

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «Підвищення ефективності ремонту автомобільних кузовів шляхом розробки пристрою для витягування вм'ятин»

Виконав: студент групи Ат-41

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Ярослав ПІСЬО

(ім'я та прізвище)

Керівник: \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024





УДК 656.075

Пісьо Ярослав Степанович. Підвищення ефективності ремонту автомобільних кузовів шляхом розробки пристрою для витягування вм'ятин. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування. 2024. 69 с.

Табл. 9; рис. 34; бібліогр. джерел 21.

У роботі проведено аналіз основних типів систем безпеки автомобілів. Встановлено, що основними напрямками удосконалення є дві технології, також відомі як пасивні системи безпеки, і активні, також відомі як системи активної безпеки. Обидві ці системи працюють разом, щоб запобігти або мінімізувати ймовірність нещасних випадків, але вони відрізняються за своїм підходом. Основні організації, які беруть участь у встановленні, підтримці і забезпеченні дотримання цих стандартів – це SAE International, Європейська економічна комісія ООН (ЄЕК ООН) та Euro NCAP.

Проаналізовано основні способи відновлення та ремонту кузовних елементів та деталей, які використовують механічний або температурний вплив. Також часто застосовують метод приварних шайб чи гребня з дроту.

Для випадків рихтування металевих кузовних елементів за наявності неглибоких вм'ятин без фарбування, дрібних пошкоджень доцільно початково використовувати методи, які не передбачають зняття лакофарбового покриття.

Обґрунтовано можливість застосування магнітних захватів, як ефективного рішення для незначного кузовного ремонту легкових автомобілів,

Обґрунтовано економічну доцільність введення в експлуатацію ділянки кузовного ремонту площею приблизно 490 м<sup>2</sup> на 5 робочих постів. Капітальні вкладення для введення в експлуатацію ділянки складатимуть приблизно 11 млн грн, а термін окупності проекту становить 4 роки.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1	
СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1. Вивчення основних систем безпеки автомобілів .....	10
1.2. Технічні рішення для підвищення ефективності систем безпеки автомобіля.....	14
1.3. Нормативні регламенти щодо тестування та визначення безпечності автомобілів.....	19
Висновки за розділом.....	28
РОЗДІЛ 2	
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	26
2.1. Основні види ремонту та оцінка пошкоджень автомобільних кузовів .....	29
2.2. Механічні методи відновлення деформованих поверхонь кузова.....	31
2.3. Технологія ремонту панелі за допомогою кування.....	32
2.4. Технологія ремонту панелі за допомогою приварних шайб.....	33
2.5. Усунення випучин і вм'ятин.....	34
2.6. Нагрів опуклості (вм'ятини) та осадження металу.....	36
2.7. Використання індукційних та магнітних пристроїв для видалення вм'ятин кузовів.....	40
Висновки за розділом.....	42
РОЗДІЛ 3	
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	43
3.1 Характеристики магнітних пристроїв для рихтування кузовів...	43
3.2 Розрахунок магнітного пристрою для рихтування кузовів.....	44
Висновки за розділом.....	52
РОЗДІЛ 4	
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА.....	53

4.1. Аналіз негативних виробничих чинників.....	54
4.2. Правила поводження зі зварювальним обладнанням.....	60
Висновки за розділом.....	61
РОЗДІЛ 5	
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	62
5.1. Обґрунтування проекту впровадження ділянки кузовного ремонту.....	62
5.2. Розрахунок затрат функціонування ділянки кузовного ремонту .....	64
Висновки за розділом.....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68

## ВСТУП

Останнім часом спостерігаються тенденції щодо полегшення автомобільної промисловості, обумовлені стійкістю підприємств, вартістю та продуктивністю, які створюють величезний попит на легкі матеріали та концепції нового дизайну. Вони оцінюються як частина заходів циклічної економіки в сучасній мобільності та транспорті. Сучасні стратегії, спрямовані не тільки на базове зменшення ваги, але й на структурну ефективність, а також на економічний і екологічний вплив щодо вибору матеріалів із екологічно чистим підходом, правилами

Особлива увага приділяється напряму металевих сплавів і прогресу в глобальній науково-дослідній діяльності, яка охоплює «легку сталь», звичайний алюміній і магнієві сплави, а також добре налагоджені технології виробництва компонентів і рішення, орієнтовані на майбутнє, і пристосовуючись до переходу від двигунів внутрішнього згорання до електромобілів. Крім того, обговорюються можливості та виклики, які створюють полегшення за допомогою структурної інженерії, включаючи металоматричні композити, ламінати, сендвіч-структури та архетипи. Підкреслюється величезна роль аерокосмічної та автомобільної промисловості як ключових рушійних сил полегшення маси конструкцій.

Зменшення ваги стає основною тенденцією, охоплюючи багато галузей промисловості, що пов'язані не лише з усіма видами транспорту, але й у більш широкому плані з цивільною інфраструктурою, виробництвом та технологіями чистої енергії. На відміну від загальноприйнятого сприйняття, переваги від зменшення ваги не зосереджені виключно на масі, але також охоплюють інші аспекти, пов'язані з ефективністю конструкції, а також економічним і екологічним впливом. Зменшення ваги не тільки сприяє використанню меншої кількості ресурсів для його виготовлення, але й вимагає менше енергії для його транспортування, таким чином зберігаючи природні ресурси та зменшуючи шкідливе забруднення середовища.

Метою проектування легких кузовів є створення конструкцій з мінімальним використанням матеріалів та оптимізованим використанням міцності матеріалу, з чисельними методами, розробленими для моделювання складної геометрії легких конструкцій, наприклад, у параметричному ізогеометричному середовищі [21]. Вибір матеріалу має багато аспектів, і лише підвищення його міцності призводить до зменшення проектної ваги без зміни його питомої щільності.

Зростаючий попит на легкі матеріали призвів до розширення досліджень у напрямку нових рішень. Вчені пояснюють оцінку життєвого циклу автомобіля, яка охоплює всі фази циклу продукту, від видобутку сировини до переробки та утилізації в кінці терміну служби. Рециркуляція матеріалів різко збільшує їхній потенціал зменшення викидів CO<sub>2</sub>, оскільки виробництво вторинних матеріалів шляхом переробки призводить до значно менших викидів, ніж виробництво первинних матеріалів. Відповідно до [3], поточні показники переробки лише для вісімнадцяти металів, включаючи срібло, алюміній, золото, хром, мідь, залізо, марганець, ніобій, нікель, свинець, паладій, платина, реній, родій, олово, титан і цинк, з шістдесяти розглянутих вище 50%. Для спеціальних металів, таких як скандій та ітрій, а також рідкоземельних елементів, рівень переробки становить 1%. Навпаки, матеріали, які повністю переробляються, як-от алюміній, понад 90% якого міститься в автомобілі, що переробляється, ідеально підходять для циклічного використання.

Різні матеріали мають різний потенціал у зменшенні ваги транспортних засобів і різні вуглецеві сліди для виробництва та переробки. Для деяких металів їх енерговитратний процес виробництва впливає на потенційну економію енергії під час їх експлуатації в автомобілі. Це особливо справедливо для алюмінію та магнію, відомих своїм великим енергоспоживанням, необхідним під час первинного виробництва металу.

Автомобільна промисловість переживає прискорену трансформацію з розвитком інноваційних технологій і зміною споживчих уподобань. Такі



напрямки сталого розвитку, технологічний прогрес, електрифікація, автономне водіння, очікування споживачів і особиста мобільність будуть стимулювати зміни протягом наступного десятиліття. Передбачається, що в транспорті майбутнього домінуватимуть автономні, підключені, електричні та спільно використовувані транспортні засоби (ACES), які змінять спосіб взаємодії споживачів з транспортними засобами. Легкий транспортний засіб розглядається автовиробниками як основний аспект стійкої мобільності, що покращує як споживання палива, так і викиди CO<sub>2</sub>.

Очікується, що в найближчому майбутньому в розвитку автомобільних технологій домінуватимуть чотири основні сфери; більш ефективні двигуни внутрішнього згоряння, електрифікація/зберігання енергії, легкі конструкції, силові агрегати та силова електроніка [12].

Поточні розробки значною мірою орієнтовані на електричні транспортні засоби, які покращили енергоефективність по відношенню до транспортних засобів з двигуном внутрішнього згоряння [10], а розвиток їхнього комерційного ринку описано в [1 - 3]. У той же час виникають нові виклики, які включають, наприклад, системи зберігання енергії та топології перетворення енергії для електромобілів.

Крім розвитку та удосконалення конструкцій ринок кузовного ремонту автомобілів наразі переживає значне зростання, спричинене різними факторами. Технологічний прогрес, у тому числі розробка більш ефективного та рентабельного ремонту кузова автомобіля, також сприяє цьому зростанню. Крім того, зростаюче усвідомлення впливу кузовного ремонту на навколишнє середовище призвело до створення більш стійких і екологічно чистих варіантів, що ще більше сприяло розширенню ринку. Державні постанови та політика також відіграють вирішальну роль у формуванні ринку, оскільки вони можуть впливати на виробництво, розповсюдження та використання ремонту кузова автомобіля. Загалом очікується, що ринок кузовного ремонту автомобілів продовжуватиме стабільно зростати в найближчі роки завдяки цим та іншим факторам.

Глобальний ринок кузовного ремонту автомобілів визначається декількома ключовими факторами. Одним із основних чинників є зростання попиту на кузовний ремонт автомобілів у різних галузях. Оскільки світова економіка продовжує розвиватися, очікується, що попит на кузовний ремонт також зросте. Крім того, технологічні досягнення також рухають ринок, оскільки розробляються нові та вдосконалені засоби ремонту кузова для задоволення потреб споживачів. Іншим важливим рушієм є зростаюче усвідомлення впливу кузовного ремонту на навколишнє середовище, що призвело до розробки більш екологічно чистих варіантів.

Конкурентний ландшафт ринку кузовного ремонту автомобілів характеризується своєю динамічністю та постійними змінами. Жорстка конкуренція сприяє безперервному прагненню до інновацій та досконалості, а компанії прагнуть виділитися завдяки найвищій якості продукції, стратегіям ціноутворення та обслуговуванню клієнтів. На ринкову динаміку впливають такі фактори, як технологічний прогрес, нормативні зміни та зміна споживчих уподобань. Загалом послуги кузовного ремонту автомобілів можна розділити за видами:

- ремонт запчастин;
- фарбування і ремонт;
- автомобільна естетика та тюнінг.

## РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1. Вивчення основних систем безпеки автомобілів

Безпека автомобілів є аспектом конкурентоспроможності виробників, і тому особлива увага приділяється розробці систем безпеки, якими обладнано транспортний засіб. Те, як вони впливають на безпеку дорожнього руху, залежить від низки факторів, таких як: транспортна інфраструктура через будівництво доріг та їхню якість, технічні характеристики автомобіля, обладнання інтелектуальними системами керування або ITS (Інтелектуальні транспортні системи), досвід та належна підготовка водія, дотримання правил та дорожніх знаків, а також правильне використання систем утримання, призначених для пасажирів автомобіля. Безпеку автомобіля можна оцінити за можливістю виникнення аварії або за тим, як інші учасники дорожнього руху можуть пересуватися з ймовірністю травмування пасажирів чи пішоходів.

Безпека автомобіля базується на двох основних категоріях, а саме на пасивній та активній безпеці, через системи та обладнання, що інтегровані як всередині, так і ззовні транспортного засобу. Пасивна безпека включає всі конструктивні особливості, спрямовані на зведення наслідків аварії до мінімуму та зменшення травм пасажирів транспортного засобу. Ці системи відіграють особливо важливу роль, коли водій транспортного засобу більше не може активно втручатися для уникнення зіткнення.

Пасивну безпеку можна розділити на зовнішню та внутрішню пасивну безпеку. Зовнішня пасивна безпека стосується зменшення ризиків дорожніх аварій поза транспортним засобом, у випадку зіткнень з пішоходами чи велосипедистами шляхом зменшення їхніх травм та оптимальної деформаційної поведінки конструкції транспортного засобу, як показано на рисунку 1.1.

Внутрішня пасивна безпека забезпечує захист пасажирів транспортного засобу через структурні елементи, які мінімізують прискорення та внутрішні сили, що діють на пасажирів під час зіткнення, а також забезпечують достатній

простір для виживання і гарантують працездатність критичних компонентів автомобіля для звільнення пасажирів з транспортного засобу [21].



Рисунок 1.1 – Елементи зовнішньої системи безпеки конструкції кузова автомобіля

Розташування систем пасивної безпеки всередині автомобіля показано на рисунку 2.

Системи пасивної безпеки всередині автомобіля включають:

1. Фронтальна подушка безпеки для водія
2. Фронтальна подушка безпеки для переднього пасажира
3. Шторка-подушка безпеки для бокових вікон
4. Бічна подушка безпеки для передніх сидінь
5. Натягувач ременя безпеки водія (вузол ременя безпеки також включає пряжку та інерційний механізм)
6. Натягувач ременя безпеки переднього пасажира (вузол ременя безпеки також включає пряжку та інерційний механізм)
7. Інерційний механізм правого заднього ременя безпеки (вузол ременя безпеки також включає натягувач і пряжку)
8. Інерційний механізм лівого заднього ременя безпеки (вузол ременя безпеки також включає натягувач і пряжку)
9. Підголівник
10. Внутрішня структура панелі приладів з демпфуючими елементами
11. Блок управління подушками безпеки з сенсорами удару

## 12. Системи кріплення дитячих сидінь "Isofix" [4].

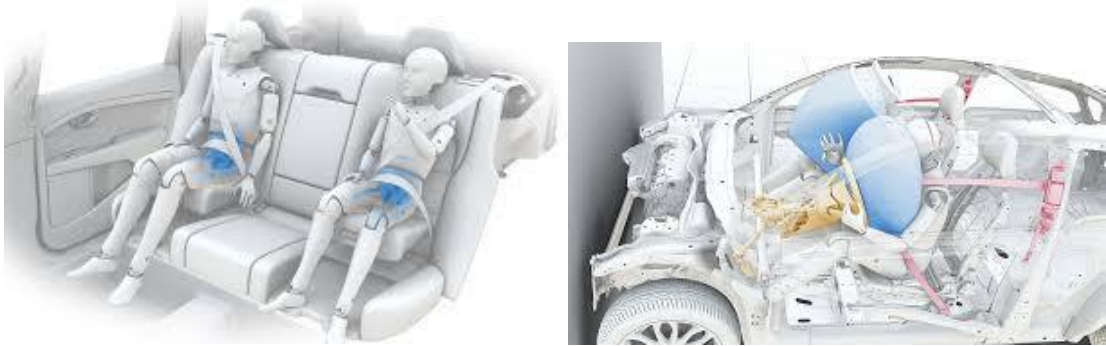


Рисунок 1.2 – Елементи внутрішньої системи безпеки конструкції кузова автомобіля

Роль активної безпеки полягає у запобіганні аваріям, що відображає різноманітність систем активної безпеки в контексті різних аспектів динаміки автомобіля [1].

Обмеження систем активної та пасивної безпеки можна класифікувати на дві категорії: обмеження, накладені міжнародними нормативами, та обмеження, пов'язані з комфортом, ефективністю і функціональністю.

Слід зазначити, що обмеження міжнародних стандартів застосовуються лише тоді, коли системи безпеки використовуються пасажиром автомобіля правильно. Конструктивні обмеження встановлюються виробником для дотримання правових норм, і зазвичай ці обмеження вищі за мінімальні вимоги міжнародних стандартів. Наприклад, у випадку пасивних систем безпеки, проводяться різноманітні тести для перевірки відповідності конструктивних розмірів стандартам ECE 14 (відстань між точками кріплення), міцність на розрив згідно з ECE 16, кліматичні тести тощо.

Інші фактори також мають бути враховані для повного підходу. Ці фактори стосуються встановлення безпеки автомобіля за допомогою біомеханічних критеріїв, для тестування пасивних систем безпеки з використанням манекенів, що імітують реакцію людини під час аварії [6]. Наприклад, коли присуджуються зірки EURONCAP, оцінюється ймовірність

травмування, пов'язана з кінематикою пасажира, а серйозність травм оцінюється за допомогою таких індексів, як НІС (Head Injury Criterion) [21].

