рис. 1.6). Розташований на рамній основі стану вимірювальний місток 1 (рис 1.7) паралельний днищу автомобіля. Місток забезпечений каретками 2, довжину і ширину яких можна варіювати. На них вмонтовують вимірювальні гільзи 3 і наконечники 4, роль яких виконують стрижні, що телескопічно висуваються. Їх висувають настільки, щоб вони увійшли до контакту з контрольованими точками кузова. Висота визначається за градуйованою шкалою висунутого стрижня.

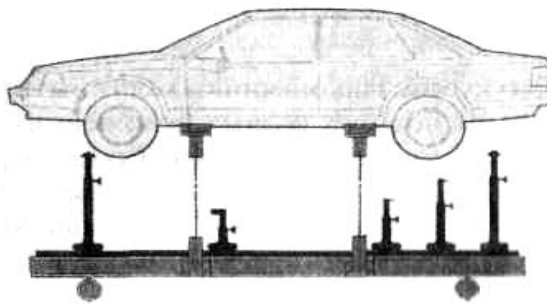
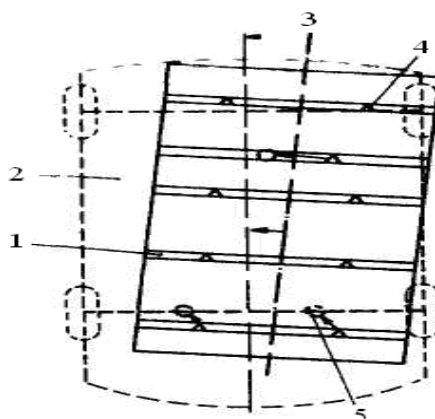


Рисунок 1.6 – Установка автомобіля на стенд з механічною системою вимірювання



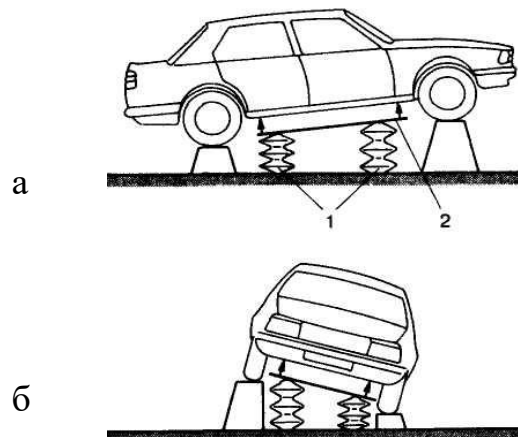
1 – вимірювальний місток; 2 – основа кузова; 3 – змінене положення середньої лінії; 4 – вимірювальний наконечник; 5 – три непошкоджені отвори в основі кузова

Рисунок 1.7 – Установка кузова на стенд по трьом непошкодженим точкам в його основі

Основному положенню системи вимірювання відповідає точний збіг середніх ліній містка і автомобіля. Для установки системи вимірювання в це положення досить двох (краще трьох) непошкоджених контрольних точок кузова (рис. 1.7).

Змінюючи положення наконечників по довжині, ширині і висоті, підводять їх до цих точок, внаслідок чого місток неминуче опиниться точно в середньому положенні. Стенд з механічною системою вимірювання, забезпечений пневматичним пристроєм 1 (рис. 1.8), дозволяє встановлювати автомобіль в

похилому положенні, при якому зберігається паралельний стан вимірювального містка 2 відносно основи кузова.



1 – пневматичний пристрій; 2 – вимірювальний місток

Рисунок 1.8 – Установка автомобіля на вимірювальний стенд з пневматичним пристроєм для контролю основи кузова в поздовжньому (а) і поперечному (б) напрямках

Доповненням до вимірювального пристрою, що працює за механічним принципом, є спеціальна арка, призначена для визначення геометричних параметрів верха кузова (рис. 1.9).

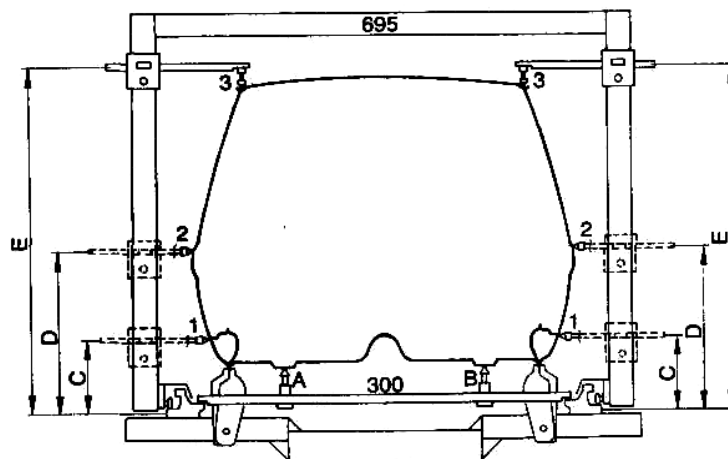


Рисунок 1.9 – Комплектне визначення геометричних параметрів верха і основи кузова

Кузови сучасних автомобілів завдяки полегшеній конструкції все менш схильні до перекосу. Проте якщо йдеться про встановлений на стенді старий автомобіль, то демонтаж двигуна і коробки передач приведе до того, що точки кріплення двигуна можуть зміститися по вертикалі на величину, що досягає 5 мм. Таке «зміщення» кузова супроводжуватиметься деформацією його верхньої частини, внаслідок чого зміниться величина зазорів в отворах дверей і капота. Місця кріплення двигунів сучасних автомобілів виконують з високоміцного сталевого листу, тому ефект «зміщення» не так помітний. Певні зміни геометрії верхньої частини кузова можуть відбутися і в процесі відновлення його первинної форми. Постійний контроль положення базових точок верху кузова дозволяє попередити перекіс, що виникає, коли відновлений кузов знімається із стенду і автомобіль ставиться на колеса. Крім того, по положенню контрольних точок верху кузова можна відразу встановити перекіс, викликаний закріпленням автомобіля на стенді [5].

Для визначення геометричних параметрів основи кузова автомобіля можуть використовуватися наступні лінії відліку (нульові лінії), на яких розташовуються нульові точки: середня поздовжня лінія автомобіля; поперечні лінії, що проходять уздовж переднього і заднього мостів. Для безпосереднього вимірювання основи кузова обирається, як правило, подовжня лінія і одна з поперечних в непошкодженій частині кузова.

Для визначення геометричних параметрів кузова за допомогою комплексу косинців виконують послідовний зсув кузова, поки він не опиниться в такому положенні, що контрольовані точки будуть зміщені з наконечниками нерухомих косинців, змінюють положення кузова, підстроюючись під систему вимірювання. Коли йдеться про універсальні вимірювальні системи, вирівнювання частково або повністю здійснюють в зворотному порядку, тобто змінюють положення вимірювальної системи відносно кузова. На практиці обидва ці підходи реалізуються таким чином:

– вимірювальна система розташована на плоскій базовій поверхні стенду. Після закріплення автомобіля основа кузова повинна бути паралельна базовій

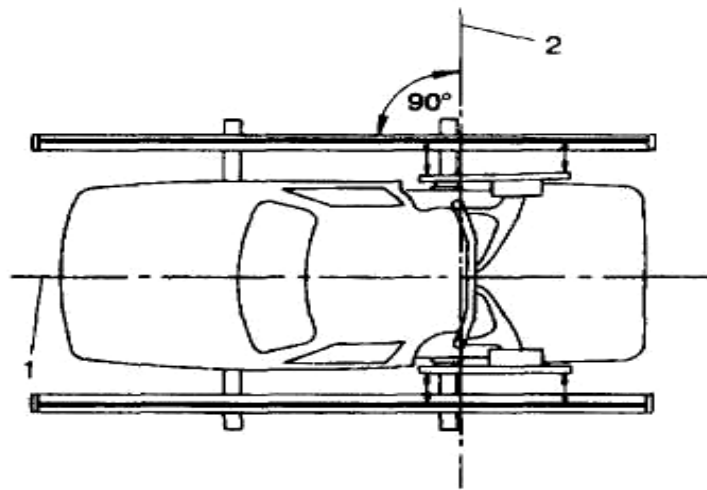
поверхні. В процесі подальшого вирівнювання автомобіль залишається нерухомим, міняють лише положення системи вимірювання;

– положення вимірювальної системи змінюють за допомогою пневматичних пристроїв так, щоб вона виявилася паралельною основі кузова. Перекіс основи кузова по відношенню до поверхні стенду не робить ніякого впливу на вимірювання.

Після закріплення автомобіля в заданій позиції приступають до монтажу системи вимірювання. Перш за все, по листу контролю визначають положення нульової точки і переконуються, що воно після аварії залишилося незмінним. Припустимо, нульова точка знаходиться у області заднього моста. На стіл стенду укладається перший вимірювальний місток. Він має два гнізда для гільз, у які, у свою чергу, вставляються вимірювальні наконечники. Гнізда для гільз взаємозв'язані, тобто якщо одне гніздо зміщується назовні або всередину, друге зміщується точно в таке ж положення і на таку ж величину. Завдяки цьому після встановлення першої нульової точки автоматично визначиться положення і іншої точки кріплення заднього моста, оскільки вони стоять по різні сторони від середньої лінії автомобіля на однаковій відстані. Одночасно гарантується, що вимірювальний місток розташовуватиметься під основою кузова співісний задньому мосту. Перш ніж встановити вимірювальні наконечники, необхідно змонтувати другий вимірювальний місток, ввівши його під основу кузова якнайдалі від заднього моста, але не допускаючи, щоб він виявився під пошкодженою частиною кузова. В якості базових з листа контролю вибирають ті точки, які знаходяться перед передніми місцями кріпленнями автомобіля, якщо дивитися з боку заднього містка.

Чим далі відносно один одного знаходяться вимірювальні містки, тим більше точними виявляться результати вимірювання. З лівої і правої сторони автомобіля на стіл стенду укладають довгі бічні траверси, призначені для переміщення вимірювальних містків. У разі фронтального пошкодження кузова траверси повинні виступати назовні від передка автомобіля приблизно на 100 мм.

Потім підводять вимірювальні містки і вставляють їх кінці у відповідні направляючі бічних траверс. Далі на містках вмонтовують гільзи з вимірювальними наконечниками. Довжина гільз і форма наконечників для кожної контрольованої точки регламентована в листі контролю. Як тільки перша нульова точка буде зафіксована наконечником, всю систему вимірювання слід змістити так, щоб другий наконечник став в правильне положення. Після цього, скориставшись звичайним косинцем, необхідно перевірити, чи дотримується прямий кут між вимірювальним містком і бічною траверсою (рис. 1.10).



1 – середня лінія автомобіля; 2 – нульова лінія

Рисунок 1.10 – Положення заднього містка вимірювальної системи по відношенню до бічної траверси

Переконавшись в правильності монтажу, слід затягнути регулювальні гвинти заднього вимірювального містка. Шкала містка виставляється на нуль, щоб результати вимірювань могли відраховувати від нульової точки, не вимагаючи перерахування. Аналогічні маніпуляції слід зробити з другим вимірювальним містком, розташованим у зоні передньої підвіски. Як тільки наконечники зафіксують всі чотири точки, слід переконатися в збігу середніх ліній автомобіля й вимірювальної системи. За рахунок відповідної установки

наконечників перевіряється положення контрольних точок по висоті. Якщо будуть знайдені неприпустимі відхилення, слід змістити автомобіль, на якийсь час послабивши його кріплення. Щоб у процесі подальшої роботи випадково не збити відрегульоване положення вимірювальної системи, її слід укріпити на столі стенду за допомогою спеціальних скоб. Для повнішого контролю геометричних параметрів основи кузова можуть бути змонтовані один або два додаткові вимірювальні містки.

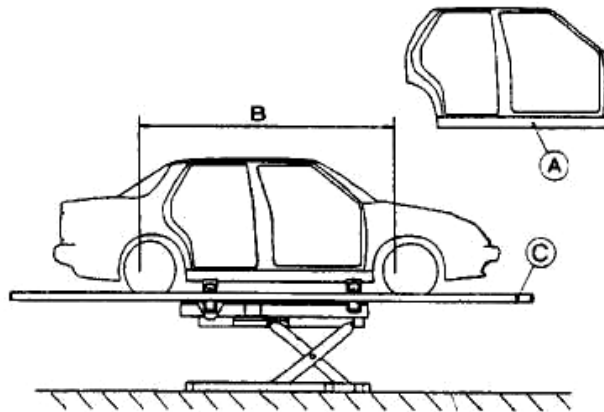
Таким чином, характерні особливості стенду для правки з механічною системою вимірювання полягають в наступному:

- будь-які точки кузова доступні без демонтажу агрегатів з автомобіля;
- для автомобіля конкретної моделі необхідний індивідуальний лист контролю, у якому повинні бути приведені порівняльні дані вимірювань елементів кузова, розташованих по ліву й праву сторони відносно середньої подовжньої осі;
- для фіксації нових деталей кузова в необхідному положенні слід використовувати універсальні тримачі, положення яких регулюється за допомогою універсальної системи вимірювання; механічна вимірювальна система призначена тільки для контролю і не може бути використана для додаткового кріплення автомобіля при виконанні відновних робіт на кузові [6-8].

Паралельне вирівнювання автомобіля відносно системи вимірювання.

Затискачі вимірювального пристрою, призначені для кріплення кузова, звичайно приєднують до приварених порогів вушок. Примусове позиціонування автомобіля на рамній основі стенду, здійснене за допомогою таких затискачів, дозволяє майже у всіх випадках зразу ж встановити його строго паралельно поверхні стенду а умови високої точності виготовлення кузова (рис. 1.11). Примусове позиціонування означає, що ці затискачі не регулюються по висоті, дозволяють переміщатися кузову без зазора на рамній основі стенду, залишаючись під прямим кутом до нього, і їх затягування не приводить до зміни заданого положення. Тому якщо на поверхні стенду змонтувати універсальну

вимірювальну систему, вона автоматично займе паралельне положення відносно основи кузова.



А – розміри боковин; В – поздовжні відстані між різними точками кузова;

С – розміри основи кузова, що дозволяють фіксувати його на рамній основі кузова

Рисунок 1.11 – Встановлюючі поверхні кузова при базуванні його на стенді для контролю

Регламентовані параметри по висоті основи кузова повинні забезпечуватися вимірювальними наконечниками стенду (рис. 1.12).