Враховуючи, що покращення цих систем, однак, буде відбуватися разом із розвитком та модернізацією звичайного транспортного засобу

Є два основних типи електронних та інтелектуальних асистентів, які роблять революцію в автомобільній промисловості. Пасивні системи, також відомі як пасивні системи безпеки, і активні, також відомі як системи активної безпеки. Обидві ці системи працюють разом, щоб запобігти або мінімізувати ймовірність нещасних випадків, але вони відрізняються за своїм підходом. Є цілий ряд основних відмінностей між пасивними та активними системами але вони однаково важливі для безпеки дорожнього руху.

Другий підхід стосується обмежень пасивних систем безпеки, які пов'язані з низьким комфортом пасажирів транспортного засобу, таких як використання ременя безпеки, але також можуть існувати обмеження щодо функціональності цих систем. Неправильне використання ременів безпеки може призвести до травм пасажирів та водія, які потрапили в аварію, одним з основних факторів є людська помилка. Ще одним обмеженням може бути захист від ударів повітряних подушок, які або розгортаються занадто швидко, або не забезпечують повний захист для пасажирів в залежності від типу аварії. Іншим обмеженням повітряної подушки є у випадку множинних зіткнень повітряні подушки мають обмеження, оскільки вони призначені для одноразового спрацювання, і після цього стають неефективними. Крім того, якщо датчики удару обходяться, енергія зіткнення не поглинається ефективно, і затримка спрацювання датчиків може призвести до зниження безпеки під час удару.

Щодо активних систем безпеки, система ABS має важливе обмеження: гальмування з активацією ABS не враховує відстань до наступного автомобіля. Ці системи також менше ефективні на снігових або крижаних дорогах. Ефективність систем ESC/ESP значно знижується для автомобілів з високим центром тяжіння або під час їзди в бездоріжжі, потребує

індивідуальних налаштувань для калібрування системи моніторингу водія. Ефективність активних систем безпеки також може бути погіршена через людську помилку, наприклад, виникнення неочікуваних і зайвих попереджень через відсутність уваги або недостатню реакцію водія на гостре гальмування. Крім того, суперечливі сигнали, що випромінюються системами безпеки, можуть спричинити психологічне навантаження на водія, що може призвести до небажаної поведінки або зниження уваги під час водіння.

## **1.2. Технічні рішення для підвищення ефективності систем безпеки автомобіля**

Системи, визначені для пасивної та активної безпеки, базуються на конструктивних технологіях, призначених для підвищення безпеки пасажирів транспортних засобів, а також пішоходів та інших учасників дорожнього руху у разі зіткнення або в разі його запобігання.

У випадку використання триточкових ременів безпеки для підвищення безпеки деякі вузли мають пристрої попереднього натягу (рис. 1.3). Під час зіткнення вони відтягують частину стрічки, тим самим затягуючи її, таким чином затягуючи ремінь безпеки на пасажирі та утримуючи його на сидінні.

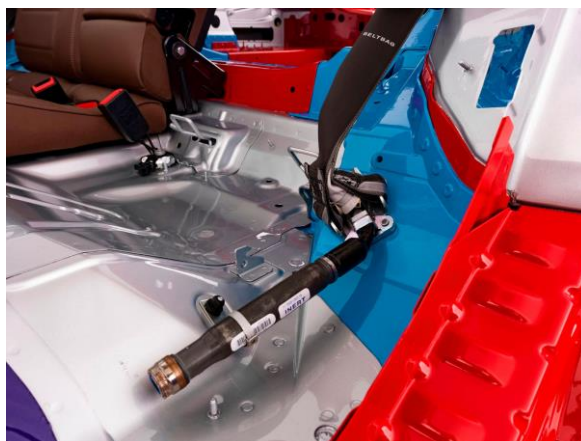


Рисунок 1.3 – Пристрої попереднього натягу ременів безпеки автомобіля

Ці пристрої спрацьовують дуже швидко, зменшуючи таким чином сили, що виникають під час зіткнення, і зменшують рух пасажирів вперед.



Загалом правило, після того, як піротехнічна капсула всередині пристрою попереднього натягу вибухає, пасажир утримується пасажир утримується на сидінні до тих пір, поки не буде прикладено певне навантаження. Щоб зменшити навантаження що прикладається до грудної клітки пасажир, пристрій обмеження навантаження поступово вивільняє стрічку з втягувача, дозволяючи пасажирові рухатися вперед, поглинаючи при цьому енергію [2], [21].

Подушка безпеки - це система пасивної безпеки, яка має повітряну подушку, що швидко надувається під час зіткнення, щоб захистити пасажирів від удару об об'єкти всередині транспортного засобу [11].

Ремінь безпеки та подушка безпеки можуть бути об'єднані в так званий надувний ремінь безпеки. Ця концепція існує з 1975 року, а технічне рішення було представлено в дослідженнях [12] та [13].

Однак використання звичайних ременів безпеки може спричинити певні травми пасажирів, тому для боротьби з цим ефектом Однак використання звичайних ременів безпеки може спричинити певні травми пасажирів, тому для боротьби з цим ефектом найбільш придатним є надувний ремінь (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Реміні безпеки автомобіля з подушками

Площа, де стрічка контактує з людиною, є більшою, таким чином покращуючи таким чином захист. Таким чином, навантаження, що виникає після зіткнення, не буде розподілятися на одній ділянці тіла пасажирів [21].



Активні передові системи допомоги водієві (ADAS), як випливає з назви, є активними у своєму підході до забезпечення безпеки дорожнього руху. Ці системи оснащені вдосконаленими датчиками та передовими комп'ютерними алгоритмами, які постійно контролюють оточення автомобіля та оцінюють потенційні ризики. Вони можуть активно втрутитися в разі необхідності, взявши під контроль транспортний засіб, щоб запобігти нещасним випадкам.

З іншого боку, пасивні системи призначені для сповіщення водія про потенційну небезпеку без безпосереднього контролю над транспортним засобом. Ці системи використовують датчики та камери для виявлення потенційної небезпеки та надання попереджень і сповіщень водієві. Завдяки цьому вони дають водієві змогу вживати коригувальних заходів і приймати обґрунтовані рішення на дорозі.

Хоча і активні, і пасивні системи спрямовані на підвищення безпеки, фундаментальна відмінність полягає в рівні втручання. Активні системи мають можливість безпосередньо керувати транспортним засобом, вносячи автономні налаштування для забезпечення безпеки. З іншого боку, пасивні системи покладаються на реакцію водія на надані оповіщення та попередження.

Системи пасивної безпеки використовують різні режими зв'язку, щоб попередити водія про потенційні ризики. Вони створені для швидкого привернення уваги водія та гостроти ситуації. Сповіщення можуть мати форму слухового, візуального або тактильного зворотного зв'язку. Звукові сигнали, які спрацьовують, коли система виявляє потенційну небезпеку. Наприклад, звуковий сигнал може вказувати на те, що транспортний засіб знаходиться надто близько до об'єкта під час руху заднім ходом.

Візуальні сповіщення - це попереджувальні сигнальні лампи або символи, які з'являються на панелі приладів автомобіля або проекційному дисплеї. Наприклад, миготливе світло може означати, що автомобіль виїжджає за межі смуги руху.

Тактильний зворотний зв'язок - це стосується фізичних сигналів, таких як вібрація на кермі чи сидінні водія. Цей тип сповіщення особливо корисний, коли візуальні та звукові попередження можуть залишитися непоміченими, наприклад, під час інтенсивного руху або гучного внутрішнього шуму.

Ці типи попереджень, які використовуються окремо або в комбінації, гарантують, що водій буде попереджений про будь-які потенційні небезпеки, дозволяючи йому діяти та запобігати нещасним випадкам. Однак слід зазначити, що ці системи пасивної безпеки покладаються на реакцію водія та його здатність реагувати належним чином. Ось кілька прикладів пасивних систем

Попередження про виїзд зі смуги руху (LDW). Одним із поширених прикладів пасивної є система попередження про виїзд зі смуги руху (LDWS). Ця система відстежує положення автомобіля в смугі руху та попереджає водія, якщо виявляє ненавмисне занесення, потенційно запобігаючи зіткненням, спричиненим втомою або відволіканням (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Система попередження про виїзд зі смуги руху (LDW)

Попередження про лобове зіткнення (FCW). Іншим прикладом є система попередження про лобове зіткнення (FCW). Ця система використовує датчики (наприклад, камери, радар або лідар), щоб перевірити, чи наближається автомобіль занадто близько до іншого транспортного засобу чи перешкоди.

Якщо він відчує можливе зіткнення, він сповістить водія про необхідність вжити заходів ухилення [1-3].

Моніторинг сліпих зон (BSM) - ще одна пасивна система, яка допомагає водіям на дорозі. Він використовує датчики та радар, щоб контролювати зони, невидимі в дзеркалах заднього виду та бічних дзеркалах, і попереджає водія, якщо будь-які транспортні засоби виявлені в цих сліпих зонах під час зміни смуги руху.

Ці пасивні системи не втручаються безпосередньо, але допомагають водіям приймати більш безпечні та обґрунтовані рішення. Надаючи додаткову інформацію про оточення автомобіля, ці системи можуть зменшити ризик аварій, спричинених помилками людини.

Системи активної безпеки, на відміну від пасивних систем, роблять ще один крок вперед, не лише виявляючи потенційну небезпеку, але й вживаючи заходів для запобігання аварії. За допомогою датчиків і камер ці системи можуть виявляти небезпеку, оцінювати ризики та контролювати транспортний засіб, щоб запобігти або пом'якшити зіткнення.

Автоматичне екстрене гальмування (АЕВ) — це система активної безпеки, яка використовує датчики та камери для моніторингу дороги попереду на предмет можливих зіткнень. Якщо водій не реагує вчасно, АЕВ може автоматично застосувати гальма, щоб зупинити або зменшити тяжкість потенційної аварії. Ця система може виявляти пішоходів, велосипедистів та інші транспортні засоби (рис. 1.6).

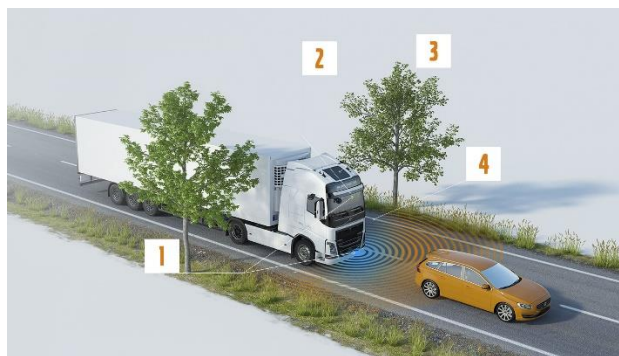


Рисунок 1.6 – Система автоматичного екстреного гальмування

Система адаптивного круїз-контролю (ACC) може підтримувати вибрану швидкість круїз-контролю, а також регулювати її для дотримання безпечної дистанції до автомобіля, що рухається попереду. Якщо система виявить транспортний засіб, що рухається повільніше, вона сповільнить автомобіль, щоб зберегти безпечну дистанцію, а потім повернеться до обраної швидкості, коли дорога буде вільною.

Оскільки ці системи продовжують розвиватися, вони можуть значно зменшити кількість зіткнень на наших дорогах. Однак важливо залишатися пильним і уважним, перебуваючи за кермом, навіть коли використовуються ці розширені функції безпеки.

Активні та пасивні системи в деяких сучасних транспортних засобах працюють разом, щоб забезпечити максимальну безпеку та покращити загальні враження від водіння. Наприклад, якщо пішохід раптово перетне дорогу транспортного засобу або раптово сповільниться автомобіль попереду, система FCW попередить водія. У цій ситуації спрацює активна система, як-от система автоматичного екстреного гальмування (АЕВ). Вона не просто подає сигнал тривоги, а скоріше бере на себе контроль над транспортним засобом і автоматично застосовує гальма, щоб потенційно врятувати життя. Подібним чином припустімо, що водій не помічає попередження від системи попередження про виїзд зі смуги руху (LDWS) і продовжує дрейфувати зі смуги руху. У цьому випадку система підтримки утримання смуги руху (LKA) автоматично виправить траєкторію автомобіля, повертаючи його назад у смугу руху. Ця взаємодія між пасивною та активною системами забезпечує не лише безпеку водія та пасажирів, але й сприяє безпеці пішоходів та інших учасників дорожнього руху [1 - 3], [12], [21].

### **1.3. Нормативні регламенти щодо тестування та визначення безпеки автомобілів**

Через постійно зростаючу суворість правил і стандартів щодо екологічної безпеки автомобілів, конструкція транспортних засобів з кращою

економією палива та мінімальними викидами є надзвичайно важливою. Найважливішим шляхом досягнення цієї мети є виробництво легких автомобілів. Є багато варіантів, які виробники автомобілів можуть використати для зменшення ваги транспортного засобу, наприклад, за допомогою нових концепцій у кузові або сучасних виробничих процесів, таких як індивідуально зварені заготовки. Іншим варіантом є використання кращих матеріалів із високим співвідношенням міцність/вага. Примітним є те, що останній варіант може бути неекономічним, враховуючи масове виробництво.

Одним із найбільш популярних способів зменшити вагу кузова транспортного засобу, зберігаючи або навіть підвищуючи його жорсткість і міцність, є розробка нових структурних секцій автомобіля. Вага кузова автомобіля становить майже 15% від загальної ваги автомобіля. Як наслідок, конструкція легших і міцніших секцій для може призвести до значного зменшення загальної ваги та може допомогти підвищити економію палива та безпеку транспортного засобу в разі зіткнення. Тонкостінні секції розроблені таким чином, щоб витримувати згинальні моменти. Отже, розробники прагнуть максимізувати моменти інерції площі, одночасно мінімізуючи площу секції, яка безпосередньо впливає на вагу. Це забезпечує більшу міцність і жорсткість, а також кращі характеристики автомобіля при зіткненні.

Метою оптимізації майже завжди є зменшення ваги, але обмеження, які враховуються, відрізняються в різних дослідженнях. Ці обмеження можна розділити на дві категорії; жорсткість, яка впливає на характеристики шуму, вібрації, і міцність, яка безпосередньо пов'язана з характеристиками при зіткненні.

Вигин і зминання секцій у випадках навантаження при зіткненні є важливими проблемами, які безпосередньо впливають на безпеку транспортного засобу при зіткненні. При проектуванні секцій для аналізу зіткнень компоненти кузова автомобіля поділяються на дві різні групи. Перша група складається з компонентів, які повинні поглинати енергію під час

зіткнення. Ці компоненти призначені для руйнування та поглинання енергії удару шляхом пластичної деформації, одночасно передаючи навантаження на інші компоненти. Друга категорія компонентів (рис. 1.7) складається з тих, які лише передають навантаження та називаються траєкторією навантаження. Як приклад, компоненти, що утворюють кабінку пасажирів, вважаються елементами шляху навантаження. Ці компоненти мають бути розроблені таким чином, щоб під час аварії зазнавати мінімальної деформації, щоб запобігти вгинанню та захистити пасажирів від травм. На рисунку показана стійка А, яка втратила свою міцність у результаті руйнування в сценарії лобового зіткнення. Такі випадки погіршують показники безпеки транспортного засобу в разі зіткнення, і їх слід уникати, використовуючи відповідні методології проектування.

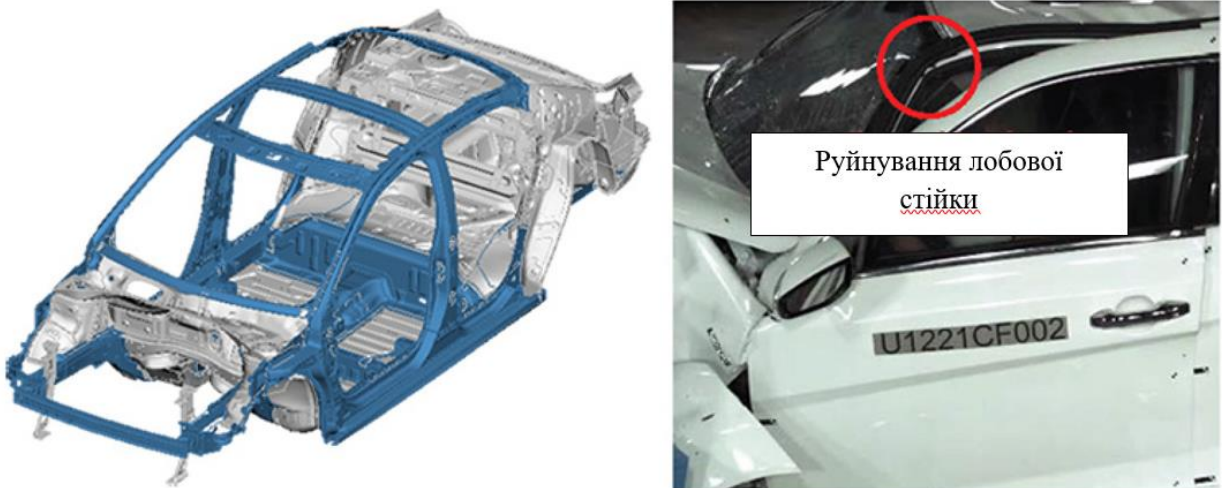


Рисунок 1.7 – Елементи траєкторії навантаження кузова

У світі існує низка організацій, кожна з яких займається різними аспектами безпеки транспортних засобів. І оскільки передові системи допомоги водієві все частіше вбудовуються в автомобілі, вантажівки та автобуси, ці організації постійно впроваджують все більше стандартів і протоколів, пов'язаних з системами безпеки.

Для зменшення людських помилок, ці організації постійно визначають, удосконалюють і встановлюють обов'язкові випробування автомобілів і правила в Європі, Північній Америці та в усьому світі.

У зв'язку з динамічним характером розвитку, регулятивним органам доводиться постійно встигати. Якщо надмірне регулювання інколи може стримувати розвиток, недостатнє регулювання може призвести до порушення протоколів безпеки, що полягає в тому, щоб рятувати життя, запобігаючи нещасним випадкам. Регулятори зобов'язані стежити за тим, щоб будь-яка технологія, вбудована впроваджена в автомобілі, лише покращувала безпеку, а сама по собі не становила небезпеки [21].

Основні організації, які беруть участь у встановленні, підтримці, а в деяких випадках і забезпеченні дотримання цих стандартів. Автомобільні стандарти, затверджені SAE International, написані та підтримуються майже 10 000 інженерами. SAE International, розташована в Сполучених Штатах Америки, раніше називалася «Товариство автомобільних інженерів».

Таблиця 1.1 – Система стандартизації SAE

J3016	Таксономія та визначення термінів, пов'язаних з автоматизованими системами водіння автомобільних транспортних засобів
J3134	Сигнальні та розпізнавальні вогні транспортних засобів, обладнані ADS (робота триває)
J3114	Визначення людського фактору для автоматизованого керування автомобілем і пов'язаних тем дослідження
J3018	Рекомендації щодо безпечного тестування на дорозі прототипів систем автоматизованого водіння SAE рівнів 3, 4 і 5
J2395	Пріоритет повідомлень в автомобілі ITS
J2831	Розробка проектних та інженерних рекомендацій для буквено-цифрових повідомлень у транспортному засобі
J2988	Рекомендації щодо мовного введення та звукового виведення в інтерфейсі водія автомобіля
J2944	Оперативні визначення показників і статистики водіння
J3045	Процедура тестування систем попередження про виїзд із смуги руху для вантажівок і автобусів
J3048	Інтерфейс водія та транспортного засобу для систем допомоги утриманню смуги руху
J2400	Людський фактор у робочих характеристиках та інтерфейсі користувача систем попередження про лобове зіткнення
J2972	Визначення бездротового керування системою або пристроєм бездротового зв'язку між особами
J2399	Робочі характеристики та інтерфейс користувача адаптивного круїз-контролю
J2808	Системи попередження про виїзд з дороги/смуги руху: інформація для людського інтерфейсу
J3077	Визначення та джерела даних

ISO - міжнародна організація стандартизації. ISO розробляє та публікує міжнародні стандарти для широкого діапазону технологій, включаючи автомобілі. ISO 26262 визначає систему класифікації ризиків, також відому як «ASIL» (рівень цілісності автомобільної безпеки) для функціональної безпеки дорожніх транспортних засобів.

ISO 26262 визначає чотири рівні, де А - найнижчий рівень ризику, а D - найвищий. Системи, включаючи подушки безпеки та антиблокувальні гальма, отримують найвищий рівень, оскільки їх належне функціонування є дуже важливим для безпеки, тоді як менш критичні системи, такі як стоп-сигнали, оцінюють рівень А.

Рівні ASIL визначаються трьома факторами: тяжкістю, експозицією та керованістю, і кожен із цих трьох має кілька класів. Наприклад, ступінь тяжкості класифікується від S0 до S3:

S0: Постраждалих немає;

S1: травми легкої та середньої тяжкості;

S2: Тяжкі до небезпечних для життя (імовірність виживання) травми;

S3: Загроза життю (виживання невизначене) до смертельних травм.

ЄЕК ООН є частиною ООН і є Європейською економічною комісією ООН. ЄЕК ООН сприяє економічній гармонізації між державами. У 2012 році Всесвітній форум ЄЕК ООН з гармонізації регулювання транспортних засобів встановив нові правила, спрямовані на підвищення безпеки пасажирів, зокрема:

- Система попередження про виїзд зі смуги руху (LDWS).
- Дитячі утримувальні системи (CRS).
- Розширена система екстреного гальмування (AEBS).



Таблиця 1.2 – Короткий перелік типів правил, оприлюднених ЄЕК ООН

Правила	Функціональна належність
ЄЕК ООН R 13	Гальмування транспортних засобів і причепів
ЄЕК ООН R 13-Н	Гальмування транспортних засобів категорій M1 і N
ЄЕК ООН R 79	Рульове обладнання
UN ECE R 130	Система попередження про виїзд зі смуги руху
ЄЕК ООН R 131	Удосконалені системи екстреного гальмування (АЕBS)
ЄЕК ООН R 139	Системи допомоги при гальмуванні (BAS)
UN ECE R 140	Електронна система контролю стійкості (ESC) / FMVSS 126 / GTR 8
ЄЕК ООН R 141	Системи контролю тиску в шинах (TPMS)
UN ECE R 151	Виявлення сліпих зон
ЄЕК ООН R 152	Удосконалені системи екстреного гальмування
ЄЕК ООН R 157	Автоматизовані системи утримання смуги (ALKS)
ЄЕК ООН R 158	Виявлення руху заднім ходом
ЄЕК ООН R 159	Інформаційна система (MOIS)

EURO NCAP (Європейська програма оцінки нових автомобілів) має п'ятизіркову рейтингову систему, яка оцінює безпеку транспортних засобів на користь споживачів і менеджерів автопарків [21]. Вони отримують результати, проводячи випробування на власних і акредитованих полігонах:

0-зіркова безпека: відповідає стандартам схвалення типу, тому може бути легально проданий, але не має критичних сучасних технологій безпеки

1-зіркова безпека: мінімальний захист від зіткнень і незначна технологія запобігання зіткненням.

2-зіркова безпека: номінальний захист від зіткнень, але без технології запобігання зіткненням.

3-зіркова безпека: принаймні середній рівень захисту пасажирів, але не завжди оснащений найновішими функціями запобігання аварій.

4-зіркова безпека: загальні хороші показники захисту від зіткнень і всебічності; може бути присутня додаткова технологія запобігання аварій.

5-зіркова безпека: загальна чудова ефективність захисту від зіткнень і добре оснащене комплексною та надійною технологією запобігання зіткненням.

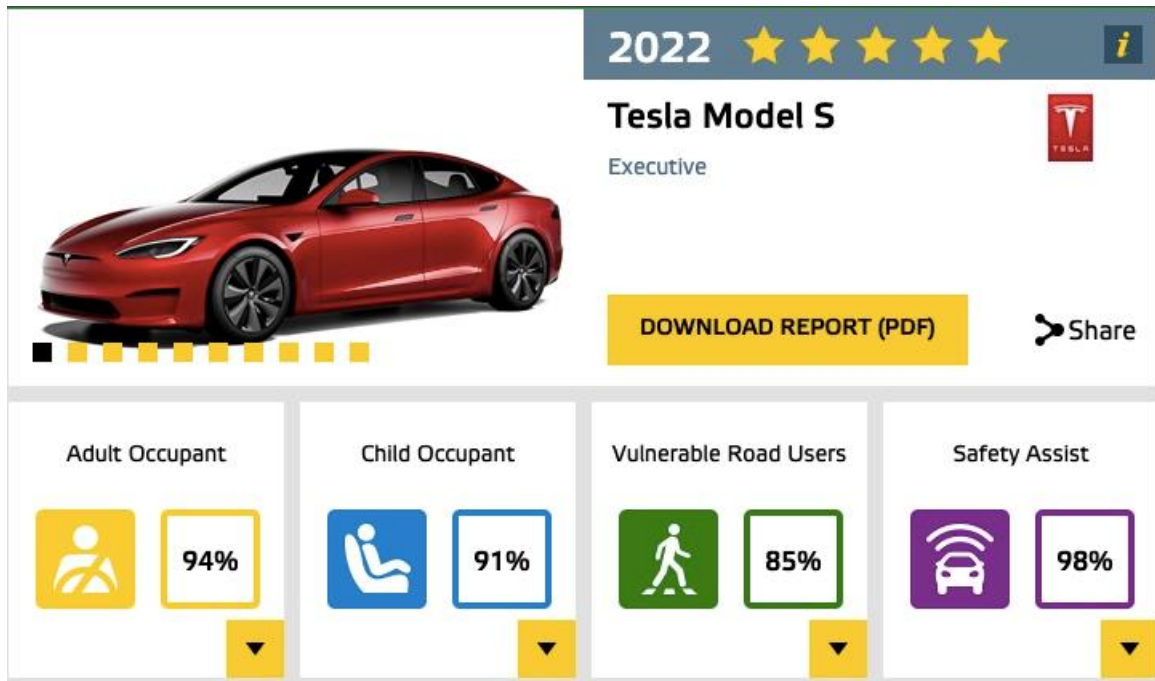


Рисунок 1.8 – Приклад оцінювання безпеки за Європейською програмою оцінки нових автомобілів

З моменту заснування у 1996 році найбільшим досягненням асоціації стало спрямування уваги споживачів і ресурсів виробників автомобілів на безпеку нових пасажирських автомобілів у разі зіткнення.

Протягом цього часу відбувалось впровадження на ринку інноваційних рішень для покращення поглинання енергії, структурної стабільності, систем утримання пасажирів, таких як більш вдосконалені подушки безпеки та ремені безпеки з натягувачами і обмежувачами навантаження, а також нових електронних систем для зниження ймовірності зіткнення.

Сьогодні Euro NCAP проводить велику кількість тестів для оцінки пасивної безпеки автомобіля, таких як тест на мобільний прогресивний деформований бар'єр, тест на повноширокий жорсткий бар'єр, тест на боковий удар мобільним бар'єром, тест на боковий удар об стовп, тест на бічний удар із далекого боку. Інші оцінки включають тест на хлистову травму

(проводиться лише на сидінні, а не на всьому автомобілі) та легкість, з якою пасажирів можна врятувати та витягнути з автомобіля після зіткнення.

Тест на мобільний прогресивний деформований бар'єр, введений у 2020 році, є тестом на фронтальне зіткнення з бар'єром MPDB з перекриттям на 50%, де як транспортний засіб, так і візок вагою 1400 кг, на якому встановлений бар'єр, рухаються зі швидкістю 50 км/год у протилежних напрямках. Тест імітує зіткнення між тестовим автомобілем та типовим автомобілем середнього класу [1], [3], [18].

Дві манекени для фронтального удару, що представляють дорослих чоловіків, розміщені на передніх сидіннях, а дитячі манекени розташовані в дитячих утримуючих пристроях на задніх сидіннях. Манекени, автомобіль і візок обладнані датчиками для запису сил та уповільнень, яким піддаватимуться пасажирів. У цьому тесті оцінюється кілька аспектів безпеки автомобіля. Щоб захистити пасажирів тестового автомобіля, ударні сили повинні ефективно спрямовуватись у частини автомобіля, де енергія може бути ефективно та безпечно поглинена. Передня зона деформації повинна складатися контрольовано, залишаючи пасажирський відсік максимально неушкодженим, при цьому не піддаючи пасажирів небезпечно високим рівням уповільнення.



Рисунок 1.9 – Приклад оцінювання оцінки нових автомобілів (MPDB тест)

Задній рух кермового колеса та педалей повинен бути обмеженим, щоб уникнути серйозних травм. Крім того, спосіб уповільнення візка під час удару

та шкода, завдана деформованому бар'єру тестовим автомобілем, вказують на ефективність взаємодії. Автомобіль, який призводить до надзвичайно високих уповільнень візка або спричиняє дуже сильну локалізовану деформацію, вважається таким, що має погану «сумісність». У реальному світі такі автомобілі можуть не поглинати власну енергію так ефективно, як повинні, і становлять загрозу для інших учасників дорожнього руху.

Тест на боковий удар об стовп полягає в бічному зіткненні з жорстким стовпом. Автомобіль рухається зі швидкістю 32 км/год і вдаряється об стовп під невеликим кутом до перпендикуляра. Якщо автомобіль оснащений центральною подушкою безпеки для захисту пасажирів передніх сидінь від зіткнення між собою, то два манекени середнього чоловіка розміщуються на передніх сидіннях. Якщо центральної подушки безпеки немає, то на водійському сидінні розміщується один манекен (рис. 1.10).

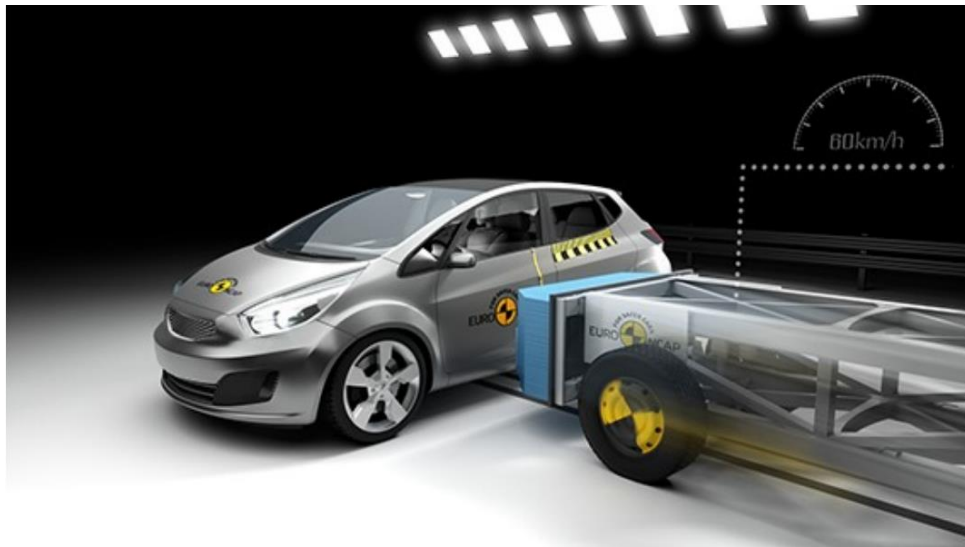


Рисунок 1.10 – Випробування автомобіля під час бокового удару

Це дуже суворий тест на здатність автомобіля захищати голову водія. Через те, що навантаження на автомобіль настільки локалізоване, деформація може бути дуже великою, і стовп може проникнути глибоко в пасажирський відсік. Без ефективного захисту стовп вдарив би по голові, що призвело б до серйозних або потенційно смертельних травм. Подушки безпеки для захисту голови — зазвичай шторки безпеки, встановлені над боковими вікнами, але

іноді подушки безпеки для грудної клітки/голови, встановлені на сидінні, — стали поширеним рішенням, але необхідна велика увага для забезпечення ефективної роботи таких пристроїв.