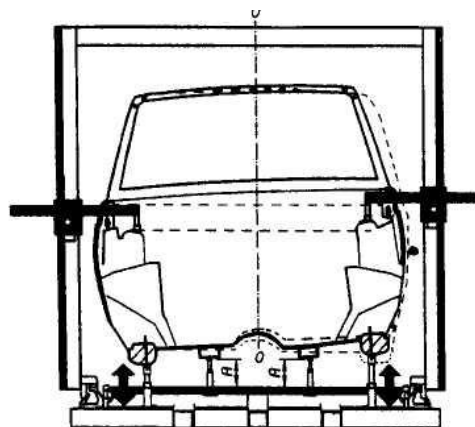
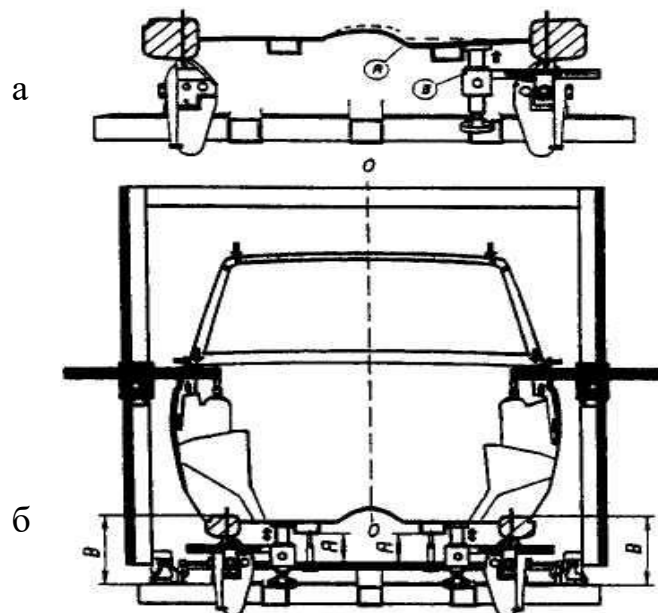


Рисунок 1.12 – Положення кузова (показано пунктиром) при використанні затискача для його кріплення з висотою, що змінюється

Паралельне вирівнювання автомобіля відносно вимірювальної системи важливе тому, що потім не доведеться мати справу з неправильними параметрами по висоті кузова. Це особливо важливо для середньої зони основи кузова, де звичайно виконується основна настройка вимірювальної системи перед безпосереднім контролем.

Регламентований розмір по висоті в тому місці, де основа кузова виявилася заниженою, відновлюють за допомогою комплекту спеціальних затискачів і рихтувальних інструментів.

Здійснюючи таку правку основи в зоні А (рис. 1.13а), відновлюють рівне положення по висоті установочних елементів кузова і стенду. Одночасно здійснюють вирівнювання кузова й по контрольним точкам у його верхній частині (рис. 1.13б). Таке подвійне юстирування кузова гарантує, що основа дійсно зайняла положення, паралельне вимірювальній системі [9].



- а – для досягнення однакової висоти установочних елементів кузова й стенду;
 б – контроль положення кузова по розташуванню базових точок верхньої його частини

Рисунок 1.13 – Рихтування поверхні основи кузова в зоні А

Були проаналізовані існуючі технології контролю геометричних параметрів кузова. На основі аналізу складена узагальнена структурна схема на рисунку 1.14.

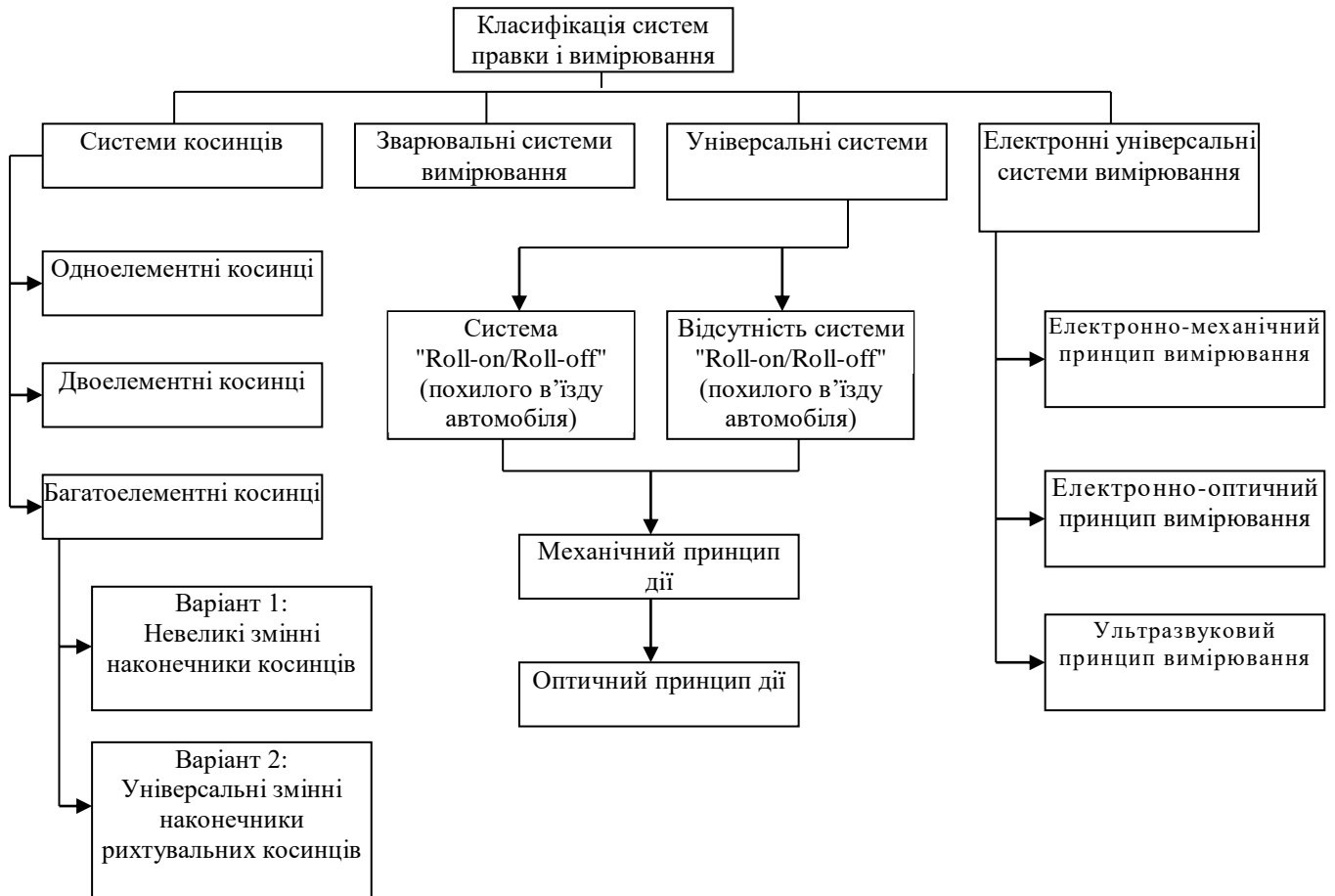


Рисунок 1.14 – Структурна схема класифікації систем правки і вимірювання параметрів кузова

Найперспективнішим є застосування комп'ютерних систем контролю геометрії кузова з використанням оптичних систем базування, тому що, серед всіх відомих методів вимірів оптичні виміри відносяться до найбільш точних. Гранична чутливість і точність класичних методів оптичних вимірів перебуває на рівні довжини хвилі застосовуваного випромінювання, що для видимого (світлового) випромінювання становить величину порядку 0,5 мкм. Сучасні технології, у тому числі електронні й комп'ютерні, як й інші науково-технічні

досягнення, дають можливість підвищення точності й чутливості ще в десятки разів. Незамінною властивістю результатів оптичних вимірів і досліджень є їхня наочність, надійність і переконливість.

1.2 Огляд існуючих стендів для контролю геометрії кузовів автомобілів

В даний час для якісного і швидкого ремонту автомобілів використовуються найкращі технології, матеріали і сучасне устаткування. Устаткування для автосервісу включає багато найменувань, це може бути як багатофункціональне устаткування, так і спеціалізоване. Так, діагностику і відновлення первинних параметрів кузова зручніше здійснювати на стенді для правки кузова (стапелі), що дозволяє заощадити час.

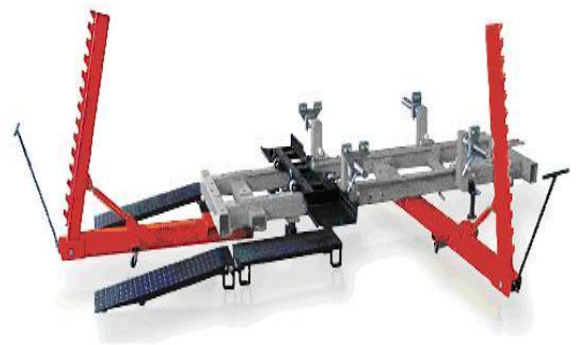
Стапелі використовують для проведення всіх видів кузовних робіт, починаючи від невеликих пошкоджень кузова і закінчуючи корекцією геометричної форми рами автомобіля. Стенди для правки кузовів включають декілька конструкцій, так стандартна модель звичайно комплектується підйомною платформою, двома силовими баштами, а також різними домкратами і багато чим іншим. Підйомні платформи можуть відрізнятися один від одного, і таким чином мають різні властивості. Деякі конструкції платформ оснащуються прямокутними отворами для кріплення оснащення. За допомогою платформи на стенд для правки кузова можна встановлювати додаткові конструкції, такі як блоки, ланцюги і гідроциліндри. Це дозволяє розширити можливості устаткування. У деяких моделях стапелів можна зустріти два виступаючі об'єкти з боків конструкції, подібні об'єкти служать своєю опорою для розміщення і переміщення силового устаткування. Дві силові башти також можуть привносити свої особливості в конструкцію, так якщо їх робочий хід залежить від точки додатку зусилля, то зусилля зменшується і збільшується хід з підвищенням точки прикладення. А з пониженням точки додатку зусилля збільшується, а хід зменшується, при цьому завжди присутній холостий хід, не залежний від точки прикладення зусилля [7].

Рихтувальний стенд SIVER E (рис. 1.15а) є популярною версією стапелів, утіливши в собі всі сучасні рішення у області кузовного ремонту. Конструкція стенду дозволяє дуже швидко встановити і зняти будь-який автомобіль масою до 3,5 тон. Башти силового пристрою із зусиллям витяжки 5 або 10 тон можуть легко переміщатися по всьому радіусу платформи, мають надійний механізм фіксації.

Кузовний стапель SIVER C (рис. 1.15б) має конструкцію з великою прямокутною платформою і силовими пристроями баштового типу. Стенд дозволяє дуже швидко встановити і зняти будь-який автомобіль масою до 3 тон.



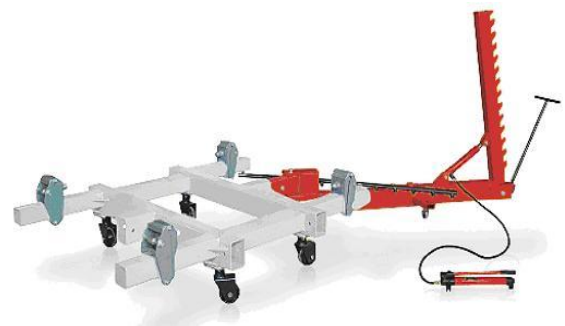
а



б



в



г

а – SIVER E; б – SIVER C; в – SIVER B; г – SIVER A

Рисунок 1.15 – Рихтувальні стенди фірми SIVER

Рихтувальний стенд SIVER B (рис. 1.15в) виробляється майже 15 років для відновлення аварійних кузовів в умовах невеликих СТО. Перевагами стенду SIVER B є перевірена якість, мобільність і зручність зберігання.

Рихтувальний стенд SIVER A (рис. 1.15г) призначений для відновлення аварійних кузовів легкових автомобілів вагою 2000 кг. База затисків для кріплення кузова може регулюватися як по довжині, так і по ширині, дозволяючи закріплювати широку гамму автомобілів. Малі габарити стенду і простий демонтаж силових пристроїв займає мінімум простору при зберіганні.

Основні технічні характеристики стендів фірми SIVER приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики рихтувальних стендів фірми 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 фірми Професіонал (рис. 1.16) призначений для правки пошкоджених кузовів легкових автомобілів усіх марок, що мають відбортовку порогів. За відсутності відбортовки порогів використовуються спеціальні перехідники.



Рисунок 1.16 – Стенд для правки кузова фірми Професіонал

Конструкція стенду базується на суцільнозварній жорсткій рамі, за яку кріпляться регульовані захвати і силові витяжні пристрої. Автомобіль заковчується на стенд по трапах.

Функціональні особливості:

- плавне регулювання захватних пристроїв по довжині і ширині;
- три ступені регулювання по висоті захватних пристроїв;
- закріплення силових пристроїв до рами за допомогою клинового затиску;
- висока точність вектора додатку зусилля витяжки за допомогою ручного гідронасоса.

Стенд фірми Майстер (рис. 1.17) призначений для правки кузовів автомобілів. Конструкція стенду базується на мобільній роз'ємній рамі, за яку кріпляться регульовані захвати і силові витяжні пристрої. Для установки автомобіля на стенд під нього підкочується рама.



Рисунок 1.17 – Стенд для правки кузова фірми Майстер

Стенд серії Майстер відрізняється від Професіонала роз'ємною конструкцією рами, що дозволяє використовувати стенд у невеликих майстернях.

Основні технічні характеристики стендів фірми Професіонал і Майстер приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики стендів фірми Професіонал і
Майстер

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



Рисунок 1.18 – Стапель рамний NORDBERG AUTOMOTIVE
BAS12-1

Платформа стапеля NORDBERG AUTOMOTIVE BAS-1 (рис. 1.18) виготовлена з високоміцного сталевого профілю. Товщина платформи досягає 100 мм. Платформа має виступаючі кромки на зовнішніх і внутрішніх гранях, які служать рейковими опорами для силових пристроїв. Швидка і проста процедура установки/зняття автомобіля на стенд, не вимагає підйомника. Не вимагає центрування автомобіля відносно осі рами, що дозволяє істотно скоротити час установки і максимально раціонально організувати робочий простір на стенді. Дві потужні силові башти з надійними кріпленнями, що легко фіксуються, дозволяючих швидко і ефективно докладати зусилля в різних напрямках і забезпечують можливість роботи з будь-якою частиною кузова. Повний розворот

на 360° може забезпечити будь-який кут прикладання зусилля. Башти не мають холостого ходу. Комплект з чотирьох затисків швидко і надійно фіксує автомобіль. Різноманітні види затисків і аксесуарів забезпечують можливість проведення всіх видів робіт. Силкові башти обладнані потужною і надійною гідравлікою і оснащені роликami, розташовані безпосередньо на платформі, і без зайвих зусиль пересуваються уздовж периметра стенду по рейкових направляючих. Висока точність телескопічної вимірювальної лінійки, оснащеної тим, що центрується магнітними фіксаторами на шарнірному підвісі, легко допоможе заміряти навіть наймінімальніші зміни. Рекомендації по проведенню вимірювань постійно забезпечуються відновленою електронною базою даних. У комплектацію входить: платформа з високоміцної листової сталі вантажопідйомністю 3,5 тон; 2 силкові пристрої із зусиллям 10 тон; 2 електрогідравлічні насоси; вимірювальна телескопічна лінійка з електронною базою даних; пересувний стенд з оснащенням з 16 предметів.

Основні технічні характеристики стапеля фірми NORDBERG AUTOMOTIVE BAS12-1 приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики рамного стапеля фірми 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



Рисунок 1.19 – Стенд фірми Fast для правки аварійних кузовів автомобілів

Стенд фірми Fast (рис. 1.19) призначений для правки кузовів аварійних легкових автомобілів, мікроавтобусів, позашляховиків масою до 3 тон. Стенд оснащений заїздними апарелями і власним гідравлічним підйомником, що полегшує постановку аварійного автомобіля для проведення кузовних робіт. В комплект стану входять дві гідравлічні стійки, які дозволяють проводити ремонт не тільки бічних пошкоджень, але і витяжку деформованого даху. Управління гідравлічними стійками виконується з виносних пневмонасосів (виробництва американської компанії SPX Power Team), що виключає можливість травмування персоналу при проведенні витяжних операцій. Крім того, конструкція платформи стану дозволяє безперешкодно переміщати стійки по всьому периметру навколо автомобіля, надійно фіксуючи їх у вибраному майстром місці. Набір інструменту і пристосувань, що входить в комплект, дозволяють здійснювати відновлення кузова автомобіля до початкового стану, повністю усуваючи пошкодження.

Стапель фірми MAXIMA-800 (рис. 1.20) призначений для швидкого ремонту невеликих пошкоджень кузовів автомобілів і для невеликих рихтувальних майстерень, в яких обмежений простір.

Перевагою такого виду стапеля є те, що, завдяки своїй конструкції, він займає менше місця, що звільняє значну частину робочого простору під днищем машини. Стапель встановлений на ножичному підйомнику, що дає можливість піднімати і тягнути кузов на потрібній висоті.



Рисунок 1.20 – Стапель фірми МАХІМА-800

Автомобіль подається на стенд без в'їзних трапів. Комплект з чотирьох стандартних затисків гарантує швидке і жорстке кріплення автомобіля. Стапель МАХІМА призначений, для того щоб забезпечити ремонт високої точності за мінімум робочого часу. Стапелі МАХІМА поєднують в собі такі важливі експлуатаційні характеристики, як:

- простота в експлуатації ;
- повний набір пристосувань, спецоснащення і всіляких аксесуарів;
- можливість виконання абсолютно всіх ремонтних робіт, пов'язаних з виправленням геометрії кузова автомобіля (рами).

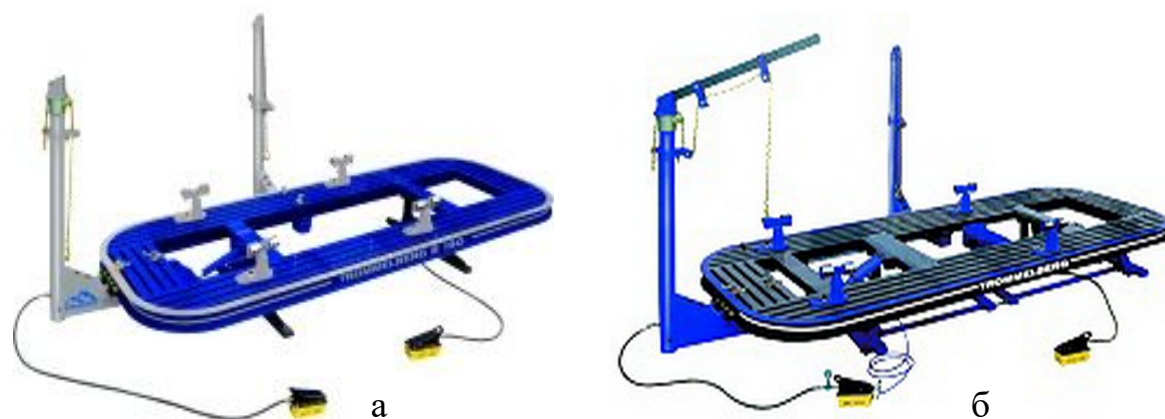
Відмінні особливості стапелів МАХІМА-800:

- швидка і проста процедура установки/зняття автомобіля на стенд;
- автомобіль подається на стенд без в'їзних трапів;
- силова башта переміщається навколо платформи в діапазоні 360°;
- рівна платформа забезпечує точність вимірювання автомобіля прямо на ній;
- універсальні захвати швидко і надійно зафіксують автомобіль;
- всю рихтувальну роботу можливо зробити за допомогою високоміцних ланцюгів і аксесуарів.

Основні технічні характеристики стендів фірми FAST і MAXIMA-800 приведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики стендів фірми 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



а – Стапель В19 G (Trommelberg); б – Стапель В22 G (Trommelberg)

Рисунок 1.21 – Платформені стапеля фірми Trommelberg

Стапеля фірми Trommelberg (рис. 1.21) застосовується для відновлення геометрії кузова автомобілів, що мають пошкодження будь-якої складності.

Платформи стапельів мають подовжні пази, що дозволяє встановлювати 4 анкерні стійки в будь-якому місці платформи. Більш того, наявність пазів дозволяє повністю використовувати поверхню платформи в процесі правки

кузова. Анкерні стійки стапелів забезпечують просту і швидку фіксацію кузова ремонтного автомобіля на платформі. Стійки кріпляться одним болтом, мають регулювання по висоті. Дві силові стійки з гідравлічним приводом і тяговим зусиллям по 10 тон вільно переміщуються навколо платформи, що робить можливим прикладенням тягового зусилля до будь-якої точки кузова автомобіля. Висота прикладання тягового зусилля легко змінюється за допомогою зміни положення хомути зі шківом. Для зручного заїзду і з'їзду автомобіля використовується гідравлічний підйомний пристрій для підйому/опускання платформи на одну сторону (односторонній підйомник). Управління підйомом і опусканням здійснюється за допомогою пневмогідравлічного насоса відомої фірми ENERPAC.

Основні технічні характеристики платформених стапелів фірми Trommelberg приведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики платформених стапелів фірми 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

1.3 Контроль точності геометричних параметрів

Метрологія (грецькою "метро" – мера, "логос" – навчання) – наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення єдності і необхідної точності вимірювань.

У сучасному суспільстві метрологія як наука і область практичної діяльності виконують велику роль. Це пов'язано з тим, що практично немає жодної сфери людської діяльності, де б не використовувалися результати вимірювання. В Україні щодня виконується понад 20 мільярдів різних вимірювань. Вимірювання є невід'ємною частиною більшості трудових процесів. Витрати на забезпечення і проведення вимірювань складають близько 20 % від загальних витрат на виробництво продукції.

Для кількісного визначення (вимірювання) того або іншого параметра, характеристики продукції, процесу, явища, тобто будь-якого об'єкту вимірювання, необхідно: вибрати параметри, характеристики, які визначають властивості об'єкту, що цікавлять нас; встановити міру достовірності з якою слід визначати вибрані параметри, встановити допуски, норми точності і так далі; вибрати методи і засоби вимірювань для досягнення необхідної точності; забезпечити готовність засобів вимірювань виконувати свої функції прив'язкою засобів вимірювань до відповідних еталонів (за допомогою періодичної перевірки, калібрування засобів вимірювань); забезпечити облік або створення необхідних умов проведення вимірювань; забезпечити обробку результатів вимірювань і оцінку характеристик похибок.

Перераховані положення є своєрідним ланцюгом, вилучення з якої-небудь ланки неминуче приводять до отримання недостовірної інформації, і, як наслідок, до значних економічних втрат і ухвалення помилкових рішень.

Можливість застосування результатів вимірювань для правильного і ефективного вирішення будь-якої вимірювальної задачі визначається наступними трьома умовами:

- результати вимірювань виражаються в узаконених одиницях;
- значення показників точності результатів вимірювань відомі з необхідною заданою достовірністю;
- значення показників точності забезпечують оптимальне відповідно до вибраних критеріїв рішення задачі, для якої ці результати призначені (результати вимірювань одержані з необхідною точністю).

Якщо результати вимірювань задовольняють першим двом умовам, то про них відомо все, що необхідно знати для ухвалення обґрунтованого рішення про можливість їх використання. Такі результати можна зіставляти, вони можуть використовуватися в різних поєднаннях, різними людьми, організаціями. В цьому випадку говорять, що забезпечена єдність вимірювань – стан вимірювань, при якому їх результати виражені в узаконених одиницях і погрішності результатів не виходять за встановлені межі із заданою вірогідністю.

Третя з перерахованих вище умов визначає вимогу до точності вживаних методів і засобів вимірювань. Недостатня точність вимірювань приводить до збільшення помилок контролю, до економічних втрат. Завищена точність вимірювань вимагає витрат на придбання дорожчих засобів вимірювань. Тому ця вимога є не тільки метрологічною, але і економічною вимогою, оскільки пов'язано з витратами і втратами при проведенні вимірювань.

Контроль точності геометричних параметрів є обов'язковою складовою частиною контролю якості і виробляється за допомогою зіставлення дійсних значень параметрів або характеристик точності зі встановленими. В процесі виробництва на підприємствах і організаціях слід виконувати вхідний, операційний і приймальний контроль точності. Контроль точності повинен забезпечувати:

- визначення із заданою вірогідністю відповідності точності геометричних параметрів вимогам нормативно-технічної, технологічної і проектної документації на об'єкти контролю;

- отримання необхідної інформації для оцінки і регулювання точності технологічних процесів.

Контролю точності підлягають:

- геометричні параметри елементів і параметри, що визначають положення орієнтирів розбивних осей і орієнтирів для установки елементів, а також положення елементів в конструкціях;

– геометричні параметри технологічного устаткування, форм і оснащення, що роблять вплив на точність виготовлення елементів і їх установки в конструкціях і вказані у відповідних технологічних документах.

Правила контролю точності встановлюють залежно від характеру об'єкту контролю і контрольованих параметрів, обсягу виробництва і стабільності технологічних процесів з урахуванням вартості і необхідної надійності контролю.

У стандартах і інших нормативно-технічних документах, що встановлюють правила контролю, повинні бути визначені:

- контрольовані параметри;
- вживаний метод контролю;
- план контролю і порядок його проведення;
- засоби контролю, правила виконання і вимоги до точності вимірювань;
- метод оцінки результатів контролю.

На підприємствах слід розробляти стандарти підприємства, карти і відомості контролю і інші технологічні документи на процеси і операції контролю, визначаючи для конкретних об'єктів контролю розміщення постів контролю по технологічному процесу, виконавців, об'єм і зміст робіт по контролю, методики і схеми вимірювань, правила збору, обробки і використання інформації про результати контролю.

Нормативно-технічні і технологічні документи, що встановлюють правила контролю точності, повинні проходити метрологічну експертизу відповідно до вимог стандартів.

1.4 Висновки за розділом

На підставі проведеного аналізу зроблені наступні висновки:

1) проаналізовано існуючі технології контролю геометричних параметрів кузовів легкових автомобілів. Розглянуті технології дозволяють на досить високому рівні відновлювати геометричні параметри кузовів, при цьому більшість з них має недостатню для сучасних вимог точність базування кузовів;

2) на основі аналізу складена узагальнена структурна схема класифікації систем правки і вимірювання параметрів кузовів.

Для досягнення мети роботи необхідно виконати наступні завдання:

– дослідити на стенді CELETE точність базування кузовів легкових автомобілів;

– провести статистичні дослідження та зробити рекомендації з використання результатів у виробництві та в навчальному процесі.

2 ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КУЗОВІВ АВТОМОБІЛІВ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

2.1 Аналіз застосування комп'ютерних систем контролю геометрії кузова

В умовах сучасного ринку, жорсткої конкуренції і постійного вдосконалення технологій на підприємствах, таких як автомобільна, гостро встає проблема швидкого і всестороннього контролю автомобіля. Більшість підприємств України діючи по-старому, використовують засоби контролю різні шаблони, щупи і контрольні пристосування, які частенько не дозволяють провести виміри в локальних зонах, вказаних на вимогу конструкторів, технологів і контролерів ВТК.

На підприємствах, де застосовуються стаціонарні контрольні-вимірювальні машини (КВМ), неможливо виконати вимірювання об'єктів, які важко пересуваються, зробити виміри в ході технологічного процесу. У зв'язку з цим одержати бажаний економічний ефект від таких дорогих вимірювальних пристосувань дуже важко. Слід зазначити, що за технологією виробництва не завжди необхідна така велика точність, яку забезпечують порталні машини. Тому багато підприємств стали виявляти велику цікавість до нових сучасних комп'ютерних вимірювальних машин, що відповідають таким вимогам, як:

- низька вартість;
- велика точність вимірювань;
- універсальність;
- висока мобільність;
- можливість автономної роботи в умовах реального виробництва;
- простота навчання персоналу і експлуатації КВМ і її програмного забезпечення.

Комп'ютерні системи вимірювання дозволяють з точністю до 2 мм встановлювати положення відповідних контролю точок кузова, передають відповідну інформацію на екран монітора і разом з даними, що характеризують

відхилення параметрів кузова від регламентованих значень, дають рекомендації по напряму витяжки при відновленні початкової форми кузова.

Дані вимірювань геометричних параметрів кузова після ремонтно-відновних робіт дозволяють об'єктивно оцінити якість відновлення – повністю перевірити відповідність заводським стандартам геометрії кузова, що зберігаються в базі комп'ютера вимірювальної системи. У базі даних міститься повна інформація про геометричні розміри автомобілів, які знаходяться в експлуатації в даний час.

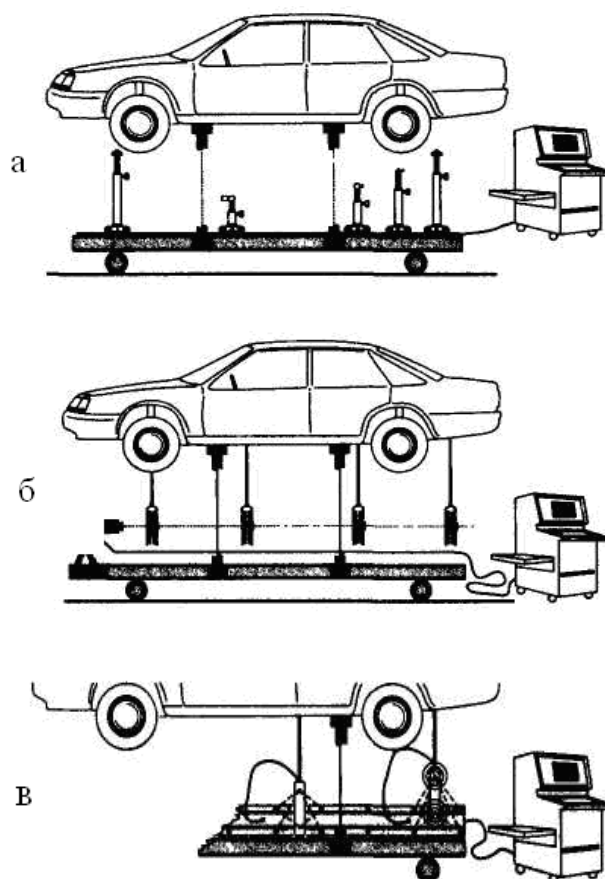
Основний «експлуатаційний» параметр, по якому розрізняють комп'ютерні системи, – принцип дії і спосіб передачі сигналу від вимірювального модуля в комп'ютерний. Вимірник може бути електронно-механічним, ультразвуковим, лазерним.

У кожному конкретному випадку можна вибрати систему для вимірювання – електронну або звичайну, механічну. Також перевагою електронної системи є можливість забезпечення постійного контролю положення одночасно декількох точок кузова.