### **Висновки за розділом**

1. Проведено аналіз основних типів систем безпеки автомобілів. Встановлено, що основними напрямками удосконалення є дві технології, також відомі як пасивні системи безпеки, і активні, також відомі як системи активної безпеки. Обидві ці системи працюють разом, щоб запобігти або мінімізувати ймовірність нещасних випадків, але вони відрізняються за своїм підходом. Є цілий ряд основних відмінностей між пасивними та активними системами але вони однаково важливі для безпеки дорожнього руху.

2. У світі існує низка організацій, кожна з яких займається різними аспектами безпеки транспортних засобів. І оскільки передові системи допомоги водієві все частіше вбудовуються в автомобілі, вантажівки та автобуси, ці організації постійно впроваджують все більше стандартів і протоколів, пов'язаних з системами безпеки. Для зменшення людських помилок, ці організації постійно визначають, удосконалюють і встановлюють обов'язкові випробування автомобілів і правила в Європі, Північній Америці та в усьому світі.

Основні організації, які беруть участь у встановленні, підтримці і забезпеченні дотримання цих стандартів – це SAE International, Європейська економічна комісія ООН (ЄЕК ООН) та Euro NCAP.

## РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Основні види ремонту та оцінка пошкоджень автомобільних кузовів

До теперішнього часу розробки різних технічних систем для вирівнювання заданих ділянок на поверхні тонкостінних листових металів були ініційовані, в основному, через попит на виробничі операції з реставрації кузовних панелей автомобілів. Ця необхідність обумовлена не лише естетичними міркуваннями, але й неможливістю подальшої експлуатації транспортних засобів із пошкодженим кузовом.

Робота з механічними витяжними пристроями потребує високої кваліфікації та майстерності виконавця. Проте навіть у цьому випадку практично неможливо забезпечити достатню надійність виконуваної операції щодо збереження елемента, який ремонтується. Це означає, що в процесі реставрації можливо його руйнування.

Залежно від ступеня пошкодження або корозійного руйнування кузовної деталі, передбачаються такі види ремонту під час знятих вузлів і деталей, що перешкоджають проведенню рихтувальних, зварювальних та фарбувальних робіт:

Ремонт 0 — усунення пошкоджень на лицьових поверхнях кузова без пошкодження лакофарбового покриття;

Ремонт 1 — усунення пошкоджень у легкодоступних місцях (до 20% поверхні деталі);

Ремонт 2 — усунення пошкоджень зі зварюванням або ремонт № 1 поверхні деталі, деформованої до 50%;

Ремонт 3 — усунення пошкоджень з розкриттям та зварюванням, частковою реставрацією деталі до 30%;

Ремонт 4 — усунення пошкоджень з частковою реставрацією деталі на поверхні понад 30%;

Часткова заміна — заміна пошкодженої частини деталі кузова ремонтною вставкою (з номенклатури запасних частин або виготовленою з останніх);

Заміна — заміна пошкодженої деталі кузова деталлю із запасних частин;

Великоблоковий ремонт — заміна пошкоджених частин кузова блоками деталей від бракованих кузовів з розміткою, відрізкою, припасуванням, витяжкою, рихтуванням, зварюванням

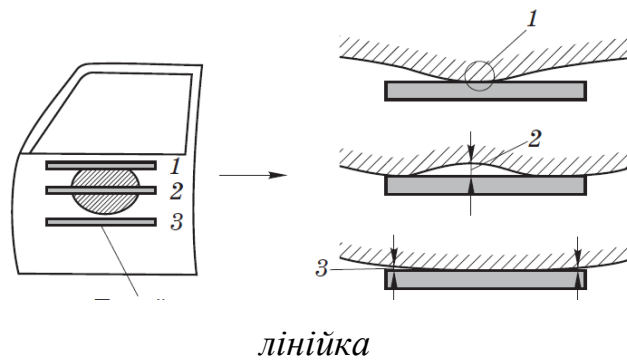
Перед тим як приступити до ремонту, слід оцінити розміри пошкодження, а потім вибрати метод ремонту. Існують три основні методи оцінки розмірів пошкодження: візуальна оцінка, оцінка на дотик та оцінка за допомогою лінійки.

Враховуючи, що ушкодження кузова можуть бути різними, відповідно до цього правила ремонту мають бути індивідуальними за вимогами. Майже у всіх випадках необхідно знімати деякі деталі, щоб виявити пошкодження, виправити та вивірити каркас кузова. При серйозних пошкодженнях знімають внутрішню оббивку, щоб полегшити вимірювання, контроль та встановлення гідравлічних або гвинтових домкратів для усунення перекосів та прогинів.

Візуальна оцінка. Для оцінки розмірів пошкодження та ступені деформації ділянку кузова, що потребує ремонту, висвітлюють люмінесцентною лампою та перевіряють її відображення. Для оцінки пошкоджену ділянку оглядають під різними кутами.

Оцінка на дотик. Проводять рукою по пошкодженій ділянці з різних боків, не натискаючи і сконцентрувавшись на відчуттях руки. Щоб оцінити дрібні вм'ятини, рух рукою має покривати велику ділянку, захоплюючи і непошкоджену ділянку.

Оцінка за допомогою лінійки. На пошкодженій та непошкодженій ділянці поміщають лінійку і перевіряють зазор між панеллю та лінійкою, після чого оцінюють різницю зазорів на пошкодженій та непошкодженій ділянках (рис. 2.1). Даний метод дозволяє зробити більш точну кількісну оцінку, ніж попередні методи. [12], [15].



1 - опуклість; 2 – вм'ятина; 3 - нормальний зазор

Рисунок 2.1 - Оцінка пошкодження кузова за допомогою лінійки

## 2.2. Механічні методи відновлення деформованих поверхонь кузова

Деформовані поверхні ремонтують шляхом механічного або термічного впливу на метал (метод усадки), а також заповненням вм'ятин швидко твердіючими пластиками або припоєм (шпаклювання). Механічний вплив здійснюється молотком і оправленням або приварними шайбами.

Ремонт кузова механічним впливом передбачає роботи з розтяжкою, видавлюванням та рихтуванням деформованих частин кузова для надання їм первісних форм та конфігурацій. Деталі кузова ремонтують у гарячому та холодному стані.

Зазвичай для ремонту кузова використовують молоток та оправлення, однак у важкодоступних місцях замість оправлення застосовують підтримку.

Вм'ятини у важкодоступних місцях усувають за допомогою важелів, опорних плит та спеціального пристосування ударного типу. Вм'ятини, розташовані під підсилювачами, усувають плоскими важелями. Виштампування і ребра жорсткості на відкритих ділянках відновлюють за допомогою опорних плит і спеціального зубила. Заломи та вм'ятини панелей дверей, а також крил виправляють важелями, використовуючи як опору внутрішні елементи панелей капота, дверей, щитка брызковика і т.д.



### 2.3. Технологія ремонту панелі за допомогою кування

Якщо плоский лист металу кується на опорній плиті, обидва краї листа металу піднімаються (рис. 2.2). Цей ефект проявляється тим сильніше, чим більша кривизна ударної поверхні молотка. У зв'язку з цим рекомендується, щоб бойок молотка був круглим і мав плоску ударну поверхню. З іншого боку, оправлення чи підтримка повинна мати кривизну, яка не перевищує кривизни панелі, що ремонтується.

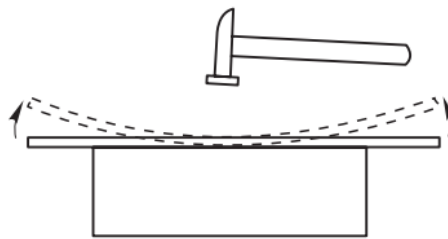


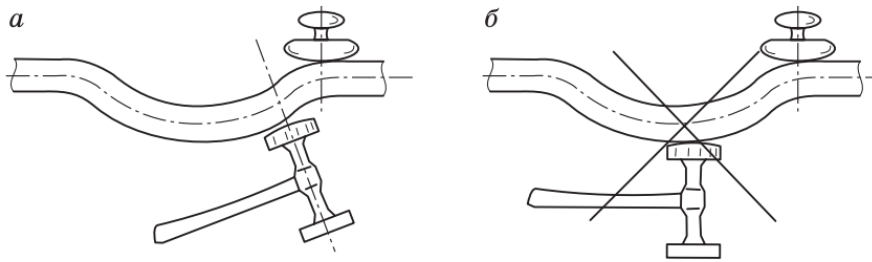
Рисунок 2.2 - Кування плоского листа металу

Плоскі оправки не слід встановлювати на панелі з увігнутою поверхнею, оскільки краї оправлення залишать невеликі вм'ятини на поверхні панелі. Рекомендується використовувати оправки, кривизна поверхні яких становить приблизно 80 % вихідної кривизни панелей.

Правку деформованих поверхонь виконують за допомогою плоского молотка (киянки) і фасонних плит або ковадла спеціального профілю (рис. 3.3). При виконанні цієї операції контропора повинна розташовуватися зі зміщенням від центру вм'ятини, а молоток і контропора не повинні розташовуватися на одній осі (рис. 2.3, а).

В результаті правильно проведеної рихтування додаткові напруги, спричинені деформацією поверхні, усуваються та відновлюється стабільна первісна форма кузова. Якщо перший удар рихтувальним молотком завдати по центру вм'ятини (рис. 2.3, б), то відбудеться зміщення лише середньої її частини, у той час як краї залишаться на колишньому місці. У перехідній зоні, що знову виникла, від середини вм'ятини до її краю виникнуть напруги

стиснення та розтягування, внаслідок чого місце, що рихтується, стане більш жорстким і майже не піддаватиметься подальшій обробці.



а - правильне положення молотка; б - неправильне положення молотка

Рисунок 2.3 - Відновлення форми деталей за допомогою рихтувального інструменту

#### 2.4. Технологія ремонту панелі за допомогою приварних шайб

Ремонт панелі із застосуванням приварних шайб полягає у тому, що до вм'ятини панелі приварюється шайба. Після цього шайба витягується, а вм'ятини при цьому виправляється. Для приварювання шайб застосовується електричний зварювальний апарат. Шайба, що утримується електродом, стикається з листом металу. Після цього через ділянку між шайбою та масою (листом металу) пропускається струм великої сили та за рахунок тепла, що виділилось при проходженні електричного струму через опір, деталі, що стикаються, приварюються.

Існують чотири методи витягування приварної шайби. Ручне витягування (рис. 2.4, а). У цьому методі приварна шайба витягується рукою. Ділянки, що виступають, вирівнюють молотком. Метод використовується для ремонту невеликих вм'ятин.

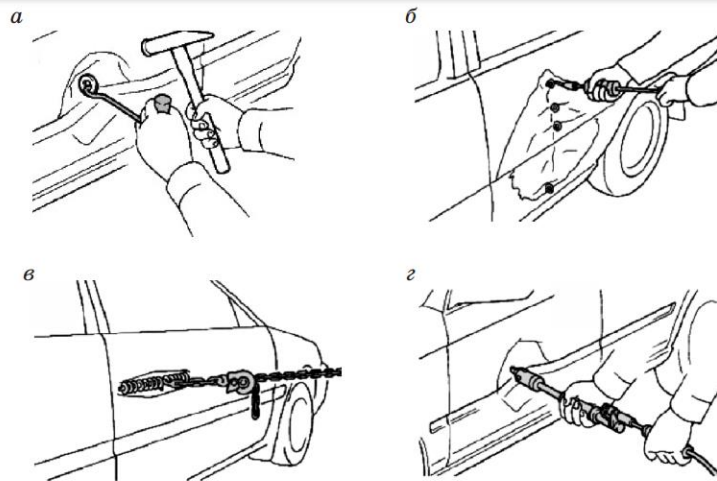


Рисунок 2.4 - Методи витягування

Витягування за допомогою зворотного молотка (рис. 2.4, б). Приварна шайба витягується за допомогою зворотного молотка. Втягування вм'ятини відбувається за рахунок удару бойка зворотного молотка. Цей метод використовується для попереднього витягування та ремонту вм'ятин на панелях з високою жорсткістю [9], [12], [15].

Витягування за допомогою ланцюгового храпового механізму (рис. 2.4, в). Метод використовується для ремонту великих вм'ятин. До панелі приварюється кілька шайб, для одночасного витягування яких прикладається велике зусилля.

Витягування за допомогою зворотного молотка із приварним наконечником (рис. 2.4, г). У цьому випадку застосовується пристосування, яке складається зі зворотного молотка, у якого є приварний наконечник. Наконечник можна приварити до панелі, потім витягнути панель.

## 2.5. Усунення випучин і вм'ятин

Усунення випучин у холодному стані засноване на розтягуванні металу по концентричних колах або по радіусах від випучини до неушкодженої частини металу (рис. 2.5).

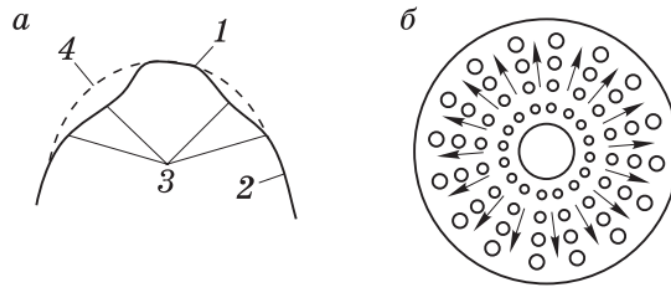


Рисунок 2.5 - Усунення випучин у панелях кузова без нагріву

При правці утворюється плавний перехід від найвищої частини випучини до її поверхні панелі. Для цього в напрямку від металу, що оточує випучину, до вигнутої частини поверхні молотком завдають серію послідовних ударів по колу. У міру наближення молотка до межі випучини силу удару зменшують. Чим більше кіл на панелі при рихтуванні, тим плавніше вийде перехід від випучини до неушкодженої частини металу.

Правку в нагрітому стані роблять двома способами: нагріванням з подальшим охолодженням та нагріванням з осадком металу ударним впливом. Нагрів та швидке охолодження опуклості (тепловий спосіб) заснований на використанні процесів розширення та усадки металу.

Різде охолодження нагрітої ділянки кузова роблять змоченим у воді тампоном з азбесту або ганчірки. Охолодження металу призводить до потрібної осадки та прийняття поверхнею кузова необхідного профілю. При усуненні опуклості даним способом поверхню охолоджують у послідовності, вказаній на рис. 2.6. [5], [16], [18].

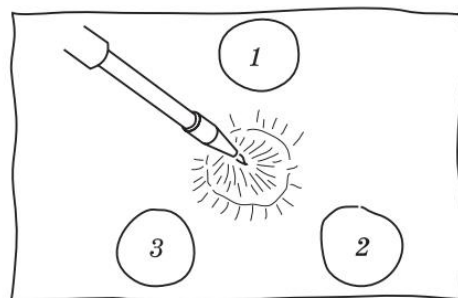
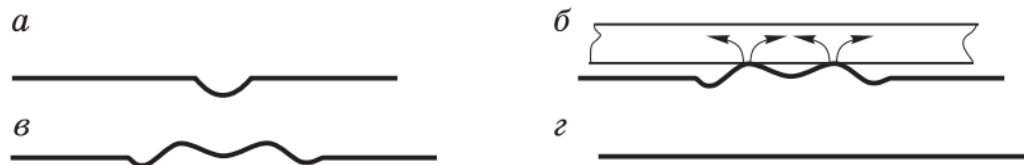


Рисунок 2.6 - Послідовність охолодження нагрітої поверхні кузова з випуклістю

За рахунок розширення металу в зоні нагріву западина відчуває напругу, що стискає; відбувається як би злам її кромки, і вона підніметься над загальною поверхнею панелі (рис. 2.7). Після цього підняті кромки починають обробляти холодним напилком, зуби якого, врізаючись у метал, інтенсивно відводять тепло, що призводить до охолодження кільця металу навколо вм'ятини та його затвердіння. Остигаючий пізніше метал усередині «замороженого» кільця також звужується, виникають розтягувальні напруги, вм'ятини витягується. Для повного усунення вм'ятини описаний процес може повторюватися кілька разів.