Електронно-механічна система (рис. 2.1а) включає консоль з комп'ютером і шарнірно-важільним механізмом, що висувається, на кінці якого знаходиться вимірювальна голка. Для визначення положення контрольних точок необхідно торкнутися голкою центру контрольної точки. Вимірювання забезпечуються контролем за змінами положення шарнірів важільного механізму. Недоліки цього способу – при вимірюванні задньої і передньої частини автомобіля потрібно переміщати увесь блок.

При використанні електронної системи вимірювання параметрів кузова за допомогою ультразвука (рис. 2.1в), під основу автомобіля поміщають джерело ультразвука. Ультразвукові хвилі прямують до чутливих елементів, розташованих в контрольованих точках кузова і відображаються від них. Електронний пристрій вимірює час, який потрібен, щоб хвилі повернулися до джерела ультразвука. По цьому часу визначається відстань, яку пройшли ультразвукові хвилі, що дозволяє точно встановити положення будь-яких контрольованих точок. Велика перевага

системи – можливість постійного контролю положення відразу декількох точок кузова. Це має особливо велике значення, якщо пошкоджені частини кузова в декількох місцях сполучені з недеформованими деталями.



а – з електронно-механічною;

б – з електронно-оптичною; в – з ультразвуковою

Рисунок 2.1 – Пристрої з системами вимірювань

Принцип роботи електронно-оптичних вимірювальних систем (рис. 2.1б) схожий з роботою ультразвукових. Їх вимірювальний модуль – лазерний сканер і відбивачі, які кріпляться до контрольних точок. Фотодатчики сканера визначають кут відображеного від «мішені» променя, результати обробляються, а обчислені координати точок зіставляються з вказаними в базі даних.

Ультразвукові і електронно-оптичні системи дозволяють в процесі ремонту спостерігати за всіма змінами контрольованих точок, відстежуючи процес відновлення кузова.

В результаті проведення аналізу перевага віддається оптичним системам вимірювання (рис. 2.2), тому що, вони володіють великою універсальністю і швидкодією. Роль оптичних систем контролю різко зросла з появою персональних комп'ютерів і малогабаритних комп'ютерних телекамер. Вони дозволили повністю автоматизувати всі необхідні вимірювання і цим істотно збільшили їхню точність.



Рисунок 2.2 – Оптична система вимірювання геометричних параметрів кузова легкового автомобіля

2.2 Аналіз застосування оптичної системи контролю

Оптичні системи контролю порівняно з електронно-механічними володіють вищою швидкодією. Дані системи, як правило, реалізують два методи – тіньовий і контроль у відображеному світлі. У першому випадку вимірюються розміри тіні від предмету, в другому – вимірюються амплітудно-фазові характеристики відображеного світла, по яких визначаються параметри контрольованої поверхні.

Для контролю кузова легкового автомобіля з точністю, сумірною з довжиною хвилі світла, вдаються до використання ефекту інтерференції і дифракції світла або до застосування методів голографії. Проте реалізація даних методів вимагає складних технічних пристроїв [10].

Розглянемо метод оптичного контролю, який найбільшою мірою підходить для високоточного безконтактного виміру геометричних параметрів кузова автомобіля. При цьому йдеться тільки про ті елементи поверхні кузова, до яких доходить світлова хвиля. Принципова схема оптичного контролю геометрії кузова (рис. 2.3) включає 1 – джерело монохроматичного світла, 2 – дзеркала, 3 – лінзи, 4 – дифракційна решітка, 5 – дзеркала, що коригують, 6 – кузов легкового автомобіля, 7 – телевізійна камера (TV), 8 – плата сполучення, 9 – комп'ютер. Пристрій закритий від стороннього світла і пилу і не чутливий до вібрації. Вільний доступ забезпечений тільки до місця установки кузова. Комп'ютер за результатами виміру кузова видає у вигляді таблиць на екран і на друк відхилення в усіх перерізах поверхні.

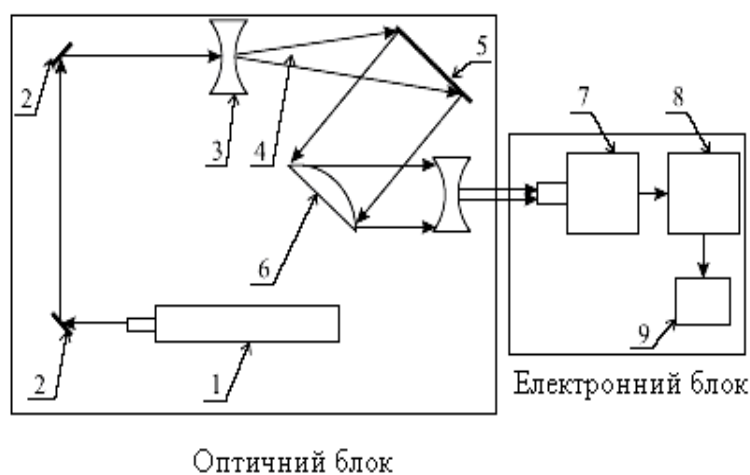


Рисунок 2.3 – Оптична система контролю

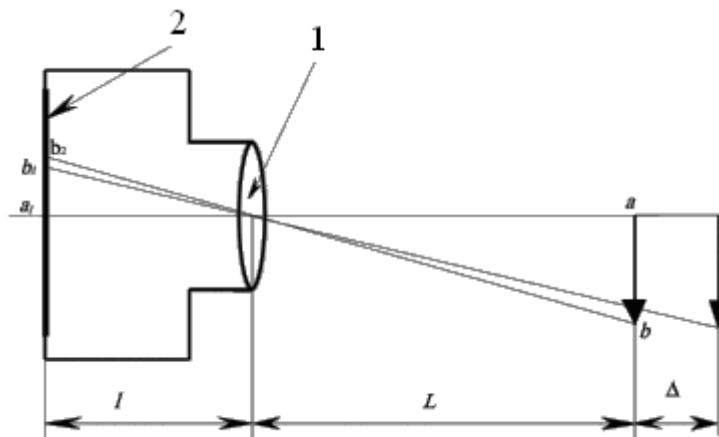
Телекамера фіксує зображення у вигляді масиву чисел, елементи якого характеризують інтенсивність світлового потоку, що потрапляє на кожен елемент

фотоматриці. Телекамера сполучена з комп'ютером, в якому здійснюється обробка одержаної інформації.

Масштабування зображень, що фіксуються на телекамері, виконується з використанням еталонної фігури. Це зводить до мінімуму впливу механічних вібрацій і дозволяє одержати потрібну швидкодію. Окрім телекамери, система контролю (рис. 2.3) включає джерело освітлення, яке кріпиться на жорсткій базі так, щоб світло від нього потрапляло на контрольовану поверхню кузова.

2.3 Фізичні і математичні основи оптичних систем контролю.

Розглянемо випадок, коли виконується контроль геометричних розмірів на площині, що розташовується перпендикулярно до оптичної осі телекамери (рис. 2.4).



1 – площина з контрольованим об'єктом; 2 – об'єктив телекамери

Рисунок 2.4 – Контроль геометричних розмірів на площині що розташовується перпендикулярно до оптичної осі телекамери

Зображення, зафіксоване телекамерою, записується в пам'ять комп'ютера як двовимірний масив координат точок аналізованої поверхні в пікселях.

При визначенні відстані між точками на площині (рис. 2.4) спочатку визначається масштаб m_0 – кількість одиниць довжини, що доводяться на один піксель. Розглянемо еталонний відрізок ab довжиною A (мм), розташований на відстані L від оптичного центру об'єктиву. На фотоматриці телекамери цьому відрізку відповідає відрізок a_1b_1 довжиною B_1 , виміряний в пікселях. Масштаб визначається відношенням

$$m_0 = \frac{A}{B_1}, \quad (2.1)$$

де m_0 – масштаб, кількість одиниць довжини, що доводяться на один піксель;

A – довжина еталонного відрізка ab ;

B_1 – довжина відрізка a_1b_1 .

Якщо відрізок ab змістити на відстань Δ уздовж оптичної осі a_1a , то згідно з правилом подібності отримаємо

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{L}{A} = \frac{1}{B_1} \\ \frac{L+\Delta}{A} = \frac{1}{B_2} \end{array} \right., \quad (2.2)$$

де L – відстань між відрізком ab і оптичним центром об'єктиву;

Δ – відстань уздовж оптичної осі a_1a ;

B_1 – довжина відрізка b_1b_2 .

Поділивши ліві і праві частини отриманої рівності один на одного, отримаємо

$$\frac{L}{L+\Delta} = \frac{B_2}{B_1}. \quad (2.3)$$

А взаємозв'язок між масштабами при паралельному перенесенні об'єкту контролю на відстань визначається залежністю

$$m_1 = m_0 \frac{L + \Delta}{L} = m_0 + m_0 \frac{\Delta}{L}. \quad (2.4)$$

Для визначення геометричних параметрів аналізованої поверхні кузова використовуються дифракційні решітка (поз. 4, рис. 2.3), яка представляє прозору пластину з нанесеними на ній темними смугами (рис. 2.5).

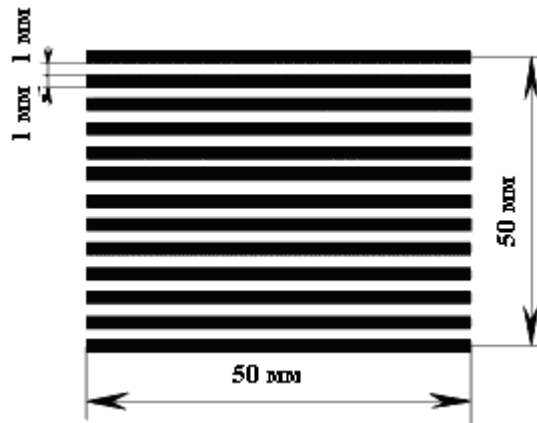


Рисунок 2.5 – Дифракційна решітка

За допомогою дифракційної решітки можна одержати повну (безперервну) інформацію про контрольовану поверхню кузова, потрапляючої у поле зору фотоматриці. Точність вимірювання лімітується частотою смуг еталлонної решітки, яка не повинна перевищувати п'яти пікселів фотоматриці, при цьому проміжні значення, що описують контрольовану поверхню кузова, набувають аналітично.

Тепер, коли зрозуміла загальна схема, пов'язана з фіксацією зображення в телекамері і масштабуванням розмірів контрольованих точок кузова легкового автомобіля, розглянемо завдання визначення меж кузова легкового автомобіля по перепадах інтенсивності світла, що потрапляє на кожен піксель фотоматриці.

Основною ознакою межі зображення є перепад інтенсивності освітлення в напрямі, перпендикулярному лінії, що визначає межу. Через наявність мікронерівностей на поверхні, а також дифракцію світла, межа завжди буде розмита. Розподіл інтенсивності світла $I(n)$ в напрямі, перпендикулярному межі в точці n_0 має вигляд, представлений на рисунку (рис. 2.6а). Пунктиром позначений перепад інтенсивності в ідеальному випадку.

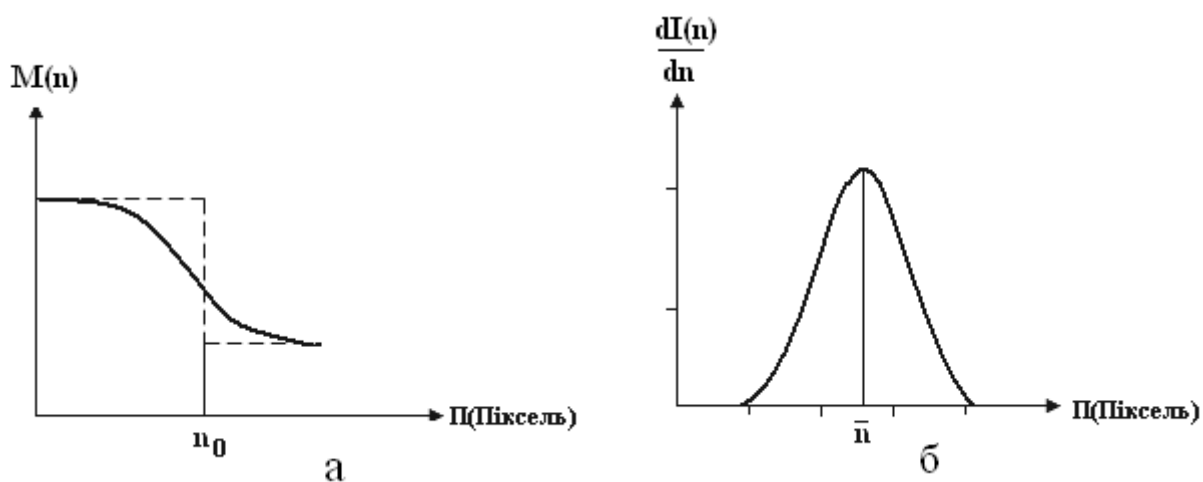
Похідна по переміщенню n від інтенсивності світла $I(n)$ на межі (у точці n_0) апроксимується кривій Гауса (рис. 2.6б)

$$\frac{dI(n)}{dn} = A \cdot e^{-\frac{(n-n_0)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.5)$$

де A – константа, що характеризує максимальне значення перепаду інтенсивності відбитого світла;

σ – середньоквадратичний розподіл перепаду інтенсивності відбитого світла на межі;

n_0 – координати межі.



а – перпендикулярному межі в точці n_0 ; б – на межі (у точці n_0)

Рисунок 2.6 – Розподіл інтенсивності світла $I(n)$ в напрямі:

Для отримання розподілу інтенсивності $I(n)$, залежної від координат контрольованого кузова, необхідно кількість пікселів n помножити на масштаб m_0 . В цьому випадку матимемо розподіл інтенсивності світла, що потрапляє від контрольованого кузова легкового автомобіля, в координатах, представлених в системі координат фотоматриці телекамери. Слід зазначити, що ці координати змінюватимуться з дискретністю, рівною масштабу m_0 , тому вимір відстаней в цьому випадку здійснюватиметься з погрішністю, рівною масштабу, що неприпустимо для контролю геометричних розмірів складних поверхонь.

Точність визначення меж може бути значно підвищена, якщо інтенсивність відбитого сигналу $I(r)$ апроксимувати функцією, залежною від безперервних координат r . При цьому координати, що відповідають максимальному значенню перепаду інтенсивності, визначаються диференціюванням безперервної функції $I(r)$ з вищою точністю, ніж в дискретному випадку.

Розглянемо рішення цієї задачі для двовимірного випадку. Перепад інтенсивності на площині характеризується модулем градієнта функції $I(x, y)$ від двох змінних x, y

$$|\text{grad}(I(x,y))| = \sqrt{\left(\frac{dI(x,y)}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dI(x,y)}{dy}\right)^2}, \quad (2.6)$$

де змінні x і y представляють лінійні величини в двох взаємно перпендикулярних напрямках і вимірювані в одиницях довжини.

Визначення координат межі здійснюється в наступній послідовності:

- сканується зображення контрольованого кузова легкового автомобіля. На основі цього будується матриця координат опорних точок поверхні і значень модуля градієнта функції інтенсивності в цих точках.

- по отриманій матриці будуються безперервні функції розподілу вірогідності для модуля градієнтів інтенсивності світлового сигналу. Функції розподілу вірогідності будуються уздовж межі зображення кузова так, щоб здійснювався перетин з цією межею.

– визначаються значення координат, що відповідають максимальному значенню функції розподілу. Ці координати і беруться за координати опорних точок межі.