а - профіль панелі з вм'ятиною; б - відведення тепла від напилка; в - профіль панелі після нагрівання; г - профіль панелі після завершення операції

Рисунок 2.7 - Усунення точкової вм'ятини нагріванням

## 2.6. Нагрів опуклості (вм'ятини) та осадження металу

Ці операції здійснюють у такій послідовності. Метал розігрівають до червона (діаметр кола при розігріві — не більше 10 мм при товщині металу 0,6...0,8 мм). Під нагріву ділянку встановлюють ручне ковадло. Киянкою при усуненні опуклості або молотком-гладилкою при усуненні вм'ятини вистукують не почервонілий метал навколо нагрітої точки, а потім нагріту точку.

Послідовність попереднього нагріву та нанесення ударів при усуненні великих опуклостей (вм'ятин) залежить від форми опуклості. Якщо опуклість кругла, то точки ударів 1-4 (рис. 2.8) розташовують по спіралі у напрямку від периферії до центру; якщо опуклість довга та вузька, то точки ударів 1-16 мають вузькі ряди.

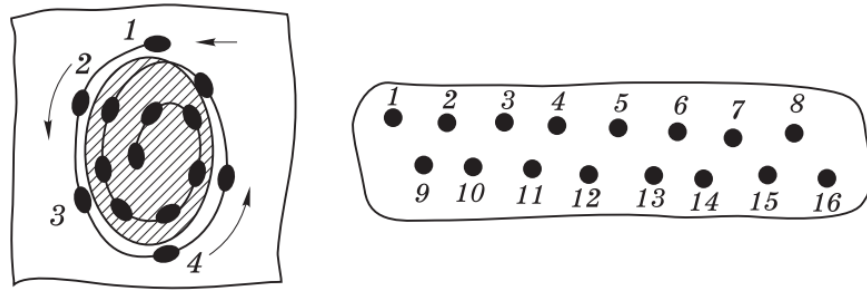


Рисунок 2.8 - Послідовність нагріву та осадження металу киянкою або молотком при усуненні опуклостей

Нерівності на панелях можна вирівнювати за допомогою поліефірних шпаклівок, термопластику, епоксидних мастик холодного затвердіння, припою.

Рихтування вм'ятини на поверхні алюмінієвого кузова слід починати не з країв, як при рихтуванні сталевого листа, а з середини (рис. 2.9).

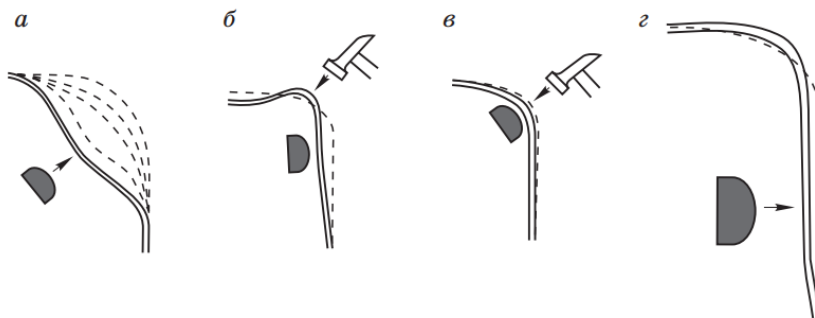


Рисунок 2.10 - Видалення вм'ятин на поверхні алюмінієвого кузова

Спочатку завдають легких ударів контропорою по центру вм'ятини. Коли початковий контур кузова буде відновлено, продовжують вистукувати контропорою зони початку країв вм'ятини (рис. 2.10, а).

При відновленні кузова легкового автомобіля використовують геометричні параметри кузова (рис 2.11), які вказані в інструкції з експлуатації автомобіля або у вигляді листів контролю для різних моделей автомобіля, що є в базі даних сучасних стендів для контролю та виправлення кузовів. Крім загальних даних щодо кріплення агрегатів підприємства-виробники вказують контрольні розміри кузова по отворах (рис. 2.11) та відносного положення

основних деталей. Одним із критеріїв якості виконаного ремонту кузова є величина зазорів по лицьовим панелям кузова, котра вимірюється лінійкою або штангенциркулем. При контролі якості ремонту необхідно стежити за рівномірністю зазорів по лініях сполучення між рухомими та нерухомими лицьовими деталями кузова. Двері кузова, кришка багажника та капот повинні надійно закриватися, легко відкриватися та бути підігнані по посадкових місцях. Розбіжність ліній штампування дверей і крил на одній стороні допускається в межах  $\pm 2$  мм. Виступ навісних рухомих лицьових панелей щодо нерухомих поверхонь має бути мінімальним та не перевищувати 3 мм.

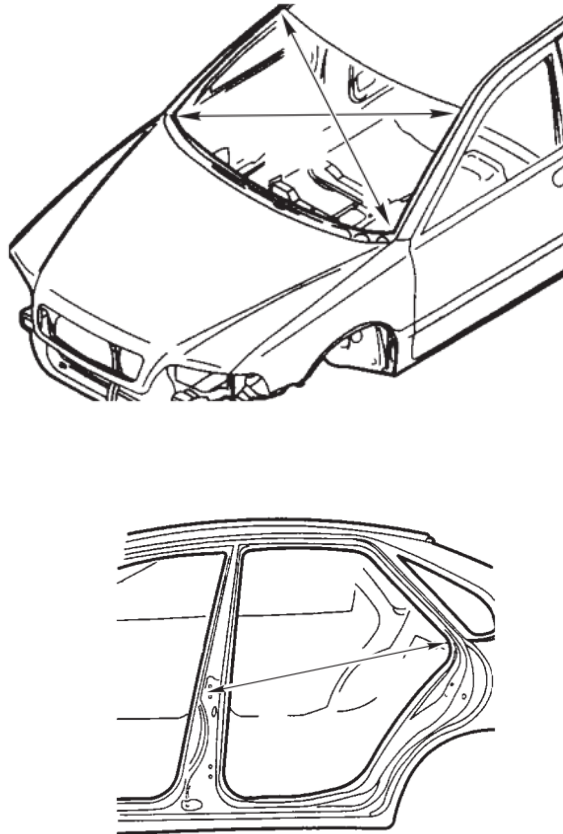
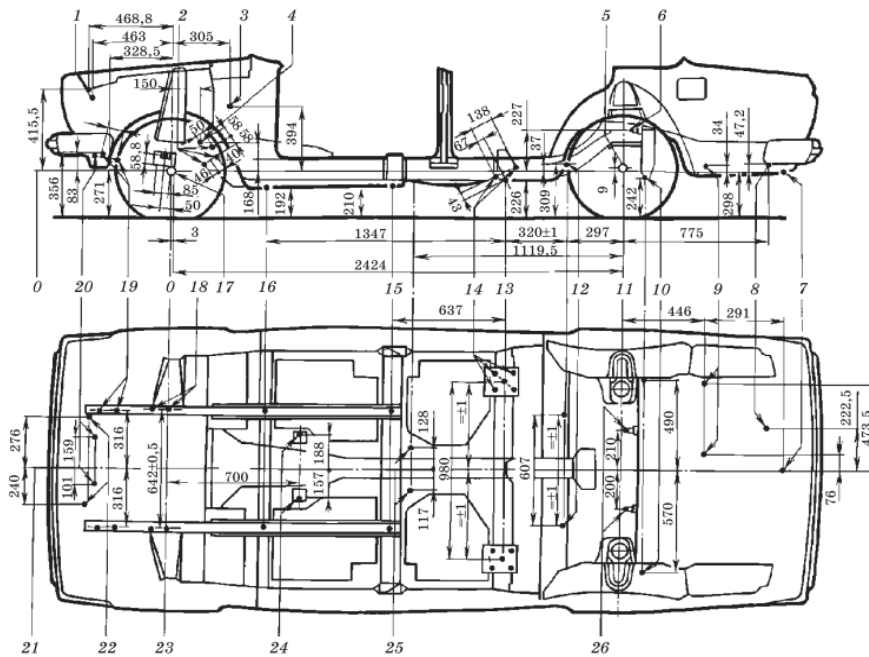


Рисунок 2.12 - Контрольні розміри по отвору вітрового скла та середньої і задньої стійок по отвору дверей



0 - базова лінія; 1 - верхнє кріплення радіатора; 2 – кріплення картера кермового механізму та маятникового важеля; 3 - вісь педалей гальма та зчеплення; 4 - центр кермового механізму; 5 - центр колеса; 6 - кріплення амортизаторів задньої підвіски; 7 - центр заднього технологічного отвору центрального підсилювача підлоги багажника; 8 - заднє кріплення глушника випуску газів; 9 - переднє кріплення глушника; 10 - кріплення поперечної штанги задньої підвіски; 11 – вісь задніх коліс; 12 - вісь болтів кріплення верхніх поздовжніх штанг задньої підвіски; 13 - вісь болтів кріплення нижніх поздовжніх штанг до кронштейнів кузова; 14 - кріплення кронштейнів нижніх поздовжніх штанг; 15 - центр заднього технологічного отвору переднього лонжерона підлоги; 16 - центральний технологічний отвір переднього лонжерона підлоги; 17 - центр колеса; 18 - точки кріплення поперечини передньої підвіски; 19 - кріплення стабілізатора поперечної стійкості; 20 - нижнє кріплення радіатора; 21 - вісь автомобіля; 22 - верхнє кріплення радіатора; 23 - вісь передніх коліс; 24 – кріплення задньої підвіски двигуна; 25 - кріплення опори карданного валу; 26 - кріплення амортизаторів задньої підвіски.

Рисунок 2.12 - Основні розміри для перевірки точок кріплення агрегатів



## **2.7. Використання індукційних та магнітних пристроїв для видалення вм'ятин кузовів**

Індукційний нагрівач металів поки що практично не використовується в автосервісі, і можна сказати, що це абсолютно нова технологія для СТО. Завдяки магнітній індукції відбувається майже миттєвий розігрів металу на глибину до 5 мм - всього за одну секунду. Нагрівання є локальним, і на відміну від газового пальника, температура металу досягає комфортних 500-600 °С (а не 1000-1500 °С, як при газовому розігріві). Це дуже важливо, оскільки не впливає на хімічні та фізичні структурні зміни в металі.

Індуктор ефективно працює з усіма металами, включаючи алюміній. Нагрівання металу можливе навіть через шар гуми або пластикових молдингів. Площа та потужність нагріву залежать від відповідної потужності пристрою.

Застосування індуктора:

- рихтування без фарбування неглибоких вм'ятин, дрібних пошкоджень від граду та каменів, усадка металу тощо.
- використання індукційного нагрівача в парі з витяжним стапелем та векторною гідравлікою.
- миттєвий нагрів прикипілих та заржавілих гайок і болтів, особливо при ремонті старої підвіски та болтів вихлопних труб у важкодоступних місцях.
- розігрів і вигинання трубопроводів, пластин, термоусадкових елементів безпосередньо на місці.
- демонтаж клеєних лобового, бічних та заднього авто скла.
- зняття і видалення клеєних спойлерів, молдингів з можливістю їх повторного використання.

Безпроблемне видалення будь-якої захисної плівки, вінілової графіки, емблем з кузова автомобіля без пошкодження лакофарбового покриття. Професійний апарат для витягування вм'ятин без подальшого фарбування T-Hot Vox (Швейцарія) є ідеальним рішенням для виправлення пологих вм'ятин на кузові автомобіля після невеликих ударів чи інших ушкоджень. Цей індукційний прилад особливо ефективний для роботи з вм'ятинами від

дрібного граду. Він дозволяє видаляти вм'ятини, зберігаючи оригінальне лакофарбове покриття автомобіля.

T-Hot Vox використовується для усунення різноманітних вм'ятин, таких як паркувальні пошкодження, вм'ятини від падіння бурульок, транспортування або інших зовнішніх ударів. Цей пристрій дозволяє проводити дрібний кузовний ремонт пологих вм'ятин, а також стягувати хлопуні й піднімати переходи після шпаклівки і фарбування.

Основна перевага T-Hot Vox полягає у його здатності ефективно працювати з вм'ятинами, зберігаючи оригінальне покриття автомобіля і зменшуючи необхідність у подальшому фарбуванні. Такий підхід не тільки зекономить час, але й зменшить витрати на ремонт, забезпечуючи високу якість виконання робіт.



а



б

а – загальний вигляд, б – фрагмент роботи

Рисунок 2.13 - Прилад T-Hot Vox

Індукційний прилад впливає тільки на нагрівання металу через випромінювання, не впливаючи на фарбу і інші полімери на металевій основі. Під час нагрівання відбувається стягування металу, оскільки напруга металу в ум'ятій області відповідно направлена вгору, що дозволяє відновити колишню форму профілю.

Якщо вм'ятину не вдається витягнути з першого разу, необхідно зачекати, поки поверхня повністю охолоне, уникаючи перегріву

лакофарбового покриття (можна прискорити процес охолодження за допомогою розпилення води), і повторити процедуру ще раз.

Такий підхід дозволяє досягати точного відновлення форми кузова автомобіля без пошкодження зовнішнього покриття, забезпечуючи якісний кузовний ремонт пологих вм'ятин.

### **Висновки за розділом**

1. У розділі проаналізовано основні способи відновлення та ремонту кузовних елементів та деталей, які використовують механічний або температурний вплив. Також часто застосовують метод приварних шайб чи гребня з дроту.

2. Для випадків рихтування металевих кузовних елементів за наявності неглибоких вм'ятин без фарбування, дрібних пошкоджень доцільно початково використовувати методи, які не передбачають зняття лакофарбового покриття.

## РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1. Характеристики магнітних пристроїв для рихтування кузовів

Рідкоземельні магніти виготовляються з додаванням елементів лантаноїдної групи. Найпоширенішими елементами цієї групи, що використовуються у виробництві постійних магнітів, є неодим (Nd) та самарій (Sm). Існує багато різних сумішей і сплавів з цими елементами, але найбільш поширеними є сплави неодим-залізо-бор (Nd-Fe-B) і самарій-кобальт (SmCo).

Рідкоземельні магніти Nd-Fe-B - спечені магніти, які виготовляються за технологією порошкової металургії. Вони мають високі магнітні властивості, але їх виробництво є дорогим, а самі магніти крихкі.

Магнітопласти найчастіше використовують полімерний наповнювач для утримання частинок магнітного сплаву. Ці магніти мають більш слабкі магнітні властивості порівняно зі спеченими, але вони дешевші, пластичні та легко піддаються обробці [13].

SmCo магніти є стабільними при високих температурах і мають відмінну корозійну стійкість. SmCo магніти також поділяються на два основних типи: SmCo<sub>5</sub> і Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub>, що відрізняються своїм складом і магнітними властивостями.

На сьогодні в промисловості існує 4 класи сучасних комерційних магнітів, кожен з яких ґрунтується на своєму складі використовуваних матеріалів. У середині кожного класу розрізняють сімейства градацій зі своїми магнітними властивостями. Ці основні класи такі:

- Неодим-залізо-бор (Nd-Fe-B, NdFeB, NIB) (рис. 3.1а);
- Самарій-кобальт (SmCo);
- Альніко (Alnico);
- Керамічні (ферити) (рис. 3.1 б).

Неодимові магніти часто продають у вигляді магнітних захватів, що включають магніт розміщений у корпусі з магнітом'якої сталі і має вантажопідйомність до 10-15 кг (рис 3.1 в).

Сьогодні більш широко використовують магніти Nd-Fe-B які маркують буквами та цифрами залежно від температурного режиму роботи та енергій.