– через опорні точки межі проводиться безперервна лінія, яка може бути апроксимована аналітичним вираженням .

Сканування зображення здійснюється послідовним аналізом інтенсивності світлового випромінювання, що потрапляє на квадрат розмірами 2x2 пікселі (рис. 2.7).

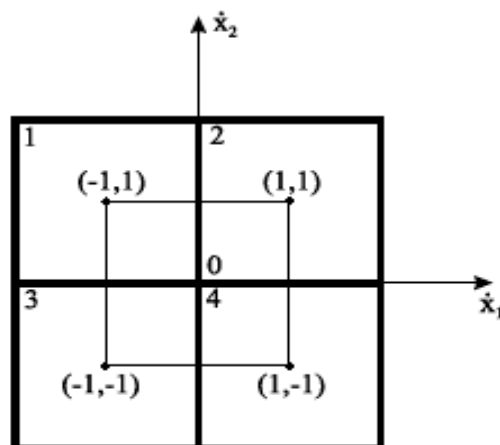


Рисунок 2.7 – Сканування зображення послідовним аналізом інтенсивності світлового випромінювання

Визначається модуль градієнта інтенсивності світлового випромінювання для квадрата з чотирьох пікселів і координати центру цього квадрата. Для цього апроксимуємо функцію інтенсивності $I(x, y)$ в області розмірами 2x2 пікселі (рис. 2.6) многочленом другої міри від безрозмірних величин x і y

$$I(\bar{x}, \bar{y}) = b_0 + b_1 \bar{x} + b_2 \bar{y} + b_3 \bar{x} \bar{y}, \quad (2.7)$$

де

$$\begin{cases} \bar{x}_i = \frac{x_{0i} - x_i}{\Delta} \\ \bar{y}_i = \frac{y_{0i} - y_i}{\Delta} \end{cases} \quad (2.8)$$

Безрозмірні величини, визначувані поточними координатами центру (точка 0), $- r_{0i}[x_{0i}, y_{0i}]$ і обчислювані в системі координат фотоматриці $(X, Y)_M$; $\Delta_{x_i} = \Delta_{y_i} = \Delta$ – половина розміру пікселя в мм.

Представлення інтенсивності як функції від безрозмірних змінних дозволяє не враховувати масштаб при її перетворенні. Центри чотирьох вибраних пікселів (рис. 2.7) мають відносні безрозмірні координати: для першого пікселя (- 1,1), для другого (1,1), для третього (- 1,-1) і для четвертого (1,-1)

$$\begin{cases} \left. \frac{dI(\bar{x}, \bar{y})}{d\bar{x}} \right|_{roi} = b_1 \\ \left. \frac{dI(\bar{x}, \bar{y})}{d\bar{y}} \right|_{roi} = b_2 \end{cases}, \quad (2.9)$$

де b_1 і b_2 – коефіцієнти апроксимуючого полінома.

Значення приватних похідних першого порядку від $I(\bar{x}, \bar{y})$ по змінних (\bar{x}, \bar{y}) в центрі області 2×2 пікселя (точка 0) дорівнюють коефіцієнтам b_1 і b_2 апроксимуючого полінома (2.7).

Для побудови полінома (2.7) вимагається визначити значення коефіцієнтів b_0, b_1, b_2, b_3 в межах даної області 2×2 пікселі. Представимо (2.7) системою з чотирьох рівнянь в матричній формі

$$MB=I, \quad (2.10)$$

де

$$M = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}.$$

Матриця значень базисних функцій в точках виміру функції інтенсивності світла; базисні функції в поліномі (2.7) – це вектор $R = |1, \bar{x}, \bar{y}, \bar{x}\bar{y}|^T$; $B = ||b_0, b_1, b_2, b_3|^T$ – визначуваний вектор коефіцієнтів полінома; $I = ||I_1, I_2, I_3, I_4|^T$ – вектор значень інтенсивності світла в кожному пікселі [11].

При множенні (2.8) на матрицю M^{-1} отримаємо:

$$B = M^{-1}I. \quad (2.11)$$

Невідомі елементи вектору $B = ||b_0, b_1, b_2, b_3|^T$ обчислюються з (2.9) через відомі значення інтенсивності I_i для кожного i -го пікселя

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^4 I_i}{4}, \quad (2.12)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^4 \bar{x}_i I_i}{4}, \quad (2.13)$$

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^4 \bar{y}_i I_i}{4}, \quad (2.14)$$

$$b_3 = \frac{\sum_{i=1}^4 \bar{x}_i \bar{y}_i I_i}{4}. \quad (2.15)$$

Скануючи зображення, що сприймається усією поверхнею фотоматриці, квадратами 2x2 пікселі з кроком, рівним одному пікселю, можна визначити значення модуля градієнта функції $I(\bar{x}, \bar{y})$ для кожного квадрата

$$|\text{grad}(I(x,y))| = \sqrt{b_1^2 + b_2^2}. \quad (2.16)$$

Послідовне сканування зображення контрольованого кузова легкового автомобіля дозволяє отримати матрицю координат і значення модуля градієнта інтенсивності відбитого світла для опорних точок контрольованої поверхні фотоматриці. Абсолютні значення координат центру квадратів 2x2 пікселі обчислюються по їх відомих безрозмірних значеннях

$$\begin{cases} x_{oi} = \Delta \bar{x}_i + x_i \\ x_{oi} = \Delta \bar{y}_i + y_i \end{cases}. \quad (2.17)$$

Другим етапом аналізу зображення є обробка отриманої матриці розподілу модуля градієнтів функції інтенсивності світла і побудова функції розподілу вірогідності для модулів градієнтів в областях, близьких до межі об'єкту. Функції розподілу вірогідності будуються при зміні безперервних координат так, щоб здійснювався їх перетин з визначуваною межею зображення об'єкту. Найчастіше розподіл вірогідності модуля градієнта функції інтенсивності $I(x,y)$ будується у напрямі однієї з координат при постійному значенні іншої.

При аналізі функції розподілу вірогідності для модуля градієнта інтенсивності світла вимагається визначити математичне очікування координат,

що відповідають опорним точкам межі. Математичне очікування однієї з координат межі обчислюється при постійному значенні інший як сума добутків цієї координати в i -й точці на щільність розподілу інтенсивності в цій точці

$$m(x) = \sum_{i=1}^n x_i p_x, \quad \text{де } p_x = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad \text{при } y = \text{const}, \quad (2.18)$$

$$m(y) = \sum_{i=1}^m y_i p_y, \quad \text{де } p_y = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^m G_i} \quad \text{при } x = \text{const}, \quad (2.19)$$

де p_x, p_y – щільність розподілу вірогідності модуля градієнта інтенсивності світла відповідно у напрямі осей X і Y фотоматриці;

n і m – кількість точок відповідно у напрямі осей X і Y ;

G_i – значення модуля градієнта інтенсивності світла, що потрапляє на фотоматрицю телекамери в межах 2×2 пікселя.

Після визначення координат опорних точок межі через них проводиться безперервна крива, яка може бути апроксимована безперервними аналітичними функціями або поліномами.

2.4 Контроль виробів складної форми у складі технологічних систем.

У складі технологічного комплексу оптична система може бути застосована для контролю геометричних розмірів поверхні, визначення меж контура кузова. Передусім, для визначення геометричних параметрів аналізованої поверхні і їх погрішностей введемо основні координатні системи, відносно яких здійснюється перетворення оптичного зображення.

Основною координатною системою, відносно якої визначаються геометричні параметри поверхні і її погрішності, є система координат деталі

$(XYZ)_o$. Для пера лопаток турбінних двигунів вісь Z_o спрямована уздовж осі лопатки, вісь X_o – по "ширині" поверхні пера лопатки і вісь Y_o утворює праву систему координат і спрямована по "товщині" пера. При цьому опуклу частину поверхні пера зазвичай називають "спинкою", а у увігнуту "коритом".

На площину Z_oOX_o під кутом до цієї площини падає паралельний пучок світла, що проходить через дифракційну решітку (рис. 2.5) у напрямі стрілки В (рис. 2.8).

Завдяки цьому на площині Z_dOX_d утворюється сітка з паралельних ліній "зобра". Ці лінії паралельні між собою, а також виходячи з конструктивного розташування дифракційної решітки (рис. 2.9), залишаються паралельними осі OX_o .

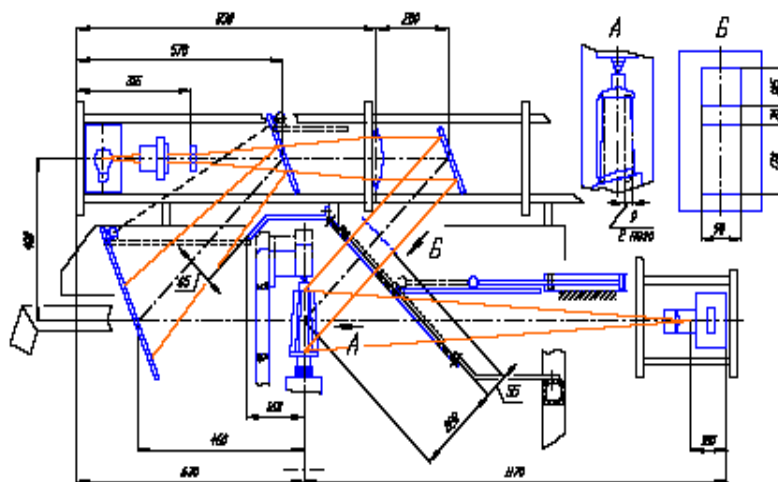


Рисунок 2.8 – Конструкція оптичної системи у складі робота-верстата

Рівняння площин паралельних пучків світла, що проходять через дифракційну решітку і утворюють паралельні лінії ("зобра") на площині Z_oOX_o можна представити у виді

$$y \cos(\alpha) - z \sin(\alpha) + c_i \sin(\alpha) = 0, \quad (2.20)$$

де c_i – координата z для кожного променя, розташованого в координатній площині Z_0OY_0 .

У площині, паралельній Z_0OX_0 , на відстані OD (для тієї, що розглядається на (рис. 2.8) системи ця відстань рівна $OD = 1120$ мм) розташовується фотоматриця, на яку проектується зображення "зебри".

Промені, відбиті від поверхні, через оптичну систему з фокусною відстанню f потрапляють на фотоматрицю. В цьому випадку приймається, що кожен промінь, відбитий від поверхні, проходить через фокус (точку F) з координатами $(0, y_f, z_f)$, що задаються в системі координат $(XYZ)_0$. Для забезпечення симетричності перетворень приймається, що фокус розташовується в площині Z_0OY_0 .

Паралельність площини розташування фотоматриці і площини Z_0OX_0 повинна створюватися спеціальним налаштуванням, що забезпечує симетричність зображення на фотоматриці точок, симетрично розташованих в площині Z_0OX_0 , відносно перпендикуляра, опущеного з точки F на площину Z_0OX_0 .

Розглянемо складну поверхню, що розташовується так, щоб відбиті від неї промені повністю потрапляли в телекамеру. Паралельні промені, що проходять через світлі лінії дифракційної решітки, утворюють плоскі перерізи, що розтинають поверхню і лінії, що утворюють, що проектується на фотоматрицю (рис. 2.9).

Оптична система дозволяє визначати координати точок поверхні в системі координат $(XYZ)_0$. Відбиті від аналізованої поверхні лінії "зебри" на площині фотоматриці утворюють спотворені лінії "зебри". В даному випадку розглядаються безперервні координати ліній в площині фотоматриці, що отримуються вже після обробки меж зон світлих і темних смуг і їх апроксимації відповідно до методики, викладеної вище. Координати точок на фотоматриці задаються в системі координат $(XYZ)_0$.

По координатах точок ліній "зебри", визначуваних в площині $Z_\phi OX_\phi$, визначаються координати точок цих ліній на аналізованій поверхні (рис. 2.9) в системі $(XYZ)_0$. Розглянемо методику визначення координат для однієї з точок

лінії поверхні, наприклад, точки A (рис. 2.9), утвореної перетином площини паралельних променів з поверхнею, по координатах цієї точки (т. A^*) на фотоматриці – $A^*(x_A^*, y_A^*, z_A^*)$.

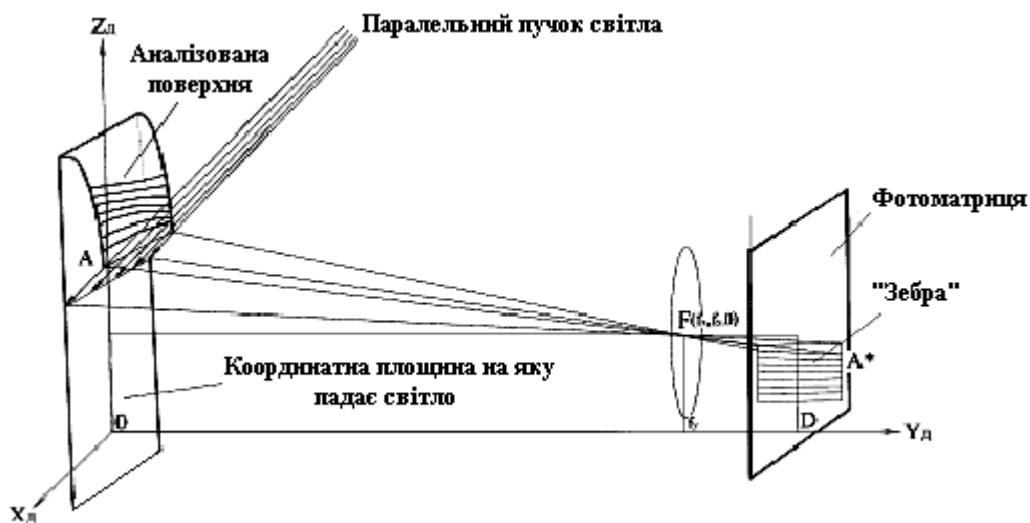


Рисунок 2.9 – Віддзеркалення променів від складної поверхні

Якщо ці координати відомі, то рівняння прямої, що проходить через дві точки F і A^* в системі координат $(XYZ)_D$ приймає вид

$$\frac{(x - xf)}{(x_A^* - xf)} = \frac{(y - yf)}{(y_A^* - yf)} = \frac{(z - zf)}{(z_A^* - zf)}. \quad (2.21)$$

Координати точки A поверхні, що відповідають її координатам на площині фотоматриці, виходять перетином прямої (2.18) з відповідною площиною паралельних променів (2.17). Спільне рішення системи рівнянь, отриманої з (2.17) і (2.18)

$$\begin{cases} y \cos \alpha - z \sin \alpha + c_i \sin \alpha = 0 \\ (z_A^* - zf)(y - yf) = (y_A^* - yf)(z - zf), \\ (y_A^* - yf)(x - xf) = (x_A^* - xf)(y - yf) \end{cases} \quad (2.22)$$

відносно x , y і z дозволяє визначити координати т. А поверхні. З урахуванням того, що $y_A^* = OD$ і $x_f = 0$, отримаємо

$$\begin{cases} x_A = \frac{x^* A (D + (zf + c_i) \operatorname{tg} \alpha)}{(z^* A - zf) \operatorname{tg} \alpha - (y^* A - D)} \\ y_A = \frac{(z^* A - zf) D - (y^* A - D)(zf + c_i)}{(z^* A - zf) \operatorname{tg} \alpha - (y^* A - D)} \operatorname{tg} \alpha. \\ z_A = \frac{(z^* A - zf)(D + c_i \operatorname{tg} \alpha) - zf(y^* A - D)}{(z^* A - zf) \operatorname{tg} \alpha - (y^* A - D)} \end{cases} \quad (2.23)$$

Аналогічно можуть бути вчислені координати усіх точок ліній "зебри" на аналізованій поверхні по їх координатах в площині розташування фотоматриці.

2.5. Висновки за розділом

Таким чином, стає зрозуміло що застосування комп'ютерних систем контролю геометрії кузова з використанням оптичних систем базування є перспективним, тому що, серед всіх відомих методів вимірів оптичні виміри відносяться до найбільш точних.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма та методика проведення експериментальних досліджень

Програма проведення робіт з виміру геометрії кузова з високою точністю полягає в наступному:

- замір площини симетрії автомобіля;
- контроль симетрії (стосовно цієї площини) визначених технічною документацією на відновлення кузова автомобіля контрольних точок;
- розрахування відстані між визначеними точками.

При вивченні технічної документації на автомобіль проводиться ознайомлення з його конструкцією, структурною схемою і вузлів і агрегатів. А також ознайомлення з пропонованою заводом-виробником системою відновлення геометрії кузова.

Операції з відновлення геометрії кузова виконуються кожним виконавцем в послідовності, що рекомендується заводом-виробником. Цей порядок повинен виключати дублювання операцій, найменшу кількість переходів і укрупнення операцій за принципом комплексного підходу, поєднання операцій за часом для різних виконавців в цілях скорочення загальної тривалості їх проведення. Роботи виконуються майстром-налагоджувачем 1-го чи 2-го класу із залученням, при необхідності, слюсаря або електрика. Персонал повинен бути добре навчений, заздалегідь ознайомлений технологією відновлення кузова автомобіля.

3.2 Статистичний аналіз точності встановлення кузова автомобіля на стенд CELETE

На підставі початкової статистичної інформації (табл. 3.1) будемо статистичний ряд напрацювань на відмову. З отриманих результатів спостережень формований інтервальний статистичний ряд заноситься в таблицю 3.2.

Кількість інтервалів n ряду напрацювань визначені по формулі

$$n = \sqrt{N}, \quad (3.1)$$

де $N = 57$ – кількість значень напрацювань на відмову.

Отримаємо

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

Величина інтервалу A рівна

$$A = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{n}. \quad (3.2)$$

Отримаємо

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

Для подальших розрахунків приймаємо $A = 0,25$ мм.

Визначимо середнє напрацювання на відмову \bar{t} і середнє квадратичне відхилення, використовуючи дані таблиці 3.2

Таблиця 3.1 – Точність базування кузовів автомобілів на стенді фірми CELETE

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

Продовження таблиці 3.1

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 3.2 – Формований інтервальний статистичний ряд

Інтервал відхилень базування A , мм	Кількість випадків m_i	Дослідна вірогідність P_i	$\sum P_i$	Середина інтервалу 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

У кожен теоретичний розподіл (у диференціальну або інтегральну функцію) входять декілька величин, званих параметрами (математичне очікування, дисперсія і інші).

Оскільки ці величини невідомі, визначити їх можна шляхом емпіричного розподілу, підставивши у функцію щільність замість теоретичних емпіричні значення. Потім слід розрахувати вірогідність середин всіх інтервалів. Набуті теоретичні значення частот випадкової величини можуть бути представлені у вигляді вирівняної кривої.

Середнє значення напрацювання на відмову визначаємо по формулі

$$\bar{t}_i = \frac{\sum m_i t_i}{\sum m_i}. \quad (3.3)$$

Отримаємо

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

Середнє квадратичне відхилення визначаємо по формулі

$$\sigma^2 = a^2 - \bar{t}^2, \quad (3.4)$$

де

$$a^2 = \frac{\sum m_i (t_{ic})^2}{\sum m_i}. \quad (3.5)$$

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

По залежності (3.5) отримаємо середнє квадратичне відхилення $\sigma = 0,45$ мм.
Визначаємо величину коефіцієнта варіації по залежності

$$\vartheta = \frac{\sigma}{t}. \quad (3.8)$$

Отримаємо

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

Із теорії надійності відомо декілька десятків розподілів, за допомогою яких можливо описати отримані експериментальні дані по відмовах: нормальний, логарифмічно нормальний, експоненціальний, Вейбула-Гнеденко, дифузійно-монотонний і дифузійно-немонотонний, рівномірний, геометричний, біноміальний, поліноміальний, Пуасона, Релея та інші [12-16]. Вибір моделі відмов проводять на основі аналізу статистичних даних вимірів. Проте не менш важливими є інші вимоги: облік фізичної природи дослідних даних; адекватність, тобто здатність достатньо точно описувати різні форми розподілів з будь-якими реальними значеннями коефіцієнта варіації; універсальність, яка полягає в різноманітті вирішуваних задач; практична придатність, яка включає простоту аналітичних виразів для всіх необхідних характеристик розподілів і оцінки їх параметрів, а також зручність їх застосування при вирішенні конкретних задач. Останні вимоги відповідають розподілам, які мають меншу кількість параметрів, а також таким, функції яких представлені широко відомими табульованими функціями.

Аналіз літературних джерел і практика застосування розподілів при дослідженні надійності засобів транспорту показали, що найбільш поширеним є застосування нормального розподілу, розподілу Вейбула і експоненційного [13].

Розглянемо вирівнювання емпіричного розподілу за законом нормального розподілу. Для цього складемо таблицю 3.3.

Відповідно до знайдених значень t , визначимо функцію щільності розподілу $f(t)$ [17]. Вірогідність кожного інтервалу поміщена в його середині

$P_t = \left(\frac{\Delta t}{\sigma}\right) \cdot f(t)$. Помножуючи $P(t_i)$ на N , отримаємо m_{ti} – значення теоретичних частот кривої, вирівняної за законом нормального розподілу.

Після вирівнювання емпіричної кривої перевіримо її відповідність обраному теоретичному закону розподілу. Оскільки є достатній спостережень ($N > 50$) [13], скористаємося критерієм згоди Пірсона. Для цього складемо таблицю 3.4. Частоти (кількість вимірів у діапазоні), значення яких менше 5, об'єднуємо.

Величина критерію згоди Пірсона $\chi^2 = 6,9831$, число ступенів свободи $k = n_1 - r - 1 = 6 - 2 - 1 = 3$, де n_1 – кількість інтервалів, r – число параметрів теоретичної функції розподілу. При цьому з таблиці визначений $P_k(\chi) = 0$ [17]. Оскільки набуте значення вірогідності згоди перевищує прийнятий рівень значущості $P_k(\chi^2) = 0,1$ [18], гіпотеза про нормальний розподіл приймається. Графік функції приведений на рисунку 3.1.

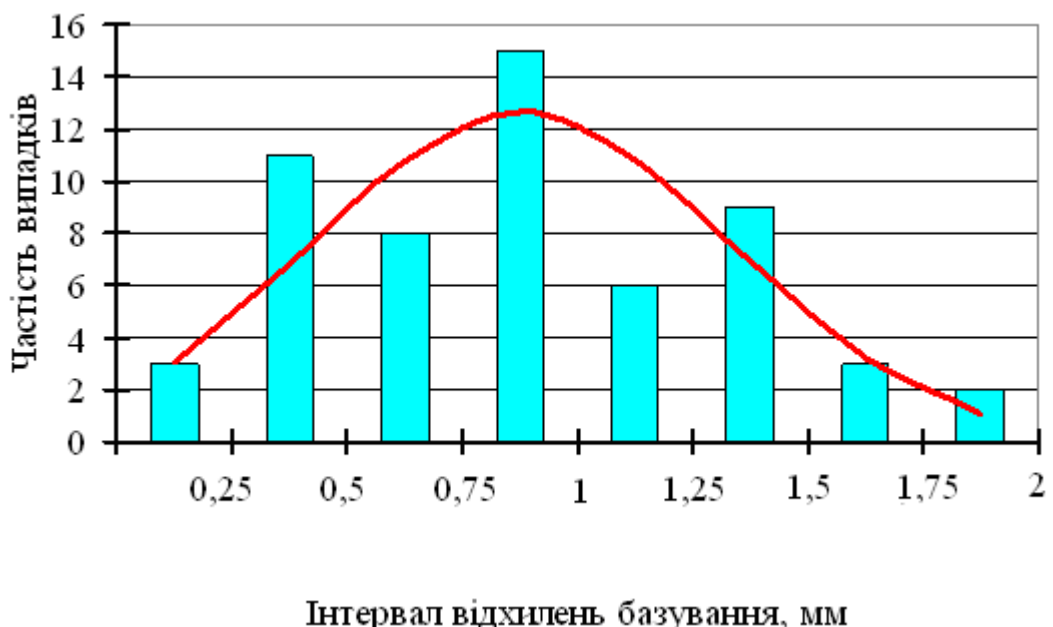


Рисунок 3.1 – Перевірка відповідності емпіричних даних нормальному закону розподілу

В результаті аналізу й статистичних розрахунків наявної інформації про точність установки кузовів на стапелі визначено, що при розподілі похибок від 0 мм до 2 мм найбільша кількість отримана в діапазоні від 0,5 мм до 1,5 мм. Застосування оптичної системи контролю на цьому стенді дозволяє знизити діапазон помилок до 1,25 мм. Застосування комп'ютерної системи з одночасним використанням оптичної дозволяє:

- знизити діапазон помилок до 0,75 мм (рис. 3.2);
- знизити трудомісткість контролю геометрії кузова;
- знизити вимоги до кваліфікації робочого персоналу.

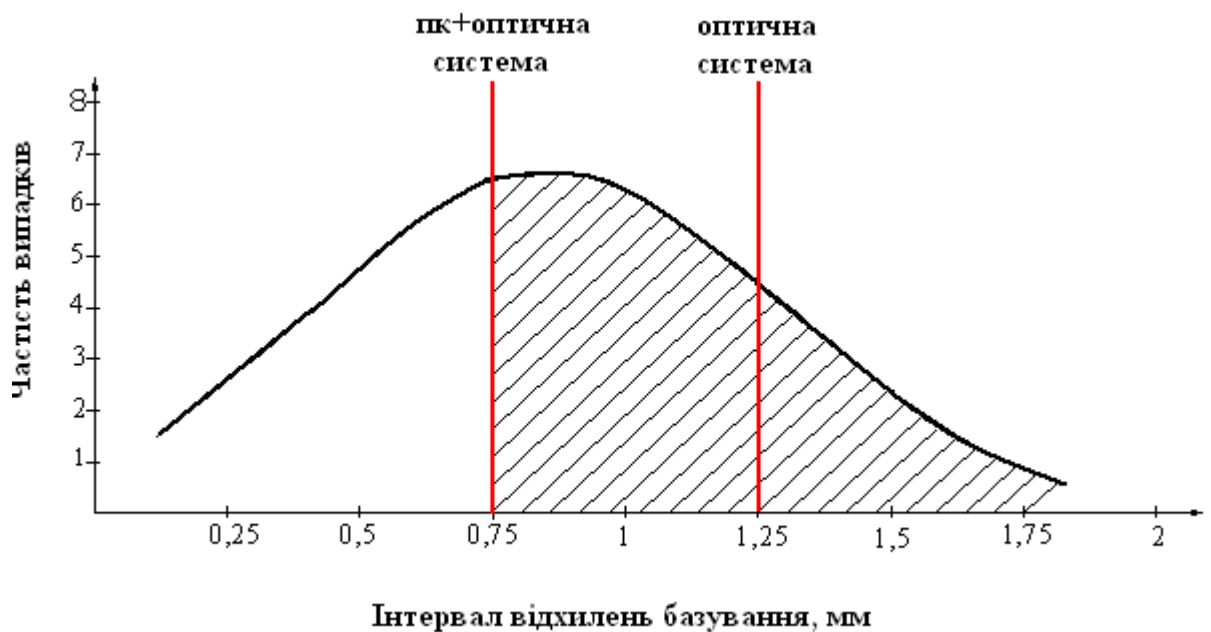


Рисунок 3.2 – Зменшення похибки вимірювання геометрії кузовів легкових автомобілів з використанням комп'ютерної та оптичної систем

Таблиця 3.3 – Розрахунок вирівнювання емпіричного розподілу

Середина інтервалу t_{ic}	Кількість випадків m_i	$t_i - \bar{t}$	$t = \frac{t_i - \bar{t}}{\sigma}$	Функція щільності розподілу	Вірогідність інтервалів $P_t = \left(\frac{\Delta t}{\sigma}\right) \cdot f(t)$	Теоретична 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

Таблиця 3.4 – Зведені дані для визначення вірогідності згоди при чинності закону нормального розподілу

Кількість випадків m_i		Теоретична частота m_{ti}	$m_i - m_{ti}$	$(m_i - m_{ti})^2$	$\frac{(m_i - m_{ti})^2}{m_{ti}}$
3	14	9,8294	4,1706	17,3939	1,2424
11					
8	8	10,7382	-2,7382	7,4977	0,9372
15	15	12,6318	2,3682	5,6084	0,3739
6	6	10,7983	-4,7983	23,0237	3,8373
9	9	6,9002	2,0998	4,4092	0,4899
3	5	4,2845	0,7155	0,5119	0,1024
2					
57					6,9831

3.3 Висновки за розділом.

В результаті аналізу й статистичних розрахунків наявної інформації про точність установки кузовів на стапелі визначено, що при розподілі похибок від 0 мм до 2 мм найбільша кількість отримана в діапазоні від 0,5 мм до 1,5 мм. Застосування оптичної системи контролю на цьому стенді дозволяє знизити діапазон помилок до 1,25 мм. Застосування комп'ютерної системи з одночасним використанням оптичної дозволяє:

- знизити діапазон помилок до 0,75 мм
- знизити трудомісткість контролю геометрії кузова;
- знизити вимоги до кваліфікації робочого персоналу

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано існуючі технології контролю геометричних параметрів кузовів легкових автомобілів. Ці технології дозволяють на досить високому рівні відновлювати геометричні параметри кузовів, при цьому більшість з них має недостатню для сучасних вимог точність базування кузовів.

2. На основі аналізу складена узагальнена структурна схема класифікації систем правки і вимірювання параметрів кузовів. Обґрунтовано, що найперспективнішим є застосування комп'ютерних систем контролю геометрії кузова з використанням оптичних систем базування, тому що, серед всіх відомих методів вимірів оптичні виміри відносяться до найбільш точних.

3. На основі даних з реальної експлуатації проведено статистичні дослідження точності базування кузовів на стенді фірми CELETE.

Встановлено, що при базуванні похибка положення граничних точок лежить у діапазоні від 0 мм до 2 мм, найбільша кількість отримана в діапазоні від 0,5 мм до 1,5 мм.

4. Застосування оптичної системи контролю на стенді дозволяє знизити діапазон помилок до 1,25 мм.