а – неодимовий (Nd-Fe-B); б – феритовий (керамічний); в – магнітний захват

Рисунок 3.1 - Найбільш поширені магніти

Магніти марки N (Normal) можуть застосовуватися при нормальних температурах, тобто до 80 градусів Цельсія;

Магніти марки M (Medium) – можуть застосовуватись за підвищених температур, тобто до 100 градусів Цельсія;

Магніти марки H (High) – можуть застосовуватись за високих температур, до 120 градусів Цельсія;

Магніти марки SH (Super High) – можуть застосовуватись при температурах до 150 градусів Цельсія;

Магніти марки UH (Ultra High) – можуть застосовуватись при температурах до 180 градусів за Цельсієм;

Магніти марки EH (Extra High) можуть застосовуватися при температурах до 200 градусів Цельсія.

Високоенергетичні рідкоземельні магніти Nd-Fe-B (неодим-залізо-бор) мають унікальні характеристики, що роблять їх одними з найпотужніших постійних магнітів на сьогоднішній день. Ось основні характеристики цих магнітів.

### **3.2. Розрахунок магнітного пристрою для рихтування кузовів**

Максимальна енергія продукту ( $W_{Hmax}$ ): Високий енергетичний продукт, що зазвичай знаходиться в діапазоні 30-52 МГс·Е (мегагауссов·ерстедів), що означає високий рівень магнітної енергії.

Реманентна індукція: Значення реманентності для магнітів Nd-Fe-B може досягати 1.2-1.4 Тл (тесла), що є показником високої залишкової магнітної індукції. Максимальна робоча температура: В залежності від марки магніту, може варіюватися від 80°C до 200°C.

Високі температури можуть знижувати магнітні властивості, тому важливо вибирати правильну марку магніту відповідно до умов експлуатації. Завдяки своїм унікальним характеристикам, магніти Nd-Fe-B залишаються важливим елементом сучасних технологічних рішень [5], [13], [16], [18].

Таблиця 3.1 - Характеристики високоенергетичних рідкоземельних магнітів Nd-Fe-B

Марка матеріалу	Залишкова магнітна індукція B <sub>r</sub>		Коерцитивна сила (по току) H <sub>cj</sub>		Максимальний енергетичний добуток (BH) max.		Робоча температура t
	Tl (Тесла)	kG (кГаусс)	kA/m	kOe	MGOe	Kj/m <sup>3</sup>	С
N35	1,17-1,20	11,7-12,0	955	12	35	279	80
N35M	1,17-1,20	11,7-12,0	1115	14	35	279	100
N35H	1,15-1,17	11,5-11,7	1355	17	35	279	120
N35SH	1,17-1,20	11,7-12,0	1590	20	35	279	150
N35UH	1,17-1,20	11,7-12,0	1990	25	35	279	180
N38	1,17-1,20	12,2-12,6	955	12	38	303	80
N38M	1,22-1,26	12,2-12,6	1115	14	38	303	100
N38H	1,22-1,26	12,2-12,6	1355	17	38	303	120
N38SH	1,22-1,26	12,2-12,6	1590	20	38	303	160
N38UH	1,22-1,26	12,2-12,6	1990	25	38	303	180
N40	1,26-1,29	12,6-12,9	955	12	40	318	80
N40M	1,26-1,29	12,6-12,9	1115	14	40	318	100
N40H	1,26-1,29	12,6-12,9	1355	17	40	318	120
N40SH	1,26-1,29	12,6-12,9	1590	20	40	318	160
N40UH	1,26-1,29	12,6-12,9	1990	25	40	318	180
N42	1,30-1,33	13,0-13,3	955	12	42	334	80
N42M	1,30-1,33	13,0-13,3	1115	14	42	334	100
N42H	1,30-1,33	13,0-13,3	1355	17	40	318	120
N42SH	1,3-1,33	13,0-13,3	1590	20	42	334	160
N45	1,33-1,37	13,3-13,7	955	12	45	358	80
N45M	1,33-1,37	13,3-13,7	1115	14	45	358	100
N45H	1,33-1,37	13,3-13,7	1355	17	45	358	120
N48	1,36-1,42	13,6-14,2	955	12	48	382	80
N48M	1,36-1,42	13,6-14,2	1115	14	48	382	100
N48H	1,36-1,42	13,6-14,2	1355	17	48	382	120
N50	1,41-1,45	14,1-14,5	876	11	50	398	70

Також слід враховувати, що "сила на відрив" магніту залежить не тільки від його фізичних характеристик, але й від розміру та ваги. Наприклад, магніт діаметром 25x20 мм легше відірвати від сталевго листа, ніж магніт діаметром 40x5 мм, оскільки площа контакту другого магніту більша (40 мм проти 25 мм). Однак магнітне поле першого магніту (25x20 мм) поширюється далі, що дозволяє йому краще "чіплятися" за сталевий лист.

Фізичні характеристики неодимових магнітів з матеріалу Nd-Fe-B:

Густина матеріалу:  $\sim 7,4 \text{ г/см}^3$ ;

Температура Кюрі: 310 - 340 °C;

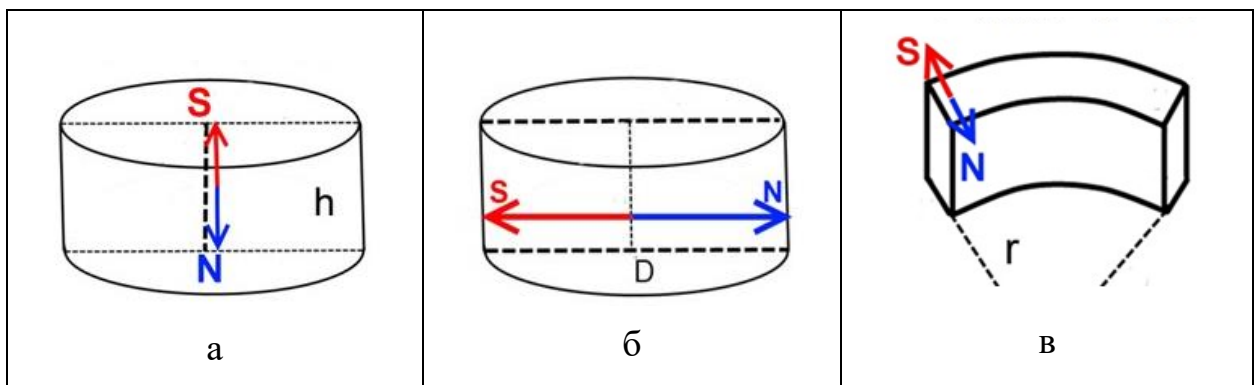
Твердість за Віккерсом:  $\sim 600 \text{ Нv}$ ;

Електричний опір: 140 - 145 Ом·см (електропровідний);

Неодимові магніти є надзвичайно потужними, але водночас крихкими та чутливими до високих температур. Вибір конкретного магніту для застосування залежить від багатьох факторів, включаючи його розмір, форму та умови експлуатації.

За напрямком магнітного поля неодимові магніти поділяються на такі види: аксіальний, діаметральний, радіальний.

Напрямок намагнічування (дії сили) показано на рисунку 3.2.



а – аксіальний; б – діаметральний; в – радіальний

Рисунок 3.2 - Напрямки намагнічування магнітів Nd-Fe-B

Отже, сьогодні існують високоенергетичні магніти з великим розривним зусиллям 10-15 кг і більше, які можна використовувати у кузовному ремонті

легкових автомобілів. Їх недоліком є неможливість відриву магніту від поверхні листового металу без ушкоджень.

Запропонована конструкція магнітного захвату (рис. 3.3) містить корпус 1, високоенергетичний магніт зі сплаву Nd-Fe-B 2, сила якого діє вздовж осі, шунт 3 та гвинт 4. Корпус 1 та шунт 3 виготовлені з магнітом'якої низьковуглецевої сталі Ст. 3, яка є добрим магнітопроводом. Основна магнітна сила у робочому положенні у такій магнітній системі зосереджена по кромці стакан, якою і закріплюють магнітний захват до поверхні листової деталі.

Після завершення робіт з виправлення вм'ятини магнітний захват відкріплюють від мініліфтера або зворотного молотка. Потім закручують гвинт 4 так, щоб магніт разом із шунтом перемістилися на 5 мм углиб стакану. Це призводить до того, що основна частина магнітного потоку перестає замикатися через поверхню листового металу, і замість цього замикається на нижньому полюсі магніту 2, проходячи через стінки стакану 3. У цей момент магнітний захват можна легко від'єднати, не пошкоджуючи поверхню листового металу.

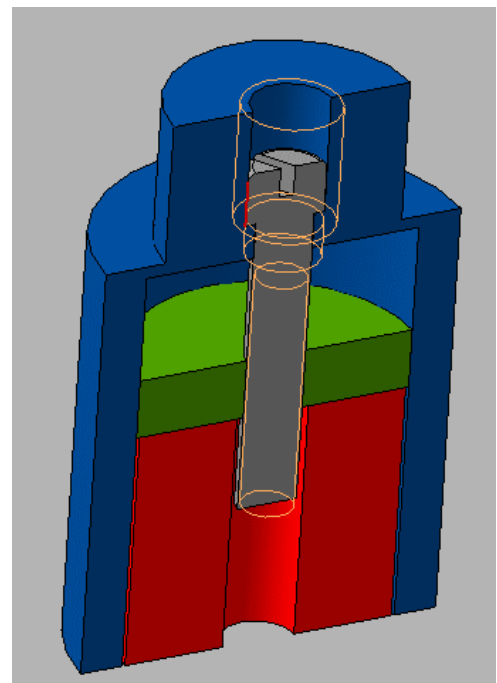
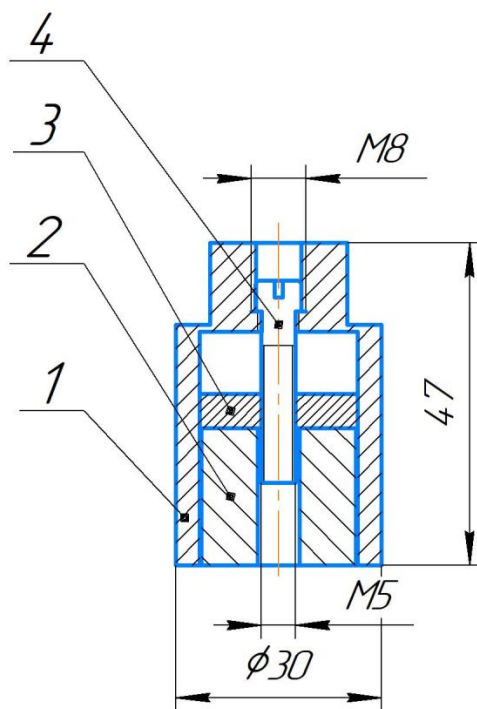


Рисунок 3.3 - Магнітний захват



Для надійного закріплення магнітного захвату потрібно знайти плоску поверхню на вм'ятині листового елемента діаметром 30 мм. Якщо така поверхня не знаходиться, її можна підготувати за допомогою інших інструментів.

Якщо вам потрібно збільшити зусилля для витягування вм'ятини, можна використовувати два або більше магнітних захватів, розміщених на спільному диску (див. рисунок 3.4). Ці захвати слід закріплювати на диску не жорстко, з деякими зазорами, щоб їх робоча поверхня могла добре прилягати до поверхні вм'ятини на листовій деталі. Рекомендується робити отвори у вигляді пазу для забезпечення можливості переміщення магнітних захватів.

Якщо під час рихтування магнітний захват від'єднався, його можна швидко закріпити знову, що є перевагою у порівнянні з клеючими грибками.

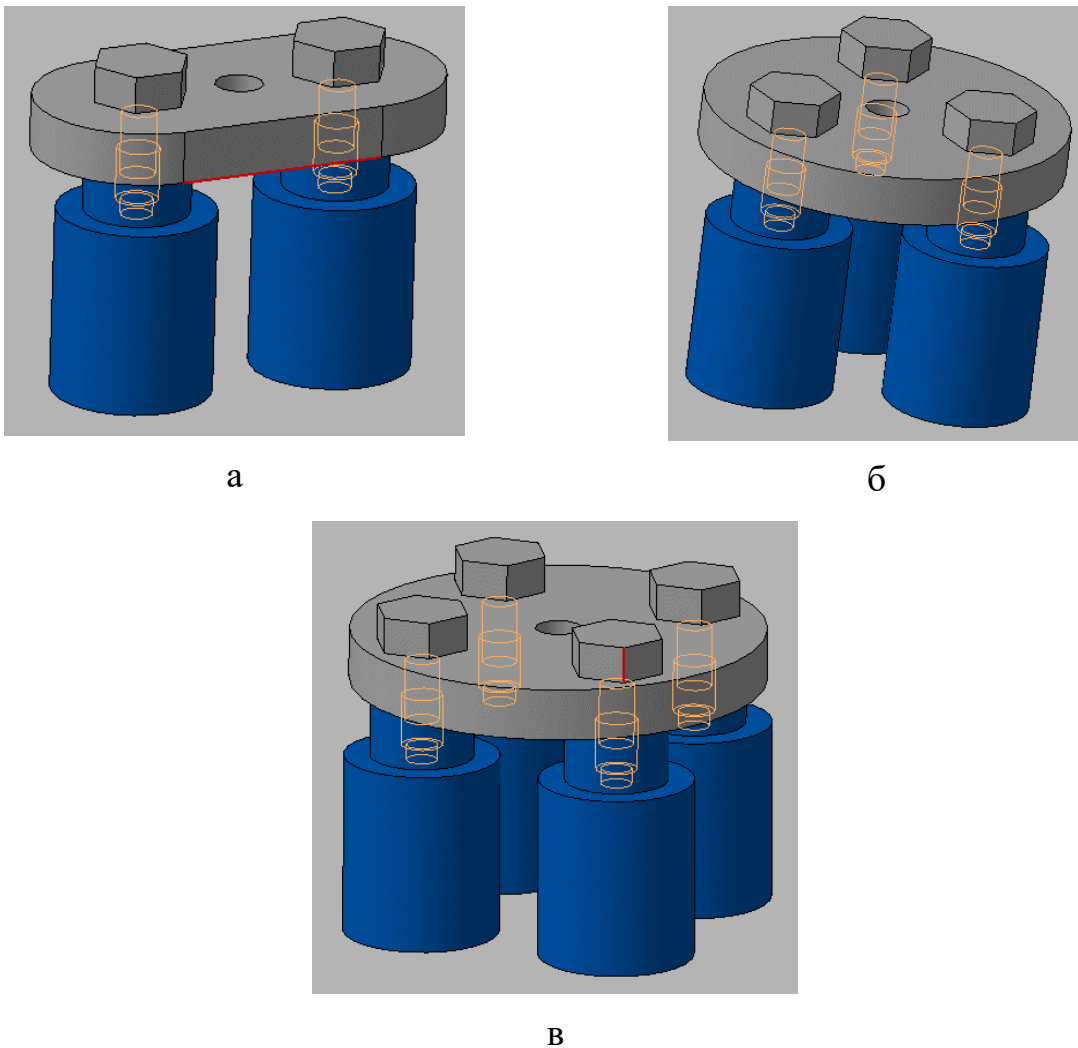
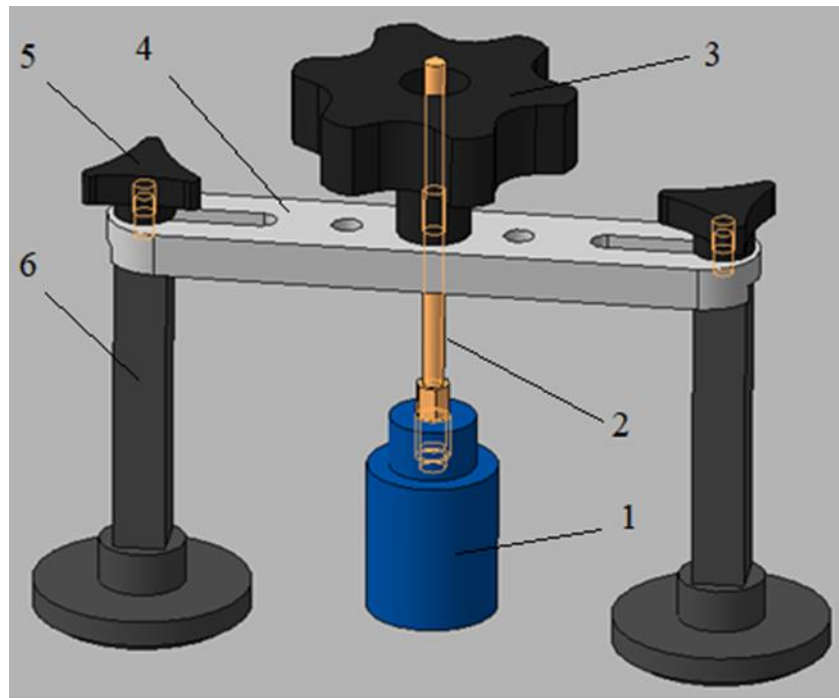


Рисунок 3.4 - Варіанти кріплення магнітних захватів



1 – магнітний захват; 2 – гвинт магнітного захвату; 3 – різьбова ручка; 4 – поперечна планка; 5 – зажим опори; 6 – опора

Рисунок 3.5 - Мініліфтер з одним магнітним захватом

Отримана сила взаємодії магнітного захвату з листовим металом товщиною 1 мм складає 51,69 Н або приблизно 5,3 кг (рисунок 3.5). Ця величина показує, як ефективно магнітна система замикає магнітний потік на листовому металі, використовуючи низьковуглецеву сталь Ст. 3 для стакану і шунта, які є добрими магнітопровідниками. Такий підхід дозволяє підвищити силові характеристики взаємодії магнітного захвату з металом, особливо біля країв стакану, де зосереджується максимальний магнітний потік.

Проведено експериментальні дослідження магнітних захватів для оцінки їх силових характеристик, порівнюючи їх з властивостями клеючих полімерних грибків, які широко використовуються для рихтування кузовних елементів легкових автомобілів [18].

Розривна сила становитиме:

$$P = F_{max} / S, \text{ МПа} \quad (3.1)$$

Сила розриву магнітного захвату або приклеєного полімерного грибка від поверхні листового металу визначається наступними факторами, матеріал

магніту, поверхня металу, її гладкість й чистота. Також вагомою є площа контакту між магнітом і металом, що забезпечує більшу силу утримання. Крім цього товстіший метал може забезпечити кращу взаємодію з магнітним полем.

Сила розриву приклеєного полімерного грибка:

$$F_{max} = m_{max} \cdot g, \text{ Н} \quad (3.2)$$

Площа зони контакту з листовим металом:  $S = \pi d^2 / 4, \text{ м}^2$ ,

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $9,8 \text{ м/с}^2$ ;  $d$  – діаметр зони контакту, м.

Визначення розривного зусилля магнітного захвату мініліфтера проводимо наступним чином. Приєднуємо робочу частину магнітного захвату до листового металу. З іншого кінця поступово додаємо вантажі до тих пір, поки магнітний захват не від'єднається від поверхні металу. Таким чином визначаємо граничну масу, необхідну для розриву. В ході експерименту ми визначили, що ця маса складає  $7,5 \text{ кг}$ . Також ми виміряли діаметр робочої поверхні магнітного захвату мініліфтера, який складає  $30 \text{ мм}$ ,

Розраховуємо розривне зусилля магнітного захвату:

Площа зони контакту з листовим металом:

$$S = \pi d^2 / 4 = 3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 / 4 = 7,07 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; \quad (3.3)$$

Сила розриву магнітного захвату з поверхнею листового металу товщиною  $0,8 \text{ мм}$ :

$$F_{max} = m_{max} \cdot g = 7,5 \cdot 9,81 = 73,56 \text{ Н};$$

Розривне напруження:

$$P = F_{max} / S = 73,575 / 7,07 \cdot 10^{-4} = 0,104 \text{ МПа}.$$

Визначення межі міцності приклеєного полімерного грибка. Цього разу, замість магнітного захвату, до поверхні листового металу приклеюємо полімерний грибок мініліфтера за допомогою термоклею. Хід експерименту такий же, як і в першому досліді. В ході експеримента ми визначили, що  $m_{max} = 10,5 \text{ кг}$ , а  $d_{гр} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .

Розраховуємо межу міцності приклеєного грибка:

Площа зони контакту з листовим металом:

$$S = \pi d^2 / 4 = 3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 / 4 = 7,07 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

Сила розриву магнітного захвату з поверхнею листового металу товщиною 0,8 мм:

$$F_{\max} = m_{\max} \cdot g = 10,5 \cdot 9,81 = 102,9 \text{ Н};$$

Розривне напруження:

$$P = F_{\max} / S = 102,9 / 7,07 \cdot 10^{-4} = 0,146 \text{ МПа.}$$

Визначення межі міцності магнітного захвату мініліфтера зі зашунтованим магнітом з іншого боку.

1. Площа контакту:

$$S = \pi d^2 / 4 = 3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 / 4 = 7,07 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

2. Сила на розрив:

$$F_{\max} = m_{\max} \cdot g = 12,5 \cdot 9,81 = 122,6 \text{ Н};$$

3. Розривне зусилля:

$$P = F_{\max} / S = 122,6 / 7,07 \cdot 10^{-4} = 0,173 \text{ МПа.}$$

Залежно від профілю та жорсткості елемента необхідне збільшення розривного зусилля магнітного захвату, тому їх кількість можна збільшувати до 3, 4, 5 і більше одиниць на одній спільній платформі або використати марку магніту з більшою енергією, зокрема марка неодимового магніту №52 може забезпечити розривне зусилля аналогічне клеючому полімерному грибку.

Порівняння силових та технологічних характеристик мініліфтерів з магнітними захватами та клеючими полімерними грибками можна здійснити за наступними параметрами. Магнітні захвати мають високе розривне зусилля, яке зазвичай вимірюється у кілограмах (кг). Наприклад, за допомогою неодимових магнітів може бути досягнуто значення розривного зусилля, аналогічного клеючим полімерним грибкам. Крім цього магнітні захвати здатні швидко закріплювати та відкріплюватися від металевих поверхонь, що спрощує технологічний процес порівняно з клеючими полімерними грибками.

Також вони дозволяють швидко та ефективно виконувати рихтувальні роботи без необхідності чекати на висихання клею, як у випадку з клеючими полімерними грибками (таблиця 3.2) [11], [16].

Таблиця 3.2 – Порівняльна оцінка методів витягування

Характеристики	Мініліфтер з магнітними захватом на основі високоенергетичних рідкоземельних магнітів Nd-Fe-B	Мініліфтер з клеючим полімерним грибок
Фото		
Розривна сила в робочій зоні діаметром 30 мм, Н (кг)	75 (7,5)	105 (10,5)
Розривне зусилля, МПа	0,104-0,173	0,146
Магнітна індукція на робочій поверхні, Тл	0,65	–
Взаємодія безпосередньо з металом	+	–
Можливість пошкодження фарби	–	+
Час закріплення на дефектній деталі, хв	0,5	5-10
Продуктивність праці	Збільшується у порівнянні з використанням інструменту з клеючими полімерними грибками до 30 %	

Отже, магнітні захвати є відмінним рішенням для використання в кузовному ремонті легкових автомобілів. Вони забезпечують силові характеристики, що конкурують із широко застосовуваними сьогодні мініліфтерами та зворотними молотками, які використовують клеючі полімерні грибки.

### Висновки за розділом

1. У розділі обґрунтовано можливість застосування магнітних захватів, як ефективного рішення для незначного кузовного ремонту легкових автомобілів, оскільки вони здатні забезпечити силові характеристики, що

конкурують із сучасними технологіями, такими як мініліфтери та зворотні молотки, які використовують клеючі полімерні грибки.

Магнітні захвати мають певні переваги, а саме, вони здатні забезпечити потужне розривне зусилля, що дозволяє ефективно виправляти вм'ятини та інші пошкодження кузова, не застосовуючи клеїв або інших адгезивних матеріалів. Це стало можливим завдяки використанню неодимових магнітів та компонування захватів, що забезпечує надійне утримання на металевій поверхні.

## **РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА**

### **4.1. Аналіз негативних виробничих чинників**

Метою даного розділу є розробка заходів безпеки праці при контактному точковому зварюванні під час виконання досліджень.

Основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами, що виникають під час роботи споттера, за ДСТУ 2489-94 є [7], [19].

- машини, механізми, заготовки, які рухаються, в тому числі приводи стиску, затиску та фіксації;
- підвищений рівень шуму на робочому місці ;
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може пройти через тіло людини;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- фізичні перевантаження.

Контактне зварювання металів слід виконувати відповідно до вимог даного стандарту ДНАОП 0.00-1.21-98 „Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів” та ДНАОП 0.00-1.32-01 „Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок”.

Рівні небезпечних і шкідливих речовин у повітрі робочої зони не перевищують гранично допустимих концентрацій (ГДК), рівні звукового тиску й рівні шуму на робочому місці при контактному зварюванні відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 наведено в таблиці 4.1 [19]. Якщо рівнів шуму і звукового тиску дещо більше, ніж нормативно встановлені, тому застосовується захист у відповідності до ДСН 3.3.6.037-99:

- застосуванням засобів і методів колективного захисту;
- засобів індивідуального захисту по ДСТУ EN 352-6:2005;
- будівельно-акустичними методами.

Таблиця 4.1 - Допустимий рівень звукового тиску і рівень шуму на робочому місці під час контактного зварювання

Рівні звукового тиску в дБ (не більше) в октавних голосах із середньо герметичними частотами, Гц								
31,5	63,0	125,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0
107	95	87	82	78	75	73	71	69

Основними засобами колективного захисту, що застосовано в залежності від реалізації є: акустичні, архітектурно-планувальні і організаційно-технічні. Будівельно-акустичні заходи по зниженню шуму: пристрої кожухів, екранів; пристрої звукоізованих кабін спостереження, управління; шум знижують також облицюванням звукопоглинаючими матеріалами стелі і стін; розміщення устаткування, по можливості, з меншою щільністю (не менше 1,5 м), що дозволяє використовувати екрани.

За допомогою звукоізовлюючих заходів знижується рівень шуму на 30...40 дБ. Тому ефективними звукоізовлюючими матеріалами є метали, бетон, дерево, скло, щільні пластмаси.

Для зниження шуму в приміщенні проводять його акустичну обробку, тобто наносять звукопоглинаючі матеріали на внутрішні поверхні, а також розташовують в приміщенні штучні звукопоглиначі.

Для досягнення максимального ефекту облицюється не менше 60% загальної площі огорожувальних поверхонь.

Найбільша кількість випадків електротравматизму, в тому числі із смертельними випадками, стається при експлуатації електроустановок напругою до 1000 В. Основними причинами електротравматизму на виробництві є [4], [7], [19]:

- випадкове доторкання до неізованих струмопровідних частин електроустаткування;
- використання несправних ручних електроінструментів;



- застосування нестандартних або несправних переносних світильників напругою 220 чи 127 В;

- робота без надійних захисних засобів та запобіжних пристосувань;

- недотримання правил улаштування, технічної експлуатації та правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок та ін. Електротравми, які отримують при контактуванні зі струмоведучими і

- незахищеними частинами устаткування : електричний опік, електричні, металізація шкіри, механічні ушкодження, електрофтальмія, електричний удар, клінічна смерть.

Причинами летальних наслідків від дії електричного струму можуть бути:

- зупинка серця чи його фібриляція (хаотичне скорочення волокон серцевого м'яза);

- припинення дихання внаслідок судомного скорочення м'язів грудної клітки, що беруть участь у процесі дихання;

- електричний шок (своєрідна нервово-рефлекторна реакція організму у відповідь на подразнення електричним струмом, що супроводжується розладами кровообігу, дихання, обміну речовин тощо. Гранично допустимі значення напруги доторкання та сили струму для нормального (безаварійного) та аварійного режимів електроустановок при проходженні струму через тіло людини по шляху „рука – рука” чи „рука – ноги” (табл. 4.2 і 4.3).

Таблиця 4.2 - Граничнодопустимі значення напруги дотикання  $U_{доп}$  та сили струму  $I_{л}$ , що проходить через тіло людини при нормальному режимі електроустановки

Вид струму	$U_{доп}$ , В (не більше)	$I_{л}$ , мА (не більше)
Змінний, 50 Гц	2	0,3

Аварійний режим електроустановки означає, що вона має певні пошкодження, які можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій. Як

видно із таблиці 4.3 значення  $U_{\text{дот}}$  та  $I_{\text{л}}$  істотно залежать від тривалості дії струму.

Таблиця 4.3 - Гранично допустимі значення напруги дотикання  $U_{\text{дот}}$  та  $I_{\text{л}}$ , що проходить через тіло людини при аварійному режимі електроустановки

Вид струму	Нормоване значення	Тривалість дії струму t, с					
		0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	Більше 1,0
Змінний, 50 Гц	$U_{\text{дот}}$ , В	500	250	100	70	50	36
	$I_{\text{л}}$ , мА	500	250	100	70	50	6

Електромагнітні випромінювання. Оскільки напруги, що використовуються при процесі точкового зварювання, не перевищують 600 В, електричною складовою поля, яке формується навколо джерел живлення, нехтуємо. Великі значення струму, який протікає у вторинних ланцюгах, обумовлюють виникнення потужних магнітних полів.

Вплив магнітного поля промислової частоти позначається на центральній нервовій і серцево-судинній системах, які реагують навіть на незначні інтенсивності магнітних полів. Це приводить до зниження частоти серцевих скорочень (брадикардія), систолічного тиску, підвищеного тону судин і морфологічних змін, збільшенню швидкості кровотечі і розширенню артерій, гістологічним змінам у печінці, легенях, нирках і підшлунковій залозі, що виражаються у виді дистрофії, мікробіозу і некрозу. Має місце розлад геодинаміки в більшості внутрішніх органів, що свідчать про загибель ферментних елементів крові; вплив магнітного поля промислової й іншої частоти на організм значно активніший, ніж постійного магнітного поля. Найбільш виражені зміни відбуваються в чоловічих полових залозах.

Нормування магнітних полів здійснюється у відповідності до ДСН 3.3.6.096-2002. Одиницею напруженості магнітного поля є ампер на метр (А/м).

Рівні напруженості магнітного поля частотою 50 Гц при постійному впливі не повинні перевищувати 1,4 кА/м протягом робочого дня (8 год).

Час перебування людини в магнітному полі напруженістю понад 1,4 кА/м регламентується таблицею 4.4.

Для визначення випромінювання проводяться виміри на відстані 0,5...1,5 м від установок. Визначений рівень випромінювання дає можливість оцінити ступінь впливу ЕМП на персонал і обґрунтувати як місце розташування пульта керування, так і комплекс захисних мір при експлуатації електрозварювальних установок (ЕЗУ).

Таблиця 4.4 - Допустимий час перебування людини в магнітному полі

Час перебування персоналу, год	1	2	3	4	5	6	7	8
Напруженість магнітного поля, кА/м	6,0	4,9	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,4
Магнітна індукція, мТл	7,5	6,13	5,0	4,0	3,13	2,5	2,0	1,75

Принцип проектування захисту від магнітного поля і вибір методів захисту починаються з порівняння допустимої напруженості магнітного поля інтенсивністю поля на робочому місці, отриманої методами виміру. Якщо фактичні значення напруженості перевищують допустимі, то захисні заходи необхідні.

З усіх відомих методів захисту організаційно-технічного характеру можуть бути застосовані: захист відстанню, екранування струмопровідних шин, робочих елементів і всієї установки, вибір оптимальних електричних режимів зварювання, розмірів електродів.

Організаційні заходи включають раціональне розміщення установок, пульта керування і скорочення тривалості опромінення - захист часом. Мінімальна відстань від осі електродів ЕЗУ до інших робочих місць, повинна бути не менше 2 м.

Раціональне розміщення пульта керування зварювальними установками, тобто захист відстанню застосовується, якщо не можливо послабити інтенсивність опромінення в заданій робочій зоні іншими мірами. Мінімальна відстань розташування пульта керування, м:

Якщо з технологічних і конструктивних причин неможливо віднести пульт керування на безпечну відстань, необхідно обмежити тривалість опромінення, тобто застосувати захист часом.