Застосування комп'ютерної системи з одночасним використанням оптичної дозволяє знизити діапазон помилок до 0,75 мм, трудомісткість контролю геометрії кузова, вимоги до кваліфікації робочого персоналу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. А. Ф. Синельников. Основы технологии производства и ремонт автомобилей: учебное пособие по специальности «Автомобиль и автомобильное хозяйство» / - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2013. 319 с.
2. В. П. Иванов, В. К. Ярошевич, А. С. Савич. Ремонт автомобилей: Учебное пособие. — Минск: Выш. шк., 2009. — 383 с.
3. Савич Е.Л., М.М. Болбас, А.С. Сай; под ред. Е.Л. Савича Организация сервисного обслуживания легковых автомобилей: учебное пособие /— Минск: Новое знание, 2012. – 160 с.
4. Кузьмин Н.А., Песков В.И. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учебное пособие для вузов. – Москва: Форум, 2013 – 255 с.
5. Наумов А.В. Ремонт и восстановление кузовов легковых автомобилей: учеб. пособие [для проф. учеб. зав] / А.В. Наумов, В.В. Вольберг, Е.Ю. Кнауэр. – М.: Высш. шк., 1996. – 224 с.
6. Синельников А.Ф. Кузова легковых автомобилей / А.Ф.Синельников, Ю.Л. Штоль, С.А. Скрипников. – М.: Транспорт, 1996. – 256 с.
7. Гордиенко В.Н. Ремонт кузовов отечественных легковых автомобилей / В.Н. Гордиенко. – М.: ООН "Атлас-пресс", 2006. – 256 с.
8. Дамшен К. Ремонт автомобильных кузовов / К. Дамшен. – М.: ООО "За рулем", 2007. – 240 с.
9. Ильин М.С. Кузовные работы. Рихтовка, сварка, покраска, антикоррозийная обработка / М. С. Ильин. – М.: Современная школа, 2009. – 480 с.
10. Оптические измерения / [Андреев А, Гаврилов Е, Ишанин Г, и др.] – М.: Логос, 2009 – 354 с.
11. Кирилловский В.К. Оптические измерения: учеб. пособие [для студ. высш. учеб. зав.] – Санкт-Петербург: Лань, 2006. – 304 с.

12. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. [Чинний від 1995-01-25]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1995. 124 с.
13. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля надежности / Я.Б. Шор. – М.: Сов. радио, 1962. – 552 с.
14. Козлов Б.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и светотехники / Б.А. Козлов, И.А. Ушаков. – М.: Сов. Радио, 1975. – 472 с.
15. Шор Я.Б. Таблицы для анализа и контроля надежности / Я.Б. Шор, Ф.И. Кузьмин. – М.: Сов. радио, 1968. – 228 с.
16. ГОСТ 11.008-75. Прикладная статистика. Правила построения и применения вероятностных сеток. [Чинний від 1976-07-01]. Москва.: Изд-во стандартов, 1977. 35 с.
17. Новиков В.А. Оценка комплексных показателей надежности тракторов / В.А. Новиков // Техника в сельском хозяйстве, 1991. – № 1 – с. 51–52.
18. Савич Е.Л., Ивашко В. С., Савич А.С. Ремонт кузовов легковых автомобилей: учебное пособие; под общей редакцией Е.Л. Савича. – Минск, 2012. – 320 с.

ДОДАТОК А
ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Механічний факультет

Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ
бакалавра

Аналіз застосування сучасних вимірювальних технологій в автомобільній галузі

Завідувач кафедри, д-р техн. наук, проф.

О. В. Полярус

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц.

О. С. Букреєва

Керівник, канд. техн. наук, доц.

Н. В. Діденко

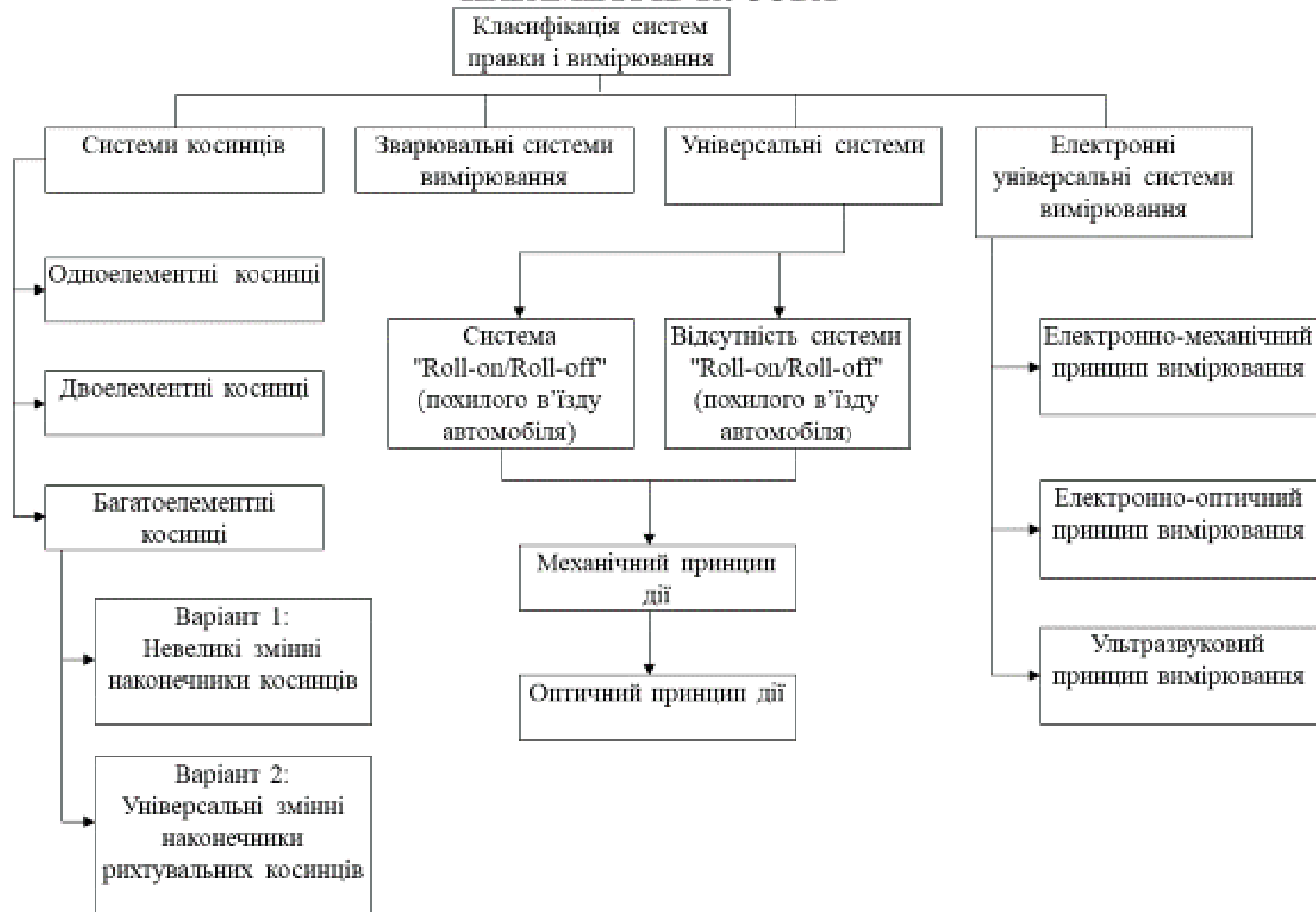
Студент гр. ММ-41-16

О.Г. Василевський

Харків-2020

- **Мета роботи:** проаналізувати застосування сучасних вимірювальних технологій в автомобільній галузі.
- **Предмет дослідження:** застосування комп'ютерних систем контролю геометрії кузова з використанням оптичних систем базування.
- **Об'єкт дослідження:** кузов легкового автомобіля з порушеною геометрією.
- **Задачі дослідження:**
 - провести аналіз існуючих вимірювальних технологій контролю геометричних параметрів кузовів легкових автомобілів
 - провести статистичні дослідження та зробити рекомендації з використання результатів у виробництві

СТРУКТУРНА СХЕМА КЛАСИФІКАЦІЇ СИСТЕМ ПРАВКИ І ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КУЗОВА



ВИМІРЮВАЛЬНІ СТЕНДИ ІЗ СИСТЕМОЮ КОСИНЦІВ І ЗВАРЮВАЛЬНИМИ ШАБЛОНАМИ

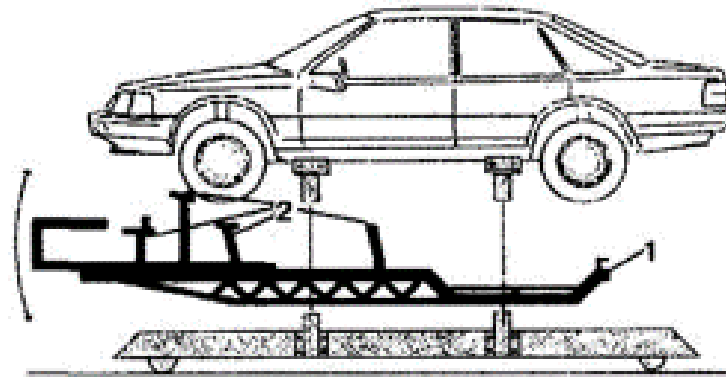


Рисунок 1 – Стенд із зварювальними шаблонами:

- 1 – тримач зварювальних шаблонів;
- 2 – зварювальні шаблони

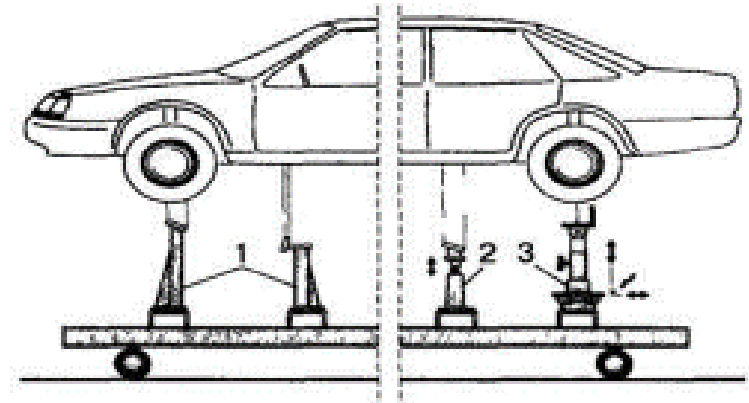


Рисунок 3 – Косинці:

- 1 – одноелементні;
- 2 – двоелементний;
- 3 – багатоелементний

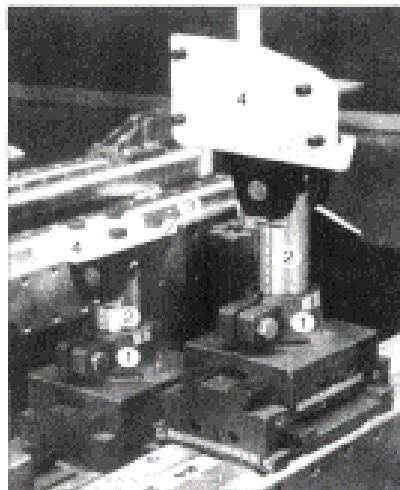


Рисунок 4 – Багатоелементний косинець із спеціальним універсальним адаптером для контролю автомобільних кузовів:

- 1 – переміщуваний по полозках тримач для фіксації стійки, косинця;
- 2 – стрижень зі шкалою для регулювання висоти;
- 3 – універсальний адаптер для кріплення наконечника;
- 4 – наконечник (підходить для установки на кузов автомобіля будь-якої моделі)

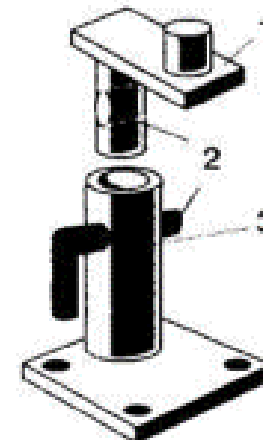


Рисунок 2 – Двоелементний косинець:

- 1 – наконечник (головка) косинця;
- 2 – фіксуючий стрижень;
- 3 – стійка косинця

СТЕНД З МЕХАНІЧНОЮ СИСТЕМОЮ ВИМІРЮВАННЯ

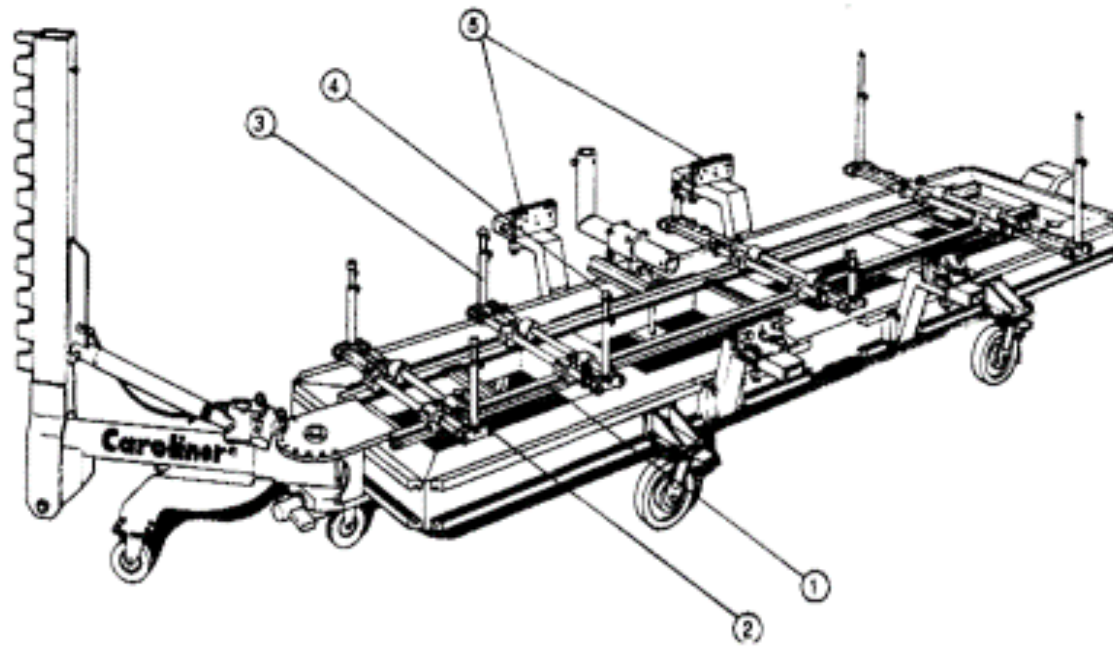


Рисунок 1 – Стенд з механічною системою вимірювання:

- 1 – вимірювальний місток;
- 2 – вимірювальна каретка;
- 3 – гільза для вимірювального наконечника;
- 4 – вимірювальний наконечник;
- 5 – затискачі для кріплення кузова

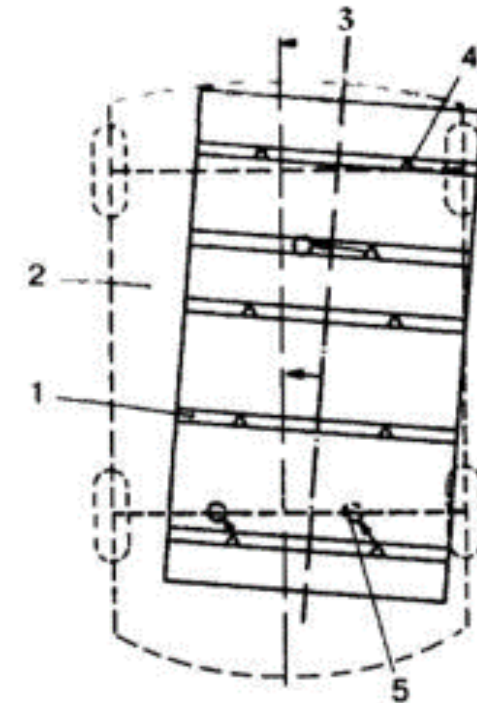


Рисунок 2 – Установка кузова на стенд по трьом непошкодженим точкам в його основі:

- 1 – вимірювальний місток;
- 2 – основа кузова;
- 3 – змінене положення середньої лінії;
- 4 – вимірювальний наконечник;
- 5 – три непошкоджені отвори в основі кузова

УСТАНОВКА КУЗОВА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ НА ВИМІРЮВАЛЬНИЙ СТЕНД

6

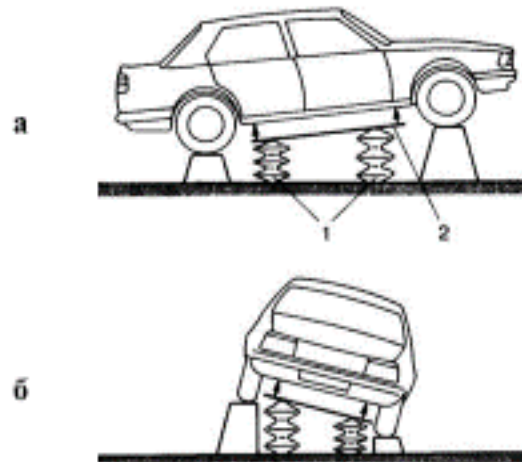


Рисунок 1 – Установка автомобиля на измерительный стенд с пневматическим приспособом для контроля основы кузова в продольном (а) и поперечном (б) направлениях
1 – пневматический пристрій;
2 – вимірювальний місток

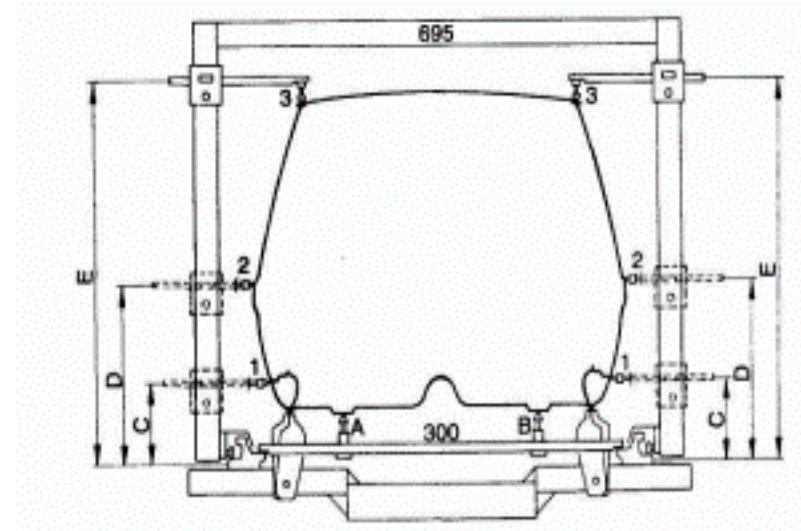
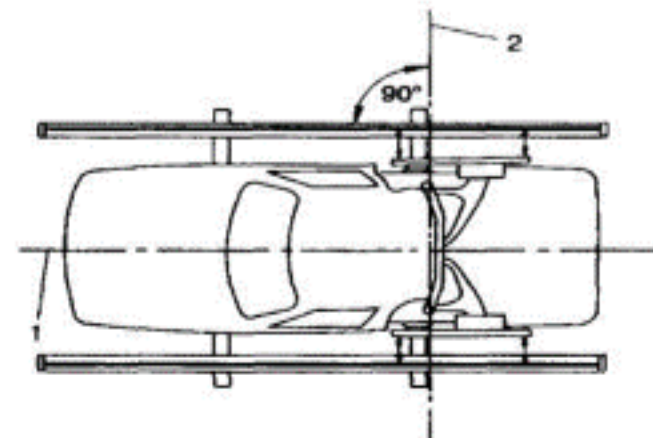


Рисунок 2 – Комплексне визначення геометричних параметрів верху і основи кузова

Рисунок 3 – Положення заднього містка вимірювальної системи по відношенню до бічної траверси
1 – середня лінія автомобіля;
2 – нульова лінія



УСТАНОВКА КУЗОВА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ НА ВИМІРЮВАЛЬНИЙ СТЕНД

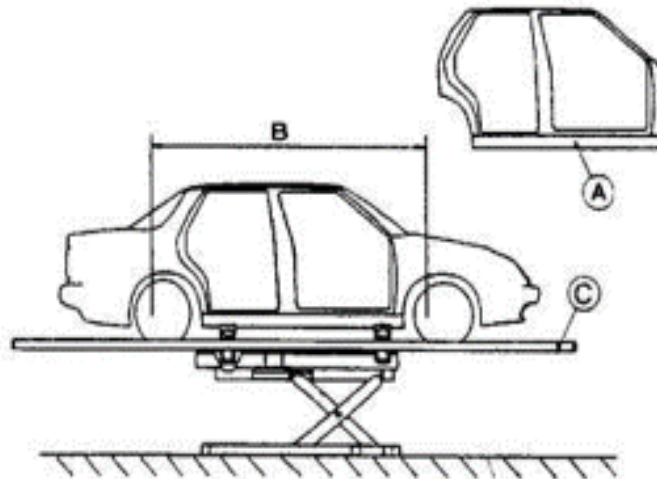


Рисунок 1 – Встановлюючі поверхні кузова при базуванні його на стенді для контролю: А – розміри боковин; В – поздовжні відстані між різними точками кузова; С – розміри основи кузова, що дозволяють фіксувати його на рамній основі кузова

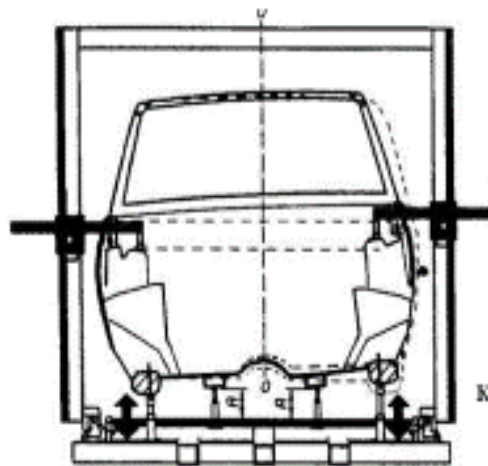


Рисунок 2 – Положення кузова (показано пунктиром) при використуванні затискача для його кріплення з висотою, що змінюється

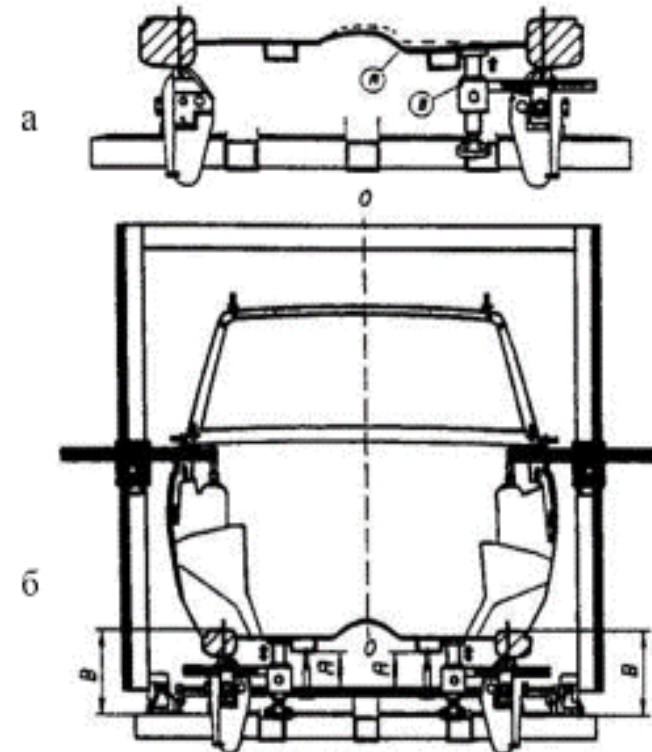


Рисунок 3 – Рихтування поверхні основи кузова в зоні А:

а – для досягнення однакової висоти установочних елементів кузова й стенду;
б – контроль положення кузова по розташуванню базових точок верхньої його частини

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТА ОПТИЧНОЇ СИСТЕМ

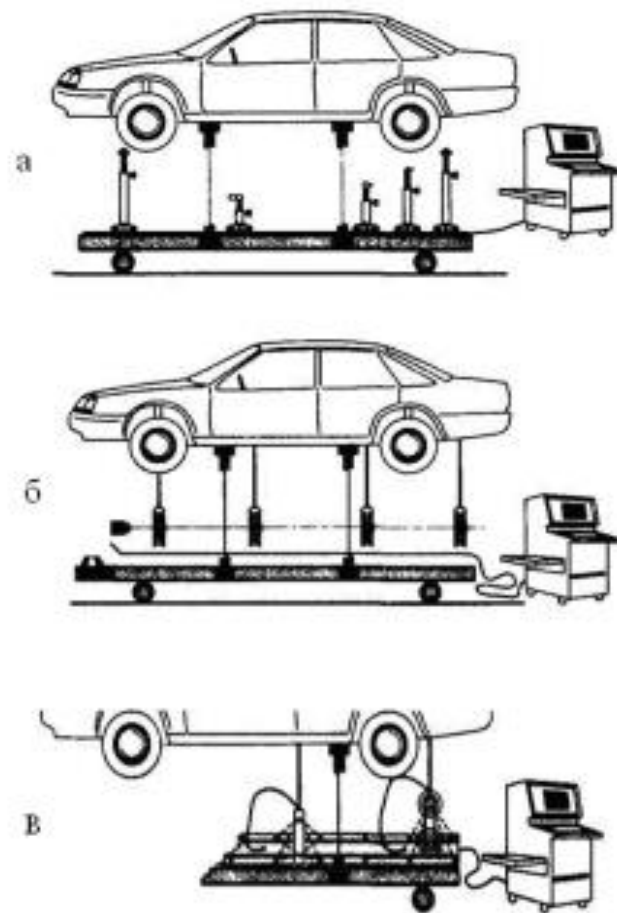


Рисунок 1 – Пристрої з системами вимірювань:

- а – з електронно-механічною;
- б – з електронно-оптичною;
- в – з ультразвуковою.



Рисунок 2 – Оптична система вимірювання геометричних параметрів кузова легкового автомобіля

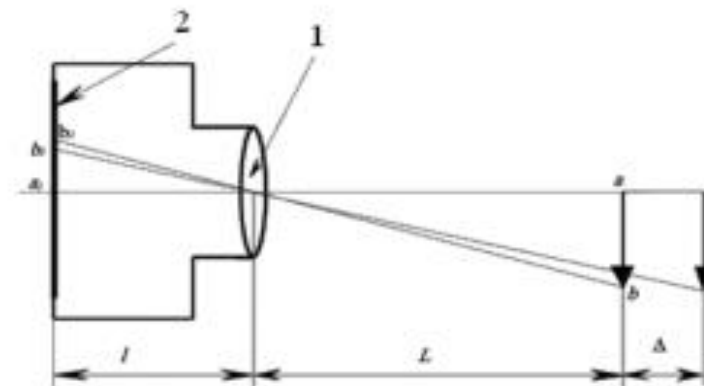
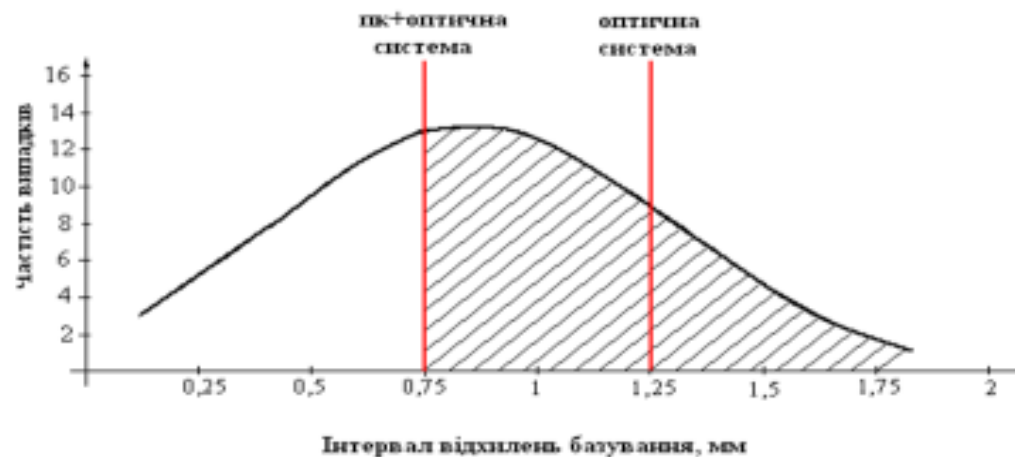


Рисунок 3 – Контроль геометричних розмірів на площині що розташовується перпендикулярно до оптичної осі телекамери:
1– площина з контрольованим об'єктом; 2 – об'єктив телекамери

ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Номер відмови	Марка автомобіля	Точність, мм	Номер відмови	Марка автомобіля	Точність, мм
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

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			



Зменшення похибки вимірювання геометрії кузовів легкових автомобілів з використанням комп'ютерної і оптичної систем

Середнє значення напрацювання на відмову

$$\bar{t} = \frac{\sum m_i t_{ic}}{\sum m_i}$$

Середнє квадратичне відхилення

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

Коефіцієнт варіації

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

ВИСНОВКИ

13

1. Проаналізовано існуючі технології контролю геометричних параметрів кузовів легкових автомобілів. Ці технології дозволяють на досить високому рівні відновлювати геометричні параметри кузовів, при цьому більшість з них має недостатню для сучасних вимог точність базування кузовів.

2. На основі аналізу складена узагальнена структурна схема класифікації систем правки і вимірювання параметрів кузовів. Обґрунтовано, що найперспективнішим є застосування комп'ютерних систем контролю геометрії кузова з використанням оптичних систем базування, тому що, серед всіх відомих методів вимірів оптичні виміри відносяться до найбільш точних.

3. На основі даних з реальної експлуатації проведено статистичні дослідження точності базування кузовів на стенді фірми CELETE. Встановлено, що при базуванні похибка положення граничних точок лежить у діапазоні від 0 мм до 2 мм, найбільша кількість отримана в діапазоні від 0,5 мм до 1,5 мм.

4. Застосування оптичної системи контролю на стенді дозволяє знизити діапазон помилок до 1,25 мм. Застосування комп'ютерної системи з одночасним використанням оптичної дозволяє знизити діапазон помилок до 0,75 мм, трудомісткість контролю геометрії кузова, вимоги до кваліфікації робочого персоналу.