Інженерно-технічні заходи включають вибір оптимальних електричних режимів зварювання і розмірів електродів, при яких напруженість поля не перевищує допустимих значень, а також екранування трансформатора, струмопровідних шин, електродів і оброблюваних виробів.

Екранування ЕЗУ може бути загальним і поблочним.

Екрануються також струмопровідні шини, електроди. Як матеріал екрана використана звичайна електротехнічна (трансформаторна) сталь, так як коефіцієнт екранування, що представляє відношення фактичної напруженості магнітного поля до допустимої дорівнює  $K_{\text{э}}=2,4$ , і матеріали з високою початковою магнітною проникністю.

До засобів індивідуального захисту належать захисні окуляри, щитки, шоломи, захисний одяг (комбінезони, халати з металовмісної тканини, окуляри з металовмісним склом) [4], [7], [19].

Службові приміщення на території об'єкта слід розміщувати переважно в місцях, захищених від ЕМП ("радіотінь", "мертва зона"), орієнтувати так, щоб було унеможливлене опромінювання вікон і дверей, у разі необхідності - екранувати.

Маршрути руху персоналу на території об'єкта встановлені таким чином, щоб унеможливити опромінювання при рівнях, що перевищують граничнодопустимі.

Машини, механізми, заготовки із впливу енергетичних параметрів на якість формування виробу, які рухаються, в тому числі приводи стискання, затискання та фіксації.

Розташування захисних пристроїв не обмежує технологічних можливостей устаткування під час його експлуатації.

#### **4.2. Правила поводження зі зварювальним обладнанням**

##### *Енергопостачання.*

Підключення до електроживлення необхідно проводити відповідно до чинних в країні норм і вимог;

Не можна проводити зварювальні роботи в приміщеннях з підвищеною вологістю або під дощем;

Забороняється розкривати апарат (для проведення технічного або сервісного обслуговування), якщо не виконані наступні умови: вимикач апарату встановлений в положення «ВИКЛ»; автоматичний лінійний вимикач знаходиться в положенні «ВИКЛ» і блокований ключем; відключений кабель живлення.

Через наявних в конструкції апарату конденсаторів технічне обслуговування можна проводити тільки тоді, коли установка знаходиться у вимкненому стані як мінімум 5 хвилин.

*Електромагнітні поля* Під час роботи споттер генерує сильні електромагнітні поля, що може стати причиною функціональних збоїв або пошкодити роботі: кардіостимуляторів, протезів, годин, магнітних карт, інструменту, локальних мереж і телефонних ліній.

Під час зварювальних робіт утворюються іскри і дим, і щоб уникнути небезпечних наслідків слід: в радіусі як мінімум 10 метрів прибрати всі рідкі та газоподібні горючі матеріали, предмети з легкозаймистих матеріалів; стежити за достатньою вентиляцією приміщень, щоб уникнути утворення інтенсивного диму під час зварювання необхідно провести очистку оброблюваного матеріалу (наприклад, лаковані, забруднені мастильними матеріалами або розчинниками поверхні необхідно обробити гальванічним способом).

Використання споттера з метою, для яких він не призначений може стати причиною нещасних випадків або привести до виходу його з ладу.

Персонал відповідальний за проведення робіт повинен бути проінформований про специфіку проведення даних робіт. У зоні проведення зварювальних робіт не повинні знаходитися сторонні люди. Користуватися апаратом одноразово може тільки один оператор.

Електроди і робоча поверхня можуть нагріватися більш ніж на  $65^{\circ}\text{C}$ , тому працівникові необхідно носити захисний одяг.

### **Висновки за розділом**

1. У даному розділі розроблено заходи щодо безпеки праці при контактному точковому зварюванні під час виконання рихтувальних робіт. Визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що виникають під час роботи з споттерами.

## РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1. Обґрунтування проекту впровадження ділянки кузовного ремонту

До складу одноразових витрат входять витрати на будівництво будинків, споруджень, прокладку інженерних комунікацій, технологічне устаткування й ін [7], [9].

Вартість 1 м<sup>2</sup> площі приміщень із урахуванням витрат на комунікації може бути прийнята від 8000...12000 грн для будинків, виконаних з швидкобудівних конструкцій, і 17000...22000 грн. для будинків із залізобетону.

Витрати на придбання й монтаж технологічного устаткування можуть бути прийнято в межах 220000...460000 грн. на 1 робочий пост (менші значення для встаткування вітчизняного виробництва). У ці суми включені витрати на оснащення виробничих ділянок і витрати на монтаж устаткування. Розрахунки одноразових витрат наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 5.1 - Розрахунки одноразових витрат

Найменування витрат	Одиниця виміру	Питомі витрати	Абсолютні витрати, грн.
Будівництво будинку станції з комунікаціями	грн./м <sup>2</sup>	20000	$489,3 \cdot 20000 = 9786000$
Технологічне устаткування з монтажем	грн./пост	291004,9	$5 \cdot 291004,9 = 1455024,5$
Разом:			11241024,5

Вартість устаткування на кузовній ділянці показано в таблиці 6.2

Таблиця 5.2 - Вартість устаткування на кузовній дільниці

Вид устаткування	Опис	Од. вим.	Питомі витрати
1	2	3	4
Стаціонарний ста-пель Професіонал	1 силовий пристрій, гідравл. 10 т, вага 1700 кг,	грн.	80341,9
Комплект затискачів СИВИК КС-020	4шт.,розширюють можливості використання стендів	грн.	7690
Комплект крон-штейнів СИВИК	Для кріплення на стенді кузовів, що не мають відбортовки порогів 4шт.	грн.	3450
Апарат для точково-го зварювання і виправлення порожнин кузова Telwin Digital Car Spotter 7000	Апарат для точкового зварювання і виправлення порожнин кузова, 400В, 6,7 кВт, макс товщ металу при 2сторонньому зварюванні 1,5+1,5 мм, с візком	грн.	45973
Апарат електродугового зварювання Telwin LINEAR 340	230-400 В (3 фази), 60-320 А, (35%-260А, 60%-180А), діаметр електрода 2-6 мм, 7/11,2 кВт	грн.	23785
Апарати плазмового різання Telwin PLASMA-ARC	230В, 7 кВт, (45%-25А, 30%-30А) макс.товщина металу, що розріжеться, 6 мм	грн.	31595
Мобільний стелаж Феррум	Для зберігання демонтованих деталей	грн.	800
Кран гаражний MEGA FC-20A	Складний, гідравл, вага 173 кг, в/п 2000/ 1750/1650 кг, виліт стріли 1275/1420/1570	грн.	30600
Верстат Феррум	Двохтумбовий з трьома ящиками; лещата	грн.	15350
Домкрат гідрав-лічний підкатний MEGA TJ-3A	3 т, спуск поворотом ручки, швидке підведення в режимі холостого ходу, вага 52 кг	грн.	11520



## продовження таблиці 5.2

Візок інструмент-тальний Феррум	6 ящиків, ц/замок	грн.	9900
Комплект пневмоінструмента Ingersollrand 131RK	Комплект: 131S-ЕА ударний гайковерт 1/2", 34-610 Нм, 120 л/хв, 2,6 кг; 1770. Пневмотріскачка 1/2", 14-68 Нм, 113 л/хв, 1,1 кг; набір голо-вок 13, 16, 17, 21 мм, кейс	грн.	9000
Набір інструмента бляхаря.	-	грн.	21000
Усього:			291004,9

Примітка: Площа – 489,3 м<sup>2</sup>, робочих постів – 5.

## 5.2. Розрахунок затрат функціонування ділянки кузовного ремонту

Основні статті поточних витрат і їх питомі значення наведено в табл. 5.3 [7], [9].

Таблиця 5.3 - Питомі поточні витрати

Найменування витрат	Од. виміру	Річні питомі витрати
1	2	3
Ремонт будинків, устаткування й комунікацій	грн./пост	50000...70000
Оренда земельної ділянки	грн./м <sup>2</sup>	300
Електроенергія	грн./пост	15000...20000
Опалення	грн./м <sup>2</sup>	30...40
Вода для питних і технологічних потреб	грн./пост	700... 1000
Видаткові матеріали	грн./пост	25000...30000
Амортизація будинків, споруджень і устаткування	грн./м <sup>2</sup>	400...600
Заробітна плата	грн./чол	80000... 120000
Накладні витрати	грн.	6...10% від суми поточних витрат

Розрахунки поточних витрат наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Розрахунки поточних витрат за рік

Найменування витрат	Од. вим.	Питомі витрати	Річні питомі витрати
Ремонт будинків, устаткування й комунікацій	грн./пост	70000	$5 \cdot 70000 = 350000$
Оренда земельної ділянки	грн./м <sup>2</sup>	150	$1860 \cdot 300 = 279000$
Електроенергія	грн./пост	20000	$5 \cdot 20000 = 100000$
Опалення	грн./м <sup>2</sup>	10	$489,3 \cdot 10 = 4893$
Вода для питних і технологічних потреб	грн./пост	1000	$5 \cdot 1000 = 5000$
Видаткові матеріали	грн./пост	30000	$5 \cdot 30000 = 150000$
Амортизація будинків, споруджень і встаткування	грн./м <sup>2</sup>	600	$489,2 \cdot 600 = 293580$
Заробітна плата	грн./чол	18000	$8 \cdot 18000 = 144000$
Накладні витрати	грн.	6...10% від суми поточних витрат	$2622473 \cdot 0,1 = 262247,3$
Разом:			2884720,3

Одним з найважливіших показників проекту є строк окупності одноразових вкладень. Чим він менше, тем ефективніше використовуються інвестиції в організацію підприємства. У цей час строк окупності до 3...4 років є цілком прийнятним.

Для розрахунків строку окупності попередньо необхідно визначити доходи й прибуток автосервісу.

Вартість нормо-години встановлюється виходячи зі розрахункових величин на цей час.

Результати розрахунків зведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Показники роботи сервісного пункту при одноразовому введенні потужностей

Показники	Рік				
	0	1	2	3	4
Одноразові витрати	11241024,5	0	0	0	0
Поточні витрати, грн.	0	2884720,3	2884720,3	2884720,3	2884720,3
Дохід, грн.	0	8304480	8304480	8304480	8304480
Прибуток, грн.	0	5419759,7	5419759,7	5419759,7	5419759,7
Прибуток після оподаткування	0	4335807,7	4335807,7	4335807,7	4335807,7
Коефіцієнт дисконту	1	0,87	0,76	0,66	0,57
Чистий дисконтний дохід, грн.	0	4027567,4	3518334,7	3055395,9	2638751
Реальна цінність проекту, грн.	-11241024	-7213457	-3695122	-639726,5	1999024,5

Як видно з таблиці 5.5 при одноразовому введенні потужностей і незмінних величинах доходу й поточних витрат по роках проект окупить себе на четвертий рік після введення в експлуатацію.

### Висновки за розділом

1. У розділі обґрунтовано економічну доцільність введення в експлуатацію ділянки кузовного ремонту площею приблизно 490 м<sup>2</sup> на 5 робочих постів. Капітальні вкладення для введення в експлуатацію ділянки складатимуть приблизно 11 млн грн, а термін окупності проекту становить 4 роки.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Проведено аналіз основних типів систем безпеки автомобілів. Встановлено, що основними напрямками удосконалення є дві технології, також відомі як пасивні системи безпеки, і активні, також відомі як системи активної безпеки. Обидві ці системи працюють разом, щоб запобігти або мінімізувати ймовірність нещасних випадків, але вони відрізняються за своїм підходом. Є цілий ряд основних відмінностей між пасивними та активними системами але вони однаково важливі для безпеки дорожнього руху.

2. Передові системи допомоги водієві все частіше вбудовуються в автомобілі, вантажівки та автобуси, ці організації постійно впроваджують все більше стандартів і протоколів, пов'язаних з системами безпеки. Основні організації, які беруть участь у встановленні, підтримці і забезпеченні дотримання цих стандартів – це SAE International, Європейська економічна комісія ООН (ЄЕК ООН) та Euro NCAP.

3. Проаналізовано основні способи відновлення та ремонту кузовних елементів та деталей, які використовують механічний або температурний вплив. Також часто застосовують метод приварних шайб чи гребня з дроту.

4. Для випадків рихтування металевих кузовних елементів за наявності неглибоких вм'ятин без фарбування, дрібних пошкоджень доцільно початково використовувати методи, які не передбачають зняття лакофарбового покриття.

5. Обґрунтовано можливість застосування магнітних захватів, як ефективного рішення для незначного кузовного ремонту легкових автомобілів, оскільки вони здатні забезпечити силові характеристики, що конкурують із сучасними технологіями, такими як мініліфтери та зворотні молотки, які використовують клеючі полімерні грибки.

6. Обґрунтовано економічну доцільність введення в експлуатацію дільниці кузовного ремонту площею приблизно 490 м<sup>2</sup> на 5 робочих постів. Капітальні вкладення для введення в експлуатацію дільниці складатимуть приблизно 11 млн грн, а термін окупності проекту становить 4 роки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bosch automotive electrics and automotive electronics. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2014. 530 p.
2. MIATLUK M., KAMIŃSKI Z.: Brake systems of road vehicles. Calculations. Wyd. Politechniki Białostockiej, Białystok 2005.
3. Tom Denton. Automobile mechanical and electrical systems. New York, NY : Routledge, 2018. 379 p.
4. Безпека життєдіяльності [Текст] : підруч. для студ. с.-г. вузів / І. П. Пістун [та ін.]. Львів: Світ, 1995. 288 с
5. Гнатов А.В., Аргун Щ.В. Сучасні технології зовнішнього магнітноімпульсного кузовного ремонту автомобілів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2015. № 4. – С.103-108.
6. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання.- Чинний від 01.07.1996. К.: Держстандарт України, 1995.-36 с.
7. Жидецький П.Б. Основи охорони праці . [Текст]: Підручник ./ П.Б. Жидецький. – Львів : Афіша, 2002. – 370 с.
8. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень. Практикум : [навч. посіб.] / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепя Вінниця : ВНТУ, 2013. 113 с.
9. Канарчук, В. Е. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів [Текст] : підручник для вузів : у 3 кн. Кн. 2 : Організація, планування й управління / В. Е. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигринець. Київ : Вища школа, 1994. 383 с.
10. Канарчук, В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів [Текст] : підручник. Кн. 3 : Ремонт автотранспортних засобів / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигринець. Київ : Вища шк., 1994. 600 с.

11. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві [Текст] К.: Арістей, 2005. 268с.
12. Кисляков В.Ф. Будова й експлуатація автомобілів / В.Ф. Кисляков, В.В.Лущик. Київ: Либідь, 2000. 399 с.
13. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів Львів, «Афіша», 2002.
14. Наказ Міністерства транспорту України “Про правила надання послуг з технічного обслуговування і ремонту автомобільних транспортних засобів” від 11.11.2002 р., № 792: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0122-03>.
15. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навчальний посібник для ВНЗ / А.П. Солтус. Київ: Арістей, 2010. 155 с.
16. Спотери, контактна зварка. [Електронний ресурс] : Режим доступу: <https://autom.com.ua/ua/remont-kuzova-avto/zvaryvalni-aparati-invertorni/spoteri-kontaktna-zvarka>
17. Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник / В.М. Дембіцький, В.І. Павлюк, В.М. Придюк Луцьк: Луцький НТУ, 2018. 473 с.
18. Технологія відновлення деталей та ремонту автомобілів: навчальний посібник / О. С. Полянський, Б. В. Савченков, Є. О. Дубінін та ін. Х.: ХНАДУ, 2012. 320с.
19. Типове положення про систему управління безпекою руху на автомобільному транспорті. *Перевізник*. Червень, 2004. №7. С. 18- 20.
20. Щелкунов В. І. Основи економіки транспорту : підручник / Кулаєв Ю. Ф., Зайончик Л. Г., Загорулько В. М. [та ін.]. Київ: Кондор, 2011. 392 с.
21. Шаповаленко В. Аналіз механізму бокового зіткнення автомобілів. *Автомобільний транспорт*. 2024. (53). С. 5–12. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2023.53.0.01>